



# Richtlinie «Materialtechnologie im Tiefbau»

## Anforderungen und zulässige chemische Belastung bei Lieferung, Einbau und Entsorgung an Materialien im Tiefbau

Version 2.1, 02. Mai 2024

ersetzt «Richtlinie Materialtechnologie im Tiefbau» Version 2.0  
vom 01. Januar 2021, Kantonale Verwaltungen BL & BS

### Basel-Landschaft

a.i. Leiterin Tiefbauamt

Dr. Katja Jutzi

Leiter Amt für Umweltschutz und Energie

Dr. Yves C. Zimmermann

### Basel-Stadt

Leiter Tiefbauamt

Dr. Roger Reinauer

Leiter Amt für Umwelt und Energie

Matthias Nabholz

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Veranlassung und Abgrenzung</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Zuständigkeit und Ablauf</b> .....	<b>5</b>
2.1	Rückbau und Aushub .....	5
2.2	Lieferung und Einbau .....	5
2.2.1	Ungebundene Gemische .....	5
2.2.2	Asphalte .....	6
2.3	Probenahme & Analytik .....	7
2.4	Beizug weiterer Fachinstanzen .....	7
<b>3</b>	<b>Probenahme, Analyse</b> .....	<b>8</b>
3.1	Probenbeschriftung .....	8
3.2	Abzuführendes Material .....	8
3.3	Zugeführtes Material .....	9
3.3.1	Ungebundene Gemische .....	9
3.3.2	Asphalt .....	9
<b>4</b>	<b>Grenzwerte</b> .....	<b>10</b>
4.1	Lieferung von Baustoffen .....	10
4.1.1	Ungebundenes Material .....	10
4.1.2	Asphalt .....	10
4.2	Rückbau von Baustoffen und Aushub .....	11
4.2.1	Ausbauasphalt .....	11
4.2.2	Recycling-Baustoffe .....	11
4.2.3	Aushub- und Ausbruchmaterial .....	11
4.3	Kleinmengen .....	12
<b>5</b>	<b>Umgang mit Abweichungen</b> .....	<b>13</b>
5.1	Auftrag und Kosten Proben & Analytik .....	13
5.2	Anzahl der Proben .....	13
5.3	Abweichungen bei Materiallieferung .....	14
5.3.1	Einzelprobe (EP) .....	14
5.3.2	Mittelwert (MW) .....	14
<b>6</b>	<b>Verwertung und Entsorgung</b> .....	<b>15</b>
6.1	Bodenwäsche .....	15
6.2	Ablagerung auf einer Deponie .....	15
6.3	Ablagerung in ausländische Kiesgruben .....	15
6.4	Thermische Verwertung .....	15
6.5	VeVA / Begleitschein .....	16
<b>7</b>	<b>Allgemeines</b> .....	<b>17</b>
7.1	Ansprechpartner .....	17
7.2	Rechtliche Grundlagen .....	17
7.3	Massgebende Vollzugshilfen .....	17
7.4	Normen, Weisungen .....	17
7.5	Glossar .....	18
7.6	Weiterführende Links .....	18
<b>Anhang A:</b>	<b>Untersuchung und Entsorgung Strassenbau</b> .....	<b>19</b>
<b>Anhang B:</b>	<b>Zuordnungsschema PAK-haltiges Material</b> .....	<b>20</b>
<b>Anhang C:</b>	<b>Erweiterte Leistungserklärung des Lieferanten</b> .....	<b>21</b>
<b>Anhang D:</b>	<b>Mischgut-Walzasphalt Probenahme</b> .....	<b>22</b>
<b>Anhang E:</b>	<b>Ungebundene Gemische Probenahme</b> .....	<b>23</b>

## 1 Veranlassung und Abgrenzung

Zur Schonung der natürlichen Ressourcen (Rohstoffverknappung) und Reduktion des notwendigen Deponievolumens werden hochwertige Baustoffe wiederverwertet und der Baustoffkreislauf geschlossen. Vermischungen von hochwertigen und minderwertigen Materialien sind zu vermeiden. Damit ein Baustoff mehrfach verwertet werden kann, ist es wichtig, dass der Baustoff möglichst sortenrein bleibt (Wiederverwertungskreislauf). Eine Verunreinigung des Rohstoffes führt beim Wiederverwerten zu einer Abwertung in eine tiefere Verwertungsstufe und zu einer Reduktion der Wiederverwendungszyklen (Wiederverwertungsspirale). Zu einer Vermischung (mechanisch) mit anderen Materialien kommt es primär bei ungebundenen Baustoffen (vgl. Abbildung 1). Ein Schadstoffaustrag durch Herauslösen und Weitertransport mit Wasser (z.B. Eluat) ist ebenso zu vermeiden, da sonst sauberes Erdreich verschmutzt und eine Verwertung verhindert wird (Kontamination).

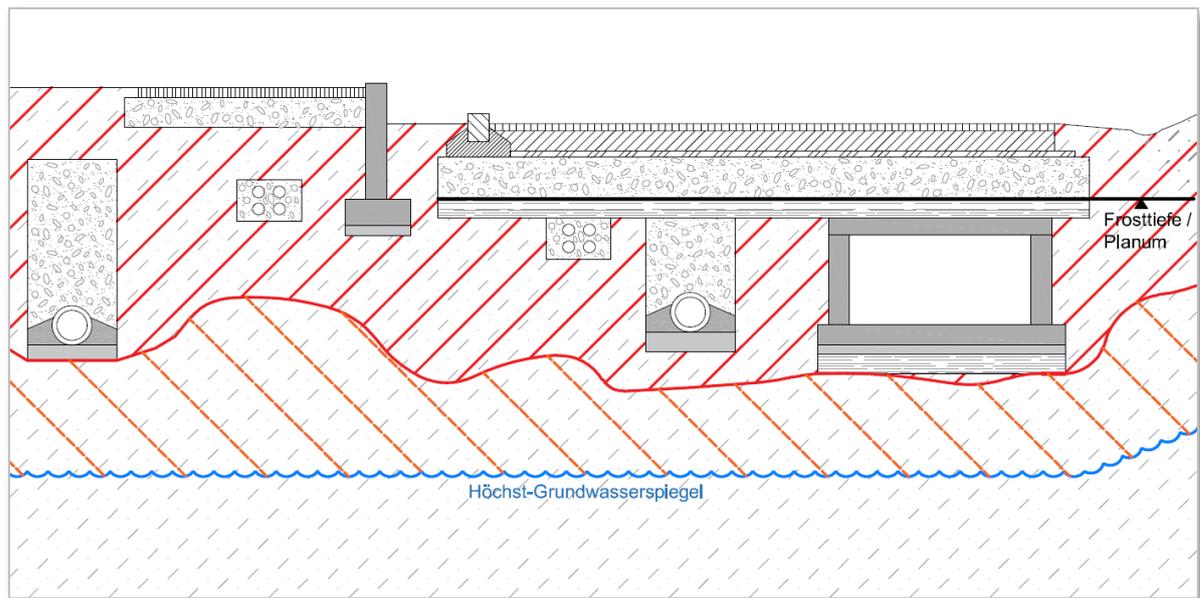
Die vorliegende Richtlinie wurde durch die Ämter für Umwelt beider Basel (AUE BL & AUE BS) als kantonale Fachstellen für den Vollzug der Abfallgesetzgebung sowie durch die entsprechenden Tiefbauämter (TBA BL & TBA BS) als Eigentümerinnen der kantonalen Infrastrukturen erarbeitet. Ziel ist es, sämtlichen Instanzen (Werke, Private etc.) und Beauftragten, die Bautätigkeiten im öffentlichen Raum planen und ausführen, verbindliche Vorgaben im Umgang mit Baustoffen und deren zulässiger chemischen Belastung zu machen. Die vorliegende Richtlinie ist behördenverbindlich und gilt in beiden Kantonen.

Wenn technisch machbar und ökonomisch verhältnismässig, ist im Tiefbau Recycling (RC)-Material einzusetzen. Technisch machbar bedeutet, dass die Materialeigenschaften nicht zu Qualitätseinbussen beim Bauwerk führen. Der ökologische Sinn für den Einsatz von RC-Material wird per se vorausgesetzt.

Bei älteren bituminösen Baustoffen wurde vielfach teerhaltiges Bindemittel verwendet, das einen hohen Gehalt an polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) aufweisen kann. Diese sind teilweise bis in die Fundationsschicht nachweisbar (Schadstoffaustrag, stoffliche Vermischung). In gleicher Weise kann Chrom VI (auch als Cr VI oder Chromat bezeichnet) aus Betongranulat mit Wasser ausgewaschen werden. Die verschiedenen Schadstoffe (PAK-Verbindungen und Cr VI) sind für Mensch und Umwelt problematisch (z. T. krebserregend, schlecht abbaubar) und es muss daher sichergestellt sein, dass die entsprechende Belastung des Materials bekannt ist und die Weiterverarbeitung oder Entsorgung vorschriftsgemäss nach der Verordnung über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen (VVEA) erfolgt. Soll Elektroofenschlacke (EOS) verwendet werden, ist eine Einzelfallprüfung durch den Bauherrn gemäss VVEA und Zustimmung des jeweiligen AUE nötig.

Dies bedeutet, dass bei Erneuerungs- und Unterhaltsarbeiten rechtzeitig Vorkehrungen getroffen werden müssen, damit die Materialien möglichst sortenrein vollständig wiederverwertet werden können und keine Kontamination der Umwelt stattfindet. Die zulässigen chemischen Grenzwerte sind im Kapitel 4 beschrieben und die Verwertungs- und Entsorgungsmöglichkeiten unter Kapitel 6.

Diese Richtlinie findet für «Ungebundene Gemische» und «Asphalte» Anwendung. Der Betonrückbau wird teilweise mitberücksichtigt. Für andere Materialien kann die Richtlinie sinngemäss angewendet werden.



*Abbildung 1: Der rot schraffierte Bereich zeigt typische Volumina mit der Gefahr einer mechanischen Vermischung des ungebundenen Baustoffs mit dem umgebenden Material (Vermischung im Randbereich). Der orange schraffierte Bereich kennzeichnet die potentiell mögliche Verlagerung von Schadstoffen durch Wasser (Kontamination).*

Die Richtlinie ergänzt und präzisiert bestehende Gesetze, Verordnungen und gültige Normen (SN & EN) ohne diese im eigentlichen Sinne in Frage zu stellen. Hauptsächlich definiert die Richtlinie den Umgang mit vorhandenen chemischen Belastungen (Entsorgung) und definiert die zulässige chemische Belastung bei geliefertem Material. Im Weiteren geht sie auf die notwendigen Prüfungen, deren Interpretation und abgeleitete Massnahmen bei Abweichungen ein. Sie behandelt zudem die Anwendung von Baustofftypen (primäre und sekundäre Baustoffe) in ihren Einsatzmöglichkeiten.

Wenn nicht anders erwähnt, definiert die Richtlinie die Mindestanforderungen. Sollten verschärfende Werte und Anwendungen in anderen Gesetzen, Verordnungen, Normen, Werkverträgen oder ähnlichem enthalten sein, sind jene anwendbar.

Bei Unsicherheiten ist Rücksprache mit dem jeweiligen AUE oder TBA zu nehmen.

## 2 Zuständigkeit und Ablauf

Um die erforderlichen Untersuchungen durchführen zu können, muss das beauftragte Labor für die Bestimmung der notwendigen Werte (stoffliche Zusammensetzung, stoffliche Klassierung, Schadstoffgehalte) eine gültige Akkreditierung nach aktueller Norm für die entsprechenden Prüfungen besitzen.

### 2.1 Rückbau und Aushub

Für die Ermittlung der Schadstoffbelastungen von zu entsorgenden Materialien ist der Bauherr zuständig. Die Analysen haben durch ein akkreditiertes Labor zu erfolgen.

Im **Kanton Basel-Landschaft (BL)** ist ein akkreditiertes Labor für die Beprobung zu beauftragen. Die Ergebnisse sind dem AUE BL zuzustellen.

Im **Kanton Basel-Stadt (BS)** ist für die Beprobung generell das AUE BS zuständig und vom Bauherrn zu beauftragen. Für eine ausschliessliche Belagsbeprobung kann das TBA selber Analysen durchführen lassen. Für die Durchführung einer Analyse ist eine frühzeitige Anmeldung vor Baubeginn erforderlich. Bis zum Erhalt der Analyseresultate müssen anschliessend ca. 2 Wochen eingerechnet werden.

Die Analysen müssen vor der Ausschreibung – spätestens jedoch bis Baubeginn – vorliegen.

Baustoffe wie Kiesgemische in Foundationen sind als Baustoffe zu behandeln und unterstehen nicht den Aushubgrenzwerten. Für die Baustoffe gelten die Grenzwerte gemäss Kapitel 4.2.

### 2.2 Lieferung und Einbau

#### 2.2.1 Ungebundene Gemische

Gelieferte ungebundene Baustoffe müssen die bautechnischen und normativen Vorgaben gemäss Werkvertrag einhalten. Zudem ist die chemische Belastung gemäss Kapitel 4 einzuhalten. Es ist vom Bauunternehmer/Lieferanten unaufgefordert und rechtzeitig vorgängig eine erweiterte Leistungserklärung gemäss *"Anhang C: Erweiterte Leistungserklärung des Lieferanten"* beizubringen. Diese besteht aus der eigentlichen Leistungserklärung gemäss Bauproduktgesetz und einer verbindlichen Selbstdекlaration zu den einzuhaltenden Grenzwerten gemäss Kapitel 4.1 der vorliegenden Richtlinie.

Die zulässig einsetzbaren Baustoffe werden durch den Bauherrn definiert. Es wird auch auf auf die **Weisungs- und Ausführungsvorschriften WAV 312 und 313 des Kantons BL** und das **TBA BS-Normblatt 404** verwiesen.

Die Liste der anwendbaren, zulässigen ungebundenen Baustoffe umfasst die nachfolgenden Materialien. Auf weitergehende Anforderungen wie z.B. Frostsicherheit, Siebkurve oder Grösstkorn wird hier nicht weiter eingegangen.

Material	Kanton BL	Kanton BS
RC-Kiesgemisch B	X	X
RC-Kiesgemisch P	X	X
RC-Betongranulatgemisch (oberhalb Planum)	X	X
RC-Betongranulatgemisch (unterhalb Planum)	(X) <sup>1)</sup>	(X) <sup>1)</sup>
EOS	(X) <sup>1) 2)</sup>	
Natürliches Kiesgemisch	X	X
Sauberer Wandkies	X	X
Sand, Splitt, etc.	X	X

X: Erlaubt; (X): Benötigt Zustimmung; <sup>1)</sup> Tiefbauamt; <sup>2)</sup> AUE

Eine Durchmischung unterschiedlicher Baustoffe innerhalb eines in sich geschlossenen Bauteils ist ohne Zustimmung des Bauherrn nicht gestattet (Beispiel: Ein Wechsel in der Foundation von einem "RC-Kiesgemisch B" zu "RC-Betongranulatgemisch" ist in einem Bauabschnitt ohne Zustimmung des Bauherrn nicht zulässig).

Des Weiteren darf sortenreines Material nicht mit RC-Mischprodukten vermischt werden.

Ist aus bautechnischen Gründen eine Durchmischung notwendig (beispielsweise Verbesserung der Tragfähigkeit durch Zugabe von Schroppen) darf diese mit der Zustimmung des Bauherrn erfolgen.

RC-Baustoffe sind ausserhalb von Grundwasserschutzonen bei einem Abstand von mindestens 2 m vom höchstmöglichen Grundwasserspiegel zulässig. Dies gilt auch für Foundationen im durchlässigen unbefestigten Bankettbereich entlang von Strassen.

### 2.2.2 Asphalte

Die Asphalte können gemäss den Grenzwerten im Kapitel 4.2. und dem Zuordnungsschema im Anhang B in den Strassenbelagsschichten eingesetzt werden.

Im **Kanton BL** können zudem das RC-Asphaltgranulatgemisch und das RC-Kiesgemisch A in Kaltmischfoundationen (AFK) oder in Heissmischfoundationsschichten (AC F) eingesetzt werden.

Gelieferte Walzasphalt-Mischgute müssen seit dem 01.01.2024 eine minimale Recyclingquote von Ausbauasphalt enthalten. Diese Quoten sind wie folgt:

	<b>Warmzugabe</b>	<b>Kaltzugabe</b>
AC B & AC T	≥ 50 % <sup>*)</sup>	≥ 20 %
AC F	≥ 80 % <sup>*)</sup>	≥ 20 %
Deckbeläge & Sonderbeläge	In Absprache mit dem Bauherrn	In Absprache mit dem Bauherrn
Provisorische Beläge	≥ 80 % <sup>*)</sup>	≥ 20 %
Nicht mehr zulässig für AC B, AC T und AC F ab	---	01.01.2026

\*) ab 70 t; bei < 70 t die maximal mögliche anlagenspezifische Zugabe bis zur Höhe des Zielwertes

Bei kleineren Mengen kann der Wert RC-Ausbauasphalt der obigen Tabelle anlagenbedingt unterschritten werden. Die Anlage muss jedoch den höchstmöglichen Wert bis zum Erreichen der bestellten RC-Quote beimischen.

Alle Mischgutttypen bedürfen einer Typ-Prüfung.

## 2.3 Probenahme & Analytik

Für die bauherrenseitige Probenahme und Analytik wird auf das Kapitel 3 verwiesen.

Die Eigenkontrolle und Gewährleistung der Grenzwerteinhaltung gemäss dieser Richtlinie des Materiallieferanten ist Sache der Bauunternehmung bzw. des Lieferanten. Es besteht die Möglichkeit, dass der Bauherr einen Teil seiner Proben vorgängig von dem für die Baustelle bestimmten Material beim Lieferanten nehmen kann.

## 2.4 Beizug weiterer Fachinstanzen

Bevor der Bauunternehmung (Sondierschlitz, Sondage) respektive einem entsprechenden Labor (Bohrkerne) der Auftrag erteilt werden kann, müssen bei Bedarf weitere Fachinstanzen der jeweiligen Kantone beigezogen werden (z.B. öffentliche Verkehrsbetriebe, Kantonspolizei).

Die Sondierungen sind den **Kreisen des TBA BL** resp. dem **Strassenmeister TBA BS** per Aufgrabungsmeldevorgang zu melden und sind bewilligungspflichtig.

### 3 Probenahme, Analyse

Es ist das Ziel, eine repräsentative Analyse des zu entsorgenden bzw. gelieferten Materials zu erhalten. Beim Rückbau ist zudem mit dem AUE betreffend allfällige chemische Belastungen vorgängig Kontakt aufzunehmen.

Die Sondierschlitze sollen nicht in einem ausgebesserten Bereich der Strasse, sondern im Hauptbelag angelegt werden, da sonst die Proben bezogen auf die Gesamtfläche nicht repräsentativ sind. Je nach den erhaltenen Resultaten kann eine Verdichtung der Proben zu einem späteren Zeitpunkt sinnvoll sein.

Die detaillierten Vorgaben für die Probenahmen und Analysen an auszubauendem Material sind in kantonsspezifischen Vorschriften festgehalten:

Kanton BL: WAV 352 «Prüfung/Untersuchung, Rückbau und Entsorgung von belastetem Material aus Baustellen der Kantonsstrassen»

Kanton BS: TBA Weisung «Probenahme im Tiefbau»

#### 3.1 Probenbeschriftung

Der Probenbeschriftung ist grosse Aufmerksamkeit zu schenken (siehe Beispiele im Anhang D & E). Die auszufüllenden Angaben sind später für die Analyse und Beurteilung bei Abweichungen wichtig.

Die Proben müssen durch die Unternehmung sofort beschriftet und innert 24 Stunden dem vom Bauherrn bestimmten Labor zugestellt werden.

#### 3.2 Abzuführendes Material

Im Anhang A findet sich das generelle Zuordnungsschema für die Untersuchungen und die Entsorgung respektive Verwertung von auszubauendem Material.

Sondierschlitze müssen ausgehoben werden, wenn die Foundationsschicht ganz oder teilweise ausgewechselt oder das Steinbett durch eine ungebundene Foundationsschicht ersetzt wird. Ein Sondierschlitz sollte ca. eine Länge von 100 cm, Breite von 60 cm und Tiefe von 60 cm aufweisen. Die Lage und der Aufbau der Sondierschlitze sind in einem Situationsplan und mit Fotos zu dokumentieren (Klassierung Baustoff, Aushub etc.).

Die Belagsanalysen werden im Bereich der obenerwähnten Sondierschlitze gemacht. Kann auf Sondierschlitze verzichtet werden, da reine Belagsarbeiten durchgeführt werden, können gemäss definiertem Raster Bohrkerne (z.B. Ø 15 cm oder Belagsstücke z.B. 20 cm x 20 cm) entnommen werden.

Das Labor untersucht den Belag auf Wunsch schichtweise oder als Ganzes. Dies ermöglicht je nach Resultat und Belagsstärke eine differenzierte Entsorgung. Bei einer Schottertränkung muss die ganze Belagsstärke untersucht werden. Es ist zu beachten, dass bei einem Aushub, der tiefer als der Fahrbahnbelag reicht, immer Sondierschlitze auszuführen sind.

### 3.3 Zugeführtes Material

#### 3.3.1 Ungebundene Gemische

Für die Qualitätssicherung der einzubauenden ungebundenen Gemische gibt es folgende mögliche Elemente:

- Beprobung der Materialien vor Baubeginn:  
Der Bauunternehmer muss vor Baubeginn mitteilen, woher er sein Material für das ungebundene Gemisch bezieht. Dieses Material kann dann kurz vor Baubeginn durch das beauftragte Labor beprobt und gemäss Kapitel 4.1. analysiert werden.
- Beprobung bei Anlieferung auf der Baustelle:  
Das Material soll nach Möglichkeit bei der Anlieferung auf der Baustelle kontrolliert werden. Stichprobenweise können auch von eingebautem Material Proben entnommen werden. Die Probenahme erfolgt idealerweise durch das beauftragte Labor (siehe auch Kapitel 2.3).
- Jährliche Stichproben bei Materiallieferanten:  
Bei den Materiallieferanten von ungebundenen Gemischen sollen im Auftrag des AUE BL einmal pro Jahr Stichproben genommen und analysiert werden. Diese Analysen können im **Kanton BL** zusammen mit der Überprüfung der Eigen- und Fremdkontrolle im Rahmen der arv-Inspektionen als Konformitätsnachweis verwendet werden.

Für die Anzahl der Proben und Art der Probenahme wird auf die entsprechenden Weisungen der Kantone verwiesen.

#### 3.3.2 Asphalt

Einzubauender Asphalt in Fahrbahn und Trottoir wird im Auftrag des Bauherrn untersucht. Auf 5 Mischgutuntersuchungen (ohne Deckbelag) sollte eine PAK-Analyse durchgeführt werden. Es wird mindestens eine PAK-Analyse pro Bauabschnitt durchgeführt.

Deckbeläge werden normalerweise aufgrund des nicht oder nur gering vorhandenen Recycling-Asphalts nicht auf PAK untersucht.

## 4 Grenzwerte

### 4.1 Lieferung von Baustoffen

Im Bereich von Grundwasserschutzzonen sowie näher als 2 m am Grundwasserspiegel oder ausserhalb von gebundenen weitgehend wasserdichten Deckschichten gelten erhöhte Anforderungen an die einsetzbaren Materialien. Die Materialien sind in diesen Bereichen vorgängig mit dem Bauherrn und dem AUE zu bestimmen.

Um die Vermischungsgefahr von ungebundenem Material zu reduzieren, kann der Einsatz von Geotextilien, beispielsweise auf dem Planum, geprüft werden.

#### 4.1.1 Ungebundenes Material

Für ungebundene Materialien, für die in der VVEA keine Grenzwerte definiert sind, wurden die untenstehenden drei Grenzwertkategorien festgelegt.

Sämtliche Schadstoffgrenzwerte in  $\text{mg}/\text{kg}_{\text{TS}}$

(Stand: 01. Januar 2024)

	<b>GW_Kat. 1</b>	<b>GW_Kat. 2</b>	<b>GW_Kat. 3</b>
Antimon *)	3	30	30
Arsen *)	15	30	30
Blei *)	50	500	500
Cadmium *)	1	10	10
Chrom gesamt *)	50	500	500
Chrom VI *)	0.05	<b>0.3</b>	<b>1.0</b>
Kupfer *)	40	500	500
Nickel *)	50	500	500
Quecksilber +)	0.5	2	2
Zink *)	150	1'000	1'000
Cyanid gesamt +)	0.5	k.A.	k.A.
Leichtflüchtige Chlorkohlenwasserstoffe (LCKW) +)	0.1	1	1
Polychlorierte Biphenyle (PCB) *)	0.1	1	1
Aliphatische Kohlenwasserstoffe C5–C10 +)	1	10	10
Aliphatische Kohlenwasserstoffe C10–C40 *)	50	500	500
Monocyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (BTEX) +)	1	10	10
Benzol +)	0.1	1	1
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) *)	3	25	25
Benzo(a)pyren *)	0.3	3	3
Gesamter organischer Kohlenstoff (TOC) +)	k.A.	20'000	20'000

\*) In der Regel zu prüfen

+ ) Bei Verdacht zu prüfen

Die Kategorie GW\_Kat. 1 findet bei Baustoffen Anwendung, welche unverschmutzt sein müssen (Primärmaterial, z.B. natürliches Kiesgemisch 0/45).

Die Kategorie GW\_Kat. 2 findet bei Recycling-Baustoffen Anwendung, welche maximal 30% Betongranulat enthalten (Sekundärmaterial, z.B. RC-Gemische nach SN 670 119-NA wie RC-Kiesgemisch B).

Die Kategorie GW\_Kat. 3 findet bei Recycling-Baustoffen Anwendung, welche über 30% Betongranulat enthalten (Sekundärmaterial, z.B. RC-Gemische nach SN 670 119-NA wie RC-Betongranulat).

#### 4.1.2 Asphalt

Der Gehalt an polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (16 EPA-PAK) darf den Grenzwert von  $250 \text{ mg PAK}/\text{kg}_{\text{TS}}$  nicht überschreiten.

## 4.2 Rückbau von Baustoffen und Aushub

Der Einfachheit halber sind unten in den Tabellen die typischen Schadstoffgrenzwerte aufgeführt. Es sind jedoch, sofern bestimmt, sämtliche Grenzwerte der entsprechenden VVEA-Ziffer bzw. GW\_Kat einzuhalten. Es ist immer nach der schadstoffärmsten zulässigen Kategorie zu verfahren. Die Wiederverwertung von Baustoffen und Aushub ist der Deponierung vorzuziehen.

### 4.2.1 Ausbauasphalt

In Abhängigkeit von der Qualität kann der Ausbauasphalt wie folgt verwendet werden:

Qualität Ausbauasphalt	Verwendung
$\leq 250 \text{ mg PAK} / \text{kg TS}$	Verwertung vorzugsweise als Asphaltgranulat in Belagswerken
$> 250 \text{ mg PAK} / \text{kg TS}$	Thermische Verwertung Eine Deponierung ist nicht zugelassen

### 4.2.2 Recycling-Baustoffe

Die Recycling-Baustoffe können je nach Gehalt an Betongranulat und Qualität wie folgt verwendet werden:

Qualität Recycling-Baustoffe	Verwendung
<i>Betonabbruch:</i>	
$\leq 1 \text{ ppm Cr VI resp. GW\_Kat. 3}$	Wiederverwertung als ungebundener Baustoff
$> 1 \text{ ppm Cr VI resp. GW\_Kat. 3}$	Wiederverwertung als gebundener Baustoff; in begründeten Fällen: Deponierung
<i>Ungebundene Gemische mit <math>\leq 30\%</math> Betongranulat:</i>	
$\leq 0.3 \text{ ppm Cr VI resp. GW\_Kat. 2}$	Wiederverwertung als ungebundener Baustoff
$> 0.3 \text{ ppm Cr VI resp. GW\_Kat. 2}$	Verwertung gemäss VVEA (Aufbereitungsanlage oder Aushubwaschanlage); in begründeten Fällen: Deponierung
<i>Ungebundene Gemische mit <math>&gt; 30\%</math> Betongranulat:</i>	
$\leq 1 \text{ ppm CrVI resp. GW\_Kat. 3}$	Wiederverwertung als ungebundener Baustoff
$> 1 \text{ ppm Cr VI resp. GW\_Kat. 3}$	Verwertung gemäss VVEA (Aufbereitungsanlage oder Aushubwaschanlage); in begründeten Fällen: Deponierung

### 4.2.3 Aushub- und Ausbruchmaterial

Für Aushub- und Ausbruchmaterial gelten die folgenden Qualitätsregeln im Hinblick auf die Verwertung und Entsorgung.

Qualität Aushub-/Ausbruchmaterial	Verwendung
$\leq 3 \text{ mg PAK} / \text{kg TS}$ und $\leq 0.3 \text{ mg Benzo(a)pyren} / \text{kg TS}$ und $\leq \text{VVEA Anhang 3 Ziffer 1}$	<i>Unverschmutzter Aushub</i> Priorität 1: Wiederverwertung In begründeten Fällen: Ablagerung in Deponie Typ A.

<p>&gt; 3 bis ≤ 12.5 mg PAK / kg TS und                  ≤ 1.5 mg Benzo(a)pyren / kg TS und                  ≤ VVEA Anhang 3 Ziffer 2</p>	<p><i>Schwach verschmutzter Aushub</i>                  Priorität 1: Wiederverwendung unter einer dichten Belagsschicht oder Verwertung als Zuschlagstoff in einem Betonwerk                  Priorität 2: Aufbereitung in einer Aushubwaschanlage und Wiederverwertung der Grobfraction                  In begründeten Fällen: Ablagerung in Deponie Typ B</p>
<p>&gt; 12.5 bis ≤ 25 mg PAK / kg TS und                  ≤ 3 mg Benzo(a)pyren / kg TS und                  ≤ VVEA Anhang 5 Ziffer 2.3</p>	<p><i>Wenig verschmutzter Aushub</i>                  Priorität 1: Aufbereitung in Aushubwaschanlage und Wiederverwertung der Grobfraction                  In begründeten Fällen: Ablagerung auf Deponie Typ B.</p>
<p>&gt; 25 bis ≤ 250 mg PAK / kg TS und                  ≤ 10 mg Benzo(a)pyren / kg TS und                  ≤ VVEA Anhang 5 Ziffer 5.2</p>	<p><i>Stark verschmutzter Aushub</i>                  Priorität 1: Aufbereitung in Aushubwaschanlage und Wiederverwertung der Grobfraction                  Priorität 2: Thermische Verwertung                  In begründeten Fällen: Ablagerung auf Deponie Typ E</p>
<p>&gt; 250 mg PAK / kg TS oder                  &gt; 10 mg Benzo(a)pyren / kg TS oder                  &gt; VVEA Anhang Ziffer 5.2</p>	<p><i>Sonderabfall</i>                  Entsorgung gemäss Rücksprache mit jeweiligem AUE.</p>

Für die Handhabung von geogen belastetem Aushub- und Ausbruchsmaterial wird auf die Empfehlungen des Merkblatts «Ober- und Unterboden sowie Aushub- und Ausbruchmaterial mit geogen bedingter Schadstoffbelastung – Was tun?» (Link: [https://www.baselland.ch/politik-und-behorden/direktionen/bau-und-umweltschutzdirektion/umweltschutz-energie/boden/merkblätter/downloads-1/Umgang\\_mit\\_geogen\\_bedingten\\_schadstoffbelastetem\\_Boden\\_und\\_Aushub.pdf](https://www.baselland.ch/politik-und-behorden/direktionen/bau-und-umweltschutzdirektion/umweltschutz-energie/boden/merkblätter/downloads-1/Umgang_mit_geogen_bedingten_schadstoffbelastetem_Boden_und_Aushub.pdf)) verwiesen.

### 4.3 Kleinmengen

Kleinmengen (Belag ≤ 30 m<sup>3</sup> bzw. Foundation ≤ 50 m<sup>3</sup>) können - sofern keine offensichtlichen Auffälligkeiten bestehen - auch ohne Laboranalyse entsorgt werden. Es ist jedoch das Ziel, bei geplanten Arbeiten mit ausreichendem Zeitvorlauf ab Mengen von Belag > 15 m<sup>3</sup> bzw. Foundation > 25 m<sup>3</sup> vorgängig Proben für Analysen zu nehmen.

Beim Belag ist der Schnelltest mit PAK-Spray (Zielverfärbung ab 150 bis 250 mg PAK / kg TS) zulässig. Verfärbt sich die Farbe nicht, wird das Material gemäss der BAFU-Richtlinie für die Verwertung von mineralischen Bauabfällen verwendet. Ansonsten wird das Material der thermischen Verwertung zugeführt. Material aus Foundationsschichten, Gräben oder Aushub wird als gebundener Baustoff verwendet bzw. auf eine Deponie Typ B abgeführt. Bestehen Auffälligkeiten ist mit dem Bauherrn Kontakt aufzunehmen.

## 5 Umgang mit Abweichungen

Die vorgegebenen Werte sind einzuhalten. Zeigt sich in einer Analyse eine Abweichung, ist diese genauer zu betrachten und gegebenenfalls gemeinsam mit anderen Abweichungen (beispielsweise bautechnische) zu beurteilen. Bei Bedarf müssen weitere Schritte unternommen werden wie weitere Untersuchungen oder Materialersatz.

### 5.1 Auftrag und Kosten Proben & Analytik

Der Bauherr beauftragt bei Tiefbauprojekten Labors, die bei der Schweizerischen Akkreditierungsstelle SAS (<https://www.sas.admin.ch/>) akkreditiert sind, mit der Untersuchung nach gültiger Norm. Die Kosten der Grundanalytik trägt der Bauherr. Bei notwendigen weiteren Untersuchungen infolge Abweichungen von dieser Richtlinie oder Schweizer Normen (SN) trägt der Bauunternehmer die Kosten für den Zusatzaufwand bei nicht konformen Proben. In der Regel werden Folgeuntersuchungen an das bereits beauftragte Labor vergeben. Ausnahmen sind in gegenseitiger Absprache möglich.

### 5.2 Anzahl der Proben

Einzelproben sind zulässig und geben einen Überblick innerhalb der Baustelle. Für Mittelwerte werden vier Einzelproben benötigt. Diese sind von der gleichen Baustelle und vom gleichen Objekt zu nehmen. Die Proben dürfen von unterschiedlichen Tagen stammen, sofern sie dasselbe Material eines Objektes als solches beschreiben und untersuchen.

Für weitere Untersuchungen wird, sofern vorhanden, auf Rückstellproben zurückgegriffen.

Es steht dem Bauherrn frei, für den Mittelwert Proben und Analytik des Bauunternehmers bzw. dessen Lieferanten einzubeziehen.

### 5.3 Abweichungen bei Materiallieferung

In diesem Kapitel werden ausschliesslich Überschreitungen der zulässigen chemischen Grenzwert-Kategorie (GWK) gemäss VVEA bzw. dieser Richtlinie (GW\_Kat. x) Kapitel 4 behandelt. Gibt es zudem noch Abweichungen bautechnischer Natur, kann dies zu einer Verschärfung der abgeleiteten Massnahme führen.

Für erhöhte Anforderungen wie Grundwasserschutzzone,  $\leq 2$  m Grundwasserabstand oder unversiegelte Oberfläche wird keine Überschreitung des als unverschmutzt geltenden Materials bei Einzel- und Mittelwerten toleriert.

#### 5.3.1 Einzelprobe (EP)

EP werden bei ungebundenen Gemischen üblicherweise als Sammelprobe genommen, wodurch eine bessere Repräsentanz erreicht werden kann.

1 EP:

alle Schadstoffgehalte  $\leq 110\%$  des jeweiligen GWK-Wertes, wenn keine weiteren Proben geplant sind: i.O.

mindestens ein Wert  $> 110\%$  des jeweiligen GWK-Wertes: 2. Analyse notwendig

2 EP:

1 EP alle Schadstoffgehalte  $\leq 125\%$  des jeweiligen GWK-Wertes, Mittelwerte aus 2 EP für alle Schadstoffparameter  $\leq$  jeweiliger GWK-Wert: i.O.

mindestens ein Schadstoffgehalt  $> 125\%$  des jeweiligen GWK-Wertes oder einer der Mittelwerte  $>$  jeweiliger GWK-Wertes: Mittelwert aus 4 EP notwendig

#### 5.3.2 Mittelwert (MW)

4 (oder mehr) EP ergibt den MW:

1 EP alle Schadstoffgehalte  $\leq 150\%$  des jeweiligen GWK-Wertes, 1 EP alle Schadstoffgehalte  $\leq 125\%$  des jeweiligen GWK-Wertes, alle Schadstoffparameter im MW  $\leq$  jeweiliger GWK-Wert: i.O.

Ansonsten Ersatz des Materials zu Lasten des Bauunternehmers. Je nach Lage der Überschreitung erfolgt der Ersatz lokal oder ganzflächig. Wurde entgegen der Weisung der Bauleitung oder des TBA-Strassenmeisters weitergebaut, gehen daraus folgende Mehrkosten ebenfalls zu Lasten des Bauunternehmers (Beispiel: Tragschicht-Ersatz wegen übermässigen PAK notwendig, Deckschicht i.O.: Kosten für den Trag- und Deckschicht-Ersatz zu Lasten Unternehmer).

Andere Massnahmen können nur in Rücksprache und mit Zustimmung des bauherrenseitigen Qualitätsverantwortlichen getroffen werden.

## 6 Verwertung und Entsorgung

Der Entsorgungsweg für Belags-, Baustoff- und Aushubmaterial für Deponien (Typ B und Typ E), Sonderabfall und thermische Verwertung wird vom TBA (TBA-Projekte) bzw. AUE (übrige Projekte) basierend auf der vorliegenden Richtlinie vorgegeben.

### 6.1 Bodenwäsche

Die Bodenwäsche umfasst Separationsverfahren, bei denen der Sand und Kies gewaschen werden und die entstehende Feinfraktion mit den Schadstoffen abgetrennt wird. Der zurückgewonnene saubere Sand und Kies wird nach Korngrössen fraktioniert und wieder als Baustoff eingesetzt. Der mit Schadstoffen belastete Filterkuchen wird in thermischen Anlagen (z.B. in Zementwerken) verwertet oder auf eine geeignete Deponie verbracht. Die Bodenwäsche ist insbesondere für schwach bis stark verschmutzten Aushub mit einem hohen Sand- und/oder Kiesanteil geeignet.

### 6.2 Ablagerung auf einer Deponie

Die Deponierung ist nur dann zulässig, wenn eine stoffliche Verwertung (Aufbereitung, Aushubwaschanlage, etc.) gemäss dem Stand der Technik nicht möglich oder unverhältnismässig ist. Für die Anlieferung von Materialien auf Deponien ist vorgängig eine Anmeldung im EGI (Entsorgungsgenehmigung via Internet, <https://egi-aei.ch/login/auth>) erforderlich. Die Grenzwerte des jeweiligen Deponietyps (Typ B und E) müssen gemäss VVEA Anh. 5 eingehalten sein. Entsprechende Analyseergebnisse sind dem EGI Gesuch beizulegen.

### 6.3 Ablagerung in ausländische Kiesgruben

Im **Kanton Basel-Stadt (BS)** ist die Ausfuhr unter bestimmten Vorgaben zulässig. Dafür muss das Material neben den PAK-Untersuchungen zusätzlich auf Gesamt-Kohlenwasserstoffe (aliphatische KWS C10-C40) und Metalle (Blei) untersucht werden. Die Resultate müssen am Zoll vorgezeigt werden. Zusätzlich sind eine Ausfuhrbewilligung des AUE sowie die entsprechende Einfuhrbewilligung des Empfängerstaates erforderlich.

Folgende Grenzwerte sind für den Export einzuhalten (Stand 01.01.2024):

PAK	$\leq 3 \text{ mg/kg TS}$	sauberer Aushub ( <i>Anforderungen CH, F</i> )
KWS	$\leq 50 \text{ mg/kg TS}$	Export zur Wiederauffüllung von Kiesgruben im
Pb	$\leq 50 \text{ mg/kg TS}$	Elsass

PAK	$\leq 1 \text{ mg/kg TS}$	sauberer Aushub ( <i>Anforderungen D</i> ) <sup>*)</sup>
KWS	$\leq 50 \text{ mg/kg TS}$	Export zur Wiederauffüllung von Kiesgruben
Pb	$\leq 40 \text{ mg/kg TS}$	in Deutschland

<sup>\*)</sup> Gegenwärtig wird von den deutschen Behörden nur Aushub von gewachsenen Bodenschichten (ohne künstliche Auffüllungen) zugelassen.

### 6.4 Thermische Verwertung

Die thermische Verwertung ist vorgesehen für teerhaltige Beläge, Boden, Bauschutt oder andere mineralische Materialien, die mit organischen oder anderen brennbaren Verunreinigungen wie Mineralölen, PAK, Cyaniden oder Schwefel belastet sind.

## 6.5 VeVA / Begleitschein

Die Verordnung über den Verkehr mit Abfällen (VeVA) soll sicherstellen, dass Abfälle nur an geeignete Entsorgungsunternehmen übergeben werden und dient zugleich als Kontrolle der abgeführten Mengen.

Beläge mit mehr als 250 bis 1000 mg PAK / kg TS (Abfallcode 17 03 01 [ak]) sind andere kontrollpflichtige (ak-) Abfälle. Belagsmaterial mit mehr als 1000 mg PAK / kg TS sind Sonderabfälle (Abfallcode 17 03 03 [S]). Fundationsschichtmaterial mit mehr als 25 bis 250 mg PAK / kg TS sind akb-Abfälle (andere kontrollpflichtige Abfälle mit Begleitscheinpflicht) gemäss VeVA (Abfallcode 17 05 91 [akb]).

Bei anderen chemischen Belastungen ist der jeweils zutreffende Abfallcode zu verwenden.

Für den Verkehr mit Sonderabfällen und akb-Abfällen müssen VeVA-Begleitscheine verwendet werden. Für jede Übergabe ist pro Abfallcode ein Begleitschein in dreifacher Ausfertigung notwendig (bei Verwendung der Online-Begleitscheine (<https://www.veva-online.admin.ch>) muss nur ein Ausdruck mitgeführt werden). Die Entsorgungsunternehmen müssen innert 25 Arbeitstagen nach Anlieferung der Sonderabfälle dem Abgeberbetrieb einen Begleitschein zurücksenden und den anderen Begleitschein während mindestens 5 Jahren aufbewahren. Die Abgeberbetriebe müssen den vor Transportbeginn ausgefüllten Begleitschein und den vom Entsorgungsunternehmen zurückerhaltenen Begleitschein während mindestens 5 Jahren aufbewahren.

Der Begleitschein ist zudem als Beförderungspapier nutzbar. Für bestimmte Abfälle, die in grossen Mengen anfallen, ist er pro Fahrzeug während eines Monats gültig.

## 7 Allgemeines

### 7.1 Ansprechpartner

#### Kanton BL

TBA	Infra-Management	Tel. 061 552 51 11
AUE	Ressourcenwirtschaft und Anlagen	Tel. 061 552 51 11

#### Kanton BS

TBA	Infrastruktur-Strassen Kunstbauten LT	Tel. 061 267 93 00 / Stv. 061 267 46 18
AUE	Abteilung Abfall + Rohstoffe	Tel. 061 639 22 16 / Stv. 061 639 22 40

### 7.2 Rechtliche Grundlagen

- Bundesgesetz über den Umweltschutz (USG vom 7. Okt. 1983)
- Bundesgesetz über Bauprodukte (BauPG vom 21. März 2014)
- Strassenverkehrsgesetz (SVG vom 19. Dez. 1958)
- Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (VVEA vom 04. Dez. 2015)
- Verordnung über den Verkehr mit Abfällen (VeVA vom 22. Juni 2005)
- Lärmschutzverordnung (LSV vom 15. Dez. 1986)
- Umweltschutzgesetz Basel-Landschaft (USG BL vom 27. Februar 1991)
- Umweltschutzgesetz Basel-Stadt (USG BS vom 13. März 1991)

### 7.3 Massgebende Vollzugshilfen

- «Messmethoden im Abfall- und Altlastenbereich»; Bundesamt für Umwelt (BAFU), UV-1715-d; 1. aktualisierte Auflage 2022 (Erstausgabe 2017); <https://www.bafu.admin.ch/uv-1715-d>
- Modul der Vollzugshilfe VVEA: Bauabfälle; Bundesamt für Umwelt (BAFU), UV-1826-d; 2020; <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/abfall/publikationen-studien/publikationen/modul-bauabfaelle.html>
  - Ermittlung von Schadstoffen und Angaben zur Entsorgung von Bauabfällen (01.09.2020); Teil des Moduls «Bauabfälle». Vollzugshilfe VVEA
  - Verwertung von Aushub- und Ausbruchmaterial (17.05.2021); Teil des Moduls «Bauabfälle». Vollzugshilfe VVEA
  - Verwertung mineralischer Rückbaumaterialien (08.08.2023); Teil des Moduls «Bauabfälle». Vollzugshilfe VVEA

### 7.4 Normen, Weisungen

- SN 670 119-NA "Gesteinskörnungen für ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische für Ingenieur- und Strassenbau: Ungebundene Gemische"
- Weisung «Probenahme im Tiefbau», TBA BS
- Normen Strassenbau, TBA BS
- Handbuch Strassenbau, TBA BS
- Weisungen und Ausführvorschriften für Bauarbeiten, TBA BL
- WAV 352 «Prüfung/Untersuchung, Rückbau und Entsorgung von belastetem Material aus Baustellen der Kantonsstrassen», TBA BL

## 7.5 Glossar

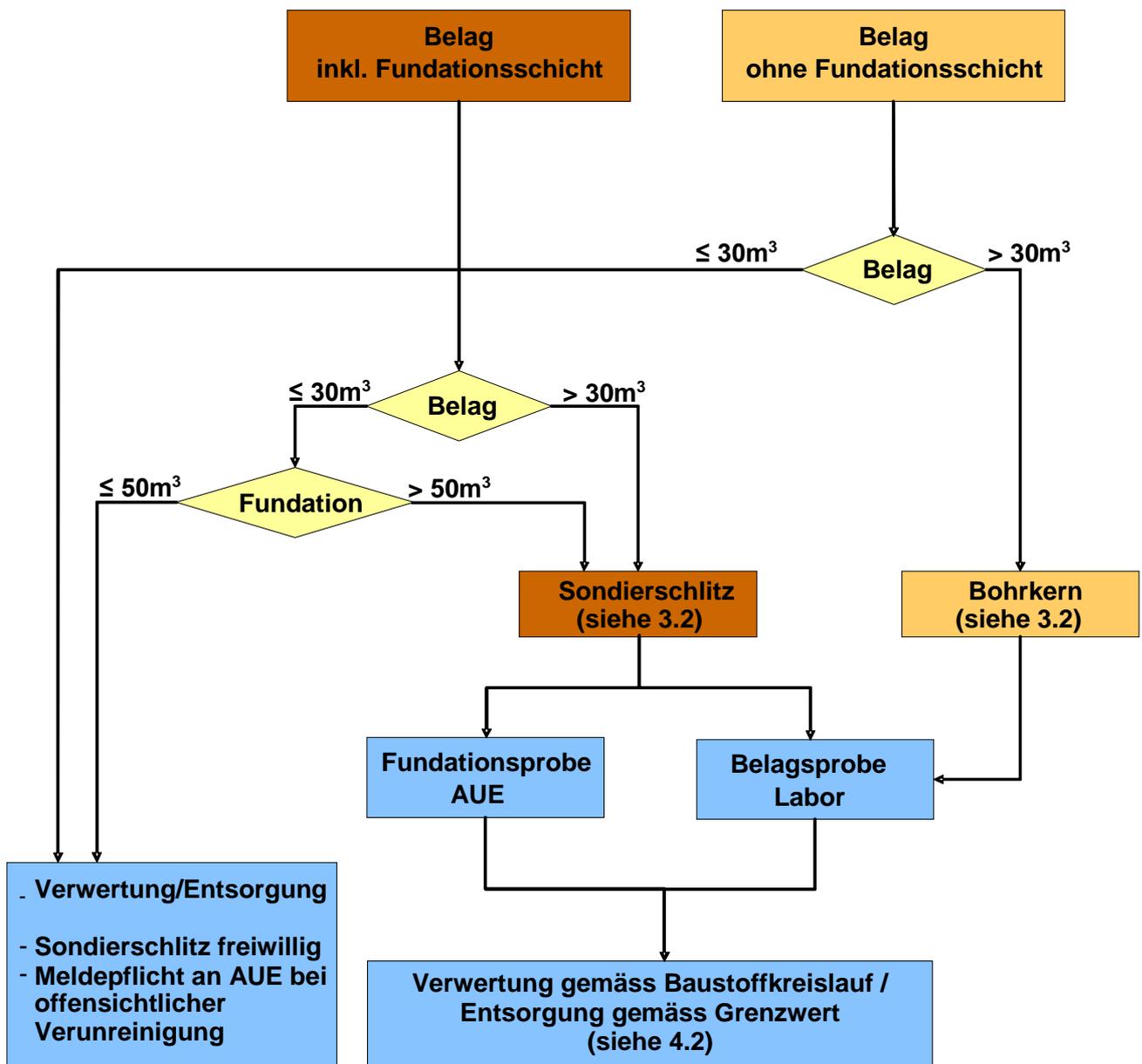
AUE	Amt für Umweltschutz und Energie BL bzw. Amt für Umwelt und Energie BS
BAFU	Bundesamt für Umwelt
<b>BL</b>	<b>Basel-Landschaft</b>
<b>BS</b>	<b>Basel-Stadt</b>
EN	Europäische Norm
EOS	Elektroofenschlacke
GW_Kat. 1	Grenzwerte für Kategorie 1 Material (Primärmaterial)
GW_Kat. 2	Grenzwerte für Kategorie 2 Material (Sekundärmaterial)
GW_Kat. 3	Grenzwerte für Kategorie 3 Material (Sekundärmaterial)
PAK	polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
RC	Recycling
SN	Schweizer Norm
TBA	Tiefbauamt
VeVA	Verordnung über den Verkehr mit Abfällen
VVEA	Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen

## 7.6 Weiterführende Links

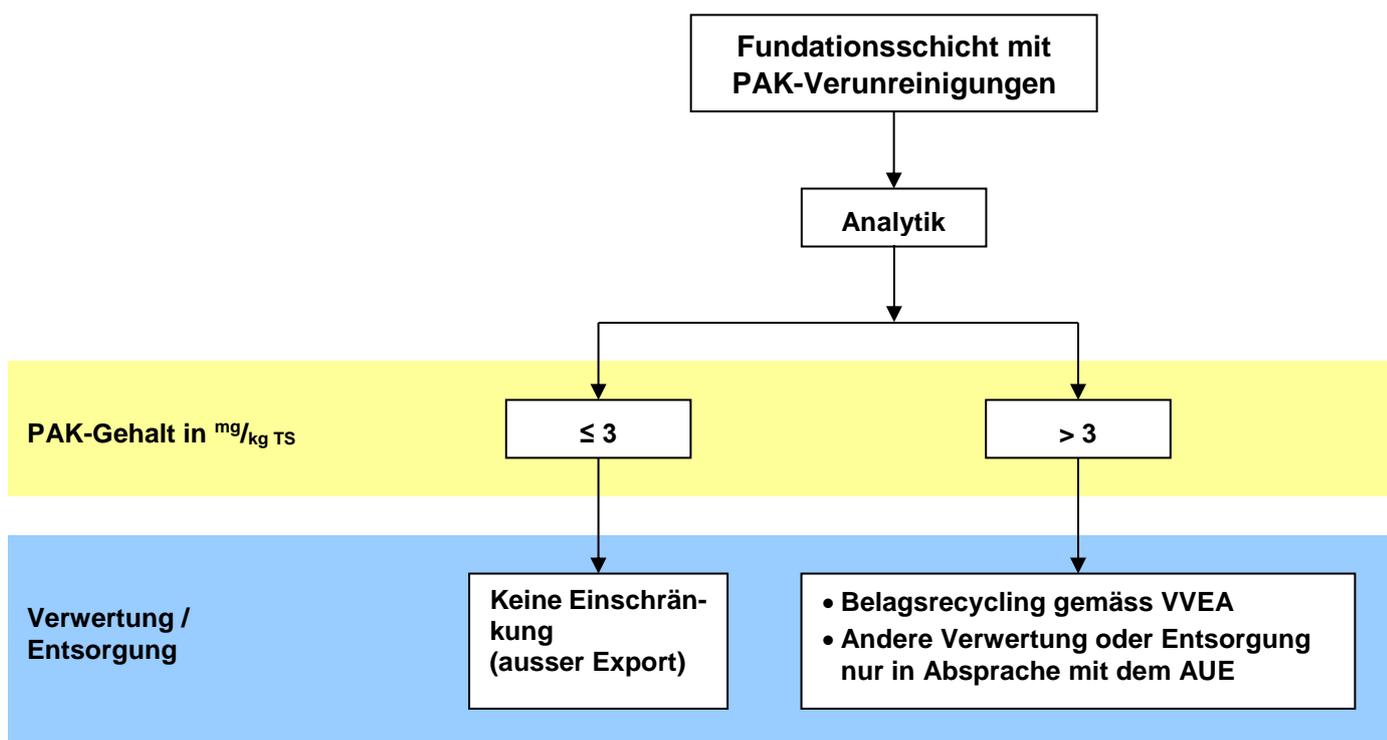
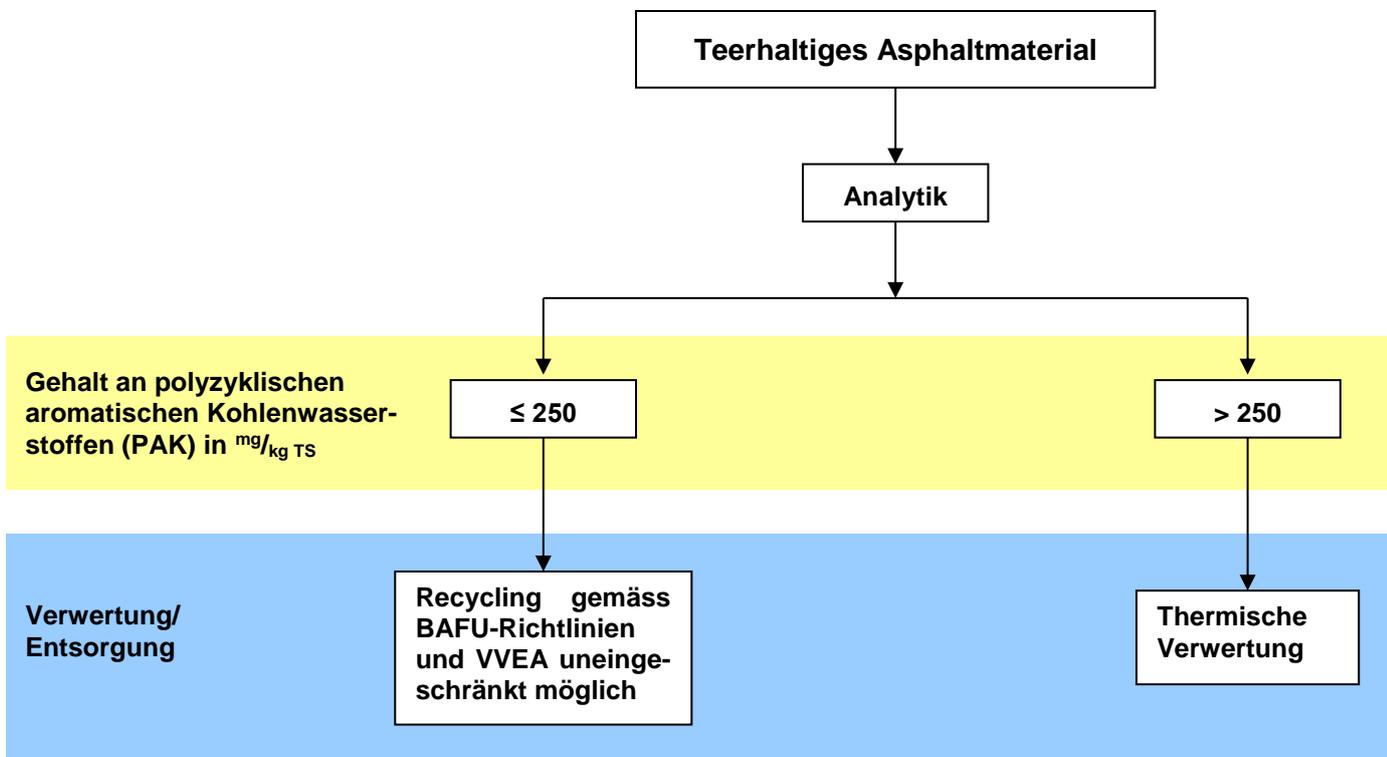
Bund	<a href="https://www.umwelt-schweiz.ch/">https://www.umwelt-schweiz.ch/</a> <a href="https://www.veva-online.admin.ch/">https://www.veva-online.admin.ch/</a> <a href="https://www.admin.ch">https://www.admin.ch</a> <a href="https://www.bundespublikationen.admin.ch">https://www.bundespublikationen.admin.ch</a>
Kanton	<a href="https://www.baselland.ch/.../umweltschutz-energie">https://www.baselland.ch/.../umweltschutz-energie</a> <a href="https://www.aue.bs.ch/">https://www.aue.bs.ch/</a> <a href="https://www.baselland.ch/.../tiefbauamt">https://www.baselland.ch/.../tiefbauamt</a> <a href="https://www.tiefbauamt.bs.ch/">https://www.tiefbauamt.bs.ch/</a>
Labors privat (Auszug)	<a href="https://www.baustofflabor.ch/">https://www.baustofflabor.ch/</a> <a href="https://www.consultest.ch/">https://www.consultest.ch/</a> <a href="https://www.impbautest.ch/">https://www.impbautest.ch/</a> <a href="https://www.tfb.ch/">https://www.tfb.ch/</a> <a href="https://www.viatec.ch/">https://www.viatec.ch/</a>
Entsorgung	<a href="https://www.abfall.ch/">https://www.abfall.ch/</a>
Diverses	<a href="http://www.schadstoffberatung.de/pak.htm">http://www.schadstoffberatung.de/pak.htm</a> <a href="https://www.polludoc.ch/de">https://www.polludoc.ch/de</a>
Grenzwerte-CH - App	<a href="#">Android Play-Store</a> <a href="#">iOS App-Store</a>

## Anhang A: Untersuchung und Entsorgung Strassenbau

### Zuordnungsschema zur Richtlinie



## Anhang B: Zuordnungsschema PAK-haltiges Material



### Anhang C: Erweiterte Leistungserklärung des Lieferanten (Selbstdeklaration)

Lieferfirma..... : .....

Name Vorname.. : .....

Strasse ..... : .....

PLZ Ort..... : .....

Ich bestätige / wir bestätigen, dass die von unserer Firma unten aufgeführten und gelieferten Baustoffe und Materialien der Richtlinie «Materialtechnologie im Tiefbau» der Verwaltungen Basel-Landschaft und Basel-Stadt vom 01.01.2024 entsprechen und diese einhalten. Ich habe / wir haben Kenntnis, dass die Richtlinie einzuhalten ist und einen bindenden Bestandteil von Werkverträgen darstellen kann.

- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....

Ort, Datum ..... : .....

Unterschrift / Stempel . : .....

---

Geprüft Bauherr:

Ort, Datum ..... : .....

Geprüft Bauherr ..... : .....

## Anhang D: Mischgut-Walzasphalt Probenahme

### Mischgut Probenahme-Protokoll

Probe Nr. : .....

Baustelle..... : .....

Auftraggeber..... : .....

Unternehmer..... : .....

Aufbereitungsanlage... : .....

Fahrspur / km..... : .....

Mischgutsorte ..... : ..... Mischgutcode : .....

BM-Sorte ..... : .....

Mischguttemperatur .... : ..... °C Lieferschein Nr : .....

Probenahme ab ..... : .....

Datum : ..... Zeit : ..... Witterung : .....

Probenehmer..... : .....

Bemerkungen ..... : .....

- Bindemittelgehalt + Korngrössenverteilung
- Marshall-Prüfung
- Penetration, Erweichungspunkt Ring und Kugel, PI
- Elastische Rückstellung Bindemittel
- 16 EPA-PAK (Verfahren "F-13 Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) in Feststoffproben" gem. BAFU)
- Sonstiges .....

## Anhang E: Ungebundene Gemische Probenahme

### Ungebundene Gemische Probenahme-Protokoll

Probe Nr. : .....

Baustelle..... : .....

Auftraggeber..... : .....

Unternehmer..... : .....

Aufbereitungsanlage... : .....

Fahrspur / km..... : .....

Entnahmestelle ..... : .....

Sammelprobe aus ..... lokalen Entnahmestellen

Lieferschein Nr. .... : .....

Probenahme ab ..... : .....

Datum : ..... Zeit : ..... Witterung : .....

Probenehmer..... : .....

Bemerkungen ..... : .....

Korngrößenverteilung

Stoffliche Zusammensetzung

Schadstoffuntersuchung gem. Richtlinie "Materialtechnologie im Tiefbau" Kt. BL & BS Kapitel 4

VVEA-Untersuchung komplett

16 EPA-PAK (Verfahren "F-13 Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) in Feststoffproben" gem. BAFU)

Chrom VI

Sonstiges .....