

Radioaktive Stoffe bei Baumaßnahmen

Schriftenreihe, Heft 13/2013



Grundsätze für die Antragstellung beim Umgang mit radioaktiven Stoffen bei Baumaßnahmen

Dr. rer. nat. Ralf Herrmann, Frank Ohlendorf

1	Einleitung	9
2	Ansatz, grundlegende Vorgehensweise	11
3	Identifikation von möglichen radioaktiven Kontaminationen	12
3.1	Quellen bzw. Herkunft radioaktiver Stoffe	12
3.2	Vorkommen radioaktiver Stoffe bei Bau- und Sanierungsmaßnahmen	17
4	Regelungen zur Untersuchung und Erkundung	23
4.1	Regelungen, Normen und Richtlinien zu Aufschlüssen, Probenahmen und Untersuchungen außerhalb des Strahlenschutzrechts	23
4.1.1	Baugrunderkundung und Bauplanung	23
4.1.2	Altlastenerkundung und Altlastensanierung	24
4.1.3	Gebäudeabbruch bzw. Gebäudesanierung	29
4.1.4	Abfallverwertung und Abfallbeseitigung - Richtlinie LAGA PN 98 für die Probenahme	31
4.2	Gesetzliche Regeln und Anforderungen zum Verkehr und zur Entsorgung von radioaktiven Kontaminationen mit natürlichen Radionukliden	34
4.2.1	VOAS und HaldAO	34
4.2.2	Strahlenschutzverordnung	34
4.2.3	Abfallrechtliche Bestimmungen	38
4.2.4	Anforderungen an die Repräsentativität der Untersuchungen	39
5	Messverfahren und Repräsentativität der Ergebnisse zur Beurteilung der radioaktiven Kontamination	42
5.1	Geeignete Messverfahren	42
5.2	Bewertung der Repräsentativität der Messverfahren für die Bestimmung der Aktivität von radioaktiven Stoffen	43
6	Vorgaben zu Baumaßnahmen mit radioaktiven Kontaminationen	47
6.1	Baumaßnahmen mit Umgang und Entsorgung von radio-aktiven Stoffen	47
6.1.1	Planungsphase und Voruntersuchung, Radiologisches Gutachten	47
6.1.2	Antragstellung und Dokumentation	49
6.1.3	Vermeidung unerwarteter Funde radioaktiver Stoffe während der Bauphase	50
6.2	Antrag zur Genehmigung des Umgangs mit radioaktiven Stoffen	51
6.3	Antrag zur Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung	55
7	Zusammenfassung	61
8	Glossar	64
9	Anhang	74
9.1	Messverfahren zur Beurteilung der radioaktiven Kontamination	74
9.2	Checklisten	85
9.2.1	Checklisten Straßen- und Wegebaumaßnahmen	86
9.2.2	Checklisten Flächensanierung	102
9.2.3	Checklisten Gebäudeabbruch und Gebäudesanierung	119
9.3	Informationsmaterial, Formblätter zur Entlassung von natürlich vorkommenden radioaktiven Stoffen (Rückständen) aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung	138
9.3.1	Informationsblatt zur Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung	138
9.3.2	Formblatt EA-R: Antrag Entlassung von Rückständen aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung	140
9.3.3	Formblatt AE-R: Annahmeerklärung zu Entlassungsantrag	142
	Unterlagenverzeichnis	144

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Beispiel für Straßenaufbau mit wasserdurchlässigen Randbereichen – Damm/Einschnitt (Quelle: U 42) ..	18
Abbildung 2:	Mögliche radioaktiv kontaminierte Bereiche und Materialien bei Gebäudeabbruch bzw. Gebäudesanierung.....	20
Abbildung 3:	Verfahrensweise für überwachungsbedürftige Rückstände (§ 97 ff, Anlage XII, StrlSchV)	35
Abbildung 4:	Überwachungsgrenzen nach Anlage XII, Teil B StrlSchV für die Verwertung von Rückständen	36
Abbildung 5:	Überwachungsgrenzen nach Anlage XII, Teil B StrlSchV für die Beseitigung von Rückständen	36
Abbildung 6:	Entlassungskriterien für die Beseitigung von überwachungsbedürftigen Rückständen gemeinsam mit anderen Rückständen und Abfällen gemäß Anlage XII, Teil C StrlSchV	38
Abbildung 7:	Gesamtschema zur Prüfung der Einhaltung von Überwachungsgrenzen	40
Abbildung 8:	Beispiele für die Lage von Erwartungswerten und Konfidenzgrenzen zur Überwachungsgrenze (in Anlehnung an U 14: Teil I, Abb. 1)	41
Abbildung 9:	Vorgehensweise bei der Planung von Baumaßnahmen Schema I - Voruntersuchungen zu radioaktiven Stoffen.....	48
Abbildung 10:	Vorgehensweise bei der Planung von Baumaßnahmen Schema II - Anträge nach VOAS und HaldAO ...	50
Abbildung 11:	Vorgehensweise bei der Planung von Baumaßnahmen Schema III – Anträge nach Strahlenschutzverordnung	56
Abbildung 12:	Ablauf der Strahlenschutzverfahren während der Bauausführung.....	59
Abbildung 13:	Anordnung zur Gamma-Log-Messung bzw. Spektral-Gamma-Log-Messung von Bohrkernen.....	77
Abbildung 14:	Typisches Gammaenergiespektrum eines Spektralgammalogs mit farblicher Kennzeichnung der Energiebereiche der Radionuklide K, U, Th (vgl. U 51).....	78
Abbildung 15:	Messung der Ortsdosisleistung einer Probe (Gesamt-ODL und Untergrund) mit einem Dosisleistungsmessgerät und der Beta-Gamma-Zählrate bzw. der Gamma-Zählrate mit einem Kontaminationsmessgerät.....	79
Abbildung 16:	In-situ-Gammaspektrometer in Messposition und typisches Spektrum mit Identifizierung einiger natürlicher Radionuklide K-40, Uranzerfallsreihe: Bi-214, Pb-214, Th-Zerfallsreihen (vgl. U 58).....	81

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Uranerzlagerstätten Sachsens, Orte der Uranerzaufbereitung und Zuständigkeit für die Hinterlassenschaften	13
Tabelle 2: Wichtige Produkte und radioaktive Stoffe aus dem Uranerzbergbau (Zahlenangaben haben Beispielcharakter)	15
Tabelle 3: Wichtige Produkte und radioaktive Stoffe aus der Uranerzaufbereitung (Zahlenangaben haben Beispielcharakter)	16
Tabelle 4: Übersicht zu branchenspezifischen Kontaminationen des Uranbergbaus	16
Tabelle 5: Beispiele von Kontaminationen in Böden, im Mauerwerk und in Prozessrückständen der Uranfabrik 95	17
Tabelle 6: Mögliche radioaktive Stoffe im Aufbau von Straßen- und Verkehrsflächen	19
Tabelle 7: Radioaktive Stoffe beim Gebäudeabbruch	21
Tabelle 8: Radioaktive Stoffe bei der Flächensanierung	22
Tabelle 9: Richtwerte für Abstände von Aufschlüssen und Erkundungstiefen nach U 18: Anlage B.3	24
Tabelle 10: Verfahrensablauf der Altlastenerkundung/-sanierung und der Behandlung von radioaktiven Stoffen bei Baumaßnahmen	25
Tabelle 11: Empfehlung für die Anzahl von Aufschlüssen/Proben bei der Orientierenden Untersuchung gemäß U 29	26
Tabelle 12: Empfehlung zur Anzahl von Aufschlüssen/Proben für eine Ersteinschätzung für die Verwertung von Bodenmaterial gemäß U 21	31
Tabelle 13: Mindestzahl der Einzel-, Misch-, Sammel- und Laborproben in Abhängigkeit vom Prüfvolumen (vgl. U 22: Tabelle 2)	33
Tabelle 14: Mindestvolumen von Einzel- und Laborproben in Abhängigkeit von der Korngröße des Prüfmaterials (vgl. U 22: Kapitel 6.5, Tabelle 3)	33
Tabelle 15: Eignung der Messmethoden für langlebige Radionuklide der Uran-Zerfallsreihe und Thorium-Zerfallsreihe zur Bewertung der Einhaltung der Überwachungsgrenzen	46
Tabelle 16: Empfehlung der Probenzahl zur Bestimmung der repräsentativen spezifischen Aktivität	60
Tabelle 17: Messzeiten und Sondenfahrgeschwindigkeiten bei Gamma-Log-Messungen	77

Abkürzungsverzeichnis

Begriffe

AKnat	Arbeitskreis natürliche Radioaktivität des Fachverbandes Strahlenschutz e. V.
ALI	Jahresgrenzwert der Aktivitätszufuhr, definiert in der Durchführungsbestimmung der VOAS U 3
API	American Petroleum Institut
API-Einheit	zweihundertster Teil der Differenz zwischen minimaler und maximaler Impulsrate in Eichbohrungen mit niedriger und hoher Aktivität
AVV	Abfallverzeichnisverordnung
BGBI.	Bundesgesetzblatt
BglBb	Berechnungsgrundlagen Bergbau
BBodSchG	Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten – Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG)
BBodSchV	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
„C _{Pb210max} “	Größte spezifische Aktivität der von Pb-210 und Folgenukliden der U-238-Zerfallsreihe (Pb-210++)
C _{U238max}	Größte spezifische Aktivität der Radionuklide der Nuklidkette U-238sec der U-238-Zerfallsreihe
C _{Th232max}	Größte spezifische Aktivität der Radionuklide der Nuklidkette Th-232sec der Th-232-Zerfallsreihe
DAC	durchschnittliche Aktivitätskonzentration
DB VOAS	Durchführungsbestimmungen zur Verordnung über die Gewährleistung von Atomsicherheit und Strahlenschutz
DIN EN 932-1	Prüfverfahren für allgemeine Eigenschaften von Gesteinskörnungen
DU	Detailuntersuchung von Altlasten
DURAS	Datenbank zur Umweltradioaktivität im Freistaat Sachsen
ENORM	Enhanced, Naturally-Occurring Radioactive Materials
FbU	Fachinformationssystem bergbaubedingte Umweltradioaktivität
GBl.	Gesetzblatt
GRL	Gamma-Ray-Log
GWL	Grundwasserleiter
HAB	Handbuch zur Altlastbehandlung, Freistaat Sachsen
HaldAO	Anordnung zur Gewährleistung des Strahlenschutzes bei Halden und industriellen Absetzanlagen und bei der Verwendung darin abgelagerter Materialien – Haldenanordnung (HaldAO)
HE	Historische Erkundung von Altlasten
KrWG	Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen – Kreislaufwirtschaftsgesetz
LAGA	Länderarbeitsgemeinschaft Abfall
LAGA PN 98	Richtlinie Probenahme der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall von 1998
LABO	Länderarbeitsgemeinschaft Boden
LL	lower Level = untere Konfidenzgrenze nach U 14
NachwV	Verordnung über die Nachweisführung bei der Entsorgung von Abfällen (Nachweisverordnung – NachwV)

NORM	Naturally-Occurring Radioactive Materials
ODL	Ortsdosisleistung der Gammastrahlung
OU	Orientierende Untersuchung von Altlasten
RAF	radiometrische Aufbereitungsfabriken
Rei-Bergbau	Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung bei bergbaulichen Tätigkeiten
S	Sanierung von Altlasten
SAAS	Staatliches Amt für Atomsicherheit und Strahlenschutz ¹
SächsABG	Sächsisches Abfallwirtschafts- und Bodenschutzgesetz
SDAG	Sowjetisch-Deutsche Aktiengesellschaft (Wismut)
SGRL	Spectral Gamma-Ray-Log
SSK	Strahlenschutzkommission
StrlSchV	Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV)
SU	Sanierungsuntersuchung von Altlasten
TENORM	Technologically-Enhanced, Naturally-Occurring Radioactive Materials
TÖB	Träger öffentlicher Belange
TP-Min-StB	Technischen Prüfvorschriften für Mineralstoffe im Straßenbau
U 1, U 2...	Nummer der Literaturstelle gemäß Unterlagegenverzeichnis
UL	upper level = obere Konfidenzgrenze
VOAS	Verordnung über die Gewährleistung von Atomsicherheit und Strahlenschutz

Formelzeichen, Einheiten

A	Aktivität in Bq oder MBq
A_{ges}	Gesamtaktivität einer Rückstandscharge
a	spezifische Aktivität in Bq/g oder Bq/kg
Bq, mBq	Becquerel: Einheit der Aktivität, Millibecquerel: $1 \text{ mBq} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Bq}$,
kBq, MBq	Kilobecquerel: $1 \text{ kBq} = 1 \cdot 10^3 \text{ Bq}$, Megabecquerel: $1 \text{ MBq} = 1 \cdot 10^6 \text{ Bq}$
Bq/g, Bq/kg	Becquerel pro Gramm: /Kilogramm, Einheit der spezifischen Aktivität
Bq/l	Becquerel pro Liter: Einheit der Aktivitätskonzentration
D^*_{gesamt}	Dosisleistung von Probe und Untergrund
D^*_{UG}	Dosisleistung des Untergrundes in gleicher Messgeometrie wie D^*_{gesamt}
H^*	Äquivalentdosisleistung
kg	Kilogramm
eV, MeV	Elektronenvolt, Megaelektronenvolt, Einheit der Strahlungsenergie: $1 \text{ MeV} = 1 \cdot 10^6 \text{ eV}$
m	Meter
m_i	Masse der Rückstandscharge i
mm	Millimeter
m/s	Meter pro Sekunde
mSv/a	Millisievert pro Jahr: $1 \text{ mSv/a} = 1 \cdot 10^3 \text{ Sv/a}$
mSv/h	Millisievert pro Stunde
nSv/h	Nanosievert pro Stunde: $1 \text{ nSv/a} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ Sv/h}$
nGy/h	Nanogray pro Stunde

¹ bis zur deutschen Wiedervereinigung für die kerntechnische Sicherheit und den Strahlenschutz zuständige staatliche Genehmigungs- und Aufsichtsbehörde der DDR

Pb-210++	Folgenuklide der Uran-238-Zerfallsreihe im radioaktiven Gleichgewicht mit dem Mutternuklid Pb-210 gemäß StrlSchV, Anlage III Tabelle 2
ppm	parts per million ($1 \cdot 10^{-6}$)
%	Prozent
$R_{\beta,\gamma}$	Gesamtzählrate der Beta- und Gammastrahlung Messung mit dem Kontaminationsmessgerät (Probe und Untergrund)
R_{γ}	Zählrate der Gamma-Strahlung (Untergrund), Messung mit dem Kontaminationsmessgerät
Th-232sec	Radionuklide der Thorium-232-Zerfallsreihe im radioaktiven Gleichgewicht mit dem Mutternuklid Thorium-232 gemäß StrlSchV Anlage III, Tabelle 2
t	Zeit in Jahren (a), Tagen (d), Stunden (h), Sekunden (s)
$t_{1/2}$	Halbwertszeit: Zeit, nach der die Hälfte der Stoffmenge eines Radionuklides zerfallen ist
U-238sec	Radionuklide der Uran-238-Zerfallsreihe im radioaktiven Gleichgewicht mit dem Mutternuklid Uran-238 gemäß StrlSchV, Anlage III Tabelle 2

Formelzeichen, Einheiten

v	Geschwindigkeit, Fahrgeschwindigkeit der Gammasonde
V	Volumen

Chemische Elemente

K	Kalium
Ra	Radium
Th	Thorium
U	Uran
U_{nat}	Uran in seiner natürlichen Isotopenzusammensetzung in mg/kg
U(IV)	Uran-Spezies mit Uran in der Oxidationsstufe 4
U(VI)	Uran-Spezies mit Uran in der Oxidationsstufe 6

Radionuklide (Isotope)

Bi-210	Wismut-210 oder Bi^{210}
Bi-214	Wismut-214 oder Bi^{214}
K-40	Kalium-40 oder K^{40}
Pa-234	Protactinium-234 oder Pa^{234}
Pb-210	Blei-210 oder Pb^{210}
Pb-214	Blei-214 oder Pb^{214}
Po-210	Polonium-210 oder Po^{210}
Po-214	Polonium-214 oder Po^{214}
Po-218	Polonium-218 oder Po^{218}
Ra-224	Radium-224 oder Ra^{224}
Ra-226	Radium-226 oder Ra^{226}
Ra-228	Radium-228 oder Ra^{228}
Rn-222	Radon-222 oder Rn^{222}
Th-228	Thorium-228 oder Th^{228}
Th-230	Thorium-230 oder Th^{230}
Th-232	Thorium-232 oder Th^{232}

1 Einleitung

Veranlassung und Aufgabenstellung

Der Erzbergbau in Sachsen war oft verbunden mit der Förderung von uranvererztem Nebengestein oder die Uranerzgewinnung und Aufbereitung waren selbst Ziel des Bergbaus. Infolgedessen fielen bergmännische und aufbereitungstechnische Rückstände an, die bewusst und planmäßig oder unbewusst als Baumaterial verwendet wurden. In Teilen Sachsens treten bei Baumaßnahmen radioaktive Stoffe wie Aushub von Auffüllungen und Boden sowie Abbruchmaterialien und radioaktive Stoffe aus dem Uranerz- und Altbergbau wie Nebengestein (Haldenmaterial) sowie Aschen und Schlacken aus uranvererzter Steinkohle auf, die die Freigrenzen nach Verordnung über die Gewährleistung von Atomsicherheit und Strahlenschutz (VOAS, vgl. U 3) bzw. die Überwachungsgrenzen nach Strahlenschutzverordnung (StrlSchV), Anlage XII Teil B (vgl. U 5) überschreiten oder bei denen eine Überschreitung zu besorgen ist.

Für die Verwertung bzw. Beseitigung dieser Materialien sind der Umgang mit radioaktiven Stoffen nach VOAS und Haldenanordnung (HaldAO, vgl. U 4) bzw. die Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung nach § 98 StrlSchV zu beantragen. Die Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung ist nur dann zulässig, wenn der vorgesehene Entsorgungsweg die Kriterien der Anlage XII, Teil C und Teil D StrlSchV erfüllt. Das heißt, die jährliche Exposition für Personen aus der Bevölkerung darf infolge der Entsorgung 1 mSv nicht übersteigen.

Bei einer Verwendung der radioaktiven Stoffe in Rahmen der Sanierung von Hinterlassenschaften der Wismut GmbH (Entsorgung auf Wismut-Halden) oder bei Wiedereinbau mit technischen Sicherungsmaßnahmen innerhalb der Baumaßnahme z. B. im Unterbau von Verkehrsflächen, sind die Bestimmungen und Vorgaben der Haldenanordnung (HaldAO) und der VOAS einzuhalten.

Nach den bisherigen Erfahrungen enthalten die strahlenschutzrechtlichen Anträge oft nicht die Informationen in der erforderlichen Quantität und Qualität, die für einen geordneten Umgang mit diesem Material und die Entsorgung nach den Strahlenschutzgrundsätzen notwendig sind. Insbesondere gibt es Mängel bei der Feststellung der Mengen und der repräsentativen Werte der spezifischen Aktivitäten der relevanten Radionuklide. Diese Mängel machen Nachforderungen notwendig und verursachen Verzögerungen im Genehmigungsverfahren.

Aufgabe der vorliegenden Empfehlung ist es deshalb, für potenzielle Antragsteller bzw. Planer wie Bauämter, Straßenbauämter, Architekten, Planungs- und Ingenieurbüros sowie Bauherren und Bauausführende im Bau-/Straßenbaubereich Vorgaben für die Inhalte von Anträgen zum Umgang mit radioaktiven Stoffen und zur Entlassung von Rückständen aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung zu erarbeiten für

- Straßen- und Wegebaumaßnahmen,
- Flächensanierungen außerhalb des Tätigkeitsfeldes der Wismut GmbH bzw. Baumaßnahmen auf kontaminierten Flächen und
- Gebäudeabbrüche bzw. Gebäudesanierungen außerhalb des Tätigkeitsfeldes der Wismut GmbH.

Die Angaben in den Anträgen müssen geeignet sein, um die Einhaltung der Überwachungsgrenzen bei der Verwertung/Beseitigung von überwachungsbedürftigen Rückständen zu belegen (§ 97 und Anlage XII, Teil B StrlSchV). Dies betrifft die Qualität der eingereichten Unterlagen, Untersuchungsmethoden, Messverfahren, Art und Häufigkeit der Probenahme und -analysen. Außerdem müssen Antragsunterlagen hinreichend detail-

liert sein, um die Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung und die Zulässigkeit des geplanten Verwertungs- oder Beseitigungsweges zu ermöglichen (§ 98 und Anlage XII, Teil C und Teil D StrlSchV).

Entsprechend den Festlegungen der VOAS und der HaldAO ist zu beurteilen, ob die Freigrenze der spezifischen Aktivität (0,2 Bq/g) überschritten wird und damit eine Genehmigung zum Umgang mit radioaktiven Stoffen zur Verwendung von Materialien aus Halden und Absetzanlagen erforderlich ist. Die Strahlenschutzbehörde hat die Rechtfertigung des Vorhabens nach § 10 VOAS bezüglich eines positiven Nettonutzens (Umweltnutzen) bei Einhaltung des Schutzes von Leben und Gesundheit zu beurteilen. Der Nutzen ist durch die Verringerung von Kontamination bzw. Exposition, die Wiedernutzbarmachung von Flächen und die Lage und Höhe eventuell zurückbleibender Kontaminationen und deren technische Sicherung durch den Antragsteller nachzuweisen.

Die Anforderungen sollen so gestaltet werden, dass sie den Ablauf der Planung und die Durchführung der Baumaßnahmen möglichst wenig beeinträchtigen oder verzögern und den Bearbeitungsaufwand bei der Genehmigungsbehörde reduzieren.

Das Ziel ist, potenzielle Bauherren, Planer, zuständige Baubehörden und Umweltämter für das Problem zu sensibilisieren und Verfahrensabläufe zu vermitteln, die einen planmäßigen und strahlenschutzgerechten Umgang ermöglichen. Dadurch soll ein überraschendes Auftreten von radioaktiven Stoffen während der Bauausführung und alle damit zusammenhängenden Probleme für Bauablauf, Kosten und das erforderliche strahlenschutzrechtliche Genehmigungsverfahren vermieden werden.

Begriffsdefinitionen

Alle Stoffe, die ein oder mehrere Radionuklide enthalten und deren Aktivität oder spezifische Aktivität nach den Regelungen des Atomgesetzes (AtG) oder einer aufgrund dieses Gesetzes erlassenen Rechtsverordnung nicht außer Acht gelassen werden können, sind **radioaktive Stoffe** im Sinne des Strahlenschutzrechtes.

Für den Umgang mit radioaktiven Stoffen im Rahmen von Baumaßnahmen sind für bestimmte Verwertungswege die strahlenschutzrechtlichen Regelungen des DDR-Rechts [Verordnung über die Gewährleistung von Atomsicherheit und Strahlenschutz (VOAS) samt Durchführungsverordnung, Anordnung zur Gewährleistung des Strahlenschutzes bei Halden und industriellen Absetzanlagen und bei der Verwendung darin abgelagerter Materialien (HaldAO)] anzuwenden. Die Beseitigung oder Verwertung von radioaktiven Stoffen, die nach StrlSchV den Rückständen zuzuordnen sind, werden im Teil 3 StrlSchV geregelt. Jeder Rechtsbereich verwendet eigene Begriffe, um die Art der radioaktiven Kontaminationen zu beschreiben:

- Nach VOAS sind radioaktive Stoffe in Abhängigkeit von der Verkehrsart definiert. Für Maßnahmen, die Gegenstand dieses Berichtes sind, werden die Begriffe **radioaktives Material** bzw. **radioaktiv kontaminiertes Material** verwendet.
- Nach StrlSchV gliedern sich radioaktive Stoffe wie folgt:
 - **Materialien** sind Stoffe, die natürlich vorkommende Radionuklide enthalten oder mit solchen Stoffen kontaminiert sind.
 - **Rückstände** sind Materialien, die in einer Liste (Anlage XII, Teil A StrlSchV) abschließend aufgeführt sind, in den dort genannten industriellen und bergbaulich Prozessen anfallen und die dort genannten Voraussetzungen erfüllen.
 - **Überwachungsbedürftige Rückstände** sind Rückstände, die die Überwachungsgrenzen für die Entsorgungswege nach Anlage XII, Teil B StrlSchV überschreiten.

Der vorliegende Bericht verwendet i. d. R. den in beiden Rechtssystemen gültigen Oberbegriff **radioaktive Stoffe**. Textstellen, die sich ausschließlich auf die strahlenschutzrechtliche Überwachung nach Teil 3 StrlSchV beziehen, verwenden den Begriff **Rückstände**.

2 Ansatz, grundlegende Vorgehensweise

Für die Baumaßnahmen ist zu prüfen, inwieweit die Vorgaben und Anforderungen für die jeweiligen Strahlenschutzanträge (Umgang mit radioaktiven Stoffen, Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung) an die gültigen, eingeführten und wenigstens teilweise etablierten Regularien, Anforderungen, Pflichten und Vorgehensweisen für Bauherren, Architekten, Planer und Bauausführende im Bau-/Straßenbau-, Bodenschutz-/Altlasten- und Abfallbereich angelehnt werden können. Dazu werden Richtlinien aus dem Bau-, Altlasten- und Abfallbereich dahingehend gesichtet und geprüft, ob die generelle Vorgehensweise, Erkundungsdichte, Probenahme- und Analysenhäufigkeit auch für die Beurteilung radioaktiver Stoffe geeignet ist.

Das Ziel ist, Forderungen nach neuen Abläufen, die wesentlich von den üblichen Vorgehensweisen bei der Bauvorbereitung und Bauausführung abweichen bzw. technologisch veränderte Abläufe erfordern und damit zu erhöhten Baukosten führen können, zu minimieren.

Sind spezifische radiologische Anforderungen nicht zu umgehen, ist es wichtig, dass die erhöhten Anforderungen möglichst bereits im Planungszeitraum der Maßnahme bekannt sind. Dann können die erforderlichen Arbeiten und Aufwendungen im Leistungsverzeichnis der Baumaßnahme Eingang finden und kostenseitig berücksichtigt werden. Durch die Verbindung von geotechnischen und Altlastuntersuchungen sowie Untersuchungen zur Entwicklung von Rückbau- und Entsorgungskonzepten mit den radiologisch erforderlichen Untersuchungen lassen sich die Erkundungsaufwendungen reduzieren.

Der ungünstigste Fall für die Bauherren ist die Feststellung von radioaktiven Kontaminationen erst während der Bauausführung. Dies kann zu Zeitverzögerungen im Bauablauf, zu Mehrkosten durch zusätzliche Aufwendungen für Erkundung, Probenahme/Analytik und veränderte Bauleistungen führen. Deshalb sollte möglichst im Vorfeld einer Baumaßnahme die Feststellung erfolgen, ob radioaktive Stoffe zu erwarten sind.

Es ist zu prüfen, inwieweit und auf welcher Grundlage für bestimmte Baumaßnahmen eine radiologische Voruntersuchung, z. B. zusammen mit altlasten- und abfallfachlichen Erhebungen, gefordert werden kann. Dabei sind folgende Fragestellungen zu klären:

- Besteht aus den Erfahrungen der bisherigen Genehmigungsverfahren die Möglichkeit einer territorialen Eingrenzung für die Forderung nach einer radiologischen Voruntersuchung aufgrund geologischer, historischer und Nutzungskriterien?
- Inwieweit kann eine Verdachtsprüfung in Verbindung mit Baugrunderkundung und Altlastrecherchen zum Bauvorhaben erfolgen?

3 Identifikation von möglichen radioaktiven Kontaminationen

3.1 Quellen bzw. Herkunft radioaktiver Stoffe

Lagerstätten, Gewinnung und Aufbereitung

Die bei Baumaßnahmen in Sachsen auftretenden radioaktiven Stoffe mit natürlichen Radionukliden sind hauptsächlich bergbauliche Hinterlassenschaften. Das betrifft vor 1946 hauptsächlich Hinterlassenschaften des historischen Silber- und Buntmetallbergbaus. Ein spezielles Problem stellen die im Verbreitungsbereich der Freitaler Steinkohle abgelagerten oder genutzten radioaktiv kontaminierten Steinkohlenaschen und -schlacken dar.

Die Hauptquelle der radioaktiven Kontaminationen sind jedoch die Hinterlassenschaften des Uranerzbergbaus und der Uranerzaufbereitung. Im Jahr 1946 begann der Uranerzbergbau in den klassischen Bergbaurevieren des sächsischen Erzgebirges. Die über 40-jährige Gewinnung und Verarbeitung von Uranerzen durch die SDAG WISMUT in Sachsen und Thüringen hat zu erheblichen Umweltbelastungen durch die von den Bergbau- und Aufbereitungsbetrieben ausgehenden Emissionen von natürlichen Radionukliden und anderen Kontaminanten geführt.

Die Uranerzlagerstätten, das aus den Lagerstätten geförderte Uran und die Orte der Uranerzaufbereitung in Sachsen sind in Tabelle 1 angegeben. Die Lagerstätten und Aufbereitungsanlagen, deren bergbauliche Hinterlassenschaften durch Übergabe an die Kommunen in den 1960er-Jahren nicht mehr zum Verantwortungsbereich der WISMUT GmbH gehören, sind fett gekennzeichnet (vgl. U 6, U 7).

Die Uranerzlagerstätten Sachsens können folgenden drei genetischen Grundtypen zugeordnet werden (vgl. U 6, U 8, U 9):

- Hydrothermale Ganglagerstätten des Erzgebirges
- Uran führende Sandsteine der sächsischen Kreide in der Elbtalzone (Königstein)
- Uranhaltige Steinkohlen im Rotliegenden des Döhlener Beckens (Freital-Gittersee-Bannewitz)

In den sächsischen Lagerstätten liegen die Vererzungen im Wesentlichen als Uraninit (Pechblende, UO_2) vor. Außerdem sind Uranglimmer (Uranphosphate und -arsenate) sowie Uranophan und Coffinit (Uransilikate) anzutreffen.

Tabelle 1: Uranerzlagerstätten Sachsens, Orte der Uranerzaufbereitung und Zuständigkeit für die Hinterlassenschaften (fett: kommunales Eigentum, andere: Eigentum und Sanierung durch die WISMUT GmbH, U 6, U 7)

Westerzgebirge		Mittleres und Osterzgebirge		Vogtland		Ostsachsen	
Standort	Uran t ¹⁾	Standort	Uran t ¹⁾	Standort	Uran t ¹⁾	Standort	Uran t ¹⁾
Lagerstätten							
Niederschlema, Alberoda	80.545	Annaberg	1.590	Zobes	5.635	Königstein	18.772
-	-	Bärenstein	222	Schneckenstein	660	Bannewitz Gittersee	3.505
Tellerhäuser	1.046	Marienberg	95	-	-	Coschütz-Heidenschanze	188
Oberschlema	7.407	-	-	-	-	-	-
Johanngeorgenstadt	3.595	-	-	-	-	-	-
Antonsthal	667	-	-	-	-	-	-
Seiffenbach	288	-	-	-	-	-	-
Schneeberg	212	-	-	-	-	-	-
Uranerzaufbereitungsanlagen/Uranerzabsetzanlagen							
Crossen	-	-	-	Schneckenstein	-	Freital-Deuben	-
Johanngeorgenstadt	-	-	-	Lengenfeld	-	Dresden-Coschütz	-
Aue	-	-	-	-	-	-	-
Schlema	-	-	-	-	-	-	-

¹⁾ vor 1990 abgebaute geologische Uranvorräte einschließlich Gewinnungs-, Förder- und Aufbereitungsverluste

Vergesellschaftet mit dem Uran können, je nach dem Typ der Lagerstätte, weitere polymetallische Vererzungen von Wismut, Kobalt, Nickel, Wolfram, Zinn, Kupfer, Silber, Blei und Zink in unterschiedlichen Bindungsformen, z. B. in Form von Sulfiden und Arseniden, auftreten. Dementsprechend besteht die Möglichkeit, dass Uranmineralisationen auch in anderen Lagerstätten metallischer Rohstoffe auftreten und radioaktive Stoffe den Abbau und die Aufbereitung dieser Rohstoffe begleiten.

An den sächsischen Aufbereitungsstandorten wurden jedoch auch größere Mengen thüringische Erze, vor allem Schiefer, verarbeitet und mit der Eisenbahn zu den Aufbereitungsstandorten in Sachsen wie z. B. in die Uranfabrik 95 in Dresden-Coschütz transportiert.

Für die Aufbereitung kamen in Abhängigkeit von der Entwicklung der Bergbauverfahren und des Urangehaltes der Erze mehrere Prozesse zum Einsatz (vgl. U 10). Bereits beim Abbau vor Ort per Handsortierung „geklaupte“ Reicherze (Erze >1 % Uran) wurden in Probenzechen mittels Brechen, Sortieren und Klassieren aufbereitet und direkt versandt. Mit zunehmender Durchmischung von Erzen und tauben Massen beim Abbau erfolgte die Einrichtung von radiometrischen Aufbereitungsfabriken (RAF) in den Bergbaubetrieben. Hier wurden

die Erze zerkleinert, gewaschen, gemessen und mittels Sortiermaschine ebenfalls die aufbereitungswürdigen Erze abtrennt.

Der dominierende Prozess war die chemische Aufbereitung (Laugung) der Uranerze in den Aufbereitungsbetrieben. Hierbei erfolgte nach der mechanische Zerkleinerung bis in Korngrößen von Sand und Schluff/Ton eine Behandlung des Erzes entweder mit Schwefelsäure unter Zusatz von Oxidationsmitteln (z. B. Natriumchlorat) oder mit Sodalösungen, sodass das im Erz als immobiles U(IV) vorliegendes Uran zu leicht löslichem U(VI) oxidiert wurde. Der sodaalkalische Prozess eignet sich besonders für Erze mit alkalischem Nebengestein. Zur Abtrennung des Urans aus der Lösung wurden Ionenaustauscherharze benutzt. Aus diesen wurde das Uran anschließend desorbiert und aus der Uranlösung das Urankonzentrat (Yellow Cake) gefällt. Abfallprodukt ist das gelaugte vermahlene Gestein (Tailings), das in einer wässrigen Suspension auf den industriellen Absetzanlagen (Sedimentationsbecken) verspült wurde (vgl. U 11).

Objekte und Kontaminationen aus der Gewinnung und Aufbereitung

Als Quellen für die Kontaminationen aus den Hinterlassenschaften des Uranbergbaus kommen z. B. die nachfolgend aufgeführten Einrichtungen und Materialien in Betracht:

- **Bergbau:** Erzhalde, Bergehalde, bauliche Anlagen (Schächte, Bunker, technologische Einrichtungen, Transportwege), Gruben- und Sickerwässer, Prozesswässer der Untertagelaugung, Abluftschächte
- **Aufbereitungsfabriken:** Uranerzreste, Erzhöfe, Bunker, Kippstationen, Aufbereitungsanlagen und Gebäude (Zerkleinerungs-, Laugungs- und Konfektionierungseinrichtungen), Aufbereitungsrückstände, Transportanlagen und -wege (Straßen, Band- und Gleisanlagen, Verladestationen), Prozesswässer, Absetzanlagen
- **Nebeneinrichtungen** des Bergbaus und der Aufbereitungsfabriken: Werkstätten, Baubetriebe, Transport- und Lagerprozesse
- **Nachnutzungen** von Halden, Deponien, Absetzanlagen, Rohstoffen, Zwischen- und Abfallprodukten aus der Gewinnung und Aufbereitung, Nachnutzung von Gebäuden teilweise nach Oberflächendekontamination auf dem damaligen Stand der Technik oder Überbauung/Überdeckung kontaminierter Bereiche

Die hierbei maßgeblichen radioaktiven Stoffe und Produkte sowie ihre stoffliche Spezifik in Bezug auf die Radionuklide und deren Bindungsform sind in Tabelle 2 und Tabelle 3 zusammengefasst. Gut lokalisierbar sind Ablagerungen des Bergbaus und der Aufbereitungsbetriebe als Halde und Absetzanlagen sowie deren bauliche Einrichtungen in den heute zur WISMUT GmbH gehörenden Betrieben. Dagegen sind die o. g. radioaktiven Stoffe in Einrichtungen, die von der SDAG WISMUT in den 1960er-Jahren an überwiegend kommunale Nachnutzer übergeben wurden, durch unkontrollierten Umgang und nicht sachkundige Verwendung in der Umgebung der Gebäude der Aufbereitungsanlagen in nicht nachvollziehbarer Weise verbreitet worden. Das gilt z. B. für die Standorte Freital-Deuben und Dresden-Coschütz.

Das Vorkommen radioaktiver Kontaminationen ist in Sachsen nicht nur auf den Uranerzbergbau beschränkt. Auch in den Hinterlassenschaften des historischen und rezenten Silber- und Buntmetallbergbaus und des Freitaler Steinkohlebergbaus sind radioaktive Kontaminationen dort, wo uranhaltige Kohlen des Döhlener Beckens im Hausbrand oder für gewerbliche Zwecke genutzt und die Aschen und Schlacken zumeist direkt am Ort ihrer Entstehung deponiert wurden, anzutreffen. Schlacken wurden außerdem als Verfüll- und „Dämmmaterial“ in Fußböden und Zwischendecken oder als Zuschlagstoffe für Mörtel und Beton verwendet.

Radioaktive Kontaminationen in den Bergbau- und Aufbereitungseinrichtungen und in ihren Umgebungen folgen aus Ablagerungen von Erz, Urankonzentrat und Tailings in den Bauwerken, auf technischen Einrichtun-

gen und in oder auf Böden im Werksbereich und der Umgebung sowie auf den Transportwegen. Sie entstanden in den Aufbereitungsanlagen aus Prozessverlusten der nasschemischen Aufbereitung und durch Eindringen saurer oder alkalischer uranhaltiger Lösungen in Mauerwerk, Fundamente und den Baugrund der Gebäude.

In Abhängigkeit von den abgebauten und verarbeiteten Erzen, der Art der Prozessführung, den Nebenprozessen und den Folgenutzungen sind hauptsächlich die in Tabelle 4 aufgeführten langlebigen Radionuklide und Schwermetalle zu erwarten, müssen aber nicht an allen Standorten komplett vorhanden sein.

Die Wetter auflässiger untertägiger Grubenbaue können erhebliche Aktivitätskonzentrationen von Rn-222 mit sich führen. Mit dem Bergbau oder Uranerzlagerstätten in Verbindung stehende Wässer beinhalten neben den anderen bergbautypischen Inhaltsstoffen auch gelöstes Rn-222, das bei der Förderung des Wassers freigesetzt wird. Sind Materialien über lange Zeiträume hohen Radonkonzentrationen ausgesetzt, können sich auf der Oberfläche die radioaktiven Zerfallsprodukte des Radons (u. a. Pb-210) in relevanten Konzentrationen ablagern.

Tabelle 2: Wichtige Produkte und radioaktive Stoffe aus dem Uranerzbergbau (Zahlenangaben haben Beispielcharakter)

Produkte und radioaktive Stoffe	Lokalisierung im Bergbau	Allgemeine stoffliche Charakteristik	Aktivitätsverhältnis U-238/Ra-226	Aktivitätskonzentration [Bq/g] ¹⁾
Berge	Bergehalten	taubes Nebengestein des Uranerzbergbaus mit Anteilen von nichtbauwürdigen oder nicht zur Aufbereitung gelangten Vererzungen	ca. 1 : 1	< 1
Uranerz	Bergehalten, Erzlager, Bunker, Brecher, Transportwege und -gleise, Kippstationen,	mineralisch gebundenes Uran, Radium, Thorium als Uraninit (Pechblende, UO ₂), Uranglimmer (U-Phosphate, U-Arsenate) mit Nebengesteinen (hydrothermale Gangart, kristalline Schiefer, Sandsteine, Quarzite, Kohlen)	ca. 1 : 1	10 - 30
Boden/Erz	Umfeld von Aufbereitungsanlagen	kontaminierte Böden im Umfeld der Aufbereitungsanlagen durch Vermischung mit Erzen, Versickerung von Aufbereitungslösungen		1-10 Meist 1-5 Bq/g

¹⁾ 1 Bq/g entspricht 80 ppm oder 80 mg Uran pro kg Erz

Tabelle 3: Wichtige Produkte und radioaktive Stoffe aus der Uranerzaufbereitung (Zahlenangaben haben Beispielcharakter)

Produkte und radioaktive Stoffe	Lokalisierung im Bergbau	Allgemeine stoffliche Charakteristik	Aktivitätsverhältnis U-238/Ra-226	Aktivitätskonzentration [Bq/g] ¹⁾
Uranlösung	Prozesswässer der Laugung, Laugungsbottiche, Filterpressen,	schwefelsaure oder sodaalkalische wässrige Lösung von U-238; entsteht als Zwischenprodukt bei der Behandlung des zerkleinerten Erzes mit Schwefelsäure (auch bei Untertagelaugung im Bergbau) oder Soda	$> 10^2 : 1$	bis 10^4 Bq/l (U-238)
Ionenaustauscherharz	Laugungszechen, Deponien der Aufbereitungsfabriken	Kunsthharze auf Kondensations- oder Polymerisationsbasis, Radionuklide adsorptiv oder als sulfatische Krusten auf den Oberflächen gebunden	$1 : > 10^2$	bis 250 (Ra-226)
Urankonzentrat (Yellow cake)	Fällung und Konfektionierung des Urans (Fällungsstationen, Lager, Versand)	Fällungsprodukt; entsteht durch Zugabe von Ammoniak oder Natronlauge zur Uranlösung als Ammoniumdiuranat oder Natriumdiuranat	$> 10^3 : 1$	$> 10^3$ (U-238) bis 70 %
Tailings (Laugungsrückstände)	nach der Laugung, Filterpressen, Absetzanlagen, innerbetriebliche Deponien, Transportwege (in der Regel allgegenwärtig und sporadisch verteilt)	Ausgelaugtes Erz und Nebengestein, sandige (Tailings-Sand) oder schluffige (Tailings-Schluff) Aufbereitungsabgänge mit Restanteilen von primären Uranmineralen und anderen z. B. sulfidischen Erzmineralen; durch die chemische Behandlung haben sich neue (sekundäre) Uran- und Schwermetallminerale gebildet; Primäres Ra-226 und Th-230 sind noch enthalten. Eine Sonderform der Tailings ist der Rotschlamm als Fällungsprodukt aus der Uranfällung, der hauptsächlich aus Eisenhydroxyden besteht (rotbrauner Ton, Anreicherung von Thorium und Radium)	Tailings-sande ca. $1 : 4$ Tailings-schluff ca. $1 : 10$ Rotschlamm ca. $2 : 1$	bis 5 (Ra-226) 10 - 30 (Ra-226) > 30 (Ra-226)

¹⁾ 1 Bq/g entspricht 80 ppm oder 80 mg Uran pro kg Erz

Tabelle 4: Übersicht zu branchenspezifischen Kontaminationen des Uranbergbaus

Natürliche langlebige Radionuklide	Anorganische Stoffe
Uran-238-Zerfallsreihe U-238, U-234, Th-230, Ra-226, Pb-210, Po-210, (Rn-222)	Arsen
U-235-Zerfallsreihe U-235, Pa-231, Ac-227	Schwermetalle Blei, Cadmium, Chrom, Kobalt, Eisen, Nickel, Quecksilber, Vanadium, Zink
Thorium-232-Zerfallsreihe Th-232, Th-228, Ra-228, Ra-224	sonstige Inhaltsstoffe Ammonium, Chlorid, Cyanid, Fluorid, Phosphat, Sulfat, Nitrat, Nitrit

In Tabelle 5 sind Beispiele von radioaktiven Kontaminationen in Böden, im Mauerwerk und in Prozessrückständen aus der Sanierung der Uranfabrik 95 in Dresden-Coschütz mit der Wertespanne der vorgefundenen spezifischen Aktivitäten dargestellt (vgl. U 12).

Tabelle 5: Beispiele von Kontaminationen in Böden, im Mauerwerk und in Prozessrückständen der Uranfabrik 95

Träger der Kontamination	Konzentration Wertebereich [Bq/g] ¹⁾
Boden des Erzlagerplatzes	1 - 30 ¹⁾
Boden im Gleisbereich der Erztransporte	3 - 10
Auffüllungen und Rückverfüllungen an Bauten	4 - 5
Boden unter und an den Betriebsanlagen im Werksgelände	1 - 20
Filtertücher (verkippt und überschüttet)	10 - 150
Ionenaustauscher (verkippt und überschüttet)	10 - 200
Mauerwerk der Hallen der nasschemischen Prozessführung	1 - 90
eingelagerter kontaminierter Bauschutt	2 - 100
Gehängelehm unter sauer verwitternden sandigen Tailings	bis 18
abnehmbare Kontamination in der Endprodukt-Zeche	2 - 560
Bodenplatten der Endprodukt-Zeche	430 – 5.000 Bq/cm ²

¹⁾ alle Werte bezogen auf das Radionuklid mit der höchsten Aktivitätskonzentration ($C_{U-238max}$, $C_{Th-232max}$)

3.2 Vorkommen radioaktiver Stoffe bei Bau- und Sanierungsmaßnahmen

Die in Kapitel 3.1 genannten Materialien aus Altbergbau, Uranerzbergbau und der Uranerzaufbereitung wurden teilweise gezielt im Straßen- und Autobahnbau eingesetzt. Aus Unkenntnis über radioaktive Inhaltsstoffe fanden sie jedoch auch vielfach für die verschiedensten Zwecke im Baubereich Verwendung wie z. B. Tailings im Umfeld ehemaliger industrieller Absetzanlagen. In den nachfolgenden Kapiteln werden die wichtigsten Bereiche mit den dort möglicherweise vorzufindenden radioaktiven Stoffen und den Leitnucliden genannt.

Straßenbau

In Abbildung 1 ist der Aufbau einer Verkehrsfläche am Beispiel einer Straße mit wasserdurchlässigen Randbereichen dargestellt. In Tabelle 6 sind die einzelnen Konstruktionselemente von Straßen und Verkehrsflächen mit möglichen radioaktiven Stoffen und Leitnucliden aufgeführt. Der Einsatz von Haldenmaterial als Trag-schichtmaterial z. B. in verschiedenen Abschnitten der Autobahn A 72 (vgl. U 43) oder von Haldenmaterial bzw. Tailingssand als Zuschlagstoff im Asphalt oder Betonoberbau hat zu einer relativ großen Verbreitung über das unmittelbare Umfeld von Standorten des Bergbaus und der Erzaufbereitung hinaus geführt. Mit der Verwendung von sandigen Tailings im Straßenunterbau als Bettungssand für Pflaster bzw. Betonplatten oder als Bettungsschicht in Rohr- und Kabelgräben sowie als Rückverfüllmaterial ist dagegen überwiegend im unmittelbaren Umfeld von Aufbereitungsstandorten und Absetzanlagen zu rechnen.

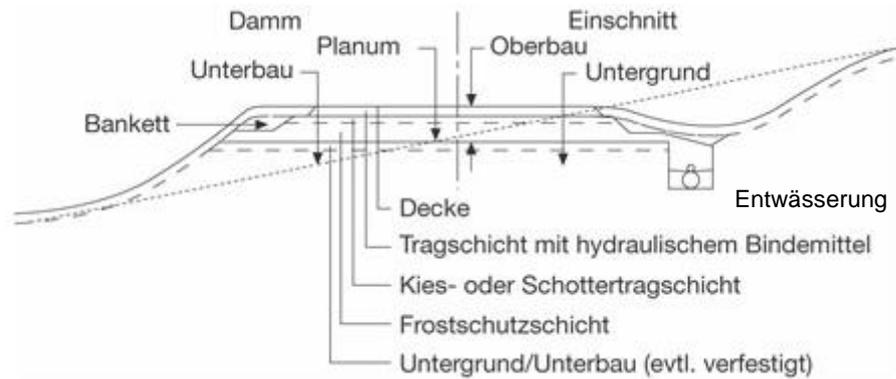


Abbildung 1: Beispiel für Straßenaufbau mit wasserdurchlässigen Randbereichen – Damm/Einschnitt (Quelle: U 42)

Mit den abfließenden Niederschlagswässern können in die Straßenentwässerung gelangte feinteilige radioaktive Stoffe auch über größere Entfernungen transportiert und mobilisierte bzw. gelöste Radionuklide aus Prozesswässern an festen Bestandteilen in den Entwässerungsleitungen (z. B. Verockerungen) sorbiert werden. Im Untergrund von Verkehrsflächen, die vor 1990 gebaut wurden, sind u. U. kontaminierte Auffüllungen (Bauschutt, Tailings, Erzreste, Schlacken, Aschen und daraus mobilisierte Radionuklide - hauptsächlich Uran) zu erwarten.

Nach 1990 erfolgte im Wesentlichen eine Verwendung von radioaktiven Stoffen nur im Rahmen von Artikel 5, Absatz 6 der Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV) durch Wiedereinbau oder -aufbringen bei der Sanierung einer Altlast im Bereich der Altlast, in der die radioaktiven Stoffe anfielen.

Eine Kontamination des natürlichen Untergrundes durch Prozesslösungen sollte dagegen nur in Bereichen der chemischen Uranerzaufbereitung bzw. im Bereich von Prozesswasserableitungen in Vorfluter eine Rolle spielen. Inzwischen sind diese Kontaminationsquellen weitestgehend rückgebaut bzw. saniert.

Tabelle 6: Mögliche radioaktive Stoffe im Aufbau von Straßen- und Verkehrsflächen

Element	Ausführung	Radioaktive Stoffe	Leitnuklide
Oberbau	Asphalt, Beton	Haldenmaterial, Tailingsand als Zuschlagstoffe	Ra-226, U-238
		Tailingsand als Pflaster-, Plattenbettung	Ra-226
	Pflaster, Platten	Transportverluste, Staub in der Fugenfüllung, Einspülen von feinkörnigen Tailings Versickerung kontaminierter Wässer bzw. Prozesslösungen durch Fugen	U-238
	Tragschicht, Frostschuttschicht oder Zuschlagsstoff	Verwendung von Haldenmaterial, Tailingsand	Ra-226, U-238
Unterbau	künstlich hergestellter Erdkörper zwischen Oberbau und Untergrund, Ersatz von nicht tragfähigem, natürlichem Baugrund	Einbau von Haldenmaterial, Tailings, Aschen, Schlacken	Ra-226, Th-232
		Kontamination durch Versickerung kontaminierter Wässer bzw. Prozesslösungen, Freisetzungen aus oberen Konstruktionsschichten	U-238
	Dämme, Bankette	Haldenmaterial, Schlacken, Aschen	Ra-226, Th-232
		Auffüllungen: kontaminierte Aschen, Schlacken	Ra-226, Th-232
Untergrund	Boden unter Erdplanum	Kontamination durch Versickerung kontaminierter Wässer bzw. Prozesslösungen, Freisetzungen aus den oberen Konstruktionsschichten	U-238
	Entwässerungseinrichtungen, Medienverlegung	Tailingsand als Rohrbettung, Tailingschluff, kontaminierter Bauschutt als Rückverfüllungsmaterial	Ra-226, U-238
		Versickerung von kontaminierten Wässern aus undichten Rohrleitungen	U-238
		Fe-Hydroxidfällungen in Rohrleitungen mit sorbierten Radionukliden	Ra-226, Th-230

Gebäudesanierung bzw. Gebäudeabbruch

Die wesentlichen Bereiche mit Verdacht auf radioaktive Stoffe beim Gebäudeabbruch sind in Abbildung 2 beispielhaft dargestellt. Als Quelle für radioaktive Stoffe im Hochbaubereich (vgl. auch Tabelle 7) kommt eine frühere Nutzung des Gebäudes im Uranerzbergbau und in der Uranerzaufbereitung bei unzureichender Dekontamination vor der Nachnutzung in Frage.

Durch die Durchfeuchtung des Mauerwerks mit Prozesslösungen migrierte Uran in das Mauerwerk und führte zu hohen Aktivitätskonzentrationen in der Bausubstanz. Unvollständige, nur oberflächliche Dekontamination von Wänden, Fußböden, Konsolen und Trägern oder die Abdeckung der kontaminierten Bauteile mit Anstrichen, Putzen oder Betonfußböden bzw. die Überbauung von Lagerflächen oder Transportwegen im Rahmen der Nachnutzung führten u. U. zum Verbleib eines Teils der radioaktiven Kontaminationen in Bauwerk und Baugrund.

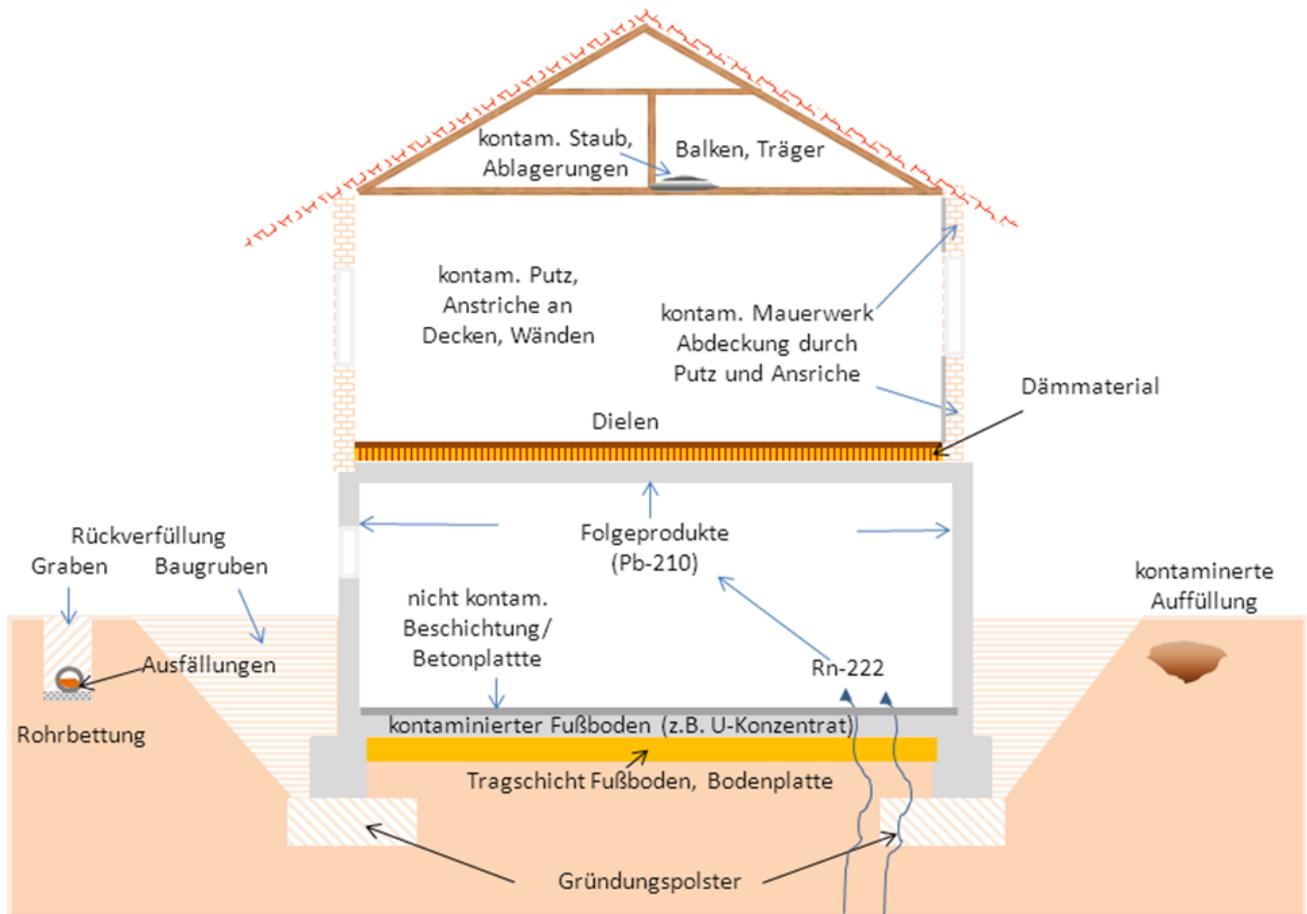


Abbildung 2: Mögliche radioaktiv kontaminierte Bereiche und Materialien bei Gebäudeabbruch bzw. Gebäudesanierung

Weiterhin können die Baumaterialien von Decken, Wänden und Fußböden selbst erhöhte Mengen natürlicher Radionuklide enthalten. Ursachen ist die Verwendung von Bergematerial oder Reststoffen der Erzverarbeitung als Baumaterial. Steinkohlenschlacken aus dem Freitaler Revier, Mansfelder Kupferschlacke und Tailings mit erhöhten Uran- und Radiumkonzentrationen wurden als Beton- oder Mörtelzuschlagstoff genutzt. Die Verwendung von Chemiegipsen (Rückstände aus der Phosphoritverarbeitung) und Leichtbetonen, die unter Verwendung von Alaunschiefer hergestellt wurden, ist in Sachsen weniger verbreitet (vgl. U 44). Deshalb sind darauf selten erhöhte spezifische Aktivitäten natürlicher Radionuklide zurückzuführen.

Früher wurden Verbrennungsrückstände von Kohlen ("Kohleschlacke" z. B. von Ziegeleien, Bäckereien, betrieblichen Heizkesseln) als Dämm- und Füllmaterial von Geschossdecken eingesetzt. Insbesondere im Freitaler und Dresdner Raum (Verwendung der Schlacken der Freitaler Steinkohle mit erhöhten Uran-/Radiumgehalten) sind erhöhte Uran-/Radiumkonzentrationen in diesen Gebäudeteilen zu erwarten.

In Gebäuden mit über lange Zeiträume hohen Radonkonzentrationen in der Raumluft, insbesondere in Kellerräumen, können radioaktive Oberflächenkontaminationen durch auf Wänden und Einbauten abgelagerte Radonfolgeprodukte auftreten. Das betrifft die Deposition und Akkumulation der langlebigeren Folgenuklide Po-218 (Halbwertszeit: ca. 140 d), hauptsächlich jedoch von Pb-210 (Halbwertszeit 22,3 a). Die spezifische Aktivität, bezogen auf die gesamte Bausubstanz, bleibt dabei sicher relativ gering.

Tabelle 7: Radioaktive Stoffe beim Gebäudeabbruch

Element	Bereich	Radioaktiver Stoff	Leitnuklide
Gebäude	Dachstuhl, Stahlkonstruktionen (Winkel, Rohre, Knotenbleche)	Erz-, Tailingsstaub ¹⁾	Ra-226, U-238
	Wände, Fußböden (Putze, Beton)	Haldenmaterial, Tailingssand, Schlacken als Zuschlagstoffe im Baumaterial	Ra-226, U-238
	Mauer- und Bauwerksfugen, Wände, Fußböden (Putze, Beton, Fliesen), Anstriche	Durchtränkung mit kontaminierten Wässern, Prozesslösungen (Urankonzentrat) ¹⁾	U-238
	Oberflächen von Wänden, Decken, Anstrichen, Fliesen	Deposition langlebiger Radonfolgeprodukte	Pb-210
	Geschossdecken	Einbau von uran- und radiumhaltigen Schlacken als Füll- und Dämmmaterial	Ra-226, U-238
Fundamentbereich	Gründungspolster, Tragschichten für Bodenplatten	Haldenmaterial, Schlacken, Tailingssand	Ra-226, U-238, Ra-226
	Rückverfüllung von Baugruben (Hinterfüllung), Leitungsgräben	Haldenmaterial, kontaminierte Aschen, Schlacken, Tailingsschluff, kontaminierter Bauschutt	U-238 Ra-226,
	Bettung von Rohren	Tailingssand, -schluff	Ra-226
	Rohrinhalte, Schlamm	Verockerungen, (Fe-Hydroxid-Fällungen) in Rohrleitungen mit sorbierten Radionukliden	Ra-226, Th-230
Untergrund	Auffüllungen	Haldenmaterial, Schlacken, Aschen, Tailings und kontaminierter Bauschutt,	Ra-226, U-238
	Boden unter dem Bauwerk	Mobilisierung von Radionukliden aus o. g. Auffüllungen, Versickerung von Aufbereitungslösungen durch Fußböden oder aus undichten Rohrleitungen ¹⁾	U-238

¹⁾ Betroffen sind nur Gebäude früherer Aufbereitungsanlagen.

Die unkontrollierte Verwendung von Bergematerialien und Aufbereitungsrückständen aus dem Erzbergbau, von Bauschutt aus dem Abbruch kontaminierter Gebäude und Einrichtungen als Gründungspolster, von Tragschichten für Fußböden und Bodenplatten, für Hinterfüllung von Gebäuden und Rückverfüllung von Gräben für Wasser-, Abwasser-, Strom- und Gasleitungen sind ebenfalls als Quellen möglicher Kontaminationen bei Gebäudesanierung und Gebäuderückbau anzusehen. Diese Sachverhalte sind eher auf ehemaligen Standorten der SDAG Wismut zu erwarten.

Flächensanierungen bzw. Baumaßnahmen auf kontaminiertem Untergrund

Flächensanierungen werden in der vorliegenden Publikation als komplette Sanierung von Flächen bzw. Standorten nach den Regularien der Altlastenbehandlung mit der entsprechenden mehrstufigen Erkundung und einem Sanierungskonzept nach den Regelungen von StrlSchV, HalDAO und VOAS verstanden (vgl. U 5, U 4, U 3).

Bei Flächensanierungen ist das Auftreten von radioaktiven Stoffen überwiegend im Bereich und im Umfeld von Altstandorten und Altablagerungen des Bergbaus sowie der Verarbeitung von Bodenschätzen zu erwarten: Erze der Elemente Uran, Zinn, Zink, Kupfer, Nickel (Erzgebirge), Steinkohle (Freital), Aluminium (Lauta). Radioaktive Stoffe resultieren aber auch aus der Eisenmetallurgie (Schlämme und Stäube aus der Rauchgasaufbereitung, Schlacken) und der Wasseraufbereitung (Rotschlamm, kontaminierte Filtersande und -kiese) (vgl. U 15, U 16).

Trotz vieler bereits sanierter Standorte werden in Sachsen die Hinterlassenschaften des Uranerzbergbaus (Betriebseinrichtungen von Schächten, Berge-, und Erzhalde, Verladeeinrichtungen) und der Uranerzaufbereitung, (nicht sanierte oder teilsanierte Bereiche ehemaliger Aufbereitungsfabriken, Absetzanlagen) weiterhin die Hauptquelle sein.

Die Halden aus Bergmassen haben mittlere Aktivitätskonzentrationen von <1 Bq/g. Kontaminationen der Aufstandsflächen und der Umgebung können durch Geländeregulierungen, Aktivitätseintrag über Sickerwasser und durch Abtrag von Feinteilen aus den Halden erfolgen.

Kontaminationen der Umgebung von Absetzanlagen erfolgten durch lokale Dammbürche, durch unkontrollierte Verwendung der sandigen Phase und durch Aktivitätsaustrag über Sickerwasser nach sauren Verwitterungen (Pyritoxydation) von Erzen, Bergematerial, und Tailings.

Die Verwendung und Verbreitung von Bergmassen, Tailings, Sanden und Stäuben sowie Schlacken für bautechnische Zwecke erfolgte aufgrund ihrer bautechnischen Eigenschaften auch in der DDR in vielen Fällen auf Basis von Genehmigungen. Es gibt jedoch auch Fälle, bei denen radioaktive Stoffe ohne Kenntnis der radioologischen Eigenschaften verwendet wurden.

Tabelle 8: Radioaktive Stoffe bei der Flächensanierung

Element	Radioaktive Stoffe	Leitnuklide
Lagerflächen	Bergematerial, Schlacken	Ra-226, U-238
	Tailingsand als Tragschicht	Ra-226
Geländeregulierungen und -aufschüttungen, Hanganschtüttungen	Bergematerial, Aschen, Schlacken, kontaminierter Bauschutt	Ra-226, U-238
Verfüllung von Restlöchern und Senken	Bergematerial	Ra-226, U-238
	Tailings	Ra-226

Bei Baumaßnahmen auf kontaminiertem Untergrund ist in der Regel der Umgang mit bzw. der Rückbau von Kontaminationen und deren Entsorgung auf die von der Baumaßnahme in Anspruch genommene Fläche beschränkt. Das betrifft im Wesentlichen Arbeiten wie den Abbruch von verbliebenen Fundamenten, die Herstellung von Baugruben, Gräben, Einschnitten, Erdplanen und die Entfernung nicht tragfähiger Auffüllungen. Arbeiten im Sinne einer Sanierung über die zur Herstellung des Bauwerkes erforderliche Fläche hinaus erfolgen oft nicht. Eine Erkundung, Abgrenzung sowie die Sanierung außerhalb des Baufeldes sind im Allgemeinen bei derartigen Maßnahmen nicht vorgesehen und aus eigentumsrechtlichen Gründen oft auch nicht möglich.

Die bei der Sanierung zu erwartenden „Fundorte“ radioaktiver Stoffe und deren Herkunft entsprechen im Wesentlichen den in Tabelle 8 und in den Abschnitten „Straßenbau“ und „Gebäudesanierung bzw. Gebäudeabbruch“ aufgeführten Kontaminationen.

4 Regelungen zur Untersuchung und Erkundung

4.1 Regelungen, Normen und Richtlinien zu Aufschlüssen, Probenahmen und Untersuchungen außerhalb des Strahlenschutzrechts

4.1.1 Baugrunderkundung und Bauplanung

Die Verfahrensweise der geotechnischen Erkundung ist in der DIN EN1997-2 Eurocode 7 und ergänzend in DIN 4020 geregelt (vgl. U 18, U 19).

Die DIN EN1997-2 beinhaltet verbindliche Vorgaben zur Planung und Bewertung von Baugrunderkundungen für Bauwerke und Gründungen, jedoch nicht für umweltbezogene Zielstellungen. Inhalt der konventionellen Baugrunduntersuchung ist unter anderen die Feststellung der Beschaffenheit und Eigenschaften von Boden, Fels und Grundwasser.

Die Erkundungstiefe richtet sich nach der Höheneinordnung des Bauwerks, der Einwirkung auf den Baugrund und nach besonderen Zielstellungen wie Wasserhaltung, Dichtung usw. (vgl. Tabelle 9). Zur Überwachung und Qualitätssicherung während der Bauausführung sind außerdem Kontrollmaßnahmen und -prüfungen gefordert, um sicherzustellen, ob die tatsächlichen Baugrundverhältnisse mit dem Baugrundgutachten und der Ausschreibung übereinstimmen (vgl. U 18: Kapitel 2.5).

Nachfolgend sind die Inhalte für die geotechnische Erkundung aufgeführt, die für die Beurteilung radioaktiver Kontaminationen des Baugrunds von Bedeutung sein können. Bestandteil der Baugrunduntersuchung sind nach U 18: Kapitel 2, eine Vorstudie mit Recherche und Auswertung von u. a. historischen Informationen und Bauunterlagen, geologischen, hydro- und ingenieurgeologischen Karten, Luftbildaufnahmen und geophysikalischen Untersuchungen, Ortsbegehung und Erkundungen mit Labor- und Felduntersuchungen im Rahmen von Vor- und Hauptuntersuchungen.

Besondere Aufmerksamkeit ist nach U 18 Planungsbereichen zu widmen, die gestörte Untergrundverhältnisse durch frühere Nutzung aufweisen können. Für den Baugrund müssen u. a. Aussagen „... zur Art und Ausdehnung von Bodenverunreinigungen im Planungsbereich und seiner Nachbarschaft ...“ und „... Aussagen zu der Wirksamkeit von Maßnahmen, um diese Verunreinigungen einzuschließen oder unschädlich zu machen ...“ getroffen werden. Dazu sind die entsprechenden Erkundungen (Aufschlüsse und Probenahmen) zu planen und durchzuführen.

Für geotechnische Hauptuntersuchungen „... sollte der Untersuchungsbereich auf das angrenzende Gelände bis zu der Entfernung ausgedehnt werden, ab der keine Gefahr mehr für dieses Gelände ausgeht.“ (vgl. U 18: S. 32). Für die Überwachung der Bauausführung sind außerdem Überprüfungen des Baugrundaufbaus während des Aushubs und Inspektionen der Baugrubensohle vorgesehen.

Tabelle 9: Richtwerte für Abstände von Aufschlüssen und Erkundungstiefen nach U 18: Anlage B.3

Bauwerksart	Aufschlussabstand	Gründungsart/Bauwerk	Aufschlusstiefe
Hochbau, Ingenieurbauten (Wohnhaus, Industriehalle)	15-40 m	Fundament Plattengründung Pfahlgründung	≥ 6,0 m bzw. ≥ 3,0 x kürzere Seite der Gründung ≥ 1,5 x kleinere Bauwerksseitenlänge ≥ 5,0 m bzw. ≥ 3 x Pfahldurchmesser bzw. ≥ 5,0 x kürzere Seite des umschließenden Rechtecks einer Pfahlgruppe
Flächenbauwerk	<60 m	Parkplatz- und Lagerflächen, Flugplätze	≥ 2,0 m unter Aushubsohle
Linienbauwerk	20-200 m	Straßen Gräben Dämme Einschnitt	≥ 2,0 m ≥ 2,0 m x Grabenbreite ≥ 0,8 bis 1,2 x Dammhöhe oder ≥ 6,0 m ≥ 0,8 bis 1,2 x Einschnitttiefe
Sonderbauwerke	2-6 Stück pro Fundament	Fundament (Brücken, Schornsteine)	≥ 6,0 m
Staudämme und Wehre	25-75 m zwischen den Schnitten	Dichtungswände	≥ 2,0 m unter Oberfläche Grundwassernichtleiter

4.1.2 Altlastenerkundung und Altlastensanierung

Grundlagen

Für Sachsen gilt das Konzept der Altlastenbehandlung im „Handbuch zur Altlastenbehandlung“ (vgl. U 27). Diese Vorgaben sind im Wesentlichen auch für die Verfahrensweise mit radioaktiven Stoffen bei Baumaßnahmen anwendbar. In der Tabelle 10 wird der stufenweise Verfahrensablauf der Behandlung von Altlasten mit der hier empfohlenen Vorgehensweise beim Auftreten von radioaktiven Stoffen bei Baumaßnahmen verglichen.

Tabelle 10: Verfahrensablauf der Altlastenerkundung/-sanierung und der Behandlung von radioaktiven Stoffen bei Baumaßnahmen

Handbuch zur Altlastenbehandlung Freistaat Sachsen (HAB) Verfahrensvorgabe	Bearbeitungsstufe	Übertragung auf radioaktive Stoffe bei Baumaßnahmen
Erfassung	Ersterfassung/Formale Erstbewertung (HAB Teil 2)	Informationen bei Bauämtern von Landkreisen, Städten und Gemeinden zum Verdacht auf radioaktive Kontaminationen im geplanten Baubereich
	Historische Erkundung/Bewertung (HE)	Recherche: bisherige Nutzungen von Objekt und Umfeld, Baugrund-/Altlastengutachten; Verwertungskonzepte
Untersuchung, Gefährdungsabschätzung der Schutzgüter	Orientierende Untersuchung/Bewertung (OU)	Voruntersuchung (Gamma-ODL, Kontaminationsmessungen, Gamma-Bohrlochmessungen) Radiologischer Bericht
(HAB Teile 3-6)	Detailerkundung (DU)/Bewertung (HAB Teil 7)	Radiologisches Gutachten als Grundlage für strahlenschutzrechtlichen Genehmigungsantrag und Entsorgungsweg
Sanierungsvorbereitung und Durchführung	Sanierungsuntersuchung (SU) (HAB Teil 8)	
	Sanierungsplanung	Bauplanung und strahlenschutzrechtlicher Genehmigungsantrag
	Sanierungsentscheid	strahlenschutzrechtlicher Genehmigungsbescheid mit Nebenbestimmungen
	Sanierung (HAB Teil 9)	Baudurchführung und Entsorgungsweg für radioaktive Stoffe entsprechend Strahlenschutzgenehmigung und Nebenbestimmungen
	Sanierungskontrolle	Qualitätssicherung und sanierungsbegleitende Messungen gemäß dem strahlenschutzrechtlichen Bescheid
		Abschlussbericht entsprechend Genehmigungsbescheid

Die stufenweise Untersuchung/Erkundung der IST-Situation der Altlast in Art, Größe und Verteilung der Kontamination sowie der damit in Verbindung stehenden Stoffemissionen bildet die Grundlage zur Beurteilung der von der Altlast ausgehenden Gefährdungen für Leben und Gesundheit des Menschen und der belebten und unbelebten Umwelt.

Für die Beprobung und für die Durchführung von Untersuchungen zur Ermittlung belastbarer Daten als Grundlage eines strahlenschutzrechtlichen Antrages zum Umgang mit radioaktiven Stoffen bei Baumaßnahmen sind die Bearbeitungsstufen Orientierende Untersuchung, Detailerkundung und u. U. die Sanierungsuntersuchung von Bedeutung (vgl. Tabelle 10).

Orientierende Untersuchung

Bereits die **Orientierende Untersuchung (OU)** schließt Untersuchungen vor Ort und die Entnahme und Analyse von Bodenproben ein. Üblicherweise werden aber nur wenige Aufschlüsse hergestellt, Proben entnommen und analysiert. Die OU hat überwiegend den Charakter einer qualitativen Untersuchung. Die Untersuchung dient der groben Eingrenzung von Kontaminationen bzw. dem Ausschluss von Flächen aus der weiteren Untersuchung. Die Untersuchung von Mischproben ist für die Ziele der Orientierenden Untersuchung in der Regel nicht sinnvoll.

Für die Durchführung der Untersuchungen der Bearbeitungsstufen Gefährdungsabschätzung, Orientierende Untersuchung, Detailerkundung und Sanierungsuntersuchung wird bezüglich Untersuchungsstrategie und Probenahme auf die Festlegungen und Vorgaben in U 28, U 29 bis U 31 verwiesen.

Für die Anzahl von Aufschlüssen in Abhängigkeit von Kontaminationsverdacht, Flächengröße und Nutzung werden für die Orientierende Untersuchung in U 29 orientierende Werte genannt (vgl. Tabelle 11). In U 31: Kapitel 7.4 wird generell von einer flächenproportionalen Aufschluss- und Probenzahl mit einer Mindestanzahl von Proben (üblicherweise sechs Proben) zur Erfassung der räumlichen Variabilität der Kontamination ausgegangen. Der empfohlene Rasterabstand für die Probenahme wird für die Orientierende Untersuchung mit ca. 30 m angegeben.

Tabelle 11: Empfehlung für die Anzahl von Aufschlüssen/Proben bei der Orientierenden Untersuchung gemäß U 29

Verdachtsgrad	Flächengröße [m²]	Anzahl der Aufschlüsse	Vertikale Probenabstände
Bereiche mit vermuteten Kontaminationschwerpunkten	<100	2-3	
	100-500	2-4	Probentrennung an Schichtgrenzen
	500-1.000	4-6	bis 20 m Tiefe: Auffüllungen maximal 0,5 m/Probe
	1.000-2.000	6-8	Bei großen Schichtmächtigkeiten maximal 1 m/Probe
oberflächennahe Beprobung bei Flächen mit allgemeinen Verdachtshinweisen	>500	3 (2)	>20 m Tiefe: maximal 2 m/Probe
Nutzung: Wohngebiete, Kinderspielflächen	500-10.000	3-10 (2-5)	separate Probenahme für visuell, organoleptisch auffällige Bereiche
Park-/Freizeitanlagen Industrie-/Gewerbegebiete	10.000-100.000	10-40 (≥10)	

Detailerkundung und Sanierungsuntersuchung

In der **Detailerkundung (DU)** erfolgt die „genaue“ quantitative Bestimmung der Menge, der räumlichen Verteilung der Kontaminationen, der mobilen und mobilisierbaren Anteile und u. U. eine zeitliche und räumliche Prognose der Entwicklung der Kontaminationssituation. Nach dem Handbuch der Altlastenbehandlung (vgl. U 27, Teil 7: Detailuntersuchung, Kapitel 5.4) ist der Probenahmeplan und das Probenraster so auszulegen dass,

- die horizontalen und vertikalen Konzentrationsverteilungen bestimmbar sind,

- eine sichere Abgrenzung der verschiedenen kontaminierten und nicht kontaminierten Flächen möglich ist und
- die vertikale Abgrenzung des Schadherdes (Verhältnis von Gesamtgehalt und mobilisierbarem Anteil des Kontaminanten) erfolgen kann.

Im Unterschied zu Altstandorten wird bei Altablagerungen wegen der Inhomogenitäten von Altablagerungen und Deponien eine detaillierte Untersuchung der Ablagerung selbst in der Regel nicht als sinnvoll erachtet. Ziel der Untersuchungen sind die Erkundung der Ablagerungsgrenzen und der möglichen Emissionen wie Ausdehnung und Konzentrationsverteilung der Kontaminationsfahne (vgl. U 27: Teil 7, Kapitel 5.6). Ein wesentlich höherer Untersuchungsaufwand ist jedoch beim Rückbau derartiger Ablagerungen einzuplanen.

Bei der Detailerkundung ist von einer deutlich größeren Anzahl von Aufschlüssen und Untersuchungen auszugehen als bei der Orientierenden Untersuchung. Die Anzahl der Aufschlüsse und Proben und die Abstände zwischen den Proben wird vom zu erzielenden Vertrauensgrad für die Abschätzung der Kontamination und ihrer Heterogenität bestimmt (vgl. U 27: Teil 7). Je nach Heterogenität der Kontamination wird in U 31 ein Rasterabstand der Probenahme von 10-15 m empfohlen.

Die **Sanierungsuntersuchung (SU)** dient der Auswahl der optimalen Sanierungsmethode/-variante. Gegebenfalls sind in der Sanierungsuntersuchung weitere technische Erkundungen zur abschließenden Standortcharakterisierung (weitere Eingrenzung der Schadherde, Ermittlung von Basisdaten für die Auswahl des Sanierungsverfahrens) erforderlich. Allgemeine, orientierende Aufschlusszahlen und Probenahmedichten werden für die SU nicht angegeben. Häufig dienen die Untersuchungen durch die Verdichtung des Aufschluss-/Probenrasters aus der Detailerkundung dem Ziel, die Repräsentativität der Ergebnisse der vorangegangenen Untersuchungsstufen zu verbessern.

Während der Durchführung der **Sanierung (S)** erfolgen Messungen bzw. die Entnahme und Untersuchung von Proben im Wesentlichen zur Qualitätsüberwachung gemäß Qualitätssicherungsplan, zur Stoffbilanzierung, zum Nachweis der Dekontamination bzw. der Einhaltung der Sanierungsziele – z. B. durch ein flächendeckendes Raster von Messungen, Schürfen, Rammkernsondierungen oder Bohrungen – oder zur Entnahme oberflächennaher Bodenproben in der Aushubsohle. Vorgaben für Probenhäufigkeit und Abstände werden in U 27, Teil 9, nicht gemacht. Der Untersuchungsaufwand ist einzelfallbezogen festzulegen.

Grundlegende Aspekte für die Probenahmeplanung bei der Untersuchung von Böden und Auffüllungen auf anthropogen beeinflussten Flächen

Grundlage der nachfolgenden Zusammenfassung wesentlicher Aspekte für die Planung der Entnahme von Bodenproben bei der Altlastenuntersuchung bildet die DIN ISO 10381, Teil 5: Anleitung für das Vorgehen bei der Untersuchung von Bodenkontaminationen auf urbanen und industriellen Standorten (vgl. U 31).

Belastungsmodell

Die Entwicklung eines Beprobungsplanes erfolgt auf der Grundlage eines Belastungsmodells des Standortes mit kontaminationsbezogenen Hypothesen: „wahrscheinlich kontaminiert“ oder „wahrscheinlich nicht kontaminiert“ für die Teilflächen des Standortes, die aus den zusammengetragenen Informationen (Erstbewertung, Historische Erkundung, Ortsbegehung) abgeleitet werden (vgl. U 31: Kapitel 6.5). Für die Entwicklung der Beprobungsstrategie eines „wahrscheinlich kontaminierten“ Standortes sind außerdem Aspekte wie Stoffe der Kontamination, Art und Weise sowie Quelle des Schadstoffeintrages (z. B. diffus, punktuell), Kontaminationsverteilung (homogen, heterogen) und mögliche Mobilisierung von Schadstoffen aus der Kontamination zu berücksichtigen.

Auswahl der Probenahmeorte für die Beprobung von Böden

Die Auswahl der Probenahmeorte und der Probenhäufigkeit erfolgt auf der Grundlage der kontaminationsbezogenen Hypothesen und der Anforderungen an die Qualität der Ergebnisse (z. B. Orientierende Untersuchung oder Detailuntersuchung). Sie wird in der Regel als eine Kombination so genannter Ermessensprobenahmen auf der Grundlage von Beobachtungen (optische Identifizierung von Auffüllungen, Aufbereitungsrückständen), vorhandenen Informationen und Hypothesen über Nutzung, Schadstoffquellen, Transport im Untergrund sowie systematischen Probenahmen anhand von regelmäßigen Probenahmemustern über die gesamten Flächen oder Teilflächen erfolgen (vgl. U 31: Kapitel 7.4).

Die systematischen Probenahmen dienen dabei vor allem der Abgrenzung von Kontaminationen, Teilflächen und Hot Spots (Flächenraster) sowie dem Nachweis von Schadstofffahnen (Linienraster) oder dem Nachweis der Kontaminationsfreiheit.

„Hot Spots“ werden als Punktquellen oder als kleine Flächen im Verhältnis zur betrachteten Gesamtfläche mit gegenüber der Umgebung deutlich erhöhten Konzentrationen der Schadstoffe betrachtet. Die Lokalisierung und Abgrenzung von „Hot Spots“ erfordert eine erhöhte Aufschlussdichte im Verdachtsbereich z. B. durch konzentrische Verdichtung der Aufschlüsse um den Verdachtsort oder um einen bereits festgestellten Probenahmeort mit erhöhter Konzentration (vgl. U 31: Kapitel 7.4.4).

Probenzahlen und Mengen

Bei der Aufstellung des Erkundungs- und Probenahmeplanes ist eine großzügige Bemessung der Zahl der Aufschlüsse, Proben und Probenmengen sowie eine Rückstellung nicht zur Analyse ausgewählter Proben bzw. benötigter Probenanteile sinnvoll. Sofern eine Verdichtung, Ausweitung des Probenrasters, die Untersuchung von tieferen Bodenbereichen oder die Bestimmung von weiteren Parametern (z. B. der natürlichen Radionuklide) erforderlich wird, kann u. U. auf erneute Erkundungsmaßnahmen mit den notwendigen Kosten für Erkundungspersonal, Transport von Geräten zum Einsatzort und damit verbundenen Zeitverzögerungen verzichtet werden, wenn stattdessen auf vorhandene Rückstellproben zurückgegriffen werden kann.

Verwendung von Mischproben

Die Untersuchung von Mischproben kann u. U. sinnvoll zur Reduzierung des Untersuchungsaufwandes hinsichtlich der Analytik und Verbesserung der Statistik bei Bestimmung von mittleren Konzentrationen in einer als homogen angesehenen Bodenschicht bzw. Fläche oder Teilfläche, z. B. für die Deklaration von zu entsorgendem Aushub, sein. Das trifft auch für Flächen mit kleinräumig heterogener, im Mittel über die gesamte Fläche jedoch homogener Verteilung der Schadstoffe oder auf, wegen ihrer geringen Ausdehnung oder Mächtigkeit bautechnisch nicht zu separierende Kontaminationen zu, die deshalb zusammen mit der gesamten Auffüllung zu entsorgen sind.

Insbesondere bei großer Schwankungsbreite der Analyseergebnisse kann der erforderliche Stichprobenumfang unverhältnismäßig hohe Probenzahlen erfordern, um die Einhaltung von Richt- und Grenzwerten mit ausreichender statistischer Sicherheit nachweisen zu können. Die Mischprobenbildung aus Einzelproben ist dann u. U. eine Möglichkeit zur Kostenreduzierung (vgl. U 14: Teil II, Kapitel 4.9). Zu berücksichtigen ist jedoch der zum Teil erhebliche Aufwand zur Herstellung repräsentativer Mischproben mit gleichen Anteilen der Einzelproben an der Mischprobe durch Homogenisierung, Teilung und Vermischung der Einzelproben.

Die Untersuchung von Mischproben ist nur zulässig, wenn die Mischprobenbildung innerhalb einer Bodenschicht, eines Horizontes oder einer Materialart erfolgt und sich die Einzelproben nicht bereits aufgrund der organoleptischen Ansprache gravierend voneinander unterscheiden. Zudem muss gewährleistet sein, dass

die zu untersuchenden Größen/Parameter sich während des Herstellungsprozesses oder durch den Herstellungsprozess der Mischprobe nicht verändern (z. B. durch Verlust flüchtiger Verbindungen, Veränderung der Kornverteilung des Materials beim Mischen oder ähnliche Effekte). Außerdem wird in U 31: Kapitel 7.4.6 nur das Mischen von „angrenzenden“ Proben eines Rasters empfohlen, um sicherzustellen, dass die Mittelung nur über Teilflächen erfolgt und großräumige Schwankungen der Konzentration noch erkannt werden können.

Für Abfälle, die in kontinuierlichen Prozessen entstanden sind (z. B. Bergbaurückstände, Materialien aus industriellen Prozessen), wird hingegen in U 14 eine zufällige Auswahl der Einzelproben für die Mischprobe empfohlen, um die räumliche Struktur der Heterogenitäten von Ablagerungen durch systematische Veränderungen (z. B. zeitliche Schwankungen in den Herstellungsprozessen des Materials) zu eliminieren.

Werden Mischproben hergestellt und untersucht, sollte die Rückstellung einer ausreichenden Menge der Einzelproben (z. B. mindestens 0,5 kg für eine gammaspektrometrische Untersuchung) für eine Wiederholungsanalyse erfolgen.

Die empfohlenen Zahlen von Einzelproben für Mischproben sind je nach zu untersuchendem Material und Ziel der Untersuchung unterschiedlich. Für die Bestimmung von Eigenschaften in relativ homogenen Bodenschichten (z. B. Schichten des Oberbodens in der Landwirtschaft) werden >25 Einzelproben pro Mischprobe genannt. Die Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) empfiehlt für eine erste Einschätzung von Bodenmaterial für die Verwertung (Untersuchung vor dem Abtrag) die Herstellung von flächenbezogenen Mischproben aus 20 Einzelproben (vgl. U 21). Bei der Bestimmung von Eigenschaften in Abfällen nach LAGA PN 98 werden vier Einzelproben pro Mischprobe vorgegeben (vgl. U 22).

Die SSK-Empfehlung zur Ermittlung von repräsentativen Werten der spezifischen Aktivität von Rückständen empfiehlt 5 Einzelproben pro Mischprobe (vgl. U 14). Das Zustandekommen der Anzahl der Einzelproben für eine Mischprobe wird in Kapitel 4.1.4 erläutert.

4.1.3 Gebäudeabbruch bzw. Gebäudesanierung

In der Regel sind bei Abbruch- und Sanierungsmaßnahmen die in den Landkreisen und kreisfreien Städten angesiedelten Unteren Immissionsschutzbehörden und Unteren Abfallbehörden zu beteiligen. Die gilt insbesondere dann, wenn Verdacht auf schädliche Bodenveränderungen, Altlasten oder Anfall von Gefahrstoffen besteht. Grundlegende gesetzliche Regelungen dafür sind u. a. das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG), das Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG, vgl. U 23), die Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV, vgl. U 25), die Abfallverzeichnisverordnung und das Sächsische Abfall- und Bundesbodenschutzgesetz (Sächs-ABG, vgl. U 26).

Wesentliche Forderungen sind dabei:

- **Beurteilung der Schadstoffsituation** der abzubrechenden Bauwerke **vor Beginn des Rückbaus** durch historische und **technische Erkundung**, ggf. stufenweise
- **Dokumentation** aller schadstoffhaltigen Abbruch- und Aushubmaterialien
- Erarbeitung von **Rückbau- und Entsorgungskonzepten**, Vorlage bei der Unteren Immissionsschutzbehörde und Unteren Abfallbehörde
- altlasten- und abfallfachliche **Baubegleitung** und **Dokumentation** des Rückbaus

In vielen Landkreisen und Städten existieren dazu Merk- und Informationsblätter, die die Anforderungen an den Bauherren zu Abbruch und Entsorgung zusammenfassen. Beispielhaft seien die Informationsblätter des Umweltamtes der Landeshauptstadt Dresden genannt (vgl. U 34, U 35). Eine ausführliche Darstellung der Maßnahmen und Anleitung zur Planung des Rückbaus von Gebäuden enthält z. B. die „Arbeitshilfe kontrollierter Rückbau“ des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz (vgl. U 33).

Die Probenahme aus der Bausubstanz und anfallenden Aushubmaterialien (Auffüllungen, Bodenaushub) erfolgt mit dem Ziel der Identifizierung von Abfallart, gefährlichen Stoffen und Zuordnung der identifizierten Materialarten zu den Abfallschlüsselnummern des Abfallverzeichnisses zur ordnungsgemäßen Verwertung/Beseitigung aller anfallenden Abfälle. Zusammen mit einer Mengenschätzung resultiert aus den Untersuchungen das Entsorgungskonzept für die Verwertung bzw. Beseitigung der anfallenden Materialien aus der Baumaßnahme.

Diese Probenahmen erfolgen in der Regel in der Phase der Bauplanung als Grundlage für die Erarbeitung von Leistungsverzeichnissen für die Bauausführung und haben den überwiegend qualitativen Charakter einer Voruntersuchung.

Als Anleitung für die Probenahme derartiger Materialien am Entstehungsort (z. B. von Altbaustoffen, Böden, Auffüllungen vor dem Rückbau/Ausbau bzw. aus Abfällen aus Industrieanlagen oder Aufbereitungsanlagen) ist die Technische Regel der LAGA zu den Anforderungen an die Verwertung von mineralischen Abfällen, Teil III Probenahme und Analytik, Kapitel 1, von der Mehrheit der Bundesländer anerkannt (vgl. U 21). Es wird eine „repräsentative“ Probenahme gefordert. Aufgrund der Vielfältigkeit der baulichen Gegebenheiten, örtlichen Situationen, der Materialien und Kontaminationen werden aber keine speziellen Angaben zu Probenahmeverfahren und Probenzahlen an Bauwerken gemacht, sondern für Abfälle auf die Richtlinie Probenahme (PN 98) der LAGA, für die Verwertung von Materialien im Straßenbau auf die Technischen Prüfvorschriften im Straßenbau und die DIN EN 932-1: 11.96 Prüfverfahren für allgemeine Eigenschaften von Gesteinskörnungen verwiesen (vgl. U 22, U 68, U 69).

In U 33: Kapitel 4.2, wird die Erarbeitung eines Probenahmeplanes in tabellarischer Form für jeden Verdachtsbereich mit folgendem Inhalt empfohlen:

- Kontaminationsverdacht
- Erkundungsmethode
- Erkundungstiefe
- Probenzahl
- Untersuchungsparameter

Zur ersten Einschätzung möglicher Belastungen für die Verwertung von Bodenmaterial (im Sinne einer Voruntersuchung vor dem Abtrag) werden in U 21: Kapitel 2, Ausführungen zur Beprobung und Untersuchung gemacht. Die Forderungen nach einem regelmäßigen geometrischen Probenahmeraster und von der Flächengröße abhängigen Probenzahlen basieren auf den Angaben in DIN 4020 und DIN EN 1997-2 zur geotechnischen Erkundung (vgl. U 18, U 19 und Kapitel 4.1.1). Die Beprobungstiefe soll in der ungesättigten Bodenzone mindestens die projektierte Aushubtiefe erreichen. Die Regeln für die vertikale Probenabtrennung entsprechen den Angaben in Kapitel 4.1.2, Tabelle 11. Bei der Feststellung von Belastungen soll die gesicherte Bestimmung der Verwertungsklasse nach dem Aushub des Bodenmaterials entsprechend den Vorgaben zur Probenahme der LAGA PN 98 erfolgen (vgl. U 22 und Kapitel 4.1.4).

Tabelle 12: Empfehlung zur Anzahl von Aufschlüssen/Proben für eine Ersteinschätzung für die Verwertung von Bodenmaterial gemäß U 21

Bauwerksart	Flächengröße [m ²]	Probenzahlen/Rasterabstand
Flächenbauwerke	100-400	≥4
Flächenbauwerke	>400	20-40 m
Linienbauwerke mit Breiten <10 m	-	50-200 m in der Mittelachse
Linienbauwerke mit Breiten >10 m	-	50-200 m auch außerhalb der Mittelachse

4.1.4 Abfallverwertung und Abfallbeseitigung - Richtlinie LAGA PN 98 für die Probenahme

Für die Art und Weise der Probenahme von festen Abfällen und abgelagerten Materialien (Haufwerke, Abfallströme) aus Produktionsprozessen, der Sanierung von Altlasten oder Abfallbehandlungsprozessen zur Beurteilung der Möglichkeit einer Verwertung oder Beseitigung ist gemäß den Regularien der Abfallwirtschaft die Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/Beseitigung von Abfällen (LAGA PN 98) anzuwenden (vgl. U 22).

Die Anwendung erfolgt dabei u. a. für die Identifikation unbekannter Abfälle, für Untersuchungen zur Beweissicherung und Gefahrenabwehr, für Deklarationsanalysen bei der Zuordnung zu den Entsorgungswegen, für Kontrollanalysen und zur Qualitätssicherung bei der Verwertung oder Beseitigung von Bodenmaterialien, Bauschutt und Recyclingbaustoffen.

Abfälle sind zum großen Teil relativ heterogene Materialien mit variabler Zusammensetzung und unterschiedlicher Verteilung verschiedener Schadstoffe (Merkmalswerte) im Material. Die Anwendung der LAGA PN 98 mit dem Konzept der Entnahme von Einzelproben und der Untersuchung von Misch- und Sammelproben erfordert eine Aufteilung bzw. Separierung von größeren heterogenen Abfallmengen in Teilmengen mit ausreichend einheitlichen Eigenschaften bezüglich der betrachteten Merkmalswerte.

Eine Vermischung und gemeinsame Untersuchung von verschiedenen Materialien, die zu einer Verteilung und damit zur Verdünnung von Schadstoffen führt, wird ausdrücklich ausgeschlossen. Die Aufteilung in Teilmengen erfolgt anhand von organoleptisch-sensorischer Ansprache wie Farbgebung, Kornspektrum, Kornform, Konsistenz (Wassergehalt), Geruch bzw. durch Vor-Ort-Untersuchungen von pH-Wert, elektrischer Leitfähigkeit, chemischen Schnelltests - z. B. Gasentwicklung mit Salzsäure (vgl. U 22: Kapitel 6.1).

Anzahl der Proben

In der LAGA PN 98, Anhang E, wird ausgeführt, dass insbesondere für stark inhomogene Prüfvolumina „... mit vertretbarem technischen Aufwand im Bereich der Abfallprobenahme keine repräsentative Beprobung im wissenschaftlich-statistischen Sinn möglich ist“ (vgl. U 22). Deshalb wird für die in Abhängigkeit von Grundmenge bzw. Prüfvolumen angegebene Mindestanzahl der Proben zur Beschreibung der Eigenschaften des Abfalls in U 22: Tabelle 2, nicht von repräsentativen d. h. richtigen, reproduzierbaren und zuverlässigen, sondern einschränkend von „den Abfall charakterisierenden Proben“ gesprochen.

Die in Tabelle 2 angegebenen Zahlen von Einzel-, Misch- und Sammelproben stellen Mindestprobenzahlen dar und basieren auf einem statistischem Modell, das in U 22: Anhang G, erläutert ist. Die genannten Min-

destprobenzahlen sind abhängig von der zu beprobenden Menge des Prüfgutes, dem Durchmischungsgrad des Prüfgutes (Homogenität/Heterogenität) und der zu erzielenden Zuverlässigkeit der Aussage. Eine Reduzierung der Probenzahl ist nur für Prüfgüter zulässig, deren gleichbleibende Qualität (Homogenität) über das gesamte Prüfvolumen, bezogen auf die zu untersuchenden Merkmale, als gesichert angesehen werden kann.

Das Modell geht von folgenden Voraussetzungen aus:

- Betrachtet werden Haufwerke mit zufälliger Struktur und einer definierten Größe (Grundmenge: Masse, Volumen).
- Die Messgröße ist eine normalverteilte Zufallsgröße.
- Die Irrtumswahrscheinlichkeit der Aussagen beträgt 5 %.
- Entnommen werden gleichmäßig über das zu untersuchende Haufwerk verteilte Einzelproben.
- Vereinigt werden gleiche Teile homogener Einzelproben zu einer Mischprobe, die als Laborprobe untersucht wird.
- Ab einem bestimmten Volumen der Grundmenge (600 m³) werden aus bis zu 3 Mischproben, d. h. bis zu 12 Einzelproben, Sammelproben hergestellt und als Laborproben analysiert. Eine Sammelprobe repräsentiert bis zu 300 m³ des Prüfgutes.
- Das Probenmaterial der Mischproben/Sammelproben ist zu homogenisieren.

Die Anzahl der Einzelproben n pro Mischprobe ergibt sich aus der Forderung nach der Genauigkeit ε_0 des Mittelwertes des Merkmals Y_0 in Bezug zum wahren Wert bei einer gegebenen Vertrauenswahrscheinlichkeit. Soll das Untersuchungsergebnis der Mischprobe mit 95-prozentiger Wahrscheinlichkeit die gleiche Genauigkeit aufweisen wie die einer Einzelprobe (Standardabweichung σ_{Y_0} des Einzelwertes vom wahren Wert), wird näherungsweise die Anzahl der erforderlichen Einzelproben pro Mischprobe von mindestens 4 ($n \geq 4$) abgeleitet. Eine Erhöhung der Einzelprobenzahl auf $n = 5 - 6$ ist ebenfalls üblich, um eventuelle Verfälschungen des Mischprobenwertes durch Ausreißer unter den Einzelproben zu eliminieren.

Die Forderung nach höheren Genauigkeiten des Mittelwertes der Mischproben gegenüber den Einzelwerten führt zum quadratischen Anstieg der Zahl der Einzelproben pro Mischprobe. Beispielsweise wird eine doppelte Genauigkeit durch $n \geq 4^2$ d. h. $n \geq 16$ realisiert (vgl. U 22: Anhang G).

Probenmenge

Für eine ausreichend sichere Charakterisierung des Prüfmateri als ist zu gewährleisten, dass die entnommene Probe die gleiche Zusammensetzung aufweist wie das Prüfgut. Demzufolge steigt die pro Einzelprobe zu entnehmende Mindestprobenmenge mit der Zunahme des Größtkorns des Prüfgutes. In Tabelle 14 sind die in U 22: Kapitel 6.5, Tabelle 3, festgelegten Mindestprobenmengen in Abhängigkeit des Größtkorndurchmessers bis zum „Korndurchmesser“ 120 mm mit der Bodenart angegeben.

Tabelle 13: Mindestzahl der Einzel-, Misch-, Sammel- und Laborproben in Abhängigkeit vom Prüfvolumen (vgl. U 22: Tabelle 2)

Volumen der Grundmenge [m³]	Anzahl der Einzelproben	Anzahl Mischproben	Anzahl Sammelproben	Anzahl der Laborproben
bis 30	8	2	-	2
bis 60	12	3	-	3
bis 100	16	4	-	4
bis 150	20	5	-	5
bis 200	24	6	-	6
bis 600	24+4 pro weitere 100 m³ (40)	6+1 pro weiter 100 m³ (10)	-	6+1 pro weiter 100 m³ (10)
ab 600	40 + 4 pro weitere 100 m³	10 + 1 Mischprobe pro angefangene 100 m³	1 Sammelprobe ¹⁾ pro angefangene 300 m³	10 + 1 Laborproben pro angefangene 300 m³

¹⁾ ab 600 m³ werden für alle weiteren Mischproben bis zu drei Mischproben (d. h. zwölf Einzelproben) zu einer Sammelprobe vereinigt und die Sammelproben als Laborproben untersucht.

Tabelle 14: Mindestvolumen von Einzel- und Laborproben in Abhängigkeit von der Korngröße des Prüfmaterials (vgl. U 22: Kapitel 6.5, Tabelle 3)

Maximale Korngröße [mm]	Bodenart	Mindestvolumen Einzelproben [l]	Mindestvolumen Laborproben [l]
≤ 2	Ton, Schluff, Sand	0,5	1
> 2 bis ≤ 20	Fein-Mittelkies	1	2
> 20 bis ≤ 50	Grobkies	2	4
> 50 bis ≤ 120	Grobkies-Steine	5	10

Bei Stücken ab 120 mm sind die Stücke als Einzelproben zu untersuchen (Laborprobe). Bei den Festlegungen der Probemenge ist außerdem die Summe der erforderlichen Probenmengen für die u. U. geplanten einzelnen Untersuchungen in verschiedenen Labors (chemische, biologische Parameter, Radionuklide) und eventuell vorgesehene Rückstellproben zu berücksichtigen (vgl. U 22: Kapitel 7.1).

4.2 Gesetzliche Regeln und Anforderungen zum Verkehr und zur Entsorgung von radioaktiven Kontaminationen mit natürlichen Radionukliden

4.2.1 VOAS und HaldAO

In Sachsen gelten für die Sanierung von Hinterlassenschaften früherer Tätigkeiten gemäß Artikel 9 Abs. 2 i. V. m. Anlage II, Kapitel XII, Kapitel III Nr. 2 und Nr. 3 des Einigungsvertrags die Verordnung über die Gewährleistung von Atomsicherheit und Strahlenschutz (VOAS) einschließlich der Durchführungsbestimmung zur Verordnung über die Gewährleistung von Atomsicherheit und Strahlenschutz (DB VOAS) vom 11. Oktober 1984 und die Anordnung zur Gewährleistung des Strahlenschutzes bei Halden und industriellen Absetzanlagen und bei der Verwendung darin abgelagerter Materialien (HaldAO) vom 17. November 1980 fort (vgl. U 3, U 4, § 118 StrlSchV).

Diese Regelungen sind anzuwenden, wenn radioaktive Stoffe der Sanierung von Hinterlassenschaften früherer Tätigkeiten innerhalb der Hinterlassenschaften verwendet, verlagert oder von verunreinigten Grundstücken entfernt und bei der Sanierung anderer Hinterlassenschaften verwendet werden (vgl. § 118 StrlSchV, Absatz 5).

In der Praxis betrifft das im Wesentlichen den Wiedereinbau vor Ort und die Verwendung von radioaktiven Stoffen aus Baumaßnahmen in Anlagen der Wismut GmbH z. B. auf der Halde 371 oder in Ausnahmefällen in der Industriellen Absetzanlage (IAA) in Helmsdorf. Die Verwertung in Helmsdorf ist nur für radioaktives Haldenmaterial bzw. radioaktive Stoffe der Stadt Zwickau möglich. Sofern die Stadt Zwickau zustimmt, erteilt die Wismut GmbH in Einzelfällen auch für radioaktive Stoffe aus anderen Regionen eine Annahmeerklärung für die IAA Helmsdorf.

Die wesentlichen Begriffe, die für die Verwendung von radioaktiven Stoffen zum Zweck der Sanierung anderer Hinterlassenschaften des Uranerzbergbaus von Bedeutung sind, finden sich im Glossar, Kapitel 8. Für den beruflichen Strahlenschutz gelten auch bei diesen Maßnahmen die Regelungen der Strahlenschutzverordnung (Teil III, Kapitel 1, 2 StrlSchV).

Entsprechend der VOAS § 4 ist für den Verkehr mit radioaktiven Stoffen oberhalb der Freigrenze von 0,2 Bq/g eine Genehmigung zum Umgang mit radioaktiven Stoffen (Umgangsgenehmigung) erforderlich. Nach § 5 HaldAO bedürfen Veränderungen an Bauobjekten aus Haldenmaterial der Zustimmung der zuständigen Genehmigungsbehörde: z. B. Änderungen, die Auswirkungen auf die Belüftungsverhältnisse haben oder andere, die Strahlenschutzsituation beeinflussende Maßnahmen, die Verwendung und Nutzung von Haldenmaterial oder Material aus Absetzanlagen, die Liquidierung solcher Bauobjekte.

Aus den Bestimmungen der Haldenanordnung §§ 4, 5, 8 und 11 von 1984 ergibt sich die Genehmigungspflicht durch die Strahlenschutzbehörde, die Berichtspflicht gegenüber der Strahlenschutzbehörde und die Nachweispflicht für die Verwendung von Haldenmaterial in Bauunterlagen und Abnahmeprotokollen bei jeglichen Bauvorhaben.

4.2.2 Strahlenschutzverordnung

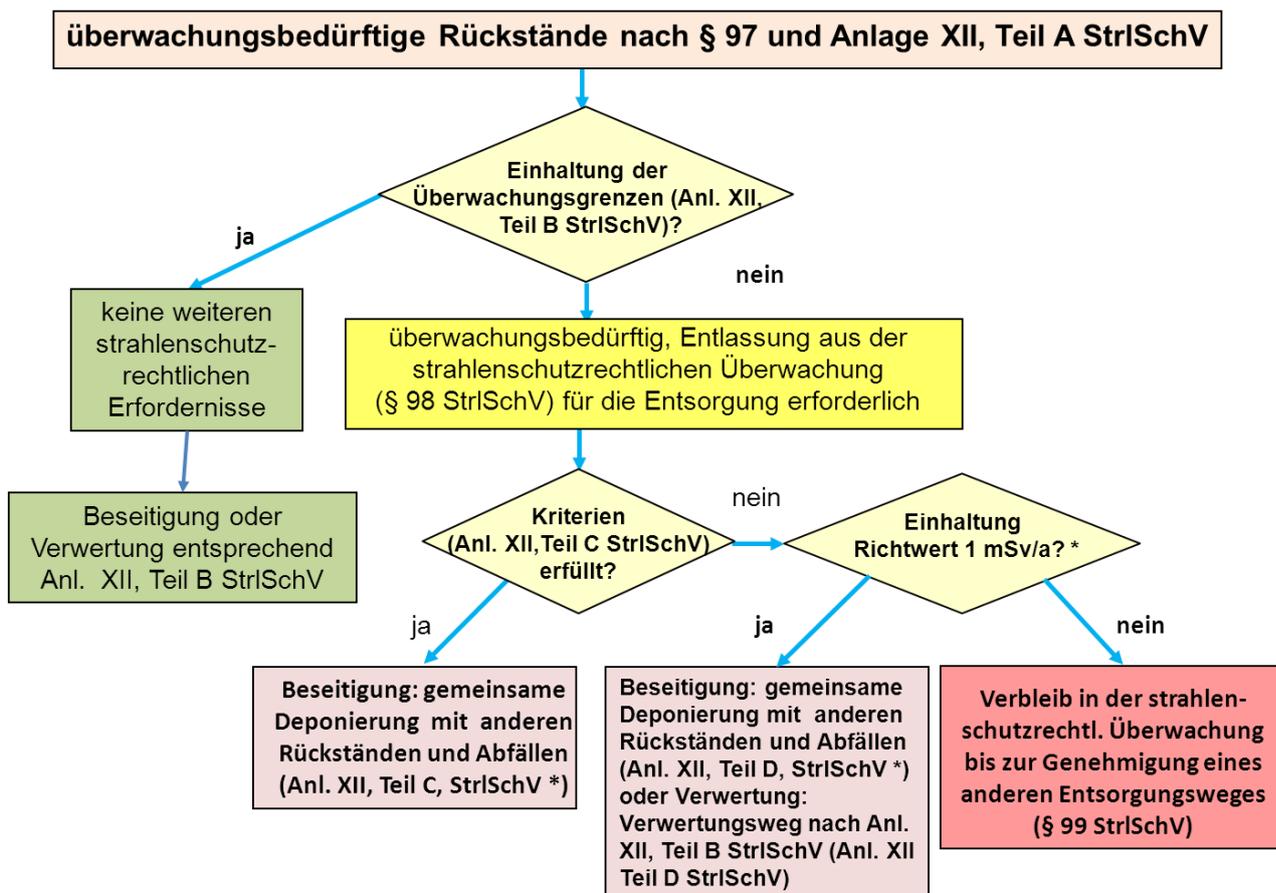
Wer nach Teil 3, § 97 StrlSchV Arbeiten ausführen lässt, bei denen überwachungsbedürftige Rückstände anfallen, muss Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung ergreifen. Rückstände sind dabei die in Anlage XII, Teil A StrlSchV aufgeführten Materialien mit den in Anlage XII, Teil B StrlSchV genannten Überwachungs-

grenzen für in Teil B aufgelistete Beseitigungs- oder Verwertungswege. Für diese gelten gleichzeitig weiterhin die Regelungen des Abfallrechtes in Bezug auf ihre „konventionellen“ Belastungen durch Schadstoffe.

Bei Baumaßnahmen in Sachsen relevante Rückstände nach Anlage XII, Teil A StrlSchV sind hauptsächlich:

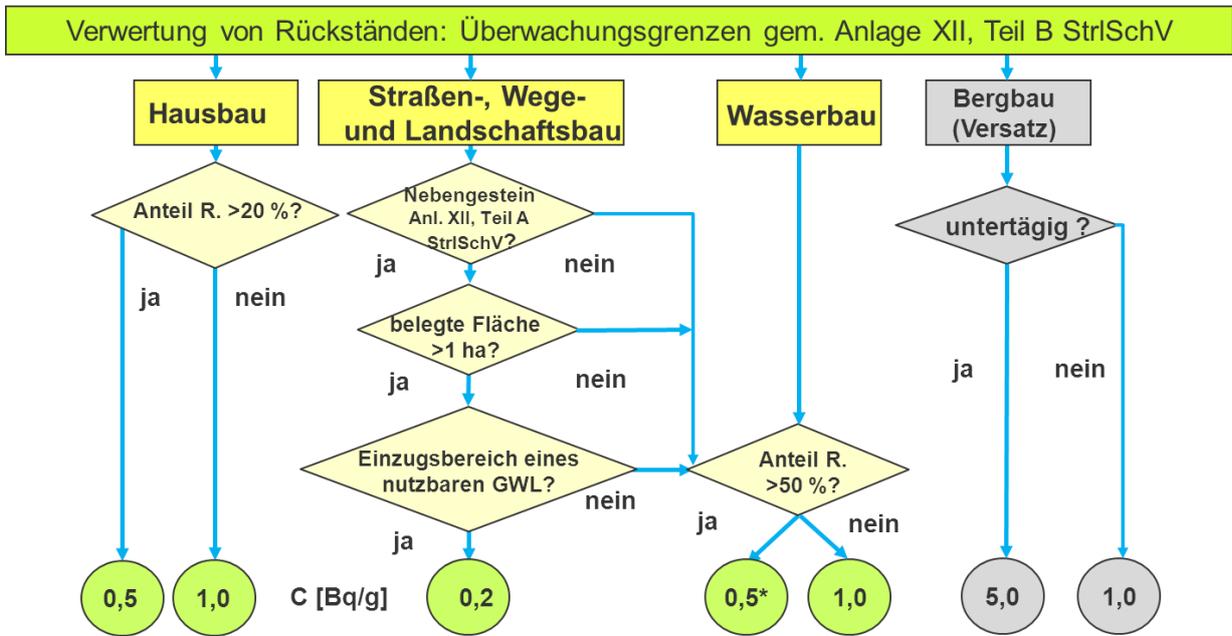
- Nebengesteine, Sande, Schlacken und Stäube aus der Gewinnung, Aufbereitung und Weiterverarbeitung von Konzentraten und Rückstände von Bauxit, Kupferschiefer-, Zinn-, Seltene Erden- und Uranerzen (vgl. Anlage XII, Teil A, Nr. 3 a)
- den o. g. Erzen entsprechende Mineralien, die bei der Gewinnung und Aufbereitung anderer Rohstoffe anfallen (vgl. Anlage XII, Teil A, Nr. 3 b)
- Stäube und Schlämme aus der Rauchgasreinigung bei der Primärverhüttung in der Roheisen- und Nichteisenmetallurgie (vgl. Anlage XII, Teil A, Nr. 4)
- ausgehobener oder abgetragener Boden und Bauschutt aus dem Abbruch von Gebäuden oder sonstigen baulichen Anlagen, wenn diese o. g. Rückstände enthalten und gemäß § 101 StrlSchV nach Beendigung von Arbeiten oder gemäß § 118 Absatz 5 StrlSchV von Grundstücken entfernt und bei der Sanierung von früheren Hinterlassenschaften des Uranerzbergbaus verwendet werden

In Abbildung 3 sind die in der Strahlenschutzverordnung festgelegten Verfahrensweisen für Rückstände in Anlehnung an U 46 schematisch dargestellt.



* Nachweise sind von Verpflichteten zu erbringen

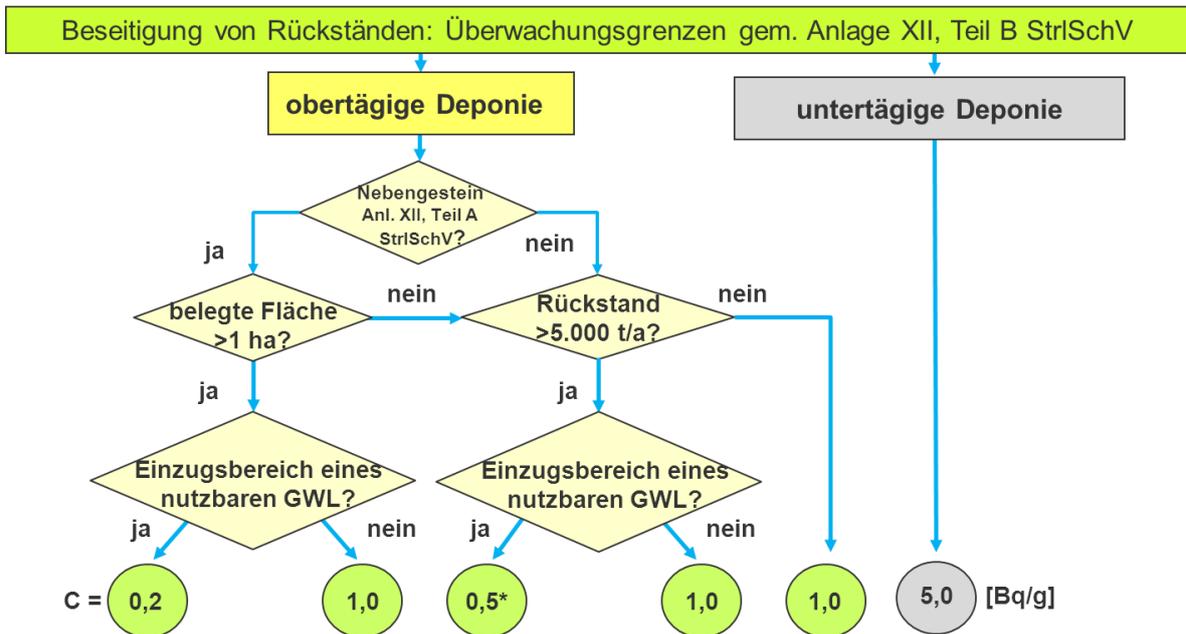
Abbildung 3: Verfahrensweise für überwachungsbedürftige Rückstände (§ 97 ff, Anlage XII, StrlSchV)



Quelle: Vortrag R. Gellermann, 28. Sitzung AKnat, 2005

zur Zeit nicht möglich in Sachsen
 GWL = Grundwasserleiter
 Anteil R. = Anteil der Rückstände am Baumaterial
 C = 0,5 Bq/g*: gilt nicht für Schlacken, hier immer C = 1 Bq/g

Abbildung 4: Überwachungsgrenzen nach Anlage XII, Teil B StrISchV für die Verwertung von Rückständen



Quelle: Vortrag R. Gellermann, 28. Sitzung AKnat, 2005

zur Zeit nicht möglich in Sachsen
 GWL = Grundwasserleiter
 C = 0,5 Bq/g*: gilt nicht für Schlacken, hier immer C = 1 Bq/g

Abbildung 5: Überwachungsgrenzen nach Anlage XII, Teil B StrISchV für die Beseitigung von Rückständen

Die Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung ist nur dann zulässig, wenn die Verwertung bzw. Beseitigung so erfolgt, dass ohne weitere Maßnahmen die Strahlenexposition für Einzelpersonen der Bevölkerung infolge der Entsorgung der Rückstände den Richtwert von 1 mSv/a nicht überschreitet. Davon kann ausgegangen werden, wenn die Überwachungsgrenzen in Abhängigkeit von der Entsorgung nach Anlage XII, Teil B der StrlSchV eingehalten werden.

Maßzahl zur Beurteilung der Überwachungsgrenze ist dabei die spezifische Aktivität C als Summe der **repräsentativ ermittelten** größten spezifischen Aktivitäten der Radionuklide der Nuklidketten der Uran-238-Zerfallsreihe (U-238sec) und der Th-232-Zerfallsreihe (Th-232-sec) ($C_{U-238max}$, $C_{Th232max}$).

$$C \leq C_{U-238max} + C_{Th232max}$$

Sofern bei den Baumaßnahmen o. g. Rückstände die Überwachungsgrenzen gemäß Anlage XII, Teil B StrlSchV überschreiten, ist für deren Verwertung oder Beseitigung eine Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung nach § 98 StrlSchV erforderlich (vgl. Abbildung 5).

Sollen überwachungsbedürftige Rückstände entsprechend eines in Anlage XII, Teil B StrlSchV aufgelisteten Verwertungsweges aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung entlassen werden, gilt: Die Unterschreitung des Richtwertes von 1 mSv/a für den konkreten Verwertungsweg ist durch ein **Radiologisches Gutachten** mit einer auf den Einzelfall bezogenen **Expositionsabschätzung** nachzuweisen (vgl. Anlage XII, Teil D StrlSchV). Bei der Expositionsabschätzung sind u. a. die Beschäftigten, die beim Transport etc. tätig werden, als Einzelpersonen der Bevölkerung zu berücksichtigen.

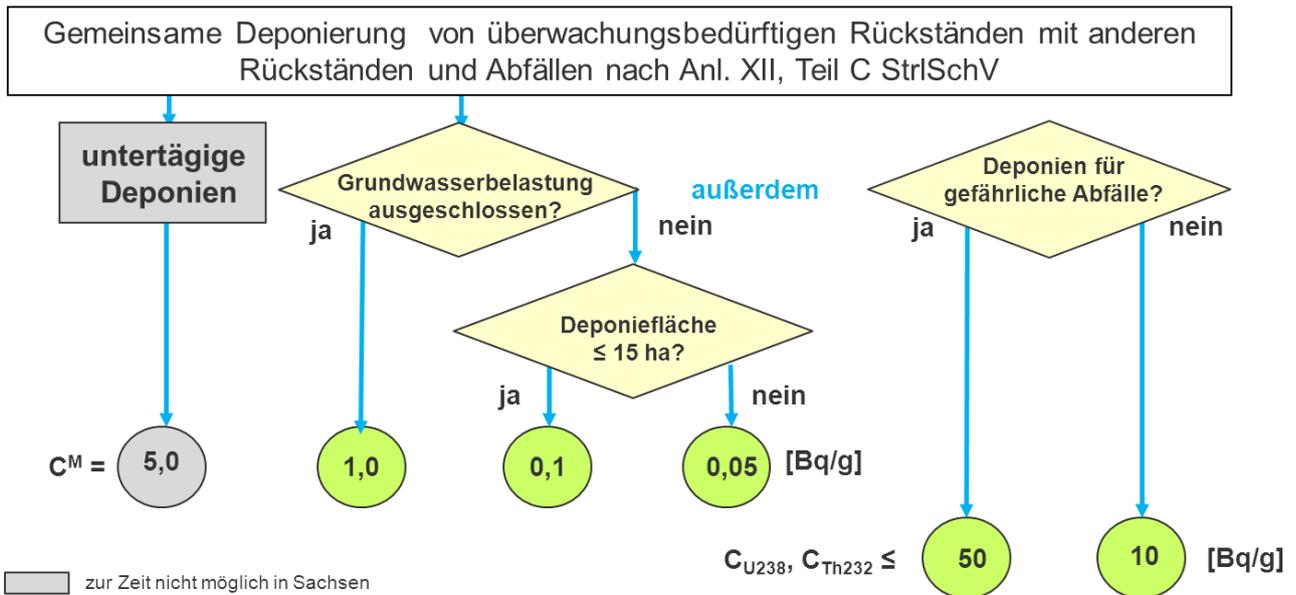
Sollen Rückstände auf einer Deponie zusammen mit anderen Rückständen und Abfällen beseitigt werden und ist dazu eine Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung nötig, gilt: Die Unterschreitung des Richtwertes von 1 mSv/a für den konkreten Beseitigungsweg ist dann gegeben, wenn die Vorgaben der Anlage XII, Teil C StrlSchV hinsichtlich der mittleren spezifischen Aktivitäten der Radionuklide der Uran-Zerfallsreihe und der Thorium-Zerfallsreihe für die verschiedenen Beseitigungsvarianten gemäß Abbildung 6 eingehalten werden.

$C_{U238max}^M$ und $C_{Th232max}^M$ sind dabei die Quotienten aus den Summen aller maximalen Aktivitäten (A_{max}) der Nuklide der jeweiligen Zerfallsreihe der innerhalb von zwölf Monaten in die Deponie eingelagerten überwachungsbedürftigen Rückstandschargen und der Gesamtmasse aller eingelagerten Stoffe (Rückstände und Abfälle).

Mit der Regelung, dass die Aktivitäten aller Stoffe mit spezifischen Aktivitäten $C_{U238max}$ bzw. $C_{Th232max} < 0,2$ Bq/g unberücksichtigt bleiben, ergibt sich C^M aus der Summe der Aktivitäten $A_{U238max} + A_{Th232max}$ aller Rückstände geteilt durch die Gesamtmasse aller eingelagerten Stoffe (Rückstände und „normale“ Abfälle).

Aus den Festlegungen in Anlage XII, Teil C StrlSchV folgt, dass die Zulässigkeit des Entsorgungsweges für eine bestimmte Deponie von der Behörde nur beurteilt werden kann, wenn eine zeitnahe Bilanzierung der spezifischen Aktivitäten aller eingelagerten Rückstände erfolgt. Als Grundlage für die Bilanzierung ist die Feststellung von repräsentativen spezifischen Aktivitäten der eingelagerten Rückstände erforderlich.

Für die Bilanzierung wird davon ausgegangen, dass alle anderen eingelagerten konventionellen Abfälle spezifische Aktivitäten $< 0,2$ Bq/g aufweisen.



Entlassungskriterien nach Anlage XII, Teil C StrISchV für die Einhaltung des 1 mSv/a-Wertes

C_{U238}, C_{Th232} : alle Radionuklide der U-238-, und der Th-232-Zerfallsreihen

$C^M \geq C_{U238max}^M + C_{Th232max}^M$: Summe der Mittelwerte der Gesamtaktivität $C_{Th232max}$ und $C_{U238max}$ der in den letzten 12-Monaten auf der Deponie beseitigten überwachungsbedürftigen Rückstände nach Anl. XII, Teil A und B geteilt durch die Gesamtmasse aller in dieser Zeit eingelagerten Abfälle

Abbildung 6: Entlassungskriterien für die Beseitigung von überwachungsbedürftigen Rückständen gemeinsam mit anderen Rückständen und Abfällen gemäß Anlage XII, Teil C StrISchV

4.2.3 Abfallrechtliche Bestimmungen

Zusätzlich zu den o. g. strahlenschutzrechtlichen Festlegungen gelten für die zu verwertenden radioaktiven Stoffe weiterhin alle anderen erlassenen öffentlich-rechtliche Genehmigungen, Zustimmungen, Bewilligungen und Erlaubnisse und privatrechtliche Zustimmungen. Insbesondere die kreislaufwirtschafts- und abfallrechtlichen sowie die gefahrgutbeförderungsrechtlichen Vorschriften sind einzuhalten.

Demzufolge müssen radioaktive Stoffe bei der Beseitigung auf Abfalldeponien neben den radiologischen und strahlenschutzrechtlichen Kriterien auch die Bestimmungen der Abfallablagerungsverordnung (Abfallart, Abfallschlüsselnummer), der Deponieverordnung und die konkreten Zulassungskriterien für die Deponie (Zuordnungswerte für geotechnische und chemische Parameter) einhalten.

Besonders bei radioaktiven Stoffen, die aus dem Bergbau herrühren, kann das z. B. zu Einschränkungen der Entsorgungsmöglichkeiten wegen der Überschreitung der Zuordnungswerte der Arsen- oder Schwermetallkonzentrationen führen.

Ebenso unterliegt die Entsorgung bei der Wismut GmbH neben den radiologischen Randbedingungen auch Einschränkungen bezüglich der Materialart und der Konzentrationen anderer Inhaltsstoffe z. B. der Konzentration organischer Verbindungen entsprechend den bergrechtlichen und strahlenschutzrechtlichen Zulassungen.

4.2.4 Anforderungen an die Repräsentativität der Untersuchungen

Bewertungsgrößen

Die Einhaltung der Überwachungsgrenzen zur Verwertung oder Beseitigung von Rückständen gemäß § 97 und Anlage XII, Teil B StrlSchV und der Nachweis der Einhaltung der effektiven Dosis von 1 mSv/a für Einzelpersonen der Bevölkerung durch Verwertung oder Beseitigung von Rückständen bei gemeinsamer Deponierung mit anderen Rückständen und Abfällen gemäß § 98 StrlSchV und Anlage XII, Teil C StrSchV ist auf der Grundlage repräsentativer Werte der spezifischen Aktivität der Radionuklide der natürlichen Zerfallsreihen U-238sec und Th-232sec zu beurteilen. Die Ermittlung repräsentativer Werte der spezifischen Aktivität der Radionuklide wird in der Empfehlung der Strahlenschutzkommission und der Erläuterung zur Empfehlung in U 14 beschrieben.

Maßzahl zur Beurteilung der Überwachungsgrenze ist dabei die spezifische Aktivität C als Summe der **repräsentativ ermittelten** größten spezifischen Aktivitäten der Radionuklide der Nuklidketten der Uran-238-Zerfallsreihe ($C_{U-238max}$ aus U-238sec) und Th-232-Zerfallsreihe ($C_{Th232max}$ aus Th-232sec).

Die zu berücksichtigenden Radionuklide der Zerfallsreihen im Gleichgewicht mit den Mutternukliden zur Bestimmung von $C_{U-238max}$, $C_{Th232max}$ und " $C_{Pb210max}$ " sind in U 5: Anlage III, Tabelle 1, festgelegt.

Beurteilung der Repräsentativität

Die Entnahme einer Anzahl von Proben (Stichprobe mit dem Umfang n) aus einer Abfallmenge wie z. B. Aushub- und Abbruchmaterial liefert aufgrund der inhomogenen Aktivität immer nur einen mit Unsicherheiten behafteten Schätzwert der wahren Aktivität (Erwartungswert) der Gesamtmenge (vgl. U 14: Teil I, Kapitel 2).

Die Forderung in der Strahlenschutzverordnung nach repräsentativen Werten zu Beurteilung verlangt deshalb nach einer realistischen und gleichzeitig aber auch ausreichend konservativen Schätzung der spezifischen Aktivitäten der zu beurteilenden Materialien.

Als Nachweis für die Einhaltung der Überwachungsgrenze wird in U 14 empfohlen, die obere Grenze des Vertrauensintervalls (Konfidenzgrenze) der Schätzung des Erwartungswertes mit einem Vertrauensniveau von P = 95 % als repräsentativen Wert der spezifischen Aktivität zu verwenden. Die methodische Vorgehensweise zur Prüfung der Einhaltung der Überwachungsgrenzen ist in U 14: Teil II, ausführlich beschrieben und soll hier nicht im Einzelnen erläutert werden. Das Gesamtschema der Vorgehensweise ist in Abbildung 7 dargestellt.

Die Repräsentativität ist ausreichend, wenn mit einer untersuchten Stichprobe eindeutig entschieden werden kann, ob die Überwachungsgrenze eingehalten werden kann oder nicht. Diese Entscheidung ist nur dann eindeutig möglich, wenn sich der Wert der Überwachungsgrenze außerhalb des Konfidenzintervalls befindet, (vgl. Abbildung 8). In den Fällen 1 und 2 ist der Rückstand nicht überwachungsbedürftig. Für den Fall 5 ist eine Entlassung aus der Überwachung nicht möglich. Für die Fälle 2 und 3 kann die Entscheidung aufgrund der untersuchten Stichprobe nicht getroffen werden. Dazu ist die Verbesserung der statistischen Genauigkeit (Verkleinerung des Konfidenzintervalls) erforderlich.

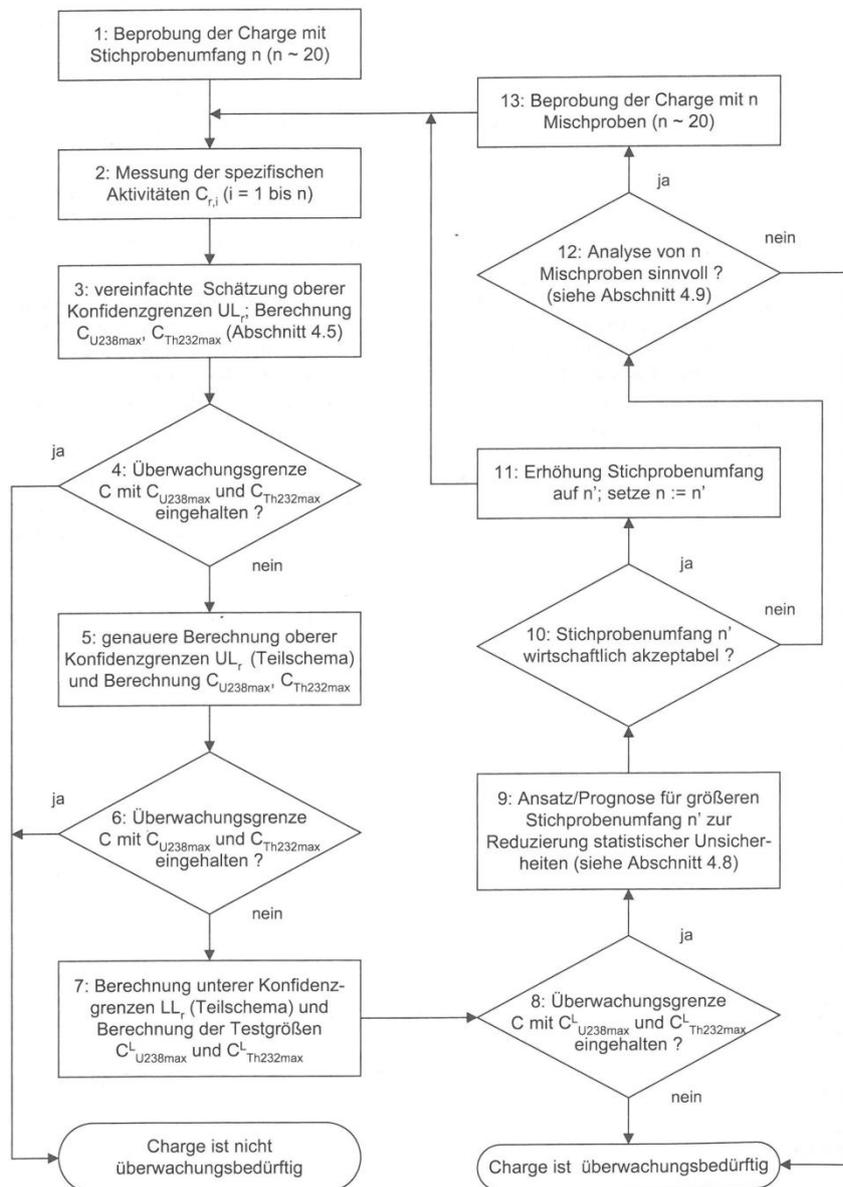


Abbildung 7: Gesamtschema zur Prüfung der Einhaltung von Überwachungsgrenzen (Quelle und Bezüge: vgl. U 14: Abb. 1)

Die Größe des Konfidenzintervalls hängt dabei neben der Anzahl der Proben von der Messunsicherheit des Messverfahrens und dem Grad der Inhomogenität der Aktivitätsverteilung im zu untersuchenden Material ab. Ist der Abstand des Aktivitätsniveaus des zu untersuchenden Materials zur beurteilenden Überwachungsgrenze groß (Fälle 1, 5), sind im Gegensatz zu Fall 3 auch größere statistische Unsicherheiten (großes Konfidenzintervall) ausreichend zur Beurteilung.

Die Verbesserung der Genauigkeit von Analyseergebnissen ist hauptsächlich durch folgende Maßnahmen erreichbar:

- 1) Eliminierung von „Störungen“ der Daten-Verteilung durch Nichtbeachtung von Ausreißern, Berücksichtigung eines konstanten Untergrunds der Messergebnisse, angemessene Berücksichtigung von Messergebnissen unter der Erkennungsgrenze
- 2) Erhöhung der Zahl der Stichproben zur Verbesserung der statistischen Sicherheit

- 3) Abgrenzung und separate Untersuchung von nach Entstehung und Eigenschaften ähnlichen Teilmengen bzw. -flächen (Chargen) zur Erhöhung der Homogenität der spezifischen Aktivität innerhalb der Teilmenge
- 4) Wechsel zu einer Untersuchungsmethode, die in der Gesamtheit aller notwendigen Schritte wie Probenahme, Probenvorbehandlung, Analyseverfahren und Auswertung eine geringere Messunsicherheit gewährleistet. Beispiel: Erkundungen mit Aufschlüssen, die eine bessere Materialidentifikation bezüglich Art und Geometrie zulassen wie z. B. Schürfe anstatt Kleinrammbohrungen.

Für Fall 3 in Abbildung 8 ist es möglich, dass nach einer Erhöhung des Stichprobenumfangs die Einhaltung der Überwachungsgrenze festgestellt werden kann. Für Fall 4 wird die obere Konfidenzgrenze auch mit einem größeren Stichprobenumfang immer noch über der Überwachungsgrenze liegen, sodass hier ein erhöhter Untersuchungsaufwand nicht gerechtfertigt sein dürfte und das Material als überwachungsbedürftig eingestuft werden muss. Ob eine Erhöhung des Stichprobenumfangs Δn zu eindeutigen Aussagen führen kann, ist durch die in U 14: Teil II, Kapitel 4.8, gezeigte Methode feststellbar.

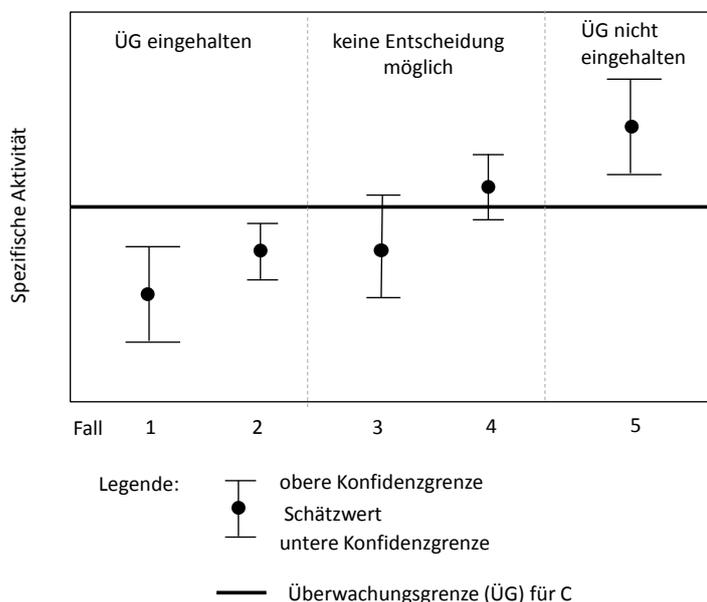


Abbildung 8: Beispiele für die Lage von Erwartungswerten und Konfidenzgrenzen zur Überwachungsgrenze (in Anlehnung an U 14: Teil I, Abb. 1)

Zum empfohlenen Stichprobenumfang wird in U 14: Teil I, Kapitel 4.2, folgende Aussage getroffen:

„Der Stichprobenumfang n sollte auf Basis der Vorkenntnisse zur Heterogenität bzw. Variabilität der spezifischen Aktivität des zu untersuchenden Rückstandes und des vermuteten Abstandes des zu bestimmenden Erwartungswertes der spezifischen Aktivität von der Überwachungsgrenze für den vorgesehenen Weg der Verwertung oder Beseitigung festgelegt werden“. Die Mindestprobenzahl, die für eine statistische Bewertung der Repräsentativität erforderlich ist, beträgt $n = 6$. Die Mindestprobenzahl sollte nur für Kleinmengen $<30 \text{ m}^3$ oder für Mengen mit bekannter homogener Aktivitätsverteilung und niedrigem Aktivitätsniveau Anwendung finden.

Bei der erstmaligen Untersuchung ohne genauere Vorkenntnisse zum Material wird ein Stichprobenumfang von $n = 20$ empfohlen. Geringere Umfänge wie z. B. $n = 10$ sind nur für Materialien sinnvoll, von denen bekannt ist, dass sie weitgehend homogen bezüglich der spezifischen Aktivität sind (Fall 2 in Abbildung 8), oder spezifische Aktivitäten deutlich unter der Überwachungsgrenze aufweisen (Fall 1 in Abbildung 8).

Dieser Fall könnte zum Beispiel für die Bewertung der Beseitigung von Haldenmaterial/Nebengestein (mittlere spezifische Aktivitäten von 0,3 Bq/g bis 0,7 Bq/g) auf einer oberirdischen Deponie >1 ha außerhalb des Einzugsbereiches eines nutzbaren Grundwasserleiters mit der Überwachungsgrenze von $C = C_{U238max} + C_{Th232max} = 1,0$ Bq/g zutreffen (vgl. Abbildung 4).

Für eine Erhöhung des Stichprobenumfangs sollte die o. g. Abschätzung für die erforderliche Probenanzahl durchgeführt werden. Materialien mit großer Schwankungsbreite der spezifischen Aktivität können zu großen Stichprobenzahlen führen. Wird der Untersuchungsaufwand zu hoch, bleibt die Alternative zu versuchen, den Aufwand durch die Untersuchung von Mischproben (Vermischen von 4 - empfohlen 5 - Einzelproben) zu verringern. Auf die Anwendbarkeit und Herstellung von Mischproben wird in Kapitel 4.1.4 bzw. in U 22: Kapitel 6.4 und Anhang G, U 31: Kapitel 7.4.6.4, detaillierter eingegangen.

Unter Umständen ist dann abzuwägen, ob es wirtschaftlich sinnvoll ist, statt des hohen Untersuchungsaufwandes für den repräsentativen Nachweis der Unterschreitung der Überwachungsgrenze für den beabsichtigten Entsorgungsweg, einen anderen Entsorgungsweg zu wählen, für den die Entlassungsgrenze aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung höher liegt (z. B. die Beseitigung auf einer Anlage der Wismut GmbH oder einer Sonderabfalldeponie).

5 Messverfahren und Repräsentativität der Ergebnisse zur Beurteilung der radioaktiven Kontamination

5.1 Geeignete Messverfahren

Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, vor dem Einsatz kostenintensiver technischer Leistungen (Aufschlüsse mit Probenahme und Analytik) anhand von rasterförmig angeordneten Screeningmessungen mit einem (Messraster in der Regel von 10 m x 10 m die Ortsdosisleistung der Gammastrahlung (ODL) oder die Zählrate mit Kontaminationsmessgeräten zu ermitteln. Mit diesen Untersuchungen sind bei flächenhaften Kontaminationen im Boden, in Bauwerken oder technologischen Einrichtungen die Verteilung oder lokale Vorkommen von Kontaminationen in den Grundzügen zu ermitteln. Der Radionuklidvektor von eventuell festgestellten Kontaminationen (erhöhte Zählraten, ODL-Werte) ist dann mindestens an wenigen Stichproben gammaspektrometrisch festzustellen. Erst nachdem diese Messungen ausgewertet sind, sollten die Ansatzpunkte für weitere Untersuchungen festgelegt werden.

Für bereits abgedeckte oder überbaute Altablagerungen führt jedoch die Messung der ODL oder andere Oberflächenmessungen zu keinen aussagefähigen Ergebnissen.

Bei Untersuchung von Kontaminationen, die ausschließlich durch Alphastrahler wie Uran z. B. in Kontaminationsfahnen mit Urankonzentrat aus Uranaufbereitungsanlagen oder mobilisiertem Uran bestimmt werden, ist zu berücksichtigen, dass diese durch ODL-Messungen nicht nachweisbar sind. Für die Erkundung von Verdachtsflächen mit derartigen Kontaminationen sind die Aufschlüsse, insbesondere auf Grundlage der historischen Erkundung und flächenhafter Stichproben, zu konzipieren.

Problematisch ist die Erkundung zufällig verteilter verdeckter oder überdeckter Kontaminationen. Hierzu gehören überbaute oder tiefliegende Ablagerungen von Tailings, Erzen, kontaminiertem Bauschutt und Verfüllungen sowie Kontaminationen in Bauwerken, die durch Überputzen oder neue Fußböden abgeschirmt sind. Hier liefern Screeningmessungen meist keine befriedigenden Ergebnisse, sodass diese Kontaminationen bei der Erkundung oft nicht oder nur mit einem sehr hohen Aufwand festgestellt werden können und zumeist erst bei baulichen Eingriffen zu Tage treten.

Die Feststellung der Art der Kontamination erfordert in jedem Fall analytische Untersuchungen, wobei die gammaspektrometrische Analyse der Proben aufgrund der Komplexität des zu erhaltenden Ergebnisses hierfür am besten geeignet ist. Eine organoleptische Ansprache derartiger Kontaminationen ist nur dann möglich, wenn typische Materialien wie Erze, Urankonzentrat, Tailings, Ionenaustauscher oder typische Bergematerialien, die regional ansonsten nicht vorhanden sind, mit einiger Erfahrung als solche erkannt werden können. Die bei Baumaßnahmen üblichen oder prinzipiell anwendbaren Messverfahren sind im Wesentlichen Messungen der Ortsdosisleistung bzw. Äquivalentdosisleistung: In-Situ-Gammaspektrometrie als Oberflächenmessungen, Messung der Gammastrahlung direkt in Bohrungen oder von Bohrproben mit der Gammasonde durch Gamma-Log-Messungen oder Spektral-Gamma-Log-Messungen, Abschätzung der Volumenaktivität durch „Schnellmessungen“ mit ODL- und Kontaminationsmessgeräten oder die komplette Gammaspektrometrie nach der Entnahme von Proben.

Die genannten Methoden werden in Anhang 9.1 kurz dargestellt, charakterisiert und hinsichtlich ihrer Eignung für die Anwendung bei Baumaßnahmen bewertet.

5.2 Bewertung der Repräsentativität der Messverfahren für die Bestimmung der Aktivität von radioaktiven Stoffen

Zur Bewertung von Eignung und Repräsentativität der unter Kapitel 5.1 genannten Messverfahren zur Bestimmung der spezifischen Aktivitäten wurden die wesentlichen Aspekte in Tabelle 15 zusammengefasst. Aufgrund der Möglichkeit, fast alle relevanten Radionuklide simultan zu erfassen und der erreichbaren Messgenauigkeiten ist die Gammaspektrometrie als das am besten geeignete Verfahren hervorzuheben. Im Messbereich von 0,01 Bq/g bis 10 Bq/g (Aktivitätsbereich der Überwachungsgrenzen) werden bei „normalem“ Messaufwand nach dem Stand der Technik Standard-Messunsicherheiten von 10 % bis 20 % erzielt. Nur für die Bestimmung der spezifischen Aktivitäten der Radionuklide Po-210 und Th-232 sind andere Messverfahren erforderlich, sofern die radioaktiven Gleichgewichte erheblich gestört sind.

Insbesondere für größere Flächen oder für Volumina mit relativ einheitlichen, bekannten Nuklidvektoren sind kombinierte Beta-Gamma-Kontaminationsmessungen mit Anschlusskalibrierung zur repräsentativen Ermittlung der spezifischen Aktivitäten gut geeignet, (vgl. Kapitel 5.1, U 36, U 37). Diese Messungen sind sowohl im Labor als auch im Feld mit geringem Aufwand und dementsprechend hoher Anzahl durchzuführen.

Voraussetzung für belastbare Ergebnisse sind allerdings die entsprechenden Vorarbeiten zur Ermittlung der Kalibrierfaktoren für die verschiedenen Arten der radioaktiven Stoffe, ihrer Leitnuklide und die eingesetzten ODL- und Beta-Gammastrahlungsmessgeräte (vgl. U 37: Tabelle 1, Tabelle 2).

Für jeden radioaktiven Stoff sind die Bestimmung der Leitnuklide durch gammaspektrometrische Untersuchungen zur Auswahl der richtigen Kalibrierung und die Überprüfung der Konstanz des Nuklidvektors im Verlauf einer größeren Zahl von Messungen zur Charakterisierung von größeren Flächen und Volumina erforderlich.

Die In-situ-Gammaspektrometrie ist vorwiegend für Voruntersuchung bzw. Freigabemessungen oberflächennaher Kontaminationen geeignet. Die Mittelung der Aktivitätskonzentration über relativ große, definierte Flächen gewährleistet kurze Messzeiten und eine bessere Repräsentativität der Messungen in der Fläche als probenbasierte Messmethoden. Die Methode kann aber die Tiefenverteilung der Aktivität nur bis zu wenigen Zentimeter Tiefe erfassen. Die richtige Wahl des Typs der Tiefenverteilung der Kontamination ist von entscheidender Bedeutung für Richtigkeit und Repräsentativität der Messergebnisse. Abweichungen und Inhomogenitäten der Tiefenverteilung der Aktivität vom angenommenen Modell können zu Unterschieden der gemessenen Aktivitäten von einer Größenordnung führen.

In Voruntersuchungen und durch die Nutzung von Aufschlüssen zur geotechnischen Erkundungen und Altlastenerkundungen oder bei der Errichtung von Grundwassermessstellen können Gamma-Log- oder Spektral-Gamma-Log-Messungen Hinweise auf Bereiche mit Kontaminationen im radioaktiven Gleichgewicht (Bergematerial, Erze) oder Hinweise auf überwiegend durch Gammastrahler dominierte Kontaminationen (Tailings), insbesondere die Tiefenlage, liefern und so helfen, Bereiche für weitere Untersuchungen abzugrenzen. Aufgrund der maximal erreichbaren Tiefenauflösung von 0,3-0,5 m und der vielfältigen Einflussgrößen durch die Bohrung ist das Verfahren für die Ermittlung von belastbaren spezifischen Aktivitäten bei der Entscheidung über die Entlassung von Rückständen aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung nicht geeignet. Nuklid-spezifische Aussagen sind durch Gamma-Log-Messungen nicht möglich. Durch Spektral-Gamma-Log-Messungen kann nur zwischen Aktivitäten der Uran-Zerfallsreihe und der Thorium-Zerfallsreihe unterschieden werden. Radioaktive Ungleichgewichtszustände, z. B. Kontaminationen durch Urankonzentrate, werden nicht erfasst.

Aus ODL-Messungen allein sind keine belastbaren spezifischen Aktivitäten zur Beurteilung der Einhaltung von Überwachungsgrenzen zu erhalten. Das Verfahren ist geeignet, oberflächennahe kontaminierte Bereiche für weitere Untersuchungen und Probenahmen einzugrenzen oder bei Freigabemessungen den Zustand von sanierten Flächen zu dokumentieren. In Kombination mit Gamma-Beta-Messungen mit Kontaminationsmessgeräten (Schnellbestimmungen durch kombinierte ODL- und Gamma-Betakontaminationsmessungen) können aber unter den in Anhang 9.1 Abschnitt 3 genannten Voraussetzungen repräsentative spezifische Aktivitäten erhalten werden.

Von den konventionellen in Labors routinemäßig durchgeführten spektrometrischen Verfahren zur Bestimmung der Elemente Uran, Radium, Thorium und Blei sind im Wesentlichen die Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) und Induktiv gekoppelte Plasma-Massenspektrometrie (ICP-MS) geeignet. In Bezug auf die Methode (Unterscheidung von Isotopen) und Analysengenauigkeit ist die ICP-MS prinzipiell besser geeignet für die Bestimmung der Konzentrationen/spezifischen Aktivitäten der genannten Elemente. Weil es aber bei der Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung im Wesentlichen um die Untersuchung von Feststoffen geht, wirken sich Aufwand und Fehlerquellen durch die erforderliche Probenaufbereitung (Vollaufschlüsse) negativ auf Kosten, Zuverlässigkeit und Analysengenauigkeit aus. Deshalb werden konventionelle Uranbe-

stimmungen im Feststoff überwiegend mit der Röntgenfluoreszenzanalyse durchgeführt und so die Konzentration aller Uran-Isotope erhalten.

Bei allen genannten probenbasierten Messverfahren sind die Auswahl von Anzahl und Erkundungsdichte der Probenorte, die Probenentnahme und Vorbehandlung von mindestens ebenso großer Bedeutung für die Repräsentativität der Messergebnisse wie das Messverfahren selbst. Die erforderliche Probenzahl und Erkundungsdichte wird im Wesentlichen von der Menge des zu beurteilenden Materials, dem Abstand seiner spezifischen Aktivität von den zu prüfenden Überwachungsgrenzen und dem Ausmaß seiner räumlichen Heterogenität bestimmt. Die einzelnen genannten Messverfahren sind in Anhang 9.1 ausführlicher dargestellt.

Tabelle 15: Eignung der Messmethoden für langlebige Radionuklide der Uran-Zerfallsreihe und Thorium-Zerfallsreihe zur Bewertung der Einhaltung der Überwachungsgrenzen

Methode/ Eigenschaft	Messung der Gamma-ODL	Schnellbestimmungen durch kombinierte ODL- und γ , β -Konta- minationsmessungen	Gamma-Log (GRL)	Spektral- Gamma-Log (SGRL)	In-Situ- Gammaskopie	komplette Gam- maspektrometrie	konventionelle Bestim- mung mit ICP-MS,
Methodenart	Feld (in-situ)	Feld (Kalibrierung Labor)	Feld (in-situ im Bohrloch oder an den Bohrproben)	Feld (in-situ im Bohrloch oder an den Bohrproben)	Feld (in-situ)	Labor	Labor
erreichbare relative Messunsicherheit	10-30 %	ca. 20 % bei Messzei- ten von mindestens 60 s bei $a \geq 1,0$ Bq/g 120 s bei $a \leq 0,5$ Bq/g	keine Angabe	keine Angabe	15-25 % in Abhängigkeit von der Güte des Mo- dells der Tiefenverteilung und Bodendichte	10-20 %, siehe Kapitel 6	Messbereich 0,1-0,2 Bq/g: 20-30 % Messbereich 0,5-1,0 Bq/g: 10-20 %
Beeinflussung der Messergeb- nisse durch radioaktive Gleich- gewichte	groß (nur Gamma- Strahler ge- messen)	gering bei Anwendung der zutreffenden An- schlusskalibrierung (Ermittlung Leitnuklid durch Gamma - spektrometrie)	groß, keine nuklid- spezifischen Aus- sagen	groß nur Bestimmung K-40, Ra-226 und Th-232	gering, simultane Be- stimmung fast aller rele- vanten Radionuklide möglich	gering, Bestimmung der Alpha-Strahler durch Folgenuk- lide	nein (nur Bestimmung U_{nat} , Th_{nat})
Beeinflussung der Messergeb- nisse durch räumliche oder zeitliche Heterogenitäten im Untersuchungsgebiet oder Rückstandsstrom	gering	geringer Aufwand pro Probe, erlaubt hohe Probendichte, deshalb relativ geringe Beein- flussung	groß	groß	horizontal gering (Erfas- sung von Flächen mit bis zu 30 m Radius/Mes- sung), vertikal entspre- chend Modell der Tiefen- verteilung	groß (bedingt durch Probenahme, Probenmenge)	groß (bedingt durch Proben- nahme, Probenmenge)
Aufwand für die Messung (Messausrüstung, Zeit, Kosten)	gering	gering (Messung), einmaliger Aufwand zur Herstellung der Kalib- rierproben und Be- stimmung der Kalibrier- faktoren	gering	gering	hoch (Messausrüstung)	hoch	relativ aufwändige Pro- benvorbereitung, kurze Messzeiten, Multi- Element-, Multi-Isotop- bestimmung (Labor- Standardmethode)
Eignung zur Ermittlung der spezifischen Aktivität	bedingt	gut	weniger	bedingt	bedingt	sehr gut	bedingt

6 Vorgaben zu Baumaßnahmen mit radioaktiven Kontaminationen

6.1 Baumaßnahmen mit Umgang und Entsorgung von radioaktiven Stoffen

6.1.1 Planungsphase und Voruntersuchung, Radiologisches Gutachten

Planungsphase und Voruntersuchung

Der Bau und die Verlegung von Straßen erfolgen in der Regel im Rahmen von Verkehrswegeverfahren und -planungen. Für umfangreiche Bauvorhaben sind Planfeststellungsverfahren, Plangenehmigungen, Bauleitplanungen und Bebauungspläne erforderlich. Dabei sind auch im Planungsgebiet befindliche Altlasten zu recherchieren und auszuweisen. Dazu werden die Träger öffentlicher Belange (TÖB), zu denen das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie zählt, einbezogen. Das Referat Strahlenschutz prüft den Verdacht auf radioaktive Kontaminationen im geplanten Bebauungsbereich auf der Grundlage der vorhandenen Unterlagen. Bei Verdacht wird der Bauherr durch eine Stellungnahme darauf hingewiesen, dass mit radioaktiven Stoffen zu rechnen ist.

Für kleinere Bauvorhaben sind in Sachsen Baugenehmigungen bei Gemeinden oder Landkreisen (untere Baubehörden) nach der Sächsischen Bauordnung zu beantragen (vgl. U 66). Die Baubehörden sind durch die zuständige Strahlenschutzbehörde über regionale und nutzungsbedingte Vorkommen und Risiken radioaktiver Kontaminationen informiert. Sie weisen die Bauherren auf die Notwendigkeit von Voruntersuchungen und Radiologischen Gutachten entsprechend der Vorgehensweise in Abbildung 9 hin.

Die Voruntersuchung klärt, ob während der Baumaßnahme ein Eingriff in radioaktive Stoffe mit spezifischen Aktivitäten oberhalb der Freigrenze von 0,2 Bq/g bzw. >1,0 Bq/g (überwachungsbedürftige Rückstände) zu rechnen ist. Dies gilt sowohl für in Lage und Art (Leitnuklid) bekannte radioaktive Kontaminationen (z. B. im Unterbau von Straßen als Tragschicht verwendetes Haldenmaterial) als auch bei unspezifischem Verdacht (z. B. aufgrund der räumlichen Nähe des Baugebietes zu Anlagen des Bergbaus oder der Erzaufbereitung).

Eine Voruntersuchung kann sinnvoll mit den für Planung und Ausschreibung des Vorhabens erforderlichen geotechnischen, abfallfachlichen und altlastenfachlichen Untersuchungen verbunden werden (vgl. Kapitel 4.1). Liegen derartige Untersuchungen bereits vor, sollten Baugrundsichtung, geologische Einordnung und organoleptische Ansprache (Schichtenverzeichnisse/Bohrmeisterunterlagen der Aufschlüsse) auf das Auftreten von Haldenmaterial oder von anderen Bergbaurückständen, insbesondere Auffüllungen auf Aufbereitungsrückständen sowie Aschen und Schlacken, geprüft werden. Bei abfallfachlichen Untersuchungen können hohe Gehalte von Arsen oder Schwermetallen wie Blei, Kobalt und Nickel oder auffällig niedrige pH-Werte (<pH 5) Indikatoren für Rückstände aus Bergbau und/oder Uranerzaufbereitung sein.

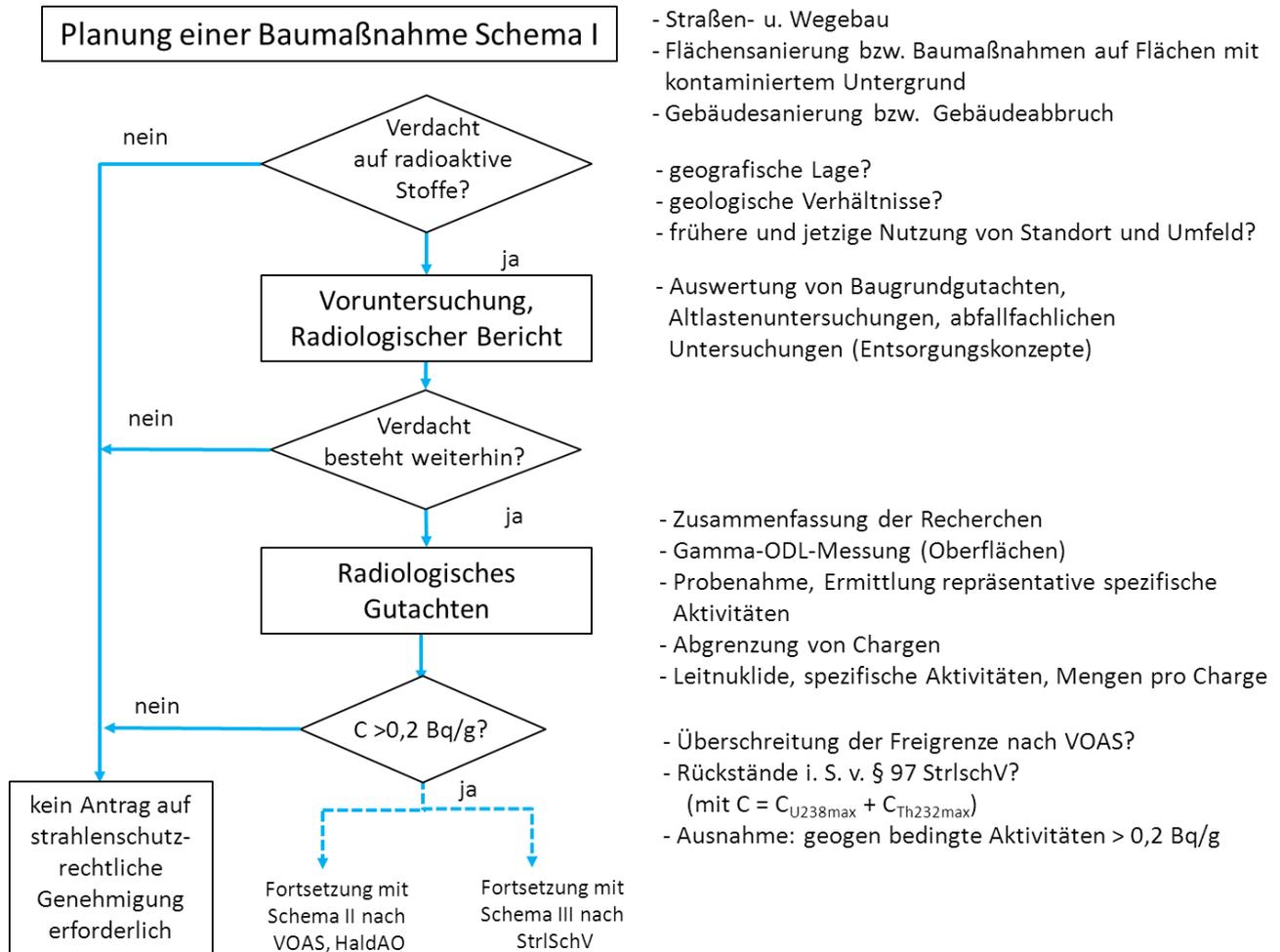


Abbildung 9: Vorgehensweise bei der Planung von Baumaßnahmen Schema I - Voruntersuchungen zu radioaktiven Stoffen

Als Bestandteil der Voruntersuchung sind einfache radiologische Untersuchungsverfahren vorzusehen wie

- Messung der Gamma-Ortsdosisleistung von Baufeld oder rückzubauenden Gebäuden,
- Messung von Zählraten und/oder Ortsdosisleistungen, insbesondere von Auffüllungen aus vorhandenen Oberflächenerkundungen und Tiefenaufschlüssen (z. B. Erkundungsbohrungen, Schürfe) sowie
- Gamma-Bohrlochmessungen von Tiefenaufschlüssen.

Informationen zu geeigneten Untersuchungsmethoden sind in Kapitel 5 und Anhang 9.1 zusammengestellt. Für die qualitative Aussage, ob radioaktive Stoffe zu erwarten sind, sind mindestens die in Kapitel 4.1.1 und Kapitel 4.1.2 genannten längen-, flächen- bzw. volumenbezogenen Erkundungsdichten und Probenzahlen vorzusehen. Zum Auffinden bzw. Einschätzen von oberflächennahen radioaktiven Kontaminationen sollte im unversiegelten Bereich des gesamten Baufeldes die Gamma-Ortsdosisleistung gemessen werden.

Die Ergebnisse der Voruntersuchungen sind in einem Radiologischen Bericht zusammenzufassen und zu bewerten. Können Recherchen und einfache radiologische Messungen der Voruntersuchung den Verdacht auf Auftreten von radioaktiven Stoffen bei der Baumaßnahme nicht ausräumen oder ist eine Entscheidung über die Einhaltung von Frei- und Überwachungsgrenzen auf Grundlage der vorliegenden Informationen und Messwerte nicht möglich, ist dies im Rahmen eines Radiologischen Gutachtens zu klären (vgl. Abbildung 9).

Radiologisches Gutachten

Das Radiologische Gutachten muss Vorkommen, Lage und Verbreitung sowie radiologische Eigenschaften und Menge der radioaktiven Stoffe so charakterisieren, dass zweifelsfrei festgestellt werden kann, ob die gesetzlich gültige Freigrenze bzw. die Überwachungsgrenzen überschritten werden. Ist dies der Fall, ist für die Durchführung der Baumaßnahme eine strahlenschutzrechtliche Genehmigung erforderlich.

Im Radiologischen Gutachten sind alle Informationen zusammenzustellen, die für die Bewertung der strahlenschutzrechtlichen Zulässigkeit und die Auswahl der Verwertungs- bzw. Beseitigungswege notwendig sind. Es dient als Grundlage für die Erstellung genehmigungsfähiger Antragsunterlagen für den gewählten Verwertungs- bzw. Beseitigungsweg.

Wesentliche Inhalte sind:

- Zusammenfassung und Bewertung aller radiologisch relevanten Informationen
 - Voruntersuchungen
 - Radiologischer Bericht
 - Altlasten- und Baugrunduntersuchungen
 - sonstige Erkundungen
- Durchführung, Auswertung und Interpretation geeigneter, ergänzender radiologischer Untersuchungen
 - Messung der Ortsdosisleistung unversiegelter Flächen mit Verdacht auf Vorkommen/Verwendung radioaktiver Stoffe
 - tiefenorientierte Probenahme im Bereich der Baumaßnahme und gammaspektrometrische Untersuchung von Bodenproben bis unterhalb des Eingriffsbereichs (z. B. Aushubsohle eines geplanten Bodenaustausches im natürlichen Untergrund)
 - Einhalten von Mindestaufschlussdichten und Probenzahlen zur Feststellung der spezifischen Aktivität von radioaktiven Stoffen je nach Art der Baumaßnahme und gewähltem Entsorgungsweg

Die detaillierte Darstellung der Inhalte des Radiologischen Gutachtens für die verschiedenen Arten von Baumaßnahmen sowie Verwertungs- und Beseitigungswege erfolgen in Kapitel 6.2, Kapitel 6.3 und den Checklisten im Anhang 9.2.

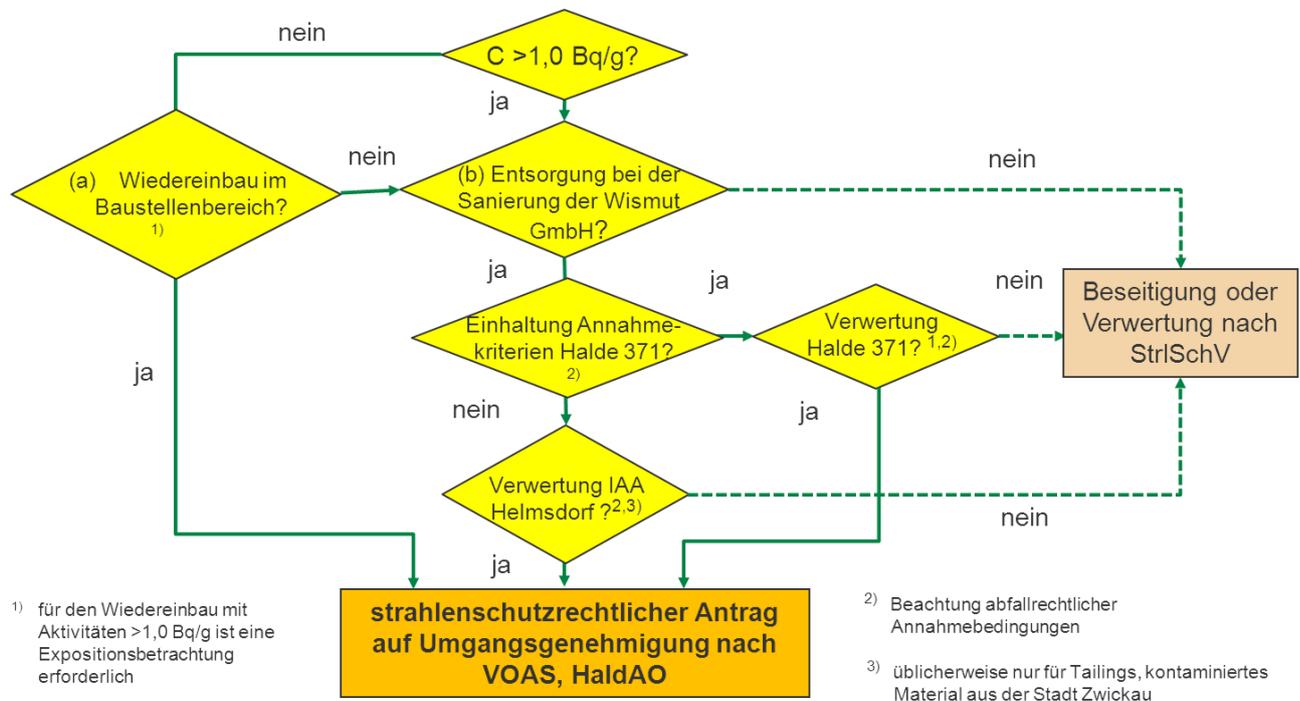
6.1.2 Antragstellung und Dokumentation

Die für Baumaßnahmen erforderlichen strahlenschutzrechtlichen Anträge und die darin beantragten Verfahrensweisen richten sich nach repräsentativen Werten der spezifischen Aktivität für angetroffene radioaktive Stoffe und den für diese Aktivitäten zulässigen Entsorgungswegen.

Um repräsentative Aussagen über die spezifische Aktivität zu erhalten, sind die in Kapitel 4.1.1 und Kapitel 4.1.2 genannten Aufschlussdichten und Probenzahlen in der Regel nicht ausreichend. Deshalb ist es u. U. kostengünstiger, bei Baugrundgutachten und anderen Voruntersuchung eine größere Erkundungsdichte zu wählen und Rückstellproben zu bilden als für Radionuklidanalysen erneute Erkundungen durchführen zu müssen.

Werden anthropogene Materialien mit repräsentativen spezifischen Aktivitäten $>0,2$ Bq/g festgestellt, sind je nach Art der Verwertung oder Beseitigung verschiedene Rechtsvorschriften und Überwachungsgrenzen zu beachten (vgl. Abbildung 4 bis Abbildung 6). Die anzuwendenden Rechtsvorschriften bedingen die Art der beim Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Referat 53: Strahlenschutz) zu beantragende Strahlenschutzgenehmigung:

- Antrag auf Umgang mit radioaktiven Stoffen (vgl. Abbildung 10, Kapitel 4.2.1),
- Antrag auf Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung (vgl. Abbildung 11, Kapitel 4.2.2)



**Abbildung 10: Vorgehensweise bei der Planung von Baumaßnahmen
Schema II - Anträge nach VOAS und HaldAO**

6.1.3 Vermeidung unerwarteter Funde radioaktiver Stoffe während der Bauphase

Das überraschende Auffinden von radioaktiven Stoffen während der Bauausführung führt zu Problemen beim Bauablauf und zu ungeplanten Kosten. Bis zur Klärung des Sachverhaltes und Entsorgungsweges sowie der Beantragung und Erteilung einer Strahlenschutzgenehmigung kommt es zur Unterbrechung der Baumaßnahme.

Derartige „Überraschungen“ sind weitgehend zu vermeiden, wenn bereits in der Phase der Planung und Bauvorbereitung geprüft wird, ob generell in der Region, dem Landkreis oder der Gemeinde bergbauliche Tätigkeiten bzw. Aufbereitung, Verarbeitung und Entsorgung von Bergbauprodukten bzw. andere radioaktive Stoffe oder überwachungsbedürftige Rückstände aus industriellen Prozessen nicht ausgeschlossen werden können. Bei kleineren Bauvorhaben sind, insbesondere die Bauherren und deren Beauftragte (Architekten, Planer) auf die Informationen und Hinweise von Landratsämtern und Baubehörden der Städte und Gemeinden angewiesen.

Sind radioaktive Stoffe oder überwachungsbedürftige Rückstände im Baugebiet nicht auszuschließen, sind bereits in der Planungsphase im Zusammenhang mit Altlastenrecherchen, der Erstellung von Baugrundgutachten und Verwertungskonzepten die Informationen und Auskünfte zu möglichen radioaktiven Kontaminatio-

nen einzuholen. Mit einfachen Voruntersuchungen kann der Verdacht auf das Vorkommen radioaktiver Stoffe bereits im Vorfeld der Baumaßnahme mit relativ geringen Kosten ausgeräumt oder bestätigt werden (vgl. Kapitel 6.1.1). Bestätigt sich der Verdacht, ist entsprechend der beschriebenen Vorgehensweise zu verfahren. Sollten während der Bauausführung trotz aller durchgeführten Recherchen und Untersuchungen dennoch unerwartet radioaktive Stoffe vorgefunden werden, ist das der Strahlenschutzbehörde unverzüglich mitzuteilen. Die weitere Vorgehensweise ist mit der Behörde abzustimmen.

6.2 Antrag zur Genehmigung des Umgangs mit radioaktiven Stoffen

Vorbemerkung

Voraussetzung für eine Genehmigung zum Umgang mit radioaktiven Stoffen nach VOAS und HaldAO entsprechend Abbildung 10 ist ein schriftlicher Antrag beim Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Referat 53: Strahlenschutz). Er besteht aus den nachfolgend aufgeführten Inhalten:

Antragsteller und Adressat der Genehmigung

Antragsteller und Adressat der Genehmigung ist der Bauherr/Grundstückseigentümer, in dessen Auftrag die Baumaßnahme erfolgt. Er stellt und unterschreibt den Antrag. Anzugeben sind: Name (juristische Person: z. B. Gemeinde, Zweckverband, natürliche Person: Herr/Frau, Titel, Vor-/Zuname), Adresse (Straße, Haus-Nr., PLZ, Ort), Ansprechpartner (Telefon-Nr., E-Mail). Sind Bauherr und Grundstückseigentümer nicht identisch, stellt und unterschreibt der Bauherr den Antrag und fügt eine schriftliche Einverständniserklärung des Grundstückseigentümers bei.

Beschreibung des Bauvorhabens

Vom Antragsteller ist das Bauvorhaben detailliert zu beschreiben. Je nach Art des Bauvorhabens sind in einem Lageplan folgende Informationen anzugeben: Lage (Gemeinde, Gemarkung, Flurstücke) betroffener Flächen und Gebäude, Baufeldgrenzen und Grundrisse geplanter Bauwerke, Eingriffsbereiche in den Untergrund.

Darstellung des Antragsgegenstands

Kurz darzustellen ist die Art des Umgangs mit radioaktiven Stoffen: z. B. Art des Eingriffs in radioaktive Stoffe, Aushub von Auffüllungen, Sanierung von Flächen, Abbruch von Gebäudeteilen, Brechen von Beton; Massen bzw. Volumina und die spezifischen Aktivitäten der verschiedenen Massenarten sowie deren Transport zur Entsorgung sind für die jeweils betroffenen Flächen zu beschreiben.

Für jede entdeckte radioaktive Stoffart ist ein Entsorgungsweg anzugeben. Nach VOAS und HaldAO mögliche Entsorgungswege sind:

- Wiedereinbau im Baustellenbereich der Baumaßnahme oder
- Verwendung des Materials bei anderen Sanierungsmaßnahmen des Uranerzbergbaus (Wismut GmbH: Halde 371 in Hartenstein bzw. IAA Helmsdorf (nur im Einzelfall mit Zustimmung durch Landkreis Zwickau möglich))

Beauftragte ausführende Firmen

Für eine reibungslose Abwicklung des Antragsverfahrens und die Kontrolle der Baudurchführung ist es erforderlich, der Genehmigungsbehörde die vom Antragsteller mit den Arbeiten beauftragten Firmen zu nennen,

sofern diese zum Zeitpunkt der Antragstellung bereits bekannt sind. Im Wesentlichen sind das je nach Umfang des Vorhabens

- Planer,
- Bauleitung/Oberbauleitung,
- Ingenieurbüros für die Durchführung strahlenschutzfachlicher Baubegleitung und radiologischer Messungen,
- ausführende Baufirmen.

Der Antragsteller/Genehmigungsinhaber hat dafür Sorge zu tragen, dass alle mit den Arbeiten beauftragten Firmen und Nachauftragnehmer die Arbeiten antragsgemäß und unter Beachtung der in den Nebenbestimmungen des Genehmigungsbescheids angeordneten Auflagen ausführen.

Begründung der Antragstellung

In der Begründung der Antragstellung sind Herkunft, Lokalisierung und spezifische Aktivitäten aller anfallenden radioaktiven Stoffe zu charakterisieren. Dazu sind die relevanten Ergebnisse aller zur Verfügung stehenden Voruntersuchungen wie Baugrund- und Altlastengutachten sowie abfallfachliche und Radiologische Gutachten darzustellen (vgl. Kapitel 4.1, Kapitel 6.1.1). Als Mindestanforderung werden folgende Angaben und Untersuchungsergebnisse erwartet:

Lage- und Aufschlussplan

- detaillierte, georeferenzierte, maßstäbliche Darstellung von Grundstücks- und Baufeldgrenzen
- Lage der vom Bauvorhaben betroffenen Gebäude und Flächen mit Eingriff in den Untergrund: z. B. Sanierungsflächen, Grundrissflächen abzureißender oder zu errichtender Bauwerke oder Bauwerksteile, Trassen von rückzubauenden oder zu verlegenden Medien bis zur Anbindung an bestehende Netze
- Angabe der Eingriffstiefen
- Lage von Messorten, Aufschlüsse und Entnahmeorte von Proben zur Charakterisierung des Baugrundes und der Bestimmung spezifischer Aktivitäten
- Profile und Schichtenverzeichnisse von Aufschlüssen: Ansprache von geologischen Schichten und Bauwerksschichten, Angaben zu Tiefe bzw. Mächtigkeit der einzelnen Schichten, Angaben zu aus den Aufschlüssen abzuleitende Schnitte mindestens bis zu geplanten Eingriffstiefe für die einzelnen Bereiche

Messung der Gamma-Ortsdosisleistung

Die Messung der Gamma-Ortsdosisleistung wird auch als Ortsdosisleistungsmessung (ODL-Messung) bezeichnet. Gemessen wird sie in einem Raster nicht größer als 10 m x 10 m in 1 m Höhe über der Geländeoberkante auf allen unversiegelten Flächen im Baufeld. Besteht das Baufeld im Wesentlichen aus versiegelten Flächen (Beton, Asphalt, Pflaster o. ä.), kann auf die ODL-Messung verzichtet werden, sofern zur Herstellung der Versiegelung keine radioaktiven Stoffe verwendet wurden.

Spezifische Aktivitäten radioaktiver Stoffe

Nach den Erfahrungen der Genehmigungspraxis überwiegen bei Baumaßnahmen radioaktive Stoffe mit geringen bis mittleren spezifischen Aktivitäten (0,2 Bq/g bis 2 Bq/g). Seltener sind spezifische Aktivitäten bis 5 Bq/g anzutreffen, die oft aus der „Vermischung“ von bergbaulichen und industriellen Rückständen mit Böden, Baumaterialien oder anderen mineralischen Stoffen entstanden sind. Spezifische Aktivitäten bis 10 Bq/g sind die Ausnahme.

Entscheidungen über notwendige Verfahrensweisen beim Umgang mit radioaktiven Stoffen und die Zulässigkeit beantragter Entsorgungswege erfolgen auf Grundlage repräsentativer spezifischer Aktivitäten der radioaktiven Stoffe, in die bei der Durchführung der Baumaßnahme eingegriffen wird.

Allgemeingültige Festlegungen zu Aufschluss- und Probenzahlen sind aufgrund unterschiedlicher Leitnuklide, Aktivitätsniveaus und Homogenitäten von Kontaminationen und anfallenden Mengen kaum möglich. Empfehlungen für den Erkundungs- und Analysenaufwand der Voruntersuchungen (Radiologisches Gutachten) orientieren sich im Wesentlichen an den Vorgaben der Probenahmerichtlinie für Abfälle der Länderarbeitsgemeinschaft für Abfall (vgl. U 22 und Kapitel 4.1.4, Tabelle 13). Die Empfehlungen sind Teil der im Anhang dieser Publikation für die einzelnen Baukategorien eingestellten Checklisten.

Entsorgung radioaktiver Stoffe

Aus den im Radiologischen Gutachten ermittelten Flächen und Mächtigkeiten und den spezifischen Aktivitäten ist/sind die zu entsorgende/n Menge/n (Masse/n, Volumen/Volumina) abzuschätzen. Der/Die Entsorgungsweg/e ist/sind festzulegen und seine/ihre Zulässigkeit nachzuweisen.

Nach VOAS und HaldAO gibt es für radioaktive Stoffe folgende Verwertungsmöglichkeiten:

- Wiedereinbau (Aktivitätsbereich: $0,2 \text{ Bq/g} < C \leq 1,0 \text{ Bq/g}$) innerhalb der Grenzen der beantragten Baumaßnahme

Zu beachten ist, dass jeder erneute Eingriff in den wiedereingebauten radioaktiven Stoff einen neuen Antrag zur Genehmigung des Umgangs mit radioaktiven Stoffen erfordert.

Sonderfall:

Sofern durch die Art des Wiedereinbaus eine Strahlenexposition $>1,0 \text{ mSv/a}$ ausgeschlossen ist (z. B. durch Versiegelung von Straßen- oder Parkplatzflächen oder durch andere Überdeckungen mit ausreichender Mächtigkeit), ist ein Wiedereinbau auch von radioaktiven Stoffen mit einer spezifischen Aktivität $>1,0 \text{ Bq/g}$ denkbar. Voraussetzung für die Genehmigung ist die Vorlage eines auf den Einzelfall bezogenen Expositionsgutachtens, das alle relevanten Expositionspfade berücksichtigt. Es muss zweifelsfrei bewiesen, dass die Strahlenexposition für die Bevölkerung nach Abschluss der Baumaßnahme $<1 \text{ mSv/a}$ ist.

- Verwendung zur Sanierung anderer Hinterlassenschaften des Uranerzbergbaus (Halde 371: Aktivitätsbereich für Ra-226 bis $2,0 \text{ Bq/g}$, IAA Helmsdorf: Aktivitätsbereich $>2 \text{ Bq/g}$)

Zurzeit betrifft der Entsorgungsweg im Wesentlichen die Halde 371 der Wismut GmbH in Hartenstein. Angenommen werden Haldenmaterial sowie radioaktiv kontaminierte Böden, Abbruchmaterialien und Abfälle aus Sanierungsmaßnahmen.

Voraussetzung für die Annahme durch die Wismut GmbH ist, dass die angedienten Materialien sowohl die Annahmebedingungen hinsichtlich der spezifischen Aktivitäten als auch hinsichtlich die abfallrechtlichen Randbedingungen erfüllen.

Baudurchführung und Dokumentation

Die wesentlichen Arbeiten der Baudurchführung sind darzustellen. Dies betrifft den beabsichtigten Umgang mit radioaktiven Stoffen, geplante Strahlenschutzmaßnahmen, radiologische Steuerung/Baubegleitung und die messtechnische Überwachung. Die radiologische Dokumentation umfasst Ausbau und evtl. Wiedereinbau der radioaktiven Stoffe, deren Entsorgung und den radiologischen Zustand nach Entfernung der radioaktiven Stoffe (z. B. nach Erreichen der projektierten Aushubtiefen oder nach Abtrag der betroffenen Bauwerksteile).

Umgang mit radioaktiven Stoffen

Anzugeben ist die Art der Arbeiten beim Umgang mit radioaktiven Stoffen: z. B. Aushub von Boden oder Auffüllungen, Abbruch von Bauwerken, Brechen von Bauschutt, Trennschneiden, Zerkleinern von Schrott, Transport zur Entsorgung, Wiedereinbau. Eine kurzfristige Seitenlagerung von radioaktiven Stoffen ist prinzipiell nur beim Wiedereinbau der Massen mit technischer Sicherung im Bereich der Baustelle oder in Ausnahmefällen bei geklärtem Entsorgungsweg genehmigungsfähig. Eine Seitenlagerung von radioaktiven Stoffen über den Zeitraum der Bauausführung hinaus ist nicht genehmigungsfähig.

Voraussetzungen für die Genehmigung einer Seitenlagerung:

- Ausweisung einer geeigneten Fläche im Baufeld (Kennzeichnung im Lageplan)
- versiegelte oder abgedeckte Aufstandsfläche (Gewährleistung vollständiger Rückholbarkeit)
- Abdeckung des Materials mit Folie (Sicherung gegen Verschleppung z. B. durch Wind)
- zutrittssichere Abgrenzung innerhalb der Baustelle (Sicherung gegen Zugriff Dritter)
- Dekontamination und Freimessung nach der Beräumung (Nachweis der Gammaortsdosisleistung)

Für die Baumaßnahme ist u. U. die Strahlenexposition von Beschäftigten und/oder Personen der Bevölkerung auf Grundlage der im Radiologischen Gutachten bestimmten Werten der Gamma-Ortsdosisleistung, der spezifischen Aktivitäten der radioaktiven Stoffe, der voraussichtlichen Expositionszeiten (Dauer des Umgangs bei den geplanten Arbeiten) und der Expositionsszenarien abzuschätzen (vgl. U 40, U 41).

Strahlenschutzmaßnahmen für den Bauablauf

Konkrete Maßnahmen als Bestandteil einer zu erarbeitenden Strahlenschutzinstruktion für den Bauablauf im Seitenlagerbereich sind: Hygienemaßnahmen, Rauch- und Essverbot, Zufahrtsregelungen, Aufenthaltsminimierung, Maßnahmen zum Verhindern des Austrags radioaktiver Stoffe aus dem Baufeld.

Die auf die Baumaßnahme zugeschnittene Strahlenschutzinstruktion kann in der Regel erst nach Genehmigung durch die Strahlenschutzbehörde unter Berücksichtigung der in den Nebenbestimmungen formulierten Auflagen und Anforderungen zum Strahlenschutz erarbeitet werden. Vor Arbeitsbeginn sind alle Beschäftigten einschließlich Dritte (Nachauftragnehmer, Vermesser) über den Umgang mit radioaktiven Stoffen und Maßnahmen zum Strahlenschutz auf Grundlage der Strahlenschutzinstruktion aktenkundig zu belehren.

Hinweise zur radiologischen Begleitung der Baumaßnahme und zur messtechnischen Überwachung

Die Inhalte der messtechnischen Überwachung und radiologischen Baubegleitung werden vom Antragsteller dargestellt und von der Genehmigungsbehörde genehmigt. Zusätzliche Anforderungen finden sich in den Nebenbestimmungen des Genehmigungsbescheides.

Die Überwachung des Bauablaufs muss durch ein fachkundiges Ingenieurbüro erfolgen. Im Allgemeinen umfassen die Forderungen die Messung von Gamma-Ortsdosisleistung, Beta- und Gammastrahlung mit Kontaminationsmessgeräten und die Bestimmung der spezifischen Aktivität von Proben durch Gammaskpektrometrie. Damit werden folgende Ziele verfolgt:

- Abgrenzung und Selektion radioaktiver Stoffe von nicht kontaminierten Bereichen (unterhalb der Freigrenze)
- Unterscheidung und Zuordnung der radioaktiven Stoffe zu den beantragten Entsorgungswegen
- Bestimmung der repräsentativen spezifischen Aktivitäten der entsorgten radioaktiven Stoffe

- Feststellung der verbliebenen Restkontamination nach Abtrag/Rückbau der radioaktiven Kontaminationen, vor Rückverfüllung/Überbauung als Freigabemessung
- Nachweis von Lage, Höhenbereich, Dicke und Ortsdosisleistung der wiedereingebauten radioaktiven Stoffe durch Eintrag in einen Lageplan sowie Übergabe der digitalen Daten von Lagevermessung und ODL
- Feststellung der Gamma-Ortsdosisleistung betroffener Flächen/Gebäude/Räume nach Abschluss der Baumaßnahme durch eine Dokumentation der Lage der Messorte

Abschlussbericht

Im Abschlussbericht sind die genehmigungskonforme Durchführung der beantragten strahlenschutzrechtlich relevanten Arbeiten und die Erfüllung der Nebenbestimmungen zu belegen. Die Ergebnisse der baubegleitenden radiologischen Messungen sind zu dokumentieren (vgl. vorhergehenden Abschnitt).

Beim **Wiedereinbau der radioaktiven Stoffe** innerhalb der Grenzen der Baumaßnahme sind außerdem Lage und Höhe der wieder eingebauten radioaktiven Stoffe in einem Lageplan darzustellen und die ODL-Messungen der wieder eingebauten radioaktiven Stoffe ohne Überdeckung und nach Abschluss der Baumaßnahme (Messdatum, Ortsbezeichnung, Hoch- und Rechtswerte, Messwerte) digital zu übergeben. Als Übergabeformat steht unter <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/strahlenschutz/22429.htm> die Excel-Format-Vorlage „Vorlage ODL“ zur Verfügung

Für die **Verwertung der radioaktiven Stoffe bei Sanierungsmaßnahmen des Uranerzbergbaus** ist die Menge der tatsächlich entsorgten radioaktiven Stoffe auf Grundlage der Wiegescheine des Entsorgers (Wismut GmbH) zu dokumentieren.

Der Abschlussbericht ist bis spätestens drei Monate nach dem angezeigten Ende der Baumaßnahme in Papierform und im PDF-Format bei der Genehmigungsbehörde einzureichen.

Checklisten

Checklisten mit einer Zusammenstellung aller für Antragstellung und Abschlussbericht erforderlichen Angaben befinden sich im Anhang dieser Publikation. Sie sind verfügbar für die Baukategorien

- Straßen- und Wegebaumaßnahmen,
- Flächensanierungen außerhalb des Tätigkeitsfeldes der Wismut GmbH bzw. Baumaßnahmen auf kontaminierten Flächen und
- Gebäudeabbrüche bzw. Gebäudesanierungen außerhalb des Tätigkeitsfeldes der Wismut GmbH.

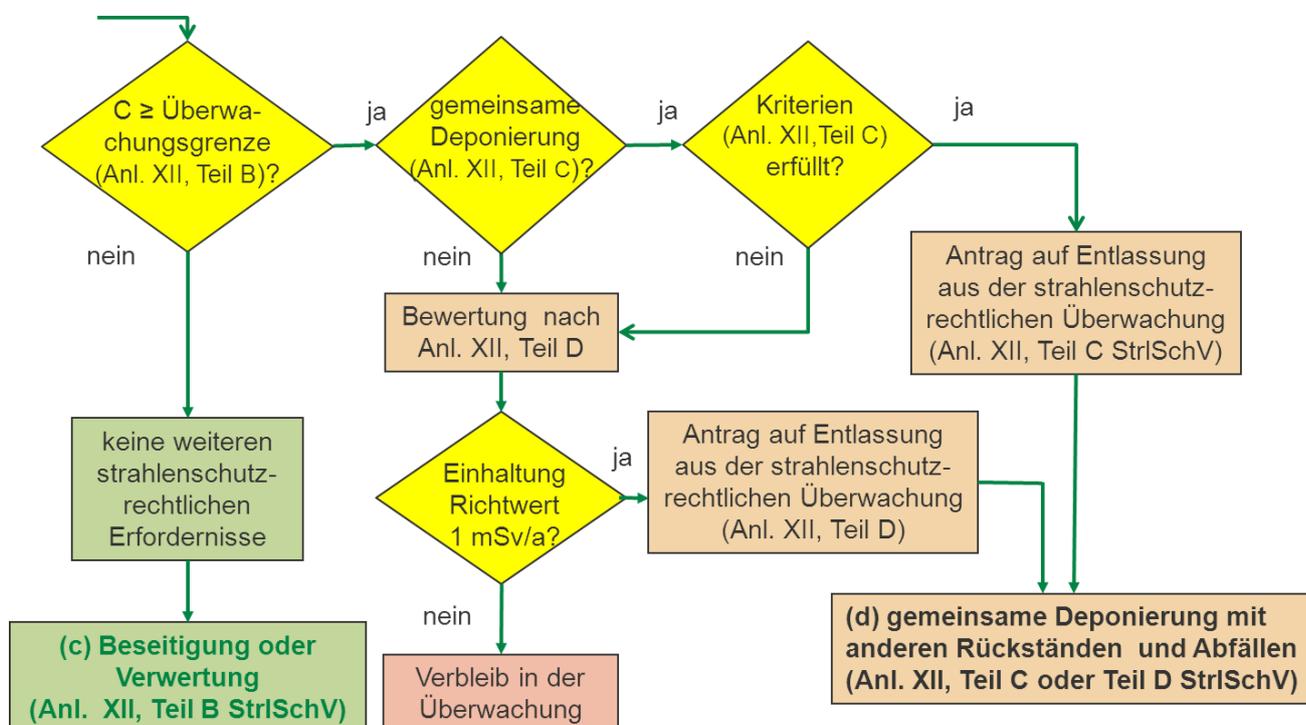
6.3 Antrag zur Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung

Vorbemerkung

Ist die Entsorgung der radioaktiven Stoffe bei der Wismut GmbH nicht möglich, weil strahlenschutzrechtliche oder abfallrechtliche Annahmebedingungen nicht eingehalten werden oder es wegen zu großer Entfernung zwischen Baustelle und Halde 371 in Hartenstein nicht wirtschaftlich ist, muss die Entsorgung nach den Regularien der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) erfolgen.

Für die Beseitigung oder Verwertung der in der Strahlenschutzverordnung gemäß der in Anlage XII, Teil A StrlSchV als Rückstände definierten radioaktiven Stoffe kann die Strahlenschutzbehörde den Nachweis für das Einhalten der Überwachungsgrenzen nach Anlage XII, Teil B StrlSchV für die dort genannten Beseitigungs- und Verwertungswege fordern. Werden die Überwachungsgrenzen eingehalten, kann die Baumaßnahme ohne strahlenschutzrechtliche Genehmigung und ohne strahlenschutzrechtliche Auflagen erfolgen. Überschreitet der Rückstand die Überwachungsgrenzen für die in Anlage XII, Teil B StrlSchV genannten Beseitigungs- und Verwertungswege, ist eine Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung erforderlich (vgl. Abbildung 11). Dabei ist zu beachten, dass die Überwachungsgrenzen immer für die spezifische Aktivität des Rückstands gelten, der getrennt vom nicht radioaktiv kontaminierten Material auszubauen ist. Niemals beziehen sich Überwachungsgrenzen auf die spezifische Aktivität nach Vermischen mit nicht radioaktiv kontaminiertem Material beispielsweise bei der Verwertung im Straßen-, Wege- und Landschaftsbau entsprechend Anlage XII, Teil B Nr. 2. b) StrlSchV.

Die Überwachungsgrenzen für zulässige Verwertungs- oder Beseitigungswege liegen zwischen 0,2 Bq/g und 5,0 Bq/g (vgl. Kapitel 4.2.2). In Abbildung 4, Abbildung 5 und Abbildung 6 sind die in Anlage XII, Teil B der StrlSchV in Abhängigkeit von den Verwertungs- bzw. Beseitigungswegen festgelegten Überwachungsgrenzen dargestellt (vgl. Anhang 9.2).



**Abbildung 11: Vorgehensweise bei der Planung von Baumaßnahmen
Schema III – Anträge nach Strahlenschutzverordnung**

Die Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung erfolgt auf einen schriftlichen Antrag des Bauherrn und zukünftigen Genehmigungsinhabers beim Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Referat 53: Strahlenschutz). Der Antrag muss die nachfolgend aufgeführten Inhalte umfassen:

Antragsteller und Adressat der Genehmigung

Für den Antrag ist das Formblatt AE-R unter <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/strahlenschutz/2373.htm> zu nutzen (vgl. Anhang 9.3).

Antragsteller und Adressat der Genehmigung ist der Bauherr bzw. Grundstückseigentümer, in dessen Auftrag die Baumaßnahme erfolgt. Er stellt und unterschreibt den Antrag. Anzugeben sind: Name (juristische Person: z. B. Gemeinde Zweckverband, natürliche Person: Herr/Frau, Titel, Vor-/Zuname), Adresse (Straße, Haus-Nr., PLZ, Ort), Ansprechpartner (Telefon-Nr., E-Mail). Sind Bauherr und Grundstückseigentümer nicht identisch, stellt und unterschreibt der Bauherr den Antrag und fügt eine schriftliche Einverständniserklärung des Grundstückseigentümers bei.

Beschreibung des Bauvorhabens

Vom Antragsteller ist das Bauvorhaben detailliert zu beschreiben. Je nach Art des Bauvorhabens sind in einem Lageplan folgende Informationen anzugeben: Lage (Gemeinde, Gemarkung, Flurstücke) betroffener Flächen und Gebäude, Baufeldgrenzen und Grundrisse geplanter Bauwerke, Eingriffsbereiche in den Untergrund.

Darstellung des Antragsgegenstands

Kurz darzustellen ist die Verfahrensweise bei Aushub, Rückbau, Abbruch etc. von Rückständen. Massen bzw. Volumina und die spezifischen Aktivitäten der verschiedenen Massenarten sowie deren Transport zur Entsorgung sind für jeweils betroffene Flächen zu beschreiben.

Im Antragsformular EA-R sind folgende Angaben zu machen: Zuordnung des Rückstands gemäß Anlage XII Teil A StrlSchV, betriebsinterne Bezeichnung des Rückstands, Abfallbezeichnung und Abfallschlüsselnummer nach Abfallverzeichnisverordnung, vorgesehener Entsorgungsweg, Entsorgungsfachbetrieb, Art und Ort der Verwertung oder die Deponie zur Beseitigung, voraussichtlich anfallende Menge und beantragter Zeitraum der Entsorgung. Zusätzlich ist die ausgefüllte und unterschriebene Annahmeerklärung des Entsorgers entsprechend Formblatt AE-R mit dem Antrag einzureichen (vgl. Anhang 9.3).

Der Nachweis über den Zugang der Kopie der Annahmeerklärung des Entsorgers (AE-R) an die zuständige Abfallbehörde ist vorzulegen (Eingangsquittung).

Beauftragte ausführende Firmen

Für eine reibungslose Abwicklung des Antragsverfahrens und die Kontrolle der Baudurchführung ist es erforderlich, der Genehmigungsbehörde die vom Antragsteller beauftragten Firmen zu nennen, sofern sie zum Zeitpunkt der Antragstellung bereits bekannt sind. Im Wesentlichen sind das je nach Umfang des Vorhabens

- Planer,
- Bauleitung/Oberbauleitung,
- Ingenieurbüros für die strahlenschutzfachliche Baubegleitung und Durchführung der radiologischen Messungen,
- ausführende Baufirmen.

Der Antragsteller/Genehmigungsinhaber hat dafür Sorge zu tragen, dass alle mit den Arbeiten beauftragten Firmen und Nachauftragnehmer die Arbeiten antragsgemäß und unter Beachtung der in den Nebenbestimmungen des Genehmigungsbescheids angeordneten Auflagen ausführen.

Begründung der Antragstellung

Mit dem Antrag auf Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung sind Baugrundgutachten und Radiologisches Gutachten mit den in Kapitel 6.1.1 genannten wesentlichen Inhalten vorzulegen. Über den Antrag kann nur entschieden werden, wenn die übergebenen Informationen die zu entlassenden Rückstände

ausreichend charakterisieren. Nachfolgend sind die besonderen Anforderungen an die Charakterisierung der Rückstände beschrieben.

Spezifische Aktivitäten, Nuklidvektor und Gesamtaktivität von Rückständen

Zur Bewertung der Überschreitung der Überwachungsgrenzen nach Anlage XII, Teil B StrlSchV und der Einhaltung des Richtwertes der Strahlenexposition für Personen der Bevölkerung (1 mSv/a) bei der gemeinsamen Deponierung der zu entsorgenden Rückstände mit anderen Abfällen und Rückständen auf der beantragten Deponie, benötigt die Strahlenschutzbehörde die spezifischen Aktivitäten der Radionuklide der Uran-238-Zerfallsreihe und der Thorium-232-Zerfallsreihe.

- Mit **repräsentativ ermittelten Werten $C_{U-238max}$ und $C_{Th-232max}$** in Bq/g der jeweils größten spezifischen Aktivitäten der Radionuklide der Uran-238-Zerfallsreihe und der Thorium-232-Zerfallsreihe erfolgt die Bewertung der Überschreitung der Überwachungsgrenzen nach Anlage XII, Teil B StrlSchV.

$$\text{Kriterium:} \quad C \leq C_{U-238max} + C_{Th-232max} \quad C \text{ in Bq/g, MBq/t}$$

- Die Strahlenschutzbehörde benötigt außerdem vom Antragsteller die **Gesamtaktivität A_{ges}** der zur Deponierung vorgesehenen Rückstände (Charge i), die aus den repräsentativ ermittelten Werten der spezifischen Aktivität $C_{U-238max}$ und $C_{Th-232max}$ (siehe vorheriger Anstrich) und der Masse der zur Deponierung vorgesehenen Rückstände zu ermitteln ist.

$$A_{ges,i} = C_i \text{ [MBq/t]} \cdot m_i \text{ [t]} \quad A_{ges,i} \text{ in MBq mit } i = \text{Nummer der Rückstandsart/Charge}$$

m_i : Masse der Charge

Abgrenzung von Chargen und Ermittlung der zu entsorgenden Menge einzelner Rückstände

Aus den Flächen und Schichtdicken der im Radiologischen Gutachten ermittelten radioaktiv kontaminierten Bereiche und den geplanten Baumaßnahmen (Kubaturen/Massen m_i von Aushub, Abbruch, Bodenaustausch usw.) sind die Mengen der zu entlassenden Rückstände abzuschätzen. Ergibt sich durch Inhomogenität der Rückstände, unterschiedliche Aktivitätsniveaus oder unterschiedliche andere Materialeigenschaften die Notwendigkeit Chargen zu bilden, ist die Menge für jede Rückstandscharge getrennt zu ermitteln.

Expositionsabschätzung für Einzelpersonen der Bevölkerung

Ist eine Expositionsabschätzung zur Bewertung des Entsorgungsweges wegen der Überschreitung der Überwachungsgrenzen nach Anlage XII, Teil C StrlSchV erforderlich, sind alle für die Beseitigung relevanten Expositionspfade und die Grundsätze und Vorgaben von Anlage XII, Teil D StrlSchV zu berücksichtigen. Voraussetzung ist die Erhebung und Vorlage der entsprechenden Daten für die zu betrachtenden Expositionspfade. Dazu zählen spezifische Aktivitäten, Aktivitätskonzentrationen von Feststoffen und Wässern, Gamma-Ortsdosisleistungen und Radonkonzentrationen in der Luft. Die Expositionsabschätzung ist durch ein fachkundiges Ingenieurbüro durchzuführen.

Hinweise zur radiologischen Begleitung der Baumaßnahme und zur messtechnischen Überwachung

Im Antrag sind die wesentlichen Aspekte der mit den Rückständen beabsichtigten Verfahrensweise, geplante Strahlenschutzmaßnahmen, radiologische Steuerung/Baubegleitung und messtechnische Überwachung zu beschreiben. Die radiologische Dokumentation umfasst Ausbau, Entsorgung und radiologischen Zustand nach Entfernung des Rückstands z. B. nach Erreichen der projektierten Aushubtiefen oder nach Abtrag betroffener Bauwerksteile. Den weiteren Ablauf des Strahlenschutzverfahrens bis zum Ende der Baumaßnahme zeigt Abbildung 12.

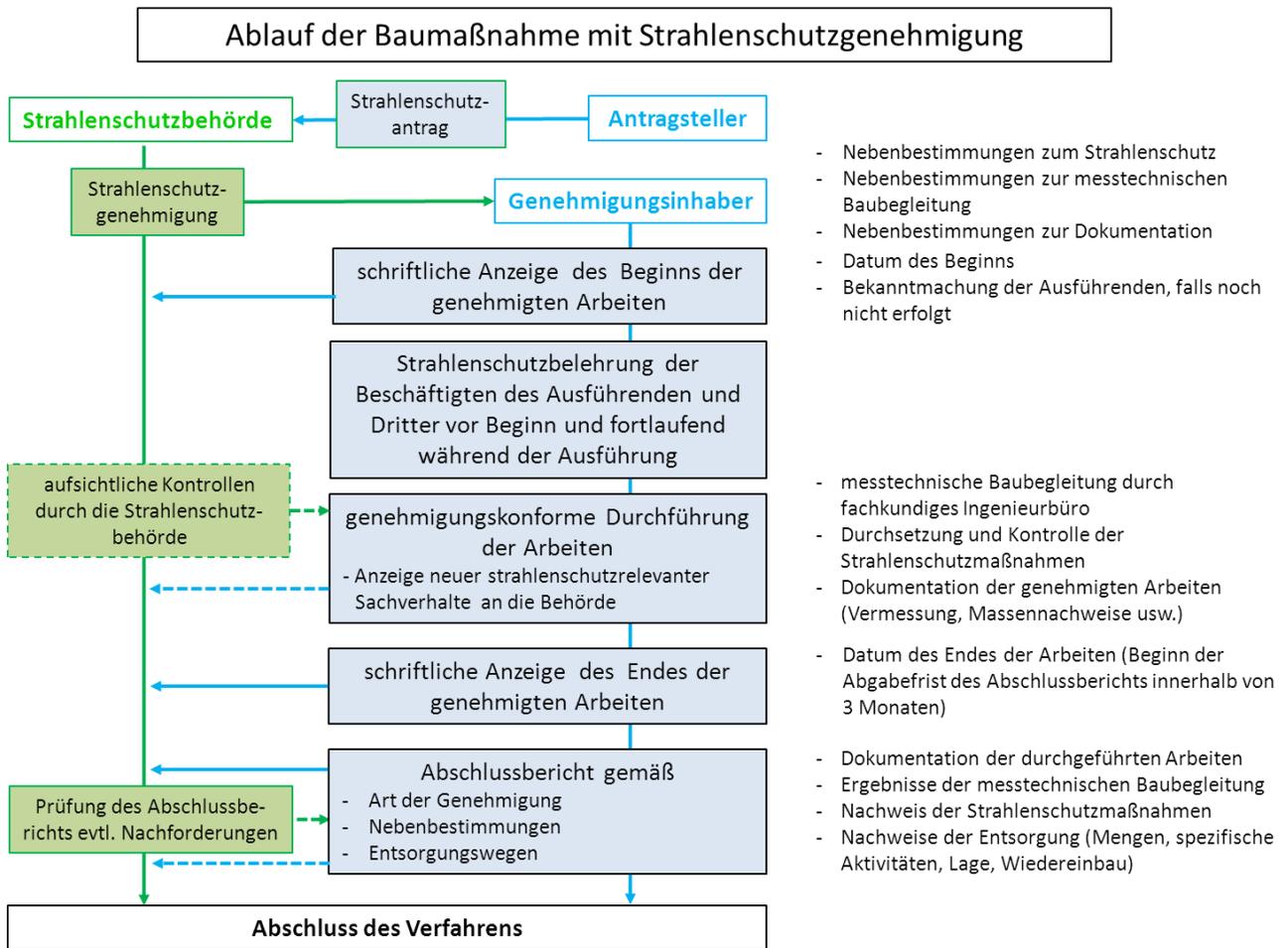


Abbildung 12: Ablauf der Strahlenschutzverfahren während der Bauausführung

Die Maßnahmen zu Strahlenschutz, radiologischer Steuerung/Baubegleitung und messtechnischer Überwachung sind in ähnlicher Art und Weise wie in Kapitel 6.2 vorzusehen.

Bei der Beseitigung von Rückständen durch gemeinsame Deponierung mit anderen Rückständen und Abfällen nach Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung ergeben sich erhöhte Anforderungen an die messtechnische Baubegleitung. Dies beruht auf der Notwendigkeit der jährlichen Bilanzierung für die Deponien (vgl. Abbildung 11). Um die Repräsentativität der Feststellung der spezifischen Aktivitäten der zur Deponierung verbrachten Massen zu gewährleisten, sind von den tatsächlich entsorgten Mengen Proben zu entnehmen, um gammaspektrometrisch oder durch gleichwertige Verfahren die spezifischen Aktivitäten von $C_{U238max}$ und $C_{Th232max}$ bzw. von identifizierten Leitnucliden zu bestimmen. Die Angabe der in der Voruntersuchung bzw. im Radiologischen Gutachten bestimmten Werte allein ist als Bewertungsgrundlage nicht ausreichend.

Die erforderlichen Probenzahlen sind von der Größe der Charge und der Homogenität des Materials abhängig. In Anlehnung an LAGA PN 98 werden die in Tabelle 16 angegebenen Probenzahlen pro Charge als Anhaltspunkte empfohlen (vgl. U 22). Die Empfehlung ist vor allem für kleinere Rückstandsmengen ein Kompromiss zwischen den Anforderungen aus U 14 und den Erfahrungen der Baupraxis (vgl. Kapitel 6.2).

Tabelle 16: Empfehlung der Probenzahl zur Bestimmung der repräsentativen spezifischen Aktivität

Charge	Heterogenität niedrig			Heterogenität hoch		
	Anzahl Einzelproben (EP)	Anzahl Mischproben (MP)	Anzahl Laborproben (LP)	Anzahl Einzelproben (EP)	Anzahl Mischproben (MP)	Anzahl Laborproben (LP)
≤100	6	-	6	10	-	10
≤600 pro 100	8-10	2	2	12	3	3
z. B. für 600	48	12	12	72	18	18
>600 pro weitere 300	4-12 (4 pro 100 m³)	1	1	4-12 (4 pro 100 m³)	3 (1 pro 100 m³)	3
z. B. 1500	60 = (48+12)	15 = (12+3)	15	108 = (72+36)	27 = (18+9)	27

Mit steigendem Volumen und abnehmender Heterogenität der Rückstandscharge lässt sich die Probenzahl pro Volumen u. U. weiter reduzieren. Die Repräsentativität ist jedoch dann entsprechend U 14 statistisch nachzuweisen. Ist die Heterogenität des Rückstandes groß, kann u. U. durch Selektion und Aufteilung des Materials in verschiedene Chargen der Analyseaufwand optimiert werden.

Während des Anfalls des zu entsorgenden Materials (Freilegung, Aushub, Brechen von Bauschutt usw.) ist es sinnvoll, eine größere Probenzahl als Rückstellproben zu entnehmen. Diese können bei zu hoher Schwankungsbreite der Analyseergebnisse im Nachgang untersucht werden. Dadurch lässt sich die Statistik der Ergebnisse verbessern.

Abschlussbericht

Mit dem Abschlussbericht sind die genehmigungskonforme Durchführung der beantragten strahlenschutzrechtlich relevanten Arbeiten und die Erfüllung der Nebenbestimmungen nachzuweisen. Die durchgeführten Arbeiten sind aufzuzeigen.

Die Ergebnisse der baubegleitenden radiologischen Messungen sind darzustellen. Insbesondere sind die spezifischen Aktivitäten $C_{U238max}$ und $C_{Th232max}$ der tatsächlich angefallenen Rückstände auf der Basis repräsentativer Probenahmen der zur Deponierung bestimmten Menge nachzuweisen (vgl. vorangegangener Abschnitt). Für die einzelnen Chargen der Rückstände sind die Probenahmen entsprechend LAGA PN 98 mit Entnahmestort, Probenart, Probenansprache, Probenmengen und Probenbehandlung zu dokumentieren.

Als Mengennachweis für die einzelnen Chargen der entsorgten Rückstände ist für den Abschlussbericht im Allgemeinen eine Übersicht (Liste) der Wiegescheine mit Datum, Nummer und Masse ausreichend. Auf Verlangen der Strahlenschutzbehörde sind jedoch auch die Einzelnachweise vorzulegen. Der Abschlussbericht ist innerhalb von drei Monaten nach dem angezeigten Ende der Baumaßnahme in Papierform und im pdf-Format bei der Genehmigungsbehörde einzureichen.

Checklisten

Checklisten mit einer Zusammenstellung aller für Antragstellung und Abschlussbericht erforderlichen Angaben befinden sich im Anhang dieser Publikation. Sie sind verfügbar für die Baukategorien

- Straßen- und Wegebaumaßnahmen,
- Flächensanierungen außerhalb des Tätigkeitsfeldes der Wismut GmbH bzw. Baumaßnahmen auf kontaminierten Flächen und
- Gebäudeabbrüche bzw. Gebäudesanierungen außerhalb des Tätigkeitsfeldes der Wismut GmbH.

7 Zusammenfassung

Bei Baumaßnahmen wie

- Straßen- und Wegebaumaßnahmen,
- Flächensanierungen außerhalb des Tätigkeitsfeldes der Wismut GmbH bzw. Baumaßnahmen auf kontaminierten Flächen und
- Gebäudeabbrüche bzw. Gebäudesanierungen außerhalb des Tätigkeitsfeldes der Wismut GmbH

fallen, insbesondere im südlichen Teil von Sachsen, häufig radioaktive Stoffe an (Auffüllungen, Boden, Abbruchmaterialien, Haldenmaterial aus dem Uranerz- und Altbergbau sowie Aschen und Schlacken aus uranvererzter Steinkohle oder metallurgischen Prozessen). Diese überschreiten entweder die Freigrenze von 0,2 Bq/g bzw. die Überwachungsgrenzen für die Entsorgungswege oder bei ihnen ist eine Überschreitung der Frei- und Überwachungsgrenzen zu besorgen.

Die gesetzlichen Grundlagen für den Umgang mit radioaktiven Stoffen bei Baumaßnahmen und deren Entsorgung (Verwertung oder Beseitigung) sind in Kapitel 4.2 zusammengefasst. Der Verkehr mit den radioaktiven Stoffen oberhalb der Frei- und Überwachungsgrenzen und deren Verwertung oder Beseitigung erfordert eine strahlenschutzrechtliche Genehmigung entweder für den Umgang mit radioaktiven Stoffen nach VOAS und HaldAO oder für die Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung nach StrlSchV. Eine Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung ist nur dann zulässig, wenn der vorgesehene Entsorgungsweg die Kriterien der Strahlenschutzverordnung Anlage XII, Teil C und Teil D erfüllt. Das bedeutet, dass die Exposition für Personen aus der Bevölkerung infolge der Entsorgung 1 mSv pro Jahr nicht übersteigen darf.

Deshalb sollte bereits in der Planungsphase einer Baumaßnahme festgestellt werden, ob mit radioaktiven Stoffen gerechnet werden muss. Entsprechende Anhaltspunkte ergeben sich durch Prüfung von Informationssystemen zu Altlasten, Recherchen in Baugrundgutachten, Altlastenuntersuchungen und abfallfachlichen Untersuchungen, Sammeln vorhandener Informationen zu historischer und aktueller Nutzung sowie einfache messtechnische Voruntersuchungen (ODL-Messungen).

In Kapitel 4.1 sind die typischen Inhalte von Baugrundgutachten, Altlastuntersuchungen und abfallfachlichen Untersuchungen, die Informationen und Hinweise auf radioaktive Stoffe liefern können, zusammengestellt. Dort finden sich auch Regelungen, Normen und Richtlinien mit Hinweisen zu den für diese Untersuchungen erforderlichen Erkundungsdichten.

Informationen zu Herkunft, Ursachen der Verbreitung und spezifische Aktivitäten, Nuklidvektoren und Leitnuklid sowie typische „Fundorte“ von radioaktiven Stoffen im Straßen- und Wegebau, bei Flächensanierungen und in Gebäuden sind in Kapitel 3 zusammengetragen.

Kann der Verdacht auf radioaktive Stoffe im Baufeld auf der Grundlage der Voruntersuchungen und des Radiologischen Berichts nicht ausgeräumt werden, ist mit Hilfe eines Radiologischen Gutachtens deren Anwesenheit zu verifizieren. Verbreitung, Mengen vorhandener Radionuklide und spezifische Aktivitäten sind zu charakterisieren.

Das Radiologische Gutachten ist qualitativ in Bezug auf Zielstellung, Erkundungs- und Analysenumfang so zu konzipieren und auszuführen, dass auf dessen Grundlage über die Notwendigkeit und die Art der strahlenschutzrechtlichen Verfahren für den Umgang mit radioaktiven Stoffen und über die Zulässigkeit vorgesehener Entsorgungswege entschieden werden kann.

Die nachfolgende Tabelle informiert über die Möglichkeiten der Entsorgung (Verwertung oder Beseitigung) und damit verbundene Genehmigungsvarianten.

keine strahlenschutzrechtliche Genehmigung erforderlich	strahlenschutzrechtliche Genehmigungen erforderlich C > 0,2 Bq/g	
	Verfahren nach VOAS, HaldAO	Verfahren nach StrlSchV
spezifische Aktivitäten unterhalb der Freigrenze C ≤ 0,2 Bq/g	a) Wiedereinbau im Baustellenbereich => Genehmigung zum Umgang mit radioaktiven Stoffen	c) Genehmigung zur Entlassung von Rückständen aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung zur Beseitigung auf einer Deponie gemeinsam mit anderen Rückständen und Abfällen nach Anlage XII, Teil C oder Teil D StrlSchV
spezifische Aktivitäten oberhalb der Freigrenze C > 0,2 Bq/g <u>aber:</u> Einhalten der Überwachungsgrenzen nach Anlage XII, Teil B StrlSchV	b) Verwertung der radioaktiven Stoffe bei Sanierungsmaßnahmen der Wismut GmbH => Genehmigung zum Umgang mit radioaktiven Stoffen	d) Genehmigung zur Entlassung von Rückständen aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung zur Verwertung nach Anlage XII, Teil D StrlSchV

Von entscheidender Bedeutung für die Beurteilung der Genehmigungsfähigkeit des auf der Grundlage des Radiologischen Gutachtens erstellten Antrags ist die repräsentative Charakterisierung der spezifischen Aktivitäten der natürlichen Radionuklide der Uran-238-Zerfallsreihe und der Thorium-232-Zerfallsreihe (vgl. Kapitel 4.3). Das trifft insbesondere auf den Antrag zur Entlassung von Rückständen aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung bei gemeinsamer Beseitigung der anfallenden Rückstände mit anderen Rückständen und Abfällen auf einer Deponie zu (vgl. Tabelle Pkt. c)).

Übliche Messverfahren zur Bestimmung der spezifischen Aktivität bei der Erkundung der Standorte sind in Kapitel 5 zusammengestellt und bezüglich Aufwand, Handhabbarkeit und Eignung für die Ermittlung repräsentativer Ergebnissen bewertet.

Oft sind Umfang und Qualität der bei der Strahlenschutzbehörde gestellten Anträge nicht ausreichend, um einen geordneten Umgang mit radioaktiven Stoffen sicherzustellen und einen Genehmigungsbescheid zur Entsorgung nach den Strahlenschutzgrundsätzen erteilen zu können. Mängel bei der Abschätzung anfallender

Mengen und repräsentativer Werte für spezifische Aktivitäten relevanter Radionuklide machen Nachforderungen notwendig und verursachen Verzögerungen und Mehrkosten beim Antragsteller. Auch der Bearbeitungszeitraum bei der Genehmigungshörde verlängert sich. Für Baumaßnahmen, bei denen das Auftreten radioaktiver Stoffe nicht auszuschließen ist, sind deshalb im Kapitel 6 Ablauf, Vorgehensweisen, Anforderungen und Hinweise erläutert für die

- Planung von Bauvorhaben mit Verdacht auf radioaktive Kontaminationen,
- Prüfung des Verdachts auf radioaktive Kontaminationen,
- Ermittlung der nötigen Informationen, Inhalte und Fakten zur Beantragung einer Strahlenschutzgenehmigung,
- Ausführung der Baumaßnahme entsprechend der strahlenschutzrechtlichen Genehmigung,
- Anforderungen an die messtechnische Baubegleitung und Dokumentation.

Die Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise dienen insbesondere der

- frühzeitigen Feststellung radioaktiver Kontaminationen und rechtzeitigen Veranlassung notwendiger Untersuchungen bereits in der Planungsphase des Bauvorhabens,
- Nutzung und Erfassung möglichst aller relevanten Informationen zu radioaktiven Kontaminationen im Bereich des Bauvorhabens im Rahmen einer Voruntersuchung,
- Sicherstellung von Umfang und Qualität der Erkundungen des Radiologischen Gutachtens für die Beantragung der Strahlenschutzgenehmigung,
- Reduzierung der Erkundungsaufwendungen durch die Verbindung von radiologischer Erkundung mit geotechnischer und abfallfachlicher Erkundung sowie Altlastenerkundung,
- Sicherstellung von Umfang, Qualität und dem Nachweis
 - des Umgangs mit den radioaktiven Stoffen,
 - der Strahlenschutzmaßnahmen während der Bauausführung,
 - der baubegleitenden Messungen und
 - der Entsorgung.
- Vermeidung der Feststellung radioaktiver Kontaminationen erst während der Bauausführung und der Vermeidung damit verbundener Mehrkosten durch Bauzeitverlängerung infolge von im Leistungsverzeichnis nicht vorgesehenen Positionen für Erkundung, Analytik, baubegleitende Messungen, Separierung und Entsorgung radioaktiver Stoffe und Dokumentation.

Die im Rahmen der Publikation erarbeiteten Checklisten in Anhang 9.2 sollen dazu beitragen, die Qualität von Antragsunterlagen und Abschlussberichten zu verbessern. Mit ihrer Hilfe lassen sich deren Inhalte und Umfänge schnell bestimmen. Damit tragen sie zu einem strahlenschutzgerechten, sicheren und kostengünstigen Umgang mit radioaktiven Stoffen und deren Verwertung oder Beseitigung bei. Checklisten gibt es für die eingangs genannten Baukategorien. Sie und weitere Informationen sind auf der LfULG-Internetseite „Strahlenschutz“ (www.umwelt.sachsen.de/umwelt/strahlenschutz/index.html) unter dem Stichwort **Radioaktive Stoffe bei Baumaßnahmen** eingestellt und können als pdf-Dateien heruntergeladen werden.

8 Glossar

Abschlussbericht

Der Abschlussbericht dient der Information des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie über die strahlenschutzgerechte Durchführung der genehmigten Arbeiten. Spätestens drei Monate nach Abschluss dieser Arbeiten ist er – in Papierform und digital (pdf-Format) – zu übergeben. Darin sind die in den jeweiligen Genehmigungen festgelegten Berichtspflichten zu erfüllen. In der Regel beinhalten diese eine Beschreibung zu den durchgeführten Arbeiten, die Ergebnisse der baubegleitenden Messungen und der abschließenden Ortsdosisleistungsmessungen (ODL) der Gammastrahlung sowie die Menge und die Eigenschaften der entsorgten bzw. wieder eingebauten radioaktiven Stoffe. Der Abschlussbericht beinhaltet bei:

(a) Wiedereinbau radioaktiver Stoffe im Baubereich

- Beschreibung durchgeführter Arbeiten
- Ergebnisse der radiologischen Messungen (vgl. Nebenbestimmungen der Genehmigung)
- Menge der im Baubereich wieder eingebauten radioaktiven Stoffe
- Lageplan mit Angaben zum Wiedereinbau
- Übergabe der Messdaten in der Excel-Format-Vorlage „Vorlage ODL“ (verfügbar unter <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/strahlenschutz/22429.htm>)

(b) Verwertung der radioaktiven Stoffe bei Sanierungsmaßnahmen der Wismut GmbH

- Beschreibung durchgeführter Arbeiten
- Ergebnisse der radiologischen Messungen (vgl. Nebenbestimmungen der Genehmigung)
- Menge der tatsächlich entsorgten radioaktiven Stoffe

(c) Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung zur Beseitigung auf einer Deponie oder zur anderweitigen Verwertung

- Beschreibung durchgeführter Arbeiten
- Ergebnisse der radiologischen Messungen (vgl. Nebenbestimmungen der Genehmigung): Die Bestimmung der Aktivitäten $C_{U238max}$ und $C_{Th232max}$ der im Rahmen der strahlenschutzrechtlichen Genehmigung entlassenen überwachungsbedürftigen Rückstände erfolgt durch repräsentative Radionuklidanalysen vom zur Deponierung bestimmten Rückstand und nicht auf Basis der im radiologischen Gutachten der Antragsunterlagen angegebenen Aktivitäten.
- deponierte Menge lt. Wiegeschein

Aktivität

Die physikalische Messgröße für die Radioaktivität eines Stoffes ist die Aktivität. Ihre Maßeinheit ist das Becquerel (Bq). Ein Becquerel bedeutet, dass sich im zeitlichen Mittel pro Sekunde in der radioaktiven Substanz 1 Atomkern umwandelt ($1 \text{ Bq} = 1/\text{s}$). Erst durch Zuordnung zu einem bestimmten Radionuklid z. B. Ra-226 ist klar, welche Art von Strahlung mit welcher Energie und Menge abgegeben wird.

Aktivität, spezifische

Aktivität pro Masse in Bq/kg

Aktivitätskonzentration

Aktivität pro Volumen in Bq/m³ bzw. Bq/l

Anhörung

Vor Erteilung der Genehmigung wird dem Antragsteller durch Übergabe des Entwurfs des Genehmigungsbescheids die Gelegenheit gegeben, sich zu den für die Entscheidung erheblichen Tatsachen i. d. R. innerhalb von 14 Tagen zu äußern (§ 28 VwVfG).

Annahmeerklärung

Schriftliche Erklärung eines Deponiebetreibers bzw. der Wismut GmbH auf Grundlage von Abfalldeklarationsanalysen und Radiologischem Gutachten die vom Antragsteller angegebene Tonnage vorbehaltlich der Zustimmung durch das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie zu deponieren.

Unterlagen für die Einholung der Annahmeerklärung:

- Angabe der Menge
- Abfalldeklarationsanalysen
- Radiologisches Gutachten

Antragsteller/Genehmigungsinhaber

Antragsteller ist der Bauherr und zukünftige Genehmigungsinhaber (z. B. Landkreis, Stadt, Kommune, Straßenbauamt, Zweckverband, Firma, Privatperson). Sind Bauherr und Grundstückseigentümer nicht identisch, stellt und unterschreibt der Bauherr den Antrag und fügt eine schriftliche Einverständniserklärung des Grundstückseigentümers bei.

Pflichten:

- Einreichen des Antrags für eine strahlenschutzrechtliche Genehmigung [(a) Antrag für eine strahlenschutzrechtliche Umgangsgenehmigung oder (b) Antrag für eine Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung] beim Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie incl. der für die Antragsbearbeitung erforderlichen Unterlagen
- Werden Dritte beauftragt, Arbeiten auf Grundlage des Genehmigungsbescheides durchzuführen, hat der Genehmigungsinhaber dafür Sorge zu tragen, dass die Arbeiten entsprechend dieser Genehmigung einschließlich der Nebenbestimmungen durchgeführt werden.
- Anzeige von Baubeginn und Bauende beim Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
- Übergabe des Abschlussberichts innerhalb von drei Monaten nach Bauabschluss an das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
- Einhaltung sonstiger Nebenbestimmungen aus der Genehmigung

Antragsunterlagen

(a) strahlenschutzrechtliche Umgangsgenehmigung nach VOAS und HaldAO

- schriftlicher Antrag des Bauherrn auf Umgang mit radioaktiven Stoffen
- Baugrundgutachten

- Radiologisches Gutachten
- Annahmeerklärung des Verwerters oder Entsorgers (nicht erforderlich bei Wiedereinbau radioaktiver Stoffe)

(b) Antrag auf Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung nach § 98 StrlSchV:

- schriftlicher Antrag des Bauherrn auf Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung unter Verwendung der im LfULG-Internet eingestellten Formblätter
<http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/strahlenschutz/2373.htm>
- Baugrundgutachten
- Radiologisches Gutachten aus dem hervorgeht, dass
 - bei einer gemeinsamen Deponierung mit anderen Rückständen und Abfällen die Voraussetzungen der Anlage XII, Teil C StrlSchV eingehalten sind bzw.
 - eine effektive Dosis von 1 mSv/a für Einzelpersonen der Bevölkerung eingehalten wird. Dabei sind die Beschäftigten, die beim Transport und der Deponierung tätig werden, als Einzelpersonen der Bevölkerung zu bewerten.
- Annahmeerklärung des Verwerters oder Entsorgers
- Nachweis über den Zugang der Kopie der Annahmeerklärung des Entsorgers an die zuständige Abfallbehörde

Baugrundgutachten

Es dient der Ermittlung der für Bauwerke relevanten Informationen zu Eigenschaften und Inhaltsstoffen (Kontaminationen, Grundwasser) des Bodens, in dem oder auf dem ein Bauwerk gegründet ist bzw. eingebettet werden soll bzw. des Bodens, der durch Baumaßnahmen beeinflusst wird.

Für die Antragsbearbeitung relevante Informationen aus dem Baugrundgutachten sind insbesondere:

- Zusammenfassung und Charakterisierung des stratigrafischen Aufbaus des Untergrundes durch Auswertung geologischer Karten und Schichtenverzeichnisse bekannter Aufschlüsse bzw. eigener Erkundungen (Bohrungen, Bohrsondierungen, Grundwassermessstellen, Schürfe)
- geotechnische Charakterisierung der Baugrundverhältnisse wie Schichtung, Bodenarten, Korngrößenverteilungen, Lagerungsdichte, Konsistenz, Wasserdurchlässigkeit
- Hinweise auf kontaminierte Bereiche durch Ausweisung von Auffüllungen und organoleptische Charakterisierung (Farbe, Geruch) der erkundeten Schichten
- hydrologische Verhältnisse wie Grundwasserstände mit Schwankungsbreiten, potentielle Ausbreitungsrichtung mobiler Kontaminationen, seltene chemische Zusammensetzung von Grund- und Sickerwasser
- Untersuchungen zur chemischen Zusammensetzung von Böden und Auffüllungen (Kalkgehalt) und zu abfallfachlichen Kriterien zur Beurteilung der Verwertbarkeit oder der erforderlichen Art und Weise der Beseitigung bei Eingriff in den Baugrund
- Ableitung von Hinweisen auf Kontaminationen durch bergbauliche Hinterlassenschaften, insbesondere durch erhöhte Konzentrationen von Arsen, Schwermetallen, Eisen und niedrige pH-Werte (Oxidation von Sulfiden, Arseniden)
- Zusammenfassung der Informationen in Lageplänen und Schnitten innerhalb des Begutachtungsgebietes

Spezifische Informationen zur Verwendung radioaktiver Stoffe

- im Straßen- und Wegebau:
 - Tragschicht, Frostschuttschicht (Haldenmaterial, Tailings)
 - Bettung von Leitungen, Verfüllung von Gräben (Tailings, Asche, Schlacke)
 - Verwendung in Dämmen, Sicht- und Lärmschutzbauwerken, Verfüllung von Einschnitten, Hinterfüllung von Bauwerken (z. B. Brückenwiderlager)
 - im Verlauf der Leitungen von Trink- und Abwasser, Strom und Gas sowie Telekommunikation (Rückverfüllungsmaterial)
- bei der Flächensanierung bzw. bei Baumaßnahmen auf Flächen mit radioaktiv kontaminiertem Untergrund:
 - Recherche zur bisherigen Nutzung von Verdachtsflächen, Altstandorten und Altablagerungen (Verwendung zur Geländeregulierung, Ablagerung von Auffüllungen)
 - Recherche zu Hinweisen auf Lage, Ausdehnung und Zustand von Altbebauungen, Fundamenten, Leitungsbestand
- bei der Gebäudesanierung bzw. beim Gebäudeabbruch:
 - Recherche zur Gründungssituation des Altbestandes (Beschaffenheit, Lage Tiefen, Ausdehnung von Fundamenten und Auffüllungen im Fundamentbereich)
 - Recherche zum Verlauf der Medienleitungen (Rückverfüllungsmaterial)

Becquerel (Bq)

Becquerel ist die Maßeinheit für Radioaktivität. Ein Becquerel bedeutet, dass sich im zeitlichen Mittel pro Sekunde in der radioaktiven Substanz 1 Atomkern umwandelt (1 Bq = 1/s).

Beseitigungs- bzw. Verwertungswege

Der Verwertungs- bzw. Beseitigungsweg ist abhängig von den Stoffgehalten und geomechanischen Eigenschaften. Mögliche Beseitigungs- und Verwertungswege sind:

- **Halde 371** in Hartenstein (sofern Annahmebedingungen der Wismut GmbH erfüllt werden: spezifische Ra-226-Aktivität bis 2 Bq/g, Radionuklide der natürlichen Zerfallsreihe im radioaktiven Gleichgewicht):
 - Haldenmaterial
 - Steine und Erden, Schotter, Kies
 - Beton, Putz, Ziegel, Mörtel
 - Schlacken, soweit diese aus Bodenaushüben bei Sanierungs- und Interventionsmaßnahmen anfallen
 - Abfälle aus dem Abbau von metallhaltigen Mineralien, die bei Sanierungs- und Interventionsmaßnahmen anfallen
 - Abfälle aus der Nachbearbeitung von metallhaltigen Mineralien, die bei Sanierungs- und Interventionsmaßnahmen anfallen.
- **IAA Helmsdorf** der Wismut GmbH (ausschließlich relevant für radioaktives Haldenmaterial bzw. radioaktive Stoffe der Stadt Zwickau mit Einzelfällen aus anderen Regionen)
- **Deponien (Beseitigung)**
 - Asphalt
 - sonstige radioaktive Stoffe (insbesondere dann, wenn die Annahmebedingungen der Wismut GmbH nicht erfüllt werden)
- **Verwertungswege** nach **Anl. XII Teil B StrISchV**

Deponie

Deponien im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG) sind Beseitigungsanlagen zur Ablagerung von Abfällen oberhalb der Erdoberfläche (oberirdische Deponien) oder unterhalb der Erdoberfläche (Untertagedeponien).

Nach Deponieverordnung (DepV) sind die Deponien je nach Standort, geologischer Barriere und Ausstattung mit Basis- und Oberflächenabdichtungssystemen den Deponieklassen 0-IV zugeordnet. Folgende Deponien der Deponieklassen 0-III gibt es in Sachsen:

■ Deponieklasse III: Sonderabfalldeponie

- Deponie Wetro bei Bautzen
- Deponie Cröbern bei Leipzig (spezieller Deponiebereich)

■ Deponieklasse II:

- Deponie Cunnersdorf bei Görlitz
- Deponie Gröbern bei Meißen
- Deponie Grumbach bei Wilsdruff
- Deponie Cröbern bei Leipzig (spezieller Deponiebereich)

■ Deponieklasse I:

- Deponie Kodersdorf bei Niesky

■ Deponieklasse O:

- Inertstoffdeponie in Bautzen

Effektive Dosis

Die effektive Dosis berücksichtigt die Empfindlichkeit von Organen gegenüber Strahlung. Es ist die Summe der gewichteten Organdosen in den in Anlage VI Teil C StrlSchV angegebenen Geweben oder Organen des Körpers durch äußere oder innere (Aufnahme über die Nahrung, das Atmen oder die Haut) Strahlenexposition.

Einzelperson der Bevölkerung

Mitglieder der allgemeinen Bevölkerung, die weder beruflich strahlenexponierte Personen sind noch medizinisch oder als helfende Person exponiert sind.

Freigrenzen (VOAS, Anlage Begriffsbestimmungen)

Werte der Aktivität und spezifischen Aktivität von Stoffen, die Radionuklide enthalten, bei deren Unterschreitung keine radioaktiven Stoffe im Sinne der Verordnung vorliegen. Werden Freigrenzen überschritten, ist der Umgang mit radioaktiven Stoffen genehmigungspflichtig. Nach § 28 Abs. 2 DB VOAS gilt als Freigrenze eine Aktivitätskonzentration von 0,2 Bq/g. Enthält die radioaktive Kontamination ausschließlich Radionuklide der natürlichen Zerfallsreihe im radioaktiven Gleichgewicht, gilt dieser Wert für Radium.

Gamma-Ortsdosis

Die Gamma-Ortsdosis bei Baumaßnahmen ist die an einem bestimmten Ort gemessene Gammastrahlung in 1 m Höhe über der Geländeoberkante. Die Maßeinheit ist Sievert (Sv).

Gamma-Ortsdosisleistung

Die Gamma-Ortsdosisleistung beschreibt die Strahlung pro Zeiteinheit. Sie wird in Mikro-Sievert pro Stunde oder Nano-Sievert pro Stunde ($\mu\text{Sv/h}$ bzw. nSv/h) angegeben.

Gammaskopmetrische Messung

Es handelt sich um Verfahren, mit dem Radionuklide, die Gammastrahlung aussenden, identifiziert und quantifiziert werden können. Dazu werden ihre Energielinien im Gammaskopmetrischen Spektrum bestimmt.

Genehmigungs- und Aufsichtsbehörde

Das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Referat 53: Strahlenschutz), Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden, ist die sachlich und örtlich zuständige Genehmigungs- und Aufsichtsbehörde für die Erteilung einer strahlenschutzrechtlichen Genehmigungen zum Umgang mit radioaktiven Stoffen nach VOAS und HaldAO bzw. zur Entlassungen aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung nach Teil 3 StrlSchV.

Genehmigung zum Umgang mit radioaktiven Stoffen (Umgangsgenehmigung)

Eine Umgangsgenehmigung für Baumaßnahmen gemäß VOAS und HaldAO ist durch die zuständige Behörde erforderlich, wenn die vorgefundene radioaktive Kontamination die Freigrenze von $0,2 \text{ Bq/g}$ überschreitet und die radioaktiven Stoffe entweder vor Ort wieder eingebaut oder zur Sanierung der Halde 371 bzw. der IAA Helmsdorf an die Wismut GmbH übergeben werden.

Genehmigung zur Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung (Entlassungsbescheid)

Ein Entlassungsbescheid für Baumaßnahmen gemäß StrlSchV ist durch die zuständige Behörde erforderlich, wenn die vorgefundene radioaktive Kontamination die spezifische Aktivität von $0,2 \text{ Bq/g}$ überschreitet, einem in Anlage XII, Teil B StrlSchV beschriebenen Entsorgungsweg zugeführt werden sollen und gleichzeitig ihre spezifische Aktivität größer als die Überwachungsgrenze für den gewählten Entsorgungsweg ist (vgl. Anl. XII, Teil B-Teil D StrlSchV).

Materialien nach StrlSchV

Stoffe, die natürlich vorkommende Radionuklide enthalten oder mit solchen Stoffen kontaminiert sind.

Radioaktivität

Unter Radioaktivität versteht man die Eigenschaft instabiler Atomkerne, sich unter Abgabe von Energie in andere Atomkerne umzuwandeln. Beim Zerfall wird Energie in Form von Alpha-, Beta- oder Gammastrahlung frei. Man spricht auch von ionisierender Strahlung. Sie kann für den Menschen gefährlich sein.

Radioaktive Kontamination

Eine radioaktive Kontamination ist eine Verunreinigung mit radioaktiven Stoffen.

Radioaktives Material nach VOAS

Nach VOAS sind radioaktive Stoffe in Abhängigkeit von der Verkehrsart definiert. Für Maßnahmen, die Gegenstand dieses Berichtes sind, wird der Begriff radioaktives Material verwendet.

Radioaktive Stoffe nach AtG

Alle Stoffe, die ein oder mehrere Radionuklide enthalten und deren Aktivität oder spezifische Aktivität nach den Regelungen des Atomgesetzes (AtG) oder einer aufgrund dieses Gesetzes erlassenen Rechtsverordnung nicht außer Acht gelassen werden können, sind radioaktive Stoffe im Sinne des Strahlenschutzrechtes.

Radionuklide

Das sind instabile Atome, die radioaktiv zerfallen. Man unterscheidet künstliche und natürliche Radionuklide. Zu den künstlichen zählen Strontium 90 und Cäsium 137, die ein Spaltprodukt aus Kernreaktoren sind. Natürliche Radionuklide kommen in der Natur, also zum Beispiel in der Erde vor. Dazu zählen beispielsweise Uran 235 und Radon 222.

Radiologisches Gutachten

Es charakterisiert die radiologischen Eigenschaften und die Menge der radioaktiven Stoffe im Bereich der Baumaßnahme. Darauf beruht die Auswahl von unter strahlenschutzrechtlichen Aspekten genehmigungsfähigen Verwertungs- oder Beseitigungswegen. Das Radiologische Gutachten ist wesentlicher Bestandteil der Antragsunterlagen. Es soll im Wesentlichen die nachfolgend aufgeführten Inhalte umfassen:

- Recherche, Zusammenfassung und Bewertung aller radiologisch relevanten Informationen aus Altlasten- und Baugrunduntersuchungen sowie sonstigen Erkundungen wie z. B. Errichtung und Betrieb von Brunnen und Grundwassermessstellen (vgl. Glossar Baugrundgutachten)
- Durchführung geeigneter, ergänzender radiologischer Untersuchungen
- Feststellung flächenhafter Verbreitung und Tiefenerstreckung von radioaktiv Stoffe im Baugebiet
- Charakterisierung radioaktiver Kontamination hinsichtlich Nuklidvektor, Leitnukliden, repräsentativer Ermittlung der spezifischen Aktivitäten
- Abgrenzung von Chargen radioaktiver Stoffe auf der Grundlage von unterschiedlichen Nuklidvektoren und/oder Aktivitätsniveaus
- Ermittlung/Abschätzung der zu erwartenden Mengen für die Chargen
- Beurteilung der Überschreitung der Freigrenze bzw. der Überwachungsgrenzen
- Benennung/Empfehlung möglicher Entsorgungswege für jede Charge und der dazu erforderlichen Genehmigungsanträge.

Besondere Hinweise zu Menge und Eigenschaften radioaktiver Stoffe sowie der Bewertung des vorgesehenen Verwertungs- bzw. Beseitigungsweges unter strahlenschutzrechtlichen Aspekten für

- Straßen- und Wegebau:
 - Messung der Ortdosisleistung von unversiegelten Flächen bzw. Verkehrsflächen mit Verdacht auf Verwendung radioaktiver Stoffe als Zuschlagstoffe für Asphalt und Beton
 - tiefenorientierte Probenahme auch im Trassenbereich und gammaspektrometrische Untersuchung von Bodenproben bis unterhalb des Eingriffsbereichs des Unterbaus (z. B. Aushubsohle eines geplanten Bodenaustausches im natürlichen Untergrund)
 - Aufschlussdichte mindestens 2-5 pro 100 m Trassenlänge bei Trassenbreiten bis 12 m
 - Möglichkeit der Aufbereitung und des Wiedereinbaus unter einer Abdeckung (z. B. als Bestandteil von Frostschutz- oder Tragschicht in Fahrbahnen oder anderen versiegelten Flächen) bei geotechnisch geeigneten radioaktiven Stoffen mit spezifischer Aktivität bis 1,0 Bq/g

- **Flächensanierung, Baumaßnahmen auf Flächen mit radioaktiv kontaminiertem Untergrund:**
 - Feststellung oberflächennaher Kontaminationen durch Messung der Gammaortsdosisleistung im 10 m x 10 m-Raster in 1 m über der Geländeoberkante (GOK)
 - Charakterisierung der Flächen: Tiefenverteilung radioaktiver Kontaminationen bis mindestens zur geplanten Eingriffs- bzw. Sanierungstiefe, auch im Bereich von Leitungsbestand bzw. geplanten Medientrassen, durch Bestimmung der spezifischen Aktivität von Bodenproben
 - Festlegung der Aufschlussabstände in Abhängigkeit von Flächengröße, Art und Homogenität der vermuteten Kontamination: bei homogener Kontamination: <30 m, bei inhomogener Kontamination: <15 m.
- **Gebäudesanierung bzw. Gebäudeabbruch:**
 - Übersichtsmessungen zur Auffindung der Kontamination: Gamma-ODL-Messungen, Kontaminationmessungen in Räumen und auf Oberflächen der Bausubstanz
 - typische kontaminierte Oberflächen: Schrott, Kunststoffe, Kunststoffbeschichtungen, Glas, Fliese, wasserdichte Anstriche („Ölfarbe“)
 - Beurteilung der Notwendigkeit von Messungen zur Freigabe/Einhaltung der Freigrenzen
 - Feststellung der Eindringtiefen von Kontaminationen in poröse Oberflächen z. B. durch Kernbohrungen
 - Beurteilung der Abtrennbarkeit von kontaminierten Materialien aus der Bausubstanz
 - Beurteilung des Verdachts auf radioaktiv kontaminierte Füll- und Isoliermaterialien (z. B. Schlacken, Aschen in Zwischendecken, Fußböden)
 - Feststellung spezifischer Aktivitäten der Abbruchsubstanz für Entsorgung und Umgang (z. B. als Grundlage zur Expositionsabschätzung des Brechens von radioaktiv kontaminiertem Bauschutt)

Regelungsbereich strahlenschutzrechtlicher Genehmigungen

Die strahlenschutzrechtliche Genehmigung regelt ausschließlich strahlenschutzrechtliche Belange von Baumaßnahmen. Sie ersetzt weder sonstige erforderliche öffentlich-rechtliche Genehmigungen, Zustimmungen, Bewilligungen und Erlaubnisse noch privatrechtliche Zustimmungen. Insbesondere die kreislaufwirtschafts- und abfallrechtlichen sowie die gefahrgutbeförderungsrechtlichen Vorschriften sind einzuhalten.

Rückstände nach StrlSchV

Rückstände sind Materialien, die in einer Liste (Anlage XII, Teil A StrlSchV) abschließend aufgeführt sind, in den dort genannten industriellen und bergbaulichen Prozessen anfallen und die dort genannten Voraussetzungen erfüllen.

Rückstände (überwachungsbedürftige) nach StrlSchV

Überwachungsbedürftige Rückstände sind Rückstände, die die Überwachungsgrenzen für die Entsorgungswege nach Anlage XII, Teil B StrlSchV überschreiten.

Sievert (Sv)

Sievert ist die Maßeinheit für die Strahlendosis. Sie wird als Maßeinheit für die effektive Dosis oder Äquivalentdosis verwendet.

Strahlenschutzrechtliche Genehmigungen

Es gibt zwei strahlenschutzrechtliche Genehmigungsvarianten für Baumaßnahmen (Straßen- und Wegebau, Flächensanierung bzw. Baumaßnahmen auf Flächen mit radioaktiv kontaminiertem Untergrund, Gebäudesanierung bzw. Gebäudeabbruch), die an folgende Voraussetzungen gebunden sind:

■ Umgangsgenehmigung nach VOAS und HaldAO:

- spezifische Aktivität des radioaktiven Stoffes >0,2 Bq/g
- Verwendung radioaktiver Stoffe für die Sanierung einer Hinterlassenschaft früherer Tätigkeiten und Arbeiten wie z. B. bei der Deponierung auf Halde 371 der Wismut GmbH oder beim Wiedereinbau vor Ort

■ Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung nach § 98 StrlSchV:

- spezifische Aktivität des Rückstands ≥ 1 Bq/g bei Beseitigung auf einer Abfalldeponie mit Basisabdichtung bzw.
- bei Überschreiten der Überwachungsgrenzen nach Anlage XII, Teil B StrlSchV bei anderweitigen Beseitigungs- und Verwertungswegen

http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/luft/Informationsblatt_Entlassung.pdf

Keine strahlenschutzrechtliche Genehmigung ist erforderlich, sofern das Überschreiten der Freigrenze von 0,2 Bq/g geogen bedingt ist und das angetroffene Material nicht aus früheren Tätigkeiten oder Arbeiten stammt wie z. B. im Freistaat Sachsen das Auftreten von bzw. die Verwendung von urananomalen Kirchberger Granit oder Eibenstocker Granit.

Schutz der Bevölkerung vor Strahlenexposition

Überwachungsbedürftige Abfälle dürfen für eine bestimmte Verwertung oder Beseitigung nur dann aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung durch schriftlichen Bescheid der zuständigen Behörde entlassen werden, sofern sichergestellt ist, dass der Richtwert, d. h. die effektive Dosis von 1 Millisievert im Kalenderjahr, für die Strahlenexposition von Einzelpersonen der Bevölkerung infolge der Beseitigung oder Verwertung auch ohne weitere Maßnahmen nicht überschritten wird.

Tailings

Um das Uran aus dem gefördertem Erz herauszulösen, musste das Erz teilweise in Aufbereitungsanlagen fein gemahlen und je nach Beschaffenheit mit Schwefelsäure extrahiert oder alkalisch gelaugt werden. Die schlammigen Rückstände, sogenannte Tailings, wurden über Rohrleitungen in Industrielle Absetzanlagen eingespült. Tailings zeichnen sich durch eine deutliche Urananreicherung aus. Deshalb befinden sich die Radionuklide der natürlichen Zerfallsreihe nicht im radioaktiven Gleichgewicht.

Überwachungsgrenzen (Anlage XII, Teil B StrlSchV)

Überwachungsgrenzen sind Werte für die Summe aus den größten spezifischen Aktivitäten der Radionuklide der Nuklidketten der Uran-238-Zerfallsreihe und der Thorium-232-Zerfallsreihe, bei deren Überschreitung eine Genehmigung auf Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung für die Verwertung oder Beseitigung von Rückständen erforderlich ist.

Umgang mit radioaktiven Stoffen (§ 3 Abs. 2 Pkt. 34. StrlSchV)

Zum Umgang mit radioaktiven Stoffen zählen Gewinnung, Erzeugung, Lagerung, Bearbeitung, Verarbeitung und sonstige Verwendung und Beseitigung von radioaktiven Stoffen in Sinne des § 2 Atomgesetz (AtG), soweit es sich nicht um Arbeiten handelt, sowie der Betrieb von Bestrahlungsvorrichtungen. Als Umgang gilt auch die Aufsuchung, Gewinnung und Aufbereitung von radioaktiven Bodenschätzen im Sinne des Bundesberggesetzes.

Verpflichteter zur Gewährleistung des Strahlenschutzes bei terrestrischer Strahlung

Verpflichteter ist, wer in seiner eigenen Betriebsstätte eine Arbeit nach Anlage XI StrlSchV ausübt oder ausüben lässt oder wer in einer fremden Betriebsstätte in eigener Verantwortung eine Arbeit ausübt oder diese von unter seiner Aufsicht stehenden Personen ausüben lässt. Der Verpflichtete ist entweder die Person, die in eigener Verantwortung selbst Arbeiten durchführt oder ein Arbeitgeber, der Personen beschäftigt, die mit der Durchführung dieser Arbeiten beauftragt sind.

Verwaltungskosten

Verwaltungskosten werden für strahlenschutzrechtliche Umgangsgenehmigungen bzw. Entlassungen aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung erhoben. Der Freistaat Sachsen, die Gemeinden, die Landkreise und sonstige kommunalen Körperschaften des öffentlichen Rechts, die der Rechtsaufsicht des Freistaates Sachsen unterstehen, sind von der Zahlung einer Verwaltungsgebühr befreit. Alle übrigen Antragsteller zahlen eine nach dem jeweils gültigen „Sächsischen Kostenverzeichnis (SächsKVZ)“ berechnete Gebühr.

Wiedereinbau radioaktiver Stoffe

Für den Wiedereinbau ist eine Umgangsgenehmigung nach VOAS und HalDAO ab einer spezifischen Aktivität $>0,2$ Bq/g erforderlich. Wiedereinbau ist bis 1 Bq/g möglich.

Bei jedem zukünftigen Eingriff in die Fläche mit wiedereingebauten radioaktiven Stoffen ist erneut zuvor eine strahlenschutzrechtliche Umgangsgenehmigung beim Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie zu beantragen.

9 Anhang

9.1 Messverfahren zur Beurteilung der radioaktiven Kontamination

1. Messung der Gamma-Ortsdosisleistung

Als einfache Übersichtsmethode zur Feststellung der Radioaktivität wird die Gamma-ODL D^* in nGy/h bzw. die Äquivalentdosisleistung H^* der Gammastrahlung in nSv/h als Maß für die äußere Bestrahlung bestimmt². Für mobile Messungen wie für Flächenmessungen bei Baumaßnahmen sind Szintillationssonden mit automatischer Temperaturkompensation die geeignetsten Detektortypen. Prinzipielle Anforderungen an das Messgerät sind gemäß U 48: Messung im Energiebereich von 0,04 MeV bis 3 MeV, Messbereich der Dosisleistung von 10^{-4} mSv/h bis 100 mSv/h, untere Nachweisgrenze von <50 nSv/h, relative Messunsicherheit nicht größer als 20 %.

Die Messung der Gamma-ODL auf größeren Flächen erfolgt in der Regel nach der in der Berechnungsgrundlage Bergbau zugrunde gelegten Messmethode im Freien in 1 m Höhe über der Geländeoberfläche (vgl. BglBb, U 40, U 41). Die Messmethode basiert auf einem Halbraummodell. Dabei beruht die Exposition durch die wesentlichen Komponenten der terrestrischen Gammastrahlung (U-238-Zerfallsreihe, Th-232-Zerfallsreihe, K-40-Zerfall) auf einer unendlich ausgedehnten homogenen Bodenschicht von 1 m Mächtigkeit und definierter stofflicher Zusammensetzung (vgl. U 40: S. 43 ff). Es wird neben der aus dem Boden bzw. aus Rückständen resultierenden (terrestrischen) Gammastrahlung auch die kosmische und atmosphärische Gammastrahlung erfasst.

In Sachsen wird die mittlere geogene Gamma-ODL in der Umgebung bergbaulicher Anlagen mit 170 nSv/h angegeben (vgl. U 41: Kapitel 5.1). In unbeeinflusster Umgebung liegt die geogene Äquivalentdosisleistung bei ca. 60 nSv/h.

Die gemessene terrestrische ODL (H^*) ergibt sich nach dem Modell aus den spezifischen Aktivitäten der Radionuklide nach folgender Beziehung:

$$H^* = 0,53 C_{U-238} + 0,71 C_{Th-232} + 0,047 C_{K-40} \quad [\text{nGy/h}] \text{ mit}$$

C_{U-238} : spezifische Aktivität eines Nuklids der U-238-Zerfallsreihe im radioaktiven Gleichgewicht [Bq/kg]

C_{Th-232} : spezifische Aktivität eines Nuklids der Th-232-Zerfallsreihe im radioaktiven Gleichgewicht [Bq/kg]

C_{K-40} : spezifische Aktivität des Nuklids Kalium-40 [Bq/kg]

Damit kann aus der Ortsdosisleistung unter bestimmten Voraussetzungen die spezifische Aktivität der Radionuklide der Uran-Zerfallsreihe und Thorium-Zerfallsreihe der oberen Bodenschicht geschätzt werden.

Grenzen und Einflussmöglichkeiten:

Die Aussagefähigkeit zur Radioaktivität des Untergrundes beschränkt sich auf einen Tiefenbereich bis 20-30 cm.

² Äquivalentdosis (H) = Energiedosis D * Bewertungsfaktor q, mit q = 1 für Gamma-, Beta- und Röntgenstrahlung

Belastbare Rückschlüsse auf die spezifische Aktivität sind an Messgeometrie (1 m Abstand über Geländeoberfläche, unendliche Fläche), eingestellte radioaktive Gleichgewichte und homogene Verteilung des Radionuklidvektors gebunden. Kleine Flächen, Hindernisse (Gebäude, abgestellte Fahrzeuge) und versiegelte Teilflächen (Asphalt-, Betonflächen) wirken als Abschirmung und verfälschen die Messergebnisse.

Die ODL wird durch Witterungsverhältnisse beeinflusst:

- Reduzierung der terrestrischen ODL durch Schneebedeckung des Bodens (1-2 % pro cm Schneehöhe) oder vorangegangene Niederschläge (je nach Versickerungsfähigkeit des Bodens bis zu 10 %). Ursache ist die Unterbindung oder Einschränkung der Radonexhalation aus dem Boden durch die gesättigte Porenstruktur infolge des Niederschlags (vgl. U 47).
- Erhöhung der ODL unmittelbar nach starken Niederschlägen durch Auswaschung von Radonfolgeprodukten aus der Luft um bis zu 100 nSv/h mit einer Abklingzeit von etwa 5 h auf <10 nSv/h mit $t_{1/2}$ ca. 0,5 h (vgl. U 47)

Überwiegen bei Kontaminationen im radioaktiven Ungleichgewicht die Alphastrahler (U-238, Urankonzentrat), werden je nach eingesetztem Sondentyp die Kontaminationen unterschätzt oder nicht festgestellt. Eine Verfälschung bzw. Abschirmung der Messwerte kann auch durch starken Bewuchs der Messfläche erfolgen. Variiert der Radionuklidvektor zwischen den Zerfallsreihen über der untersuchten Fläche, verändern sich die Anteile der Nuklide und damit die Gesamthöhe der ODL.

Die Anforderungen an die Durchführung von Gamma-ODL-Messungen beinhalten den Nachweis der mindestens jährlichen Kalibrierung des Messgerätes und die sorgfältige Dokumentation der Messergebnisse. Die Messzeit pro Messort ist so zu wählen, dass eine ausreichende statistische Sicherheit des Messwertes gegeben ist.

Zur Angabe der Messbedingungen gehören Typ des Messgerätes, Wetterbedingungen, Bodenfeuchte (Niederschlag der letzten 24 h), ODL-Wert mit der Lage des Messortes und das Vorhandensein von Oberflächenbefestigungen mit Angabe von Größe und Ort.

Bei reproduzierbarer Messgeometrie, Konstanz von Nuklidvektor, Dichte und mittlerer Ordnungszahl im Rückstand sowie konstantem Untergrund können auch Messungen der Gammaortsdosisleistung (vgl. U 14: Anhang A) analog dem in Anhang 9.1, Abschnitt 3 beschriebenen Verfahren als Bestandteil der Feldmethode bei der Prüfung der Einhaltung der Überwachungsgrenzen herangezogen werden.

2. Gamma-Log-Messungen und Spektral-Gamma-Log-Messungen von Bohrungen und Bohrkernen

Gamma-Log-Messungen

Die Messung der natürlichen Radioaktivität der Gesteine mit so genannten Gammasonden wird normalerweise hauptsächlich zur Feststellung der lithologischen Gliederung des Untergrundes in Bohrungen durchgeführt.

Mit einem Geiger-Müller-Zähler oder mit einer Szintillationssonde, die mit einer konstanten Geschwindigkeit in der Bohrung auf- oder abwärts bewegt wird, erfolgt die integrale Messung der Gammastrahlung der vorhandenen Radionuklide über den Energiebereich von 0,1 MeV bis 3 MeV und wird in Abhängigkeit von der Tiefe aufgezeichnet.

Unterschiedliche Schichten/Gesteinsarten besitzen unterschiedliche Anteile der natürlichen Radionuklide K-40 und der Nuklide der Uran-Zerfallsreihe und der Thorium-Zerfallsreihe, deren Aktivitäten erfasst werden. Für

die drei Elemente Kalium, Uran und Thorium bzw. deren Folgenuklide in der Zerfallsreihe im radioaktiven Gleichgewicht werden die folgenden Gammaenergien ausgewertet:

- K-40: Messung Linie bei 1,46 MeV
- Uran-Zerfallsreihe: Messung Bi-214, Linie bei 1,74 MeV
- Thorium-Zerfallsreihe: Messung Tl-208, Linie bei 2,62 MeV

Durch die Änderung der Zahl der Impulse an der lithologischen Schichtgrenze kann die Tiefenlage der Schichtgrenzen festgestellt werden.

Bei der realen Messung werden die gemessene Aktivität und deren Lokalisierung im Bohrprofil neben der Radioaktivität der Gesteinsformation durch weitere Effekte beeinflusst:

- Eigenschaften der Messsonde (Zähleffektivität, Zeitkonstante)
- Verhältnis von Bewegungsgeschwindigkeit der Sonde (v) zur Messzeit t bei der Bestimmung eines Messwertes
- Bohrlochgeometrie (Durchmesser der Bohrung, Veränderungen im Durchmesser, Hohlräume)
- horizontale Position der Sonde im Bohrloch: zentrische exzentrische Messungen (Fehlerquelle durch wechselnde Abstände der Sonde zur Bohrlochwandung)
- Zustand/Ausbau des Bohrlochs (anstehendes Grundwasser, Bohrspülung, Verrohrung)

Aufgrund dieser Einflussfaktoren erfolgt die Auswertung der Gamma-Log-Messungen in der Regel eher qualitativ, d. h. durch die Feststellung der Tiefe in der sich die Zählrate deutlich ändert. Für eine quantitative Auswertung der Messungen ist eine Kalibrierung erforderlich.

Für die o. g. Zwecke wurden deshalb relative Aktivitäten, sogenannte API-Einheiten (**American Petroleum Institut**, Houston Texas), definiert. Eine API-Einheit ist dabei der zweihundertste Teil der Differenz zwischen minimaler und maximaler Impulsrate in Eichbohrungen mit hoher und niedriger Aktivität.

Für die internationale Vergleichbarkeit wurden Betonblöcke als Eichnormal definiert und so die unterschiedlichen Eigenschaften der verwendeten Detektoren eliminiert:

- Betonblock mit radioaktiven Beimengungen 4,07 % Kalium, 24,2 ppm Thorium und 13,1 ppm Uran
- Betonblock ohne radioaktive Beimengungen

Die optimale Kombinationen von Messzeit t und Fahrgeschwindigkeit der Sonde v (Produkt v [m/s] \times t (s)) wird bestimmt durch den Zeitaufwand und die Anforderung an die Genauigkeit. Die üblicherweise verwendeten Parameter ergeben für das Produkt aus v und t rund 0,33 m (vgl. U 49 und dort zitierte Literatur).

Unter optimalen Messbedingungen ist die Tiefenauflösung des Verfahrens von 0,3 m - 0,6 m neben dem Produkt v mal t durch die horizontale Reichweite der Gammastrahlung im Gestein und Messgeometrie bestimmt.

Tabelle 17: Messzeiten und Sondenfahrgeschwindigkeiten bei Gamma-Log-Messungen

Messzeit t [s]	Sondengeschwindigkeit [m/min]	Produkt v x t [m]
1	20	0,33
2	10	0,33
3	6,7	0,33
4	5	0,33

Statt der Messung im Bohrloch ist es auch möglich, mit einer Messanordnung wie in Abbildung 13 die Aktivität der Bohrkernabschnitte zu scannen. Dazu werden die Bohrkernabschnitte durch eine röhrenförmige Bleiabschirmung von ca. 1 m Länge (Eliminierung des Untergrundes der Gammastrahlung), in deren Mitte sich eine Szintillationssonde befindet, geschoben und so abschnittsweise die Zählraten des Bohrkerns bestimmt (vgl. U 54).

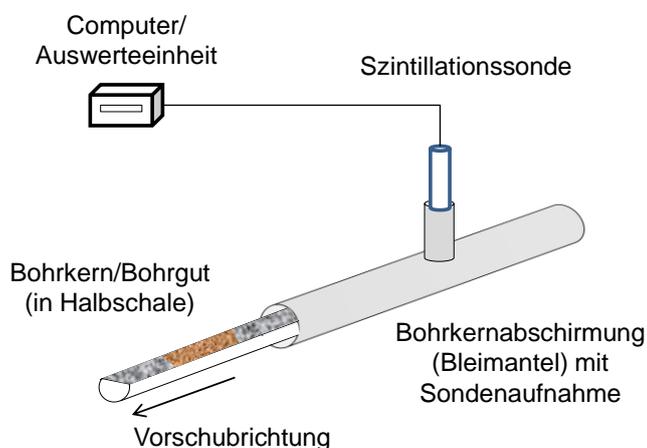


Abbildung 13: Anordnung zur Gamma-Log-Messung bzw. Spektral-Gamma-Log-Messung von Bohrkernen

Spektral-Gamma-Log (SGRL)

Das Messverfahren funktioniert prinzipiell analog zum o. g. Total-Gamma-Log-Verfahren. Es werden aber gleichzeitig alle drei Energien (K, Th, U) mit Hilfe von entweder drei verschiedenen Detektoren (fest eingestelltes Energiefenster) oder mit einem Detektor, verbunden mit einem Vielkanalanalysator wie bei einem Spektrometer, gemessen. Aus den Messergebnissen können mit geeigneter Software die spezifischen Aktivitäten der drei Nuklide berechnet werden. Das Verfahren ist jedoch aufwändiger und die Messsonden sind deutlich größer, sodass der befahrbare Mindestdurchmesser etwa 100 mm beträgt. Außerdem ist der Zeitaufwand wesentlich höher als bei dem Total-Gamma-Log-Verfahren, weil die Sonde zur Messung angehalten werden muss. Aus diesen Gründen ist die Methode bei der Aktivitätsbestimmung für die Vorerkundung oder Erkundung für Baumaßnahmen weniger geeignet. Ein typisches Spektrum zeigt Abbildung 14.

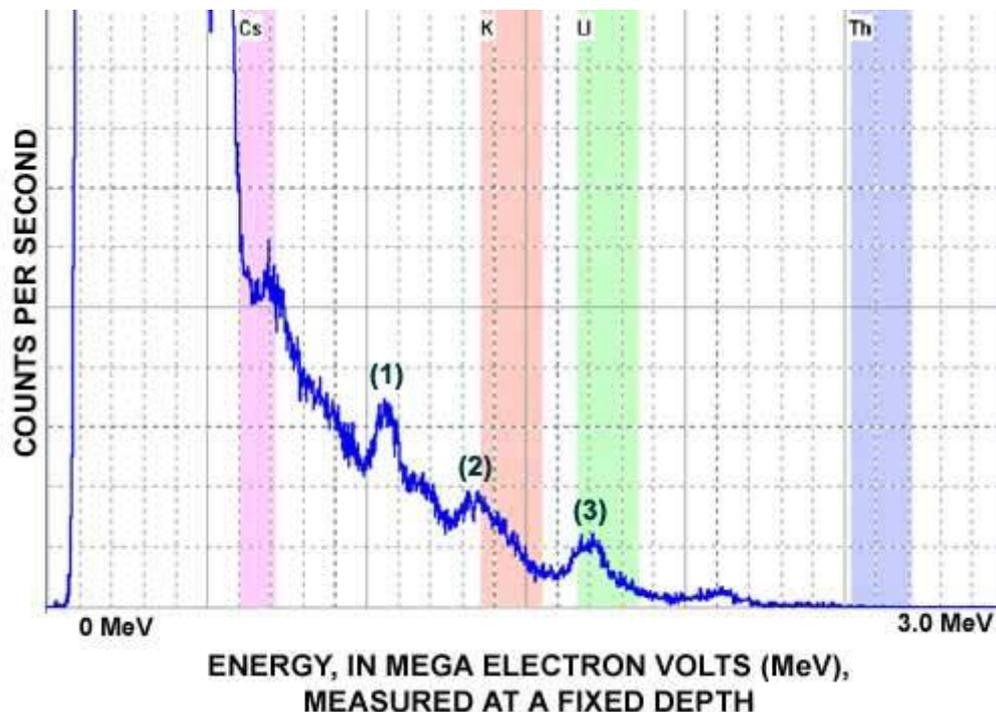


Abbildung 14: Typisches Gammaenergiespektrum eines Spektralgammalogs mit farblicher Kennzeichnung der Energiebereiche der Radionuklide K, U, Th (vgl. U 51)

3. Schnellbestimmungen der spezifischen Aktivität mit ODL- oder Gamma-,Beta-Kontaminationsmessgeräten

Unter bestimmten Voraussetzungen lassen sich die spezifischen Aktivitäten von Radionukliden in Proben von Rückständen gemäß Anlage XII, Teil A StrlSchV durch relativ einfache und schnelle Messverfahren mit ODL-Messgeräten und/oder Kontaminationsmessgeräten vor Ort bei der Erkundung bzw. auf der Baustelle oder im Labor abschätzen.

Das Messverfahren nach U 36 beruht auf Erfahrungen bei einer Vielzahl von Messungen zur Erkundung, des Rückbaus von radioaktiven Kontaminationen und der Freigabe von dekontaminierten Flächen bei der Sanierung von Hinterlassenschaften des Uranerzbergbaus. Auf der Grundlage von U 36 wurde von der Leitstelle für Fragen der Radioaktivitätsüberwachung bei erhöhter natürlicher Radioaktivität (ENORM) des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) die „Messanleitung zur Schnellbestimmung der spezifischen Aktivitäten natürlicher Strahler in NORM-Stoffen erarbeitet (vgl. U 37).

Dazu wird an einer möglichst homogene Proben von rund 0,5-1,0 kg Feuchtmasse in definierter Geometrie (Kunststoffdose mit ca. 350 ml Volumen und ca. 65 cm² Grundfläche) mit einem mobilen ODL-Messgerät die Gesamt-ODL, D^*_{gesamt} und mit einem Kontaminationsmessgerät (Gamma-, Beta-Messgerät) die Gesamtzählrate der Gamma-, und Betastrahlung ($R_{\gamma,\beta}$) sowie die Untergrundzählrate (R_{γ}) durch Abschirmung des Kontaminationsmessgerätes mit einer 4 mm dicken Aluminiumplatte bestimmt (vgl. Abbildung 15).

Zur Ermittlung der Netto-ODL D^* ist zusätzlich die Messung der Untergrund-ODL D^*_{UG} (Messung in gleicher Geometrie ohne Probe) und zur Ermittlung der spezifischen Größen, die Bestimmung der Feuchtmasse der Probe erforderlich. Die Messdauer liegt für alle Messungen je nach Aktivität bei 1-2 Minuten/pro Messung. Für die Abschätzung der spezifischen Aktivität der Rückstände ist, neben den o. g. Schnellmessungen, die Feststellung des Nuklidvektors bzw. des Leitnuklids des Rückstandes und damit die Feststellung des Kalibrie-

nungstyps nach Tabelle 1 in U 37 erforderlich (z. B. durch gammaspektrometrische Analyse einer geringen Anzahl von Proben der Rückstände).

Die Kalibrierungsfaktoren gemäß U 37 sind für die eingesetzten Messgeräte, die Rückstandsarten in Anlage XII; Teil A StrlSchV und deren typische Nuklidverhältnisse anhand von gammaspektrometrisch charakterisierten Proben verschiedener Aktivitäten zu bestimmen. Für Rückstände der Uranerzgewinnung und Aufbereitung gilt gemäß Anlage XII, Teil A StrlSchV, Nr. 3a):

Erz, Haldenmaterial	Nuklidverhältnis U/Ra rund 1:2 (radioaktives Gleichgewicht)
Aufbereitungsrückstände, Tailings	Nuklidverhältnis U/Ra rund 1:20
Urankonzentrat, mobilisiertes Uran im Boden	Nuklidverhältnis U/Ra rund 20:1

Dabei werden die Kalibrierungsfaktoren als Anstieg des linearen Zusammenhangs zwischen spezifischer Aktivität des Leitnuklids aus der Gammaspektrometrie und der Nettozählrate der Beta-Gamma-Messung ($R_{\gamma,\beta} - R_{\gamma}$) in [(Bq s)/kg] bzw. der Netto-ODL in [(Bq h)/nGy] aus einer Serie von Proben einer Rückstandsart mit unterschiedlichen Aktivitäten des Leitnuklides bestimmt.

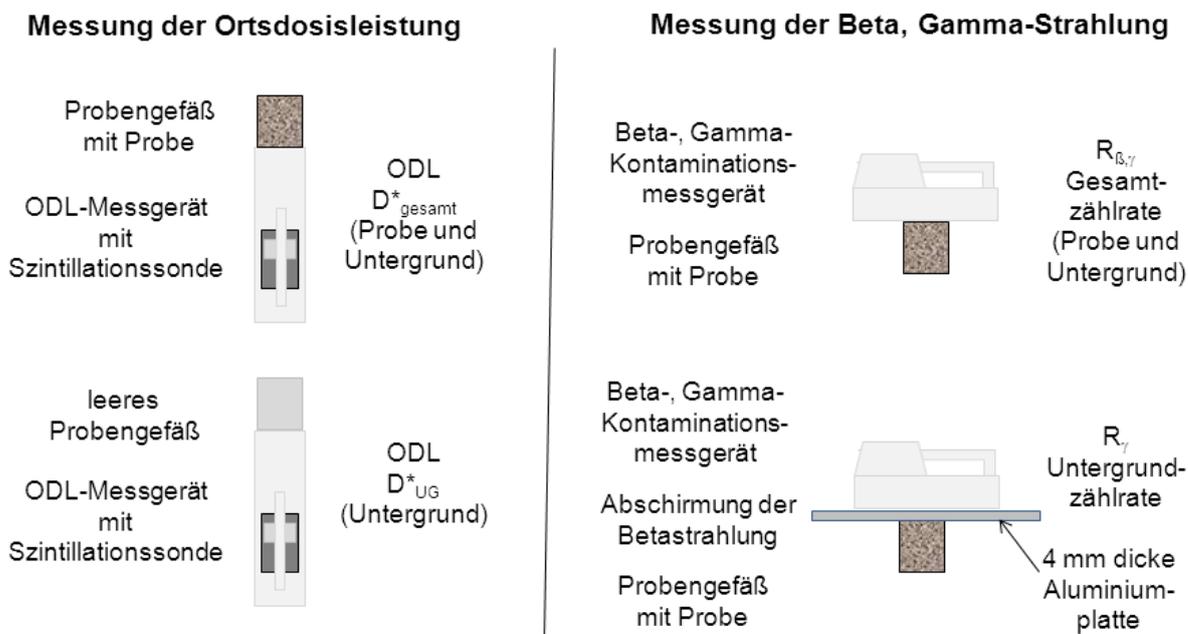


Abbildung 15: Messung der Ortsdosisleistung einer Probe (Gesamt-ODL und Untergrund) mit einem Dosisleistungsmessgerät und der Beta-Gamma-Zählrate bzw. der Gamma-Zählrate mit einem Kontaminationsmessgerät

Für die Bestimmung der üblichen, auf die Trockenmasse bezogenen Aktivitäten können nachträglich im Labor die Trockenfaktoren von definierten Teilproben der untersuchten Rückstände bestimmt werden.

Die Voraussetzung für die Anwendbarkeit der Methode sind ausreichende Homogenität bezüglich Nuklidvektor, Aktivitätsverteilung sowie Dichte und Bodenfeuchte im Probenmaterial. Zur Einhaltung einer Messunsicherheit von ODL und Nettozählraten von <20 % sollte die Messzeit bei niedrigen Gesamtaktivitäten bei

≥120 s liegen. Die Berechnung der spezifischen „Feucht“-Aktivitäten erfolgt je nach Nuklidvektor/Leitnukliden durch die Kombination der gemessenen ODL-Werte und Beta-Gamma-Zählraten mit den entsprechenden Kalibrierfaktoren gemäß U 37. Die wesentlichen Vor- und Nachteile sind nachfolgend zusammengestellt.

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> ■ einfache Ausführung der Messungen, einfache Messtechnik 	<ul style="list-style-type: none"> ■ geringere Genauigkeit der Ergebnisse gegenüber der Gammaskpektrometrie
<ul style="list-style-type: none"> ■ geringer Aufwand zur Bestimmung größerer Probenzahlen im Vergleich zur Gammaskpektrometrie (ODL-, Kontaminationsmessgerät, geeignete Waage) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Kalibrierung für die vorliegende Rückstandsart erforderlich (geeignete Proben mit verschiedenen Aktivitäten und Nuklidverhältnissen für die jeweilige Rückstandsart, Aufwand zur Ermittlung der Kalibrierfaktoren)
<ul style="list-style-type: none"> ■ schnelle Aussagen zu spezifischen Aktivitäten von Rückständen auf der Baustelle z. B. für sanierungsbegleitende und freigabevorbereitende Messungen beim Bodenaustausch 	<ul style="list-style-type: none"> ■ nur auf die Feuchtmasse bezogene spezifische Aktivitäten, für auf die Trockenmasse bezogene spezifische Aktivitäten ist zusätzlich Bestimmung des Trockenfaktors im Labor erforderlich
<ul style="list-style-type: none"> ■ Reduzierung der Anzahl der erforderlichen Proben zur Gammaskpektrometrie 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ausreichende fachtechnische Erfahrung

In Anlehnung an die oben erläuterte Messmethode kann auch die Feststellung von Oberflächenkontaminationen z. B. auf Anstrichen, Putzen von Wänden und Fußböden, Bauteilen sowie Schrott (Rohren, Trägern) durch die direkte Oberflächen-Gesamtaktivitätsmessung der Alpha-/Betastrahlung von festhaftenden und nicht festhaftenden Oberflächenkontaminationen erfolgen. Das ist möglich, solange die erfassbare Schichtdicke für das jeweilige Messverfahren nicht überschritten wird, d. h. ein Zusammenhang zwischen gemessener Oberflächenaktivität und Dicke der kontaminierten Schicht vorhanden ist. Außerdem darf die zu messende Kontamination nicht durch absorbierende Schichten überdeckt sein (vgl. U 17).

Wegen der auf spezifische Aktivitäten bezogenen Werte für die Entlassung von Rückständen aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung und deren Entsorgung ist es erforderlich, den Zusammenhang zwischen Oberflächenkontamination (Messergebnisse in Bq/m²) und spezifischer Aktivität herzustellen.

Die Bestimmung der Volumenaktivität von Kontaminationen der Radionuklide der Uranzerfallsreihe durch Messung oberflächennaher Kontaminationen kann ebenfalls mit einem Kontaminationsmessgerät erfolgen. Dazu sind gammaskpektrometrische Anschlusskalibrierungen verschiedener Standards mit verschiedenen Nuklidverhältnissen und verschiedenen Aktivitäten erforderlich (vgl. U 38, U 39):

4. In-Situ-Gammaskpektrometrie von Flächen

Die In-Situ-Gammaskpektrometrie wird in der Umweltüberwachung für die Bestimmung von Radionuklidgehalten auf der Bodenoberfläche oder im Boden eingesetzt. Die Methode ist geeignet für die schnelle nuklidspezifische Messung von Gammastrahlern.

Die In-Situ-Gammaskpektrometrie wird dabei für eine Reihe von Messaufgaben für künstliche Radionuklide im Zusammenhang mit kerntechnischen Anlagen, aber auch zur Bestimmung der natürlichen Radioaktivität im Boden und zur Überwachung von Deponien mit eingelagerten Rückständen benutzt (vgl. U 56).

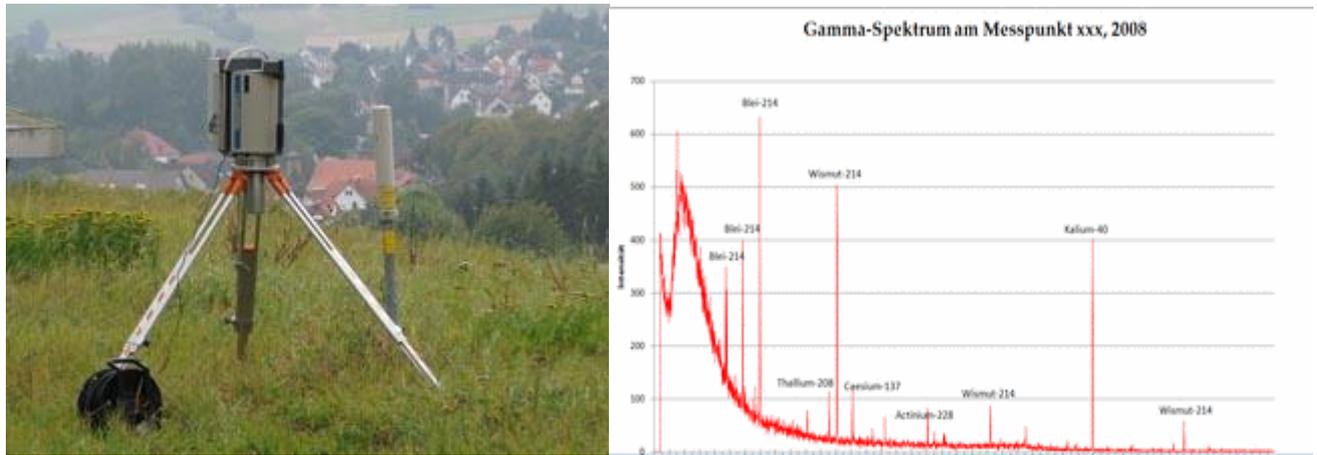


Abbildung 16: In-situ-Gammaspektrometer in Messposition und typisches Spektrum mit Identifizierung einiger natürlicher Radionuklide K-40, Uranzerfallsreihe: Bi-214, Pb-214, Th-Zerfallsreihen (vgl. U 58)

Die typischen unteren Nachweisgrenzen für natürliche Radionuklide im Boden oder auf dem Boden bei homogener Verteilung liegen bei 4 Bq/kg für die U/Ra-Reihe, bei 5 Bq/kg für die Th-Reihe und bei 10 Bq/kg für K-40, (vgl. U 56: Tabelle 2.1).

Die Genauigkeit der Messergebnisse wird durch die Qualität der Kalibrierung beeinflusst. Eine Größe ist dabei die durch Modellrechnung bestimmte Geometriefunktion für die Tiefenverteilung der Aktivität. Folgende Varianten können auftreten:

- gesamte Aktivität auf der Bodenoberfläche (Deposition aus der Atmosphäre)
- homogene Aktivitätsverteilung über die gesamte erfassbare Bodentiefe (Auflagerung einer kontaminierten Schicht)
- exponentielle Abnahme der Aktivität mit der Tiefe (Migration von Radionukliden in den Boden)

Weitere Einflussgrößen sind Bodendichte, -feuchte, -rauigkeit und -bedeckung (Bewuchs, Schnee).

Die Messorte sollten sich möglichst in ebenem oder gleichmäßig geneigtem Gelände mit einem Abstand zu größeren Hindernissen wie Bebauung ≥ 30 m befinden und der Bewuchs sollte nicht höher als 30 cm sein.

Die Abweichungen zwischen In-situ-Gammaspektrometrie und der gammaspektrometrischen Analyse von Laborproben bei ausreichender Kenntnis der Geometrie der Kontamination können bis zu 30 % betragen (vgl. U 57).

Die Vor- und Nachteile der In-Situ-Gammaspektrometrie sind nachfolgend zusammengefasst (vgl. U 17: Teil 1: Abschn. 4.4.2, U 56, U 57).

Vorteile

- kein Aufwand für Probenahme, -aufbereitung, -transport zum Labor und Messung im Labor, keine Beeinflussung der Messergebnisse durch Probenahme und -behandlung, zerstörungsfreie Prüfung
- schnelle Aussagen zu spezifischen Aktivitäten von Rückständen durch Direktmessung, gute Reproduzierbarkeit
- bessere Repräsentativität als bei Untersuchung von einzelnen Bodenproben durch Erfassung relativ großer Bodenflächen bis zu ca. 30 m Radius
- kurze Messzeiten durch Mittelung der Aktivitätskonzentration über vergleichsweise große Bodenflächen
- Bestimmung der nuklidspezifischen Einzelbeiträge der Ortsdosisleistung

Nachteile

- hohe Anforderungen an die Messtechnik, Ausführung der Messungen nur von erfahrenen, qualifizierten Ingenieurbüro/Labor mit entsprechender Messtechnik, hohe Anschaffungskosten der Ausrüstung
- inhomogene horizontale und vertikale Verteilung der Aktivität des Bodens, Abweichungen vom Geometriefaktor innerhalb der Messfläche führen zu Fehlern, Einhaltung der Anforderungen an die Beschaffenheit des Messbereichs (frei von hohem Bewuchs und Hindernissen) sind Voraussetzungen für belastbare Ergebnisse
- ausreichende Gamma-Aktivität erforderlich für praktikable Messzeiten, keine direkte Erfassung von reinen Alpha- oder Beta-Strahlern (U-238) Nukliden ohne Gamma-Anteil
- Vorbelastungen des Bodens durch langlebige Cäsiumnuklide (Kernwaffentests, Tschernobyl-Unfall) sind durch die Subtraktion eines Untergrundspektrums zu eliminieren
- Wenn die Tiefenverteilung der Kontamination nicht erfasst werden kann bzw. unbekannt ist, sind ohne die Bestimmung von Korrekturfaktoren durch Voruntersuchung von Nuklidvektor und Tiefenverteilung der Aktivität keine absoluten Angaben der flächenbezogenen Aktivität möglich.
- Messungen während und unmittelbar nach Niederschlägen sind zu vermeiden (Deposition von Radonfolgeprodukten (vgl. Kapitel 9.1, Pkt. 1.)

Ein Einsatz bei der Beurteilung von Rückständen nach Anlage XII, Teil A StrlSchV wäre nur für großflächige Kontaminationen mit homogener Tiefenverteilung sinnvoll. Die Methode ist für kleinere Bauvorhaben mit inhomogenen Kontaminationen, aber auch wegen der relativ aufwendigen Messtechnik, eher ungeeignet.

5. Gammaspektrometrie von Feststoffproben (Boden, Bauschutt, Abfälle) im Labor

Die Überwachung der Umweltradioaktivität erfolgt üblicherweise hauptsächlich durch Gammaspektrometrie mit Germaniumdetektoren, weil die Mehrzahl der für die Überwachung kerntechnischer Anlagen relevanten künstlichen Radionuklide Gammastrahler sind. Außerdem erlaubt die Gammaspektrometrie durch ihre hohe Energieauflösung die Identifizierung der Einzelnuclide in Feststoffproben ohne aufwendige Probenvorbereitung.

tung oder vorgeschaltete radiochemische Trennoperationen. Die Vorbereitung von Feststoffproben beschränkt sich in der Regel auf die Zerkleinerung auf Korngrößen <2 mm, die Trocknung bis zur Gewichtskonstanz und die Homogenisierung des Probenmaterials. Mit der Gammaskpektrometrie sind mit vertretbarem Aufwand (Messzeit, Abschirmung) Aktivitäten von ≥ 1 Bq/kg mit ausreichender Genauigkeit messbar (vgl. U 59).

Eine Reihe von natürlichen Radionukliden sind jedoch keine Gammastrahler und können nur unter bestimmten Voraussetzungen über ihre Folgenuklide gammaskpektrometrisch bestimmt werden (vgl. U 62). Daraus ergeben sich bestimmte Anforderungen an Messtechnik, Messmethodik und Auswerteverfahren und damit an die Kompetenz des die Messungen ausführenden Labors (vgl. U 62).

Geeignete Mess- und Auswerteverfahren für die Gammaskpektrometrie natürlicher Radionuklide sind, einschließlich Probenahme und Probenvorbereitung für Böden bei der Immissionsüberwachung nach REI-Bergbau, in U 60 und für Baumaterialien (Bewertung von Rückständen nach Kapitel 3 StrlSchV) in U 61 beschrieben.

Es wird von Mindestprobenmengen von 1 kg ausgegangen. Die Erfassungsgrenzen für die Radionuklide Ra-226 und Th-232 liegen bei 10 Bq/kg. Die Messunsicherheit wird mit ca. 10 % für U-238, Ra-226, Ra-228 und Th-228 angesetzt. Die Messunsicherheit für Th-230 und Pb-210 beträgt ca. 20 % (vgl. U 14).

Die Vor- und Nachteile der Gammaskpektrometrie für die Beurteilung von Rückständen nach Kapitel 3 der StrlSchV sind nachfolgend zusammengefasst:

Vorteile	Nachteile
■ hohe Energieauflösung	■ Zerkleinerung, Homogenisierung der Proben erforderlich
■ einzige Methode, die die gleichzeitige Identifizierung und Bestimmung der Einzel-Aktivitäten von Radionukliden aus Nuklidgemischen erlaubt	■ quantitative Bestimmung der Aktivität einiger natürlicher Radionuklide (z. B. U-238, Th-232, Ra-228) nur über ihre Folgenuklide möglich, Voraussetzung: eingestelltes radioaktives Gleichgewicht
■ keine radiochemische Probenvorbereitung erforderlich	■ erhöhte Anforderungen an die Kompetenz des Labors

Die Gammaskpektrometrie ist die effektivste Methode zur Bestimmung des Nuklidvektors und im allgemeinen die Methode der Wahl für die Gewinnung der erforderlichen Informationen zur Entlassung von Rückständen aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung auf der Grundlage der Aktivitäten der Nuklide der Uran- und Thorium-Zerfallsreihe. Für die Kalibrierung der Schnellmethoden gemäß Anhang 9.1 Nr. 4 und die Kontrolle von anderen „Feld“-Messungen ist die Gammaskpektrometrie ebenfalls erforderlich.

6. Konventionelle Messverfahren zur Bestimmung der Uran- und Thorium-Konzentration

Neben den bisher aufgeführten Methoden zur Konzentrationsbestimmung der Radionuklide der Uranzerfallsreihe im Feststoff können die Elemente Uran und Thorium auch durch einige „konventionelle“ spektroskopische Verfahren bestimmt werden. Die wichtigsten Methoden sind die Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) und die Massenspektroskopie mit induktiv gekoppeltem Plasma (Inductively coupled plasma mass spectrometry, ICP-MS).

a) Röntgenfluoreszenzanalyse

Bei der Bestrahlung von Atomen einer Probenmatrix mit Elektronen oder Röntgenquanten (primäre Strahlung) werden Röntgenquanten mit diskreten Energien emittiert (sekundäre Röntgenstrahlung). Das emittierte Spektrum ist abhängig von den Ordnungszahlen der angeregten Elemente und damit zur Identifikation geeignet. Die Intensität der Röntgenlinien ist der Menge der Elemente in der Probe proportional. Damit ist die Konzentration des Elements ermittelbar. Grundlegende Informationen zu Methode und physikalischen Hintergrund sind u. a. aus U 63 zu entnehmen.

Mit der Methode können mehrere Elemente mit Ordnungszahlen im Bereich $Z = 5$ (Bor) bis $Z = 92$ (Uran) gleichzeitig und zerstörungsfrei untersucht werden. Die Unterscheidung verschiedener Isotope ist nicht möglich. Die Untersuchung erfasst nur die Probenoberfläche. Mit speziellen Methoden werden Eindringtiefen von einigen Mikrometern erreicht. Die Analysenzeiten sind kurz, die Spektren relativ leicht auszuwerten. Mit der Anzahl der in der Probe enthaltenen Elemente und dem Anteil der Matrixkomponenten gegenüber den gesuchten Elementen steigen allerdings Schwierigkeiten und Aufwand für eine quantitative Auswertung, d. h. für die ausreichend genaue Bestimmung der Konzentrationen der zu analysierenden Elemente an.

Die Röntgenfluoreszenzspektrometrie erlaubt die direkte Untersuchung von Feststoffproben (ebene Oberflächen oder pulverförmig, pastös) und flüssigen Proben. Die erforderlichen Probenmengen sind mit 1-5 g gering. Die Probenvorbereitung beschränkt sich im Wesentlichen auf die Homogenisierung des Probenmaterials und das Herstellen von Proben-tabletten (Pulver- oder Schmelz-tabletten). Chemische Aufschlüsse sind in der Regel nicht erforderlich.

Die Nachweisgrenzen hängen von der Probenzusammensetzung (Ordnungszahlen der Elemente) ab. Für schwere Elemente wie Uran und Thorium in leichter Matrix (z. B. Silikate) werden Nachweisgrenzen von 0,1 ppm angegeben. Proben mit komplexer Matrix (mehrere Elemente mit ähnlicher Ordnungszahl wie die zu analysierenden Elemente) und hohe Massenanteile erfordern erhöhten Aufwand zur Kalibrierung oder Arbeiten mit inneren Standards. Die Methode ist auch für Screeningmessungen unter Feldbedingungen geeignet. Von verschiedenen Anbietern existieren pistolenförmige batteriebetriebene Handgeräte. Es werden allerdings zum Teil Nachweisgrenzen für Uran von ca. 5-10 mg/kg angegeben.

b) Induktiv gekoppelte Plasma-Massenspektroskopie (ICP-MS)

Die Methode beruht auf der massenspektrometrischen Analyse eines aus der zu analysierenden Probe erzeugten Argon-Plasmas als Ionenquelle. Nähere Erläuterungen zur physikalischen Funktionsweise sind aus U 64 zu entnehmen.

ICP-MS erlaubt die simultane Bestimmung mehrerer Elemente und deren Isotope im Ordnungszahlbereich zwischen 10 (Natrium) und 92 (Uran). Die Methode zeichnet sich durch Nachweisgrenzen im Bereich von Nanogramm pro Liter (ng/l) für die meisten Elemente des Periodensystems und einen großen linearen Bereich zwischen Konzentration und Signalstärke von 0,1 ng/l bis 100 mg/l aus. Weitere Vorteile sind kurze Messzeiten und die weite Verbreitung der Technik in den Analytiklabors.

Nachteile sind vor allem die erforderlichen Probenvorbereitungen (Totalaufschlüsse) für Feststoffproben. Außerdem stören hohe Konzentrationen anderer Elemente (Matrixeffekte) oder die Signalüberlagerung mit Isotopen ähnlicher oder gleicher Massenzahlen (z. B. U-234, Th-234).

In U 65 wurden z. B. für die Bestimmung von Uran im Königswasseraufschluss von Bodenproben Nachweisgrenzen (NWG) von 2,0 mg/kg und Bestimmungsgrenzen (BG) von 5,9 mg/kg U_{nat} erreicht. Das entspricht spezifischen Aktivitäten von ca. 25 Bq/kg bzw. ca. 75 Bq/kg.

9.2 Checklisten

Übersicht zur Gliederung

Checkliste	Baumaßnahme	Genehmigung	Verwertungs-/Beseitigungsweg	Modul, Inhalt
9.2.1 Teil 1, 2	Straßen- und Wegebau	alle	alle	Voruntersuchung und Radiologischer Bericht, Radiologisches Gutachten
9.2.1 Teil 3 a, 4 a		VOAS, HaldAO	Wiedereinbau	Genehmigungsantrag, messtechnische Überwachung, Abschlussbericht
9.2.1 Teil 3 b, 4 b			Verwertung bei Sanierung der Wismut GmbH	
9.2.1 Teil 3 c, 4 c		Entlassung nach StrlSchV	Deponierung zusammen mit anderen Rückständen, Abfällen oder Verwertung entsprechend Anl. XII, Teil B und Teil D StrlSchV	
9.2.2 Teil 1, 2	Sanierung von Flächen bzw. Baumaßnahmen auf kontaminiertem Untergrund	alle	alle	
9.2.2 Teil 3 a, 4 a		VOAS, HaldAO	Wiedereinbau	Genehmigungsantrag, messtechnische Überwachung, Abschlussbericht
9.2.2 Teil 3 b, 4 b			Verwertung bei Sanierung der Wismut GmbH	
9.2.2 Teil 3 c, 4 c		Entlassung nach StrlSchV	Deponierung zusammen mit anderen Rückständen, Abfällen oder Verwertung entsprechend Anl. XII, Teil B und Teil D StrlSchV	
9.2.3 Teil 1, 2	Gebäudeabbruch, Gebäudesanierung	alle	alle	
9.2.3 Teil 3 a, 4 a		VOAS, HaldAO	Wiedereinbau	Genehmigungsantrag, messtechnische Überwachung, Abschlussbericht
9.2.3 Teil 3 b, 4 b			Verwertung bei Sanierung der Wismut GmbH	
9.2.3 Teil 3 c, 4 c		Entlassung nach StrlSchV	Deponierung zusammen mit anderen Rückständen, Abfällen oder Verwertung entsprechend Anl. XII, Teil B und Teil D StrlSchV	

9.2.1 Checklisten Straßen- und Wegebaumaßnahmen

Baumaßnahme	Straßen- und Wegebau
Allgemeiner Teil 1, 2	Voruntersuchungen und Radiologischer Bericht, Radiologisches Gutachten

Teil 1: Voruntersuchung und Radiologischer Bericht

Ziel: Recherche, Zusammenfassung und Bewertung relevanter Informationen zum möglichen Auftreten radioaktiver Stoffe

1.1 Auswertung von Verkehrswegeplanung, Planungsverfahren, Bauleitplanungen und Planfeststellungsverfahren

- Hinweise von Bauämtern der Landkreise, Städte und Gemeinden:
 - Verdacht auf radioaktive Kontaminationen im geplanten Bebauungsbereich
 - Art, Herkunft des Materials
 - Nuklidvektor

1.2 Auswertung von Baugrundgutachten und Altlastenuntersuchungen

- **historische Nutzung** Baugebiet und Umgebung:
 - Nutzung von bergbaulichen Rückständen und Aufbereitungsrückständen im Bereich des Unterbaus und als Zuschlagstoffe für Asphalt und Beton im Bereich von Verkehrsflächen
 - Anlagen und Verfahren
- **gegenwärtiger Zustand und Nutzung** von Baugebiet und Umgebung:
 - Verdachtsflächen, kontaminierte Bereiche
 - Schadstoffinventar
 - Ausbreitungspfade, betroffene Schutzgüter
- regionale und lokale geologische Situation
- **stratigrafischer Aufbau des Untergrundes:**
 - Auswertung von Schichtenverzeichnissen (Bohrungen, Bohrsondierungen, Grundwassermessstellen, Schürfen)
- **geotechnische Charakterisierung der Baugrundverhältnisse:**
 - Bodenarten
 - Korngrößenverteilung
 - Lagerungsdichte
 - Konsistenz
 - Wasserdurchlässigkeit
- **Hinweise auf radioaktiv kontaminierte Bereiche** durch Ausweisung von Auffüllungen und der organoleptischen Charakterisierung (Farbe, Geruch) der erkundeten Schichten:
 - Tragschicht, Frostschuttschicht (Haldenmaterial, Tailings)
 - Bettung von Leitungen, Verfüllung von Gräben (Tailings, Asche, Schlacke)
 - Verwendung in Dämmen, Sicht- und Lärmschutzbauwerken, Verfüllung von Einschnitten, Hinterfüllung von Bauwerken z. B. Brückenwiderlager
 - Verlauf von Medien, Abwasserleitungen (Rückverfüllungsmaterial)
 - andere
- **Untersuchungen zur chemischen Zusammensetzung** von Böden und Auffüllungen

- **Ableitung von Hinweisen auf Kontaminationen** durch bergbauliche Hinterlassenschaften, insbesondere infolge erhöhter Konzentrationen von:
 - Arsen
 - Schwermetallen
 - Eisen
 - niedrigen pH-Werten (Oxidation von Sulfiden, Arseniden)
- **hydrologische, hydrogeologische Verhältnisse:**
 - Grundwasserstände mit Schwankungsbreiten
 - potentielle Ausbreitungsrichtung mobiler Kontaminationen (Grundwasserfließrichtung, Flurabstand, Abstandsgeschwindigkeit)
 - u. U. chemische Zusammensetzung von Grund- und Sickerwässern

1.3 Durchführung einfacher orientierender radiologischer Untersuchungen

- **Messung der Gamma-Ortsdosisleistung:**
 - unversiegelte Flächen – Wege, Straßen geringer Breite: z. B. auf beiden Seiten der versiegelten Trasse, versetzt im 10 m Abstand in 1 m über dem Untergrund
 - unversiegelte Flächen – größere Flächen: im 10 m x 10 m-Raster in 1 m über dem Untergrund
 - versiegelter Bereich – in Abhängigkeit der Flächengröße s. o.: Feststellung radioaktiver Zuschlagsstoffe zu Asphalt, Beton des Oberbaus
- **Messung der Zählrate oder der Gamma-Ortsdosisleistung vorhandener Proben**, insbesondere von Auffüllungen aus Tiefenaufschlüssen
- **erkundungsbegleitende Gamma-Bohrlochmessungen** bei Baugrundgutachten, Altlastuntersuchungen
- **Bestimmung der spezifischen Aktivität durch Gammaskpektrometrie** an wenigen ausgewählten Proben

1.4 Radiologischer Bericht: Zusammenfassung und Bewertung der recherchierten Angaben und radiologischen Messungen

- **Zusammenfassung der Informationen** innerhalb des Begutachtungsgebietes
- **Darstellung der Lokalisierung potentieller radioaktiver Stoffe**
 - Lagepläne (Lage, Ausdehnung)
 - Schnitte (Tiefenerstreckung, Mächtigkeit)
- **Entscheidung über die weitere Vorgehensweise:**
Sind radioaktive Stoffe mit spezifischen Aktivitäten $C > 0,2 \text{ Bq/g}$ zu erwarten bzw. nicht auszuschließen?
 - ja: Radiologisches Gutachten erforderlich
 - nein: keine strahlenschutzfachliche Untersuchung, kein strahlenschutzrechtlicher Antrag erforderlich.

Teil 2: Radiologisches Gutachten

Ziel: Charakterisierung der radiologischen Eigenschaften und der Menge der radioaktiven Stoffe im Bereich der Baumaßnahme

2.1 Darstellung und Bewertung der Ergebnisse des Radiologischen Berichtes

- Zusammenfassung aller radiologisch relevanten Informationen zu Radioaktivität, Altlasten- und Baugrunduntersuchungen sowie sonstigen Erkundungen (vgl. Teil 1)

2.2 Ergänzende radiologische Untersuchungen

- **Messung der Gamma-Ortdosisleistung**
 - unversiegelte Flächen: Bankette, Randstreifen, offene Entwässerungsbereiche etc.
 - versiegelte Flächen: Verkehrsflächen mit Verdacht auf Verwendung radioaktiver Stoffe als Zuschlagstoffe für Asphalt, Beton etc.
- **tiefenorientierte Probenahme** im Rand- und Trassenbereich bis unterhalb des Eingriffsbereichs des Unterbaus (z. B. Aushubsole eines geplanten Bodenaustausches im natürlichen Untergrund)
- **Aufschlussdichte: mindestens 2-5 Aufschlüsse pro 100 m Trassenlänge** bei Trassenbreiten bis 12 m
- Erhöhung der Aufschlussdichte bei inhomogenen Verhältnissen
- **gammaskopimetrische Untersuchung von Bodenproben** oder Schnellbestimmungen (vgl. Abschlussbericht, Anhang 9.1)
- **Mindestprobenzahl pro Charge** volumenbezogen in Anlehnung an die LAGA PN 98 (vgl. Abschlussbericht: Tabelle 13):
 - für <100 m³: mindestens 4 Laborproben aus 4-5 Einzelproben
 - für jede weitere 100 m³ bis 600 m³: mindestens eine weitere Laborprobe aus 4-5 Einzelproben
 - >600 m³ für jedes weitere Volumen bis 300 m³: mindestens 1 Laborprobe aus 4-5 Einzelproben pro 100 m³ (12-15 Einzelproben pro 300 m³)
- Erhöhung der Probenzahl bei stark inhomogenen Verhältnissen
- **Charakterisierung der radioaktiven Kontaminationen** hinsichtlich:
 - Nuklidvektor
 - Leitnuklid
 - repräsentativer Ermittlung der spezifischen Aktivitäten (bevorzugt durch Gammaskopimetrie)
- **Feststellung flächenhafter Verbreitung** und Tiefenerstreckung von radioaktiven Stoffen im Baugebiet
- **Abgrenzung von Chargen** auf Grundlage von unterschiedlichen Nuklidvektoren und/oder Aktivitätsniveaus zur Optimierung der Entsorgungswege für radioaktive Stoffe

2.3 Darstellung und Bewertung der Ergebnisse

- Darstellung der Ergebnisse in maßstabsgerechten **Lageplänen und Schnitten** mit Kennzeichnung von:
 - Baugebiet
 - Lage, Ausbreitung, Tiefe und Mächtigkeit der radioaktiven Kontaminationen
- Beurteilung der **Überschreitung von Freigrenze** und **Überwachungsgrenzen**
- **Ermittlung/Abschätzung** der zu erwartenden **Mengen** für die Chargen
- Benennung/**Empfehlung der möglichen Entsorgungswege** für jede Charge und des dazu erforderlichen Genehmigungsantrags (vgl. Abschlussbericht: Abbildung 10)

Baumaßnahme	Straßen- und Wegebau
Strahlenschutzantrag	Genehmigung zum Umgang mit radioaktiven Stoffen nach VOAS, HaldAO
Verwertung/Beseitigung	Wiedereinbau im Baustellenbereich
Teil 3 a, 4 a	Genehmigungsantrag, messtechnische Überwachung und Abschlussbericht

Teil 3 a: Antrag zur Genehmigung des Umgangs mit radioaktiven Stoffen nach VOAS, HaldAO

Voraussetzung für die Erteilung einer Genehmigung zum Umgang mit radioaktiven Stoffen durch das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie ist das Einreichen eines entsprechenden Genehmigungsantrages mit den nachfolgend aufgeführten Inhalten:

3.1 Antragsteller und Adressat der Genehmigung

- Bauherr, Grundstückseigentümer (Ansprechpartner, Beauftragte, Vertreter des Bauherrn):
 - Namen (**juristische Person:** Gemeinde, Zweckverband etc., **natürliche Person:** Herr/Frau, Titel, Vor-/Zuname)
 - Adresse (Straße, Haus-Nr., PLZ, Ort)
 - Telefon-Nr.
 - E-Mail
 - rechtsgültige Unterschrift des Bauherrn, Grundstückseigentümers
 - Sind Bauherr und Grundstückseigentümer nicht identisch, stellt und unterschreibt der Bauherr den Antrag und fügt eine schriftliche Einverständniserklärung des Grundstückseigentümers bei.

3.2 Beauftragte Firmen

- **mit den Arbeiten beauftragte Firmen**, sofern zum Zeitpunkt der Antragstellung bereits bekannt (Namen, Adressen, Telefon-Nr., E-Mail):
 - Planer
 - Bauleitung/Oberbauleitung
 - Ingenieurbüros für die strahlenschutzfachliche Baubegleitung und Durchführung der radiologischen Messungen
 - ausführende Baufirmen

3.3 Beschreibung des Bauvorhabens

- **Kurzbeschreibung:**
 - Ziel des Bauvorhabens
 - beabsichtigter Umfang der Arbeiten (Neubau, Verlegung, Ertüchtigung, grundhafte Erneuerung der Verkehrsflächen)
- **betroffene Flächen:**
 - Gemarkungen
 - Flurstücksnummern
 - Koordinaten (Hochwert, Rechtswert)
- **Lagepläne** mit Kennzeichnung von:
 - Grundstücksgrenzen, Baufeldgrenzen
 - Trassen, Bauwerken
 - Eingriffsbereichen und Teilmaßnahmen (Flächen, Tiefen)

3.4 Antragsgegenstände und Begründung der Antragstellung

- **Antragsgegenstände** zum Umgang mit radioaktiven Stoffen:
 - Eingriff (z. B. Abtrag, Aushub, Bodenaustausch)
 - Seitenlagerung
 - Wiedereinbau im Bereich der Baumaßnahme
- **Rechtfertigung des Umgangs:** Begründung des Nutzens der Arbeiten (langfristige Verringerung der Strahlenexposition für Personen der Bevölkerung)
- **betroffene Flächen** mit Eingriff in radioaktive Stoffe:
 - Eingriffsbereiche mit Lage und Tiefe sowie Verlauf der Verkehrswegetrassen
 - Einschnitte
 - Bauwerke (Brückenwiderlager o. ä.) und Nebeneinrichtungen einschließlich Verlauf von Medien-trassen
 - Bereiche mit Geländeregulierungen
- **Lage- und Aufschlussplan** mit:
 - Probenahmeorte
 - Bebauungsbereiche
 - Schnittverläufe
- **Bodenprofile, Schichtenverzeichnisse der Aufschlüsse:**
 - organoleptische Ansprache
 - Beschreibung der radioaktiven Stoffe
- **spezifische Aktivitäten** entsprechend **Radiologischem Gutachten** zur Abgrenzung von Bereichen mit unterschiedlichen Aktivitäten:
 - Daten zu ODL-Messungen
 - repräsentative spezifische Aktivitäten
 - Identifikation der Leitnuklide
 - Angaben zur Flächen- und Tiefenverteilung der Kontamination
 - Unterteilung in Chargen, falls erforderlich
- **Massenarten/Chargen mit Mengen** (Massen/Volumina) entsprechend Radiologischem Gutachten

3.5 Verwertungsweg: Wiedereinbau im Baustellenbereich

Materialien mit spezifischen Aktivitäten von 0,2 Bq/g bis 1,0 Bq/g

- **Charakterisierung des** beabsichtigten **Wiedereinbaus:**
 - Flächen (Lageplan)
 - Tiefenbereiche (Schnitte)
 - Mächtigkeiten (Schnitte)
 - Volumina (Massenbilanz)
 - Überdeckung (Material, Mächtigkeit)
 - weitere Nutzung
- **Seitenlagerung** von radioaktiven Stoffen:
 - Ausweisung der Fläche (Lageplan)
 - Zugangssicherung
 - Schutzmaßnahmen gegen Versickerung
 - Schutzmaßnahmen gegen Austrag, Verbreitung

Hinweise

- Der Wiedereinbau ist nur sinnvoll in Bereichen, in die voraussichtlich nicht wieder eingegriffen wird (z. B. in Trag- und Frostschutzschichten, Lärmschutzwälle, Hinterfüllungen von Verkehrsbauwerken wie Brücken), nicht jedoch bei Medientrassen oder dergleichen.
- Jeder erneute Eingriff in radioaktive Stoffe erfordert eine neue Strahlenschutzgenehmigung.

Materialien mit spezifischen Aktivitäten > 1,0 Bq/g

Der Wiedereinbau ist nur bei Nachweis der Einhaltung des 1 mSv/a-Kriteriums für die Exposition von Personen aus der Bevölkerung genehmigungsfähig. Dazu ist durch ein fachkundiges Ingenieurbüro eine Expositions-betrachtung unter Einbeziehung aller relevanten Expositionspfade zu erarbeiten und den Antragsunterlagen beizufügen (vgl. Anlage XII, Teil D StrlSchV).

Teil 4 a: Messtechnische Überwachung und Abschlussbericht

4.1 Ablauf der strahlenschutzrechtlich genehmigten Arbeiten

- unverzügliche **Anzeige des Beginns der strahlenschutzrechtlich genehmigten Arbeiten** bei der zuständigen Strahlenschutzbehörde
- **messtechnische Überwachung** gemäß den Anforderungen im Genehmigungsbescheid
- **unverzügliche Information der Strahlenschutzbehörde über** während der Bauausführung auftretende, im Vergleich zum erteilten Genehmigungsbescheid **veränderte radiologische Sachverhalte** (Auffinden weiterer radioaktiver Stoffe, veränderte betroffene Flächen bzw. erhöhte Mengen zum Wiedereinbau, erhöhte spezifische Aktivitäten, gravierende Veränderung des Nuklidvektors usw.)
- unverzügliche **Anzeige des Endes der strahlenschutzrechtlich genehmigten Arbeiten** bei der zuständigen Strahlenschutzbehörde
- Übergabe des **Abschlussberichts** zur messtechnischen Baubegleitung und Verwertung/Beseitigung der radioaktiven Stoffe bis spätestens 3 Monate nach Abschluss der Baumaßnahme

4.2 Messtechnische Überwachung der Arbeiten und ihre Dokumentation in einem Abschlussbericht gemäß den Nebenbestimmungen im Genehmigungsbescheid

Ziel: Nachweis der genehmigungskonformen Durchführung der Arbeiten und der ordnungsgemäßen Verwertung der Rückstände

- **ODL-Messung** des Aushubplanums im Bereich der rückgebauten Kontaminationen (Datum der Messung, Lage des Messortes, Höhe, ODL-Werte) zum **Nachweis** von Ort und Aktivität **zurückgelassener radioaktiver Stoffe**
- Nachweise zu **wiedereingebauten radioaktiven Stoffen**
 - Lageplan mit Angaben zum Wiedereinbau
 - Volumen (Vermessung der Lage, Höhe und Mächtigkeit)
 - Koordinaten (Hochwert, Rechtswert) und Höhen der Umgrenzung des „Wiedereinbaukörpers“ als digitale Daten
- **ODL-Messung** (Datum der Messung, Lage, Höhe, Messort, ODL-Werte) auf der Oberfläche der wiedereingebauten radioaktiven Stoffe (Tragschicht, Frostschutzschicht, Hinterfüllung) **vor der Überdeckung**
- **ODL-Messung** (Datum der Messung, Lage, Messort, ODL-Werte) im betroffenen Bereich **nach Fertigstellung der Baumaßnahme**
- **Freigabemessung der Fläche einer genehmigten Seitenlagerung** nach Entfernung der radioaktiven Stoffe, je nach Nebenbestimmung durch:
 - ODL-Messung
 - Gammaskopimetrie von Bodenproben

- andere
- Übergabe der Messdaten an das LfULG entsprechend der Excel-Format-Vorlage „Vorlage ODL“ (verfügbar unter <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/strahlenschutz/22429.htm>)

4.3 Erfüllung der Nebenbestimmungen im strahlenschutzrechtlichen Genehmigungsbescheid

- **Nachweis der Strahlenschutzbelehrung** aller Beschäftigten der ausführenden Firmen einschließlich Nachauftragnehmer (Dritte):
 - Belehrungsinhalte
 - von den Teilnehmern unterschriebene Belehrungsnachweise
- **Expositionsminimierung** (Aufenthaltsminimierung)
- **Staubschutz** (bei Bedarf Befeuchtung)
- **Verhinderung des Austrags radioaktiver Stoffe** aus dem Baustellenbereich in die Umwelt bzw. umgehende Beseitigung von Austrägen (öffentlicher Verkehrsraum, Baustellenausfahrt)

Hinweis:

- ODL-Messungen: üblicherweise im Messraster von maximal 10 m x 10 m in 1 m Höhe über dem Untergrund

Baumaßnahme	Straßen- und Wegebau
Strahlenschutzantrag	Genehmigung zum Umgang mit radioaktiven Stoffen nach VOAS, HaldAO
Verwertung/Beseitigung	Verwertung bei der Sanierung anderer Hinterlassenschaften (Halde 371/IAA Helmsdorf der Wismut GmbH)
Teil 3 b, 4 b	Genehmigungsantrag, messtechnische Überwachung und Abschlussbericht

Teil 3 b: Antrag zur Genehmigung des Umgangs mit radioaktiven Stoffen nach VOAS, HaldAO

Voraussetzung für die Erteilung einer Genehmigung zum Umgang mit radioaktiven Stoffen durch das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie ist das Einreichen eines entsprechenden Genehmigungsantrages mit den nachfolgend aufgeführten Inhalten:

3.1 Antragsteller und Adressat der Genehmigung

- Bauherr, Grundstückseigentümer (Ansprechpartner, Beauftragte, Vertreter des Bauherrn):
 - Namen (**juristische Person**: Gemeinde, Zweckverband etc., **natürliche Person**: Herr/ Frau, Titel, Vor-/Zuname)
 - Adresse (Straße, Haus-Nr., PLZ, Ort)
 - Telefon-Nr.
 - E-Mail
 - rechtsgültige Unterschrift des Bauherrn, Grundstückseigentümers
 - Sind Bauherr und Grundstückseigentümer nicht identisch, stellt und unterschreibt der Bauherr den Antrag und fügt eine schriftliche Einverständniserklärung des Grundstückseigentümers bei.

3.2 Beauftragte Firmen

- **mit den Arbeiten beauftragte Firmen**, sofern zum Zeitpunkt der Antragstellung bereits bekannt (Namen, Adressen, Telefon-Nr., E-Mail):
 - Planer
 - Bauleitung/Oberbauleitung
 - Ingenieurbüros für die strahlenschutzfachliche Baubegleitung und Durchführung der radiologischen Messungen
 - ausführende Baufirmen

3.3 Beschreibung des Bauvorhabens

- **Kurzbeschreibung:**
 - Ziel des Bauvorhabens
 - beabsichtigter Umfang der Arbeiten (Neubau, Verlegung, Ertüchtigung, grundhafte Erneuerung der Verkehrsflächen etc.)
- **betroffene Flächen:**
 - Gemarkungen
 - Flurstücksnummern
 - Koordinaten (Hochwert, Rechtswert)

- **Lagepläne** mit Kennzeichnung von:
 - Grundstücks-, Baufeldgrenzen
 - Trassen, Bauwerken
 - Eingriffsbereichen und Teilmaßnahmen (Flächen, Tiefen)

3.4 Antragsgegenstände und Begründung der Antragstellung

- **Antragsgegenstände** zum Umgang mit radioaktiven Stoffen
 - Eingriff (z. B. Abtrag, Aushub, Bodenaustausch)
 - Transport
 - Verwertung bei der Sanierung einer anderen Hinterlassenschaft (Halde 371/IAA Helmsdorf der Wismut GmbH)
- **Rechtfertigung des Umgangs:** Begründung des Nutzens der Arbeiten (langfristige Verringerung der Strahlenexposition für Personen der Bevölkerung)
- **betroffene Flächen** mit Eingriff in radioaktive Stoffe:
 - Eingriffsbereiche mit Lage und Tiefe sowie Verlauf der Verkehrswegetrassen
 - Einschnitte
 - Bauwerke (Brückenwiderlager o. ä.) und Nebeneinrichtungen einschließlich Verlauf von Medien-trassen
 - Bereiche mit Geländeregulierungen
- **Lage- und Aufschlussplan** mit:
 - Probenahmeorte
 - Bebauungsbereiche
 - Schnittverläufe
- **Bodenprofile, Schichtenverzeichnisse der Aufschlüsse:**
 - organoleptische Ansprache
 - Beschreibung der radioaktiven Stoffe
- **spezifische Aktivitäten** entsprechend **Radiologischem Gutachten** zur Abgrenzung von Bereichen mit unterschiedlichen Aktivitäten:
 - Daten zu ODL-Messungen
 - repräsentative spezifischen Aktivitäten
 - Identifikation der Leitnuklide
 - Angaben zur Flächen- und Tiefenverteilung der Kontamination
 - Unterteilung in Chargen, falls erforderlich
- **Massenarten/Chargen mit Mengen** (Massen/Volumina) entsprechend Radiologischem Gutachten

3.5 Verwertungsweg: Verwertung bei der Sanierung einer anderen Hinterlassenschaft

- Ausweisung der Volumina bzw. Massen zur Verwertung
- Einholung und Vorlage einer Annahmeerklärung der Wismut GmbH

Verwertung bei der Wismut GmbH – Halde 371

- Einhaltung der **Annahmebedingungen**:
 - Materialien mit spezifischen Aktivitäten bis 2,0 Bq/g mit Radionukliden der natürlichen Zerfallsreihe im radioaktiven Gleichgewicht
 - Haldenmaterial
 - Steine und Erden, Schotter, Kies
 - Beton, Putz, Ziegel, Mörtel
 - Schlacken, soweit diese aus Bodenaushüben bei Sanierungs- und Interventionsmaßnahmen anfallen
 - Abfälle aus dem Abbau von metallhaltigen Mineralien, die bei Sanierungs- und Interventionsmaßnahmen anfallen
 - Abfälle aus der Nachbearbeitung von metallhaltigen Mineralien, die bei Sanierungs- und Interventionsmaßnahmen anfallen

Verwertung bei der Wismut GmbH – IAA Helmsdorf

- Einhaltung der **Annahmebedingungen**:
 - Materialien mit Radionukliden der natürlichen Zerfallsreihe außerhalb des radioaktiven Gleichgewichts
 - auch Materialien mit spezifischen Aktivitäten > 2,0 Bq/g
 - In der Regel ist nur die Annahme von Aufbereitungsrückständen und radioaktiven Stoffen aus dem Stadtgebiet Zwickau möglich.
 - In Ausnahmefällen ist, vorbehaltlich der Zustimmung der Stadt Zwickau, auch die Einlagerung von Materialien mit Radionukliden der natürlichen Zerfallsreihe außerhalb des radioaktiven Gleichgewichts aus anderen sächsischen Gebieten möglich.

Hinweise

- Zusätzlich zu den Annahmekriterien für Radioaktivität und Strahlenschutz sind auch alle abfallrechtlichen und sonstigen gültigen Regularien und Annahmebedingungen einzuhalten.
- Können die Annahmekriterien nicht erfüllt werden, muss die Verwertung/Beseitigung nach Regeln und Festlegungen der StrlSchV erfolgen. Beim Überschreiten des für den gewählten Entsorgungsweg geltenden Überwachungswerts, ist ein Antrag zur Entlassung der Rückstände aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung zu stellen (vgl. Checkliste 9.2.1, Teil 3 c, Teil 4 c).

Teil 4 b: Bauablauf, messtechnische Überwachung und Abschlussbericht

4.1 Ablauf der strahlenschutzrechtlich genehmigten Arbeiten

- unverzügliche **Anzeige des Beginns der strahlenschutzrechtlich genehmigten Arbeiten** bei der zuständigen Strahlenschutzbehörde
- **messtechnische Überwachung** gemäß den Anforderungen im Genehmigungsbescheid
- **unverzügliche Information der Strahlenschutzbehörde über** während der Bauausführung auftretende, im Vergleich zum erteilten Genehmigungsbescheid **veränderte radiologische Sachverhalte** (Auffinden weiterer radioaktiver Stoffe, veränderte betroffene Flächen bzw. erhöhte Mengen zum Wiedereinbau, erhöhte spezifische Aktivitäten, gravierende Veränderung des Nuklidvektors usw.)
- unverzügliche **Anzeige des Endes der strahlenschutzrechtlich genehmigten Arbeiten** bei der zuständigen Strahlenschutzbehörde
- Übergabe des **Abschlussberichts** zur messtechnischen Baubegleitung und Verwertung/Beseitigung der radioaktiven Stoffe bis spätestens 3 Monate nach Abschluss der Baumaßnahme

4.2 Messtechnische Überwachung der Arbeiten und ihre Dokumentation in einem Abschlussbericht gemäß der Nebenbestimmungen im Genehmigungsbescheid

Ziel: Nachweis der genehmigungskonformen Durchführung der Arbeiten und der ordnungsgemäßen Verwertung der radioaktiven Stoffe

- **ODL-Messung** des Aushubplanums im Bereich der rückgebauten Kontaminationen (Datum der Messung, Lage des Messortes, Höhe, ODL-Werte) zum **Nachweis** von Ort und Aktivität **zurückgelassener radioaktiver Stoffe**
- **ODL-Messung** (Datum der Messung, Lage, Messort, ODL-Werte) im betroffenen Bereich **nach Fertigstellung der Baumaßnahme**
- **Übergabe der Messdaten** an das LfULG entsprechend der Excel-Format-Vorlage „Vorlage ODL“ (verfügbar unter <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/strahlenschutz/22429.htm>)
- **Nachweis der Einhaltung der Annahmekriterien** des verwerteten Materials für Radionuklidvektor und spezifische Aktivität der entsorgten Massen pro Charge durch gammaspektrometrische Bestimmung von Mischproben oder gleichwertige Verfahren:
 - für <100 m³: mindestens drei Einzelproben
 - für jede weitere 100 m³ bis 600 m³: mindestens eine weitere Laborprobe aus 4-5 Einzelproben
 - >600 m³ für jedes weitere Volumen bis 300 m³: mindestens 1 Laborprobe aus 6 Einzelproben (zwei Einzelproben/100 m³)
- **Nachweis der Menge der entsorgten radioaktiven Stoffe** auf Grundlage der Wiegescheine des Entsorgers

4.3 Erfüllung der Nebenbestimmungen im strahlenschutzrechtlichen Genehmigungsbescheid

- **Nachweis der Strahlenschutzbelehrung** aller Beschäftigten der ausführenden Firmen einschließlich Nachauftragnehmer (Dritte)
 - Belehrungsinhalte
 - von den Teilnehmern unterschriebene Belehrungsnachweise
- **Expositionsminimierung** (Aufenthaltsminimierung)
- **Staubschutz** (bei Bedarf Befeuchtung)
- **Verhinderung des Austrags von radioaktiven Stoffen** aus dem Baustellenbereich in die Umwelt bzw. umgehende Beseitigung von Austrägen (öffentlicher Verkehrsraum, Baustellenausfahrt)
- Gewährleistung des **sicheren Transportes** (äußerliche Sauberkeit, Abdeckung der Fahrzeuge)

Hinweis:

- ODL-Messungen: üblicherweise im Messrater von maximal 10 m x 10 m in 1 m Höhe über dem Untergrund

Baumaßnahme	Straßen- und Wegebau
Strahlenschutzantrag	Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung nach StrlSchV
Verwertung/Beseitigung	Beseitigung durch gemeinsame Deponierung mit anderen Rückständen und Abfällen nach Anlage XII, Teil C bzw. Teil D StrlSchV oder Verwertung entsprechend Anlage XII, Teil B StrlSchV unter Beachtung von Anlage XII, Teil D StrlSchV
Teil 3 c, Teil 4 c	Genehmigungsantrag, messtechnische Überwachung und Abschlussbericht

Teil 3 c: Antrag zur Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung

Voraussetzung für die Erteilung eines Bescheides zur **Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung** und die Genehmigung des Entsorgungsweges nach Strahlenschutzverordnung durch das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie ist ein schriftlicher Antrag des Bauherrn mit den nachfolgend aufgeführten Inhalten und dem ³Formblatt EA-R:

3.1 Antragsteller und Adressat der Genehmigung

- Bauherr, Grundstückseigentümer (Ansprechpartner, Beauftragte, Vertreter des Bauherrn):
 - Namen (**juristische Person**: Gemeinde, Zweckverband etc., **natürliche Person**: Herr/Frau, Titel, Vor-/Zuname)
 - Adresse (Straße, Haus-Nr., PLZ, Ort)
 - Telefon-Nr.
 - E-Mail
 - rechtsgültige Unterschrift des Bauherrn, Grundstückseigentümers
 - Sind Bauherr und Grundstückseigentümer nicht identisch, stellt und unterschreibt der Bauherr den Antrag und fügt eine schriftliche Einverständniserklärung des Grundstückseigentümers bei.

3.2 Beauftragte Firmen

- **mit den Arbeiten beauftragte Firmen**, sofern zum Zeitpunkt der Antragstellung bereits bekannt (Namen, Adressen, Telefon-Nr., E-Mail):
 - Planer
 - Bauleitung/Oberbauleitung
 - Ingenieurbüros für die strahlenschutzfachliche Baubegleitung und Durchführung der radiologischen Messungen
 - ausführende Baufirmen

³ <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/strahlenschutz/2373.htm>

3.3 Rückstände zur Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung (Formblatt EA-R)

- Rückstand:
 - **betriebsinterne Bezeichnung**
 - **Art der Rückstände** nach Anlage XII, Teil A StrlSchV
- **Abfallbezeichnung** und **Abfallschlüssel-Nr.** nach Abfallverzeichnisverordnung (AVV)
- voraussichtlich anfallende **Mengen**
- **Zeitraum** der Entsorgung
- vorgesehener **Entsorgungsweg (Beseitigung)** nach Anlage XII, Teil C StrlSchV:
 - **Deponie zur Beseitigung** entsprechend Annahmeerklärung
- **Erklärung** und **Unterschrift** des Antragsstellers
- **Annahmeerklärung** des **Entsorgers** (Formblatt AE-R):
 - **Abfallentsorger**: Name, Adresse, Ansprechpartner und Kontaktdaten
 - **Abfallschlüssel und Abfallbezeichnung** nach AVV
 - Angaben zum **Ort der Beseitigung** (Name, Ort, Art der Deponie, Angaben zur bisherigen Beseitigung von überwachungsbedürftigen Rückständen)
 - Erklärung und Unterschrift des Entsorgers
- **Nachweis** über den **Zugang** der **Kopie** der **Annahmeerklärung des Entsorgers (AE-R)** an die **zuständige Abfallbehörde** gemäß § 98 Abs. 3 StrlSchV

oder:

- Rückstand:
 - **betriebsinterne Bezeichnung**
 - **Art der Rückstände** nach Anlage XII, Teil A StrlSchV
- **Abfallbezeichnung** und **Abfallschlüssel-Nr.** nach Abfallverzeichnisverordnung (AVV)
- voraussichtlich anfallende **Mengen**
- **Zeitraum** der Entsorgung
- vorgesehener **Entsorgungsweg (Verwertung)** nach Anlage XII, Teil B StrlSchV:
 - **Art und Ort der Verwertung** entsprechend Annahmeerklärung
- **Annahmeerklärung** des **Entsorgers** (⁴Formblatt AE-R):
 - **Abfallentsorger**: Name, Adresse, Ansprechpartner und Kontaktdaten
 - **Abfallschlüssel und Abfallbezeichnung** nach AVV
 - Angaben zum **Ort der Verwertung** (Name, Ort, Art der Verwertung)
 - Gesamtaktivität [MBq] und Gesamtmasse [t] der zur Verwertung vorgesehenen Rückstände
 - Erklärung und Unterschrift des Entsorgers
- **Nachweis** über den **Zugang** der **Kopie** der **Annahmeerklärung des Verwerters (AE-R)** an die **zuständige Abfallbehörde** gemäß § 98 Abs. 3 StrlSchV
- **Radiologisches Gutachten** mit **Expositionsabschätzung** nach Anlage XII, Teil D StrlSchV:
 - Nachweis, dass eine effektive Dosis von maximal 1 mSv/a für Einzelpersonen der Bevölkerung eingehalten wird. Dabei sind die Beschäftigten, die beim Transport etc. tätig werden, als Einzelpersonen der Bevölkerung zu berücksichtigen.

⁴ Download unter: <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/strahlenschutz/2373.htm>

3.4 Beschreibung des Bauvorhabens

Vorzulegen sind **Baugrundgutachten** und **Radiologisches Gutachten** mit den in Checkliste 9.2.1 Teil 1, 2 (Voruntersuchung und Radiologisches Gutachten) dargestellten Inhalten sowie:

- **Kurzbeschreibung:**
 - Ziels des Bauvorhabens
 - beabsichtigter Umfang der Arbeiten (Rückbau, Verlegung, Ertüchtigung, grundhafte Erneuerung, Neubau der Verkehrsflächen etc.)
- **betroffene Flächen:**
 - Gemarkungen
 - Flurstücksnummern
 - Koordinaten (Hochwert, Rechtswert)
- **Lagepläne mit Kennzeichnung von:**
 - Grundstücks-, Baufeldgrenzen
 - Trassen, Bauwerken
 - Eingriffsbereichen und Teilmaßnahmen (Flächen, Tiefen)

Teil 4 c: Bauablauf, messtechnische Überwachung und Abschlussbericht

4.1 Ablauf der strahlenschutzrechtlich genehmigten Arbeiten

- unverzügliche **Anzeige des Beginns der strahlenschutzrechtlich genehmigten Arbeiten** bei der zuständigen Strahlenschutzbehörde
- **messtechnische Überwachung** gemäß den Anforderungen im Genehmigungsbescheid
- **unverzügliche Information der Strahlenschutzbehörde über** während der Bauausführung auftretende, im Vergleich zum erteilten Genehmigungsbescheid **veränderte radiologische Sachverhalte** (Auffinden weiterer Rückstände, veränderte betroffene Flächen, erhöhte Mengen zum Wiedereinbau, erhöhte spezifische Aktivitäten, gravierende Veränderung des Nuklidvektors usw.)
- unverzügliche **Anzeige der erfolgten ordnungsgemäßen Entsorgung** beim Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie unter **Angabe der abgegebenen Menge**
- unverzügliche **Anzeige des Endes der strahlenschutzrechtlich genehmigten Arbeiten** bei der zuständigen Strahlenschutzbehörde
- Übergabe des **Abschlussberichts** zur messtechnischen Baubegleitung und Verwertung/Beseitigung der Rückstände bis spätestens 3 Monate nach Abschluss der Baumaßnahme

4.2 Messtechnische Überwachung der Arbeiten und ihre Dokumentation in einem Abschlussbericht gemäß den Nebenbestimmungen im Genehmigungsbescheid

Ziel: Nachweis der genehmigungskonformen Durchführung der Arbeiten und der ordnungsgemäßen Verwertung/Beseitigung der Rückstände

- Überwachung und Begleitung des Bauablaufs durch ein fachkundiges Ingenieurbüro:
 - Abgrenzung und Selektion der Rückstände von nicht kontaminierten Bereichen (unterhalb der Freigrenze von 0,2 Bq/g): z. B. durch organoleptische Ansprache und ODL-Messungen oder Beta-Gamma-Kontaminationsmessungen
 - Koordination und Abstimmung für die baubegleitende Überwachung der Baumaßnahmen anderer Bauträger (Fernwärme, Wasser, Abwasser, Strom, Erdgas, Telekommunikation)
 - Berücksichtigung der teilweise erheblich größeren Aushubtiefen bei der Verlegung von Medien und Kanälen (Straßenbeleuchtung, Straßenentwässerung, Gas, Telekommunikation etc.)
- **ODL-Messung des Aushubplanums** in einem kleineren Raster als dem 10 m x 10 m-Raster in 1 m Höhe im Bereich der rückgebauten Kontaminationen:

- Dokumentation (Datum und Lage der Messung, Messort, Höhe, ODL-Werte) zum Nachweis von Ort und Aktivität zurückgelassener Rückstände
- sofortige Information der Strahlenschutzbehörde und Abstimmung weiterer Maßnahmen bei Überschreitung des in den Nebenbestimmungen des Bescheids vorgegebenen zulässigen Höchstwertes für die Gamma-Ortsdosisleistung
- **ODL-Messung** (Datum und Lage der Messung, Messort, ODL-Werte) im betroffenen Bereich **nach Fertigstellung der Baumaßnahme**
- **Übergabe der Messdaten** an das LfULG entsprechen der Excel-Format-Vorlage „Vorlage ODL“ (verfügbar unter <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/strahlenschutz/22429.htm>)
- **Nachweis der Menge der entsorgten Rückstände** auf der Grundlage der Wiegescheine des Entsorgers
- **repräsentative Probenahme**, Probenzahl in Abhängigkeit von der Menge (Masse/Volumen) und der Inhomogenität (vgl. Kapitel 6.3, Tabelle 16)
- *bei niedriger Heterogenität:*
 - für <100 m³: mindestens 6 Einzelproben
 - für jede weitere 100 m³ bis 600 m³: mindestens zwei weitere Laborproben aus 4-5 Einzelproben,
 - >600 m³ für jede weiteres Volumen bis 300 m³: mindestens 1 Laborprobe aus 4-5 Einzelproben pro 100 m³ (12-15 Einzelproben pro 300 m³).
- **Erhöhung der Probenzahl bei stark inhomogenen Verhältnissen** entsprechend Kapitel 6.3, Tabelle 16
 - Aufteilung der Rückstände in Chargen mit geringerer Heterogenität, falls erforderlich
- **repräsentative Ermittlung der spezifischer Aktivität** der Radionuklide der Uran-238-Zerfallsreihe und Thorium-232-Zerfallsreihe pro Charge der entsorgten Massen (Bestimmung des Radionuklidvektors durch Gammaskopimetrie oder gleichwertige Verfahren)
 - $C = C_{U238max} + C_{Th232max}$ C in Bq/g bzw. MBq/t
 - **Werte $C_{U238max}$ - $C_{Th232max}$** in Bq/g der jeweils größten spezifischen Aktivitäten der Uran-238-Zerfallsreihe und der Thorium-232-Zerfallsreihe
- **repräsentative Ermittlung der Gesamtaktivität A_{ges}** der zur Deponierung vorgesehen Stoffe pro Rückstand (Charge i), die aus den repräsentativ ermittelten Werten der spezifischen Aktivität $C_{U238max}$ - $C_{Th232max}$ (vgl. vorstehenden Anstrich) und der Masse der zur Deponierung vorgesehenen Stoffe
 - $A_{ges,i} = C_i [MBq/t] \cdot m_i [t]$ $A_{ges,i}$ in MBq mit i = Nummer der Rückstandsart/Charge
m_i: Masse der Charge

4.3 Erfüllung der Nebenbestimmungen im strahlenschutzrechtlichen Genehmigungsbescheid

- **Nachweis der Strahlenschutzbelehrung** aller Beschäftigten der ausführenden Firmen einschließlich Nachauftragnehmer (Dritte):
 - Belehrungsinhalte
 - von den Teilnehmern unterschriebene Belehrungsnachweise
- **Expositionsminimierung** (Aufenthaltsminimierung)
- **Staubschutz** (bei Bedarf Befeuchtung)
- **Verhinderung des Austrags von überwachungsbedürftigen Rückständen** aus dem Baustellenbereich in die Umwelt bzw. umgehende Beseitigung von Austrägen (öffentlicher Verkehrsraum, Baustellenausfahrt)

- Gewährleistung des **sicheren Transportes** (äußerliche Sauberkeit, Abdeckung der Fahrzeuge)

Hinweise:

- ODL-Messungen: üblicherweise im Messrater von maximal 10 m x 10 m in 1 m Höhe über dem Untergrund
- Zusätzlich zu den Annahmekriterien für Radioaktivität und Strahlenschutz sind auch alle abfallrechtlichen und sonstigen Annahmebedingungen und Vorschriften anderer Rechtsbereiche einzuhalten.

9.2.2 Checklisten Flächensanierung

Baumaßnahme	Sanierung von Flächen bzw. Baumaßnahmen auf radioaktiv kontaminiertem Untergrund
Allgemeiner Teil 1, 2	Voruntersuchungen und Radiologischer Bericht, Radiologisches Gutachten

Teil 1: Voruntersuchung und Radiologischer Bericht

Ziel: Recherche, Zusammenfassung und Bewertung relevanter Informationen zum möglichen Auftreten radioaktiver Stoffe

1.1 Auswertung von Planfeststellungsverfahren, Bauleitplanungen und Bebauungsplänen von Städten und Gemeinden

Hinweise von Bauämtern der Städte und Gemeinden mit Informationen zu:

- Verdacht auf radioaktive Kontaminationen im geplanten Bebauungsbereich
- Art, Herkunft des Materials
- Nuklidvektor

1.2 Auswertung von Baugrundgutachten und Altlastenuntersuchungen

- historische Nutzung** Baugebiet und Umgebung:
 - Nutzung von bergbaulichen Rückständen und Aufbereitungsrückständen im Baufeld bzw. im Bereich von Verkehrsflächen und Umgebung
 - Nutzung von Anlagen und Verfahren in Sanierungsflächen und Umgebung
- gegenwärtiger Zustand und Nutzung** von Baugebiet und Umgebung:
 - Verdachtsflächen, kontaminierte Bereiche
 - Schadstoffinventar
 - Ausbreitungspfade, betroffene Schutzgüter
- regionale und lokale geologische Situation
- stratigrafischer Aufbau des Untergrundes:**
 - Auswertung von Schichtenverzeichnissen (Bohrungen, Bohrsondierungen, Grundwassermessstellen, Schürfe)
- geotechnische Charakterisierung der Baugrundverhältnisse:**
 - Bodenarten
 - Korngrößenverteilung
 - Lagerungsdichte
 - Konsistenz
 - Wasserdurchlässigkeit

- **Hinweise auf radioaktive Stoffe** durch Ausweisung von Auffüllungen, Fundamentresten und die organoleptische Charakterisierung (Farbe, Geruch) der erkundeten Schichten:
 - Baustoffentnahmestellen (Sand-, und Kiesgruben, Steinbrüche)
 - Gruben abgebrochener Fundamente
 - Keller: Verfüllung mit Haldenmaterial, radioaktiv kontaminierte Rest-, Abbruchmaterialien, Tailings
 - Senken, Geländeregulierungen: Verfüllung mit Asche, Schlacke, Haldenmaterial
 - unvollständig abgebrochene kontaminierte Bauwerke, Fundamentreste, Keller
 - bergbauliche Hohlräume, Suchschächte, Lichtlöcher, Tagesbrüche usw.: Verfüllung mit Haldenmaterial, Asche, Schlacke, Bauschutt
 - Bettung von Leitungen und Gräben: Verfüllung mit Tailingssand, Asche, Schlacke
 - Verlauf von Medien, Abwasserleitungen: Rückverfüllungsmaterial
 - Zufahrten, Wege, Parkflächen: Befestigung mit Haldenmaterial, Tailingssand, Schlacke
 - andere
- **Untersuchungen zur chemischen Zusammensetzung** von Böden und Auffüllungen
- **Ableitung von Hinweisen auf Kontaminationen** durch bergbauliche Hinterlassenschaften, insbesondere erhöhte Konzentrationen von:
 - Arsen
 - Schwermetalle
 - Eisen
 - niedrige pH-Werte (Mobilisierung von Radionukliden durch Oxidation von Sulfiden und Arseniden)
- **hydrologische, hydrogeologische Verhältnisse:**
 - Grundwasserstände mit Schwankungsbreiten
 - potentielle Ausbreitungsrichtung mobiler Kontaminationen (Grundwasserfließrichtung, Flurabstand, Abstandsgeschwindigkeit)
 - u. U. chemische Zusammensetzung von Grund- und Sickerwässern

1.3 Durchführung einfacher orientierender radiologischer Untersuchungen

- **Messung der Gamma-Ortsdosisleistung**
 - größere Flächen: Raster kleiner/gleich 10 m x 10 m 1 m über dem Untergrund
 - Messung der Zählrate oder der Gamma-Ortsdosisleistung in Handschürfen und offenen Baugruben
- **Messung der Zählrate oder Gamma-Ortsdosisleistung vorhandener Proben**, insbesondere von Auffüllungen aus Tiefenaufschlüssen
- **erkundungsbegleitende Gamma-Bohrlochmessungen** bei Baugrundgutachten, Altlastuntersuchungen
- **Bestimmung der spezifischen Aktivität durch Gammaskopimetrie** an wenigen ausgewählten Proben

1.4 Radiologischer Bericht: Zusammenfassung und Bewertung der recherchierten Angaben und radiologischen Messungen

- **Zusammenfassung der Informationen** innerhalb des Begutachtungsgebietes
- **Darstellung der Lokalisierung potentieller radioaktiver Stoffe**
 - Lageplänen (Lage, Ausdehnung)
 - Schnitte (Tiefenerstreckung, Mächtigkeit)
- **Bewertung** von Umfang und Relevanz der vorliegenden Informationen
- Benennung, **Einschätzung fehlender Informationen**
- **Entscheidung über die weitere Vorgehensweise:**
Sind radioaktive Stoffe mit spezifischen Aktivitäten $C > 0,2$ Bq/g zu erwarten bzw. nicht auszuschließen?
 - ja: Radiologisches Gutachten erforderlich,
 - nein: keine strahlenschutzfachlichen Untersuchungen, kein strahlenschutzrechtlicher Antrag erforderlich

Teil 2: Radiologisches Gutachten

Ziel: Charakterisierung der radiologischen Eigenschaften und der Menge der radioaktiven Stoffe im Bereich der Baumaßnahme

2.1 Darstellung und Bewertung der Ergebnisse des Radiologischen Berichts

- Zusammenfassung aller radiologisch relevanten Informationen zu Radioaktivität, Altlasten- und Baugrunduntersuchungen sowie sonstigen Erkundungen (vgl. Teil 1)

2.2 Ergänzende radiologische Untersuchungen

- unversiegelte Flächen des Baufeldes: **flächendeckende Messung der Gamma-Ortdosisleistung**
- **tiefenorientierte Probenahme** bis unterhalb der geplanten Eingriffstiefen:
 - Aushubsohle eines geplanten Bodenaustausches
 - Aushubsohle von Fundamentabbrüchen
 - Eingriffstiefen neuzubauender oder rückzubauender Medientrassen mit großen Verlegetiefen, insbesondere für Wasser-, Abwasser- und Gasleitungen
- **Aufschlussdichte** je nach Flächengröße mindestens 2-3 Aufschlüsse pro 100 m², bis 6-8 Aufschlüsse pro 2000 m²
- Erhöhung der Aufschlussdichte:
 - bei Verdacht auf radioaktive Stoffe (Auffüllungen)
 - in Bereichen mit vermuteten Kontaminationsschwerpunkten (z. B. bei Hinweisen durch Messungen der Gamma-Ortdosisleistung)
 - bei inhomogenen Verhältnissen
- **gamaspektrometrische Untersuchung von Bodenproben** oder Schnellbestimmungen
- **Mindestprobenzahl pro Charge** volumenbezogen in Anlehnung an die LAGA PN 98 (vgl. Abschlussbericht, Tabelle 13):
 - für <100 m³: mindestens 4 Laborproben aus 4-5 Einzelproben,
 - für jede weitere 100 m³ bis 600 m³: mindestens eine weitere Laborprobe aus 4-5 Einzelproben
 - >600 m³ für jede weiteres Volumen bis 300 m³: mindestens 1 Laborprobe aus 4-5 Einzelproben pro 100 m³ (12-15 Einzelproben pro 300 m³)
- Erhöhung der Probenzahl bei inhomogenen Verhältnissen

- **Charakterisierung der radioaktiven Kontaminationen** hinsichtlich:
 - Nuklidvektor
 - Leitnuklide
 - repräsentativer Ermittlung der spezifischen Aktivitäten (bevorzugt durch Gammaskopie)
- **Feststellung flächenhafter Verbreitung** und Tiefenerstreckung radioaktiver Stoffe im Baugebiet
- **Abgrenzung von Chargen** auf Grundlage von unterschiedlichen Nuklidvektoren und/oder Aktivitätsniveaus zur Optimierung der Entsorgungswege für radioaktive Stoffe

2.3 Darstellung und Bewertung der Ergebnisse

- Darstellung der Ergebnisse in maßstabsgerechten **Lageplänen und Schnitten** mit Kennzeichnung von:
 - Baugebiet
 - Lage, Ausbreitung, Tiefe und Mächtigkeit der radioaktiven Kontaminationen
- Beurteilung der **Überschreitung von Freigrenze und Überwachungsgrenzen**
- **Ermittlung/Abschätzung** der zu erwartenden **Mengen** für die Chargen
- **Benennung/Empfehlung der möglichen Entsorgungswege** für jede Charge und des dazu erforderlichen Genehmigungsantrags (vgl. Abschlussbericht, Abbildung 10)

Baumaßnahme	Sanierung von Flächen bzw. Baumaßnahmen auf radioaktiv kontaminiertem Untergrund
Strahlenschutzantrag	Genehmigung zum Umgang mit radioaktiven Stoffen nach VOAS, HaldAO
Verwertung/Beseitigung	Wiedereinbau im Baustellenbereich
Teil 3 a, 4 a	Genehmigungsantrag, messtechnische Überwachung und Abschlussbericht

Teil 3 a: Antrag zur Genehmigung des Umgangs mit radioaktiven Stoffen nach VOAS, HaldAO

Voraussetzung für die Erteilung einer Genehmigung zum Umgang mit radioaktiven Stoffen durch das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie ist das Einreichen eines entsprechenden Genehmigungsantrages mit den nachfolgend aufgeführten Inhalten:

3.1 Antragsteller und Adressat der Genehmigung

- Bauherr, Grundstückseigentümer (Ansprechpartner, Beauftragte, Vertreter des Bauherrn):
 - Namen (**juristische Person**: Gemeinde, Zweckverband etc., **natürliche Person**: Herr/ Frau, Titel, Vor-/Zuname)
 - Adresse (Straße, Haus-Nr., PLZ, Ort)
 - Telefon-Nr.
 - E-Mail
 - rechtsgültige Unterschrift des Bauherrn, Grundstückseigentümers
 - Sind Bauherr und Grundstückseigentümer nicht identisch, stellt und unterschreibt der Bauherr den Antrag und fügt eine schriftliche Einverständniserklärung des Grundstückseigentümers bei.

3.2 Beauftragte Firmen

- **mit den Arbeiten beauftragte Firmen**, sofern zum Zeitpunkt der Antragstellung bereits bekannt (Namen, Adressen, Telefon-Nr., E-Mail):
 - Planer
 - Bauleitung/Oberbauleitung
 - Ingenieurbüros für die strahlenschutzfachliche Baubegleitung und Durchführung der radiologischen Messungen
 - ausführende Baufirmen

3.3 Beschreibung des Bauvorhabens

- **Kurzbeschreibung von Ziel** und beabsichtigtem **Arbeitsumfang**:
 - komplette Flächensanierung mit Rückbau bis zur Sohle der Kontamination
 - Abtrag von Kontaminationen nur im notwendigen Eingriffsbereich
 - **Sanierungsziele** (Rückbau, Bodenaustausch, Sanierungskonzentrationen)
- **betroffene Flächen**:
 - Gemarkungen
 - Flurstücksnummern
 - Koordinaten (Hochwert, Rechtswert)

- **Lagepläne:**
 - Grundstücks-, Baufeldgrenzen
 - Kennzeichnung von Trassen, Bauwerken
 - Kennzeichnung von Eingriffsbereichen und Teilmaßnahmen (Flächen, Tiefen)

3.4 Antragsgegenstände und Begründung der Antragstellung

- **Antragsgegenstände** zum Umgang mit radioaktiven Stoffen:
 - Eingriff (z. B. Abtrag, Aushub, Bodenaustausch)
 - Seitenlagerung
 - Wiedereinbau im Bereich der Baumaßnahme
- **Rechtfertigung des Umgangs:** Begründung des Nutzens der Arbeiten (langfristige Verringerung der Strahlenexposition für Personen der Bevölkerung)
- **betroffene Flächen** mit Eingriff in radioaktive Stoffe:
 - Eingriffsbereiche mit Lage und Tiefe
 - Ausbreitungsbereiche radioaktiver Materialien
 - Grundflächen und Tiefen von Altablagerungen
 - Grundflächen vorhandener und zu errichtender Bauwerke
 - Nebeneinrichtungen einschließlich Verlauf von Medientrassen
 - Bereiche mit Geländeregulierungen
- **Lage- und Aufschlussplan** mit:
 - Probenahmeorte
 - Bebauungsbereiche
 - Schnittverläufe
- **Bodenprofile, Schichtenverzeichnisse der Aufschlüsse:**
 - organoleptische Ansprache
 - Beschreibung der radioaktiven Stoffe
- **spezifische Aktivitäten** entsprechend **Radiologischem Gutachten** zur Abgrenzung von Bereichen mit unterschiedlichen Aktivitäten:
 - Daten zu ODL-Messungen
 - repräsentative spezifische Aktivitäten
 - Identifikation der Leitnuklide
 - Angaben zur Flächen- und Tiefenverteilung der Kontamination
 - Unterteilung in Chargen, falls erforderlich
- **Massenarten/Chargen mit Mengen** (Massen/Volumina) entsprechend Radiologischem Gutachten

3.5 Verwertungsweg: Wiedereinbau im Baustellenbereich

Materialien mit spezifischen Aktivitäten von 0,2 Bq/g bis 1,0 Bq/g

- **Charakterisierung des** beabsichtigten **Wiedereinbaus**
 - Flächen (Lageplan)
 - Tiefenbereiche (Schnitte)
 - Mächtigkeiten (Schnitte)
 - Volumina (Massenbilanz)
 - Überdeckung (Material, Mächtigkeit)
 - weitere Nutzung der Flächen
- **Seitenlagerung** von radioaktiven Stoffen:
 - Ausweisung der Fläche (Lageplan)
 - Zugangssicherung

- Schutzmaßnahmen gegen Versickerung
- Schutzmaßnahmen gegen Austrag, Verbreitung

Hinweise

- Der Wiedereinbau ist nur sinnvoll in Bereichen, in die voraussichtlich nicht wieder eingegriffen wird (z. B. im Unterbau von Zuwegungen und Parkflächen), nicht jedoch bei Medientrassen, Vorratsflächen für Erweiterungsbauten oder dergleichen.
- Jeder erneute Eingriff in radioaktive Stoffe erfordert eine neue Strahlenschutzgenehmigung.

Materialien mit spezifischen Aktivitäten > 1,0 Bq/g

Der Wiedereinbau ist nur bei Nachweis der Einhaltung des 1 mSv-Kriteriums Kriteriums für die Exposition von Personen der Bevölkerung genehmigungsfähig. Dazu ist durch ein fachkundiges Ingenieurbüro eine Expositionsbeurteilung unter Einbeziehung aller relevanten Expositionspfade zu erarbeiten und den Antragsunterlagen beizufügen (vgl. Anlage XII, Teil D StrlSchV).

Teil 4 a: Messtechnische Überwachung und Abschlussbericht

4.1 Ablauf der strahlenschutzrechtlich genehmigten Arbeiten

- unverzügliche **Anzeige des Beginns der strahlenschutzrechtlich genehmigten Arbeiten** bei der zuständigen Strahlenschutzbehörde
- **messtechnische Überwachung** gemäß den Anforderungen im Genehmigungsbescheid
- **unverzügliche Information der Strahlenschutzbehörde über** während der Bauausführung auftretenden im Vergleich zum erteilten Genehmigungsbescheid **veränderte radiologische Sachverhalte** (Auffinden weiterer radioaktiver Stoffe, veränderte betroffene Flächen, erhöhte Mengen zum Wiedereinbau, erhöhte spezifische Aktivitäten, gravierende Veränderung des Nuklidvektors usw.)
- unverzügliche **Anzeige des Endes der strahlenschutzrechtlich genehmigten Arbeiten** bei der zuständigen Strahlenschutzbehörde
- Übergabe des **Abschlussberichts** zur messtechnischen Baubegleitung und Verwertung/Beseitigung der radioaktiven Stoffe bis spätestens drei Monate nach Abschluss der Baumaßnahme

4.2 Messtechnische Überwachung der Arbeiten und ihre Dokumentation in einem Abschlussbericht gemäß den Nebenbestimmungen im Genehmigungsbescheid:

Ziel: Nachweis der genehmigungskonformen Durchführung der Arbeiten und der ordnungsgemäßen Verwertung der Rückstände

- **ODL-Messung** des Aushubplanums im Bereich der rückgebauten Kontaminationen (Datum der Messung, Lage des Messortes, Höhe, ODL-Werte) zum **Nachweis** von Ort und Aktivität **zurückgelassener radioaktiver Stoffe**
- Nachweise zum **wiedereingebauten radioaktiven Stoffen**:
 - Lageplan mit Angaben zum Wiedereinbau
 - Volumen (Vermessung der Lage, Höhe und Mächtigkeit)
 - Koordinaten (Hochwert, Rechtswert) und Höhen der Umgrenzung des „Wiedereinbaukörpers“ als digitale Daten
- **ODL-Messung** (Datum der Messung, Lage des Messortes, Höhe, ODL-Werte) auf der Oberfläche der wiedereingebauten radioaktiven Stoffe (Tragschicht, Frostschuttschicht, Hinterfüllung) **vor der Überdeckung**
- **ODL-Messung** (Datum der Messung, Lage, Messort, ODL-Werte) im betroffenen Bereich **nach Fertigstellung der Baumaßnahme**

- **Freigabemessung der Fläche einer genehmigten Seitenlagerung** nach der Entfernung der radioaktiven Stoffe, je nach Nebenbestimmung:
 - ODL-Messung
 - Gammaskpektrometrie von Bodenproben
 - andere
- Übergabe der Messdaten an das LfULG entsprechend der Excel-Format-Vorlage „Vorlage ODL“ (verfügbar unter <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/strahlenschutz/22429.htm>)

4.3 Erfüllung der Nebenbestimmungen im strahlenschutzrechtlichen Genehmigungsbescheid

- **Nachweis der Strahlenschutzbelehrung** aller Beschäftigten der ausführenden Firmen einschließlich Nachauftragnehmer (Dritte):
 - Belehrungsinhalte
 - von den Teilnehmern unterschriebene Belehrungsnachweise
- **Expositionsminimierung** (Aufenthaltsminimierung)
- Staubschutz (bei Bedarf Befeuchtung)
- **Verhinderung des Austrags von kontaminiertem Material** aus dem Baustellenbereich in die Umwelt bzw. umgehende Beseitigung von Austrägen (öffentlicher Verkehrsraum, Baustellenausfahrt)

Hinweis:

- ODL-Messungen: üblicherweise im Messrater von maximal 10 m x 10 m in 1 m Höhe über dem Untergrund

Baumaßnahme	Sanierung von Flächen bzw. Baumaßnahmen auf radioaktiv kontaminiertem Untergrund
Strahlenschutzantrag	Genehmigung zum Umgang mit radioaktiven Stoffen nach VOAS, HaldAO
Verwertung/Beseitigung	Verwertung bei der Sanierung anderer Hinterlassenschaften (Halde 371/IAA Helmsdorf der Wismut GmbH)
Teil 3 b, 4 b	Genehmigungsantrag, messtechnische Überwachung und Abschlussbericht

Teil 3 b: Antrag zur Genehmigung des Umgangs mit radioaktiven Stoffen nach VOAS, HaldAO

Voraussetzung für die Erteilung einer Genehmigung zum Umgang mit radioaktiven Stoffen durch das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie ist das Einreichen eines entsprechenden Genehmigungsantrages mit den nachfolgend aufgeführten Inhalten:

3.1 Antragsteller und Adressat der Genehmigung

- Bauherr, Grundstückseigentümer (Ansprechpartner, Beauftragte, Vertreter des Bauherrn):
 - Namen (**juristische Person**: Gemeinde, Zweckverband etc., **natürliche Person**: Herr/ Frau, Titel, Vor-/Zuname)
 - Adresse (Straße, Haus-Nr., PLZ, Ort)
 - Telefon-Nr.
 - E-Mail
 - rechtsgültige Unterschrift des Bauherrn, Grundstückseigentümers
 - Sind Bauherr und Grundstückseigentümer nicht identisch, stellt und unterschreibt der Bauherr den Antrag und fügt eine schriftliche Einverständniserklärung des Grundstückseigentümers bei.

3.2 Beauftragte Firmen

- **mit den Arbeiten beauftragte Firmen**, sofern zum Zeitpunkt der Antragstellung bereits bekannt (Namen, Adressen, Telefon-Nr., E-Mail):
 - Planer
 - Bauleitung/Oberbauleitung
 - Ingenieurbüros für die strahlenschutzfachliche Baubegleitung und Durchführung der radiologischen Messungen
 - ausführende Baufirmen

3.3 Beschreibung des Bauvorhabens

- **Kurzbeschreibung von Ziel und beabsichtigtem Umfang der Arbeiten:**
 - komplette Flächensanierung mit Rückbau bis zur Sohle der Kontamination
 - Abtrag von Kontaminationen nur im notwendigen Eingriffsbereich
 - **Sanierungsziele** (Rückbau, Bodenaustausch, Sanierungskonzentrationen)
- **betroffene Flächen:**
 - Gemarkungen
 - Flurstücksnummern
 - Koordinaten (Hochwert, Rechtswert)
- **Lagepläne:**
 - Grundstücks-, Baufeldgrenzen

- Kennzeichnung von Trassen, Bauwerken
- Kennzeichnung von Eingriffsbereichen und Teilmaßnahmen (Flächen, Tiefen)

3.4 Antragsgegenstände und Begründung der Antragstellung

- **Antragsgegenstände** zum Umgang mit radioaktiven Stoffen:
 - Eingriff (z. B. Abtrag, Aushub, Bodenaustausch)
 - Transport
 - Verwertung bei der Sanierung anderer Hinterlassenschaften (Halde 371/IAA Helmsdorf der Wismut GmbH)
- **Rechtfertigung des Umgangs:** Begründung des Nutzens der Arbeiten (langfristige Verringerung der Strahlenexposition für Personen der Bevölkerung)
- **betroffene Flächen** mit Eingriff in radioaktive Stoffe:
 - Eingriffsbereiche mit Lage und Tiefe
 - Grundflächen und Tiefen von Altablagerungen
 - Grundflächen vorhandener und zu errichtender Bauwerke
 - Nebeneinrichtungen einschließlich Verlauf von Medientrassen
 - Bereiche mit Geländeregulierungen
- **Lage- und Aufschlussplan** mit:
 - Probenahmeorte
 - Bebauungsbereiche
 - Schnittverläufe
- **Bodenprofile, Schichtenverzeichnisse der Aufschlüsse** mit:
 - organoleptische Ansprache
 - Beschreibung der radioaktiven Stoffe
- **spezifische Aktivitäten** entsprechend **Radiologischem Gutachten** zur Abgrenzung von Bereichen mit unterschiedlichen Aktivitäten:
 - Daten zu ODL-Messungen
 - repräsentative spezifische Aktivitäten
 - Identifikation der Leitnuklide
 - Angaben zur Flächen- und Tiefenverteilung der Kontamination
 - Unterteilung in Chargen, falls erforderlich
- **Massenarten/Chargen mit Mengen** (Massen/Volumina) entsprechend Radiologischem Gutachten

3.5 Verwertungsweg: Verwertung bei der Sanierung einer anderen Hinterlassenschaft

- Ausweisung der Volumina, Massen zur Verwertung
- Einholung und Vorlage einer vollständig ausgefüllten Annahmeerklärung der Wismut GmbH

Verwertung bei Wismut GmbH – Halde 371

- Einhaltung der **Annahmebedingungen**:
 - Materialien mit spezifischen Aktivitäten bis 2,0 Bq/g mit Radionukliden der natürlichen Zerfallsreihe im radioaktiven Gleichgewicht
 - Haldenmaterial
 - Steine und Erden, Schotter, Kies
 - Beton, Putz, Ziegel, Mörtel
 - Schlacken, soweit diese aus Bodenaushüben bei Sanierungs- und Interventionsmaßnahmen anfallen
 - Abfälle aus dem Abbau von metallhaltigen Mineralien, die bei Sanierungs- und Interventionsmaßnahmen anfallen
 - Abfälle aus der Nachbearbeitung von metallhaltigen Mineralien, die bei Sanierungs- und Interventionsmaßnahmen anfallen.

Verwertung bei Wismut GmbH – IAA Helmsdorf

- Einhaltung der **Annahmebedingungen**:
 - Materialien mit Radionukliden der natürlichen Zerfallsreihe außerhalb des radioaktiven Gleichgewichts
 - auch Materialien mit spezifischen Aktivitäten > 2,0 Bq/g
 - In der Regel ist nur die Annahme von Aufbereitungsrückstände und radioaktiven Stoffe aus dem Stadtgebiet Zwickau möglich.
 - In Ausnahmefällen ist, vorbehaltlich der Zustimmung der Stadt Zwickau, auch die Einlagerung von Materialien mit Radionukliden der natürlichen Zerfallsreihe außerhalb des radioaktiven Gleichgewichts aus anderen sächsischen Gebieten möglich.

Hinweise

- Zusätzlich zu den Annahmekriterien für Radioaktivität und Strahlenschutz sind auch alle abfallrechtlichen und sonstigen gültigen Regularien und Annahmebedingungen einzuhalten.
- Können die Annahmekriterien nicht erfüllt werden, muss die Verwertung/Beseitigung nach Regeln und Festlegungen der StrlSchV erfolgen. Beim Überschreiten des für den gewählten Entsorgungsweg geltenden Überwachungswerts, ist ein Antrag zur Entlassung der Rückstände aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung zu stellen (vgl. Checkliste 9.2.1, Teil 3 c, Teil 4 c).

Teil 4 b: Bauablauf, messtechnische Überwachung und Abschlussbericht

4.1 Ablauf der strahlenschutzrechtlich genehmigten Arbeiten

- unverzügliche **Anzeige des Beginns der strahlenschutzrechtlich genehmigten Arbeiten** bei der zuständigen Strahlenschutzbehörde
- **messtechnische Überwachung** gemäß den Forderungen des Genehmigungsbescheides
- **unverzügliche Information der Strahlenschutzbehörde über** während der Bauausführung auftretende, im Vergleich zum erteilten Genehmigungsbescheid **veränderte radiologischen Sachverhalte** (Auffinden weiterer radioaktiver Stoffe, veränderte betroffene Flächen, erhöhte Mengen zum Wiedereinbau, erhöhte spezifische Aktivitäten, gravierende Veränderung des Nuklidvektors usw.)
- unverzügliche **Anzeige des Endes der strahlenschutzrechtlich genehmigten Arbeiten** bei der zuständigen Strahlenschutzbehörde
- Übergabe des **Abschlussberichts** zur messtechnischen Baubegleitung und Verwertung/Beseitigung der radioaktiven Stoffe bis spätestens 3 Monate nach Abschluss der Baumaßnahme

4.2 Messtechnische Überwachung der Arbeiten und ihre Dokumentation in einem Abschlussbericht gemäß der Nebenbestimmungen im Genehmigungsbescheid

Ziel: Nachweis der genehmigungskonformen Durchführung der Arbeiten und der ordnungsgemäßen Verwertung der radioaktiven Stoffe

- **ODL-Messung** des Aushubplanums im Bereich der rückgebauten Kontaminationen (Datum der Messung, Lage des Messortes, Höhe, ODL-Werte) zum **Nachweis** von Ort und Aktivität **zurückgelassener radioaktiver Stoffe**
- **ODL-Messung** (Datum der Messung, Lage, Messort, ODL-Werte) im betroffenen Bereich **nach Fertigstellung der Baumaßnahme**
- **Übergabe der Messdaten** an das LfULG entsprechen der Excel-Format-Vorlage „Vorlage ODL“ (verfügbar unter <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/strahlenschutz/22429.htm>)
- **Nachweis der Einhaltung der Annahmekriterien** der verwerteten radioaktiven Stoffe für Radionuklidvektor und spezifische Aktivität der entsorgten Massen pro Charge durch gammaspektrometrische Bestimmung von Mischproben oder gleichwertige Verfahren:
 - für <100 m³: mindestens 3 Einzelproben
 - für jede weitere 100 m³ bis 600 m³: mindestens eine weitere Laborprobe aus 4-5 Einzelproben
 - >600 m³ für jedes weitere Volumen bis 300 m³: mindestens 1 Laborprobe aus 6 Einzelproben (zwei Einzelproben/100m³)
- **Nachweis der Menge der entsorgten radioaktiven Stoffe** auf Grundlage der Wiegescheine des Entsorgers

4.3 Erfüllung der Nebenbestimmungen im strahlenschutzrechtlichen Genehmigungsbescheid

- **Nachweis der Strahlenschutzbelehrung** aller Beschäftigten der ausführenden Firmen einschließlich Nachauftragnehmer (Dritte):
 - Belehrungsinhalte
 - von den Teilnehmern unterschriebene Belehrungsnachweise
- **Expositionsminimierung** durch Aufenthaltsminimierung
- **Staubschutz**, bei Bedarf Befeuchtung
- Verhinderung von Austrag aus dem Baustellenbereich und Verbreitung bzw. umgehenden Beseitigung bei Austrägen kontaminierten Materials aus dem Baustellenbereich (öffentlicher Verkehrsraum, Baustellenausfahrt)
- Gewährleistung des sicheren Transportes (äußerliche Sauberkeit, Abdeckung der Fahrzeuge)

Hinweis:

- ODL-Messungen: üblicherweise im Messrater von maximal 10 m x 10 m in 1 m Höhe über dem Untergrund

Baumaßnahme	Sanierung von Flächen bzw. Baumaßnahmen auf radioaktiv kontaminiertem Untergrund
Strahlenschutzantrag	Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung nach StrlSchV
Beseitigung/Verwertung	Beseitigung durch gemeinsame Deponierung mit anderen Rückständen und Abfällen nach Anlage XII, Teil C bzw. Teil D StrlSchV oder Verwertung entsprechend Anlage XII, Teil B StrlSchV unter Beachtung von Anlage XII, Teil D StrlSchV
Teil 3 c, 4 c	Genehmigungsantrag, messtechnische Überwachung und Abschlussbericht

Teil 3 c: Antrag zur Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung

Voraussetzung für die Erteilung eines Bescheides zur **Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung** und die Genehmigung des Entsorgungsweges nach Strahlenschutzverordnung durch das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie ist ein schriftlicher Antrag des Bauherrn mit nachfolgend aufgeführten Inhalten und dem ⁵Formblatt EA-R:

3.1 Antragsteller und Adressat der Genehmigung

- Bauherr, Grundstückseigentümer (Ansprechpartner, Beauftragte, Vertreter des Bauherrn):
 - Namen (**juristische Person**: Gemeinde, Zweckverband etc., **natürliche Person**: Herr/ Frau, Titel, Vor-/Zuname)
 - Adresse (Straße, Haus-Nr., PLZ, Ort)
 - Telefon-Nr.
 - E-Mail
 - rechtsgültige Unterschrift des Bauherrn, Grundstückseigentümers
 - Sind Bauherr und Grundstückseigentümer nicht identisch, stellt und unterschreibt der Bauherr den Antrag und fügt eine schriftliche Einverständniserklärung des Grundstückseigentümers bei.

3.2 Beauftragte Firmen

- **mit den Arbeiten beauftragte Firmen**, sofern zum Zeitpunkt der Antragstellung bereits bekannt (Namen, Adressen, Telefon-Nr., E-Mail):
 - Planer
 - Bauleitung/Oberbauleitung
 - Ingenieurbüros für die strahlenschutzfachliche Baubegleitung und Durchführung der radiologischen Messungen
 - ausführende Baufirmen

⁵ <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/strahlenschutz/2373.htm>

3.3 Rückstände zur Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung (Formblatt EA-R)

- Rückstand:
 - **betriebsinterne Bezeichnung**
 - **Art der Rückstände** nach Anlage XII, Teil A StrlSchV
- **Abfallbezeichnung** und **Abfallschlüssel-Nr.** nach Abfallverzeichnisverordnung (AVV)
- voraussichtlich anfallende **Mengen**
- **Zeitraum** der Entsorgung
- vorgesehener **Entsorgungsweg (Beseitigung)** nach Anlage XII, Teil C StrlSchV:
 - **Deponie zur Beseitigung** entsprechend Annahmeerklärung
- **Erklärung** und **Unterschrift** des Antragsstellers
- **Annahmeerklärung** des **Entsorgers** (Formblatt AE-R):
 - **Abfallentsorger**: Name, Adresse, Ansprechpartner und Kontaktdaten
 - **Abfallschlüssel und Abfallbezeichnung** nach AVV
 - Angaben zum **Ort der Beseitigung** (Name, Ort, Art der Deponie, Angaben zur bisherigen Beseitigung von überwachungsbedürftigen Rückständen)
 - Erklärung und Unterschrift des Entsorgers
- **Nachweis** über den **Zugang** der **Kopie** der **Annahmeerklärung des Entsorgers (AE-R)** an die **zuständige Abfallbehörde** gemäß § 98 Abs. 3 StrlSchV

oder:

- Rückstand:
 - **betriebsinterne Bezeichnung**
 - **Art der Rückstände** nach Anlage XII, Teil A StrlSchV
- **Abfallbezeichnung** und **Abfallschlüssel-Nr.** nach Abfallverzeichnisverordnung (AVV)
- voraussichtlich anfallende **Mengen**
- **Zeitraum** der Entsorgung
- vorgesehener **Entsorgungsweg (Verwertung)** nach Anlage XII, Teil B StrlSchV:
 - **Art und Ort der Verwertung** entsprechend Annahmeerklärung
- **Annahmeerklärung** des **Entsorgers** (⁶Formblatt AE-R):
 - **Abfallentsorger**: Name, Adresse, Ansprechpartner und Kontaktdaten
 - **Abfallschlüssel und Abfallbezeichnung** nach AVV
 - Angaben zum **Ort der Verwertung** (Name, Ort, Art der Verwertung)
 - Gesamtaktivität [MBq] und Gesamtmasse [t] der zur Verwertung vorgesehenen Rückstände
 - Erklärung und Unterschrift des Entsorgers
- **Nachweis** über den **Zugang** der **Kopie** der **Annahmeerklärung des Verwerters (AE-R)** an die **zuständige Abfallbehörde** gemäß § 98 Abs. 3 StrlSchV
- **Radiologisches Gutachten** mit **Expositionsabschätzung** nach Anlage XII, Teil D StrlSchV
 - Nachweis, dass eine effektive Dosis von maximal 1 mSv/a für Einzelpersonen der Bevölkerung eingehalten wird. Dabei sind die Beschäftigten, die beim Transport etc. tätig werden, als Einzelpersonen der Bevölkerung zu berücksichtigen.

⁶ Download unter: <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/strahlenschutz/2373.htm>

3.4 Beschreibung des Bauvorhabens

Vorzulegen sind **Baugrundgutachten** und **Radiologisches Gutachten** mit den in Checkliste 9.2.1 Teil 1, 2 (Voruntersuchung und Radiologisches Gutachten) dargestellten Inhalten sowie:

- **Kurzbeschreibung:**
 - Ziels des Bauvorhabens
 - beabsichtigter Umfang der Sanierungs- bzw. Baumaßnahmen auf radioaktiv kontaminiertem Untergrund (komplette Flächensanierung mit Rückbau bis zur Sohle der Kontamination, Abtrag von Kontaminationen nur im notwendigen Eingriffsbereich)
- **betroffene Flächen:**
 - Gemarkungen
 - Flurstücksnummern
 - Koordinaten (Hochwert, Rechtswert)
- **Lagepläne** mit Kennzeichnung von:
 - Grundstücks-, Baufeldgrenzen
 - Trassen, Bauwerken
 - Eingriffsbereichen und Teilmaßnahmen (Flächen, Tiefen)

Teil 4 c: Bauablauf, messtechnische Überwachung und Abschlussbericht

4.1 Ablauf der strahlenschutzrechtlich genehmigten Arbeiten

- unverzügliche **Anzeige des Beginns der strahlenschutzrechtlich genehmigten Arbeiten** bei der zuständigen Strahlenschutzbehörde
- **messtechnische Überwachung** gemäß den Anforderungen im Genehmigungsbescheid
- **unverzügliche Information der Strahlenschutzbehörde über** während der Bauausführung auftretende, im Vergleich zum erteilten Genehmigungsbescheid **veränderte radiologische Sachverhalte** (Auffinden weiterer Rückstände, veränderte betroffene Flächen, erhöhte Mengen zum Wiedereinbau, erhöhte spezifische Aktivitäten, gravierende Veränderung des Nuklidvektors usw.)
- unverzügliche **Anzeige der erfolgten ordnungsgemäßen Entsorgung** beim Sächsischen Landesamt für Umwelt und Geologie unter **Angabe der abgegebenen Mengen**
- unverzügliche **Anzeige des Endes der strahlenschutzrechtlich genehmigten Arbeiten** bei der zuständigen Strahlenschutzbehörde
- Übergabe des **Abschlussberichts** zur messtechnischen Baubegleitung und Verwertung/Beseitigung der Rückstände bis spätestens 3 Monate nach Abschluss der Baumaßnahme

4.2 Messtechnische Überwachung der Arbeiten und ihre Dokumentation in einem Abschlussbericht gemäß den Nebenbestimmungen im Genehmigungsbescheid

Ziel: Nachweis der genehmigungskonformen Durchführung der Arbeiten und der ordnungsgemäßen Verwertung/Beseitigung der Rückstände

- Überwachung und Begleitung des Bauablaufs durch ein fachkundiges Ingenieurbüro:
 - Abgrenzung, Selektion der Rückstände von nicht kontaminierten Bereichen (unterhalb der Freigrenze von 0,2 Bq/g) z. B. durch organoleptische Ansprache und ODL-Messungen oder Beta-Gamma-Kontaminationsmessungen
 - Berücksichtigung der teilweise erheblich größeren Aushubtiefen bei der Verlegung von zugehörigen Medien und Kanälen (Straßenbeleuchtung, Straßenentwässerung, Gas, Telekommunikation etc.)
- **ODL-Messung des Aushubplanums** in einem kleineren Raster als 10 m x 10 m in 1 m Höhe im Bereich der rückgebauten Kontaminationen (Baugrubensohle Fundamentabbruch der Bauwerke):

- Dokumentation (Datum und Lage der Messung, Messort, Höhe, ODL-Werte) zum Nachweis von Ort und Aktivität zurückgelassener Rückstände
- sofortige Information der Strahlenschutzbehörde und Abstimmung weiterer Maßnahmen bei Überschreitung des in den Nebenbestimmungen des Bescheids vorgegebenen zulässigen Höchstwertes für die Gamma-Ortsdosisleistung
- **ODL-Messung** (Datum und Lage der Messung, Messort, ODL-Werte) im betroffenen Bereich **nach Fertigstellung der Baumaßnahme**
- **Feststellung** und Übergabe der **Außenkontur der sanierten Flächen** (Eckpunktkoordinaten als Excel-Liste)
- **Übergabe der Messdaten** an das LfULG entsprechend der Excel-Format-Vorlage „Vorlage ODL“ (verfügbar unter <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/strahlenschutz/22429.htm>)
- **Nachweis der Menge der entsorgten Rückstände** auf der Grundlage der Wiegescheine des Entsorgers
- **repräsentative Probenahme**, Probenzahl in Abhängigkeit von der Menge (Masse/Volumen) und der Inhomogenität (vgl. Kapitel 6.3, Tabelle 16)
- *bei niedriger Heterogenität:*
 - für <math> < 100 \text{ m}^3 </math>: mindestens 6 Einzelproben
 - für jede weitere 100 m³ bis 600 m³: mindestens zwei weitere Laborproben aus 4-5 Einzelproben,
 - >600 m³ für jede weiteres Volumen bis 300 m³: mindestens 1 Laborprobe aus 4-5 Einzelproben pro 100 m³ (12-15 Einzelproben pro 300 m³)
- **Erhöhung der Probenzahl bei stark inhomogenen Verhältnissen** entsprechend Kapitel 6.3, Tabelle 16
 - Aufteilung der Rückstände in Chargen mit geringerer Heterogenität, falls erforderlich
- **repräsentative Ermittlung der spezifischer Aktivität** der Radionuklide der Uran-238-Zerfallsreihe und der Thorium-232-Zerfallsreihe pro Charge der entsorgten Massen (Bestimmung des Radionuklidvektors durch Gammaskopimetrie oder gleichwertige Verfahren)
 - $C = C_{\text{U}238\text{max}} + C_{\text{Th}232\text{max}}$ C in Bq/g bzw. MBq/t
 - **Werte $C_{\text{U}238\text{max}}$, $C_{\text{Th}232\text{max}}$** in Bq/g der jeweils größten spezifischen Aktivitäten der Uran-238-Zerfallsreihe und der Thorium-232-Zerfallsreihe
- **repräsentative Ermittlung der Gesamtaktivität A_{ges}** der zur Deponierung vorgesehen Stoffe pro Rückstand (Charge i), die aus den repräsentativ ermittelten Werten der spezifischen Aktivität $C_{\text{U-238max}}$ · $C_{\text{Th-232max}}$ (siehe vorstehender Anstrich) und der Masse der zur Deponierung vorgesehen
 - Stoffe $A_{\text{ges},i} = C_i [\text{MBq/t}] \cdot m_i [\text{t}]$ $A_{\text{ges},i}$ in MBq mit i = Nummer der Rückstandsart/Charge
 m_i : Masse der Charge

4.3 Erfüllung der Nebenbestimmungen im strahlenschutzrechtlichen Genehmigungsbescheid

- **Nachweis der Strahlenschutzbelehrung** aller Beschäftigten der ausführenden Firmen einschließlich Nachauftragnehmer (Dritte):
 - Belehrungsinhalte
 - von den Teilnehmern unterschriebene Belehrungsnachweise
- **Expositionsminimierung** (Aufenthaltsminimierung)
- **Staubschutz** (bei Bedarf Befeuchtung)

- **Verhinderung des Austrags überwachungsbedürftiger Rückstände** aus dem Baustellenbereich in die Umwelt bzw. umgehende Beseitigung von Austrägen (öffentlicher Verkehrsraum, Baustellenausfahrt)
- **Gewährleistung des sicheren Transports** (äußerliche Sauberkeit, Abdeckung der Fahrzeuge)

Hinweise:

- ODL-Messungen: üblicherweise im Messrater von maximal 10 m x 10 m in 1 m Höhe über dem Untergrund
- Zusätzlich zu den Annahmekriterien bezüglich Radioaktivität und Strahlenschutz sind auch alle abfallrechtlichen und sonstigen Annahmebedingungen und Vorschriften anderer Rechtsbereiche einzuhalten.

9.2.3 Checklisten Gebäudeabbruch und Gebäudesanierung

Baumaßnahme	Gebäudeabbruch und Gebäudesanierung
Allgemeiner Teil 1, 2	Voruntersuchungen und Radiologischer Bericht, Radiologisches Gutachten

Teil 1: Voruntersuchung und Radiologischer Bericht

Ziel: Recherche, Zusammenfassung und Bewertung relevanter Informationen zum möglichen Auftreten radioaktiver Stoffe

1.1 Auswertung vorhandener Bestandsunterlagen zu Bauwerken

- Unterlagen zu **Baugenehmigungen** (Bauamt)
- Bauleitplanungen, Bebauungspläne** (Städte, Gemeinden)
- Hinweise der Bauämter von Städten und Gemeinden mit Informationen zu:
 - Verdacht auf radioaktive Kontaminationen im geplanten Bebauungsbereich
 - Art, Herkunft des Materials
 - Nuklidvektor
- Bestandsunterlagen** zu den Bauwerken (Zeichnungen bzw. Nachweise zu Errichtung, Instandhaltung, Sanierung, Umbau)
- Verwendung radioaktiver Stoffe** als
 - Zuschlagsstoffe für Beton, Putze, Mörtel (Tailings, Schlacke)
 - Dämm- und Isoliermaterial für Zwischendecken

1.2 Auswertung von Baugrundgutachten, Altlastenuntersuchungen und abfallfachlichen Verwertungskonzepten

- historische Nutzung** von Gebäude, Baugebiet und Umgebung
 - Lage von Altstandorten
 - Altablagerungen im Umfeld der Bauwerke (Asche, Schlacke)
 - Nutzung von bergbaulichen Rückständen und Aufbereitungsrückständen in Bauwerk und Baufeld bzw. im Bereich von Verkehrsflächen und Umgebung
 - Nutzung von Anlagen und Verfahren in Bauwerk und Umgebung
 - mögliche radioaktive Stoffe und Kontaminationen durch die Nutzung
- gegenwärtiger Zustand und Nutzung** von Baugebiet und Umgebung
 - Verdachtsflächen, kontaminierte Bereiche
 - Schadstoffinventar
 - Ausbreitungspfade, betroffene Schutzgüter
- regionale und lokale geologische Situation (Exposition von Radon)
- stratigrafischer Aufbau des Untergrundes:**
 - Auswertung von Schichtenverzeichnissen (Bohrungen, Bohrsondierungen, Grundwassermessstellen, Schürfe)
- Hinweise auf radioaktiv kontaminierte Bereiche** durch Ausweisung von Auffüllungen und organoleptische Charakterisierung (Farbe, Geruch) der erkundeten Schichten:
 - Gründungspolster von Fundamenten und Tragschichten für Bodenplatten mit Tailingsand, Haldenmaterial
 - Senken, Geländeregulierungen: Verfüllung mit Asche, Schlacke, Haldenmaterial
 - radioaktiv kontaminierte Rest-, Abbruchmaterialien: Verfüllungen in Fundamentbereich, Keller etc.

- Bettung von Leitungen und Gräben: Verfüllung mit Tailingssand, Asche, Schlacke
- Verlauf von Medien, Abwasserleitungen (Rückverfüllungsmaterial)
- **Untersuchungen zur chemischen Zusammensetzung** von Baumaterialien Böden und Auffüllungen
- **Ableitung von Hinweisen auf Kontaminationen** durch bergbauliche Hinterlassenschaften, insbesondere erhöhte Konzentrationen von:
 - Arsen
 - Schwermetallen
 - Eisen
 - niedrige pH-Werte (Mobilisierung von Radionukliden durch Oxidation von Sulfiden und Arseniden)
- **hydrologische, hydrogeologischen Verhältnisse:**
 - Grundwasserstände mit Schwankungsbreiten
 - potentielle Ausbreitungsrichtung mobiler Kontaminationen, (Grundwasserfließrichtung, Flurabstand, Abstandsgeschwindigkeit)
 - u. U. chemische Zusammensetzung von Grund- und Sickerwässern

1.3 Durchführung einfacher orientierender radiologischer Untersuchungen

- **Messung der Gamma-Ortsdosisleistung:**
 - Messung der Gamma-Ortsdosisleistung in Räumen (Exposition durch äußere Bestrahlung)
 - Messung der Zählrate oder der Gamma-Ortsdosisleistung auf Oberflächen von Wänden und Fußböden
 - Flächen im Bauwerksumfeld: Raster kleiner/gleich 10 m x 10 m, 1 m über dem Untergrund
- **Messung der Zählrate oder der Gamma-Ortsdosisleistung vorhandener Proben** aus:
 - Bauwerksaufschlüssen
 - Auffüllungen im Umfeld der Bauwerke
- **Bestimmung der spezifischen Aktivität durch Gammaspektrometrie** an wenigen ausgewählten Proben

1.4 Radiologischer Bericht: Zusammenfassung und Bewertung der recherchierten Angaben und radiologischen Messungen

- **Zusammenfassung der Informationen** innerhalb des Begutachtungsgebietes
- **Darstellung der Lokalisierung potentieller radioaktiver Stoffe**
 - Lagepläne Standort (Umfeld, Lage Bauwerk)
 - Pläne Bauwerk (Geschoßpläne)
- **Bewertung** von Umfang und Relevanz der vorliegenden Informationen
- Benennung, **Einschätzung fehlender Informationen**
- **Entscheidung über die weitere Vorgehensweise:**

Sind radioaktive Stoffe mit spezifischen Aktivitäten $C > 0,2$ Bq/g zu erwarten bzw. nicht auszuschließen?

 - ja: Radiologisches Gutachten erforderlich
 - nein: keine strahlenschutzfachlichen Untersuchung, kein strahlenschutzrechtlicher Antrag erforderlich

Teil 2: Radiologisches Gutachten

Ziel: Charakterisierung der radiologischen Eigenschaften und der Menge der radioaktiven Stoffe im Bereich der Baumaßnahme

2.1 Darstellung und Bewertung der Ergebnisse des Radiologischen Berichts

- Zusammenfassung aller radiologisch relevanten Informationen zur Radioaktivität, Altlasten- Bau- grunduntersuchungen und sonstiger Erkundungen zum Bauwerk (vgl. Teil 1)

2.2 Ergänzende radiologische Untersuchungen

- **Messung der Gamma-Ortsdosisleistung** oder Zählraten von Oberflächen mit Gamma-Beta-Konta- minationsmessgeräten zur Identifizierung von radioaktiv kontaminierten Baumaterialien:
 - Wände, Fußböden: Tailings, Asche Schlacke
 - Tapeten, Anstriche, Putze: oberflächliche Ablagerung von Radonfolgeprodukten wie Pb-210 durch langzeitliche hohe Radonbelastungen der Raumluft
 - in die Bausubstanz eingedrungene mobile (wasserlösliche) Radionuklide (Uranlösungen)
 - Dachstühle, offene Dachunterkonstruktionen, Lüftungsanlagen (Balken, Stahlkonstruktionen in Hallen, Lüftungskanäle, Staubfilter): Ablagerung radioaktiv kontaminierter Stäube
 - Metalloberflächen (Schrott): radioaktive Kontamination durch chemische Prozesse (Oxidation, Rostbildung), die mit vertretbarem Aufwand u. U nicht mehr zu entfernen ist
- **Probenahme aus der Bausubstanz** (Kernbohrungen aus Wänden, Fußböden, Bodenplatten, Füllma- terial aus Zwischendecken) und dem Gründungsbereich der Bauwerke:
 - schichtenweise Untersuchung von Bauwerks- und Bodenproben bis unterhalb der geplanten Ein- griffstiefen z. B. beim geplanten Entfernen von Putzen, Zwischenböden, Geschoßdecken bzw. von Fundamentbettung und der Gründungssole beim kompletten Abbruch von Gebäuden
 - separate radiologische Messung mit Gamma-Ortsdosisleistungsmessgeräten oder/und Kontami- nationsmessgeräten zur Identifizierung und gammaspektrometrischen Bestimmung der spezifi- schen Aktivitäten der tatsächlich kontaminierten Materialien nach Trennung der verschiedenen Konstruktionsmaterialien gemäß der zu beachtenden abfallrechtlichen Verwertungs- und Entsor- gungskonzepte
- **Festlegung der Aufschlussdichte** in Abhängigkeit von:
 - Ergebnissen der Messung der Gamma-Ortsdosisleistung
 - Grundfläche des Bauwerks
 - Anzahl der Räume
 - Raumgrößen
 - Konstruktion
 - Ausbau der Räumlichkeiten
 - unterschiedlicher Nutzung

Raumfläche gleicher Konstruktion und Nutzung [m ²]	pro Konstruktionselement [Probenanzahl]
≤ 50	2-3
50-200	3-4
> 200	1-2 pro 50 m ²

- Erhöhung der Aufschlussdichte:
 - bei Verdacht auf radioaktive Stoffe (Auffüllungen, Zuschlagstoffe)

- in Bereichen mit vermuteten Kontaminationsschwerpunkten (z. B. bei Hinweisen durch Messung der Gamma-Ortsdosisleistung)
- bei inhomogenen Verhältnissen
- **gammaspektrometrische Untersuchung** oder Schnellbestimmungen **von Bodenproben** zur **Charakterisierung der radioaktiven Kontaminationen** hinsichtlich:
 - Nuklidvektor
 - Leitnuklide
 - repräsentativer Ermittlung der spezifischen Aktivitäten (bevorzugt durch Gammaskpektrometrie)

2.3 Darstellung und Bewertung der Ergebnisse

- nachvollziehbare **Darstellung in maßstabsgerechten Plänen**:
 - Lageplan des Gesamtgebäudes mit Anbindung von unterirdisch verlegten Medien
 - Geschosspläne mit Raumaufteilung
- **Schichtenverzeichnisse** der Aufschlüsse mit Nachweis der Mächtigkeiten der Konstruktionsschichten
- **Abgrenzung von Chargen** auf Grundlage von unterschiedlichen Nuklidvektoren und/oder Aktivitätsniveaus zur Optimierung der Entsorgungswege für radioaktive Stoffe
- **Ermittlung/Abschätzung** der zu erwartenden **Mengen** für die Chargen
- Beurteilung der **Überschreitung von Freigrenze und Überwachungsgrenzen**
- Benennung/**Empfehlung der möglicher Entsorgungswege** für jede Charge und des dazu erforderlichen Genehmigungsantrags (vgl. Abschlussbericht, Abbildung 10)

Baumaßnahme	Gebäudeabbruch und Gebäudesanierung
Strahlenschutzantrag	Genehmigung zum Umgang mit radioaktiven Stoffen nach VOAS, HaldAO
Verwertung/Beseitigung	Wiedereinbau im Baustellenbereich
Teil 3 a, 4 a	Genehmigungsantrag, messtechnische Überwachung und Abschlussbericht

Teil 3 a: Antrag zur Genehmigung des Umgangs mit radioaktiven Stoffen nach VOAS, HaldAO

Voraussetzung für die Erteilung einer Genehmigung zum Umgang mit radioaktiven Stoffen durch das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie ist das Einreichen eines entsprechenden Genehmigungsantrages mit den nachfolgend aufgeführten Inhalten:

3.1 Antragsteller und Adressat der Genehmigung

- Bauherr, Grundstückseigentümer (Ansprechpartner, Beauftragte, Vertreter des Bauherrn):
 - Namen (**juristische Person**: Gemeinde, Zweckverband etc., **natürliche Person**: Herr/ Frau, Titel, Vor-/Zuname)
 - Adresse (Straße, Haus-Nr., PLZ, Ort)
 - Telefon-Nr.
 - E-Mail
 - rechtsgültige Unterschrift des Bauherrn, Grundstückseigentümers
 - Sind Bauherr und Grundstückseigentümer nicht identisch, stellt und unterschreibt der Bauherr den Antrag und fügt eine schriftliche Einverständniserklärung des Grundstückseigentümers bei.

3.2 Beauftragte Firmen

- **mit den Arbeiten beauftragte Firmen**, sofern zum Zeitpunkt der Antragstellung bereits bekannt (Namen, Adressen, Telefon-Nr., E-Mail):
 - Planer
 - Bauleitung/Oberbauleitung
 - Ingenieurbüros für die strahlenschutzfachliche Baubegleitung und Durchführung der radiologischen Messungen
 - ausführende Baufirmen

3.3 Beschreibung des Bauvorhabens

- **Kurzbeschreibung des Ziels** und beabsichtigten **Umfangs der Arbeiten**:
 - Gebäudesanierung mit Rückbau kontaminierter Gebäudeteile (z. B. Entfernung kontaminierter Anstriche, Putze, Betonplatten, Fußböden)
 - kompletter Abbruch des Gebäudes
 - mit Abbruch der Fundamente, Bodenaustausch im Fundamentbereich
 - Abtrag von Kontaminationen nur im notwendigen Eingriffsbereich
 - **Sanierungsziele** (Rückbau, Sanierungskonzentrationen)
- **betroffene Bauwerke, Flächen**:
 - Gemarkungen
 - Flurstücksnummern
 - Koordinaten (Hochwert, Rechtswert)

- **Lagepläne** mit Kennzeichnung von:
 - Grundstücks-, Baufeldgrenzen
 - Bauwerken, Medientrassen
 - Eingriffsbereichen und Teilmaßnahmen (Bauwerksteile, Räume, Flächen)
- **Raum-, Geschosspläne**

3.4 Antragsgegenstände und Begründung der Antragstellung

- **Antragsgegenstände** zum Umgang mit radioaktiven Stoffen:
 - Entkernung
 - Abbruch von Bauwerk und Fundamenten
 - Bodenaustausch im Fundamentbereich und Umfeld
 - Brechen von radioaktiv kontaminierten Bauschutt vor Ort mit den erforderlichen Maßnahmen zur Gewährleistung des Strahlenschutzes und der messtechnischen Überwachung
 - besondere Maßnahmen zur Abfalltrennung
 - Seitenlagerung
 - Wiedereinbau im Bereich der Baumaßnahme
- **Rechtfertigung des Umgangs:** Begründung des Nutzens der Arbeiten (langfristige Verringerung der Strahlenexposition für Personen der Bevölkerung)
- **betroffene Bauwerksteile, Räume, Flächen:**
 - Beschreibung der radioaktiven Stoffe
 - Ausbreitungsbereiche radioaktiver Stoffe
 - Grundflächen und Dicken kontaminierter Bausubstanz
 - Rückbau von Medientrassen
 - Bereiche mit Geländeregulierungen
- **Lage- und Aufschlussplan** mit:
 - Probenahmeorte
 - Bebauungsbereiche
 - Schnittverläufe
- **Bodenprofile, Schichtenverzeichnisse der Aufschlüsse:**
 - organoleptische Ansprache
 - Beschreibung der radioaktiv Stoffe
- **spezifische Aktivitäten** entsprechend **Radiologischem Gutachten** zur Abgrenzung von Bereichen mit unterschiedlichen Aktivitäten:
 - Daten zu ODL-Messungen
 - repräsentative spezifische Aktivitäten
 - Identifikation der Leitnuklide
 - Angaben zur Flächen- und Tiefenverteilung der Kontamination
 - Unterteilung in Chargen, falls erforderlich
- **Massenarten** mit **Mengen** (Massen/Volumina) und **spezifische Aktivitäten:**
 - Charakterisierung der Kontaminationen
 - Abgrenzung von Bereichen mit unterschiedlichen Aktivitäten entsprechend Radiologischem Gutachten und Abfall- und Verwertungskonzepten

3.5 Verwertungsweg: Wiedereinbau im Baustellenbereich

Materialien mit spezifischen Aktivitäten von 0,2 Bq/g bis 1,0 Bq/g

- **Charakterisierung des** beabsichtigten **Wiedereinbaus:**
 - Flächen z. B. Rückverfüllung von Keller-, Fundamentbereichen nach Abbruch (Lageplan)
 - Tiefenbereiche (Schnitte)
 - Mächtigkeiten (Schnitte)
 - Volumina (Massenbilanz)
 - Überdeckung (Material, Mächtigkeit)
 - weitere Nutzung
- **Seitenlagerung** von radioaktiven Stoffen:
Beispiele: Bauschutt vor und nach dem Brechen, Schrott nach Abbruch zum Ausmessen (Entscheidung über den Entsorgungsweg)
 - Ausweisung der Fläche (Lageplan)
 - Zugangssicherung
 - Schutzmaßnahmen gegen Versickerung
 - Schutzmaßnahmen gegen Austrag, Verbreitung

Hinweise

- Der Wiedereinbau ist nur sinnvoll in Bereichen, in die voraussichtlich nicht wieder eingegriffen wird (z. B. im Unterbau von Zuwegungen und Parkplatzflächen) nicht jedoch für Medientrassen, Vorratsflächen für Erweiterungsbauten und Flächen für zukünftige Bauwerke mit Tiefgründung oder dergleichen.
- Jeder erneute Eingriff in radioaktive Stoffe erfordert eine neue Strahlenschutzgenehmigung.

Materialien mit spezifischen Aktivitäten von > 1,0 Bq/g

Der Wiedereinbau ist nur bei Nachweis der Einhaltung des 1 mSv/a-Kriteriums für die Exposition von Personen der Bevölkerung genehmigungsfähig. Dazu ist durch ein fachkundiges Ingenieurbüro eine Expositionsbeurteilung unter Einbeziehung aller relevanten Expositionspfade zu erarbeiten und den Antragsunterlagen beizufügen (vgl. Anlage XII, Teil D StrlSchV).

Teil 4 a: Messtechnische Überwachung und Abschlussbericht

4.1 Ablauf der strahlenschutzrechtlich genehmigten Arbeiten

- unverzügliche **Anzeige des Beginns der strahlenschutzrechtlich genehmigten Arbeiten** bei der zuständigen Strahlenschutzbehörde
- **messtechnische Überwachung** gemäß den Anforderungen im Genehmigungsbescheid
- **unverzügliche Information der Strahlenschutzbehörde über** während der Bauausführung auftretende, im Vergleich zum erteilten Genehmigungsbescheid **veränderte radiologische Sachverhalte** (Auffinden weiterer radioaktiver Stoffe, veränderte betroffene Flächen bzw. erhöhte Mengen zum Wiedereinbau, erhöhte spezifische Aktivitäten, gravierende Veränderung des Nuklidvektors usw.)
- unverzügliche **Anzeige des Endes der strahlenschutzrechtlich genehmigten Arbeiten** bei der zuständigen Strahlenschutzbehörde
- Übergabe des **Abschlussberichts** zur messtechnischen Baubegleitung und Verwertung/Beseitigung der radioaktiven Stoffe bis spätestens 3 Monate nach Abschluss der Baumaßnahme

4.2 Messtechnische Überwachung der Arbeiten und ihre Dokumentation in einem Abschlussbericht gemäß den Nebenbestimmungen im Genehmigungsbescheid

Ziel: Nachweis der genehmigungskonformen Durchführung der Arbeiten und der ordnungsgemäßen Verwertung der radioaktiven Stoffe

- **ODL-Messung** oder **Kontaminationsmessung** zum **Nachweis** von Ort und Aktivität **zurückgelasener radioaktiver Stoffe**:
 - des Aushubplanums (Komplettabbruch): Datum der Messung, Lage des Messortes, Höhe, ODL-Werte
 - im Bereich der rückgebauten Kontaminationen (Teilrückbau/Sanierung): Datum der Messung, Lage des Messortes, Höhe, ODL-Werte
- Nachweise zu **wiedereingebauten radioaktiven Stoffen**:
 - Lageplan mit Angaben zum Wiedereinbau
 - Volumen (Vermessung der Lage, Höhe und Mächtigkeit)
 - Koordinaten (Hochwert, Rechtswert) und Höhen der Umgrenzung des „Wiedereinbaukörpers“ als digitale Daten
- **ODL-Messung** (Datum der Messung, Lage, Höhe Messort, ODL-Werte) auf der Oberfläche der wiedereingebauten radioaktiven Stoffe (Tragschicht, Frostschuttschicht, Hinterfüllung) **vor der Überdeckung**
- **ODL-Messung** (Datum der Messung, Lage, Messort, ODL-Werte) im Wiedereinbaubereich **nach Fertigstellung der Baumaßnahme**
- **Freigabemessung der Fläche einer genehmigten Seitenlagerung** nach der Entfernung der radioaktiven Stoffe, je nach Nebenbestimmung durch:
 - Gamma-ODL-Messungen,
 - Gammaskpektrometrie von Bodenproben
 - andere
- Übergabe der Messdaten an das LfULG entsprechen der Excel-Format-Vorlage „Vorlage ODL“ (verfügbar unter <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/strahlenschutz/22429.htm>),
- **Freigabe von nicht kontaminierten Abbruchmaterialien** bzw. Materialien mit einer spezifischen Aktivität kleiner 0,2 Bq/g (Bauschuttrecyclingmaterial, Schrott) durch Beta-Gamma-Oberflächenmessungen oder Gammaskpektrometrie

4.3 Erfüllung der Nebenbestimmungen im strahlenschutzrechtlichen Genehmigungsbescheid

- **Nachweis der Strahlenschutzbelehrung** aller Beschäftigten der ausführenden Firmen einschließlich Nachauftragnehmer (Dritte):
 - Belehrungsinhalte
 - von den Teilnehmern unterschriebene Belehrungsnachweise
- **Expositionsminimierung** (Aufenthaltsminimierung)
- **Staubschutz** (bei Bedarf Befeuchtung)
- **besondere Schutzmaßnahmen**:
 - z. B. Atemschutz, Wasserschleier zur Staubreduzierung beim Abbruch radioaktiv kontaminierter Bausubstanz
 - Atemschutz beim Zerkleinerern von radioaktiv kontaminierten Schrott (Brennschneiden, Trennschleifen)
- **Verhinderung des Austrags von radioaktiven Stoffen** aus dem Baustellenbereich in die Umwelt bzw. umgehende Beseitigung von Austrägen (öffentlicher Verkehrsraum, Baustellenausfahrt)

Hinweise:

- ODL-Messungen für Außenflächen: üblicherweise im Messrater von maximal 10 m x 10 m in 1 m Höhe über dem Untergrund
- Messungen von Wand- und Fußbodenflächen: Angabe von Messbedingungen und Messgeometrie (ODL-Messungen, Beta-Gamma-Messungen)

Baumaßnahme	Gebäudeabbruch und Gebäudesanierung
Strahlenschutzantrag	Genehmigung zum Umgang mit radioaktiven Stoffen nach VOAS, HaldAO
Verwertung/Beseitigung	Verwertung bei der Sanierung anderer Hinterlassenschaften (Halde 371/IAA Helmsdorf der Wismut GmbH)
Teil 3 b, 4 b	Genehmigungsantrag, messtechnische Überwachung und Abschlussbericht

Teil 3 b: Antrag zur Genehmigung des Umgangs mit radioaktiven Stoffen nach VOAS, HaldAO

Voraussetzung für die Erteilung einer Genehmigung zum Umgang mit radioaktiven Stoffen durch das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie ist das Einreichen eines entsprechenden Genehmigungsantrages mit den nachfolgend aufgeführten Inhalten:

3.1 Antragsteller und Adressat der Genehmigung

- Bauherr, Grundstückseigentümer (Ansprechpartner, Beauftragte, Vertreter des Bauherrn):
 - Namen (**juristische Person**: Gemeinde, Zweckverband etc., **natürliche Person**: Herr/Frau, Titel, Vor-/Zuname)
 - Adresse (Straße, Haus-Nr., PLZ, Ort)
 - Telefon-Nr.
 - E-Mail
 - rechtsgültige Unterschrift des Bauherrn, Grundstückseigentümers
 - Sind Bauherr und Grundstückseigentümer nicht identisch, stellt und unterschreibt der Bauherr den Antrag und fügt eine schriftliche Einverständniserklärung des Grundstückseigentümers bei.

3.2 Beauftragte Firmen

- **mit den Arbeiten beauftragte Firmen**, sofern zum Zeitpunkt der Antragstellung bereits bekannt (Namen, Adressen, Telefon-Nr., E-Mail):
 - Planer
 - Bauleitung/Oberbauleitung
 - Ingenieurbüros für die strahlenschutzfachliche Baubegleitung und Durchführung der radiologischen Messungen
 - ausführende Baufirmen

3.3 Beschreibung des Bauvorhabens:

- **Kurzbeschreibung des Ziels** und beabsichtigten **Umfangs der Arbeiten**:
 - Gebäudesanierung mit Rückbau kontaminierter Gebäudeteile (z. B. Entfernung kontaminierter Anstriche, Putze, Betonplatten, Fußböden)
 - kompletter Abbruch des Gebäudes
 - mit Abbruch der Fundamente, Bodenaustausch im Fundamentbereich
 - Abtrag von Kontaminationen nur im notwendigen Eingriffsbereich
 - **Sanierungsziele** (Rückbau, Sanierungskonzentrationen)
- **betroffene Bauwerke, Flächen**:
 - Gemarkungen
 - Flurstücksnummern
 - Koordinaten (Hochwert, Rechtswert)

- **Lagepläne** mit Kennzeichnung von:
 - Grundstücks-, Baufeldgrenzen
 - Bauwerken, Medientrassen
 - Eingriffsbereichen und Teilmaßnahmen (Bauwerksteile, Räume, Flächen)
- **Raum-, Geschosspläne**

3.4 Antragsgegenstände und Begründung der Antragstellung

- **Antragsgegenstände** zum Umgang mit radioaktiven Stoffen:
 - Entkernung
 - Abbruch von Bauwerk und Fundamenten
 - Bodenaustausch im Fundamentbereich und Umfeld
 - Brechen von radioaktiv kontaminierten Bauschutt vor Ort mit den erforderlichen Maßnahmen zur Gewährleistung des Strahlenschutzes und der messtechnischen Überwachung
 - besondere Maßnahmen zur Abfalltrennung
 - Transport
 - Seitenlagerung
 - Verwertung bei der Sanierung einer anderen Hinterlassenschaft (Halde 371, IAA Helmsdorf der Wismut GmbH)
- **Rechtfertigung des Umgangs:** Begründung des Nutzens der Arbeiten (langfristige Verringerung der Strahlenexposition für Personen der Bevölkerung)
- **betroffene Bauwerksteile, Räume, Flächen:**
 - Beschreibung der radioaktiven Stoffe
 - Ausbreitungsbereiche radioaktiver Stoffe
 - Grundflächen und Dicken kontaminierter Bausubstanz
 - Rückbau von Medientrassen
 - Bereiche mit Geländeregulierungen
- **Lage- und Aufschlussplan** mit:
 - Probenahmeorte
 - Bebauungsbereiche
 - Schnittverläufe
- **Bodenprofile, Schichtenverzeichnisse der Aufschlüsse:**
 - organoleptische Ansprache
 - Beschreibung der radioaktiven Stoffe
- **spezifische Aktivitäten** entsprechend **Radiologischem Gutachten** zur Abgrenzung von Bereichen mit unterschiedlichen Aktivitäten:
 - Daten zu ODL-Messungen
 - repräsentative spezifische Aktivitäten
 - Identifikation der Leitnuklide
 - Angaben zur Flächen- und Tiefenverteilung der Kontamination
 - Unterteilung in Chargen, falls erforderlich
- **Massenarten** mit **Mengen** (Massen/Volumina) und **spezifische Aktivitäten:**
 - Charakterisierung der Kontaminationen
 - Abgrenzung von Bereichen mit unterschiedlichen Aktivitäten entsprechend Radiologischem Gutachten und Abfall- und Verwertungskonzepten

3.5 Verwertungsweg: **Verwertung bei der Sanierung einer anderen Hinterlassenschaft**

- Ausweisung der Volumina, Massen zur Verwertung
- Einholung und Vorlage einer vollständig ausgefüllten Annahmeerklärung der Wismut GmbH

Verwertung bei Wismut GmbH – Halde 371

- Einhaltung der **Annahmebedingungen**:
 - Radioaktive Stoffe mit spezifischen Aktivitäten bis 2,0 Bq/g mit Radionukliden der natürlichen Zerfallsreihe im radioaktiven Gleichgewicht
 - Haldenmaterial
 - Steine und Erden, Schotter, Kies
 - Beton, Putz, Ziegel, Mörtel
 - Schlacken, soweit diese aus Bodenaushüben bei Sanierungs- und Interventionsmaßnahmen anfallen
 - Abfälle aus dem Abbau von metallhaltigen Mineralien, die bei Sanierungs- und Interventionsmaßnahmen anfallen
 - Abfälle aus der Nachbearbeitung von metallhaltigen Mineralien, die bei Sanierungs- und Interventionsmaßnahmen anfallen

Verwertung bei Wismut GmbH – IAA Helmsdorf

- Einhaltung der **Annahmebedingungen**:
 - radioaktive Stoffe mit Radionukliden der natürlichen Zerfallsreihe außerhalb des radioaktiven Gleichgewichts
 - auch radioaktive Stoffe mit spezifischen Aktivitäten > 2,0 Bq/g
 - In der Regel ist nur die Annahme von Aufbereitungsrückständen und radioaktiven Stoffen aus dem Stadtgebiet Zwickau möglich.
 - In Ausnahmefällen ist, vorbehaltlich der Zustimmung der Stadt Zwickau, auch die Einlagerung von radioaktiven Stoffen mit Radionukliden der natürlichen Zerfallsreihe außerhalb des radioaktiven Gleichgewichts aus anderen sächsischen Gebieten möglich.

Hinweise:

- Zusätzlich zu den Annahmekriterien für Radioaktivität und Strahlenschutz sind auch alle abfallrechtlichen und sonstigen gültigen Regularien und Annahmebedingungen einzuhalten.
- Können die Annahmekriterien nicht erfüllt werden, muss die Verwertung/Beseitigung nach Regeln und Festlegungen der StrlSchV erfolgen. Beim Überschreiten des für den gewählten Entsorgungsweg geltenden Überwachungswerts, ist ein Antrag zur Entlassung der Rückstände aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung zu stellen (vgl. Checkliste 9.2.1, Teil 3 c, Teil 4 c).

Teil 4 b: Bauablauf, messtechnische Überwachung und Abschlussbericht

4.1 Ablauf der strahlenschutzrechtlich genehmigten Arbeiten

- unverzügliche **Anzeige des Beginns der strahlenschutzrechtlich genehmigten Arbeiten** bei der zuständigen Strahlenschutzbehörde
- **messtechnische Überwachung** gemäß den Anforderungen im Genehmigungsbescheid
- **unverzügliche Information der Strahlenschutzbehörde über** während der Bauausführung auftretende, im Vergleich zum erteilten Genehmigungsbescheid **veränderte radiologische Sachverhalte** (Auffinden weiterer radioaktiver Stoffe, veränderte betroffene Flächen bzw. erhöhte Mengen zum Wiedereinbau, erhöhte spezifische Aktivitäten, gravierende Veränderung des Nuklidvektors usw.)
- unverzügliche **Anzeige des Endes der strahlenschutzrechtlich genehmigten Arbeiten** bei der zuständigen Strahlenschutzbehörde
- Übergabe des **Abschlussberichts** zur messtechnischen Baubegleitung und Verwertung/Beseitigung der radioaktiven Stoffe bis spätestens 3 Monate nach Abschluss der Baumaßnahme

4.2 Messtechnische Überwachung der Arbeiten und ihre Dokumentation in einem Abschlussbericht gemäß den Nebenbestimmungen im Genehmigungsbescheid

Ziel: Nachweis der genehmigungskonformen Durchführung der Arbeiten und der ordnungsgemäßen Verwertung der Rückstände

- **ODL-Messung** oder **Kontaminationsmessung** zum **Nachweis** von Ort und Aktivität **zurückgelassener radioaktiver Stoffe**:
 - des Aushubplanums (Komplettabbruch): Datum der Messung, Lage des Messortes, Höhe, ODL-Werte
 - im Bereich der rückgebauten Kontaminationen (Teilrückbau/Sanierung): Datum der Messung, Lage des Messortes, Höhe, ODL-Werte
- **Freigabemessung der Fläche einer genehmigten Seitenlagerung** nach der Entfernung des radioaktiv kontaminierten Materials je nach Nebenbestimmung:
 - Gamma-ODL-Messungen,
 - Gammaskpektrometrie von Bodenproben
 - andere
- **Freigabe von nicht kontaminierten Abbruchmaterialien** bzw. Materialien mit einer spezifischen Aktivität kleiner 0,2 Bq/g (Bauschuttrecyclingmaterial, Schrott) durch Beta-Gamma-Oberflächenmessungen oder Gammaskpektrometrie
- **Übergabe der Messdaten** an das LfULG entsprechend der Excel-Format-Vorlage „Vorlage ODL“ (verfügbar unter <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/strahlenschutz/22429.htm>)
- **Nachweis der Einhaltung der Annahmekriterien** des verwerteten Materials für Radionuklidvektor und spezifische Aktivität der entsorgten Massen pro Charge durch gammaskpektrometrische Bestimmung von Mischproben oder gleichwertige Verfahren:
 - für <math> < 100 \text{ m}^3 </math>: mindestens 3 Einzelproben
 - für jede weitere 100 m³ bis 600 m³: mindestens eine weitere Laborprobe aus 4-5 Einzelproben
 - >600 m³ für jedes weitere Volumen bis 300 m³: mindestens 1 Laborprobe aus 6 Einzelproben (zwei Einzelproben/100m³)
- **Nachweis der Menge der entsorgten radioaktiven Stoffe** auf Grundlage der Wiegescheine des Entsorgers

4.3 Erfüllung der Nebenbestimmungen im strahlenschutzrechtlichen Genehmigungsbescheid

- **Nachweis der Strahlenschutzbelehrung** aller Beschäftigten der ausführenden Firmen einschließlich Nachauftragnehmer (Dritte):
 - Belehrungsinhalte
 - von den Teilnehmern unterschriebene Belehrungsnachweise
- **Expositionsminimierung** (Aufenthaltsminimierung)
- **Staubschutz** (bei Bedarf Befeuchtung)
- **besondere Schutzmaßnahmen** sind z. B.:
 - Atemschutz, Wasserschleier zur Staubreduzierung beim Abbruch radioaktiv kontaminierter Baustanz
 - Atemschutz bei Zerkleinerung radioaktiv kontaminierter Schrotts (Brennschneiden, Trennschleifen)
- **Verhinderung des Austrags von radioaktiven Stoffen** aus dem Baustellenbereich in die Umwelt bzw. umgehende Beseitigung von Austrägen (öffentlicher Verkehrsraum, Baustellenausfahrt)
- Gewährleistung des sicheren Transportes (äußerliche Sauberkeit, Abdeckung der Fahrzeuge)

Hinweis:

- ODL-Messungen von größeren Flächen: üblicherweise im Messrater von maximal 10 m x 10 m in 1 m Höhe über dem Untergrund

Baumaßnahme	Gebäudeabbruch und Gebäudesanierung
Strahlenschutzantrag	Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung nach StrlSchV
Verwertung/Beseitigung	Beseitigung durch gemeinsame Deponierung mit anderen Rückständen und Abfällen nach Anlage XII, Teil C bzw. Teil D StrlSchV oder Verwertung entsprechend Anlage XII, Teil B StrlSchV unter Beachtung von Anlage XII, Teil D StrlSchV
Teil 3 c, 4 c	Genehmigungsantrag, messtechnische Überwachung und Abschlussbericht

Teil 3 c: Antrag zur Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung

Voraussetzung für die Erteilung eines Bescheides zur **Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung** und die Genehmigung des Entsorgungsweges nach Strahlenschutzverordnung durch das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie ist ein schriftlicher Antrag des Bauherrn mit den nachfolgend aufgeführten Inhalten und dem ⁷Formblattes EA-R:

3.1 Antragsteller und Adressat der Genehmigung: (Formblatt EA-R)

- Bauherr, Grundstückseigentümer (Ansprechpartner, Beauftragte, Vertreter des Bauherrn):
 - Namen (**juristische Person**: Gemeinde, Zweckverband etc., **natürliche Person**: Herr/ Frau, Titel, Vor-/Zuname)
 - Adresse (Straße, Haus-Nr., PLZ, Ort)
 - Telefon-Nr.
 - E-Mail
 - rechtsgültige Unterschrift des Bauherrn, Grundstückseigentümers
 - Sind Bauherr und Grundstückseigentümer nicht identisch, stellt und unterschreibt der Bauherr den Antrag und fügt eine schriftliche Einverständniserklärung des Grundstückseigentümers bei.

3.2 Beauftragte Firmen

- **mit den Arbeiten beauftragte Firmen**, sofern zum Zeitpunkt der Antragstellung bereits bekannt (Namen, Adressen, Telefon-Nr., E-Mail)
 - Planer
 - Bauleitung/Oberbauleitung
 - Ingenieurbüros für die strahlenschutzfachliche Baubegleitung und Durchführung der radiologischen Messungen
 - ausführende Baufirmen

⁷ Download unter: <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/strahlenschutz/2373.htm>

3.3 Rückstände zur Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung (Formblatt EA-R)

- Rückstand:
 - **betriebsinterne Bezeichnung**
 - **Art der Rückstände** nach Anlage XII, Teil A StrlSchV
- **Abfallbezeichnung** und **Abfallschlüssel-Nr.** nach Abfallverzeichnisverordnung (AVV)
- voraussichtlich anfallende **Mengen**
- vorgesehener **Entsorgungsweg (Beseitigung)** nach Anlage XII, Teil C StrlSchV:
 - **Deponie zur Beseitigung** entsprechend Annahmeerklärung
- **Erklärung** und **Unterschrift** des Antragsstellers
- **Annahmeerklärung** des **Entsorgers** (Formblatt AE-R):
 - **Abfallentsorger**: Name, Adresse, Ansprechpartner und Kontaktdaten
 - **Abfallschlüssel und Abfallbezeichnung** nach AVV
 - Angaben zum **Ort der Beseitigung** (Name, Ort, Art der Deponie, Angaben zur bisherigen Beseitigung von überwachungsbedürftigen Rückständen)
 - Erklärung und Unterschrift des Entsorgers
- **Nachweis** über den **Zugang** der **Kopie** der **Annahmeerklärung des Entsorgers (AE-R)** an die **zuständige Abfallbehörde** gemäß § 98 Abs. 3 StrlSchV

oder:

- Rückstand:
 - **betriebsinterne Bezeichnung**
 - **Art der Rückstände** nach Anlage XII, Teil A StrlSchV
- **Abfallbezeichnung** und **Abfallschlüssel-Nr.** nach Abfallverzeichnisverordnung (AVV)
- voraussichtlich anfallende **Mengen**
- **Zeitraum** der Entsorgung
- vorgesehener **Entsorgungsweg (Verwertung)** nach Anlage XII, Teil B StrlSchV:
 - **Art und Ort der Verwertung** entsprechend Annahmeerklärung
- **Annahmeerklärung** des **Entsorgers** (⁸Formblatt AE-R):
 - **Abfallentsorger**: Name, Adresse, Ansprechpartner und Kontaktdaten
 - **Abfallschlüssel und Abfallbezeichnung** nach AVV
 - Angaben zum **Ort der Verwertung** (Name, Ort, Art der Verwertung)
 - Gesamtaktivität [MBq] und Gesamtmasse [t] der zur Verwertung vorgesehenen Rückstände
 - Erklärung und Unterschrift des Entsorgers
- **Nachweis** über den **Zugang** der **Kopie** der **Annahmeerklärung des Verwerters (AE-R)** an die **zuständige Abfallbehörde** gemäß § 98 Abs. 3 StrlSchV
- **Radiologisches Gutachten** mit **Expositionsabschätzung** nach Anlage XII, Teil D StrlSchV
 - Nachweis, dass eine effektive Dosis von maximal 1 mSv/a für Einzelpersonen der Bevölkerung eingehalten wird. Dabei sind die Beschäftigten, die beim Transport etc. tätig werden, als Einzelpersonen der Bevölkerung zu berücksichtigen.

⁸ Download unter: <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/strahlenschutz/2373.htm>

3.4 Beschreibung des Bauvorhabens

Vorzulegen sind **Baugrundgutachten** und **Radiologisches Gutachten** mit den in Checkliste 9.2.1 Teil 1, 2 (Voruntersuchung und Radiologisches Gutachten) dargestellten Inhalten sowie:

- **Kurzbeschreibung:**
 - Ziels des Bauvorhabens
 - beabsichtigter Umfang der Arbeiten (Gebäudesanierung mit Rückbau kontaminierter Gebäudeteile, kompletter Abbruch des Gebäudes, Abbruch der Fundamente, Bodenaustausch im Fundamentbereich, Abtrag von Kontaminationen nur im notwendigen Eingriffsbereich)
- **betroffene Flächen:**
 - Gemarkungen
 - Flurstücksnummern
 - Koordinaten (Hochwert, Rechtswert)
- **Lagepläne:**
 - Grundstücks-, Baufeldgrenzen
 - Kennzeichnung von Trassen, Bauwerken
 - Kennzeichnung von Eingriffsbereichen und Teilmaßnahmen (Flächen, Tiefen)

Teil 4 c: Bauablauf, messtechnische Überwachung und Abschlussbericht

4.1 Ablauf der strahlenschutzrechtlich genehmigten Arbeiten

- unverzügliche **Anzeige des Beginns der strahlenschutzrechtlich genehmigten Arbeiten** bei der zuständigen Strahlenschutzbehörde
- **messtechnische Überwachung** gemäß den Forderungen des Genehmigungsbescheides
- **unverzügliche Information der Strahlenschutzbehörde über** während der Bauausführung auftretende, im Vergleich zum erteilten Genehmigungsbescheid **veränderte radiologische Sachverhalte** (Auffinden weiterer Rückstände, veränderte betroffene Flächen, erhöhte Mengen zum Wiedereinbau, erhöhte spezifische Aktivitäten, gravierende Veränderung des Nuklidvektors usw.)
- unverzügliche **Anzeige der erfolgten ordnungsgemäßen Entsorgung** beim Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie unter **Angabe der abgegebenen Mengen**
- unverzügliche **Anzeige des Endes der strahlenschutzrechtlich genehmigten Arbeiten** bei der zuständigen Strahlenschutzbehörde
- Übergabe des **Abschlussberichts** zur messtechnischen Baubegleitung und Verwertung/Beseitigung der Rückstände bis spätestens drei Monate nach Abschluss der Baumaßnahme

4.2 Messtechnische Überwachung der Arbeiten und ihre Dokumentation in einem Abschlussbericht gemäß den Nebenbestimmungen im Genehmigungsbescheid

Ziel: Nachweis der genehmigungskonformen Durchführung der Arbeiten und der ordnungsgemäßen Verwertung/Beseitigung der Rückstände

- Überwachung und Begleitung des Bauablaufs durch ein fachkundiges Ingenieurbüro:
 - Abgrenzung, Selektion der Rückständen von nicht kontaminierten Bereichen (unterhalb der Freigrenze von 0,2 Bq/g) z. B. durch organoleptische Ansprache und ODL-Messungen oder Beta-Gamma-Kontaminationsmessungen
 - Berücksichtigung der teilweise erheblich größeren Eingriffs- und Aushubtiefen bei Rückbau oder Erneuerung/Verlegung von zugehörigen Medien und Kanälen (Entwässerung, Wasser, Gas, Fernwärme usw.)

- **Freigabe von nicht radioaktiv kontaminierten Abbruchmaterialien** bzw. von Materialien mit einer spezifischen Aktivität kleiner 0,2 Bq/g (Bauschuttrecyclingmaterial, Schrott) durch Beta-Gamma-Oberflächenmessungen oder Gammaskpektrometrie
- **ODL-Messung des Aushubplanums** in einem kleineren Raster als 10 m x 10 m in 1 m Höhe im Bereich der rückgebauten Kontaminationen (Fundamentabbruch):
 - Dokumentation (Datum und Lage des Messortes, Höhe, ODL-Werte) zum **Nachweis** von Ort und Aktivität **zurückgelassener Rückstände**
 - sofortige Information der Strahlenschutzbehörde und Abstimmung weiterer Maßnahmen bei Überschreitung des in den Nebenbestimmungen des Bescheids vorgegebenen zulässigen Höchstwertes der Gamma-Dosisleistung
- **ODL-Messung** (Datum und Lage der Messung, Messort, ODL-Werte) im betroffenen Bereich **nach Fertigstellung der Baumaßnahme**
- **Feststellung** und Übergabe der **Außenkontur der sanierten Flächen** (Eckpunktkoordinaten als Excel-Liste)
- **Übergabe der Messdaten** an das LfULG entsprechen der Excel-Format-Vorlage „Vorlage ODL“ (verfügbar unter <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/strahlenschutz/22429.htm>)
- **Nachweis der Menge der entsorgten Rückstände** auf Grundlage der Wiegescheine des Entsorgers
- **repräsentative Probenahme**, Probenzahl in Abhängigkeit von der Menge (Masse/Volumen) und der Inhomogenität (vgl. Kapitel 6.3, Tabelle 16)
- *bei niedriger Heterogenität:*
 - für <100 m³: mindestens 6 Einzelproben
 - für jede weitere 100 m³ bis 600 m³: mindestens zwei weitere Laborproben aus 4-5 Einzelproben,
 - >600 m³ für jede weiteres Volumen bis 300 m³: mindestens 1 Laborprobe aus 4-5 Einzelproben pro 100 m³ (12-15 Einzelproben pro 300 m³)
- **Erhöhung der Probenzahl bei stark inhomogenen Verhältnissen** entsprechend Kapitel 6.3, Tabelle 16
 - Aufteilung der Rückstände in Chargen mit geringerer Heterogenität, falls erforderlich
- **repräsentative Ermittlung der spezifischer Aktivität** der Radionuklide der Uran-238-Zerfallsreihe und Thorium-232-Zerfallsreihe pro Charge der entsorgten Massen (Bestimmung des Radionuklidvektors durch Gammaskpektrometrie oder gleichwertige Verfahren)
 - $C = C_{U238max} + C_{Th232max}$ C in Bq/g bzw. MBq/t
 - **Werte $C_{U238max}$ · $C_{Th232max}$** in Bq/g der jeweils größten spezifischen Aktivitäten der Uran-238-Zerfallsreihe und der Thorium-232-Zerfallsreihe
- **repräsentative Ermittlung der Gesamtaktivität A_{ges}** der zur Deponierung vorgesehen Stoffe pro Rückstand (Charge i), die aus den repräsentativ ermittelten Werten der spezifischen Aktivität $C_{U238max}$ · $C_{Th232max}$ (vgl. vorstehenden Anstrich) und der Masse der zur Deponierung vorgesehenen Stoffe
 - $A_{ges,i} = C_i [MBq/t] \cdot m_i [t]$ $A_{ges,i}$ in MBq mit i = Nummer der Rückstandsart/Charge
 m_i : Masse der Charge

4.3 Erfüllung der Nebenbestimmungen im strahlenschutzrechtlichen Genehmigungsbescheid

- **Nachweis der Strahlenschutzbelehrung** aller Beschäftigten der ausführenden Firmen einschließlich Nachauftragnehmer (Dritte):
 - Belehrungsinhalte
 - von den Teilnehmern unterschriebene Belehrungsnachweise
- **Expositionsminimierung** (Aufenthaltsminimierung)
- **Staubschutz** (bei Bedarf Befeuchtung)
- **Verhinderung des Austrags von überwachungsbedürftigen Rückständen** aus dem Baustellenbereich in die Umwelt bzw. umgehende Beseitigung von Austrägen (öffentlicher Verkehrsraum, Baustellenausfahrt)
- Gewährleistung des **sicheren Transports** (äußerliche Sauberkeit, Abdeckung der Fahrzeuge)

Hinweise:

- ODL-Messungen: üblicherweise im Messrater von maximal 10 m x 10 m in 1 m Höhe über dem Untergrund
- *Zusätzlich zu den Annahmekriterien für Radioaktivität und Strahlenschutz sind auch alle abfallrechtlichen und sonstigen Annahmebedingungen und Vorschriften anderer Rechtsbereiche einzuhalten.*

9.3 Informationsmaterial, Formblätter zur Entlassung von natürlich vorkommenden radioaktiven Stoffen (Rückständen) aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung

9.3.1 Informationsblatt zur Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung

Quelle: <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/strahlenschutz/2373.htm> zum Herunterladen als PDF-Datei

Informationsblatt zur Entlassung von natürlich vorkommenden radioaktiven Stoffen (Rückständen) aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung

Bei der Verwendung oder Beseitigung von industriellen oder bergbaulichen Rückständen, die natürliche Radionuklide beinhalten, können sich Strahlenbelastungen für die Bevölkerung ergeben, die nicht außer Acht gelassen werden dürfen. Die **Strahlenschutzverordnung (StrlSchV)** beinhaltet deshalb im Teil 3 Regelungen zum Schutz der Bevölkerung vor diesen Stoffen (§§ 97-102).

Was sind überwachungsbedürftige Rückstände im Sinne der StrlSchV?

Die Regelungen des Teil III der StrlSchV gelten für Rückstände, die in **Anlage XII StrlSchV Teil A** (Liste der zu berücksichtigenden Rückstände siehe **Formblatt EA-R** Punkt 2.1) aufgeführt sind und als überwachungsbedürftig einzustufen sind. Überwachungsbedürftig sind sie, wenn ein Radionuklid der Nuklidketten U-238 und Th-232 **über 0,2 Bq/g** liegt und die Überwachungsgrenzen nach **Anlage XII StrlSchV Teil B** überschritten sind. Darüber hinaus kann die Behörde nach § 102 StrlSchV auch für weitere Materialien Maßnahmen fordern, sofern dies aus radiologischen Gründen erforderlich ist.

Zum Nachweis der Einhaltung der Überwachungsgrenzen ist eine Ermittlung repräsentativer Werte der spezifischen Aktivität der Rückstände erforderlich. Hierzu empfiehlt die Strahlenschutzkommission (**SSK**) Grundsätze und Methoden zur Berücksichtigung von statistischen Unsicherheiten durch eine inhomogene Verteilung der Radionuklidgehalte der Rückstände.

Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung

Eine Verwertung oder Beseitigung überwachungsbedürftiger Rückstände ist nur nach einer Entlassung aus der Überwachung, die beim Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie zu beantragen ist, zulässig. Voraussetzung für eine Entlassung ist, dass bei der vorgesehenen Verwertung oder Beseitigung für Einzelpersonen der Bevölkerung eine effektive Dosis von 1 mSv/a nicht überschritten wird. Der Nachweis ist mit einem radiologischen Gutachten (siehe Antrag auf Entlassung) zu erbringen. Die Grundsätze für die Ermittlung der Strahlenexposition sind in **Anlage XII Teil D StrlSchV** enthalten.

Für den Fall einer gemeinsamen Deponierung mit anderen Abfällen und Rückständen für Rückstände, die 1 Bq/g überschreiten, kann ein vereinfachter Nachweis für die Einhaltung der effektiven Dosis von 1 mSv/a für Einzelpersonen der Bevölkerung nach **Anlage XII Teil C StrlSchV** geführt werden.

Der vorgesehenen Verwertung oder Beseitigung dürfen keine abfallrechtlichen Bedenken entgegenstehen, da die Rückstände mit der Entlassung ihre (juristische) Eigenschaft als radioaktive Stoffe verlieren und dann allein dem Abfallrecht unterfallen.

Antrag auf Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung:

- schriftlicher Antrag auf Entlassung (unter Verwendung des **Formblattes EA-R**)
- radiologisches Gutachten aus dem hervorgeht, dass
 - bei einer gemeinsamen Deponierung mit anderen Rückständen und Abfällen die Voraussetzungen der Anlage C StrlSchV eingehalten sind bzw.
 - eine effektive Dosis von 1 mSv/a für Einzelpersonen der Bevölkerung eingehalten wird. Dabei sind die Beschäftigten, die beim Transport und der Deponierung tätig werden, als Einzelpersonen der Bevölkerung zu bewerten.
- Annahmeerklärung des Verwerters oder Beseitigers (unter Verwendung des Formblattes AE-R)
- Nachweis über den Zugang der Kopie der Annahmeerklärung des Entsorgers an die zuständige Abfallbehörde gemäß § 98 Abs. 3 StrlSchV

Anforderungen an das radiologische Gutachten:

Es wird empfohlen, einen kompetenten Gutachter bzw. Ingenieurbüro bei der Erstellung des radiologischen Gutachtens einzubeziehen. Hinweise zu Gutachtern und Ingenieurbüros erhalten Sie auf den Internetseiten der entsprechenden Kammern und Verbände, wie beispielsweise den IHKs oder unter der Suchmaschine Google (Suchkriterien: Radioaktivität in Umweltmedien; Radioaktivitätsmessungen; Messungen zur Umweltradioaktivität; Radionuklidanalytik; Strahlenschutzmessungen; radiologische Gutachten).

Erforderliche Datengrundlage für einen Nachweis nach Anlage C StrlSchV:

- Spezifischen Aktivitäten der Radionuklide der Zerfallsreihen von Uran-238 und Thorium-232,
- Summe der jeweils größten Aktivitäten der Radionuklide der Zerfallsreihen von Uran-238 und Thorium-232, die innerhalb der letzten 12 Monate auf der Deponie beseitigt wurden (in der StrlSchV als CMU238max und CMTh232max bezeichnet).
 - Gesamtmasse aller innerhalb der letzten 12 Monate auf der Deponie beseitigten Rückstände und Abfälle

Notwendige Informationen / Daten für einen Nachweis nach Anlage D StrlSchV:

- Spezifischen Aktivitäten der Radionuklide der Zerfallsreihen von Uran-238 und Thorium-232,
- mögliche Expositionspfade
 - die bei einer Beseitigung durch eine Behandlung, Lagerung und Ablagerung der Rückstände auftreten können,
 - die bei einer Verwertung auf dem vorgesehenen Verwertungsweg auftreten können. Dabei sind insbesondere das Herstellen und Inverkehrbringen von Erzeugnissen und die Beseitigung dabei anfallender weiterer Rückstände zu beachten.
 - in Abhängigkeit von den relevanten Expositionspfaden die jeweiligen Daten (z.B. für den Wasserpfad und Luftpfad, Exposition durch äußere Bestrahlung) zur Bewertung des Expositionspfades.

Die zur Bewertung des Verwertungs- und Beseitigungsweges herangezogenen Daten zu den spezifischen Aktivitäten sollen für die zu entsorgenden oder zu verwertenden Rückstandsmassen repräsentativ sein. Dementsprechend ist bei der Ermittlung der spezifischen Aktivitäten die Empfehlung der Strahlenschutzkommission (SSK) zur Berücksichtigung von Statistischen Unsicherheiten für die Ermittlung repräsentativer Werte vom 16./17.12.2004 sowie die Stellungnahme der SSK vom 30.06./01.07.2005 zu beachten. Von dem dort empfohlenen Verfahren sollte nur in begründeten Fällen, z.B. bei kleinen Mengen, abgewichen werden, wenn durch andere Verfahren hinreichend konservativ die Repräsentativität der Daten zum Nachweis der Einhaltung des Dosiswertes von 1 mSv/a erbracht werden kann.

Ansprechpartner:

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
Postfach 54 01 37
01311 Dresden

Frau Sperrhacker Tel.: 0351/2612-5400 (Andrea.Sperrhacker@smul.sachsen.de)
Herr Dr. Dehnert Tel.: 0351/2612-5408 (Joerg.Dehnert@smul.sachsen.de)
Internet: <http://www.lfulg.smul.sachsen.de>

9.3.2 Formblatt EA-R: Antrag Entlassung von Rückständen aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung

Quelle: <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/strahlenschutz/2373.htm> zum Herunterladen als interaktive PDF-Datei

Formblatt EA-R 1

<p>Entlassung von Rückständen aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung</p> <p>Antrag auf Entlassung von Überwachungsbedürftigen Rückständen gemäß § 98 Abs. 1 StrlSchV bzw. §§ 98 Abs. 1 i.V.m. 118 Abs. 5 StrlSchV (auszufüllen vom Rückstandserzeuger)</p>		<p>Az.: <input type="text"/></p> <p>Behördenintern</p>	
		Zutreffendes bitte ankreuzen oder ausfüllen!	
<p>1 Angaben zum Rückstandserzeuger</p> <p>1.1 Name / Firma <input type="text"/></p> <p>1.2 Straße <input type="text"/> Hausnr. <input type="text"/></p> <p>1.3 PLZ <input type="text"/> Ort <input type="text"/></p> <p>1.4 Ansprechpartner <input type="text"/></p> <p>1.5 Telefon <input type="text"/> / <input type="text"/> Telefax <input type="text"/> / <input type="text"/></p>	für interne Vermerke		
<p>2 Antragsinhalt</p> <p>Beantragt wird die Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung gemäß § 98 Abs. 1 StrlSchV bzw. §§ 98 Abs. 1 i.V.m. 118 Abs. 5 StrlSchV der unter 2.1 genannten überwachungsbedürftigen Rückstände für einen unter 2.4 festgelegten Entsorgungsweg.</p> <p>2.1 Zuordnung der Rückstände gemäß Anlage XII Teil A StrlSchV:</p> <p><input type="checkbox"/> Nr. 1 Schlämme und Ablagerungen aus der Gewinnung von Erdöl und Erdgas</p> <p><input type="checkbox"/> Nr. 2 Nicht aufbereitete Phosphogipse, Schlämme aus deren Aufbereitung sowie Stäube und Schlacken aus der Verarbeitung von Rohphosphat (Phosphorit)</p> <p><input type="checkbox"/> Nr. 3 a) Nebengestein, Schlämme, Sande, Schlacken und Stäube - aus der Gewinnung und Aufbereitung von Bauxit, Columbit, Pyrochlor, Mikrolyth, Euxenit, Kupferschiefer-, Zinn-, Seltene Erden- und Uranerzen - aus der Weiterverarbeitung von Konzentraten und Rückständen, die bei der Gewinnung und Aufbereitung dieser Erze und Mineralien anfallen</p> <p><input type="checkbox"/> Nr. 3 b) den o.g. Erzen entsprechende Mineralien, die bei der Gewinnung und Aufbereitung anderer Rohstoffe anfallen</p> <p><input type="checkbox"/> Nr. 4 Stäube und Schlämme aus der Rauchgasreinigung bei der Primärverhüttung in der Roheisen- und Nichteisenmetallurgie</p> <p>Rückstände im Sinne des § 97 sind auch:</p> <p><input type="checkbox"/> a) Materialien nach den Nr. 1 ff., wenn das Anfallen dieser Materialien zweckgerichtet herbeigeführt wird</p> <p><input type="checkbox"/> b) Formstücke aus den in Nr. 1 ff. genannten Materialien</p> <p><input type="checkbox"/> c) ausgehobener oder abgetragener Boden und Bauschutt aus dem Abbruch von Gebäuden oder sonstigen baulichen Anlagen, wenn diese Rückstände nach den Nr. 1 ff. enthalten und gemäß § 101 nach Beendigung von Arbeiten oder gemäß § 118 Abs. 5 von Grundstücken entfernt werden.</p>			

<p>2.2 Betriebsinterne Bezeichnung des Rückstands <input type="text"/></p> <p>Abfallschlüssel <input type="text"/> Abfallbezeichnung nach AVV <input type="text"/></p> <p>2.3 Gesamtmenge <input type="text"/> t beantragter Zeitraum <input type="text"/> bis <input type="text"/></p> <p>2.4 Entsorgungsweg <input type="checkbox"/> Beseitigung auf einer Deponie des in der AE-R genannten Fachbetriebes. Deponiebezeichnung <input type="text"/> <input type="text"/></p> <p>überständig <input type="checkbox"/> unterständig <input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/> Verwertung durch den in der AE-R genannten Fachbetrieb. Art der Verwertung <input type="text"/> <input type="text"/></p> <p>Ort der Verwertung <input type="text"/></p>	
<p>3 Antragsunterlagen</p> <p>Dem Antrag sind als Anlage beigefügt:</p> <p><input type="checkbox"/> Annahmeerklärung des Entsorgers (AE-R)</p> <p><input type="checkbox"/> Gutachten zur Ermittlung der spezifischen Aktivität nach Anlage XII Teil C StrlSchV bzw. zur Expositionsabschätzung nach Anlage XII Teil D StrlSchV (Informationsblatt "Anforderungen an ein radiologisches Gutachten")</p> <p><input type="checkbox"/> Nachweis über Zugang der Kopie der Annahmeerklärung des Entsorgers (AE-R) an die zuständige Abfallbehörde gemäß § 98 Abs. 3 StrlSchV</p>	<p>vorhanden</p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p>
<p>4 Erklärung</p> <p>4.1 Wir versichern, dass die in diesem Entlassungsantrag und den zugehörigen Anlagen gemachten Angaben zutreffen. Es wird durch Unterschrift bestätigt, dass nur überwachungsbedürftige Rückstände entsorgt werden, die den Angaben in diesem Antrag und den beigefügten Anlagen unter 3. entsprechen.</p> <p>4.2 Ort <input type="text"/> Datum <input type="text"/> Unterschrift Antragsteller <input type="text"/></p>	

9.3.3 Formblatt AE-R: Annahmeerklärung zu Entlassungsantrag

Quelle: <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/strahlenschutz/2373.htm> zum Herunterladen als interaktive PDF-Datei

Formblatt AE-R

Annahmeerklärung zum Entlassungsantrag (auszufüllen durch den Abfallentsorger)		Az.: <input type="text"/> Behördenintern
Zutreffendes bitte ankreuzen oder ausfüllen!		
1	Angaben zum Abfallentsorger	für interne Vermerke
1.1	Name / Firma <input type="text"/>	
1.2	Straße <input type="text"/> Hausnr. <input type="text"/>	
1.3	PLZ <input type="text"/> Ort <input type="text"/>	
1.4	Ansprechpartner <input type="text"/>	
1.5	Telefon <input type="text"/> / <input type="text"/> Telefax <input type="text"/> / <input type="text"/>	
2	Erläuterungen zur Entsorgung	
	Abfallschlüssel <input type="text"/> Abfallbezeichnung nach AVV <input type="text"/>	
2.1	Angaben zur Beseitigung (Ort, über-tägige/unter-tägige Deponie) <input type="text"/> <input type="text"/>	
	Deponie nach DepV Deponieklasse 0 <input type="checkbox"/> Deponieklasse I <input type="checkbox"/> Deponieklasse II <input type="checkbox"/> Deponieklasse III <input type="checkbox"/>	
	Deponiefläche: <input type="text"/> ha	
	Gesamtaktivität bzw. -masse der in den letzten 12 Monaten beseitigten <u>überwachungsbedürftigen Rückstände</u> <input type="text"/> MBq	
	<input type="text"/> t	
	Gesamtmasse der in den letzten 12 Monaten abgelagerten <u>Abfälle und Rückstände</u> <input type="text"/> t	
2.2	Angaben zur Verwertung (Ort, , <input type="text"/> <input type="text"/>	
	Gesamtaktivität bzw. -masse der zur Verwertung vorgesehenen <u>Rückstände</u> <input type="text"/> MBq	
	<input type="text"/> t	

Formblatt AE-R

3	Erklärung						
3.1	Durch Unterschrift wird bestätigt, dass der unter 1. genannte Entsorger davon Kenntnis hat, dass es sich bei dem zu entsorgenden Material um überwachungsbedürftige Rückstände im Sinne des § 97 StrlSchV handelt. Der Entsorger ist zur Annahme des im Formblatt EA-R bezeichneten Materials bereit, sofern das Material zuvor durch die zuständige Behörde aus der strahlenschutz-rechtlichen Überwachung entlassen worden ist. Es wird versichert, dass die in dieser Annahme-erklärung gemachten Angaben zutreffen.						
3.2	<table border="1"><tr><td>Ort</td><td>Datum</td><td>Unterschrift Abfallentsorger</td></tr><tr><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td></tr></table>	Ort	Datum	Unterschrift Abfallentsorger	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Ort	Datum	Unterschrift Abfallentsorger					
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>					

Hinweis:

Die rot gekennzeichneten Angaben werden vom Entsorger unbedingt zur Bewertung der Zulässigkeit der Beseitigung für nach Anl. XII, Teil C StrlSchV zu entlassenden Rückstände benötigt. Fehlen die Angaben, kann die Strahlenschutzbehörde die Rückstände nicht aus der Überwachung entlassen und die Genehmigung für den beantragten Entsorgungsweg erteilen.

Unterlagenverzeichnis

- U 1 Leistungsbeschreibung zur Erarbeitung von Grundsätzen für die Antragsstellung beim Umgang mit radioaktiven Stoffen bei Baumaßnahmen, Ausschreibungsunterlagen des AG, Aufforderung zur Abgabe eines Angebots, LfULG, 03.07.2012
- U 2 Werkvertrag Az.: 13-0345.40/59/21 zwischen dem Sächsischen Landesamt für Umwelt Geologie und Landwirtschaft und Baugrund Dresden auf der Grundlage des Leistungsangebotes TW 008-2012 vom 16 Juli 2012 des Auftragnehmers
- U 3 Verordnung über die Gewährleistung von Atomsicherheit und Strahlenschutz vom 11. Oktober 1984 (VOAS), GBl. der DDR, I Nr. 30 S. 341 einschließlich Durchführungsbestimmung zur Verordnung über die Gewährleistung von Atomsicherheit und Strahlenschutz vom 11. Oktober 1984 GBl. der DDR, I Nr. 30 S. 348; GBl. I 1987 Nr. 18 S. 196)
- U 4 Anordnung zur Gewährleistung des Strahlenschutzes bei Halden und industriellen Absetzanlagen und bei der Verwendung darin abgelagerter Materialien (HaldAO) vom 17. November 1980, GBl. der DDR I Nr. 34 S. 347
- U 5 Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlung (Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) vom 20.07.2001, BGBl. I S. 1714, zuletzt geändert 24.02.2012, BGBl. I S. 212
- U 6 Lange, G.; Mühlstedt, P.; Freyhoff, G.; Schröder, B.: Der Uranerzbergbau in Thüringen und Sachsen ein geologisch-bergmännischer Überblick. - Erzmetall, Weinheim 44 (1991) 3. - S. 162 - 171
- U 7 Gatzweiler, R.; Mager, D.: Altlasten des Uranbergbaus - Der Sanierungsfall WISMUT. - Geowissenschaften, Weinheim 11 (1993) 5/6. - S. 164 - 172
- U 8 Schuppan, W.: Die Uranlagerstätten Sachsens - ein geologischer Überblick. - Sächsische Heimatblätter, Dresden 41 (1995) 5. - S. 263 - 266
- U 9 Vieweg, M.: Regionale Verteilung der Uranerzlagerstätten Sachsens und Thüringens. - Zeitschrift für geologische Wissenschaften, Berlin 23 (1995) 5/6. - S. 547 – 552
- U 10 Neubert, W.: Die Aufbereitung der sächsischen Uranerze. - Sächsische Heimatblätter, Dresden 41 (1995) 5. - S. 291 - 293
- U 11 IAEA: Current practices for the Management and Confinement of Uranium Mill Tailings. - Technical Report Series, International Atomic Energy Agency, Vienna 335 (1992). - S. 1-139
- U 12 Ullrich, B.; Ohlendorf, F.; Rossbander, W.: Das Sanierungskonzept des Großprojektes Dresden-Coschütz/Gittersee - Uranfabrik 95 und industrielle Absetzanlagen. Proc. 3. Dresdner Grundwasserforschungstage 1994, Proc. des Dresdner Grundwasserforschungszentrums, Dresden 5 (1994). - S. 177 – 196
- U 13 Dokumentation sanierungsbegleitender Altlastuntersuchungen im Gewerbegebiet Dresden-Coschütz/Gittersee - Dokumentation 28, Abbruch der kontaminierten Gebäude im Bereich IIB, Baugrund Dresden, 28.08.1997
- U 14 Grundsätze und Methoden zur Berücksichtigung von statistischen Unsicherheiten für die Ermittlung repräsentativer Werte der spezifischen Aktivität von Rückständen, Empfehlung der Strahlenschutzkommission, Berichte der Strahlenschutzkommission (SSK) des BMU, Heft 46 (2005)

Teil I: Erläuterung zu der Empfehlung und zu ihrer Anwendbarkeit

Teil II: Empfehlung der Strahlenschutzkommission

- U 15 Erfassung und radiologische Bewertung von Hinterlassenschaften mit NORM-Materialien aus früheren Tätigkeiten und Arbeiten einschließlich der modellhaften Untersuchung Branchentypischer Rückstände, Forschungsvorhaben StSch 4386 im Auftrag des BMU, 2005
- U 16 Methodische Weiterentwicklung des Leitfadens zur radiologischen Untersuchung und Bewertung bergbaulicher Altlasten und Erweiterung des Anwendungsbereiches, Teil B Erweiterung des Anwendungsbereiches auf NORM-Stoffe, Bericht I Vorkommen und Entstehung von radiologisch relevanten Bodenkontaminationen aus bergbaulichen und industriellen Prozessen, Forschungsvorhaben StSch 4416 im Auftrag des BMU, 2006
- U 17 DIN 25457 Aktivitätsmessverfahren für die Freigabe von radioaktiven Reststoffen und Kerntechnischen Anlagenteilen, DIN Deutsche Institut für Normung e. V. Berlin
 - Teil 1: Grundlagen der Beta- und Gamma-Aktivitätsmessverfahren DIN 25457-1: 2012
 - Teil 4: Metallschrott mit Beta-/Gamma-Aktivität: DIN 25457-4: 1993
 - Teil 4: Kontaminierter und aktivierter Metallschrott: Entwurf DIN 25457-4: 2012
 - Teil 5: Mit Alpha-Aktivität kontaminierter Metallschrott DIN 25457-5: 1996
 - Teil 6: Bauschutt und Gebäude DIN 25457-6: 2000
 - Teil 7: Bodenflächen, DIN 25457-7: 2008
- U 18 DIN EN1997-2 Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrundes; Deutsche Fassung EN 1997-2: 2007 + AC: 2010, insbesondere Anhang B.3 Beispiele für Empfehlungen von Untersuchungsabständen und -tiefen
- U 19 DIN 4020: 2010, Geotechnische Untersuchung für bautechnische Zwecke – Ergänzende Regelung zu DIN 1997-2
- U 20 Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen, Technische Regeln – Allgemeiner Teil, Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) Nr. 20, 6.11.2003
- U 21 Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen - Technische Regeln – Teil III Probenahme und Analytik, Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 05.11.2004
- U 22 LAGA PN 98, Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/Beseitigung von Abfällen, (Grundregeln für die Entnahme von Proben aus festen und stichfesten Abfällen sowie abgelagerten Materialien) Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) Nr. 32, Dezember 2001
- U 23 Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundesbodenschutzgesetz – BBodSchG), 17.03.1998, BGBl. I S. 502, zuletzt geändert am 24.02.2012
- U 24 Kataster zur Dokumentation des Sanierungszustandes von Hinterlassenschaften des ehemaligen Uranbergbaus in Sachsen (Kataster Natürliche Radioaktivität in Sachsen – KANARAS), Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Referat 54 Natürliche Radioaktivität <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/strahlenschutz/22429.htm>
- U 25 Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12.07.1999, BGBl. I S. 1554, zuletzt geändert am 24.02.2012
- U 26 Sächsisches Abfallwirtschafts- und Bodenschutzgesetz (SächsABG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 31. Mai 1999 (SächsGVBl. S. 261), Zuletzt geändert durch Artikel 56 des Gesetzes vom 27. Januar 2012 (SächsGVBl. S. 130)

- U 27 Handbuch zur Altlastenbehandlung, Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG) des Freistaates Sachsen, Referat Altlasten
 Teil 1 Grundsätze, Dresden im Juni 2003
 Teil 7: Detailuntersuchung, Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG) des Freistaates Sachsen, Referat Altlasten, Dresden im Dezember 2003, aktualisiert 2008 und 2010
 Teil 8: Sanierungsuntersuchung, Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG) des Freistaates Sachsen, Referat Altlasten, Dresden, Juli 1999
 Teil 9: Sanierung, Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG) des Freistaates Sachsen, Referat Altlasten, Dresden im August 2000,
- U 28 Probenahme bei der Technischen Erkundung von Altlasten, Material zur Altlastbehandlung 3/1998, Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie
- U 29 Arbeitshilfen Qualitätssicherung, Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) Altlastenausschuss (ALA), Juli 2002
 Kapitel 1: Untersuchungsstrategie
 Kapitel 2.2: Gewinnung von Boden-, Bodenluft- und Grundwasserproben
- U 30 DIN ISO 10381 Bodenbeschaffenheit – Probenahme, Teil 1: Anleitung zur Aufstellung von Probenahmeprogrammen, (DIN ISO 10381-1:2002)
- U 31 DIN ISO 10381 Bodenbeschaffenheit – Probenahme Teil 5: Anleitung für das Vorgehen bei der Untersuchung von Bodenkontaminationen auf urbanen und industriellen Standorten, DIN ISO 10381-5: 2005
- U 32 J. Tietze: Geostatistische Verfahren zur optimalen Erkundung und modellhaften Beschreibung des Untergrundes von Deponien. Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen Reihe D, Bd. 9, Diss. 1995, FU Berlin
- U 33 Arbeitshilfe kontrollierter Rückbau, kontaminierte Bausubstanz: Erkundung, Bewertung Entsorgung, Bayrisches Landesamt für Umweltschutz, 2003
- U 34 Bauherreninformation über Anforderungen des Umweltamtes als Untere Immissionsschutz- und Abfallbehörde an den Abbruch baulicher Anlagen und die Entsorgung von Abbruch und Aushubmaterial, Landeshauptstadt Dresden, Umweltamt, Juni 2012
- U 35 Information zur Entsorgung von Abfällen, Landeshauptstadt Dresden, Umweltamt, Juni 2012
- U 36 IAF Radioökologie GmbH: Erarbeitung einer Messmethode zur Schnellbestimmung der spezifischen Aktivitäten natürlicher Strahler in NORM-Stoffen, Forschungsvorhaben im Auftrag des BMU/BfS, StSch 4448, Salzgitter 2006
- U 37 U.-K. Schkade: Verfahren zur Schnellbestimmung der spezifischen Aktivität natürlicher Strahler in Normstoffen, ($k\text{-}\beta/\gamma\text{-IS-Norm-01}$) in Messanleitungen für die Überwachung radioaktiver Stoffe in der Umwelt und externer Strahlung, Feb.2008, ISSN 1865-8725
- U 38 Messmethodik und Qualitätssicherung, IAF Radioökologie GmbH Dresden, 30.08.1996 in Fortschreibung des Rahmensanierungskonzeptes zum Großprojekt Dresden-Coschütz/Gittersee, Teil 2: Abgeschlossene Maßnahmen des Bereichs IIB – Gebäudeabbruch, Baugrund Dresden, 28.08.1997, Anlage 2

- U 39 Fortschreibung des Rahmensanierungskonzeptes zum Großprojekt Dresden-Coschütz/Gittersee, Teil 5: Geplante Maßnahmen Sanierung Bereich II B, Flächendekontamination, Baugrund Dresden, 08.04.1998, Anlage 6: Sanierungsbegleitende Messungen und Qualitätssicherung
- U 40 Berechnungsgrundlagen zur Ermittlung der Strahlenexposition infolge bergbaubedingter Umweltradioaktivität (Berechnungsgrundlagen Bergbau (BglBb), Bundesamt für Strahlenschutz, Fachbereich Strahlenschutz und Umwelt, BfS-SW-07/10, Salzgitter, März 2010
- U 41 Strahlenexposition infolge bergbaubedingter Umweltradioaktivität, Erläuterungen zur Berechnung mit den Berechnungsgrundlagen Bergbau (BglBb), Bundesamt für Strahlenschutz, Fachbereich Strahlenschutz und Umwelt, BfS-SW-12/12, Salzgitter, April 2012
- U 42 Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen RStO 01, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, AG Fahrzeug und Fahrbahn, 2001
- U 43 Abschlussdokumentation der radiometrischen Überwachung beim Ausbau der Bundesautobahn A 72, Hof–Chemnitz, Bereich Zwickau Ost–Chemnitz Süd, Baugrund Dresden, 24.07.2007
- U 44 Methodische Weiterentwicklung des Leitfadens zur radiologischen Untersuchung und Bewertung bergbaulicher Altlasten und Erweiterung des Anwendungsbereiches, Teil B: Erweiterung des Anwendungsbereiches auf NORM-Rückstände, Bietergemeinschaft Hydrologische GmbH, IAF Radioökologie GmbH und GRS GmbH für das BMU, BMU-2007-697
- U 45 Natürliche Radionuklide in Baumaterialien, Bundesamt für Strahlenschutz, <http://www.bfs.de/de/ion/anthropg/baustoffe.htm>, Stand 23.05.2012
- U 46 R. Gellermann: Erfahrungen bei der Umsetzung des Teils 3 der Strahlenschutzverordnung (überwachungsbedürftige Rückstände), Vortrag auf der 28. Sitzung des Arbeitskreises „Natürliche Radioaktivität“ des Fachverbandes Strahlenschutz, Radebeul 7.-8.10.2004
- U 47 Messanleitungen für die Überwachung radioaktiver Stoffe in der Umwelt und externer Strahlung, Grundlagen und Hinweise zur Messung von Ortsdosis und Ortsdosisleistung (OD/ODL-Grundl), BMU, Oktober 2000
- U 48 Empfehlungen zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Fachverband Strahlenschutz, Arbeitskreis Umweltüberwachung, Loseblattsammlung, Überwachung der Gamma-Ortsdosisleistung in der Umgebung kerntechnischer Anlagen FS-78-15-AKU, Dezember 2000, eine Messanleitung des BMU
- U 49 Handbuch Altlasten und Grundwasserschadensfälle, Band 20 Methodensammlung, Kapitel: Geophysikalische Bohrlochmessungen, H4 Gamma-Ray-Log (GRL), Landesamt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Juli 1997 und dort zitierte Literatur
- U 50 Gebricht, I. A.: Geophysikalische Bohrlochmessungen in der ingenieurtechnischen Praxis, S. 23 ff, K. W. Sörensen Hamburg 1998
- U 51 US Geological Survey: Spectral Gamma Logging, http://water.usgs.gov/ogw/bgas/spectral_gamma/, 01.11.2012
- U 52 Feral, W. H., Welker, D. W., and Hopkinson, E. C. (1978): The Dresser Atlas spectralo- γ , A look at basic principles, field applications and interpretive concepts of gamma ray spectral logging: Soviet-American Formation Evaluation Symposium, Ufa, Bashkiria, U.S.S.R., 1978, Technical paper, 40 p.
- U 53 Mathematical model of gamma-ray spectrometry borehole logging for quantitative analysis: U. S. Geological Survey, 1981, Open-File Report 81-402, 26 p.

- U 54 S. Röhling: Der Mittlere Muschelkalk in Bohrungen Norddeutschlands: Fazies, Geochemie, Zyklus- und Sequenzstratigraphie, Dissertation Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 05.07.2002
- U 55 Messanleitungen für die Überwachung radioaktiver Stoffe in der Umwelt und externer Strahlung: Verfahren zur Schnellbestimmung der spezifischen Aktivität natürlicher Strahler in IS-NORM-Stoffen (K- β / γ -IS-MORM-01), BMU, Februar 2008
- U 56 Empfehlungen zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Fachverband Strahlenschutz, Arbeitskreis „Umweltüberwachung“, Loseblattsammlung, In-Situ-Gammaspektrometrie zur Überwachung der Umweltradioaktivität, FS-78-15-AKU, Blatt 3.4.5, August 2012
- U 57 Messanleitungen für die Überwachung radioaktiver Stoffe in der Umwelt und externer Strahlung: Schnellmethode zur Bestimmung der nuklidspezifischen Anteile einer Bodenkontamination, (In-situ-Gammaspektrometrie), K- β / γ -IS-MORM-01, BMU, September 1992
- U 58 In-situ-Messtechnik, Internetseite des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, <http://www.hlug.de/start/strahlenschutz/arbeitsgebiete/ueberwachung-g-der-umweltradioaktivitaet-imis/oberflaechegebundene-aktivitaet/in-situ-messtechnik.html> 06.11.2012
- U 59 Messanleitungen für die Überwachung radioaktiver Stoffe in der Umwelt und externer Strahlung: Grundlagen der Gammaspektrometrie mit Halbleiterdetektoren, γ -SPEKT/GRUNDL, BMU, September 1992
- U 60 Messanleitungen für die Überwachung radioaktiver Stoffe in der Umwelt und externer Strahlung: Verfahren zur gammaspektrometrischen Bestimmung der spezifischen Aktivitäten von Radionukliden in Bodenproben, K- γ -SPEKT-BODEN-01, BMU, Mai 2008
- U 61 Messanleitungen für die Überwachung radioaktiver Stoffe in der Umwelt und externer Strahlung: Verfahren zur gammaspektrometrischen Bestimmung der spezifischen Aktivitäten von Radionukliden in Baumaterialien, K- γ -SPEKT-BAUST-01, BMU, April 2008
- U 62 Messanleitungen für die Überwachung radioaktiver Stoffe in der Umwelt und externer Strahlung: Gammaspektrometrische Bestimmung ausgewählter natürlicher Radionuklide, γ -SPEKT/NATRAD, BMU, Oktober 2000
- U 63 Hahn-Weinheimer, P., Hirner, A. und Weber-Diefenbach, K. (1994): Röntgenfluoreszenzanalytische Methoden, Vieweg Analytische Chemie, Braunschweig
- U 64 Technical Sheet Nuclear Mass Spectroscopy, European Safeguards Research and Development Association, Varese
- U 65 H. Schönbuchner: Untersuchung zu Mobilität und Boden-Pflanze-Transfer von Schwermetallen auf/in uranhaltigen Haldenböden, Dissertation, Friedrich-Schiller-Universität Jena, 2002
- U 66 Sächsische Bauordnung, Fassung der Bekanntmachung vom 25. Juni 2004 (SächsGVBl. Seite 200); zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 4. Oktober 2011, SächsGVBl. Seite 377
- U 67 Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DepV) vom 27. April 2009 (BGBl. I S. 900), zuletzt geändert durch Art. 5 Abs. 28 Gesetz vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212)
- U 68 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien im Straßenbau, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen z. B.
 ZTV T-StB 95 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Tragschichten im Straßenbau, Ausgabe 1995, Fassung 2002

ZTV SoB-StB 04 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel Tragschichten im Straßenbau, Ausgabe 2004, Fassung 2007

U 69 DIN EN 932-1: 11.96: Prüfverfahren für allgemeine Eigenschaften von Gesteinskörnungen, Teil 1 Probenahmeverfahren, November 1996

Herausgeber:

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden
Telefon: + 49 351 2612-0
Telefax: + 49 351 2612-1099
E-Mail: lfulg@smul.sachsen.de
www.smul.sachsen.de/lfulg

Autoren:

Dr. rer. nat. Ralf Herrmann, Frank Ohlendorf
BAUGRUND DRESDEN IgmbH
Kleistkarree, Kleiststraße 10a, 01129 Dresden
Telefon: + 49 351 82413-50
Telefax: + 49 351 80307-86
E-Mail: info@baugrund-dresden.de

Redaktion:

Dr. Andrea Kaltz
Abteilung Klima, Luft, Lärm, Strahlen/Referat Strahlenschutz
Söbrigener Straße 3a, 01326 Dresden
Telefon: + 49 351 2612-5404
Telefax: + 49 351 2612-5399
E-Mail: Andrea.Kaltz@smul.sachsen.de

Fotos:

Dr. Ralf Herrmann, BAUGRUND DRESDEN IgmbH

Redaktionsschluss:

31.05.2013

ISSN:

1867-2868

Hinweis:

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter <https://publikationen.sachsen.de/bdb/> heruntergeladen werden.

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinahme des Herausgebers zu Gunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.