



Vollzugshilfe UV-1826/10

Unterirdische Deponien

Ein Modul der Vollzugshilfe zur Verordnung
über die Vermeidung und die Entsorgung
von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA)

Stand: [mm/jjjj], gültig ab 09.03.2026
Vorversionen: keine

Rechtliche Grundlagen: USG Art. 30e und 30h
VVEA Art. 35 ff. und Anhang 2

Anhang 1: Checkliste der Nachweise

Betroffene Fachgebiete

Abfall	•	Altlasten	Biodiversität	Biotechnologie	Boden	Chemikalien	Elektrosmog und Licht	Klima	Landschaft	Lärm	Luft	Naturgefahren	Recht	Störfälle	UVP	Wald und Holz	Wasser
--------	---	-----------	---------------	----------------	-------	-------------	-----------------------	-------	------------	------	------	---------------	-------	-----------	-----	---------------	--------

Impressum

Rechtliche Bedeutung

Diese Publikation ist eine Vollzugshilfe des BAFU als Aufsichtsbehörde und richtet sich primär an die Vollzugsbehörden. Sie konkretisiert die bundesumweltrechtlichen Vorgaben (bzgl. unbestimmten Rechtsbegriffen und Umfang/Ausübung des Ermessens) und soll eine einheitliche Vollzugspraxis fördern. Berücksichtigen die Vollzugsbehörden diese Vollzugshilfe, so können sie davon ausgehen, dass sie das Bundesrecht rechtskonform vollziehen; andere Lösungen sind aber auch zulässig, sofern sie rechtskonform sind.

Herausgeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Das BAFU ist ein Amt des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Mitwirkende

Baustoff Kreislauf Schweiz, Dr. von Moos AG, Rothpletz, Lienhard + Cie AG, VBSA

PDF-Download

<https://www.bafu.admin.ch/vollzugshilfen-abfall>

Eine gedruckte Fassung kann nicht bestellt werden.

Diese Publikation ist auch in französischer und italienischer Sprache verfügbar.

Die Originalsprache ist Deutsch.

Inhaltsverzeichnis

1.1	Zweck	4
1.2	Geltungsbereich	4
1.3	Rechtliche Grundlagen	4
1.4	Projektierungsgrundlagen.....	5
1.5	Glossar	5
2.1	Gewässerschutz und Naturgefahren	7
2.2	Untergrund respektive Gebirge	7
3.1	Systembeschreibung	8
3.2	Sicherheitsnachweise.....	8
3.2.1	Ausführungs- und Betriebsphase	8
3.2.2	Phase nach Nutzungsende	9
3.2.3	Nachweise	9
3.3	Abdichtung.....	10
3.4	Abtrennung zwischen Kompartimenten.....	10
3.5	Entwässerung und Bewetterung.....	10
3.5.1	Wasserzutritte.....	11
3.5.2	Entwässerung	11
3.5.3	Gas und Bewetterung.....	12
3.6	Abschluss	12
4.1	Betriebsphase.....	14
4.1.1	Abfallkontrolle	14
4.1.2	Arbeitssicherheit.....	14
4.2	Nachsorge	14
	Checkliste der Nachweise	16

1 Einleitung

1.1 Zweck

Der Teil «Unterirdische Deponien» des VVEA-Vollzugshilfemoduls Deponien dient als Grundlage zur Beurteilung von Projekten im Rahmen der Zustimmung des BAFU zur Errichtung unterirdischer Deponien.

Die grundsätzlichen technischen Anforderungen an das Bauwerk von Deponien sind in Anhang 2 der Abfallverordnung¹ (VVEA) formuliert. Als normative Basis in diesem Bereich erarbeitete der Schweizerische Ingenieur- und Architektenverein (SIA) die SIA-Norm² 203 Deponiebau mit Grundsätzen zur Projektierung und Ausführung von Bau-, Ersatz- und Abschlussarbeiten auf Deponien. Sowohl Anhang 2 VVEA wie auch die Norm sind auf Oberflächendeponien und nicht auf unterirdische Deponien ausgerichtet.

Vorliegender Modulteil der VVEA-Vollzugshilfe soll aufzeigen, welche Nachweise im Hinblick einer Zustimmung des BAFU zur Errichtung einer unterirdischen Deponie sinngemäss in Anlehnung an Anhang 2 VVEA zu erbringen sind. Abweichungen zu den bestehenden VVEA-Anforderungen, die in den unterschiedlichen Gegebenheiten von ober- zu unterirdischen Deponien begründet liegen, werden festgehalten. Zudem werden die zentralen Punkte der anzuwendenden normativen Grundlagen aufgeführt.

1.2 Geltungsbereich

Dieser Modulteil der Vollzugshilfe bezieht sich nur auf oberflächennahe Deponien, welche bergmännisch erstellt werden sowie auf Umnutzungen von bestehendem oberflächennahem Felsabbau (Materialentnahmestellen). Als oberflächennahe Bauwerke gelten Bauwerke mit einer Überdeckung bis zu ca. 2-fachem Bauwerksdurchmesser.

Die Standorte sind grundsätzlich so zu wählen, dass Abwasser in freiem Gefälle bis zum Ort der Einleitung in ein Gewässer oder in die öffentliche Kanalisation abfliessen kann und nicht gestaut wird.

Tiefer liegende Deponien mit einer mächtigen Überdeckung aus wasserundurchlässigen Gesteinsschichten wie z. B. Deponien in Salzstöcken oder Tiefenlager für radioaktive Abfälle werden in diesem Modulteil nicht betrachtet.

1.3 Rechtliche Grundlagen

Im Unterschied zu Oberflächendeponien dürfen unterirdische Deponien gemäss Artikel 36 Absatz 2 VVEA unabhängig ihres nutzbaren Volumens nur mit Zustimmung BAFU errichtet werden.

Deponien des Typs E dürfen nicht unterirdisch errichtet werden. Andere Deponien dürfen mit Zustimmung des BAFU unterirdisch errichtet werden, wenn:

- a) *die Abfälle in einem bis zum Ende der Nachsorgephase stabilen Hohlraum abgelagert werden;*
- b) *nachgewiesen wird, dass die Deponien bis zum Ende der Nachsorgephase die Umwelt nicht gefährden können, davon ausgenommen sind Deponien des Typs A;*
- c) *auf Deponien des Typs D ausschliesslich Schlacke abgelagert wird, die aus Anlagen stammt, in denen Siedlungsabfälle oder Abfälle vergleichbarer Zusammensetzung verbrannt werden und die Entwicklung von Gasen mit geeigneten Massnahmen verhindert wird.*

Abgesehen von diesen spezifischen Anforderungen gelten für unterirdische Deponien analog dieselben Anforderungen wie für Oberflächendeponien.

¹ Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA, SR 814.600)

² Sämtliche in diesem Dokument genutzten SIA-Normen werden im Grundlagenverzeichnis aufgeführt.

1.4 Projektierungsgrundlagen

Im Allgemeinen ist im Zuge der Projektierung die Kenntnis des geologischen und hydrogeologischen Umfeldes sowie der prognostizierten Abfallmengen, deren Zusammensetzung und des Schadstoff- und Freisetzungspotenzials erforderlich. Damit soll die Umweltverträglichkeit potenzieller Stoffflüsse aus der Deponie in die Umwelt während der Errichtungs-, der Betriebs- sowie der Nachsorgephase und nach deren Ende langfristig sichergestellt werden. Dabei sind der Standort, das technische Abdichtungs- und Entwässerungssystem und die für die Deponie zugelassenen Abfälle unter Einhaltung der gesetzlichen Mindestanforderungen aufeinander abzustimmen.

1.5 Glossar

Bauwerk:

Von Bauarbeiten herrührendes Werk. Im Allgemeinen bestehend aus Tragwerk und nicht tragenden Bauteilen (SIA 260).

Bergwasser:

Grundwasser, dass aus dem Berg in Hohlraum dringt bzw. chemisch oder physikalisch auf den Ausbau wirkt (SIA 197).

Bewetterung:

Anlagen, die der Frischluftversorgung unter Tage dienen; Gewährleistung des Gesundheitsschutzes wie auch der Einsatzfähigkeit von Arbeitnehmenden und Maschinen (SIA 196).

Deponiesickerwasser:

Wasser, das unter Einwirkung der Schwerkraft durch den Deponiekörper sickert.

Entwässerung:

Massnahmen zum Fassen und Ableiten von Berg- und Deponiesickerwasser (SIA 198).

Gebirge:

Gesamtheit der den Untertagbau umgebenden Fels, Fest- und Lockergesteine einschliesslich Diskontinuitäten und Hohlräume (SIA 199).

Gebrauchstauglichkeit:

Fähigkeit eines Tragwerks und seiner Bauteile, die Funktionstüchtigkeit und das Aussehen des Bauwerks sowie den Komfort der das Bauwerk nutzenden Personen entsprechend den Gebrauchsgrenzen zu gewährleisten (SIA 260).

Grundwasser:

Wasser unter der Terrainoberfläche, welches die Poren, offene Trennflächen oder Hohlräume des Gebirges zusammenhängend und vollständig ausfüllt (SIA 198).

Kaverne:

Untertagbauwerk mit grossem Querschnitt und relativ geringer Länge (SIA 198).

Quellfähigkeit:

Fähigkeit des Gesteins, durch Wasseraufnahme sein Volumen zu vergrössern (SIA 199)

Tragfähigkeit:

Fähigkeit eines Tragwerks und seiner Bauteile, Einwirkungen während der Ausführung und Nutzung standzuhalten (SIA 260).

Tragsicherheit:

Fähigkeit eines Tragwerks und seiner Bauteile, die Gesamtstabilität sowie einen für die anzunehmenden Einwirkungen ausreichenden Tragwerkswiderstand (einschliesslich der Ermüdungsfestigkeit) entsprechend einer festgelegten, erforderlichen Zuverlässigkeit zu gewährleisten (SIA 260)

Tragsystem:

Anordnung der tragenden Bauteile sowie Art ihres Zusammenwirkens (SIA 260).

Tragwerk:

Gesamtheit der Bauteile und des Baugrunds, die für das Gleichgewicht und die Formerhaltung eines Bauwerks notwendig sind (SIA 260).

Tragwerkanalyse:

Anhand eines Tragwerksmodells vollzogene Ermittlung von Auswirkungen für das gesamte Tragwerk und seine Bauteile (SIA 260).

Tragwerksmodell:

Ergebnis der Abgrenzung und Idealisierung des Tragsystems (SIA 260).

Tragwiderstand:

Grenze der Tragfähigkeit (SIA 260).

Trennflächen:

Unterbrechung der Kontinuität im Gebirge, dazu zählen Klüfte, Schichtungsflächen, Störungen und Schieferungsflächen (SIA 199).

2 Standort

2.1 Gewässerschutz und Naturgefahren

Bei der Wahl des Standorts ist generell der Einflussbereich der Deponie bezüglich Geologie, Mineralogie, Hydrogeologie sowie Geotechnik abzuklären, um das Gesamtsystem «Geosphäre» und seine Wechselwirkungen erfassen zu können.

In Analogie zu Oberflächendeponien werden Standorte in Grundwasserschutzzonen und -arealen sowie in überschwemmungs-, steinschlag-, rutschungs- oder besonders erosionsgefährdeten Gebieten ausgeschlossen – dies gilt bei unterirdischen Deponien insbesondere für den Portalbereich. Ebenfalls sind unterirdische Deponien im verkarstungsfähigen Gestein ausgeschlossen. Die hydrogeologische Situation und die gewässerschutzrechtliche Bedeutung muss im konkreten Fall in der dritten Dimension überprüft werden: Beispielsweise ist eine Grundwasserschutzzone für eine Fassung im Lockergestein an der Terrainoberfläche (z. B. Quellwasserfassung für eine Hangquelle oberhalb der Deponie), welche aber hydrogeologisch gegen den Hohlraumbereich in der Tiefe klar abgeschirmt ist, anders zu beurteilen als eine Quelle, deren Zuströmbereich bis in den Bereich des Hohlraumes reicht. Die Gewässerschutzkarte zeigt die oberflächen-nahen Schutzbereiche in ihrer flächenhaften Ausdehnung. Bei unterirdischen Deponien hat auch eine Projektion in die Tiefe respektive die Erfassung und Beurteilung tiefer gelegener Grundwasser-Stockwerke zu erfolgen.

2.2 Untergrund respektive Gebirge

Für die standortbezogene Sicherheitsbeurteilung sind detaillierte Basisinformationen zu den geologischen, hydrogeologischen sowie geotechnischen und geochemischen Verhältnissen des Standorts erforderlich. Die meisten Informationen dürften im Fall von bestehenden Kavernen und anderen Untertagebauwerken aus dem Planungs- und Bewilligungsprozess (inkl. Umweltverträglichkeitsbericht UVB) eines untertägigen Materialabbaus oder anderer Nutzung bereits vorhanden sein; ergänzend sind Erfahrungen während des Abbaubetriebs auszuwerten. Damit dürften die tektonische Situation sowie allenfalls geogene und anthropogene Grundbelastungen des Felskörpers und des Grund-/Bergwassers bekannt sein. Untersuchungsergebnisse zum geologischen Aufbau am Standort müssen die Lage, Häufigkeit und hydraulischen Eigenschaften aller Verwerfungen oder Brüche am Standort beinhalten.

Die Anforderungen an die Durchlässigkeit des Untergrundes gemäss Anhang 2 Ziffer 1.2 VVEA müssen bei der kontrollierten Ableitung allfälligen Bergwassers unter Berücksichtigung einer gegenüber Oberflächendeponien um Grössenordnungen geringeren Deponiesickerwassermenge betrachtet werden. Grundsätzlich genügen die hydrologische Bilanz als Beurteilungsbasis und der Nachweis einer weitgehend homogenen, natürlichen geologischen Barriere in allen Richtungen von mindestens 2 Meter Mächtigkeit und einem Durchlässigkeitsbeiwert (k) von 1×10^{-7} m/s. Sichtbare, offene Trennflächen müssen ausinjiziert werden.

3 Bauwerk

3.1 Systembeschreibung

Das System unterirdische Deponie umfasst den zur Ablagerung vorgesehenen Hohlraum, den Zugang zu diesem mit Portalbereich, den umliegenden Felskörper, die für den Betrieb erforderlichen technischen Einrichtungen sowie die Medien Luft und Wasser. Die ins Gebirge eingebettete Deponie weist eine im Gegensatz zu Oberflächendeponien wesentlich andere Wasserbilanz auf, was grundsätzlich weniger Abdichtungs- und Entwässerungsmassnahmen für das Deponiesickerwasser nach sich zieht. Separate Abdichtungs- und Entwässerungsmassnahmen für das Bergwasser müssen geprüft werden. Wird kein separates Abdichtungssystem vorgesehen, muss das Bergwasser zusammen mit dem Deponiesickerwasser gesammelt, allenfalls behandelt und abgeleitet werden.

Hingegen ist allein aus Arbeitssicherheitsgründen in jedem Fall ein Nachweis für die ausreichende Luftqualität während der Errichtungs- und Betriebszeit der Deponie erforderlich. In der Regel ist eine künstliche Bewetterung notwendig. Je nach Zugänglichkeit ist zu prüfen, ob auch während der Nachsorgephase die Bewetterung notwendig sein wird.

Die Anforderungen an den Oberflächenabschluss können im Fall von unterirdischen Deponien mit der vorausgesetzten, geringen Durchlässigkeit des Gebirges oberhalb der Deponie (oberhalb und seitlich der Deponiekaverne) teilweise vorweggenommen werden, wenn die entsprechenden Nachweise erbracht werden.

Generell besteht der Anspruch sicherzustellen, dass die Abfälle in einem bis zum Ende der Nachsorgephase stabilen Hohlraum abgelagert werden und die Deponie die Umwelt nicht gefährdet. Dies erfolgt über den Nachweis der äusseren (Sicherheit gegen Systemversagen) und der inneren Standsicherheit (Sicherheit gegen Versagen des Deponiekörpers selbst) unter Einbeziehung des Abschlusses der Deponie und mit dem Nachweis, dass während der Errichtungs-, der Betriebs- und der Nachsorgephase keine unzulässigen Deformationen am Terrain / an der Oberfläche auftreten. Zusätzlich sind Langzeitnachweise (siehe Kap. 3.6) zu führen.

3.2 Sicherheitsnachweise

3.2.1 Ausführungs- und Betriebsphase

Wesentlicher Schritt im Zusammenhang mit der standortbezogenen Sicherheitsbeurteilung ist das Erbringen entsprechender Nachweise, die hauptsächlich auf dem geotechnischen Standsicherheitsnachweis und dem Sicherheitsnachweis für die Ausführungs- respektive die Betriebsphase gründen.

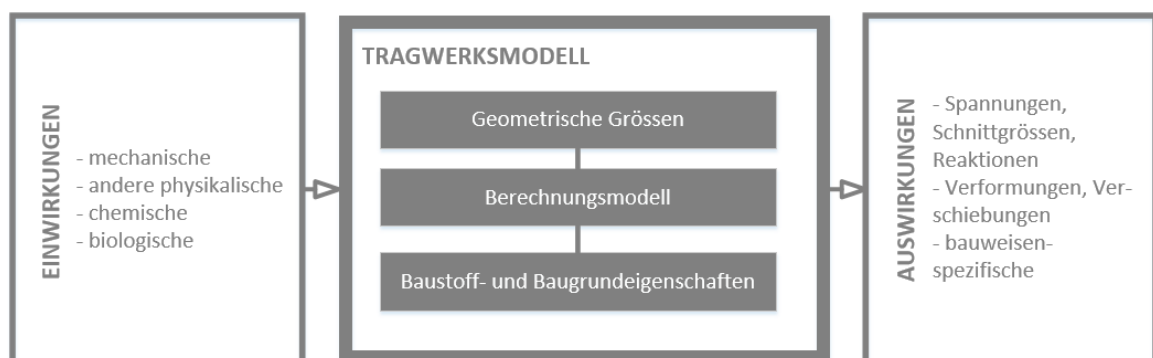


Abb. 2: Tragwerksanalyse für standortbezogene Sicherheitsbeurteilung nach SIA 260.

Im Rahmen der Projektierung ist eine Tragwerksanalyse für den Hohlraum mit dem entsprechenden Tragwerksmodell durchzuführen. Des Weiteren gilt das Nachweiskonzept gemäss SIA 260.

Bei der Planung eines Untertagebauwerks erstellt der Planende ein Tragwerksmodell mit je nach Planungsphase unterschiedlicher Bearbeitungstiefe. Darin werden das Bauwerk und seine Interaktionen mit dem Baugrund untersucht (z. B. Identifikation der massgebenden Gefährdungsbilder, Dimensionierung). Dies ist Bestandteil des Projektdossiers der Projektanten (vgl. auch Begriffsdefinitionen gemäss SIA 197, 260, 469).

Die Planenden beschreiben mittels Tragwerksmodell das untertägige Bauwerk. Dazu werden sämtliche Einflussgrössen miteinbezogen wie die geometrischen Grössen und der Ausbau, die Baustoff-, Gesteins- und Gebirgseigenschaften, als auch allfällige Bauteile zur Verbesserung der Tragfähigkeit des Gebirges (Anker etc.). Die Tragsicherheit (Gesamtstabilität, Tragwiderstand, Ermüdungsfestigkeit) sowie die Gebrauchstauglichkeit (Funktionstüchtigkeit, Komfort, Aussehen) sind für die gesamte Betriebszeit wie auch die Nachsorgephase der Deponie nachzuweisen.

Die Checkliste in Anhang 0 führt die zu erbringenden Nachweise auf. Grundlagen und Ergebnisse der Projektierung sowie Angaben zu erforderlichen Bauwerksakten sind in SIA 197 **Error! Reference source not found.**(Kap. 2.3) und 469 aufgeführt.

3.2.2 Phase nach Nutzungsende

Angaben über den Rückbau – nach Ablauf der Bewirtschaftungsphase (Nutzung/Betrieb bzw. Erhaltung) – sind bezogen auf Untertagebauwerke in den einschlägigen SIA-Normen nicht vorhanden.

Generell werden die Anforderungen an die Sicherheit und die Gebrauchstauglichkeit von Bauwerken aus dem Zweck und der Nutzung des Bauwerks abgeleitet. Wird die Nutzung eines Bauwerks beendet, so wird sich dessen Erhaltung auf die Abwendung von Gefahren und allenfalls auf das Vermeiden von Schäden beschränken (SIA 469). Die Anforderungen an die Nachsorgephase, welche mit dem Ende der Abschlussarbeiten und der Ablagerung beginnt, sollen bereits im Rahmen der Errichtungs- und Betriebsphase mindestens teilweise definiert werden, sodass frühzeitig entsprechende Massnahmen und Vorrichtungen vorgesehen werden können (Kontrollmessungen etc.).

3.2.3 Nachweise

In Anlehnung an SIA 197 besteht eine ausreichende Sicherheit, wenn eine Gefährdung von Personen, Umwelt sowie wirtschaftlichen Werten durch Tragwerksversagen oder durch den Betrieb des Bauwerks und seiner technischen Anlagen auf ein vertretbares Mass beschränkt ist. Die Gebrauchstauglichkeit wiederum wird gegeben sein, wenn der Zustand des Bauwerks die ihm zuge dachte Nutzung ermöglicht.

In diesem Sinne ist ein Langzeitsicherheitsnachweis des Gesamtsystems bis zum Ende der Nachsorgephase, d. h. bis maximal 50 Jahre nach Ende der Ablagerung von Abfällen, zu erbringen. Der Nachweis für die Standsicherheit des Hohlraums, des Zugangsstollens, des Portalbereichs und weiterer Anlagenteile während der intensiven betrieblichen Deponietätigkeit kann über eine zeitfixierte Nutzungsvereinbarung in der kantonalen Betriebsbewilligung geregelt werden – hier ist auch auf bisherige Erfahrungswerte von einzelnen Standorten mit konzessionspflichtigen Nutzungen im Untergrund abzustützen. Der Langzeitsicherheitsnachweis muss dabei auch ein Überwachungskonzept mit regelmässigen Beobachtungen, Inspektionen, Kontrollmessungen sowie Funktionskontrollen beinhalten.

Die erforderlichen Nachweise betreffend Nachsorgephase aus Kapitel 3.6 sind ebenfalls zu erbringen.

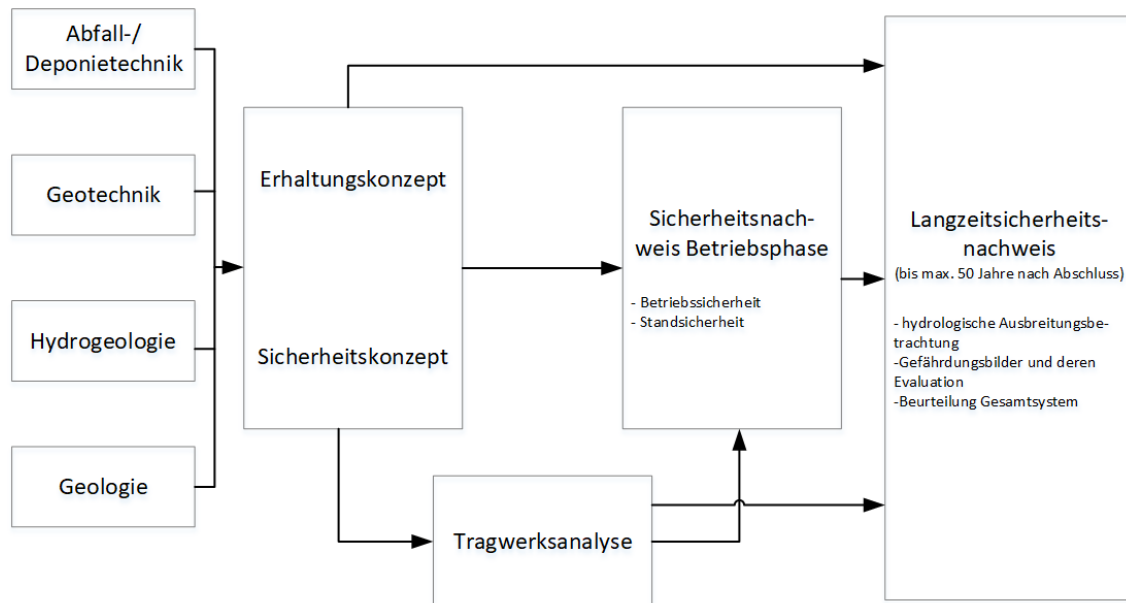


Abb. 3: Projektierung und Nachweiserbringung zur Errichtung unterirdischer Deponien.

3.3 Abdichtung

Abdichtungen mit Abdichtungsträger/Verkleidung in der unterirdischen Deponie sollen mit der Entwässerung das getrennte Sammeln und kontrollierte Ableiten von Bergwasser und Deponiesickerwasser ermöglichen und so ein Versickern von Deponiesickerwasser verhindern. Da bei unterirdischen Standorten kein Niederschlagswasser zu erwarten ist, müssen abdichtende Massnahmen in Abhängigkeit des Deponietyps, der vorhandenen Durchlässigkeit des Felskörpers, des hydraulischen Systems und der effektiven Wasserbilanz vorgesehen werden. Bei einem Gebirge mit wenig Trennflächen und einer geringen Durchlässigkeit kann der Fels unter Umständen ausreichend dicht sein, um allfällig in den Deponiekörper eindringendes Bergwasser fernzuhalten (vgl. Kap. 3.5). Die tatsächlichen Bergwasserverhältnisse sowie die mögliche Kondenswasserbildung sind im Einzelfall bei der Planung zu berücksichtigen.

3.4 Abtrennung zwischen Kompartimenten

Bei der Abtrennung von Kompartimenten verschiedener Deponietypen sind sinngemäss auch bei unterirdischen Deponien die Bestimmungen von Anhang 2 Ziffer 2.3 VVEA einzuhalten. Die Verwendung einzelner Kammern getrennt durch die belassenen Felskörperriegel können je nach Anforderungen ausreichend geeignet sein für eine Aufteilung in verschiedene Deponietypen. Offene Klüfte müssen ausinjiziert werden. Reichen diese Massnahmen nicht aus, um die nötige Abdichtung zu erreichen, müssen andere abdichtende Massnahmen geprüft werden.

3.5 Entwässerung und Bewetterung

Wasser- wie auch Luftzutritt unterscheiden sich bei unterirdischen Deponien wesentlich von denjenigen bei oberirdischen: Wasserzufluss bzw. Luftzustrom aus Trennflächen anstatt Niederschlag und keine direkte atmosphärische Exposition (SIA 199). Des Weiteren kann die künstliche Bewetterung aufgrund von Temperaturunterschieden zur Bildung von Kondenswasser führen. Die Kenntnisse des Trennflächengefüges und der Eigenschaften/Porosität des umgebenden Gebirges ist essenziell, um eine hydrologische Bilanz für das gesamte Deponiesystem erstellen zu können. Grundwasserableitungen durch Untertagbauten müssen mengenmässig beschränkt und auf Grundwasserneubildung abgestimmt sein. Für die Planung, Erstellung

und den Betrieb von Untertagebauten sind neben den gesetzlichen Vorgaben auch die Wegleitung zu Gewässerschutzmassnahmen bei Untertagebauten zu berücksichtigen.³

3.5.1 Wasserzutritte

Einerseits sind bei der hydrogeologischen Beurteilung der Bergwasserverhältnisse die Kenntnis der Durchlässigkeit des Gebirges und der Bergwasserspiegel im Allgemeinen (ev. jahreszeitliche Schwankungen) sowie andererseits die drainierende Wirkung des Hohlraums zu beachten.

Während bei Oberflächendeponien der Niederschlag zu einer flächigen Bewässerung des Deponiekörpers führt, ist bei unterirdischen Deponien nur mit punktuellen Wasserzutritten aus Trennflächen im Gebirge zu rechnen (vgl. Abb. 4).

Auch im abzulagernden Material ist Feuchtigkeit vorhanden. Dies hat zur Folge, dass in Abhängigkeit vom gewählten Abdichtungssystem ursprünglich trockenes Gebirge «nass» werden kann, was vor allem auch unabhängig einer allfälligen Belastung in quelfähigem Gebirge von Bedeutung sein kann.

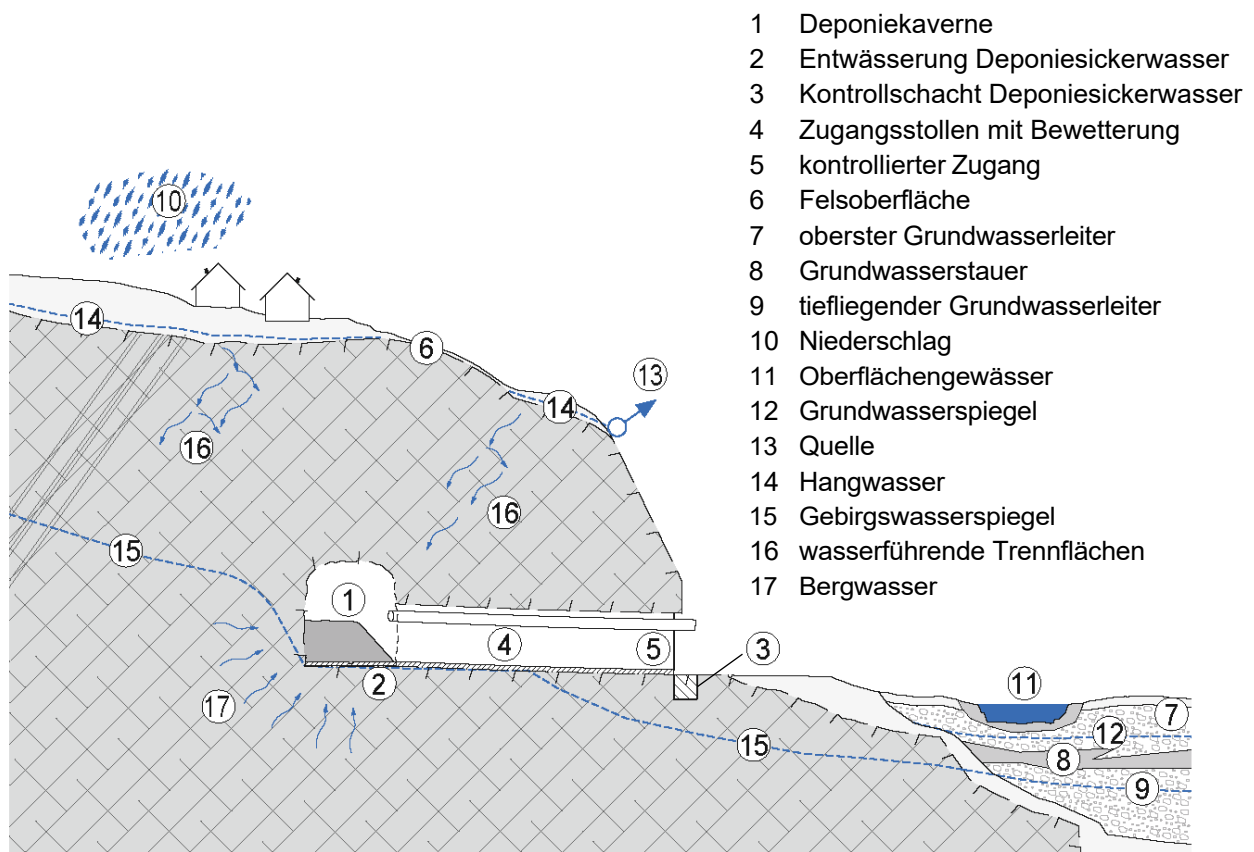


Abb. 4: Schematische Darstellung möglicher Wasserzutritte zu einer Deponiekaverne.

3.5.2 Entwässerung

Eindringendes Wasser (Bergwasser) muss nach Möglichkeit gefasst und um den Deponiekörper herumgeleitet werden. Dies ist standortspezifisch bei der Projektierung des Abdichtungs- sowie Entwässerungssystems zu berücksichtigen (Ableiten des Bergwassers ins Entwässerungssystem und ggf. flächenhafte oder punktuelle Abdichtung gemäss Abdichtungskonzept (Anhang 2 Ziff. 2.4.4 Bst. c VVEA, SIA 197 Kap. 8.6.3).

³ BUWAL, 1998: Wegleitung zur Umsetzung des Grundwasserschutzes bei Untertagebauten. Bern.

Die hier getroffene Massnahmenwahl hat Einfluss auf die Dimensionierung des Hohlraumausbaus. Entwässerungsleitungen sind so anzulegen, dass sie nach Abschluss allfälliger Setzungen ein Gefälle von mindestens 2 Prozent aufweisen (Anhang 2 Ziff. 2.4.8 VVEA).

An der Basis der Deponie (Sohlplatte) gesammeltes Deponiesickerwasser ist ebenfalls abzuleiten. Beim Anfall von Wasser sind grundsätzlich zwei voneinander getrennte Sammelsysteme auszuführen, für Bergwasser einerseits und für Deponiesickerwasser andererseits. Das Wasser muss grundsätzlich in freiem Gefälle aus dem Bauwerk abgeleitet werden und, nötigenfalls nach entsprechender Behandlung, in ein Oberflächengewässer oder eine Abwasserreinigungsanlage eingeleitet werden. Wird gefasstes, unbehandeltes Wasser in ein Oberflächengewässer eingeleitet, ist durch bauliche Massnahmen sicherzustellen, dass dieses Wasser jederzeit kontrolliert und nötigenfalls behandelt oder in eine Abwasserreinigungsanlage eingeleitet werden kann.

Unter der Voraussetzung, dass allfälliges Bergwasser gesammelt und abgeleitet wird, werden unterirdische Deponien im Gegensatz zu Oberflächendeponien wenig durchsickert. Die zu erwartenden an der Basis der Deponie gesammelten Sickerwassermengen sind gegenüber einer oberirdischen Deponie um Grössenordnungen geringer. Die effektiven Verhältnisse sind in einer hydrologischen Bilanz darzulegen (Bestandteil eines hydrogeologischen Begleitberichts zum Projekt). In Anlehnung an die Bestimmungen gemäss Anhang 2 Ziffer 2.4.2 und 2.4.3 VVEA ist für Deponien der Typen A und B eine Ableitung des Deponiesickerwassers nicht in jedem Fall erforderlich, muss jedoch im Einzelfall in Abhängigkeit der effektiv vorliegenden Wasserbilanz und allfälligem Vorkommen von nutzbaren unterirdischen Gewässern jedoch geprüft werden.

3.5.3 Gas und Bewetterung

Beim Betrieb von unterirdischen Deponien ist sicherzustellen, dass von Beginn an bis zum Deponieabschluss keine zündfähigen Gemische (Methan oder Wasserstoff mit Luft oder zusätzlichen Gasen) durch die Reaktion mit Wasser entstehen.

Aufgrund der auf den verschiedenen Deponietypen zugelassenen Abfälle sind grundsätzlich kaum Stoffe zu erwarten, die zu Gasbildungen neigen. Relevant können vor allem Gehalte an Nichteisen-Metallen sein, welche bei Oxidation zur Gasbildung tendieren. Bei Verbrennungsrückständen aus Kehrichtverbrennungsanlagen kann es bei Kontakt mit Wasser zu Abbindereaktionen und in der Folge zu erhöhten Temperaturentwicklungen sowie dem Ausgasen von Ammoniak und Wasserstoff kommen. Das Zwischenlagern und Umschichten sowie die weitgehende Entfernung von Metallen (Anhang 5 Ziff. 4.3 VVEA) von Kehrichtschlacken vor deren endgültigen Ablagerung führen erfahrungsgemäss zu deutlich geringerer Gasentwicklung.

Bauliche Massnahmen für Ab- und Frischluft in Abhängigkeit des geplanten Deponiebetriebs und der anschliessenden Nachsorgephase sind fester Bestandteil der Projektierung (SIA 196). Die konkreten Vorkehrungen für Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz müssen im Betriebskonzept aufgezeigt werden.

3.6 Abschluss

Es muss ausgeschlossen werden können, dass es auch nach Abschluss der Ablagerung von Abfällen und nach Ablauf der Nachsorgephase weder am Hohlraum noch an der Oberfläche zu Deformationen kommt, welche Verbindungen zur Biosphäre schaffen.

Dementsprechend ist im Rahmen des Langzeitsicherheitsnachweises bereits aufzuzeigen, dass die eingelagerten Abfälle nach Abschluss der Betriebsphase nötigenfalls eine ausreichende Stabilität aufweisen, um die kontinuierlich oder plötzlich auftretende Belastung infolge von Einbruch des verbleibenden Hohlraums aufzunehmen (Angabe von Auffüllkoten, allfällige Verdichtung bei der Einlagerung, etc.).

Nach Ende der Betriebsphase soll der sichere Zugang zu den Abfällen – im Fall von Deponien der Typen C und D – zwecks deren Rückholbarkeit während mindestens 20 Jahren gewährleistet bleiben. Technischer Fortschritt, Neu- und Weiterentwicklung von Entsorgungsverfahren könnten in absehbarer Zukunft neue Perspektiven und Entsorgungsalternativen eröffnen, so dass eine Rückholung bestimmter Abfälle nicht von vornherein ausgeschlossen werden sollte.

Der Zugang zu Kontroll- und Überwachungseinrichtungen der unterirdischen Deponie muss mindestens für die Dauer der gesamten Nachsorgephase möglich sein.

4 Weitere Aspekte

4.1 Betriebsphase

4.1.1 Abfallkontrolle

Aufgrund der auf Deponien zugelassenen Abfälle ist bei unterirdischen Deponien davon auszugehen, dass chemisch-biologische Prozesse in der Deponie keine relevante Rolle spielen werden. Die betrieblichen Kontrollmassnahmen, dass nur zugelassene Abfälle abgelagert werden, sind daher von wesentlicher Bedeutung. So sind neben den analytischen Nachweisen der Abfalleigenschaft beispielsweise gründliche visuelle Kontrollen des abzulagernden Abfalls bereits ausserhalb der nur durch künstliche Beleuchtung erhellten unterirdischen Ablagerungshohlräume vorzunehmen.

4.1.2 Arbeitssicherheit

Bereits bei der Bauplanung sind betriebliche Aspekte (Schütt-/Einbauplanung, Maschinenverkehr, Kontrolle/Überwachung der Eigenschaften der abzulagernden Abfälle, Bewetterung) sowie die Arbeitssicherheit zu beachten.

Die Arbeitssicherheit ist dauerhaft sicherzustellen, entsprechende betriebliche Anweisungen sind im Betriebsreglement festzuhalten. Kontinuierliche Messungen der Gaskonzentrationen sind erforderlich. Es muss beachtet werden, dass genügend Sauerstoff bereitgestellt wird, Gase sowie Luftschadstoffe kontinuierlich gemessen werden und ein wirksames Alarmsystem besteht. Wärme- und Feuchtigkeitsbedingungen im Untertagebauwerk sind in geeigneter Weise zu regeln. Vorkehrungen für den Brandfall oder bei Unfällen müssen vorgängig getroffen werden, das Personal muss entsprechend instruiert und geschult sein.

4.2 Nachsorge

Auch nach Ende der Ablagerung und dem Abschluss der Deponie ist zu gewährleisten, dass die notwendigen Anlagen bis mindestens zum Ende der Nachsorgephase sicher funktionieren. Dabei sind physikalische, chemische und biologische Prozesse in der Deponie während der Errichtung, während des Betriebs und nach dem Abschluss zu berücksichtigen. Die Inhaberin oder der Inhaber einer Deponie muss während der gesamten Nachsorgephase dafür sorgen, dass die Anlagen regelmässig kontrolliert und gewartet werden und dass das allfällige Bergwasser, das gefasste Deponiesickerwasser und allfällige Deponiegase kontrolliert werden, soweit Kontrollen gemäss Artikel 41 und 53 Absatz 5 VVEA erforderlich sind. Diese werden fortgesetzt, bis die Sicherheit besteht, dass dauerhaft keine schädlichen oder lästigen Einwirkungen auf die Umwelt mehr zu erwarten sind.

5 Grundlagenverzeichnis

BUWAL, 1998: Wegleitung zur Umsetzung des Grundwasserschutzes bei Untertagebauten. Bern.

BUWAL, 2004: Wegleitung Grundwasserschutz. Vollzug Umwelt: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern. 141 S.

Dr. von Moos AG, 2017: Errichtung unterirdischer Deponien gemäss VVEA. Entscheidungsgrundlagen (Nr. 11704). Zürich. Unveröffentlichter Bericht im Auftrag des BAFU.

Die folgenden Normen können kostenlos eingesehen und gegen Bezahlung bezogen werden bei der Schweizerischen Normen-Vereinigung (SNV), Sulzerallee 70, 8404 Winterthur; www.snv.ch

- SIA 196: Baulüftung im Untertagebau.
SIA 196:1998, SN 531 196. Zürich.
- SIA 197: Projektierung Tunnel (Grundlagen).
SIA 197:2023 Bauwesen, SN 505 197. Zürich.
- SIA 198: Untertagebau (Ausführung).
SIA 198:2023 Bauwesen, SN 531 198. Zürich.
- SIA 199: Erfassung des Gebirges im Untertagebau.
SIA 199:2015, SN 531 199. Zürich.
- SIA 203: Deponiebau. SIA 203:2016, SN 531 203. Zürich.
- SIA 260: Grundlagen der Projektierung von Tragwerken.
SIA 260:2013 Bauwesen, SN 505 260. Zürich.
- SIA 469: Erhaltung von Bauwerken. SIA 469:1997, SN 588 469. Zürich.

Anhang 1

Checkliste der Nachweise

Die Checkliste kann als Hilfsmittel dienen, jedoch ohne Anspruch auf Vollständigkeit. Die Projektierungselemente können je nach Umfang, Projekt und Situation variieren und unterschiedlich bewertet werden.

Projektierungselement	Deponietyp				Grundlagen normative / rechtliche
	A	B	C	D	
Art, Mengen, Eigenschaften und langfristiges Verhalten der Abfälle	x	x	x	x	SIA 203, VVEA
Geometrie der Endgestaltung Portal (landschaftliche Eingliederung, Nachweis Gesamtstabilität)	x	x	x	x	
Deponieabschluss	x	x	x	x	SIA 203, VVEA, SIA 197 ÷ 199, SIA 260 ÷ 267
Etapierungskonzept	x	x	x	x	
Unterirdischer Hohlraum (Deponie und Zugang)					
Geologie, Hydrogeologie, Gefüge	x	x	x	X	SIA 199
Hohlraumstabilität	X	x	x	x	SIA 197 ÷ 199, SIA 260 ÷ 267
Setzungen, Verformungen	x	x	x	x	SIA 197 ÷ 199, SIA 260 ÷ 267
Anlagen ausserhalb Hohlraum (Lüftungsbauwerk etc.)	x	x	x	x	SIA 197 ÷ 199, SIA 260 ÷ 267
Auswahl geeigneter Baustoffe	x	x	x	x	SIA 260 ÷ 267
Abdichtungen (Bergwasser, Deponie-sickerwasser, Gewässerschutz)	x	x	x	x	SIA 203, SIA 272, SIA 197 (Kap. 8.6 und 8.7), GSchV
Entwässerung (Fassung, Rückhaltebecken, Aufbereitung, Ableitung)	o	x	x	x	BUWAL, 1998: Wegleitung, SIA 197
Sicker-/Betriebswasserableitung in					
öffentliche Kanalisation	-	o	o	o	
Vorfluter	-	o	o	o	
Lüftungszentrale, Lüftungssystem	x	x	x	x	SUVA, SIA 196
Brandschutz	x	x	x	x	SIA 197 ÷ 198, SIA 260 ÷ 267
Überwachungseinrichtungen	o	x	x	x	
Betriebskonzept	x	x	x	x	
Nutzungsdauer	x	x	x	x	
Kosten, Wirtschaftlichkeit	x	x	x	x	
Risikoanalyse	x	x	x	x	SIA 203, 2.2.5
Erhaltungskonzept (für Dauer der Betriebs- und Nachsorgephase)	x	x	x	x	SIA 469, SIA 269
Bewetterung	x	x	x	x	SIA 196

x: verbindlich, o: zu prüfen, --: nicht erforderlich