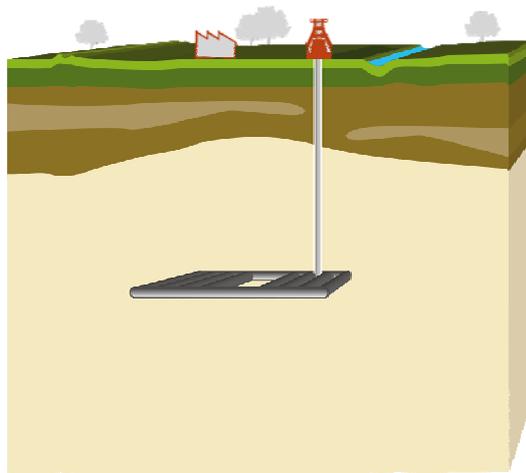


## Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle in Deutschland

### Anhang Umweltauswirkungen

#### Auswirkungen eines Endlagers auf die Umwelt



**30.09.2008**

**Bearbeiter:**  
Sailer, M.  
Steinhoff, M.

**Braunschweig / Darmstadt  
September 2008**

**Anhang zu GRS-247  
ISBN 978-3-939355-22-9**

Das diesem Bericht zugrunde liegende FE-Vorhaben wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie unter den Kennzeichen 02E9783 und 02E9793 durchgeführt. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Grundzüge einer Umweltverträglichkeitsprüfung</b> .....	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Tätigkeiten und technische Vorgänge während der verschiedenen Phasen eines Endlagerprojektes</b> .....	<b>8</b>
3.1	Oberirdische Erkundung .....	8
3.2	Untertägige Erkundung .....	9
3.3	Errichtung.....	9
3.4	Endlagerbetrieb.....	10
3.5	Endlagerverschluss.....	10
3.6	Nachbetrieb.....	10
<b>4</b>	<b>Grundlagen zur Betrachtung der Umweltauswirkungen eines Endlagers</b> .....	<b>11</b>
4.1	Wirkungskette zur Betrachtung der Auswirkungen auf die Umwelt.....	11
4.2	Der Untersuchungsraum .....	13
4.3	Abwägung von Alternativen .....	15
4.4	Berücksichtigung von Schutzgütern bei der Standortauswahl .....	16
<b>5</b>	<b>Auswirkungen auf die Umwelt durch konventionelle Wirkfaktoren ...</b>	<b>17</b>
5.1	Wirkfaktor Flächeninanspruchnahme.....	17
5.2	Wirkfaktor Luftschadstoff- und Staubemissionen durch Fahrzeuge und Baumaschinen .....	20
5.3	Wirkfaktor Lärm durch Transporte.....	23
5.4	Wirkfaktor Anlagen bedingte Lärm- und Luftschadstoffemissionen .....	24
5.5	Wirkfaktor Landschaftsbildveränderung.....	25
5.6	Wirkfaktor Grundwasserabsenkung .....	26
5.7	Wirkfaktor Medieneintrag .....	27
5.8	Wirkfaktor Abwasser .....	29

## Anhang Umweltauswirkungen

5.9	Wirkfaktor Abfälle .....	30
5.10	Wirkfaktor Setzung der Tagesoberfläche .....	31
5.11	Wirkfaktor Wärmeeintrag .....	32
5.12	Wirkfaktor Licht .....	34
<b>6</b>	<b>Auswirkungen auf die Umwelt durch radiologische Wirkfaktoren.....</b>	<b>35</b>
6.1	Wirkfaktor radioaktive Emissionen .....	35
6.2	Wirkfaktor Störfälle .....	36
6.3	Wirkfaktor radioaktive Emissionen nach Verschluss des Endlagers.....	37
6.4	Wirkfaktor Direktstrahlung .....	38
6.5	Wirkfaktor sekundäre radioaktive Abfälle .....	38
6.6	Wirkfaktor radioaktive Abwässer .....	39
6.7	Wirkfaktor Radon-222 .....	39
<b>7</b>	<b>Schlussbetrachtung.....</b>	<b>41</b>
<b>8</b>	<b>Literatur.....</b>	<b>42</b>
<b>9</b>	<b>Weiterführende Literatur .....</b>	<b>44</b>

## 1 Einleitung

An einem Endlagerstandort entstehen wie bei allen industriellen und bergbaulichen Anlagen Auswirkungen auf die Umwelt, wie z. B. Lärm und Luftschadstoffimmissionen. Diese mehr oder weniger großen Immissionen erfolgen über Zeiträume von einigen Monaten bis mehrere Jahrzehnte und sind im Vergleich zu Aspekten der Langzeitsicherheit kurzfristig. Von diesen Emissionen sind jedoch die Bewohner der Standortregion des Endlagers unmittelbar in ihrer Lebensumwelt betroffen. Da es sich dabei um Auswirkungen handelt, die Zeiträume von mehreren Jahren oder gar Jahrzehnten umfassen, sind die Auswirkungen aus Sicht der Betroffenen langfristig und damit vergleichbar mit den Auswirkungen des Baus einer Umgehungsstraße oder eines Industriekomplexes.

Für die Errichtung und den Betrieb eines Endlagers ist gemäß dem Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung /UVP 05/ eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) durchzuführen. Im Rahmen der UVP sind die Auswirkungen des Vorhabens frühzeitig und umfassend zu ermitteln, zu beschreiben und zu bewerten.

Die Beteiligung der Öffentlichkeit gehört zu den Wesensmerkmalen der Umweltverträglichkeitsprüfung. Dabei wird Bürgerinnen und Bürgern die Möglichkeit eingeräumt, ihre Bedenken und Anregungen in den Planungsprozess einzubringen. Durch die substantiierte Erörterung der Einwendungen der Betroffenen bei der UVP ist eine umfassendere Beurteilung der Projektauswirkungen möglich, weil zusätzliche Informationen gerade auch von Betroffenen berücksichtigt werden können.

Im Rahmen einer UVP für die Errichtung und den Betrieb eines Endlagers ist eine rege Beteiligung der Öffentlichkeit zu erwarten. Gründe hierfür sind die Besonderheit eines Endlagers, die persönliche Betroffenheit der Anwohner, die kontrovers und möglicherweise medienwirksam geführte Diskussion zur Endlagerung sowie das Hineinwirken dieses Konfliktes in die Politik. Eine tragfähige Entscheidung zu einem Endlagerstandort ist nur bei einer überwiegenden Akzeptanz des Endlagers bei der Bevölkerung möglich. Für den Diskussionsprozess der Öffentlichkeitsbeteiligung ist daher eine transparente und sachliche Darstellung der Umweltauswirkungen auf der Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse erforderlich.

Der vorliegende Anhang stellt den Stand der Erkenntnisse zu den wesentlichen Auswirkungen eines Endlagers auf die Umwelt im Überblick dar und gewichtet diese Aus-

## Anhang Umweltauswirkungen

wirkungen qualitativ. Zu den dargestellten Auswirkungen eines Endlagers wird im Hinblick auf ihre Erheblichkeit eine qualitative Bewertung unter Hinzuziehung quantitativer Merkmale vorgenommen. Als Bewertungskriterien dienen die jeweils einschlägigen gesetzlichen Vorschriften bzw. der Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse, wie diese bei einer Umweltverträglichkeitsprüfung angewendet werden würden.

Vertiefende und detaillierte Betrachtungen zu den Auswirkungen eines Endlagers auf die Umwelt – etwa im Rahmen einer UVP - erfordern über die Inhalte dieses Kapitels hinausgehende quantitative Bewertungen auf der Basis konkreter Vorhabens- und Standortbeschreibungen.

Der nachfolgende Anhang ist in die folgenden Kapitel gegliedert:

Für die Erteilung einer Genehmigung zur Errichtung und zum Betrieb eines Endlagers ist eine Umweltverträglichkeitsprüfung gesetzlich vorgeschrieben. Im Kapitel 2 werden die Grundzüge einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) im Hinblick auf die wichtigsten Schritte dargestellt.

Im Kapitel 3 werden die unterschiedlichen zeitlichen Phasen von der Erkundung, über die Errichtung und den Betrieb bis zum Verschluss eines Endlagers im Hinblick auf die grundsätzlichen technischen Vorgänge vergegenwärtigt. Dieses Kapitel dient zur Vergegenwärtigung der grundsätzlichen Vorgänge an einem Endlagerstandort, die zugleich zu potentiellen Emissionen führen können.

Im Kapitel 4 werden die Grundlagen für die Betrachtung von Umweltauswirkungen erläutert. Es wird die Wirkungskette zur Untersuchung von Umweltauswirkungen erläutert und dabei gezeigt, dass Emission nicht zwangsläufig zu Immission führt. Außerdem werden wichtige Aspekte zur Betrachtung der Umweltauswirkungen wie z. B. Untersuchungsraum und Alternativenprüfung erläutert.

Im Kapitel 5 erfolgt eine Abschätzung und Beschreibung der voraussichtlichen konventionellen Umweltauswirkungen eines Endlagers für die wichtigsten Wirkfaktoren.

Im Kapitel 6 werden die voraussichtlichen radiologischen Umweltauswirkungen eines Endlagers abgeschätzt und beschrieben.

## **2 Grundzüge einer Umweltverträglichkeitsprüfung**

Die Umweltverträglichkeitsprüfung, die für ein Endlager nach dem Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) durchzuführen ist, umfasst die Ermittlung, Beschreibung und Bewertung der unmittelbaren und mittelbaren Auswirkungen des Vorhabens auf folgende im UVPG genannte Schutzgüter:

- Menschen, einschließlich der menschlichen Gesundheit,
- Tiere, Pflanzen und die biologische Vielfalt,
- Boden, Wasser, Luft, Klima und Landschaft,
- Kulturgüter und sonstige Sachgüter.

Darüber hinaus sind die Wechselwirkungen zwischen den vorgenannten Schutzgütern zu berücksichtigen.

Das UVP-Verfahren beginnt mit der Unterrichtung der Behörde über ein geplantes Vorhaben durch den Vorhabensträger. Die Behörde hat dann auf Antrag des Vorhabensträgers oder im Scoping-Verfahren, jedoch spätestens nach Beginn des fachgesetzlichen Zulassungsverfahrens festzustellen, ob für das Vorhaben eine UVP durchzuführen ist. Diese Entscheidung ist der Öffentlichkeit bekannt zu geben und nicht selbständig anfechtbar.

Die Behörde kann mit dem Vorhabensträger den voraussichtlichen Untersuchungsrahmen, d. h. Gegenstand, Umfang und Methode der Umweltverträglichkeitsprüfung vor dem Beginn des förmlichen Verwaltungsverfahrens abstimmen (Scoping-Verfahren). Da im Scoping-Verfahren die Informationsanforderungen präzisiert und frühzeitig Untersuchungsdefizite festgestellt werden können, wirkt sich das Scoping-Verfahren im Normalfall verfahrensbeschleunigend aus. Dadurch können Nachuntersuchungen vermieden werden. Die Akzeptanz der UVP kann gesteigert werden, wenn neben der Behörde und dem Vorhabensträger auch andere Behörden, betroffene Gemeinden, Sachverständige sowie Bürgerinitiativen und Umweltverbände im Scoping-Verfahren hinzugezogen werden. Die Hinzuziehung anderer Behörden und Verbände liegt im Ermessen der Behörde. Sie wird in der Praxis bei UVP-Verfahren zum Bau oder zur Erweiterung kerntechnischer Anlagen häufig durchgeführt.

## Anhang Umweltauswirkungen

Die zur Durchführung der UVP erforderlichen Unterlagen werden vom Vorhabensträger in der Regel mit dem Zulassungsantrag für die Genehmigung oder Planfeststellung bei der Behörde eingereicht. Der Mindestinhalt an Unterlagen ist in § 6 Abs. 3 und 4 UVPG geregelt. Er umfasst die Beschreibung des Vorhabens sowie die Beschreibung der Umwelt im Einwirkungsbereich des Vorhabens. Ferner sollen sowohl diejenigen Maßnahmen beschrieben werden, mit denen erhebliche nachteilige Auswirkungen des Vorhabens vermieden, vermindert oder kompensiert werden können, als auch eine Darstellung der zu erwartenden nachteiligen Umweltauswirkungen erfolgen. Zusätzlich sind eine Übersicht der vom Vorhabensträger geprüften Alternativen und eine „nicht technische allgemeinverständliche Zusammenfassung“ der vorgenannten Unterlagen beizufügen.

Die beim UVP-Verfahren in ihrem Fachbereich berührten nationalen Behörden - bei grenzüberschreitenden Umweltauswirkungen auch die Behörden des betroffenen Nachbarstaates - sowie die Öffentlichkeit sind im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung auf der Grundlage der Vorschriften des Planfeststellungsverfahrens zu beteiligen.

Das Öffentlichkeitsbeteiligungsverfahren umfasst drei Phasen:

- Die Unterlagen des Vorhabensträgers sind nach § 9 Abs. 1 Satz 2 UVPG zur öffentlichen Einsicht auszulegen, dies muss zuvor über die ortsüblichen Organe bekannt gemacht werden.
- Die Anhörung der Öffentlichkeit, unterteilt in die Möglichkeit, Einwendungen zu erheben und die Möglichkeit der Erörterung der Einwendungen in einem Erörterungstermin.
- Die Bekanntgabe der Entscheidung über die Zulässigkeit des Vorhabens gegenüber bestimmten Personen und der Öffentlichkeit (§ 9 Abs. 2 UVPG).

Bei der Anhörung der Öffentlichkeit ist zu unterscheiden: Während die Möglichkeit, die Unterlagen des Vorhabensträgers einzusehen, jedem einzelnen ohne Zulassungsbeschränkung zusteht, muss die Möglichkeit, Einwendungen erheben zu können, nur denjenigen gewährt werden, deren Belange von dem Vorhaben berührt werden. Demzufolge muss auch nur Letzteren seitens der Anhörungsbehörde (neben den Trägern öffentlicher Belange und dem Vorhabensträger) die Möglichkeit zur Erörterung der Einwendungen und Stellungnahmen gegeben werden (§ 9 Abs. 1 Satz 2 UVPG i.V.m.

§ 73 Abs. 6 Satz 1 VwVfG). Die Anhörung zur UVP muss nicht getrennt durchgeführt werden, sondern kann im Rahmen eines weiteren Anhörungsverfahrens innerhalb der Gesamtplanung durchgeführt werden. Dies bedeutet auch, dass die Anhörung mit Einwendern aus der betroffenen Bevölkerung sowie mit den beteiligten Behörden und den Vorhabensträgern zusammen durchgeführt werden kann.

Anschließend wird die zusammenfassende Darstellung der Umweltauswirkungen des Vorhabens erarbeitet. Davon umfasst sind auch die vorgesehenen Maßnahmen, die für Eingriffsvermeidung, -verminderung und -kompensation vorgesehen sind (§ 11 UVPG). Die zusammenfassende Darstellung beruht auf den Unterlagen des Projektträgers, den behördlichen Stellungnahmen, den Ergebnissen der Öffentlichkeitsbeteiligung und den eigenen Ermittlungen der Behörde. Die zusammenfassende Darstellung muss nicht in einem eigenen UVP-Dokument enthalten sein, sondern kann in die Begründung der Zulassungsentscheidung eingehen.

Auf der Grundlage der zusammenfassenden Darstellung beurteilt die das Verfahren leitende Behörde die Auswirkungen des Vorhabens auf die Umwelt (§ 12 UVPG). Die Bewertung erfolgt nach den Maßgaben der geltenden Gesetze im Hinblick auf eine wirksame Umweltvorsorge im Sinne der §§ 1,2 Abs. 2 Sätze 2 und 4 UVPG. Dabei erfolgt noch keine Abwägung der ökologischen Belange mit anderen Belangen. Dies geschieht erst, wenn die Bewertung der Umweltauswirkungen bei der Zulassungsentscheidung für das Vorhaben berücksichtigt wird. Sind in parallelen Verfahren getrennte Zulassungen zu erteilen, muss jede Behörde für sich ihre Folgerungen aus dem Ergebnis der UVP für die Gesamtbewertung ziehen.

### **3 Tätigkeiten und technische Vorgänge während der verschiedenen Phasen eines Endlagerprojektes**

Das nachfolgende Kapitel beschreibt im Überblick die Tätigkeiten und Aktivitäten, die während der Phasen eines Endlagers am Standort erfolgen. Die Darstellung der verschiedenen Tätigkeiten am Standort eines Endlagerprozesses dient der Nachvollziehbarkeit der Prozesse, aus denen die Emissionen und Immissionen resultieren, die in den Kapiteln 5 und 6 näher behandelt werden.

Ein Endlagerprojekt durchläuft folgende zeitliche Phasen:

<b>Phase eines Endlagers</b>	<b>Zeitraum</b>
oberirdische Erkundung	einige Monate bis zwei Jahre
untertägige Erkundung	einige Jahre
Endlagererrichtung	einige Jahre
Endlagerbetrieb	einige Jahrzehnte
Errichtung des Endlagerverschlusses	einige Jahre
Nachbetriebsphase	etwa 1 Mio. Jahre

#### **3.1 Oberirdische Erkundung**

Während der oberirdischen Erkundung eines potentiellen Endlagerstandortes werden alle im Hinblick auf die geologische Eignung und die Raumplanung relevanten Daten über den Standort zusammengestellt. Hierzu zählen einerseits Daten zur Geologie und andererseits Daten zur Infrastruktur, zu bestehenden Nutzungen und Schutzgebieten sowie zur sozialen und ökonomischen Ausgangssituation (z. B. Bevölkerungsstruktur, wirtschaftliche Situation).

Am Standort selbst werden Flächen für Erkundungsarbeiten ausgewiesen und folgende Arbeiten durchgeführt:

- Installation nicht vorhandener Infrastruktur (z. B. Verkehrsnetzanbindung, Wasserversorgung und Entsorgung),
- Flächenbefestigung für technische Einrichtungen und Errichtung provisorischer Behausungen für Personal und für die Lagerung von Geräten und Materialien,
- Durchführung von Erkundungsarbeiten, die ohne das Auffahren eines Bergwerkes durchgeführt werden können (z. B. Tiefbohrungen, reflexionsseismische Untersuchungen).

### **3.2 Untertägige Erkundung**

Mit der Auffahrung erfolgt eine bergbauliche Erschließung und untertägige Erkundung eines Endlagerstandortes. Hierbei wird ein Schacht abgeteuft und ein für die Erkundungszwecke geeignetes Grubengebäude errichtet. Dabei werden Grundwasserleiter durchteuft und es wird Abraum zu Tage gefördert. Die Bewetterung des untertägigen Grubengebäudes erfolgt durch eine Belüftungsanlage. Am Standort werden Tagesanlagen errichtet, Flächen für die Lagerung und die Entwässerung von Verfüllmaterial bereitgestellt und notwendige Infrastruktureinrichtungen (z. B. Straßen, Versorgungsanlagen für Wasser und Elektrizität) ausgebaut oder neu errichtet.

### **3.3 Errichtung**

Im Rahmen der Errichtung eines Endlagers erfolgt der untertägige Ausbau des bereits bestehenden Erkundungsbergwerks mit der Erstellung aller für die Endlagerung notwendigen Hohlräume und Tagesanlagen (Grubengebäude, Einlagerbereiche, Haldendeponie). Für die Verbringung des Abraums, der u. U. später für die Verfüllung untertägiger Hohlräume verwendet werden kann, sind bestehende oberirdische Deponiekapazitäten zu erweitern. Die bestehenden Tagesanlagen des Endlagers werden erweitert. Insbesondere werden alle Gebäude und Flächen für die Annahme der radioaktiven Abfälle und ihrer Vorbereitung für die Einlagerung errichtet.

Die Infrastrukturanlagen werden, sofern nicht bereits bestehend, durch einen Gleisanschluss erweitert. Darüber hinaus wird das Versorgungsnetz für Elektrizität, Wasser

etc. an die Erfordernisse für den späteren Endlagerbetrieb angepasst. Für die Versorgung mit Wärme ist die Errichtung einer Heizanlage erforderlich.

### **3.4 Endlagerbetrieb**

Der Endlagerbetrieb besteht aus Anlieferung, Zwischenlagerung und Einlagerung der Abfälle. Während des Einlagerungsbetriebes wird je nach Barrierenkonzept Verfüllmaterial für die Verfüllung bzw. Material für die erforderlichen geotechnischen Barrieren in das Endlager eingebracht. Nicht mehr benötigte Lagerflächen für Verfüllmaterial werden zurückgebaut und entsiegelt bzw. anderweitig genutzt. Im Endlager selbst werden vor einer Verfüllung alle oder zumindest ein größerer Teil der Installationen (z. B. Kabel, Metalle etc.) entfernt bzw. zurückgebaut.

### **3.5 Endlagerverschluss**

In der Phase des Endlagerverschlusses sind die Einlagerung und die damit einhergehende Verfüllung der Einlagerbereiche mit Verfüllmaterial bzw. geotechnischer Barriere beendet. Der Verschluss des Endlagers dient u.a. der Versiegelung aller bisher bestehenden Zugangswege zum Endlager.

Die oberirdischen Tätigkeiten bestehen im Wesentlichen aus der Anlieferung und Verarbeitung von Verschlussmaterialien, die dann untertage in das Endlager eingebaut werden.

### **3.6 Nachbetrieb**

In der Nachbetriebsphase eines Endlagers sind alle Arbeiten zum sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle abgeschlossen. Bergbauliche Arbeiten bzw. begleitende Maßnahmen (z. B. Wasserhaltungen) erfolgen nicht mehr. Je nach gewähltem Überwachungskonzept werden in den ersten Jahren und Jahrzehnten der Nachbetriebsphase geologische und hydrologische Messungen durchgeführt werden.

Die oberirdischen Einrichtungen eines Endlagers werden in den ersten Jahren der Nachbetriebsphase entweder zurückgebaut oder umgewidmet (z. B. als Industrie- und Lagergebäude).

## **4 Grundlagen zur Betrachtung der Umweltauswirkungen eines Endlagers**

### **4.1 Wirkungskette zur Betrachtung der Auswirkungen auf die Umwelt**

Emissionen, die sich aus Tätigkeiten des Menschen im Zusammenhang mit der Erkundung, der Errichtung, dem Betrieb, dem Verschluss und dem Nachbetrieb eines Endlagers ergeben, werden als „Wirkfaktoren“ bezeichnet. So führt z. B. der Transport von Verfüllmaterial während der Endlagererrichtung zu Emissionen von Lärm und Luftschadstoffen – dem Wirkfaktor „Transportemissionen“. Die untertägige Einlagerung von wärmeentwickelnden Abfällen führt beispielsweise zur Emission von Wärme in das Gestein - dem Wirkfaktor „Wärmeeintrag“.

Befinden sich Schutzgüter (Menschen, die menschliche Gesundheit, Tiere, Pflanzen, die biologische Vielfalt, Boden, Wasser, Luft, Klima und Landschaft, Kulturgüter und sonstige Sachgüter) im Bereich der Emissionen von Wirkfaktoren, so sind diese Schutzgüter Immissionen ausgesetzt. Sofern dabei eine Bagatellgrenze überschritten wird, die für jeden Wirkfaktor bezogen auf das Schutzgut festzulegen ist, kann die Immission eines Wirkfaktors zu einer Umweltauswirkung führen. So ist z. B. für radiologische Auswirkungen auf den Menschen eine Dosis von 10  $\mu\text{Sv}/\text{Jahr}$  als Bagatellgrenze nach dem Stand von Wissenschaft und Technik anerkannt. Wirkfaktor bedingte Dosen, die für eine Einzelperson unterhalb von 10  $\mu\text{Sv}/\text{Jahr}$  liegen (z. B. durch Transporte radioaktiver Stoffe), wären im Hinblick auf ihre Auswirkungen auf den Menschen nicht relevant, da die Bagatellgrenze nicht überschritten wäre.

Umweltauswirkungen – also Immissionen auf ein Schutzgut, die eine Bagatellgrenze überschreiten - sind im Hinblick auf ihre Erheblichkeit zu bewerten. Als Bewertungskriterien können in einem ersten Schritt Vorsorgewerte herangezogen werden. Werden Vorsorgewerte unterschritten, können erhebliche Umweltauswirkungen durch den jeweiligen Wirkfaktor ausgeschlossen werden. Werden Vorsorgewerte überschritten, ist eine Bewertung der Erheblichkeit resultierender Umweltauswirkungen anhand von rechtsverbindlichen Grenzwerten in Fachgesetzen (z. B. Bundes-Immissionsschutzgesetz,) oder deren Ausführungsbestimmungen (z. B. TA Lärm) bzw. nach dem Stand von Wissenschaft und Technik durchzuführen.

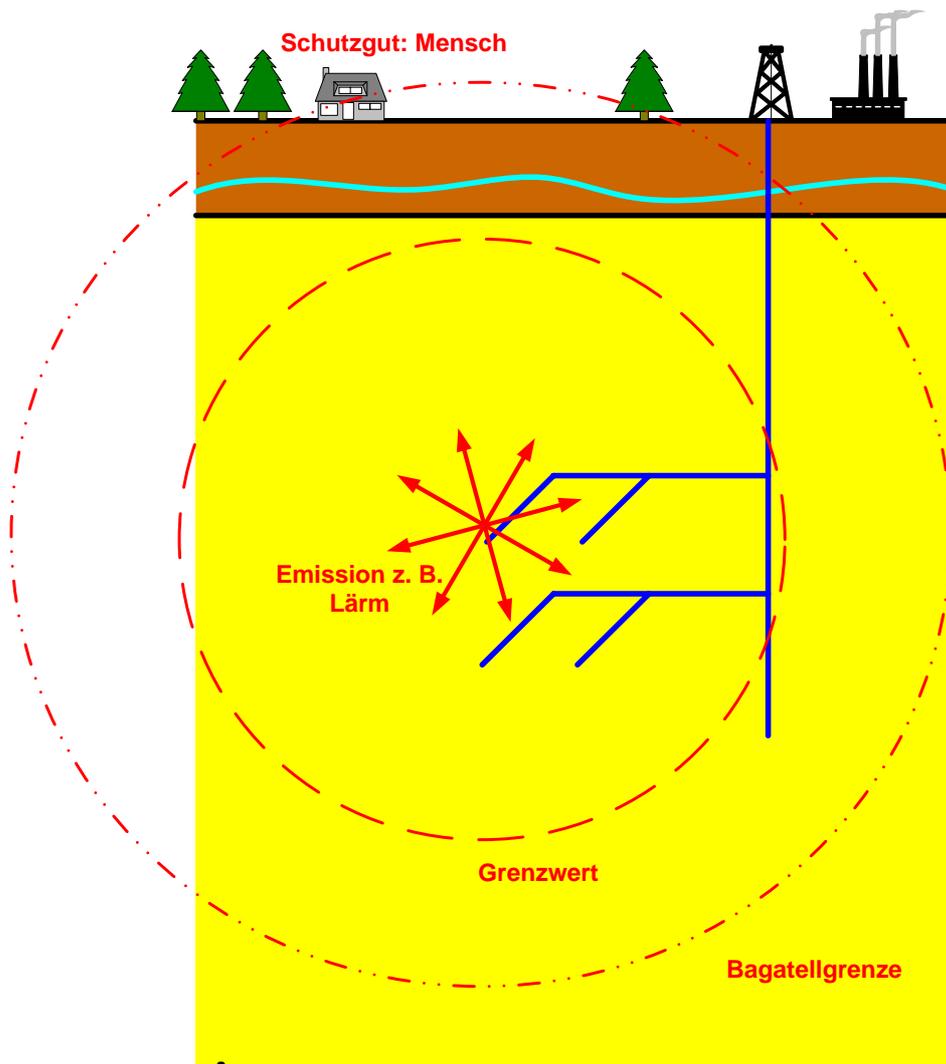


Abb. 1: Schematische Darstellung der Begriffe Bagatellgrenze, Grenzwert, Schutzgut am Beispiel des Wirkfaktors „Lärm durch untertägige Tätigkeiten“. (Im gewählten Beispiel befindet sich das Schutzgut Mensch im Bereich der Bagatellgrenze für die Auswirkungen.)

Erhebliche Umweltauswirkungen durch einen Wirkfaktor bestehen erst dann, wenn rechtsverbindliche oder gegebenenfalls nach dem Stand von Wissenschaft und Technik abgeleitete Grenzwerte überschritten werden (z. B. Überschreitung der Grenzwerte der Strahlenschutzverordnung, erhebliche Überschreitung der Beurteilungspegel der TA-Lärm in Wohngebieten).

Erhebliche Umweltauswirkungen würden die Genehmigungsfähigkeit des Vorhabens Endlager in Frage stellen. Es existieren jedoch für einzelne erhebliche Umweltauswirkungen, die von ihrer Art auch ausgleichbar sind, Ausgleichsregelungen (z. B. Flächen-

entsiegelungen an anderer Stelle als Ausgleich für Flächenversiegelung im Rahmen des Projektes).

### 4.2 Der Untersuchungsraum

Der Untersuchungsraum für mögliche Umweltauswirkungen eines Wirkfaktors hat eine räumliche und eine zeitliche Dimension.

Im räumlichen Sinne ist der Untersuchungsraum eines Wirkfaktors der Umkreis vom Ort der Entstehung des Wirkfaktors, innerhalb dem potenzielle Auswirkungen auf Schutzgüter oberhalb der jeweiligen Bagatellgrenze bestehen. So ist der Untersuchungsraum für den Wirkfaktor „Direktstrahlung durch Transportvorgänge“ auf einen maximalen Umkreis von einigen hundert Metern um die Transportrouten und die Tagesanlagen eines Endlagers und seine Zufahrtswege begrenzt. Grund hierfür ist die Ausbreitungseigenschaft der radioaktiven Strahlung, die bewirkt, dass die Ortsdosisleistung in der Umgebung einer Punktquelle umgekehrt proportional zum Quadrat des Abstandes abnimmt. D. h. mit dreifacher Entfernung zur Strahlenquelle reduziert sich die Ortsdosis um den Faktor 9. Der Untersuchungsraum reicht somit nur soweit, wie eine Überschreitung der Bagatellgrenze von 10  $\mu\text{Sv/a}$  möglich ist.

Der Untersuchungsraum für den Wirkfaktor „radioaktive Emissionen durch die Abluft des Endlagers in der Betriebsphase“ hingegen ist auf die nähere Umgebung des Endlagers im Umkreis von mehreren Kilometern ausgedehnt, da in diesem Fall radioaktive Isotope über die Luft teils frei schwebend, teils an Staubpartikeln anhaftend verbreitet werden und ihre Ausbreitung meteorologischen Einflüssen unterliegt.

Emissionen untertätiger Wirkfaktoren (z. B. Lärm durch Sprengungen) führen zunächst zu Immissionen in das Gestein der Lithosphäre. Eine unmittelbare Auswirkung auf die Umwelt kann ausgeschlossen werden, wenn sich die Immissionen eines Wirkfaktors auf Bestandteile der Lithosphäre beschränken und wenn die Schutzgüter (Menschen, die menschliche Gesundheit, Tiere, Pflanzen, biologische Vielfalt, Boden, Wasser, Luft, Klima und Landschaft, Kulturgüter und sonstige Sachgüter) in der betroffenen Lithosphäre nicht vorkommen. Dies wäre bei untertägigen Sprengungen der Fall, wenn die Detonation ausreichend weit entfernt von der Tagesoberfläche erfolgt.

Eine mittelbare Auswirkung auf die Umwelt ist darüber hinaus dann auszuschließen, wenn die Immissionen in die Lithosphäre zu keinen Auswirkungen auf die Schutzgüter

im Bereich der Biosphäre oder Atmosphäre führen. Für den Fall der Sprengungen in das Gestein können bei oberflächennahen Sprengungen durch die Lärmemissionen oberirdische Schutzgüter über ihre jeweilige Bagatellgrenze hinaus betroffen sein. Untertägige Maßnahmen der Endlagerung führen somit nicht zwangsläufig zur Beeinträchtigung von darüberliegenden Schutzgütern einschließlich besonders geschützter Gebiete an der Tagesoberfläche.

Für das Schutzgut Wasser, das in der Lithosphäre im Bereich eines Endlagers vorkommen kann und das in ferner Zukunft gegebenenfalls in Kontakt mit den gelagerten Abfällen gerät, sind die Schutzziele im Wasserhaushaltsgesetz festgelegt. Der Nachweis der Einhaltung dieser Schutzziele erfolgt durch den Langzeitsicherheitsnachweis für das Endlager.

Die zeitliche Dimension eines Wirkfaktors ergibt sich aus der Dauer, über die der Wirkfaktor zu relevanten Immissionen auf das jeweilige Schutzgut führt (Zeitraum der Überschreitung der Bagatellgrenze). Die Erheblichkeit von Umweltauswirkungen hängt unter anderem davon ab, ob das jeweilige Schutzgut kurzzeitig bzw. langfristig betroffen ist. Einerseits können verhältnismäßig kurzzeitige Einwirkungen auf Schutzgüter, wie beispielsweise eine über einige Monate erfolgende Grundwasserabsenkung durch Pumpversuche, als tolerierbare Umweltauswirkungen akzeptiert werden, wenn eine dauerhafte Beeinträchtigung von Schutzgütern nicht vorliegt. Andererseits können kurzzeitige Maßnahmen zu kurzzeitigen Spitzenbelastungen auf Schutzgüter führen, die unter Umständen eine irreversible Schädigung bewirken können (z. B. Lärmimmissionen in Schutzgebieten während der Brutzeiten). So kann z. B. ein hohes Transportaufkommen über einen kurzen Zeitraum (z. B. Endlagererrichtung) zu einer größeren Lärmbelastung im Bereich der Transportwege führen, als ein geringeres Transportaufkommen, das über einen längeren Zeitraum erfolgt (z. B. Endlagerbetrieb) und sich durch die zeitliche Verteilung einzelner Transporte von der bestehenden Vorbelastung nicht relevant abhebt.

Die Betrachtung eines Wirkfaktors im Hinblick auf seine Relevanz für Umweltauswirkungen ist über den Zeitraum durchzuführen, über den eine Überschreitung der jeweiligen Bagatellgrenze erfolgt.

Die begriffliche Vorstellung von „Langfristigkeit“ im Hinblick auf Umweltauswirkungen orientiert sich an der Wahrnehmung der Dauer von Prozessen im gesellschaftlichen Umfeld und unterscheidet sich damit erheblich von der Vorstellung von „Langfristig-

keit“, die im Zusammenhang mit Langzeitsicherheitsnachweisen besteht. Im Allgemeinen werden Zeiträume von wenigen Tagen bis zu mehreren Monaten als kurzfristig wahrgenommen (z. B. Schallimmissionen durch Rammarbeiten über wenige Tage). Prozesse, die sich über einige Jahre bzw. Jahrzehnte erstrecken, werden als langfristig wahrgenommen, beispielsweise Schallimmissionen, die über mehrere Jahre durch Transportgeschehen verursacht werden.

### **4.3 Abwägung von Alternativen**

Während der Phasen eines Endlagers (z. B. Erkundung, Errichtung, Betrieb) können aus dem Vorhaben resultierende Umweltauswirkungen durch alternative Vorgehensweisen (z. B. alternative Transportrouten), alternative technische Verfahren (z. B. Einsatz lärmarmen Maschinen) und alternative Standorte (z. B. Berücksichtigung von Schutzgebieten) variieren. Außerdem können Emissionen durch alternative Vorgehensweisen im Hinblick auf ihr zeitliches Auftreten variieren.

Die Betrachtung von Alternativen ist im Hinblick auf die effektive Minimierung von Umweltauswirkungen vor allem für die Phase der Endlagererrichtung und des Endlagerbetriebs relevant, da in diesen Phasen durch die bergbaulichen und technischen Maßnahmen die größten Eingriffe zu erwarten sind. Solche Alternativen wären z. B. alternative infrastrukturelle und technische Lösungen an ein und denselben Endlagerstandort oder alternative Standortvorschläge, die sich im Hinblick auf die Betroffenheit von Schutzgütern unterscheiden. Betrachtungen konkreter Standortalternativen und konkreter alternativer infrastruktureller Aspekte wurden in skandinavischen Ländern durchgeführt /POS 99/, /SKB 95/. Hierbei wurden z. B. die Umweltauswirkungen der Transporte und der Flächeninanspruchnahme auf die Schutzgüter an mehreren potentiellen Standorten vergleichend untersucht. Ferner wurden für einzelne Standorte alternative Transportmittel wie z. B. Schiff, Eisenbahn oder Kraftfahrzeug oder alternative Transportrouten bei gleichem Transportmittel im Hinblick auf die Umweltauswirkungen vergleichend betrachtet.

In der Nachbetriebsphase eines Endlagers wird der Einschluss der radioaktiven Abfälle im wesentlichen durch die geologische Barriere gewährleistet. Während dieser Phase der Endlagerung ist von keinen aktiven Maßnahmen des Menschen auszugehen, so dass Alternativen hierzu nicht bestehen.

Es besteht Konsens darüber, dass die Endlagerung in Deutschland in tiefen geologischen Formationen erfolgt. Eine Abwägung der Umweltauswirkungen von unterschiedlichen Konzepten zur Endlagerung, z. B. Endlagerung in tiefen geologischen Formationen mit Lagerung an der Oberfläche, wäre nur sinnvoll, wenn zu den jeweiligen Alternativen qualitative und quantitative Aussagen zu den Wirkfaktoren und ihren Auswirkungen auf die Schutzgüter gleichermaßen vorliegen. Dies ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht der Fall.

### **4.4 Berücksichtigung von Schutzgütern bei der Standortauswahl**

Erhebliche Umweltauswirkungen eines Endlagers können dadurch vermieden werden, dass bereits zu einem frühzeitigen Zeitpunkt der Standortauswahl sensible Schutzgüter berücksichtigt werden. Sensible Schutzgüter sind insbesondere in Gebieten vorhanden, die nach Bundesnaturschutzgesetz, Forstgesetzen der Länder, Wasserhaushaltsgesetz oder entsprechenden Landesgesetzen einem Schutzstatus unterliegen. Die entsprechenden Informationen hierzu liegen z. B. in Form von Landesbiotopkartierungen sowie Schutzgebietsmeldungen und -ausweisungen vor. In einem Gebiet, das die geologischen Voraussetzungen für eine nähere Erkundung der endlagerrelevanten Eigenschaften erfüllt, sind Standorte mit sensiblen Schutzgütern frühzeitig zu ermitteln. Ist bereits absehbar, dass eine konkurrierende Nutzung durch ein Endlager zu einer erheblichen Beeinträchtigung der Umwelt führen würde, so sollte eine Erkundung an diesen Standorten nicht erfolgen. Dadurch werden Standorte aus dem weiteren Auswahlverfahren ausgeschlossen, für die frühzeitig begründete Zweifel an der Realisierbarkeit eines Endlagers aufgrund der Betroffenheit von Schutzgütern bestehen.

Gebiete, die keinem gesetzlichen Schutz unterliegen, jedoch aufgrund vorhandener Vorgaben der Raumordnung und Landesplanung für besondere Nutzungen vorgesehen sind, können in einem abwägenden Prozess dahingehend überprüft werden, ob eine zusätzliche Nutzung durch ein Endlager zu unüberwindlichen Schwierigkeiten oder unzumutbaren Einschränkungen führen. Solche Gebiete sind z. B. Landschaftsschutzgebiete, Naturparks, Naherholungsgebiete.

Die frühzeitige Abwägung der Betroffenheit von Schutzgütern bewirkt, dass nur solche Gebiete als Endlagerstandorte erkundet werden, für die eine günstige Prognose im Hinblick auf die Umweltauswirkungen besteht.

## **5 Auswirkungen auf die Umwelt durch konventionelle Wirkfaktoren**

Im folgenden Kapitel werden die nach heutigem Stand bereits erkennbaren Auswirkungen eines Endlagers auf die Umwelt durch konventionelle Wirkfaktoren dargestellt. Dabei wurden Erfahrungen aus Endlagerprojekten im europäischen Ausland und Erkenntnisse über Auswirkungen des in Diskussion befindlichen Entsorgungszentrums Gorleben auf die Umwelt berücksichtigt.

Zunächst wird jeder relevante Wirkfaktor im Hinblick auf seine möglichen Auswirkungen auf betroffene Schutzgüter beschrieben. Dabei werden Voraussetzungen für das Eintreten von Umweltauswirkungen genannt. Nachfolgend wird der Wirkfaktor, soweit dies bereits heute möglich ist, qualitativ und quantitativ beschrieben. Dabei wird zwischen den Phasen oberirdische Erkundung, untertägige Erkundung, Endlagererrichtung, Endlagerbetrieb und Endlagernachbetrieb differenziert. Die möglichen resultierenden Auswirkungen auf die Schutzgüter werden, soweit möglich, dargestellt und Minimierungsmöglichkeiten angesprochen. Abschließend wird eine Aussage darüber getroffen, ob durch den Wirkfaktor erhebliche Umweltauswirkungen bestehen können und ob ausreichende wissenschaftliche Erkenntnisse für eine Bewertung der Umweltauswirkungen vorhanden sind.

### **5.1 Wirkfaktor Flächeninanspruchnahme**

Flächenversiegelungen führen zu Auswirkungen auf den Boden, der seine Funktion (Puffer, Lebensraum, Wasserhaushalt) verliert. Auswirkungen auf das Grundwasser sind insofern möglich, da die Grundwasserneubildung über den Regen durch die Versiegelung einer Fläche unterbunden wird. Auswirkungen auf Oberflächengewässer können aus Flächenversiegelungen resultieren, wenn Oberflächengewässer selbst versiegelt werden oder wenn durch Bodenversiegelungen die Grundwasserneubildung erheblich beeinträchtigt wird. Eine unmittelbare Betroffenheit von Tieren und Pflanzen besteht bei Flächenversiegelungen stets, da mit der Versiegelung die jeweiligen Lebensräume verloren gehen.

Die aus Flächenversiegelungen resultierenden Umweltauswirkungen hängen vom Ausmaß der Betroffenheit der jeweiligen Schutzgüter ab. Umweltauswirkungen wären erheblich, wenn von der Flächenversiegelung seltene Böden oder besonders geschützte Biotope betroffen wären. Die konkrete Planung eines Endlagerstandortes kann so er-

folgen, dass besonders empfindliche Schutzgüter wie z. B. Naturschutzgebiete, Oberflächengewässer und seltene Böden berücksichtigt werden, sodass solche Schutzgüter nicht von Flächenversiegelungen betroffen sind.

Flächenversiegelungen erfolgen in den Phasen der oberirdischen und untertägigen Erkundung sowie während der Errichtung eines Endlagers.

Während der oberirdischen Erkundung eines potentiellen Endlagerstandortes entstehen Flächenversiegelungen im Zusammenhang mit Bohr- und Erschließungsarbeiten, da als Voraussetzung für Tiefbohrungen ebene Ausgangsflächen geschaffen werden müssen. Bei Bohrungen, die tiefer als 100 m reichen, beträgt die Fläche des standardisierten Bohrplatzes unter Berücksichtigung der Sicherheitsanforderungen mindestens 2000 m<sup>2</sup> /THI 05/. In dieser Phase der Endlagerung werden außerdem Flächen durch die Aufstellung von Bürocontainern und durch die Schaffung provisorischer Verkehrswege bzw. die Anbindung an vorhandene Straßen versiegelt. Der Umfang des jeweiligen Erkundungsprogramms für einen Endlagerstandort variiert in Abhängigkeit vom Gestein und von der Ausdehnung des zu erkundenden Bereichs. So wurden bei der oberirdischen Erkundung des Salzstocks Gorleben auf einer Erkundungsfläche von 300 km<sup>2</sup> vier Tiefbohrungen sowie zahlreiche weitere Bohrungen durchgeführt (145 Aufschlussbohrungen, 322 Pegelbohrungen, vier Brunnen für Langzeitpumpversuche, 44 Salzspiegelbohrungen) /DBE 02/. Es ist davon auszugehen, dass bei der oberirdischen Erkundung eines Endlagerstandortes je nach Anzahl der durchzuführenden Bohrungen und der für verschiedene Bohrungen und Untersuchungen gemeinsam genutzten Infrastruktureinrichtungen eine Fläche in der Größenordnung von etwa 10.000 m<sup>2</sup> für Monate bzw. bis zu wenigen Jahren vorübergehend versiegelt wird.

Die untertägige Erkundung eines Endlagerstandortes führt aufgrund der zu errichtenden Tagesanlagen und Infrastrukturen (z. B. Büro- und Sozialgebäude, Kauengebäude, Heizanlage, Schachtförderanlage und Bohrschlammgrube, Straßen etc.) zur dauerhaften Versiegelung weiterer Bodenflächen. Die Tagesanlagen zur untertägigen Erkundung in Gorleben befinden sich auf einer Fläche von etwa 400 m x 600 m (entspricht 240.000 m<sup>2</sup>) /BFS 90/, der Anteil der versiegelten Flächen ist auf etwa 50.000 m<sup>2</sup> abschätzbar. Hinzu kommt die Haldenaufstandsfläche von ca. 58.000 m<sup>2</sup>, die zur Lagerung des Verfüllmaterials dient. Insgesamt ist von einer Neuversiegelung von etwa 110.000 m<sup>2</sup> auszugehen.

Bei der Errichtung des Endlagers kommt es gegenüber den Phasen der oberirdischen und untertägigen Erkundung zu einer umfangreichen Erweiterung der bereits versiegelten Flächen. Insbesondere die Errichtung der Anlagen zur Umladung und Abfertigung der radioaktiven Abfälle und die Erweiterung der bestehenden Halde tragen zu Flächenversiegelung bei. Die zusätzliche Flächenversiegelung während der Errichtung entspricht der einfachen bis zweifachen Größe der durch die untertägige Erkundung versiegelten Fläche. Nach früheren Planungen für ein Endlager in Gorleben besteht in etwa folgender Gesamtflächenbedarf: Tagesanlagen ca. 50.000 m<sup>2</sup>, Umladeanlage ca. 60.000, Haldenfläche ca. 240.000 m<sup>2</sup>. Abzüglich der bereits versiegelten Fläche von 10.000 m<sup>2</sup> aus der oberirdischen Erkundung und 110.000 m<sup>2</sup> aus der untertägigen Erkundung entstünde damit eine Neuversiegelung von 230.000 m<sup>2</sup>. Im Vergleich dazu beträgt die Flächenversiegelung für die Schachtanlagen Konrad 1 und 2 zusammen etwa 68.200 m<sup>2</sup> /NIE 02/. Dies veranschaulicht, dass die Bandbreite des Ausmaßes der Flächenversiegelung sehr groß ist und das Ausmaß der Flächenversiegelung erst bei konkreter Planung eines Projektes ermittelt werden kann.

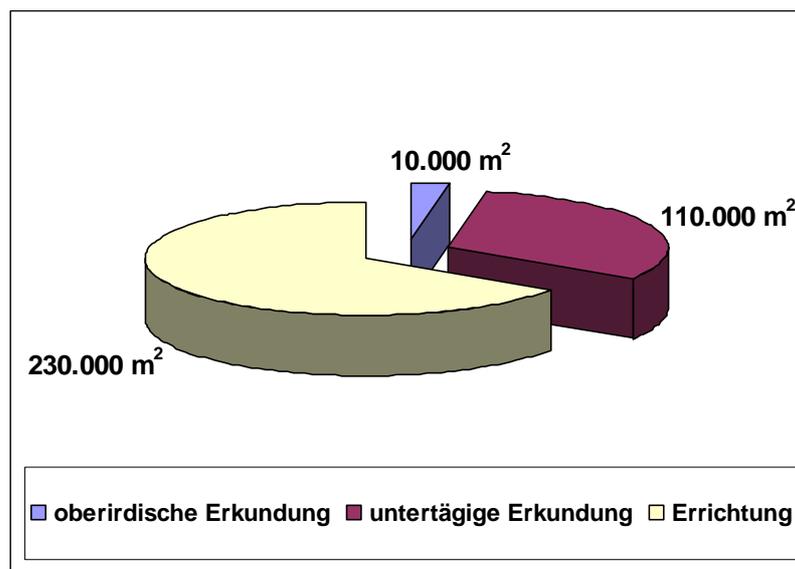


Abb. 2: Darstellung der Neuversiegelung von Flächen bei einem Endlagerprojekt (Nach Inbetriebnahme des Endlagers erfolgt keine weitere relevante Neuversiegelung von Flächen.)

Minimierungen der Auswirkungen der Flächenversiegelung auf den Boden können dadurch erzielt werden, dass ausgehobener Boden für Verfüllmaßnahmen im Landschaftsbau weiterverwertet wird. Durch die Ableitung des Regenwassers von befestig-

ten Flächen und Einleitung in den Boden bestehen Minimierungsmöglichkeiten für die Auswirkungen auf das Grundwasser oder auf assoziierte Oberflächengewässer.

Erhebliche und unzulässige Auswirkungen auf besonders empfindliche Schutzgüter wie z. B. Naturschutzgebiete, Oberflächengewässer oder seltene Böden müssen vermieden werden. Dies kann im Rahmen der Standortauswahl des Endlagers und bei der konkreten Planung der zu errichtenden Anlage erfolgen. In Anbetracht der Größe der insgesamt zu versiegelnden Fläche (oberirdische Erkundung: 10.000 m<sup>2</sup>, untertägige Erkundung: ca. 110.000 m<sup>2</sup>, Endlagererrichtung: 230.000 m<sup>2</sup>) ist von der Anwendung fachgesetzlicher und landesrechtlicher Regelungen für die Schaffung von Ausgleichsflächen auszugehen.

Für Vorhaben mit einer Flächenversiegelung dieser Größenordnung bestehen jedoch keine grundsätzlichen Einschränkungen der Genehmigungsfähigkeit. Eine Flächenversiegelung von etwa 230.000 m<sup>2</sup>, wie sie als Abschätzung für die Endlagererrichtung erfolgen würde, entspricht in etwa einem 10 km langen Teilstück einer geradlinigen Autobahn mit jeweils zwei Fahrstreifen und je einem Standstreifen in beide Richtungen (Fahrstreifenbreite 3,75 m). Kleine bis mittlere Gewerbegebiete liegen in der gleichen Größenordnung. Für eine Bewertung der Umweltauswirkungen durch den Wirkfaktor Flächenversiegelung sind der wissenschaftliche Kenntnisstand und das gesetzliche Regelwerk vorhanden, sodass das Vorhaben realisierbar ist.

### **5.2 Wirkfaktor Luftschadstoff- und Staubemissionen durch Fahrzeuge und Baumaschinen**

Fahrzeuge und Baumaschinen erzeugen Staub- und Schadstoffemissionen (z. B. Stickoxide, Schwefeloxide und Ruß), die in Abhängigkeit von der Betroffenheit zu Umweltauswirkungen auf den Menschen (Anwohner der Transportwege), Tiere und Pflanzen führen können. Staub- und Schadstoffemissionen wirken auf Menschen gesundheitsschädlich und können Tiere und Pflanzen schädigen oder beeinträchtigen. Darüber hinaus kann es durch Staubemissionen zur Herabsetzung der Erholungsfunktion eines Standortes kommen. Salzstaubemissionen in den Boden, wie sie durch den Transport von Salzen entstehen können, können die Lebensraumfunktion des Bodens beeinträchtigen, langfristig zur Veränderung des Artenspektrums der betroffenen Flora führen und bei Eindringen in das Grundwasser zu dessen Versalzung führen.

Für eine Bewertung der Auswirkungen von Luftschadstoffen und Staub durch Transporte ist zunächst der Wirkfaktor selbst u. a. durch die Anzahl der Transporte, die Anzahl der Transporte bei Spitzenbelastung und die Länge der Wegstrecken zu quantifizieren. Die Daten sind mit der vorhandenen Vorbelastung abzugleichen, um daraus die entstehende Zusatzbelastung auf die gegebenenfalls vorhandenen Schutzgüter Menschen, Tiere und Pflanzen zu bewerten. Der Abstand der Transportrouten zu den Schutzgütern spielt hierbei eine wichtige Rolle.

Schadstoff- und Staubemissionen durch die Fahrzeuge und Baumaschinen entstehen vor allem in den Phasen der untertägigen Erkundung und der Errichtung eines Endlagers. Das Transportaufkommen während der oberirdischen Erkundung kann mit dem Transportaufkommen auf kleineren Baustellen verglichen werden, so dass relevante Umweltauswirkungen unter Berücksichtigung der vorhandenen Schutzgüter nicht zu betrachten sind.

Bei einem abgeschätzt aufzufahrenden Hohlraum von 70.000 bis 150.000 m<sup>3</sup> für ein Erkundungsbergwerk wären zum Transport des ausgebrochenen Materials bei Einsatz von Großraum-LKW des Bergbaus (Ladevolumen 60 t) zwischen 1.200 bis 2.500 Fahrten erforderlich. Über einen Zeitraum von zwei Jahren würde dabei ein wöchentliches Transportaufkommen von 23 bis 48 LKW entstehen. Dieser Wert entspricht etwa der Belastung durch LKW, die durch die Errichtung eines Standort nahen Zwischenlagers an Kernkraftwerken entstand. Analoge Betrachtungen des Transportaufkommens bei der Errichtung der Tagesanlagen zeigen, dass ein Projekt dieser Größenordnung zu vergleichbaren Transportemissionen mittelgroßer bis großer Baustellen führt.

Die Anzahl der Transporte während des Endlagerbaus übersteigt die Menge der Transporte der untertägigen Erkundung um ein Mehrfaches, da wesentlich mehr Verfüllmaterial transportiert wird und zugleich die Tagesanlagen um die Umschlagseinrichtungen zur Abfallannahme und -abfertigung erweitert werden. Unter der Voraussetzung der gleichen Höhe der Aufhaltung und dem fünffachen Flächenbedarf für die Halde in der Errichtungsphase gegenüber der Halde beim Erkundungsbergwerk sind etwa 10.000 Transportvorgänge zur Beförderung des Verfüllmaterials mit Großraum-LKW (60 Tonnen Zuladung) erforderlich. Für die Errichtung der Umladeanlagen für radioaktive Abfälle sind einige tausend Transportvorgänge notwendig, deren Anzahl in der Größenordnung der Transportanzahl liegt, die zur Errichtung der Tagesanlagen für das Erkundungsbergwerk notwendig ist. Endlagerkonzeptionen der Schweiz /NAG 02/ weisen bei einem Ausbruchvolumen von etwa 800.000 m<sup>3</sup> und einem Betonbedarf von

## Anhang Umweltauswirkungen

ca. 150.000 m<sup>3</sup> für den Endlagerbau ein Transportaufkommen von 37 bis 58 LKW pro Tag über einen Zeitraum von 8 Jahren aus.

Während der Phase des Endlagerbetriebs entspricht die transportbedingte Schadstoff- und Staubemission durch die Anlieferung des zu verfüllenden Haldenmaterials oder alternativer Stoffe wie z. B. Bentonit in etwa der Gesamtanzahl der notwendigen Transporte während der Errichtung des Endlagers. Jedoch erfolgen die Transporte des Haldenmaterials während des Betriebs des Endlagers über einen größeren Zeitraum (einige Jahrzehnte) verteilt, so dass Spitzenbelastungen vermieden werden.

Bei den Transporten der endzulagernden Abfälle sind Schadstoff- und Staubemissionen als Umweltauswirkungen nicht relevant, da die zu transportierende Menge regelmäßig in kleinen Einheiten über einen großen Zeitraum von mehreren Jahrzehnten angeliefert wird.

In der Phase des Endlagerverschlusses wurde der größte Teil des zu verfüllenden Materials bereits zum Endlager transportiert und verarbeitet, so dass das Transportaufkommen während der Verschlussarbeiten im Vergleich zur Endlagererrichtung gering ist.

Eine Bewertung der Umweltauswirkungen der verkehrsbedingten Schadstoff- und Staubemissionen wird bei vergleichbaren Bauvorhaben unter Anwendung gesetzlicher Regelungen (Bundes-Immissionsschutzgesetz) und untergesetzlicher Regelungen (TA-Luft) praktiziert. Bei der Bewertung wird dabei entscheidend sein, ob insbesondere während des Endlagerbaus über kurze Zeiträume eine hohe Anzahl an Kfz-Bewegungen durchgeführt wird, die zu Spitzenbelastungen gegebenenfalls vorhandener Schutzgüter führt.

Maßnahmen zur Vermeidung und Minimierung von Immissionen können z. B. durch alternative Streckenführungen, Geschwindigkeitsbeschränkung oder Verlegung von Transporten auf die Schiene realisiert werden. Ebenso sind Auswirkungen auf vorhandene geschützte Tiere oder Pflanzen durch Einhaltung von Sicherheitsabständen oder Umsiedlung zu vermeiden bzw. weitgehend zu minimieren.

Bei der Standortauswahl und Planung eines Endlagers kann die Lage der Schutzgüter (nächste Wohnbebauung, Schutzgebiete) so berücksichtigt werden, dass unzulässige Umweltauswirkungen vermieden werden. Der Bau von Alpentunneln mit Ausbruchvo-

lumen von einigen 10 Mio. Tonnen Gestein und den damit verbundenen Transportaufkommen in relativ kurzer Zeit zeigt, dass Vorhaben erheblich größeren Umfanges unter Beachtung der Umweltstandards realisierbar sind.

Salzstaubemissionen können durch die Auswahl eines Endlagerstandortes im Stein-salz entstehen. Für das Erkundungsbergwerk Gorleben wurden die Salzstaubemissionen über ein Beobachtungsgebiet von 20 km<sup>2</sup> durch Messstellen überwacht /BFS 90/. Staub- und Salzstaubemissionen sind durch die Abdeckung der Fahrzeuge und der entstehenden Halde sowie durch Befeuchtung beim Be- und Entladen minimierbar. Die Wirkungen von Salzstaubemissionen und deren Vermeidung sind aus bestehenden Erfahrungen des Bergbaus in salzigem Gestein bekannt, Bewertungskriterien sind dadurch ableitbar. Aus Salzstaubemissionen ergeben sich keine besonderen Hindernisse für das Vorhaben.

### **5.3 Wirkfaktor Lärm durch Transporte**

Lärm wird u. a. durch Kraftfahrzeuge, Baumaschinen sowie Sprengungen und Rammarbeiten erzeugt. Lärm verursacht für Menschen Stress und setzt den Erholungswert der betroffenen Landschaft herab. Insbesondere während der Nachtzeit sind Lärmbeeinträchtigungen für Anwohner besonders gravierend, da zu dieser Zeit die bestehende Vorbelastung sehr niedrig ist. Empfindliche Tierarten reagieren auf Lärm durch Stress und sind in ihrer Kommunikation beeinträchtigt. Auf brütende Standortvögel bzw. rastende Zugvögel können sich Lärm- und Erschütterungsbeeinträchtigungen insbesondere während der Brut- und Rastzeiten nachteilig auswirken.

Die Bewertung der Umweltauswirkungen durch Lärm hängt von der Betroffenheit der Schutzgüter ab. Dabei sind die Abstände der nächsten Wohnbebauung bzw. anderer Schutzgüter wie lärmempfindlicher Tiere von der jeweiligen Lärmquelle relevant. Kurzzeitige hohe Lärmpegel können Spitzenbelastungen und damit größere negative Umweltauswirkungen verursachen als geringere Lärmpegel über längere Zeiträume.

Während der Phase der oberirdischen Erkundung entstehen Lärmemissionen vor allem durch Erkundungsbohrungen. Bei Erkundungsbohrungen in Benken (Schweiz) /MAC 01/ wurden die Lärmimmissionen des Bohrbetriebs für die relevanten lärmempfindlichen Räume – das nächstgelegene Wohngebiet befand sich in einem Abstand von 700 m von der Bohrstelle – auf 60 dB (A) für den Tag und 50 dB (A) für die Nacht begrenzt. Durch Kontrollmessungen konnte dabei gezeigt werden, dass diese Werte

am nächstgelegenen Wohngebiet unterschritten wurden. In einem näher gelegenen landwirtschaftlich genutzten Gebiet wurden die zulässigen Werte jedoch überschritten. Hier konnte jedoch aufgrund der nur wenige Tage andauernden Lärmbelastung Einvernehmen mit den Betroffenen erzielt werden.

Während der Endlagererrichtung sind durch Baumaschinen und Kraftfahrzeuge die größten Lärmemissionen zu erwarten. Hinzu kommen Lärmemissionen und Erschütterungen durch Sprengarbeiten im oberflächennahen Bereich und durch gegebenenfalls durchzuführende Rammarbeiten. Es ist zu erwarten, dass die Lärmemissionen in der Größenordnung einer Großbaustelle liegen.

Durch Lärmprognosen sind bereits im Vorfeld des Vorhabens die Auswirkungen quantitativ bestimmbar. Auf besonders sensible Schutzgüter kann im Rahmen der Planung eines Endlagers eingegangen werden. So können das Endlager und die Transportrouten in ausreichendem Abstand von den nächsten Wohnbebauungen oder Schutzgebieten geplant werden. Minimierungsmöglichkeiten bestehen darüber hinaus z. B. durch die Installation von Lärmschutzwänden, durch Geschwindigkeitsbeschränkungen für Fahrzeuge und durch Einschränkungen der Fahrten während der Nachtzeiten.

Eine Bewertung der entstehenden Umweltauswirkungen ist unter Beachtung der vorhandenen Schutzgüter mit den bestehenden gesetzlichen Regelungen als Bewertungsmaßstab möglich und lässt keine besonderen Schwierigkeiten bei der Realisierung des Vorhabens erwarten.

### **5.4 Wirkfaktor Anlagen bedingte Lärm- und Luftschadstoffemissionen**

Die qualitativen Auswirkungen von Lärm, Staub- und Luftschadstoffemissionen auf die Umwelt wurden bereits bei den Betrachtungen dieses Wirkfaktors durch Transporte beschrieben.

Konventionelle Schadstoff- und Schallemissionen durch Anlagenteile des Endlagers sind nur während der Phase der untertägigen Erkundung, der Errichtung und des Endlagerbetriebs relevant. Emittenten sind z. B. die Heizanlage, der Betrieb von Maschinen und die Lüftungsanlage. Die Emissionen entsprechen üblichen Emissionen industrieller Emittenten, die ähnliche Anlagen wie z. B. ein Heizkraftwerk und Lüftungsanlagen betreiben. Vergleichende Betrachtungen aus Finnland kamen zu dem Ergebnis, dass die Schall- und Schadstoffemissionen der Anlagenteile eines Endlagers als Um-

weltauswirkungen zu vernachlässigen sind /POS 99/. Die Emissionen der Anlagen sind durch die Vorgaben des Bundes-Immissionsschutzgesetzes geregelt. Relevante Umweltauswirkungen sind nicht zu erwarten.

### **5.5 Wirkfaktor Landschaftsbildveränderung**

Weithin sichtbare Bauwerke und technische Einrichtungen können sich auf das bestehende Landschaftsbild auswirken. Eine Beeinträchtigung des Landschaftsbilds kann die Erholungsfunktion einer Landschaft herabsetzen.

Ausschlaggebend für potentielle Raumwirkungen sind die Einsehbarkeit der zu errichtenden Anlagen, die Vorprägung der jeweiligen Landschaft sowie die Entfernung der nächstgelegenen Ortschaften und Naherholungsgebiete. Für die Beurteilung der Erheblichkeit kann u. a. der Anteil der einsehbaren Anlagenteile im Bereich des Sichtfeldes des Betrachters herangezogen werden.

Während der Phase der oberirdischen Erkundung gehen Raumwirkungen vor allem von der Bohranlage aus, die eine Höhe von etwa 50 m erreicht /THI 05/, jedoch nur über einen relativ kurzen Zeitraum betrieben wird. In dieser Phase eines Endlagers werden weder besonders hohe Gebäude noch geschlossene Baufronten errichtet, so dass das Ausmaß des Potentials für Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes im Bereich üblicher Bauvorhaben wie z. B. Fernleitungsbau liegt.

Während der untertägigen Erkundung eines Endlagerstandortes entsteht durch die Errichtung der Tagesanlagen eine weitgehend geschlossene Bebauungsfront, die im Rahmen der Endlagererrichtung auf ihre maximale Ausdehnung erweitert wird. Die bebaute Front der Tagesanlagen eines Endlagers hat je nach Blickrichtung eine Größe von etwa 600 m Länge x 25 m Höhe bzw. 160 m Länge x 25 m Höhe. Aus diesem Komplex ragen zwei Fördertürme und zwei Abluftkamine mit Höhen von 60 bzw. 80 m heraus. Hinzu kommt, bei Einsehbarkeit, die großflächige Halde /BFS 90/, die jedoch von ihren Maßen und ihrer Raumwirkung mit konventionellen Deponien für Abfälle vergleichbar ist.

Die Nachbetriebsphase eines Endlagers führt nicht zu Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes, da Tagesanlagen mit dem Ende der Betriebsphase nicht mehr benötigt und gegebenenfalls entfernt werden.

Minimierungen der Raumwirkung sind durch Integration der baulichen Anlagen und der Halde in das bestehende Landschaftsbild möglich. Minimierungen können dadurch erreicht werden, dass Sichtbeziehungen durch Anpflanzungen von Gehölzen reduziert werden. Vergleichende Betrachtungen konkreter Standortvorschläge für ein Endlager in Finnland in der Nähe bereits bestehender Gebäudekomplexe /POS 99/, in diesem Falle bestehender Atomkraftwerke, kamen zu dem Ergebnis, dass das Landschaftsbild durch die bereits bestehenden Gebäude derart vorgeprägt war, dass ein Endlager zu keinen zusätzlichen Auswirkungen führt. Veränderungen des Landschaftsbildes können im Rahmen der Standortauswahl für die Anlagen bereits frühzeitig durch moderne Methoden der Bildmontage ermittelt werden. Durch geeignete Auswahl des Standortes des Endlagers und seiner Tagesanlagen kann ausgeschlossen werden, dass besonders geschützte Landschaftsbereiche betroffen sind, sodass ein Verlust oder eine erhebliche Minderung des Landschaftsbildes durch ein Endlager nicht zu erwarten ist.

### **5.6 Wirkfaktor Grundwasserabsenkung**

Grundwasserabsenkungen können sich unmittelbar auf den Wasserhaushalt und mittelbar auf weitere Schutzgüter wie Pflanzen, Tiere und Oberflächengewässer auswirken. Bei einer dauerhaften Absenkung von Grundwasser kann es im betroffenen Bereich zur Veränderung der bestehenden Lebensräume kommen, so dass einzelne Tier- und Pflanzenarten ihren Lebensraum verlieren. Der Wasserstand von gegebenenfalls mit dem betroffenen Grundwasser korrespondierenden Oberflächengewässern kann ebenfalls abgesenkt werden. Dies kann zur Beeinträchtigung der Uferbereiche mit ihrer jeweils charakteristischen Flora und Fauna führen.

Die aus Grundwasserabsenkungen resultierenden Auswirkungen auf die Schutzgüter sind vom Betrag der Grundwasserabsenkung, der Größe des entstehenden Absenktrichters, der Wasserversorgung der betroffenen Lebensräume und der Dauer der Maßnahme abhängig. Langfristige Grundwasserabsenkungen mit großen Absenkbeiträgen müssen im Rahmen einer Endlagererrichtung nicht zwangsläufig entstehen, da der Umfang der Grundwasserabsenkung von der hydrogeologischen Ausgangssituation und den eingesetzten technischen Verfahrenen zur Minimierung abhängt.

Während der oberirdischen Erkundung eines Endlagers kommt es durch Pumpversuche nur vorübergehend zur Absenkung des Grundwasserspiegels.

Während der Phase der untertägigen Erkundung und der Endlagererrichtung kann es im Rahmen der Durchteufung von Grundwasserleitern zu Grundwasserhaltungsmaßnahmen kommen. Nach Endlagerkonzeptionen in Finnland entstehen bei der Errichtung eines Endlagers Absenktrichter von 0,5 bis 2 km Radius um die Anlage mit einer Absenktiefe des Grundwasserspiegels von 10 bis 60 m. Die Größe des entstehenden Absenktrichters hängt von den bergbaulichen Erfordernissen und den hydrogeologischen Verhältnissen vor Ort ab. Nach Einstellung der Grundwasserhaltung vergehen bei großen Absenktiefen, wie dies in Finnland aufgrund der hydrogeologischen Ausgangssituation erforderlich ist, mehrere Jahre, bis sich das ursprüngliche Niveau des Grundwassers eingespiegelt hat /POS 99/, so dass entstehende Auswirkungen langfristig auftreten.

Vermeidungs- und Minimierungsmöglichkeiten bestehen darin, dass Maßnahmen soweit wie möglich zeitlich begrenzt werden. So können Umweltauswirkungen z. B. durch Pumpversuche während Erkundungsarbeiten durch zeitliche Befristungen weitgehend vermieden werden. Weitere Minimierungen bestehen darin, dass vor einer Durchteufung die Wasser führenden Schichten abgedichtet werden. Dies ist durch vorlaufende Bohrinjektionen möglich, die das Wasser im betroffenen Bereich verdrängen, oder durch Gefrierverfahren, bei denen der zu durchteufende Bereich vorab durch Vereisung abgedichtet wird.

Bewertungskriterien zur Beurteilung der Auswirkungen von Grundwasserabsenkungen, deren Ausmaß im Tagebau weitaus großflächiger und gravierender auftritt als bei einem Endlagerbergwerk, existieren bereits heute und sind anwendbar. Eingriffe dieser Art und dieses Umfangs kommen bei verschiedenen Bauvorhaben vor und können mit den bestehenden gesetzlichen Regelungen bewertet werden. Die Realisierbarkeit eines Endlagervorhabens ist daher grundsätzlich gegeben.

### **5.7 Wirkfaktor Medieneintrag**

Medieneinträge in den Boden und in das Grundwasser können die Lebensraumfunktion des Bodens oder die Qualität des Grundwassers beeinträchtigen. Von einer daraus resultierenden Umweltauswirkung auf den Boden und das Grundwasser können mittelbar auch die Schutzgüter Mensch, Tiere und Pflanzen betroffen sein.

Die Umweltauswirkungen auf das Grundwasser und den Boden durch Medieneinträge sind von der Gefährlichkeit des Mediums selbst und der eingetragenen Menge abhän-

gig. Darüber hinaus können sich der Zeitraum, über den ein Stoff in das Grundwasser oder den Boden eindringt sowie weitere Umstände, bspw. Regen und hohe Grundwasserfließgeschwindigkeit, auf das Ausbreitungsverhalten des eingedrungenen Stoffes auswirken. Begrenzte oberflächennahe Medieneinträge in den Boden können durch Sanierungsmaßnahmen weitgehend beseitigt werden. Medieneinträge in das tief liegende Gestein und in das Bergwasser können nicht ohne Weiteres beseitigt werden. Eine Weiterverbreitung kann jedoch durch Wasserhaltungsmaßnahmen verzögert werden. Darüber hinaus ist das Bergwasser je nach bestehenden hydrogeologischen Gegebenheiten über sehr lange Zeiträume von der Biosphäre isoliert, so dass bei einem Medieneintrag in Abhängigkeit von dem eingetragenen Medium, bspw. Spülwasser, und dem Zeitraum der Isolierung sowie der Verdünnung eine Auswirkung auf die Schutzgüter in der Biosphäre nicht zwangsläufig entsteht.

Während der Phase der oberirdischen Erkundung können Medieneinträge bei der Durchführung von Erkundungsbohrungen entstehen. Bei Spülungsbohrungen können dabei Spülungszusätze, die dem verwendeten Wasser beigemischt werden, in das Grund- und Bergwasser gelangen. Untersuchungen der Umweltauswirkungen von Erkundungsbohrungen in Benken in der Schweiz /MAC 01/ kamen zu dem Ergebnis, dass der erste Bohransatz bis zum Setzen des Standrohres zur Verunreinigung des oberflächennahen Grundwassers mit Uranin-Tracern führte. Weitere Einträge in das Grundwasser konnten nach der Verrohrung der Bohrung vermieden werden.

Im Rahmen der Planung des Standortes für ein Endlager kann ausgeschlossen werden, dass Arbeiten in Wasserschutzgebieten durchgeführt werden. Das Risiko für Medieneinträge sowie das daraus resultierende Ausmaß der Auswirkungen kann bei der Planung des Projektes ermittelt und anhand bestehender Regelungen zum Wasserhaushaltsgesetz sowie untergesetzlicher Regelungen bewertet werden. Durch technische und organisatorische Maßnahmen ist eine Minimierung des Risikos für Medieneinträge möglich. Erhebliche und nicht ausgleichbare Umweltauswirkungen, die das Vorhaben gänzlich in Frage stellen, sind nicht zu erwarten.

Unfallbedingte Einträge von Medien (z. B. Öl sowie Schmier- und Kühlmittel) in das Gestein, den Boden und das Grundwasser können insbesondere in den Phasen der übertägigen und untertägigen Erkundung sowie der Errichtung und des Verschlusses eines Endlagers vorkommen. Das Risiko und das Ausmaß eines solchen Ereignisses entspricht dem auf einer Großbaustelle. Durch Maßnahmen der Vorsorge nach den

bestehenden gesetzlichen Regelungen (Anlagenverordnungen) kann das Risiko für solche Umweltauswirkungen jedoch weitgehend minimiert werden.

Während der Phase des Endlagernachbetriebs sind Medieneinträge durch Aktivitäten des Menschen auszuschließen.

### **5.8 Wirkfaktor Abwasser**

Abwasser, das in Gewässer eingeleitet wird, kann durch seine Inhaltsstoffe oder durch Wärme den Zustand des Vorfluters verändern. Auswirkungen auf Gewässer sind möglich, wenn für die jeweils relevanten Parameter die Zielwerte für Einleitungen in das betreffende Gewässer überschritten werden. Die Zielwerte für Einleitungen ergeben sich aus der jeweiligen Einstufung der Gewässergüte des Gewässers.

Bei der Bewertung potentieller Umweltauswirkungen sind neben den Eigenschaften des einzuleitenden Wassers auch die Einleitmenge und die Verdünnung, die sich aus der Größe des Vorfluters ergibt, ausschlaggebend. Der Zeitraum der Einleitung spielt bei der Bewertung potentieller Umweltauswirkungen ebenfalls eine wichtige Rolle.

Abwasser fällt bei Grundwasserabsenkungen an, die in Abhängigkeit von der hydrogeologischen Situation des Standortes während der Phasen der untertägigen Erkundung, Errichtung und dem Betrieb des Endlagers durchgeführt werden.

Darüber kann bei Abteufverfahren Abwasser (Spülwasser) anfallen, das zusammen mit weiterem, technisch bedingt anfallendem Wasser und gegebenenfalls vorhandenem Bergwasser nach Fassung zur weiteren Behandlung in ein Klärwerk gepumpt wird.

Ein wesentlicher Beitrag zur Gesamtabwassermenge entsteht durch das Haldenwasser, das bei Regen aus der Halde austritt. Brauchwasser z. B. aus LKW-Reinigungsanlagen und aus Sanitärbereichen spielt im Vergleich zu dem Abwasser, das aus den bergbaulichen Prozessen entsteht, qualitativ und quantitativ eine untergeordnete Rolle.

Alle Abwässer, die mit Schwebstoffen, Salzen, Schwermetallen sowie mit Nitraten aus Sprengungen verunreinigt sein können, gelangen nach Schlammabsetzung und Klärung in den Vorfluter. Die Menge des anfallenden Haldenabwassers kann durch eine wetterfeste Abdichtung der Haldenoberfläche wesentlich reduziert werden. Im Zuge der Rückverfüllung der Halde würden dann nur jeweils kleine Bereiche der Halde für Umla-

dungen freigelegt werden, so dass großflächige Auslaugungen durch Regenwasser nicht zu erwarten sind. Durch das Erkundungsbergwerk Gorleben können nach der bestehenden Genehmigung täglich  $240 \text{ m}^3$  salzhaltiges Überschusswasser in die Elbe eingeleitet werden /KTG 05/. Die Einleitung erfolgt unter Berücksichtigung der Elbpegel, sodass eine ausreichende Verdünnung gewährleistet wird.

Die Anforderungen zum Schutz der Gewässer vor Einleitungen werden durch das Wasserhaushaltsgesetz und seine untergesetzlichen Regelungen vorgegeben. Ausgleichsmaßnahmen werden über landesrechtliche Regelungen (Abwasserabgabenverordnungen) vorgegeben. Die Einleitmengen und Frachten unterscheiden sich nicht von anderen industriellen oder bergbaulichen Einleitern. Daher ist von besonderen Hindernissen für das Verfahren nicht auszugehen.

### **5.9 Wirkfaktor Abfälle**

Die Abfälle eines Vorhabens werden für die Betrachtung von Umweltauswirkungen im Allgemeinen herangezogen, da Abfälle Deponiekapazitäten verbrauchen. Bei einer geordneten Entsorgung nach den Vorgaben des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes sind die Schutzgüter Boden und Grundwasser durch die Anforderungen, die an heutige Deponien gestellt werden, nicht beeinträchtigt.

Neben den üblichen Baustellenabfällen während der Erkundungs- und Errichtungsarbeiten eines Endlagers fallen Abfälle aus dem Herkunftsbereich Bergbau an. Bei einer Tiefbohrung in Benken (Schweiz) betragen die anfallenden Mengen  $24 \text{ m}^3$  feste Abfälle,  $16 \text{ m}^3$  Altmetall und  $84 \text{ m}^3$  Bohrklein. An Flüssigkeiten wurden  $587 \text{ m}^3$  Ton-Süßwasser-Bohrspülung,  $218 \text{ m}^3$  Silikat belastetes Platzwasser,  $10 \text{ m}^3$  Öl-Schlämme und  $6.292 \text{ m}^3$  Meteorwasser entsorgt. Für eine oberirdische Erkundung wird die Gesamtmenge des anfallenden Abfalls etwa das Doppelte der Angaben in Benken betragen.

Während der untertägigen Erkundung und während der Errichtung des Endlagers fallen erheblich größere Abfallmengen an. Die typischen Abfallarten beruhen auf den baulichen und bergbaulichen Tätigkeiten (Abfallstoffe: Bauschutt, Baustellenmischabfälle, Holz, Schrott, Verpackungen, hausmüllähnlicher Abfall und verschiedene gefährliche Abfälle im Sinne des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes, z. B. Altöle, Getriebeöle, Schmierstoffe, Lacke, Lösungsmittel). Typische Abfälle des Bergbaus sind Ab-

setzschlämme, die hohe Gehalte an Schwermetallen und teilweise an giftigen Substanzen enthalten können.

In der Phase des Endlagerbetriebs ist das Abfallaufkommen gering. Neben der Entsorgung verbrauchter Betriebsstoffe wie bspw. Filtermatten, Schmierstoffe etc. fallen Rückbauabfälle, z. B. Schrott und Kabelreste an, da im Zuge der Verfüllung der Einlagerbereiche untertägige Installationen zurückgebaut werden. Die daraus resultierenden Mengen sind im Hinblick auf ihre Menge und Beschaffenheit nicht gravierend.

Sofern es in der Nachbetriebsphase zum Rückbau der oberirdischen Anlagen kommt, fallen großen Mengen konventioneller Abfälle in Form von Betonbruch, Straßenaufbruch sowie Baustellenabfälle an. Die Abfallmengen liegen in der Größenordnung des Abfallanfalls beim Abbau eines Industriegeländes, wobei nicht von einem Altlastenverdacht auszugehen ist, da nach heutigen Standards zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und Gefahrstoffen gearbeitet werden wird. Ein großer Teil dieser Abfälle, vor allem Bauschutt, kann verwertet und anschließend dem Stoffkreislauf wieder zugeführt werden.

Die Abfälle sind nach den Anforderungen des Kreislaufwirtschafts- und -Abfallgesetzes einzusammeln und zu entsorgen. Hierbei sind Entsorgungskapazitäten (z. B. Verwertungsanlagen und Deponien) im Umland zu erschließen, was in Anbetracht der Abfallmenge einer Großbaustelle und der Möglichkeit einer frühzeitigen Abschätzung und Planung unproblematisch ist. Sofern, wie in Endlagerkonzeptionen der Schweiz geplant, der gesamte Abraum eines Endlagers ohne Rückverfüllung auf Deponien des Umlandes entsorgt werden sollte, könnten Kapazitätsengpässe entstehen.

Erhebliche Umweltauswirkungen sind daraus jedoch nicht zwangsläufig abzuleiten, da die weitgehend inerten Abfälle geeignet zwischengelagert werden könnten. Bei Einhaltung der gesetzlichen Entsorgungswege sind erhebliche Umweltauswirkungen durch Abfälle im Sinne des Kreislaufwirtschafts- und -Abfallgesetzes nicht zu unterstellen.

### **5.10 Wirkfaktor Setzung der Tagesoberfläche**

Durch Tiefbohrungen und durch bergbauliche Tätigkeiten sind langfristig Setzungen der Tagesoberfläche denkbar. Setzungen der Tagesoberfläche würden zu Schäden an Bauwerken führen und wären in ihrer extremsten Form Gebirgseinbrüche.

Tiefbohrungen sind nach ihrer Nutzung unter Berücksichtigung der Anforderungen des Bundesberggesetzes und der Tiefbohrverordnungen der Bundesländer zu verschließen. Die Verfüllung ist so durchzuführen, dass Einbrüche an der Erdoberfläche vermieden werden und spätere Nutzungen von Bodenschätzen und Wasser sowie zur Tiefspeicherung gewährleistet sind. Unter Anwendung der bestehenden gesetzlichen Regelungen sind somit langfristige Umweltauswirkungen durch Tiefbohrungen auszuschließen.

Setzungen der Tagesoberfläche, wie sie im Bergbau vorkommen, sind auch für die Nachbetriebsphase eines Endlagers denkbar. Als Ursachen hierfür kämen zurückgelassene Hohlräume und Wärmeeintrag in das Gestein in Frage /POS 99/. Durch die bergbautechnisch vollständige Verfüllung aller Hohlräume und Abstützungen innerhalb des Bergwerks beim Verschluss des Endlagerbergwerkes werden solche Setzungen minimiert. Die Anforderungen an den Langzeitsicherheitsnachweis beinhalten, dass der einschlusswirksame Gebirgsbereich über den Nachweiszeitraum von etwa 1. Mio. Jahren seine Funktion als Barriere erfüllt. Dies schließt größere unterirdische Einbrüche und Verschiebungen, die sich an der Erdoberfläche bemerkbar machen, aus.

Darüber hinaus wird im Planfeststellungsbeschluss für ein Endlager die maximal zulässige Setzung der Tagesoberfläche festgelegt. Kriterien für eine zulässige Neigungsrate der Tagesoberfläche sind heute bereits entwickelt. Studien aus den USA gehen davon aus, dass bei einer Setzungsrate von 0,5 cm/a keine Umweltauswirkungen zu erwarten sind. Bei der Stilllegungsgenehmigung des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben wurde die Neigungsrate der Tagesoberfläche auf maximal 1/300 innerhalb eines Zeitraums von jeweils 100 Jahren begrenzt. Umweltauswirkungen auf Sachgüter, z. B. Gebäude, werden bei Einhaltung dieser Setzungsrate vermieden.

### **5.11 Wirkfaktor Wärmeeintrag**

Durch die wärmeentwickelnden Abfälle (Behälterauslegungstemperaturen von etwa 200°C bei Lagerung in Steinsalz, 100°C bei Lagerung in Tonstein) entsteht untertäglich am Ort ihrer Einlagerung ein Wärmeeintrag in das Gestein. Es ist denkbar, dass dieser Wärmeeintrag zu Veränderungen des Gesteins und damit zur Veränderung der Rückhalteigenschaften des Gesteins führen könnte. Darüber hinaus kann Wärmeeintrag das Mikroklima der Lebensräume der Tagesfläche beeinträchtigen, wenn dieser Wirkfaktor dort relevante Größen eines Temperaturanstiegs von einigen K erreicht. Sofern zusätzlich zu dem Endlager im Bereich der Tagesoberfläche ein großes Eingangslager

für wärmeentwickelnde Abfälle geschaffen wird, entsteht Wärmeeintrag im Bereich der Tagesoberfläche, der das Mikroklima unmittelbar angrenzender Bereiche verändern und zur lokalen Erwärmung des Grundwassers führen könnte.

Über den Langzeitsicherheitsnachweis wird nachgewiesen, dass der Wärmeeintrag nicht zu einer Veränderung der Rückhalteeigenschaften des Gesteins und somit nicht zu unzulässigen Freisetzungen von Radioaktivität in die Biosphäre führt. Unmittelbare Auswirkungen auf die Schutzgüter der Biosphäre sind daher nicht zu erwarten.

Berechnungen zu einem Endlager im Steinsalz zeigen, dass die maximale thermische Belastung des Gesteins teilweise erst nach 500 bis 1000 Jahren erreicht wird und in zunehmender Entfernung von den Einlagerungsfeldern abklingt /MÜL 02a/. Im Boden an der Erdoberfläche würde in der Nähe des Schachtes bei einer etwa 800 m tiefen Lagerung in Salzgestein eine maximale Temperaturerhöhung von 2 K entstehen /MÜL 02a/. Internationale Studien ermittelten eine voraussichtliche Erwärmung der Bodenoberfläche von 6 K /POS 99/. In jedem Falle ist der Wärmeeintrag lokal begrenzt und erreicht Größenordnungen, die dem Wärmeeintrag durch den Betrieb von U-Bahnschächten und industriellen Anlagen gleichen. Der mittelbare Eintrag von Wärme in die Biosphäre im Bereich des Schachtes und gegebenenfalls im Bereich eines großen Eingangslagers wäre als Umweltauswirkung zu bewerten. Eine Erwärmung des Grundwassers um 10 K würden zu einer Verdoppelung bzw. Verdreifachung der Geschwindigkeit der physiologischen Vorgänge in Mikroorganismen /RIT 77/ führen, so dass sich Temperaturerhöhungen dieser Größenordnung auf die Eigenschaften des Grundwassers auswirken könnten. Negative Auswirkungen auf das Grundwasser müssen jedoch nicht zwangsläufig auftreten, da Faktoren wie Durchmischung, Klima, Inhaltsstoffe und Mikroorganismen des Grundwassers für die Grundwasserqualität eine erhebliche Rolle spielen und Auswirkungen von Wärmeeinträgen gegebenenfalls kompensieren können. Von erheblichen Umweltauswirkungen ist nach derzeitigen Erkenntnissen und bereits realisierten Vorhaben wie bspw. Erdwärmennutzung nicht grundsätzlich auszugehen. Langzeituntersuchungen zur Auswirkung von Wärmeeintrag auf Lebensgemeinschaften liegen derzeit noch nicht vor. Es ist jedoch zu erwarten, dass durch den Betrieb der Standort-Zwischenlager und durch die Erdwärmennutzung in absehbarer Zeit zuverlässige Erkenntnisse darüber vorliegen, ob lokale Wärmeeinträge zu Auswirkungen auf den Boden und das Grundwasser führen bzw. auf welchen maximalen Temperatureintrag im Hinblick auf Umweltauswirkungen eine Begrenzung des Wärmeeintrags festzulegen ist.

### **5.12 Wirkfaktor Licht**

Licht kann sich auf Tiere (z. B. nachtaktive Insekten) und Menschen auswirken. Die potentiellen Umweltauswirkungen sind von der Intensität, Anzahl der Lichtquellen, Leuchtrichtung und Dauer der Einwirkung abhängig.

Während der Erkundung, der Errichtung, des Betriebs und während der Durchführung von Verschlussarbeiten kommt es an einem Endlagerstandort zu Lichtemissionen. Während der Errichtung des Endlagers ist von den größten Lichtemissionen auszugehen, da die Bausstellen für die Tagesanlagen während einzelner Arbeitsphasen (z. B. Fundamentierung) durchgängig mit entsprechender Nachtbeleuchtung betrieben werden. Darüber hinaus trägt die Beleuchtung des Anlagenzauns zur Lichtemission bei.

Es stehen zahlreiche Maßnahmen zur Vermeidung und Minderung der Umweltauswirkungen zur Verfügung (Fokussierung des Lichtstrahls, Einsatz von Blenden). Das Ausmaß der Lichtemissionen beim Bau eines Endlagers würde den Verhältnissen auf einer mittelgroßen Baustelle oder industriellen Anlage entsprechen. Die daraus resultierenden Umweltauswirkungen stellen das Endlagerprojekt nicht in Frage.

## **6 Auswirkungen auf die Umwelt durch radiologische Wirkfaktoren**

Im folgenden Kapitel werden die nach heutigem Stand erkennbaren Auswirkungen eines Endlagers auf die Umwelt durch radiologische Wirkfaktoren dargestellt. Dabei werden Prognosen für Endlagerprojekte im europäischen Ausland und Erkenntnisse über Auswirkungen von kerntechnischen Anlagen auf die Umwelt berücksichtigt.

Zunächst wird jeder radiologische Wirkfaktor im Hinblick auf seine möglichen Auswirkungen auf betroffene Schutzgüter beschrieben. Dabei werden Voraussetzungen für das Eintreten von Umweltauswirkungen genannt. Nachfolgend wird der Wirkfaktor qualitativ und, soweit dies bereits heute möglich ist, quantitativ dargestellt. Es wird zwischen den Phasen oberirdische Erkundung, untertägige Erkundung, Endlagererrichtung, Endlagerbetrieb und Endlagernachbetrieb differenziert. Die möglichen resultierenden Auswirkungen auf die Schutzgüter werden, soweit möglich, dargestellt und Minimierungsmöglichkeiten angesprochen. Abschließend wird eine Aussage darüber getroffen, ob durch den Wirkfaktor erhebliche Umweltauswirkungen bestehen können und welche wissenschaftlichen Erkenntnisse für eine Bewertung der Umweltauswirkungen vorhanden sind.

### **6.1 Wirkfaktor radioaktive Emissionen**

Radioaktive Emissionen, die sich über die Luft ausbreiten würden, können zu Umweltauswirkungen auf die Schutzgüter Mensch und Tiere führen.

Für die Bewertung der radioaktiven Emissionen ist die aus der Immission resultierende Dosis ausschlaggebend. Sie hängt von der Höhe der Emissionen und den beteiligten Radionukliden sowie von Verdünnungen ab, die sich aus dem Abstand zwischen Schutzgütern und Emittenten und der Konvektion der Luft ergeben.

In einem Endlager für wärmeentwickelnde Abfälle werden ausschließlich verschlossene Behälter gehandhabt. Aus den dafür vorgesehenen Abfallbinden werden im bestimmungsgemäßen Betrieb keine radioaktiven Stoffe freigesetzt. Die Standardleckgerate für Dichtungen von Behältern für die Zwischenlagerung bestrahlter Brennelemente ist auf  $1 \times 10^{-8} \text{ Pa m}^3/\text{s}$  festgelegt /RSK 01/. Damit sind solche Behälter „technisch dicht“. Die Zwischenlagerung dieser Behälter erfolgt in Deutschland an verschiedenen standortnahen Zwischenlagern in der Praxis ohne Emissionen radioaktiver Stoffe.

fe. Eine Freisetzung von radioaktiven Stoffen aus diesen Behältern ist ausschließlich rechnerisch ermittelbar. Die daraus resultierenden Werte liegen Größenordnungen unterhalb einer Bagatellschwelle von 10  $\mu\text{Sv/a}$  für die Dosis. Erfahrungen aus dem Betrieb der standortnahen Zwischenlager in Deutschland zeigen, dass aufgrund der Dichtigkeit der Behälter darüber hinausgehende Rückhaltemaßnahmen nicht erforderlich sind.

An die Behälter zur Handhabung wärmeentwickelnder Abfälle in einem Endlager sind im Hinblick auf die Dichtheit mindestens die gleichen Anforderungen zu stellen, wie an die Zwischenlagerung dieser Abfälle. Aufgrund der Dichtigkeit der Behälter für wärmeentwickelnde Abfälle ist davon auszugehen, dass bei ihrem bestimmungsgemäßen Betrieb im Hinblick auf die Emission radioaktiver Stoffe keine Auswirkungen auf die Umwelt zu betrachten wären.

### **6.2 Wirkfaktor Störfälle**

Störfälle, wie Brand oder Explosionen, können zu ungeplanten Freisetzungen radioaktiver Stoffe in die Umwelt führen. Die aus Störfällen resultierende Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung hängt vom Quellterm, dem Ereignisablauf und meteorologischen Bedingungen ab.

Im Rahmen des Sicherheitsnachweises für ein Endlager ist zu zeigen, dass relevante Störfälle während des Endlagerbetriebs zu keinen Freisetzungen führen, die die bestehenden Grenzwerte gemäß Strahlenschutzverordnung überschreiten. Relevante Störfälle während des Endlagerbetriebs, gegen die das Endlager auszulegen ist, sind z. B. oberirdische und untertägige Störfälle mit mechanischer Einwirkung (Behälterabsturz), Brände oder Einwirkungen von außen. Die Auslegung gegen diese Störfälle wird durch die technischen Eigenschaften der Anlage selbst und durch die Integrität der Abfallgebinde erreicht. Betrachtungen zu oberirdischen Störfällen unterscheiden sich dabei nicht von Störfallnachweisen, wie sie für Standort-Zwischenlager oder Behandlungsanlagen für Nuklearstoffe geführt wurden. Untertägige Störfälle dürfen darüber hinaus nicht die Langzeitsicherheit des Endlagers durch z. B. störfallbedingte Lösungszutritte während des Betriebs und Nachbetriebs gefährden.

Das Risiko für Störfälle kann minimiert werden, indem das maximal freisetzbare Inventar bei Handhabungen begrenzt wird. Beispielsweise kann dies für den Störfall Brand dadurch erreicht werden, dass das gehandhabte Inventar durch eine Festlegung auf eine Maximalmenge der Gebinde pro Transporteinheit begrenzt wird.

Die Bewertung der Umweltauswirkungen durch Störfälle orientiert sich bei kerntechnischen Anlagen an den Ergebnissen der sicherheitstechnischen Bewertung. Die Bewertungskriterien für „Sicherheit“ werden nach dem Stand von Wissenschaft und Technik angewendet. Durch die Handhabung geschlossener Abfallgebinde können in einem Endlager zahlreiche Störfälle ausgeschlossen werden, die bei komplexeren Systemen (z.B. ein in Betrieb befindliches Kernkraftwerk) eine Rolle spielen. Das Risiko für Störfälle im Zusammenhang mit dem Betrieb des Endlagers ist in etwa vergleichbar mit anderen Anlagen zum Umgang mit radioaktiven Abfällen. Störfallbedingte erhebliche Auswirkungen eines Endlagers auf die Umwelt sind daher auszuschließen.

### **6.3 Wirkfaktor radioaktive Emissionen nach Verschluss des Endlagers**

Radioaktive Immissionen in das Gestein des Endlagers sind als Umweltauswirkung nicht relevant, da das Gestein der Lithosphäre kein Schutzgut im Sinne der Umweltverträglichkeitsprüfung ist. Die Schutzgüter Mensch, Tiere, Pflanze, biologische Vielfalt, Boden, Wasser, Klima und Sachgüter sind nur dann vom Wirkfaktor radioaktive Emission betroffen, wenn über das Bergwasser Radioaktivität in den Bereich der Biosphäre gelangen würde.

Die Langzeitsicherheitsanalyse ermittelt die Freisetzungen eines Endlagers unter Berücksichtigung der dafür relevanten Szenarien. Sie dient zum Nachweis, dass das Endlager seine Funktion erfüllt, nämlich die Isolation der radioaktiven Abfälle von der Biosphäre. Derzeit existieren keine gültigen Grenzwerte für die Begrenzung der Strahlenexposition der Bevölkerung durch ein Endlager in der Nachbetriebsphase.

Bei der Bewertung von Auswirkungen auf die Umwelt werden in aller Regel Bewertungskriterien nach dem Stand von Wissenschaft und Technik aus dem jeweilig relevanten Fachgebiet herangezogen. Für die Bewertung der Umweltauswirkungen durch radioaktive Emissionen in der Nachbetriebsphase eines Endlagers wäre das relevante Fachgebiet die Langzeitsicherheitsanalyse. Beim Nachweis der Langzeitsicherheit eines Endlagers ist von einer dauerhaften Isolation der radioaktiven Stoffe auszugehen, so dass Schutzgüter der Biosphäre nicht beeinträchtigt sind.

#### **6.4 Wirkfaktor Direktstrahlung**

Direktstrahlung in unmittelbarer Nähe der Abfallgebinde betrifft sich dort aufhaltende Menschen und gegebenenfalls dort vorhandene Tiere. Die aus der Direktstrahlung resultierende Dosis ist von der Strahlungsart, Aktivität und Nuklidzusammensetzung der Quellen abhängig und kann durch Abstand, Abschirmung und Reduzierung der Aufenthaltszeit minimiert werden. Menschen sind durch Direktstrahlung vor allem während der Anlieferung der Abfälle und bei der Umladung und Einlagerung betroffen. Mit Ausnahme der Transporte auf öffentlichen Straßen finden die Handhabungen von Gebinden mit radioaktiven Abfällen in Gebäuden bzw. auf dem Betriebsgelände statt. Durch ausreichenden Abstand und Abschirmung können daher Auswirkungen auf die Umwelt vermieden werden.

Für Transporte gelten die bereits heute festgelegten Grenzwerte für Ortsdosisleistungen. Beim Transport aller radioaktiven Abfälle aus der Bundesrepublik Deutschland über einen Zeitraum von mehreren Jahrzehnten zu einem Endlager ist zu prüfen, ob daraus Strahlenexpositionen von Anwohnern der Transportwege entstehen können. Beim Überschreiten einer Bagatellgrenze von  $10 \mu\text{Sv/a}$  wären die resultierenden Umweltauswirkungen zu bewerten. Durch wechselnde Transportrouten und reduzierte Standzeiten während der Transporte kann die Strahlenexposition für Anwohner und Begleitpersonal minimiert werden. Radioaktive Transporte erfolgen seit langem unter Einhaltung der Grenzwerte und des Minimierungsgebotes, so dass erhebliche Auswirkungen auf die Umwelt (Menschen, einschließlich der menschlichen Gesundheit, und Tiere) nicht zu erwarten sind.

#### **6.5 Wirkfaktor sekundäre radioaktive Abfälle**

Bei Transportannahme und Bereitstellung der Abfälle für die Einlagerung sowie beim Rückbau untertägiger und oberirdischer Strahlenschutzbereiche entstehen feste und flüssige sekundäre radioaktive Abfälle (z. B. Wischtücher, Reinigungsflüssigkeiten, Filtermatten). Die Menge und Zusammensetzung dieser Abfälle während des Endlagerbetriebs kann mit Dekontaminationsabfällen aus Forschungsreinrichtungen verglichen werden. Die entstehenden radioaktiven Abfälle während der Rückbauarbeiten von Strahlenschutzbereichen sind in ihrer Abfallart und -menge mit einem Vorhaben zum Rückbau einer kerntechnischen Forschungseinrichtung vergleichbar.

Die sekundären radioaktiven Abfälle des Betriebes und Rückbaus eines Endlagers sind in den zur Verfügung stehenden Anlagen zur Entsorgung von schwach und mittel radioaktiven Abfällen zu entsorgen. Umweltauswirkungen entstehen daraus nicht, da aus den Erkenntnissen über bestehende Anlagen nicht von Grenzwertüberschreitungen auszugehen ist.

### **6.6 Wirkfaktor radioaktive Abwässer**

Bei Laborarbeiten und Dekontaminationsmaßnahmen können untertage und oberirdisch radioaktive Abwässer anfallen, die in ihrer Nuklidzusammensetzung und Aktivität den anfallenden Abwässern in Forschungslaboren entsprechen. Die Menge an zunächst als radioaktiv einzustufendem Abwasser wird für ein Endlager auf 100 m<sup>3</sup>/a geschätzt /MÜL 02b/. Die aus der Endlagerung wärmeentwickelnder Abfälle resultierende Abwassermenge ist voraussichtlich jedoch geringer, da die Behälter technisch dicht sind. Die Abwässer können nach Ausmessung entweder freigegeben oder unter Einhaltung der gesetzlichen Grenzwerte abgeleitet werden. Aus den geschätzten Mengen ergeben sich wesentlich geringere Einleitmengen als beim Betrieb eines Kernkraftwerks. Radioaktives Abwasser, das die Grenzwerte für die Freigabe oder Ableitung überschreitet, muss als Abfall in dafür geeigneten und bereits heute vorhandenen Anlagen behandelt und entsorgt werden. Die Umweltauswirkungen entsprechen den Umweltauswirkungen dieser Art bei mittelgroßen Forschungslaboren und sind nicht erheblich.

### **6.7 Wirkfaktor Radon-222**

Während der Errichtung des Erkundungsbergwerks gehen vom Bergwerk selbst, von der Halde und vom geförderten Bergwasser Radonemissionen aus. Das radioaktive Radon-222 entsteht aus der Zerfallsreihe des in Spurenanteilen im Gestein vorkommenden Uran-238. In Granit- und Tongestein sind - bei hohen lokalen Schwankungen - höhere Spuren an Uran-238 und seinen Zerfallsprodukten enthalten als in Salzgestein. Erhöhte Radonkonzentrationen durch extreme Expositionen können das Risiko für Lungenkrebs erhöhen.

Von einer erhöhten Radonexposition sind vor allem Beschäftigte im Endlager betroffen. Darüber hinaus können Anwohner von Radonexpositionen betroffen sein, wenn sie in unmittelbarer Nähe zu den Öffnungen des Bergwerks oder zur Halde wohnen.

Die Hintergrundbelastung durch Radon, das einen großen Anteil der natürlichen Radioaktivität ausmacht, ist regional unterschiedlich. Auswirkungen auf die Radonkonzentration der Atmosphäre durch abgeleitetes Radon sind aufgrund des schon vorhandenen hohen natürlichen Anteils an Radon-222 auszuschließen. Minimierungsmöglichkeiten zur Radonbelastung für Beschäftigte bestehen z. B. durch Verwendung geeigneter technischer Verfahren wie z. B. Nassbohren, leistungsstarke Belüftungen und Arbeiten unter Atemschutz.

Belastungen der Anwohner können im Grunde ausgeschlossen werden. Messungen des Bundesamtes für Strahlenschutz /BFS 05/ zeigten zwar einen Einfluss bergbaulicher Aktivitäten auf die Radonkonzentration der Freiluft in unmittelbarer Nähe zur Quelle (Abwetterschächte von Bergwerken in Gebieten mit hohem Anteil an Uran-238 im Gestein). Durch ausreichenden Abstand (einige 100 m) der nächsten Wohnbebauung zu den Anlagen eines Endlagers können Auswirkungen auf die Bevölkerung minimiert bzw. ausgeschlossen werden.

Bewertungskriterien für die Bewertung der Auswirkungen von Radon auf Bergarbeiter und für die Bevölkerung bestehen durch Veröffentlichungen des Bundesamtes für Strahlenschutz und der Strahlenschutzkommission zur Ermittlung der Strahlenexposition durch Radon. Die Realisierung eines Endlagers ist durch Radonemissionen nicht in Frage gestellt.

## **7 Schlussbetrachtung**

Im vorliegenden Dokument wurde in die Grundlagen einer Umweltverträglichkeitsprüfung für ein Endlager für wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle eingeführt. Dabei wurden auf der Basis der bestehenden wissenschaftlichen Erkenntnisse die Umweltauswirkungen eines Endlagers für wärmeentwickelnde Abfälle qualitativ beschrieben. Soweit dies nach bisherigen Erkenntnissen möglich war, wurden außerdem die bereits absehbaren Umweltauswirkungen quantifiziert. Die resultierenden Umweltauswirkungen wurden im Hinblick auf die Bewertungsfähigkeit nach heute bestehenden Standards und im Hinblick auf ihre Erheblichkeit und die grundsätzliche Genehmigungsfähigkeit aus Sicht der Umweltverträglichkeit beurteilt. Dabei zeigte sich, dass die Bewertungskriterien für die Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung für ein Endlager für wärmeentwickelnde hochradioaktive Abfälle heute bereits vorhanden sind. Es bestehen zahlreiche Möglichkeiten zur Vermeidung und Minimierung der Umweltauswirkungen eines Endlagers für wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle, die im Rahmen der Endlagerplanung und Festlegung eines Standortes ergriffen werden können. Aus derzeitiger Sicht bestehen durch ein Endlager für wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle keine erheblichen und nicht ausgleichbaren Umweltauswirkungen.

## 8 Literatur

Hinweis: Dieses Literaturverzeichnis enthält alle in diesem Anhang zitierte Literatur.

- /BFS 05/ Bundesamt für Strahlenschutz: [http://www.bfs.de/ion/radon/radon\\_im\\_freien.html](http://www.bfs.de/ion/radon/radon_im_freien.html), Zugriff am 12.05.05
- /BFS 90/ Bundesamt für Strahlenschutz: Fortschreibung des Zusammenfassenden Zwischenberichtes über bisherige Ergebnisse der Standortuntersuchung Gorleben vom Mai 1983, April 1990
- /DBE 02/ Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH: Gorleben – bisherige Arbeiten und Stellung im neuen Entsorgungskonzept: Historie und Stand der Arbeiten, Juni 2002
- /KTG 05/ Kerntechnische Gesellschaft Sachsen e. V.: Abrufbar unter <http://www.ktg-sachsen.de/2004/endlagerhistorie.doc> am 07.04.08
- /MAC 01/ Macek, A; Gassler, W.: Sondierbohrung Benken – Bohrtechnik, Bau und Umweltaspekte, NTB 99-12; Dezember 2001
- /MÜL 02a/ Müller-Hoeppe, N.: Gorleben – bisherige Arbeiten und Stellung im neuen Entsorgungskonzept: Betriebssicherheit und Langzeitsicherheit; Juni 2002
- /MÜL 02b/ Müller-Hoeppe, N.: Gorleben – bisherige Arbeiten und Stellung im neuen Entsorgungskonzept: Technisches Konzept für ein potentielles Endlagerbergwerk im Salz, Juni 2002
- /NAG 02/ NAGRA: Technischer Bericht NTB 0202, Konzept für die Anlage und den Betrieb eines geologischen Tiefenlagers; Dezember 2002
- /NIE 02/ Niedersächsisches Umweltministerium: Planfeststellungsbeschluss für die Errichtung und den Betrieb des Bergwerkes Konrad in Salzgitter, 22. Mai 2002

## Anhang Umweltauswirkungen

- /POS 99/ Posiva OY: The final disposal facility for spent nuclear fuel; Environmental impact assessment report; Posiva OY, Helsinki, 1999
- /RIT 77/ Ritter, R.: Grundwasser, Temperatur und thermische Nutzung; Hrsg: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 1977
- /RSK 01/ Reaktor-Sicherheitskommission (RSK): Empfehlung der Reaktor-Sicherheitskommission, Sicherheitstechnische Leitlinien für die trockene Zwischenlagerung bestrahlter Brennelemente in Behältern, 5. April 2001
- /SKB 95/ Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co: Feasibility study for siting of a deep repository within the Storuman municipality, Stockholm, Januar 1995
- /THI 05/ Thiele, M.: Umwelt- und Naturschutzaspekte bei der Erschließung und Nutzung von Erdwärme, Diplomarbeit, Januar 2005
- /UVP/05 Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz (UVPG): In der Fassung der Bekanntmachung vom 25. Juni 2005, BGBl. I S. 1757, zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 23. Oktober 2007, BGBl. I S. 2470

## 9 Weiterführende Literatur

Hinweis: Dieses Verzeichnis enthält als Ergänzung wichtige weiterführende Literatur zum Thema dieses Anhangs, die in diesem Anhang nicht explizit zitiert wurde. Zitierte Literatur findet sich im Literaturverzeichnis.

Bundesamt für Strahlenschutz: [http://www.bfs.de/ion/radon/radon\\_im\\_freien.html](http://www.bfs.de/ion/radon/radon_im_freien.html),  
Zugriff am 12.05.05

Bundesamt für Strahlenschutz: Fortschreibung des Zusammenfassenden Zwischenberichts über bisherige Ergebnisse der Standortuntersuchung Gorleben vom Mai 1983, April 1990

Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH: Gorleben – bisherige Arbeiten und Stellung im neuen Entsorgungskonzept: Historie und Stand der Arbeiten, Juni 2002

Department of Energy (U.S.-DOE): Environmental impact statement for a geologic repository for the disposal of spent nuclear fuel and high-level radioactive Waste at Yucca Mountain, Nye County, Nevada, DOE/EIS-0250, 02/2002, - Abrufbar unter: [http://www.ocrwm.doe.gov/documents/feis\\_2/index.htm](http://www.ocrwm.doe.gov/documents/feis_2/index.htm) am 03.04.2008

European Commission: Environmental impact assessments and geological repositories for radioactive waste. Report to the European Commission, Volume 1: Main Report, 26.05.1999

European Commission: Environmental impact assessments and geological repositories for radioactive waste. Report to the European Commission, Volume 2: Appendices, 26.05.1999

European Commission: Environmental impact assessments and geological repositories for radioactive waste. Report to the European Commission, Volume 3: Central and east European countries, 26.05.1999

## Anhang Umweltauswirkungen

European Commission: Environmental impact assessments and geological repositories for radioactive waste. Report to the European Commission, Volume 4: Workshop Report, 26.05.1999

Gassner, E.; Winkelbrand, A.; Bernotat, D.: UVP, Rechtliche und fachliche Anleitung für die Umweltverträglichkeitsprüfung, Reihe: Praxis Umweltrecht, Band 12; C.F. Müller; 2005

Kerntechnische Gesellschaft Sachsen e. V.: Abrufbar unter <http://www.ktg-sachsen.de/2004/endlagerhistorie.doc> am 07.04.08

Macek, A; Gassler, W.: Sondierbohrung Benken – Bohrtechnik, Bau und Umweltaspekte, NTB 99-12; Dezember 2001

Mielke, H.-G.: Vergleich der Umweltverträglichkeitsprüfungen von Endlagern in Deutschland Finnland und den USA. BMU-2002-601, Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Schriftenreihe Reaktorsicherheit und Strahlenschutz, 2002

Müller-Hoeppe, N.: Gorleben – bisherige Arbeiten und Stellung im neuen Entsorgungskonzept: Betriebssicherheit und Langzeitsicherheit; Juni 2002

Müller-Hoeppe, N.: Gorleben – bisherige Arbeiten und Stellung im neuen Entsorgungskonzept: Technisches Konzept für ein potentielles Endlagerbergwerk im Salz, Juni 2002

NAGRA: Technischer Bericht NTB 0202, Konzept für die Anlage und den Betrieb eines geologischen Tiefenlagers; Dezember 2002

Niedersächsisches Umweltministerium: Planfeststellungsbeschluss für die Errichtung und den Betrieb des Bergwerkes Konrad in Salzgitter, 22. Mai 2002

Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD): The cost of high-level waste disposal in geological repositories. OECD; Paris, 1993

Posiva OY: Assessment of alternative disposal concepts. Posiva OY; Helsinki, 12/1996

## Anhang Umweltauswirkungen

Posiva OY: The final disposal facility for spent nuclear fuel; Environmental impact assessment report; Posiva OY, Helsinki, 1999

Ritter, R.: Grundwasser, Temperatur und thermische Nutzung; Hrsg: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 1977

Reaktor-Sicherheitskommission (RSK): Empfehlung der Reaktor-Sicherheitskommission, Sicherheitstechnische Leitlinien für die trockene Zwischenlagerung bestrahlter Brennelemente in Behältern, 5. April 2001

Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co: Feasibility study für siting of a deep repository within the Storuman municipality, Stockholm, Januar 1995

Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co: General siting study 95. Siting of a deep repository for spent nuclear fuel, Stockholm, 10/1995

Storm, P.-C.; Bunge, T. (Hrsg.): Handbuch der Umweltverträglichkeitsprüfung, Ergänzende Sammlung der Rechtsgrundlagen, Prüfungsinhalte und Methoden für Behörden, Unternehmen, Sachverständige und die juristische Praxis. Losebl.-Ausg.; Erich Schmidt Verlag; Berlin; 2005

Thiele, M.: Umwelt- und Naturschutzaspekte bei der Erschließung und Nutzung von Erdwärme, Diplomarbeit, Januar 2005

Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz (UVPG): In der Fassung der Bekanntmachung vom 25. Juni 2005, BGBl. I S. 1757, zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 23. Oktober 2007, BGBl. I S. 2470

8. UVP-Kongress 2006: UVP – SUP – FFH - VP: Umweltprüfungen auf den verschiedenen Planungsebenen – Erkenntnisgewinn und Planungsoptimierung statt Pflichtübung.- In: UVP Report, Nr. 1+2, 08/2007

Schwerpunkt Artenschutz in der Straßenplanung.- In: UVP Report, Nr. 3, 10/2007