

Umweltdeklaration

Kernkraftwerk Beznau | Update 2011



Zusammenfassung

Unternehmen

Die Axpo AG ist eine hundertprozentige Tochtergesellschaft der Axpo Holding AG. Sie ist die führende Schweizer Stromproduzentin, die seit über 90 Jahren eine sichere Stromversorgung garantiert. Die Grundlast wird von Kernkraftwerken und Flusswasserkraftwerken bereitgestellt. Der Bedarf zu Spitzenzeiten wird durch Speicher- und Pumpspeicherwerke gedeckt.

Gegenstand der Umweltdeklaration

Das vollständig zur Axpo AG gehörende Kernkraftwerk Beznau (KKB) umfasst zwei praktisch baugleiche Druckwasserreaktoreinheiten. Die kombinierte Nettoleistung beträgt 730 Megawatt elektrisch (MWe), was zu einer jährlichen Elektrizitätsproduktion von rund 6 Terawattstunden (TWh) führt. Das entspricht rund 10 Prozent des gesamten Elektrizitätsverbrauchs in der Schweiz. Seit 2001 ist im KKB ein Umweltmanagementsystem in Kraft, das nach ISO 14001 zertifiziert und registriert ist.

Gegenstand der Umweltdeklaration ist das Produkt von 1 Kilowattstunde (kWh) im KKB erzeugter Nettoelektrizität und die anschliessende Lieferung an einen an das Verteilnetz der Axpo AG angeschlossenen Kunden im Bezugsjahr 2009/10.

Das internationale EPD®-System

Das internationale EPD®-System des EPD Consortium (IEC) betreibt ein Typ-III-Umweltdeklarationsprogramm gemäss ISO 14025. Die anwendbaren Regelungsdokumente in hierarchischer Reihenfolge sind: PKR-CPC 17 (Produktkategorieregeln für Elektrizität), Allgemeine Programmanweisungen zur Umweltdeklaration (EPD) sowie ISO 14025 und ISO 14044. Elektrizität gehört zur Produktkategorie UNCPC Code 17, Gruppe 171 – Elektrische Energie.

Überprüfung der vorliegenden Ergebnisse

Sämtliche in dieser Umweltdeklaration aufgeführten Resultate wurden von der unabhängigen, akkreditierten Zertifizierungsstelle Bureau Veritas Certification (Schweden) überprüft und zertifiziert.

Umweltauswirkung der Stromproduktion im Kernkraftwerk Beznau

Zur Quantifizierung der Umweltauswirkung wurde das Verfahren der Lebenszyklusanalyse (Ökobilanz) angewendet. Es berücksichtigt den gesamten Kernbrennstoffzyklus und alle zugehörigen Prozesse. Bezugszeitraum ist das Jahr 2009/10. Diese Periode umfasst einen Kernbrennstoffzyklus im KKB ab Beginn der jährlichen Abstellung 2009 (Revision und Brennstoffnachfüllung) bis zur Abstellung im Folgejahr 2010. Die wichtigsten Ergebnisse der Ökobilanz sind in nachstehender Tabelle zusammengefasst. Weitere Umweltauswirkungen wie Ressourcenverbrauch und radioaktive Emissionen werden in der Umweltdeklaration aufgezeigt.

Umweltauswirkung	Einheit	1 kWh Nettoelektrizität im KKB (Unsicherheitsbereich)	1 kWh Nettoelektrizität beim Kunden der Axpo AG (Unsicherheitsbereich)
Treibhausgase	g CO ₂ -Äquivalente	3,54 (3,16 bis 4,26)	3,61 (3,29 bis 4,36)
Ozonabbauende Gase	g CFC-11-Äquivalente	4,75 · 10 ⁻⁷ (3,50 · 10 ⁻⁷ bis 7,47 · 10 ⁻⁷)	4,78 · 10 ⁻⁷ (3,54 · 10 ⁻⁷ bis 7,45 · 10 ⁻⁷)
Smogbildung (bodennahes Ozon)	g Ethylen-Äquivalente	1,93 · 10 ⁻³ (1,66 · 10 ⁻³ bis 2,58 · 10 ⁻³)	1,94 · 10 ⁻³ (1,68 · 10 ⁻³ bis 2,59 · 10 ⁻³)
Versäuerung	g SO ₂ -Äquivalente	1,34 · 10 ⁻² (1,17 · 10 ⁻² bis 1,95 · 10 ⁻²)	1,35 · 10 ⁻² (1,18 · 10 ⁻² bis 2,11 · 10 ⁻²)
Überdüngung (Eutrophierung)	g PO ₄ ³⁻ -Äquivalente	3,39 · 10 ⁻³ (1,89 · 10 ⁻³ bis 7,78 · 10 ⁻³)	3,41 · 10 ⁻³ (1,91 · 10 ⁻³ bis 1,06 · 10 ⁻²)
Abbau fossiler Ressourcen	MJ-Äquivalente	5,40 · 10 ⁻² (4,63 · 10 ⁻² bis 6,72 · 10 ⁻²)	5,45 · 10 ⁻² (4,78 · 10 ⁻² bis 6,87 · 10 ⁻²)

1	Einführung	5
1.1	Gegenstand der Umweltdeklaration (Produkt)	5
1.2	Die Umweltdeklaration und das internationale EPD®-System	5
1.3	Axpo AG, Ökobilanz und EPD®	5
2	Hersteller und Produkt	7
2.1	Axpo AG	7
2.2	Umweltmanagementsystem	7
2.3	Produktsystembeschreibung	7
2.3.1	Kernkraftwerk Beznau	7
2.3.2	Die Prozesskette der Stromerzeugung im KKB 2009/10	8
3	Deklaration der Umweltauswirkungen	12
3.1	Das Verfahren der Ökobilanz (LCA)	12
3.2	Systemgrenzen, Allokationen und Datenquellen	12
3.2.1	Hauptprozesse	13
3.2.2	Vorgelagerte Prozesse	13
3.2.3	Nachgelagerte Prozesse	14
3.3	Ökopprofil der Elektrizitätserzeugung	14
3.3.1	Ressourcenverbrauch	19
3.3.2	Schadstoffemissionen	20
3.4	Unsicherheitsanalyse	27
3.5	Dominanzanalyse und Schlussfolgerungen	27
3.6	Änderungen gegenüber der früheren Version der Umweltdeklaration EPD® des KKB	29
4	Zusätzliche Umweltinformationen	30
4.1	Flächennutzung	30
4.2	Biologische Vielfalt	31
4.3	Strahlenschutz	33
4.3.1	Schutz des Betriebspersonals	33
4.3.2	Schutz von Drittpersonen	33
4.4	Risiken	36
4.5	Elektromagnetische Felder	38
4.6	Lärm	39
5	Informationen der Zertifizierungsstelle und Pflichtenklärungen	40
5.1	Informationen der Zertifizierungsstelle	40
5.2	Pflichtenklärungen	40
5.2.1	Allgemeine Erklärungen	40
5.2.2	Nicht berücksichtigte Lebenszyklusphasen	40
5.2.3	Zugang zu erläuternden Materialien	40
5.2.4	Informationen zur Überprüfung	40
6	Links und Referenzen	41
7	Häufig verwendete Abkürzungen	42

1 Einführung

1.1 Gegenstand der Umweltdeklaration (Produkt)

Dieses Dokument stellt die zertifizierte Umweltdeklaration EPD^{®1} für Elektrizität des Kernkraftwerks Beznau (KKB) dar. Das KKB wird von der Axpo AG betrieben, einer hundertprozentigen Tochtergesellschaft der Axpo Holding AG.

Gegenstand der Umweltdeklaration ist das Produkt von 1 kWh im KKB erzeugter Nettoelektrizität mitsamt anschliessender Lieferung an einen an das Verteilnetz der Axpo AG angeschlossenen Kunden im Bezugsjahr 2009/10.

Das KKB bildet einen wichtigen Grundpfeiler der Elektrizitätsproduktion der Axpo AG. Es trägt massgeblich zur Grundlastsicherung bei. Die Anlage läuft rund um die Uhr, mit Ausnahme weniger Wochen im Jahr zur Revision und Brennstoffnachladung. Geplante Betriebsunterbrechungen werden im Sommer vorgenommen, wenn die Energienachfrage niedriger ist.

1.2 Die Umweltdeklaration und das internationale EPD[®]-System

Das internationale EPD[®]-System hat in erster Linie die Aufgabe, Unternehmen bei der Beurteilung und Veröffentlichung der Umwelleistungen ihrer Produkte (Waren und Dienstleistungen) in glaubwürdiger und verständlicher Form zu unterstützen.

- Hierzu betreibt das internationale EPD[®]-System ein Typ-III-Umweltdeklarationsprogramm, das interessierten Unternehmen in allen Ländern die Erarbeitung und Veröffentlichung von EPDs nach ISO 14025 ermöglicht.
- Zusätzlich unterstützt das internationale EPD[®]-System durch Kooperation und Vereinheitlichung andere EPD-Programme (landes- oder branchenspezifische usw.) und hilft Unternehmen, ihre EPDs auf dem Weltmarkt vorteilhaft einzusetzen.

Diese Umweltdeklaration ist eine EPD[®] nach Massgabe des International EPD Consortium (IEC), www.environdec.com. EPD[®] ist ein System zur internationalen Anwendung von Umweltdeklarationen nach ISO 14025, Typ III. Das internationale EPD[®]-System und seine Anwendung sind in den allgemeinen Programmanweisungen beschrieben.

Die grundlegendsten Dokumente für das internationale EPD[®]-System sind (in hierarchischer Reihenfolge):

- Produktkategorieregeln, PKR-CPC 17 (Produktkategorieregeln zur Abfassung einer Umweltdeklaration für die Erzeugung und Verteilung von Elektrizität, Dampf, Heiss- und Kaltwasser), Version 1.1.
- Allgemeine Programmanweisungen für die Umweltdeklaration, EPD[®], Version 1.0.
- ISO 14025 für Umweltdeklarationen, Typ III.
- ISO 14040 und ISO 14044 zu Ökobilanzen (Lebenszyklusanalysen).

Diese EPD[®] beinhaltet eine Deklaration der Umweltauswirkungen auf Basis einer Ökobilanz. Entsprechend den PKR werden zudem zusätzliche Umweltinformationen unterbreitet:

- Informationen zur Landnutzung entsprechend der Kategorisierung des EU-Programms CORINE². Landnutzungsklassen.
- Informationen zur biologischen Artenvielfalt.
- Informationen zur Strahlung im normalen Betrieb der wesentlichen an der Elektrizitätsproduktion beteiligten Anlagen.
- Informationen zu sicherheits- und risikorelevanten Fragen.
- Informationen zu elektromagnetischen Feldern, die durch die Elektrizitätserzeugung im KKB entstehen.
- Informationen zur Lärmentwicklung im Rahmen der Elektrizitätserzeugung im KKB.

1.3 Axpo AG, Ökobilanz und EPD[®]

Es gibt zahlreiche Gründe, die Umweltauswirkungen der Elektrizitätsproduktion aufzuzeigen. Für die Axpo AG sind die folgenden Gründe massgeblich:

- Die Produktion von Elektrizität ist ein integraler Bestandteil der modernen Gesellschaft, da Elektrizität die Grundlage nahezu sämtlicher Dienstleistungen und die Voraussetzung zur Güterproduktion darstellt. Daher will die Axpo AG als grösster Elektrizitätsproduzent der Schweiz ihre Verantwortung wahrnehmen und ihre Kunden auf verlässliche und verständliche Weise informieren.

¹ EPD: Environmental Product Declaration (Umweltdeklaration)

² CORINE: Coordination of information on the environment:
<http://terrestrial.eionet.europa.eu/CLC2000/classes>

- Die beständige Verringerung von Umweltauswirkungen gehört zu den wichtigsten Bestandteilen der Nachhaltigkeitspolitik der Axpo AG. Die Minderung von Treibhausgasen über den gesamten Produktionszyklus hinweg ist ein Hauptgegenstand unserer Bemühungen. Eine Umweltdeklaration EPD® bietet eine verlässliche Grundlage zur quantitativen Darstellung von Umweltauswirkungen anhand verschiedener Umweltindikatoren für den gesamten Produktionszyklus.

Bei Fragen zu dieser EPD® wenden Sie sich bitte an Axpo AG Nachhaltigkeit, nachhaltigkeit@axpo.ch oder besuchen Sie unsere Website www.axpo.ch.

2 Hersteller und Produkt

2.1 Axpo AG

Die Axpo AG ist eine hundertprozentige Tochtergesellschaft der Axpo Holding AG. Axpo gehört zu den führenden Energieunternehmen der Schweiz und beliefert rund drei Millionen Menschen mit Elektrizität.

Die Axpo AG sichert die Stromversorgung der Nordostschweiz mit Kernkraftwerken und Flusskraftwerken. Zur Bewältigung von Bedarfsschwankungen und Spitzenlastzeiten werden Speicher- und Pumpspeicherkraftwerke eingesetzt. In nachstehender Tabelle sind die wesentlichen Kennzahlen zur Energiebeschaffung der Axpo AG zusammengefasst.

Energiebeschaffung 2009/10	Axpo AG [GWh]
Kernkraftwerke	16377
Wasserkraftwerke	5565
Erneuerbare Energien	105
Von Drittunternehmen und Energiehandel	9840
Total	31887

2.2 Umweltmanagementsystem

Seit 2001 ist im KKB ein Umweltmanagementsystem in Kraft, das nach ISO 14001 zertifiziert und registriert ist. Das Umweltmanagementsystem ist Bestandteil des integrierten Managementsystems (IMS), wozu auch das Qualitätsmanagementsystem nach ISO 9001 und die Arbeitssicherheitsmassnahmen nach OHSAS 18001 gehören. Das IMS ist ein zentrales Managementwerkzeug und umfasst die gesamte Organisation und Planung einschliesslich aller Verantwortlichkeiten, Prozesse und Abläufe. Ziel des IMS ist, die uneingeschränkte Einhaltung der Sicherheitsstandards nach IAEA 50-C/-SG-Q sowie der eigenen Sicherheits-, Qualitäts- und Umweltrichtlinien der Axpo AG zu gewährleisten.

Die kombinierte Nettoleistung beträgt 730 MWel, was zu einer jährlichen Elektrizitätsproduktion von rund 6 TWh führt. Das entspricht rund 10 Prozent des gesamten Elektrizitätsverbrauchs in der Schweiz. Neben der Elektrizitätsproduktion wird auch Wärmeenergie in das örtliche Fernwärmenetz «Refuna» eingespeist. Die Reaktoreinheiten enthalten zusammen rund 80 Tonnen Kernbrennstoff (Uran und Plutonium), von denen rund 13 Tonnen während der jährlichen Abstellung jeden Sommer ausgetauscht werden. Die technische Laufzeit des KKB ist in dieser Studie auf 50 Jahre angesetzt. Das Kraftwerk liegt auf einer künstlichen Insel in der Aare. Wenn beide Einheiten mit Vollast laufen, werden 40 m³ Kühlwasser pro Sekunde verbraucht. Eine reine Flusskühlung ist für das KKB ausreichend, weshalb ein Kühlturm nicht erforderlich ist.

2.3 Produktsystembeschreibung

2.3.1 Kernkraftwerk Beznau

Das vollständig zur Axpo AG gehörende Kernkraftwerk Beznau umfasst zwei praktisch baugleiche Druckwasserreaktoreinheiten. In dieser Studie bezieht sich die Bezeichnung «KKB» stets auf beide Reaktoreinheiten.

	Installierte Leistung [MWel]	Elektrizitäts-erzeugung 2010 [GWh]	Wärmeeinleitung ins örtliche Fernwärmenetz [GWh]	Kapazitätsauslastung 2010 [%]	Durchschnittliche Kapazitätsauslastung der letzten 3 Jahre [%]	Inbetriebnahme [Jahr]
Reaktorblock 1	365	2674	178	83,7%	90,8%	1969
Reaktorblock 2	365	2857	15	89,6%	90,8%	1971
Gesamt	730	5531	193			

2 Hersteller und Produkt

2.3.2 Die Prozesskette der Stromerzeugung im KKB 2009/10

Hauptprozesse: Energieumwandlung und Entsorgung radioaktiven Abfalls

Die Hauptprozesse umfassen den Betrieb des KKB, die Zwischenlagerung verbrauchten Kernbrennstoffs, die Behandlung schwach radioaktiver Abfälle mit anschließender Zwischenlagerung sowie die geologische Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle.

Das Kernenergiegesetz verlangt, dass für radioaktive Abfälle ein Entsorgungsnachweis erbracht wird. Damit müssen die Verantwortlichen für die Entsorgung zeigen, dass es in der Schweiz mögliche Lagerstandorte gibt, wo mit dem heutigen technischen Wissen ein Lager gebaut und betrieben werden kann, das die behördlich festgelegten Anforderungen an die Langzeitsicherheit erfüllt.

Für die verbrauchten Brennelemente (BE), verglasten hochaktiven Abfälle (HAA) und langlebigen mittelaktiven Abfälle (LMA) hat die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) den Entsorgungsnachweis am Beispiel des Opalinustons im Zürcher Weinland geführt und die entsprechenden Berichte im Jahr 2002 eingereicht. Im Juni 2006 kam der

Bundesrat mit seinen Fachbehörden zum Gesamturteil, dass der gesetzlich geforderte Entsorgungsnachweis für diese Abfälle erbracht ist. Damit ist kein Standortentscheid getroffen, sondern die grundsätzliche Machbarkeit eines geologischen Tiefenlagers in der Schweiz nachgewiesen worden, wie dies das Kernenergiegesetz verlangt. Der gesetzlich geforderte Entsorgungsnachweis für schwach- und mittelaktive Abfälle wurde bereits im Jahr 1988 durch den Bundesrat genehmigt³.

In dieser Studie wurde entsprechend den Szenarien der Nationalen Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) von zwei Arten von geologischen Tiefenlagern ausgegangen.

- Ein geologisches Tiefenlager zur Entsorgung schwach und mittel radioaktiver Abfälle (SMA).
- Ein geologisches Tiefenlager zur Entsorgung gebrauchter Kernbrennstoffe (BE), hoch radioaktiver Abfälle (HAA) sowie mittel radioaktiver Abfälle mit langer Halbwertszeit (LMA). Im Eingangsbereich an der Oberfläche des geologischen Tiefenlagers wird eine Konditionier- und Verpackungsanlage für Kernbrennstoffe und verglaste Abfälle aus der Wiederaufarbeitung errichtet.

Die an den Hauptprozessen beteiligten Anlagen sind in nachstehender Tabelle aufgeführt:

Firma	Anlage, Standort	Aufgabe
Axpo	KKB, Schweiz	Elektrizitätserzeugung
Axpo	Zwischenlager Beznau, Schweiz	Verpackung und Zwischenlagerung gebrauchter Kernbrennstoffe
ZWILAG	Zwischenlager Würenlingen, Schweiz	Behandlung und Zwischenlagerung schwach radioaktiver Abfälle aus dem Betrieb des KKB
Nagra	Konditionier- und Verpackungsanlage, Standort in der Schweiz noch nicht definiert	Verpackung gebrauchter Kernbrennstoffe in Endlagerbehälter
Nagra	Tiefenlager für BE, HAA und LMA, Standort in der Schweiz noch nicht definiert	Lagerung radioaktiver Abfälle
Nagra	Tiefenlager für SMA, Standort in der Schweiz noch nicht definiert	Lagerung radioaktiver Abfälle

Vorgelagerte Prozesse: Kernbrennstoffherstellung

Im Bezugsjahr 2009/10 waren drei Arten von Kernbrennstoffen im Kern des KKB eingesetzt. Die Produktionsketten der verwendeten Kernbrennstoffarten sind:

Natururan-Brennstoff (UO₂-Brennstoff)

Die Herstellung von UO₂ Natururan-Brennstoff umfasst den Abbau und die Verarbeitung von Uran, anschlies-

send dessen Konversion zu Uranhexafluorid und Anreicherung sowie schliesslich die Herstellung der Brennelemente.

Der konventionelle Uranbrennstoff für das KKB wurde bereits Mitte bis Ende der 90er Jahren beschafft. Das Uran stammt aus unterschiedlichen Quellen. Da der UO₂-Brennstoff mit Unterbrüchen eingesetzt wird, kann

³ www.nagra.ch

die genaue Herkunft des Urans und dessen Verarbeitung zu Brennelementen je nach Nachladung unterschiedlich sein. Der im Referenzjahr 2009/10 eingesetzte UO_2 -Brennstoff stammt aus russischen Beständen und wurde in der Uranmine Priargunsky abgebaut und anschliessend in Russland mit einem zweistufigen Verfahren in Uranhexafluorid konvertiert. Die Anreicherung

wurde in Russland mittels Zentrifugentrennung erreicht. In welcher der vier möglichen russischen Anlagen angereichert wurde, kann nicht genau bestimmt werden.

Die an der Produktion von UO_2 -Brennstoff beteiligten Anlagen sind in nachstehender Tabelle aufgeführt:

Firma	Anlage, Standort	Aufgabe
Rosatom	Priargunsky Mining Combine (PMC), Krasnokamensk, Russland	Uranabbau mittels Untertagebau
Rosatom	Chepetsk Mechanical Plant (CMP), Glasov, Russland Angarsk Electrolyze Chemical Combine (AECC), Angarsk, Russland	Konversion erster Schritt in CMP (U_3O_8 zu UF_4) Konversion zweiter Schritt in AECC (UF_4 zu UF_6)
Rosatom	Ural Electrochemical Integrated Plant (UEIP), Novouralsk, Russland Siberian Chemical Combine (SCC), Seversk, Russland Electrochemical Plant (ECP), Zelenogorsk, Russland Angarsk Electrolyze Chemical Combine (AECC), Angarsk, Russland	Anreicherung (Zentrifugentrennung)
AREVA	Lingen, Deutschland	Fertigung der UO_2 -Brennelemente

Mischoxidbrennstoff (MOX-Brennstoff)

Der wesentliche Schritt in der Herstellung des im KKB eingesetzten MOX-Brennstoffes besteht in der Wiederaufarbeitung von Plutonium aus gebrauchtem Kernbrennstoff aus Schweizer Kernkraftwerken. Bei der Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoff werden Uran und Plutonium mithilfe einer Lösungsmittelextraktion von den Spaltprodukten getrennt. Verglaste, hoch radioaktive Abfälle (HAA) und mittel radioaktive Abfälle mit langer Halbwertszeit (LMA) aus der Wiederaufarbeitung werden

zurück in die Schweiz transportiert, dort zunächst im Zwischenlager ZWILAG aufbewahrt und schliesslich im geologischen Tiefenlager gelagert. MOX-Brennstoff wird durch Mischen von Uranoxid (UO_2) aus abgereichertem Uran aus der Anreicherung und Plutoniumoxid (PuO_2) aus der Wiederaufarbeitung hergestellt.

Die an der Produktion von MOX-Brennstoff beteiligten Anlagen sind in nachstehender Tabelle aufgeführt:

Firma	Anlage, Standort	Aufgabe
AREVA	La Hague, Frankreich	Rezyklierung von Plutonium aus gebrauchtem Kernbrennstoff (Wiederaufarbeitung)
Sellafield Ltd.	Sellafield, Grossbritannien	Rezyklierung von Plutonium aus gebrauchtem Kernbrennstoff (Wiederaufarbeitung)
AREVA	Dessel, Belgien	Fertigung der MOX-Brennelemente
AREVA	Cadarache, Frankreich	Fertigung der MOX-Brennelemente
Sellafield Ltd.	Sellafield SMP, Grossbritannien	Fertigung der MOX-Brennelemente
ZWILAG	Zwischenlager, Schweiz	Zwischenlagerung verglaster, hoch radioaktiver Abfälle sowie mittel radioaktiver Abfälle mit langer Halbwertszeit aus der Wiederaufbereitung
Nagra	Konditionier- und Verpackungsanlage, Standort in der Schweiz noch nicht definiert	Verpackung verglaster Abfälle in Endlagerbehälter
Nagra	Tiefenlager für BE, HAA und LMA, Standort in der Schweiz noch nicht definiert	Lagerung radioaktiver Abfälle aus der Wiederaufarbeitung

2 Hersteller und Produkt

Enriched Reprocessed Uranium (ERU-Brennstoff)

Enriched-Reprocessed-Uranium-Brennstoff ist eine komplexe Mischung aus rezykliertem Uran aus unterschiedlichen Quellen mit verschiedenen Anreicherungsgraden und Isotopenzusammensetzungen. Bei der Herstellung von ERU-Brennstoff wird Uran aus gebrauchten Kernbrennelementen des KKB oder anderen westlichen Kernkraftwerken in den Wiederaufarbeitungsanlagen Sellafield und La Hague wiedergewonnen. Wie bei der MOX-Herstellung werden die dabei anfallenden Mengen HAA und LMA aus Schweizer Kernbrennelementen in die Schweiz transportiert, zwischengelagert und schliesslich in einem geologischen Tiefenlager endgelagert. Das wiederaufbereitete Uran wird nach Seversk transportiert, wo es in der Fabrik Siberian Chemical Combine (SCC) mittels Zentrifugen angereichert wird.

Ebenfalls in der Fabrik SCC wird wiederaufbereitetes Uran aus gebrauchtem Kernbrennstoff aus russischen Industriereaktoren mittels Zentrifugen angereichert. Die Industriereaktoren dienten früher militärischen Zwecken. Heute sind diese Reaktoren nicht mehr in Betrieb. Ebenfalls wurde die Wiederaufarbeitung 2009 eingestellt. In SCC existieren aber noch grosse Lagerbestände von wiederaufbereitetem Uran aus Industriereaktoren, weshalb Uran aus SCC auch in Zukunft als Quelle zur ERU-Brennstoffproduktion dienen kann.

Das wiederaufbereitete, angereicherte Uran aus SCC wird mit demjenigen aus Sellafield/La Hague gemischt⁴ und zur Fabrik Mashinostroitelny Zavod (MSZ) transportiert.

Eine weitere Quelle zur ERU-Brennstoffherstellung ist wiederaufbereitetes Uran aus der Fabrik Mayak Product Association (MPA). Dort wird gebrauchter Kernbrennstoff aus nautischen Quellen (U-Booten, Eisbrechern), Forschungs- und Brutreaktoren sowie zivilen russischen Leichtwasserreaktoren aufbereitet. MPA ist eine wichtige Anlage zur Verminderung von nuklearen Altlasten aus den Zeiten des kalten Krieges, da es die einzige Anlage Russlands ist, wo Brennstoff aus ausgedienten U-Booten behandelt werden kann. Ein Teil des wiederaufbereiteten Urans aus MPA wird nach MSZ transportiert.

In MSZ wird der ERU-Brennstoff hergestellt. Dafür wird Uran aus vorhergehenden Kampagnen der Pellet- und Pulverfertigung rezykliert. Dieses rezyklierte Uran wird mit dem wiederaufbereiteten Uran aus SCC und MPA gemischt. Das gemischte Uran wird anschliessend durch Sintern in Pellets eingeschlossen. Diese Pellets werden dann in Kernbrennstäbe geladen und diese wiederum zu Brennelementen zusammengefügt.

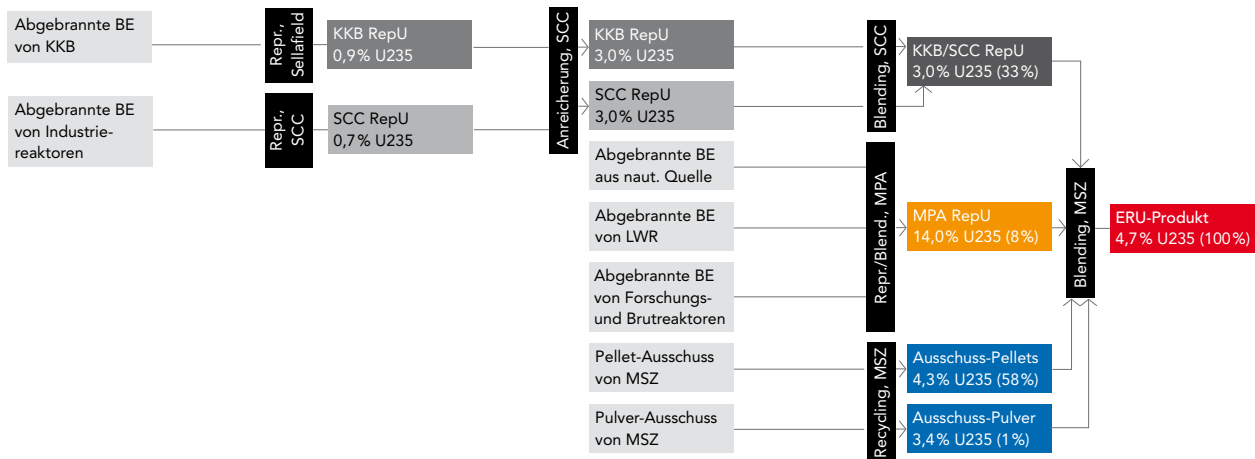
Die an der Produktion von ERU-Brennstoff beteiligten Anlagen sind in nachstehender Tabelle aufgeführt:

Firma	Anlage, Standort	Aufgabe
AREVA	La Hague, Frankreich	Rezyklierung von Uran aus gebrauchtem Kernbrennstoff aus dem KKB oder anderen westlichen Kernkraftwerken (Wiederaufarbeitung)
Sellafield Ltd.	Sellafield, Grossbritannien	Rezyklierung von Uran aus gebrauchtem Kernbrennstoff aus dem KKB oder anderen westlichen Kernkraftwerken (Wiederaufarbeitung)
Rosatom	Siberian Chemical Combine (SCC), Seversk, Russland	Rezyklierung von Uran aus gebrauchtem Kernbrennstoff russischer Industriereaktoren (Wiederaufarbeitung) Anreicherung von wiederaufbereitetem Uran aus Sellafield/La Hague Anreicherung von wiederaufbereitetem Uran aus Industriereaktoren Mischung von wiederaufbereitetem Uran aus Sellafield/La Hague mit wiederaufbereitetem Uran aus SCC
Rosatom	Mayak Product Association (MPA), Ozersk, Russland	Rezyklierung von Uran aus gebrauchtem Brennstoff von nautischen Antrieben (U-Boote, Eisbrecher), Forschungs- und Brutreaktoren sowie zivilen russischen Leichtwasserreaktoren (Wiederaufarbeitung)
Rosatom	Mashinostroitelny Zavod (MSZ), Elektrostal, Russland	Rezyklieren von Produktionsausschuss aus Pellet und Pulverherstellung Mischung (Blending) von wiederaufbereitetem Uran aus SCC, MPA sowie rezykliertem Produktionsausschuss
Rosatom	Mashinostroitelny Zavod (MSZ), Elektrostal, Russland	Fertigung von ERU-Brennelementen
ZWILAG	Zwischenlager, Würenlingen, Schweiz	Zwischenlagerung verglaster, hoch radioaktiver Abfälle und mittel radioaktiver Abfälle mit langer Halbwertszeit aus der Wiederaufarbeitung
Nagra	Konditionier- und Verpackungsanlage, Standort in der Schweiz noch nicht definiert	Verpackung verglaster Abfälle in Endlagerbehälter
Nagra	Tiefenlager für BE, HAA und LMA, Standort in der Schweiz noch nicht definiert	Lagerung radioaktiver Abfälle aus der Wiederaufarbeitung

⁴ SCC verfügt über die technischen Möglichkeiten, in einem ersten Schritt das wiederaufbereitete Uran aus den europäischen Anlagen mit demjenigen aus SCC zu mischen und in einem zweiten Schritt die Anreicherung durchzuführen. Auf die Resultate der Ökobilanz hat die Prozessabfolge keinen Einfluss.

Die nachstehende Abbildung zeigt die Herstellung von ERU-Brennstoff schematisch auf. Zudem wird der Anreicherungsgrad des Uran-235 für alle Zwischenprodukte und daraus resultierend für den ERU-Brennstoff angegeben.

Die Prozentzahlen in Klammern zeigen die Materialmengen, welche für die Mischung des ERU-Brennstoffs im Referenzjahr benötigt wurden.



Abkürzungen: BE: Brennelemente, Repr.: Reprocessing (Wiederaufarbeitung), RepU: Reprocessed uranium (wiederaufgearbeitetes Uran), LWR: ziviler Leichtwasserreaktor.

Nachgelagerte Prozesse: Elektrizitätsverteilung innerhalb des Netzes der Axpo AG

Die physikalische Verteilung der im KKB erzeugten Elektrizität lässt sich nicht exakt bestimmen. Einerseits ist das KKB direkt an das Höchstspannungsnetz (220/380 kV) der UCTE⁵ angeschlossen. Angesichts der Einspeisung in das UCTE-Netz lässt sich nicht ermitteln, welche Kunden genau mit Elektrizität des KKB versorgt werden. Andererseits wird Elektrizität auch über das Netz der Axpo AG an örtliche Kunden verteilt. Für die vorliegende Studie wurde nur die letzte Art der Verteilung berücksichtigt.

Die Axpo AG betreibt ein Verteilnetz aus 2006 km mit 110-/50-kV-Hochspannungsleitungen und 60 km 16-kV-Mittelspannungsleitungen. Kunden der Axpo AG sind meist öffentlich-rechtliche Stromversorgungsunternehmen der Schweiz, welche die Elektrizität weiter transformieren und verteilen. Im Bezugsjahr 2009/10 wurden über das Netz der Axpo AG 16,6 Terawattstunden (TWh) Elektrizität transportiert. Der Gesamtverlust aus der Verteilung im Netz der Axpo AG belief sich 2009/10 auf rund 130 Gigawattstunden (GWh), das entspricht 0,8 Prozent.

⁵ UCTE: Union for the Coordination of Transmission of Electricity

3 Deklaration der Umweltauswirkungen

3.1 Das Verfahren der Ökobilanz (LCA)

Entsprechend der Norm ISO 14025 wurde eine Ökobilanz (auch Lebenszyklusanalyse, LCA) über die Elektrizitätserzeugung im KKB und deren anschliessende Verteilung durchgeführt, um zu einer quantitativen Bestimmung der Umweltauswirkungen zu gelangen. Die Ökobilanz ist eine klar strukturierte Methode auf Basis internationaler Normen⁶, die die Quantifizierung und Bewertung der Emissionen in die Umwelt und der Ressourcennutzung über die gesamte Elektrizitätsproduktion hinweg ermöglicht. Die Ökobilanz liefert umfassende Ergebnisse zu den gesamten Energie-, Massen- und Emissionsflüssen und zu den Anteilen der wichtigsten beteiligten Prozesse. Ausserdem ermöglicht sie die Quantifizierung wesentlicher Umweltauswirkungen wie z.B. Treibhausgasemissionen.

Neben diesen Vorteilen gibt es aber auch Aspekte, die mit einer Ökobilanz nicht oder nur teilweise erfasst werden können. So berücksichtigt eine Ökobilanz beispielsweise nur den Normalbetrieb. Aussergewöhnliche Betriebszustände oder gar Unfälle sind nicht Gegen-

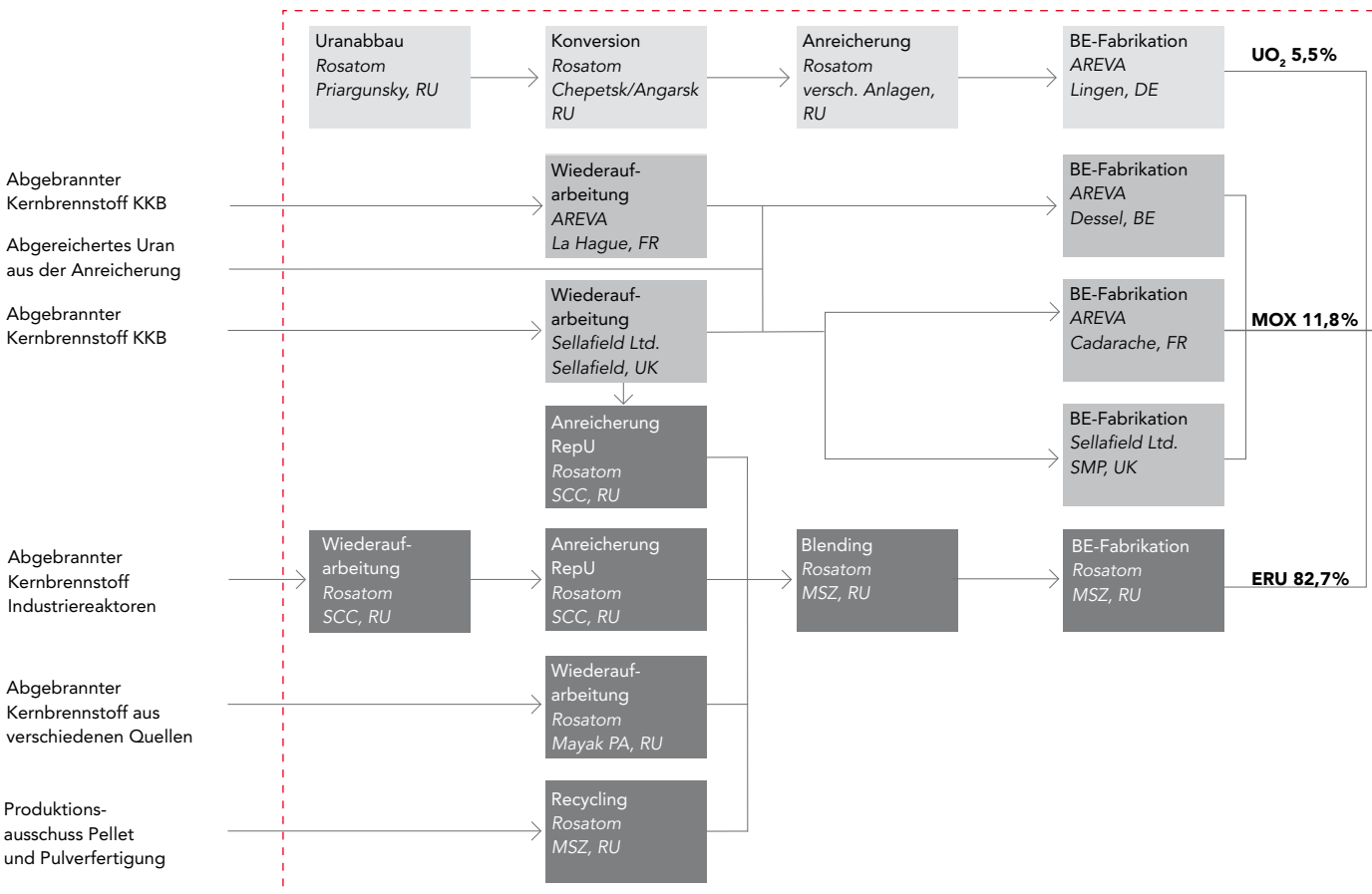
stand einer Ökobilanz. Ausserdem können durch die Betrachtung der gesamten Prozesskette örtliche Auswirkungen auf die Umwelt aus dem Blickfeld geraten, wie z.B. die Wasserqualität der Aare in unmittelbarer Umgebung des KKB. Und schliesslich liefert eine Ökobilanz nur Ergebnisse über Umweltauswirkungen. Nicht berücksichtigt werden wirtschaftliche, soziale und ethische Aspekte.

3.2 Systemgrenzen, Allokationen und Datenquellen

Die Ökobilanz berücksichtigt den gesamten Kernbrennstoffzyklus und alle zugehörigen Prozesse von der «Wiege bis zur Bahre». Bezugszeitraum war das Jahr 2009/10. Diese Periode umfasst einen Kernbrennstoffzyklus im KKB ab Beginn der jährlichen Abstellung 2009 (Revision und Brennstoffnachfüllung) bis zur Abstellung im Folgejahr 2010. Nachstehendes Diagramm ist ein vereinfachtes Prozessschema der Elektrizitätserzeugung und -verteilung aus dem KKB, das die Systemgrenzen der Ökobilanz aufzeigt.

Rezyklierte Materialien

Vorgelagerte Prozesse



Die Daten für alle Prozesse in der unten gezeigten Prozesskette wurden direkt von den Zulieferern oder aus technischen Berichten und Umweltberichten bezogen. Diese Daten bilden eine gute Basis für eine Ökobilanz. Für die Berechnung der Ökobilanzresultate wurden alle verfügbaren Daten benutzt; es wurde kein «cut-off» von unbedeutenden Daten gemacht. Daten zur Bereitstellung von Energie (Strommix, Wärme, Prozessdampf usw.) und zur Herstellung von Materialien (Stahl, Beton, Chemikalien usw.), zu Transporten sowie zur Abfallbehandlung (Verbrennungsanlagen, Abwasserreinigungsanlagen usw.) wurden der ecoinvent-Datenbank⁷ entnommen. Die ecoinvent-Datenbank wird betrieben durch Institute des ETH-Bereichs und umfasst harmonisierte, transparente und qualitätsgesicherte Inventardatensätze.

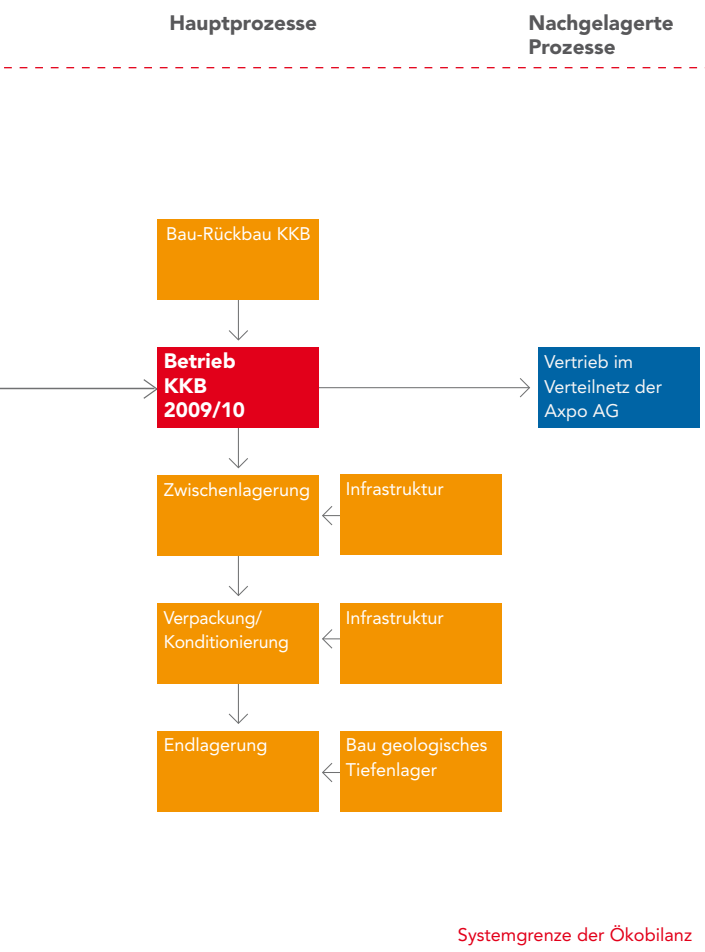
3.2.1 Hauptprozesse

Für den Betrieb des KKB sowie die Zwischenlagerung wurden die relevanten Daten grösstenteils aus dem Umweltmanagementsystem sowie durch spezifische Messungen erhoben. Diese Daten bilden den Be-

trieb in den Jahren 2006 bis 2010 ab. Die Wärmeeinleitung in das örtliche Fernwärmenetz wird in dieser Studie als Nebenprodukt angesehen. Alle Umweltbelastungen werden der Elektrizitätsproduktion zugeschrieben. Für alle Hauptprozesse wurde auch die Infrastruktur mit einbezogen. Die Infrastruktur umfasst den Bau sämtlicher Anlagen und den Rückbau des KKB, des Zwischenlagers und der Konditionier- und Verpackungsanlage. Die Daten zum Bau und Rückbau des Kernkraftwerks und des Zwischenlagers wurden aus Studien zur Stilllegung bezogen. Für das KKB wurde eine Laufzeit von 50 Jahren angenommen. Zusätzlich zu diesen Prozessen wurde auch die Herstellung der Transport- und Lagerbehälter für gebrauchte Kernbrennstoffe mit einbezogen. Daten zu der geplanten Konditionier- und Verpackungsanlage und den geologischen Tiefenlagern wurden aus 2002 veröffentlichten Berichten der Nagra sowie aus Ökobilanzstudien des Paul Scherrer Instituts (PSI) bezogen, die in der ecoinvent-Datenbank verfügbar sind. Für den Transport von Hilfsstoffen und Materialien wurden generische Transportdistanzen angenommen, wie sie auch in der ecoinvent-Datenbank verwendet werden.

3.2.2 Vorgelagerte Prozesse

Für die Prozesse Uranabbau, Konversion, Anreicherung (AECC, UEIP, SCC), Wiederaufarbeitung (La Hague, Sellafield, Mayak PA, teilweise SCC), Blending (MSZ) und Brennelementfertigung (Lingen, Dessel) konnte auf anlagenspezifische Umweltdaten zurückgegriffen werden. Die Daten wurden in Form von Umweltberichten, Produktdatenblättern der Hersteller, Expertenberichten und im persönlichen Austausch mit Experten der beteiligten Firmen gewonnen. Für die Anreicherung in ECP sowie die Brennelementfertigung in MSZ, Sellafield SMP und Cadarache waren keine oder nur teilweise standortspezifische Umweltdaten verfügbar. Die Umweltdaten für diese Anlagen wurden anhand standortspezifischer Daten aus technisch vergleichbaren Anlagen näherungsweise ermittelt.



Vereinfachtes Prozessschema der Elektrizitätserzeugung und -verteilung aus dem KKB im Bezugsjahr 2009/10. Die Prozentangaben entsprechen der anteiligen Energieerzeugung der drei Brennstoffarten im Referenzjahr.

⁶ ISO 14040 und ISO 14044 sowie Produktkategorieregel PCR-CPC 17

⁷ ecoinvent-Datenbank v2.2, Schweizerisches Zentrum für Ökoinventare, www.ecoinvent.org

3 Deklaration der Umweltauswirkungen

Die Daten geben die Prozessbedingungen im Zeitraum von 2004 bis 2010 wieder. Für den Uranabbau wurden teilweise auch Daten verwendet, welche die Prozessbedingungen Mitte der 90er Jahre repräsentieren. Für den Transport von Hilfsstoffen und Materialien wurden generische Transportdistanzen angenommen, wie sie auch in der ecoinvent-Datenbank verwendet werden. Bei den vorgelagerten Prozessen wurde die Infrastruktur gemäss den Vorgaben der Produktkategorie nicht mit berücksichtigt.

Für Recyclingprozesse wurde ein Allokationsverfahren gemäss dem Verursacherprinzip angewendet, wie es in den allgemeinen Programmanweisungen des internationalen EPD®-Systems empfohlen wird. Demzufolge bringen Materialien, die für die Herstellung von Elektrizität ab KKB wiederverwendet (rezykliert) werden, keine Umweltbelastung mit sich. Diese werden vollumfänglich den ursprünglichen Produktsystemen angelastet. Recyclingprozesse im untersuchten Produktsystem sind die Wiederaufarbeitung (Wiedergewinnung von Inhaltsstoffen gebrauchter Kernbrennstoffe), die Fabrikation von MOX-Brennelementen (Wiederverwendung von abgereichertem Uran aus der Anreicherung) sowie das Rezyklieren von Produktionsausschuss (Pellets und Pulver). Allokationen bei Prozessen, aus denen mehrere Produkte hervorgehen, wurden entsprechend den physikalischen Eigenschaften der jeweiligen Produkte vorgenommen: Umweltbelastungen aus der Wiederaufarbeitung gebrauchter Kernbrennstoffe werden, entsprechend dem Gehalt an spaltbarem Material (U-235 und Pu-239), den Produkten Uran und Plutonium zugerechnet.

3.2.3 Nachgelagerte Prozesse

Zum Betrieb des Axpo AG Netzes waren umfassende Daten verfügbar, etwa die Verteilungsverluste oder SF₆-Emissionen. Bei den nachgelagerten Prozessen wurde die Infrastruktur gemäss den Vorgaben der Produktkategorie nicht mit berücksichtigt.

3.3 Ökopprofil der Elektrizitätserzeugung

Die Ergebnisse der Ökobilanz sind in den nachstehenden Tabellen aufgeführt und werden in den Abschnitten 3.3.1, 3.3.2 und 3.5 vertieft erläutert. Der Zertifizierungsstelle standen noch detailliertere Ökobilanzergebnisse zur Verfügung. Die Mengenangaben beziehen sich auf eine Masseinheit von 1 kWh (netto) erzeugter Elektrizität im KKB im Laufe des Bezugsjahres 2009/10 sowie 1 kWh Elektrizität bei einem an das Verteilnetz der Axpo AG angeschlossenen Kunden.

Das Ökopprofil umfasst verschiedene Arten von Ökobilanzergebnissen, die sich in drei Kategorien zusammenfassen lassen:

- Sachbilanzergebnisse (Life-Cycle Inventory): Sachbilanzergebnisse sind direkte Emissionen in die und Ressourcenentnahmen aus der Umwelt. Zu diesen Ergebnissen gehören z.B. CO₂-Emissionen oder Süsswasserverbrauch.
- Ergebnisse aus der Wirkungsabschätzung (Life-Cycle Impact Assessment): Bei der Wirkungsabschätzung werden Sachbilanzergebnisse, die zur selben Umweltauswirkung beitragen (z.B. Klimaveränderung durch zunehmende Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre) in Gruppen zusammengefasst und ihre Bedeutung im Zusammenhang mit einer bestimmten Referenzsubstanz mit einem Faktor gewichtet (z.B. globales Erwärmungspotenzial von Treibhausgasen im Vergleich zu demjenigen von CO₂).
- Materialströme: In dieser Kategorie werden Abfallströme aufgeführt oder Materialien ausgewiesen, die wiederverwendet (rezykliert) werden.

Ökopprofil – Ressourcennutzung	Einheit	Per kWh Nettoelektrizität ab KKB	Per kWh Elektrizität beim Kunden der Axpo AG
Nicht erneuerbare Materialressourcen			
Sand und Kies	g	1,90	1,91
Kalkspat	g	$3,99 \cdot 10^{-1}$	$4,02 \cdot 10^{-1}$
Eisen	g	$2,14 \cdot 10^{-1}$	$2,16 \cdot 10^{-1}$
Ton	g	$2,89 \cdot 10^{-1}$	$2,92 \cdot 10^{-1}$
Nickel	g	$4,89 \cdot 10^{-2}$	$4,93 \cdot 10^{-2}$
Chrom	g	$4,55 \cdot 10^{-2}$	$4,58 \cdot 10^{-2}$
Schwerspat	g	$1,25 \cdot 10^{-3}$	$1,26 \cdot 10^{-3}$
Aluminium	g	$1,23 \cdot 10^{-2}$	$1,24 \cdot 10^{-2}$
Flussspat	g	$3,07 \cdot 10^{-9}$	$3,10 \cdot 10^{-9}$
Kupfer	g	$6,56 \cdot 10^{-3}$	$6,61 \cdot 10^{-3}$
Magnesit	g	$3,50 \cdot 10^{-3}$	$3,53 \cdot 10^{-3}$
Zink	g	$1,86 \cdot 10^{-3}$	$1,88 \cdot 10^{-3}$
Kaolinit	g	$1,18 \cdot 10^{-3}$	$1,19 \cdot 10^{-3}$
Uran	g	$1,24 \cdot 10^{-3}$	$1,25 \cdot 10^{-3}$
Zirkonium	g	$9,77 \cdot 10^{-4}$	$9,85 \cdot 10^{-4}$
Erneuerbare Materialressourcen			
Holz	m ³	$1,07 \cdot 10^{-7}$	$1,08 \cdot 10^{-7}$
Nicht erneuerbare, fossile Primärenergie-ressourcen			
Steinkohle	MJ-Äquivalente	$2,90 \cdot 10^{-2}$	$2,93 \cdot 10^{-2}$
Rohöl	MJ-Äquivalente	$8,96 \cdot 10^{-2}$	$9,04 \cdot 10^{-2}$
Erdgas	MJ-Äquivalente	$1,14 \cdot 10^{-2}$	$1,15 \cdot 10^{-2}$
Braunkohle	MJ-Äquivalente	$4,18 \cdot 10^{-3}$	$4,22 \cdot 10^{-3}$
Nicht erneuerbare, nukleare Primärenergieressourcen			
Uran	MJ-Äquivalente	$5,59 \cdot 10^{-1}$	$5,63 \cdot 10^{-1}$
Erneuerbare Primärenergieressourcen⁸			
Energie (in Biomasse)	MJ-Äquivalente (kWh)	$1,18 \cdot 10^{-3}$ ($3,27 \cdot 10^{-4}$)	$1,19 \cdot 10^{-3}$ ($3,30 \cdot 10^{-4}$)
In Windkraft umgewandelte kinetische Energie	MJ-Äquivalente (kWh)	$1,08 \cdot 10^{-4}$ ($2,99 \cdot 10^{-5}$)	$1,09 \cdot 10^{-4}$ ($3,02 \cdot 10^{-5}$)
In Wasserkraft umgewandelte potenzielle Energie	MJ-Äquivalente (kWh)	$4,25 \cdot 10^{-3}$ ($1,26 \cdot 10^{-3}$)	$4,55 \cdot 10^{-3}$ ($1,27 \cdot 10^{-3}$)
Umgewandelte Solarenergie	MJ-Äquivalente (kWh)	$3,35 \cdot 10^{-6}$ ($9,32 \cdot 10^{-7}$)	$3,38 \cdot 10^{-6}$ ($9,39 \cdot 10^{-7}$)
Elektrizitätsverbrauch im KKB			
	kWh	$4,23 \cdot 10^{-2}$	$4,27 \cdot 10^{-2}$
Materialien, die wiederverwendet (rezykliert) werden			
Rezykliertes Uran aus Kernbrennstoffen	g	$5,09 \cdot 10^{-3}$	$5,13 \cdot 10^{-3}$
Abgereichertes Uran aus der Anreicherung	g	$2,55 \cdot 10^{-4}$	$2,57 \cdot 10^{-4}$
Aluminiumschrott	g	$3,66 \cdot 10^{-3}$	$3,69 \cdot 10^{-3}$
Eisenschrott	g	$1,35 \cdot 10^{-1}$	$1,36 \cdot 10^{-1}$
Kupferschrott	g	$2,02 \cdot 10^{-3}$	$2,04 \cdot 10^{-3}$
Bleischrott	g	$8,90 \cdot 10^{-4}$	$8,98 \cdot 10^{-4}$
Sonstiger Schrott aus elektronischen Geräten	g	$1,14 \cdot 10^{-2}$	$1,14 \cdot 10^{-2}$
Andere rezyklierte Metalle	g	$1,67 \cdot 10^{-2}$	$1,68 \cdot 10^{-2}$
Wasserverbrauch			
Süswasser	g	$3,53 \cdot 10^4$	$3,55 \cdot 10^4$
Salzwasser	g	2,95	2,98

⁸ Gemäss der Produktkategorieregeln sollen Beiträge zum Primärenergieverbrauch von erneuerbaren Ressourcen in kWh ausgewiesen werden. Für eine einfache Vergleichbarkeit mit anderen Primärenergieverbräuchen werden die Resultate auch in MJ-Äquivalenten dargestellt.

3 Deklaration der Umweltauswirkungen

Ökopprofil – Schadstoffemissionen	Einheit	Per kWh Nettoelektrizität ab KKB	Per kWh Elektrizität beim Kunden der Axpo AG
Emissionen in die Luft – Ergebnisse der Wirkungsabschätzung			
Treibhausgase (100 Jahre)	g CO ₂ -Äquivalente	3,54	3,61
Ozonabbauende Gase	g CFC-11-Äquivalente	4,75 · 10 ⁻⁷	4,78 · 10 ⁻⁷
Versäuerung	g SO ₂ -Äquivalente	1,34 · 10 ⁻²	1,35 · 10 ⁻²
Smogbildung	g Ethylen-Äquivalente	1,93 · 10 ⁻³	1,94 · 10 ⁻³
Emissionen in die Luft, die massgeblich zu den Ergebnissen der Wirkungsabschätzung beitragen			
Ammoniak	g	2,66 · 10 ⁻⁴	2,68 · 10 ⁻⁴
Kohlendioxid, fossil	g	3,20	3,22
Kohlenmonoxid	g	8,58 · 10 ⁻³	8,65 · 10 ⁻³
Dinitrogenmonoxid	g	3,34 · 10 ⁻⁴	3,36 · 10 ⁻⁴
Tetrachlormethan, CFC-10	g	1,63 · 10 ⁻⁷	1,64 · 10 ⁻⁷
Bromchlordifluormethan, Halon 1211	g	1,55 · 10 ⁻⁸	1,56 · 10 ⁻⁸
Bromtrifluormethan, Halon 1301	g	7,00 · 10 ⁻⁹	7,05 · 10 ⁻⁹
Methan, biogen	g	9,05 · 10 ⁻⁵	9,12 · 10 ⁻⁵
Methan, fossil	g	8,76 · 10 ⁻³	8,83 · 10 ⁻³
Stickstoffdioxide (NO ₂)	g	1,78 · 10 ⁻³	1,79 · 10 ⁻³
Stickoxide (NO _x)	g	6,25 · 10 ⁻³	6,30 · 10 ⁻³
Nicht methanische flüchtige organische Verbindungen (NMVOC)	g	1,07 · 10 ⁻³	1,08 · 10 ⁻³
Schwefeldioxid	g	8,95 · 10 ⁻³	9,02 · 10 ⁻³
Weitere relevante, nicht radioaktive Emissionen in die Luft			
Kohlendioxid, biogen	g	8,09 · 10 ⁻²	8,16 · 10 ⁻²
Partikel < 10 µm	g	1,74 · 10 ⁻³	1,75 · 10 ⁻³
Partikel < 2,5 µm	g	2,21 · 10 ⁻³	2,23 · 10 ⁻³
Partikel > 10 µm	g	3,73 · 10 ⁻³	3,76 · 10 ⁻³
Arsen	g	2,18 · 10 ⁻⁶	2,20 · 10 ⁻⁶
Cadmium	g	6,41 · 10 ⁻⁷	6,46 · 10 ⁻⁷
Dioxine	g	2,85 · 10 ⁻¹²	2,87 · 10 ⁻¹²
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	g	1,11 · 10 ⁻⁶	1,11 · 10 ⁻⁶
Radioaktive Emissionen in die Luft			
Tritium H3	kBq	1,59 · 10 ⁻¹	1,60 · 10 ⁻¹
Kohlenstoff 14	kBq	4,19 · 10 ⁻²	4,22 · 10 ⁻²
Krypton (alle Isotope)	kBq	2,47 · 10 ²	2,49 · 10 ²
Radon (alle Isotope)	kBq	2,18 · 10 ⁻¹	2,20 · 10 ⁻¹
Xenon (alle Isotope)	kBq	8,41 · 10 ⁻¹	8,48 · 10 ⁻¹
Argon 41	kBq	5,99	6,04
Edelgase, unspezifiziert	kBq	7,66 · 10 ⁻¹	7,73 · 10 ⁻¹
Sonstige radioaktive Isotope	kBq	5,74 · 10 ⁻¹	5,78 · 10 ⁻¹
Radon (Langzeitmissionen)	kBq	3,65 · 10 ²	3,68 · 10 ²
Emissionen in Wasser – Ergebnisse der Wirkungsabschätzung			
Überdüngung (Eutrophierung)	g PO ₄ ³⁻ -Äquivalente	3,39 · 10 ⁻³	3,41 · 10 ⁻³

Emissionen in Wasser, die massgeblich zu den Ergebnissen der Wirkungsabschätzung beitragen			
Nitrat	g	$3,01 \cdot 10^{-3}$	$3,04 \cdot 10^{-3}$
Phosphat	g	$1,80 \cdot 10^{-3}$	$1,81 \cdot 10^{-3}$
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	g	$2,76 \cdot 10^{-3}$	$2,78 \cdot 10^{-3}$
Ammonium, Ion	g	$2,66 \cdot 10^{-5}$	$2,68 \cdot 10^{-5}$
Weitere relevante, nicht radioaktive Emissionen in Wasser			
Sulfat	g	$2,10 \cdot 10^{-2}$	$2,12 \cdot 10^{-2}$
Öl	g	$7,33 \cdot 10^{-4}$	$7,39 \cdot 10^{-4}$
Radioaktive Emissionen in Wasser			
Tritium H3	kBq	$1,63 \cdot 10^1$	$1,64 \cdot 10^1$
Kohlenstoff 14	kBq	$1,76 \cdot 10^{-2}$	$1,77 \cdot 10^{-2}$
Strontium (alle Isotope)	kBq	$3,18 \cdot 10^2$	$3,21 \cdot 10^2$
Cäsium (alle Isotope)	kBq	$3,27 \cdot 10^2$	$3,30 \cdot 10^2$
Sonstige Actinide	kBq	$9,48 \cdot 10^{-3}$	$9,56 \cdot 10^{-3}$
Sonstige radioaktive Isotope	kBq	$3,84 \cdot 10^{-2}$	$3,87 \cdot 10^{-2}$
Weitere relevante, nicht radioaktive Emissionen in die Erde			
Öl	g	$6,99 \cdot 10^{-4}$	$7,05 \cdot 10^{-4}$

Ökopprofil – Abfälle und Materialien zur Wiedergewinnung	Einheit	Per kWh Nettoelektrizität ab KKB	Per kWh Elektrizität beim Kunden der Axpo AG
Hauptprozesse			
Gebrauchter Kernbrennstoff aus KKB			
Gebrauchter Kernbrennstoff (inkl. Brennelemente)	g	$3,49 \cdot 10^{-3}$	$3,52 \cdot 10^{-3}$
Schwermetalle im gebrauchten Kernbrennstoff (Anfangsmenge Uran und Plutonium in den Brennelementen)	g	$2,33 \cdot 10^{-3}$	$2,34 \cdot 10^{-3}$
Sonderabfall – radioaktiv			
BE/HAA/LMA ⁹ in geologischem Tiefenlager	m ³	$6,66 \cdot 10^{-9}$	$6,71 \cdot 10^{-9}$
SMA ¹⁰ in geologischem Tiefenlager	m ³	$4,00 \cdot 10^{-8}$	$4,04 \cdot 10^{-8}$
Sonderabfall – nicht radioaktiv			
Sonderabfall zur Verbrennung	g	$2,20 \cdot 10^{-2}$	$2,22 \cdot 10^{-2}$
Sonstiger Abfall			
Nicht gefährlicher Abfall zur Deponierung	g	3,10	3,13
Nicht gefährlicher Abfall zur Wiedergewinnung	g	1,04	1,05
Nicht gefährlicher Abfall zur Verbrennung	g	$2,63 \cdot 10^{-2}$	$2,65 \cdot 10^{-2}$
Vorgelagerte Prozesse			
Sonderabfall – radioaktiv			
BE/HAA/LMA in geologischem Tiefenlager	m ³	$4,15 \cdot 10^{-9}$	$4,18 \cdot 10^{-9}$
SMA in geologischem Tiefenlager	m ³	$9,58 \cdot 10^{-7}$	$9,66 \cdot 10^{-7}$
Sonderabfall – nicht radioaktiv			
Abgereichertes Uran aus der Anreicherung (Tails), zum Rezyklieren	g	$3,28 \cdot 10^{-3}$	$3,31 \cdot 10^{-3}$
Sonderabfall zur Verbrennung	g	$6,89 \cdot 10^{-3}$	$6,95 \cdot 10^{-3}$
Sonstiger Abfall			
Nicht gefährlicher Abfall zur Deponierung	g	$9,30 \cdot 10^{-1}$	$9,37 \cdot 10^{-1}$
Nicht gefährlicher Abfall zur Wiedergewinnung	g	$3,01 \cdot 10^{-2}$	$3,04 \cdot 10^{-2}$
Nicht gefährlicher Abfall zur Verbrennung	g	$1,01 \cdot 10^{-2}$	$1,02 \cdot 10^{-2}$

⁹ BE/HAA/LMA: Brennelemente/hochaktive Abfälle/mittelaktive Abfälle mit langer Halbwertszeit

¹⁰ SMA: schwach- und mittelaktive Abfälle

3 Deklaration der Umweltauswirkungen

Verschiedene Beiträge aus dem Lebenszyklus zu den gesamten Resultaten werden in nachstehenden Abbildungen für alle Wirkungskategorien dargestellt. Die Beiträge werden aufgeteilt nach:

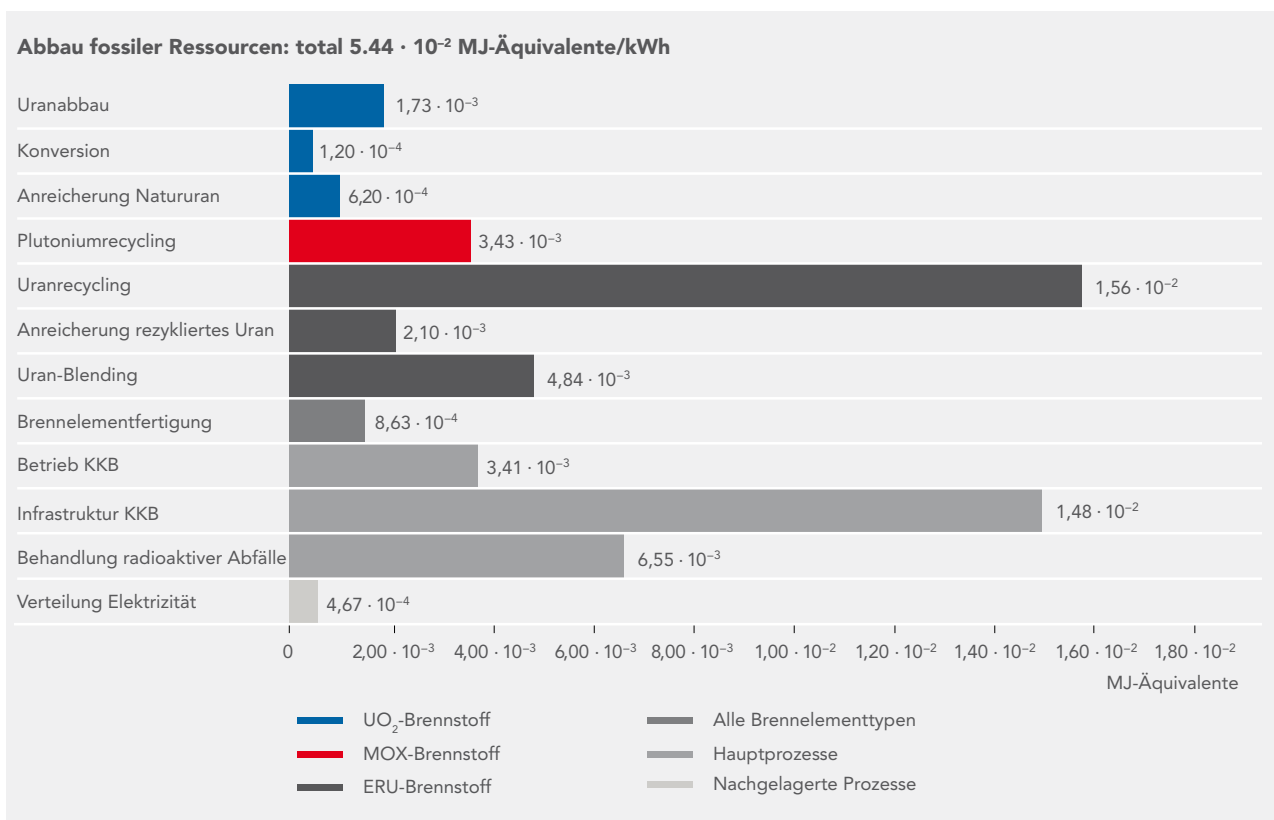
- Uranabbau: Gewinnung von Natururan (UO₂-Brennstoff).
- Konversion: Konversion des Natururans (UO₂-Brennstoff).
- Anreicherung: Anreicherung des Natururans (UO₂-Brennstoff).
- Plutoniumrecycling: Wiederaufarbeitung von gebrauchtem Kernbrennstoff in den Anlagen Sellafield und La Hague für die Rückgewinnung von Plutonium (MOX-Brennstoff).
- Uranrecycling: Wiederaufarbeitung von gebrauchtem Kernbrennstoff in den Anlagen Sellafield, La Hague, SCC und MPA für die Rückgewinnung von Uran (ERU-Brennstoff).
- Anreicherung rezykliertes Uran: Anreicherung von wiederaufbereitetem Uran aus den Anlagen Sellafield/La Hague und SCC in SCC (ERU-Brennstoff).
- Uran-Blending: Rezyklierung von Produktionsausschuss aus der Pellet- und Pulverfertigung sowie Mischung (Blending) von wiederaufbereitetem und rezykliertem Uran (ERU-Brennstoff).
- Brennelementfertigung: Fertigung der Brennelemente für alle Brennstoffarten.
- Betrieb KKB: Betrieb des Kernkraftwerks Beznau sowie Herstellung der benötigten Betriebsmittel (Chemikalien, Harze usw.) und Transport- und Lagerbehälter für gebrauchte Brennelemente.
- Infrastruktur KKB: Bau und Rückbau des Kernkraftwerks Beznau.
- Behandlung radioaktiver Abfälle: Behandlung aller Arten des radioaktiven Abfalles in den Zwischenlagern sowie Bau und Betrieb der vorgesehenen geologischen Tiefenlager.
- Elektrizitätsverteilung: Transport der in Beznau erzeugten Elektrizität über das Verteilnetz der Axpo AG.

3.3.1 Ressourcenverbrauch

Verbrauch fossiler Ressourcen

Fossile Ressourcen dienen hauptsächlich der Erzeugung von Prozessenergie (Wärme, Dampf) und Elektrizität. In der Prozesskette des KKB wird diese fossile Energie entweder direkt zur Energieversorgung für Prozesse verwendet (z.B. Wiederaufarbeitung) oder in Prozessen benötigte Materialien und Hilfsstoffe erfordern fossile Energie zu ihrer Herstellung (z.B. Stahl, Chemikalien, Zement). Der Verbrauch fossiler Ressourcen wird über deren Bruttoheizwerte angegeben.

Die wichtigsten Verbräuche fossiler Ressourcen sind mit 60 Prozent Kohle und mit 20 Prozent Gas. Kohle und Gas sind einerseits wichtige Energieträger zur Bereitstellung von Prozessenergie in mehreren russischen Fertigungsanlagen (MSZ, SCC, MPA, Uranabbau). Andererseits wird Kohle auch zur Herstellung von Materialien mit hohem Energieverbrauch bei ihrer Produktion wie z.B. Stahl, Zement und elektronische Ausrüstung eingesetzt, weshalb auch die Infrastruktur des KKB einen grossen Beitrag in dieser Wirkungskategorie zeigt.



Das Diagramm zeigt gerundete Ergebnisse

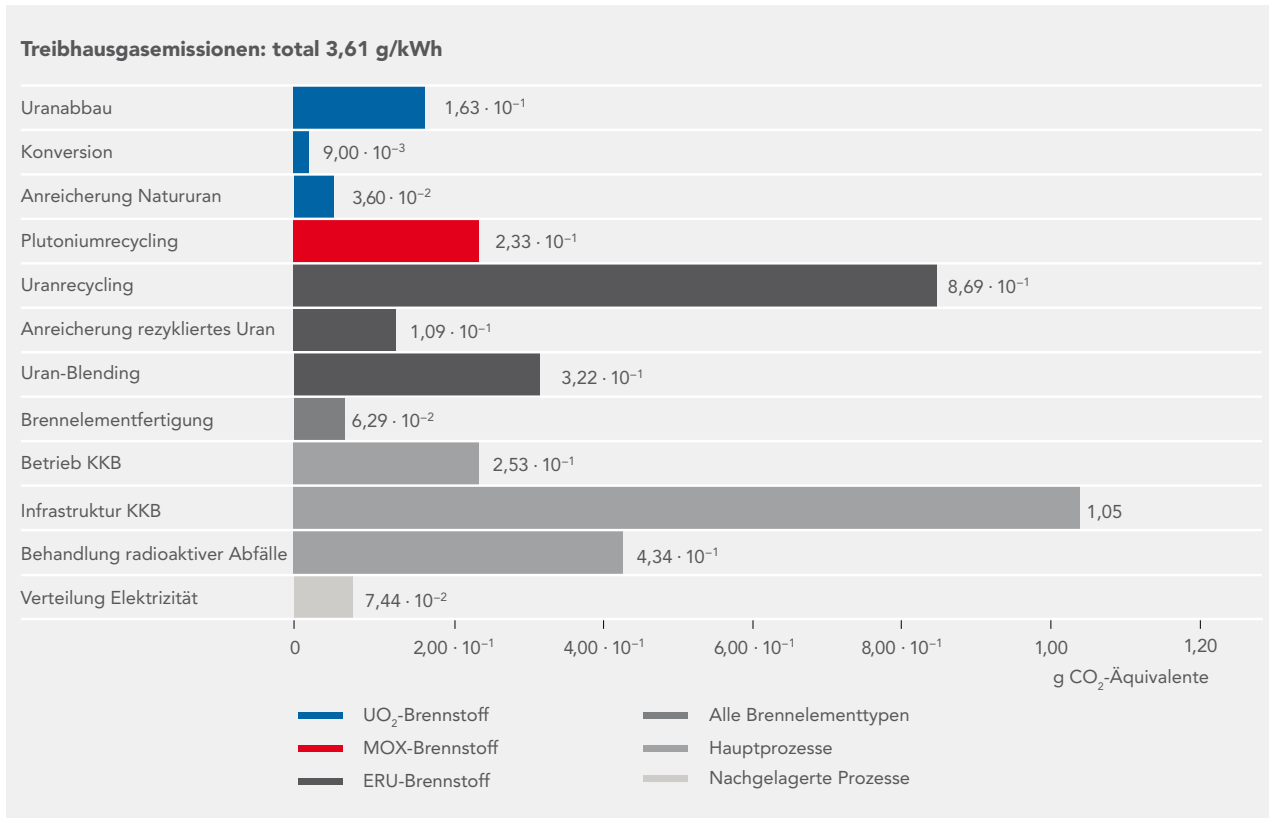
3 Deklaration der Umweltauswirkungen

3.3.2 Schadstoffemissionen

Emissionen an Treibhausgasen

Kohlendioxid ist mit einem Anteil von 90 Prozent das dominierende Treibhausgas. Bei der Herstellung der Kernbrennstoffe entstehen Treibhausgasemissionen durch die energieintensiven Prozesse der Wiederaufarbeitung und das Rezyklieren von Produktionsaus-

schluss und Mischen (Blending). Ebenfalls zeigen sich verhältnismässig hohe Treibhausgasemissionen aus dem Uranabbau, da diese Mine durch Energie aus dem lokalen Braunkohlekraftwerk versorgt wird. Bedeutende Treibhausgasquellen beim Bau und in der Abfallentsorgung des KKB sind die Herstellung von Stahl, elektronischen Komponenten und Zement.



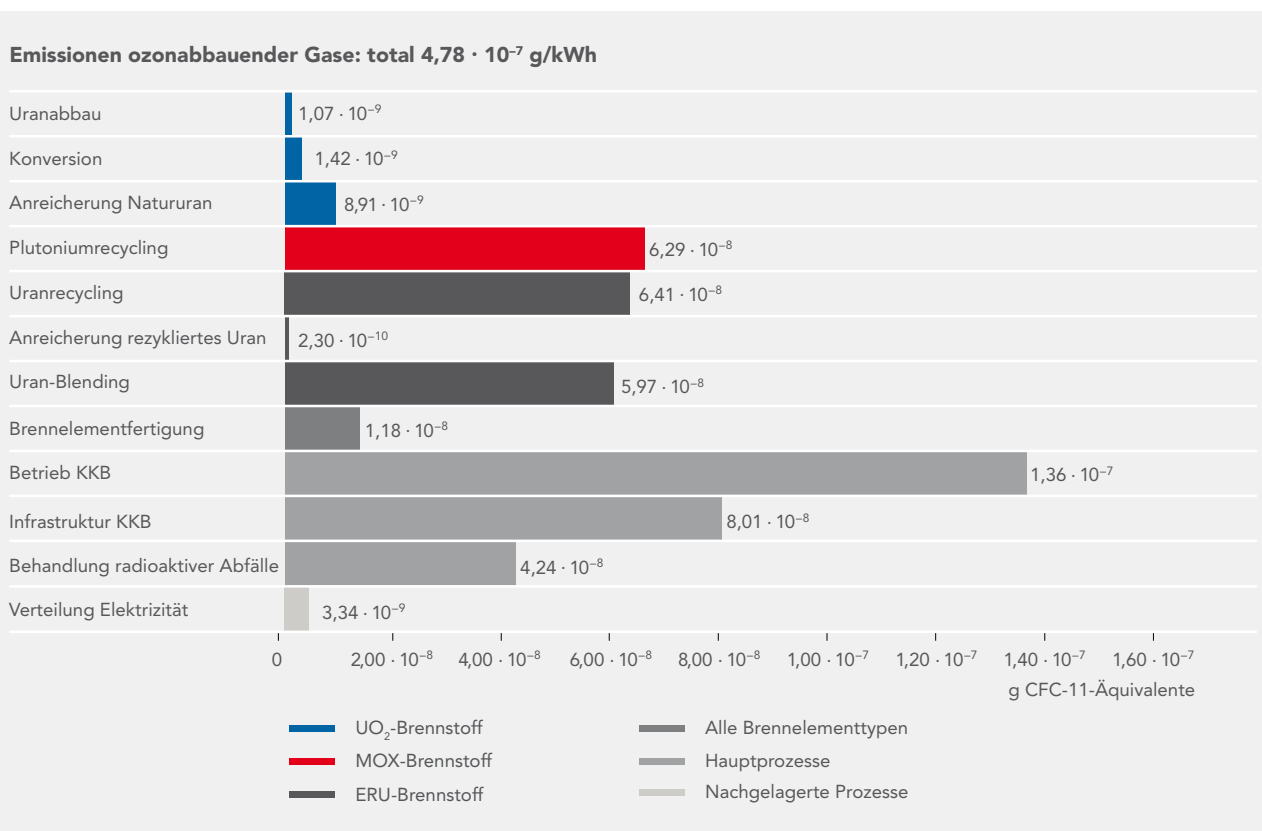
Das Diagramm zeigt gerundete Ergebnisse

Emissionen ozonabbauender Gase

Der stratosphärische Ozonabbau wird durch katalytische Aufspaltung des Ozons durch Chlor und Brom verursacht. Wichtigste Ursache für diese Halogenatome in der Stratosphäre ist die Photodissoziation von Chlorfluorkohlenwasserstoffverbindungen (CFC) und Bromfluorkohlenwasserstoffverbindungen, den sogenannten Halonen. Diese Verbindungen steigen nach der Ausscheidung an der Oberfläche in die Stratosphäre auf.

In dieser Studie sind die wesentlichen am Ozonabbau beteiligten Substanzen CFC-10 (42%), Halon 1211 (30%) und Halon 1301 (15%). Halon 1211 und Halon

1301 sind wichtige Substanzen für Feuerlöschanlagen in industriellen Produktionswerken wie den Wiederaufarbeitungsanlagen. Diese Chemikalien werden auch in petrochemischen Produktionswerken eingesetzt. Daher tragen auch energieintensive Prozesse wie z.B. das Blending oder die Herstellung von Stahl, elektronischen Bauteilen und von Zement zu den Emissionen der Halone bei. Der hohe Anteil des KKB-Betriebs an den gesamten ozonabbauenden Emissionen geht auf die CFC-10-Emissionen aus der Herstellung von anionischem Harz und hypochlorischer Säure sowie aus Kältemitteln zurück.



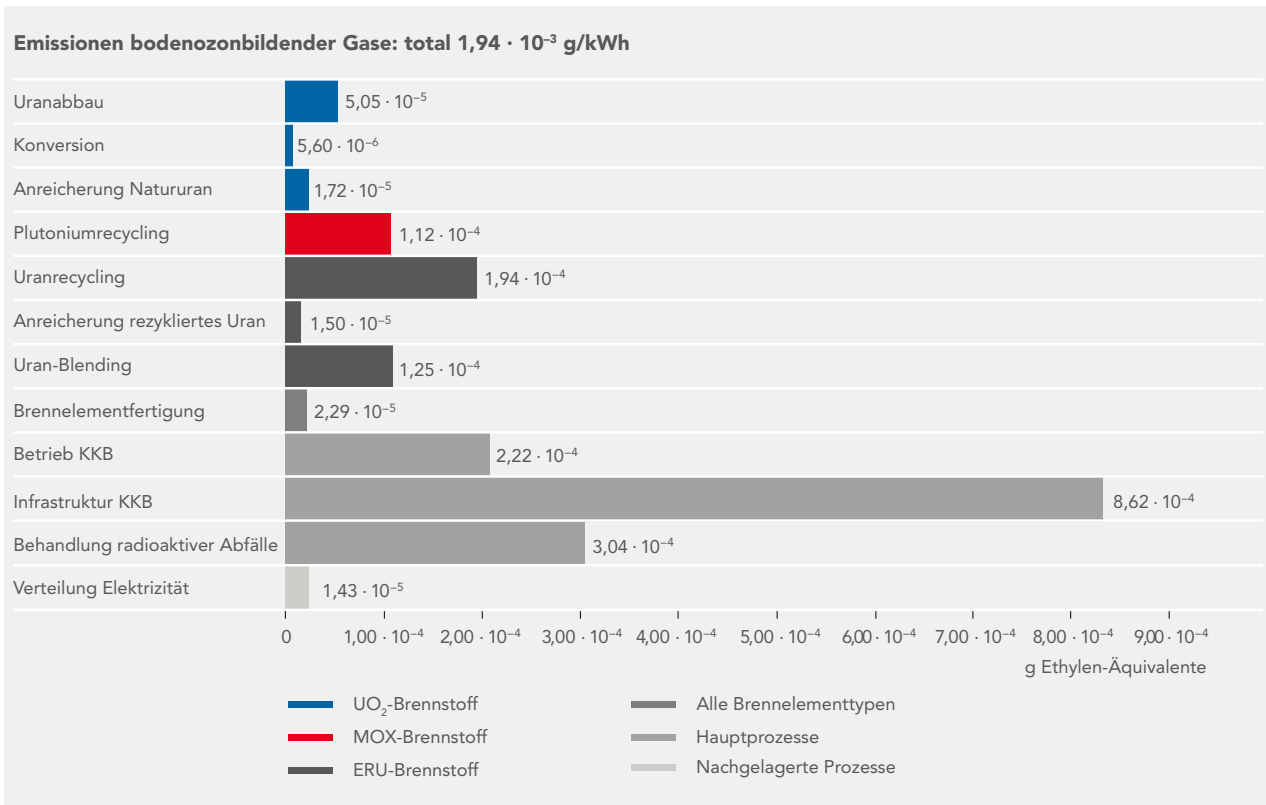
Das Diagramm zeigt gerundete Ergebnisse

3 Deklaration der Umweltauswirkungen

Emissionen bodenozonbildender Gase (Smogbildung)

Das Zusammenspiel von intensiver Sonnenstrahlung, Stickoxiden und Kohlenwasserstoffen sowie anderen Chemikalien in der Luft führt zur Bildung photochemischer Oxidantien, vorwiegend Bodenozon. Den grössten Anteil mit ca. 55 Prozent bilden NMVOC-Emissionen. Zusammen mit Schwefeldioxid (22%) und Koh-

lenmonoxid (12%) tragen diese zu 90 Prozent zum Gesamtergebnis in dieser Wirkungskategorie bei. Hauptursachen sind energieintensive Prozesse, wie z.B. die Herstellung von Stahl, elektronischen Komponenten und von Zement sowie die Wiederaufarbeitung und das Blending. Der Betrieb des KKB zeigt einen verhältnismässig hohen Beitrag, weil hier auch die Herstellung der Transport- und Lagerbehälter berücksichtigt wird.



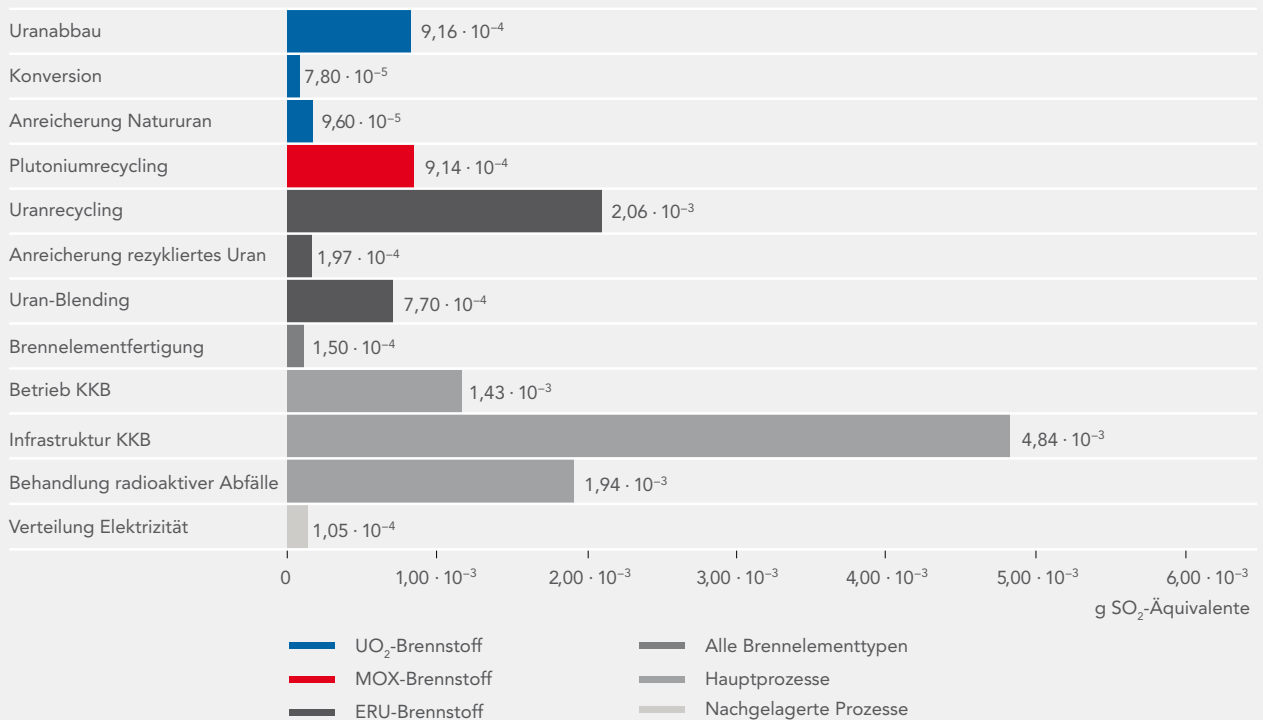
Das Diagramm zeigt gerundete Ergebnisse

Emissionen, die zu Versäuerung führen

Unter Versäuerung wird die Erhöhung der Konzentration von Wasserstoff-Ionen in der Umwelt (Luft, Wasser und Boden) verstanden. Schwefel- und Stickstoffverbindungen aus anthropogen verursachten Emissionen oxidieren in der Luft zu Schwefel- bzw. Salpetersäure, die zum Eintrag von Säuren in die Umwelt führen und Boden, Gewässer, Lebewesen und Gebäude schädigen. In versauerten Böden werden Nährstoffe schneller ausgewaschen sowie Schwermetalle freigesetzt. Die wichtigsten säurebildenden Emissionen in dieser Studie sind Schwefeldioxid (67%)

und Stickoxide (23%). Hauptquellen für diese Emissionen bei der Infrastruktur sind die Klinkerherstellung sowie der Einsatz von Diesel in Baumaschinen. Ebenfalls werden Stickoxide und Schwefeldioxide bei der Verbrennung von Kohle freigesetzt, weshalb die Wiederaufarbeitung in den russischen Produktionsanlagen SCC und MPA sowie der Uranabbau einen relativ hohen Beitrag leisten. Zudem werden beim Uranabbau grössere Mengen Schwefelsäure eingesetzt, deren Herstellung Schwefeldioxidemissionen verursacht.

Emissionen säurebildender Substanzen: total $1,35 \cdot 10^{-2}$ g/kWh



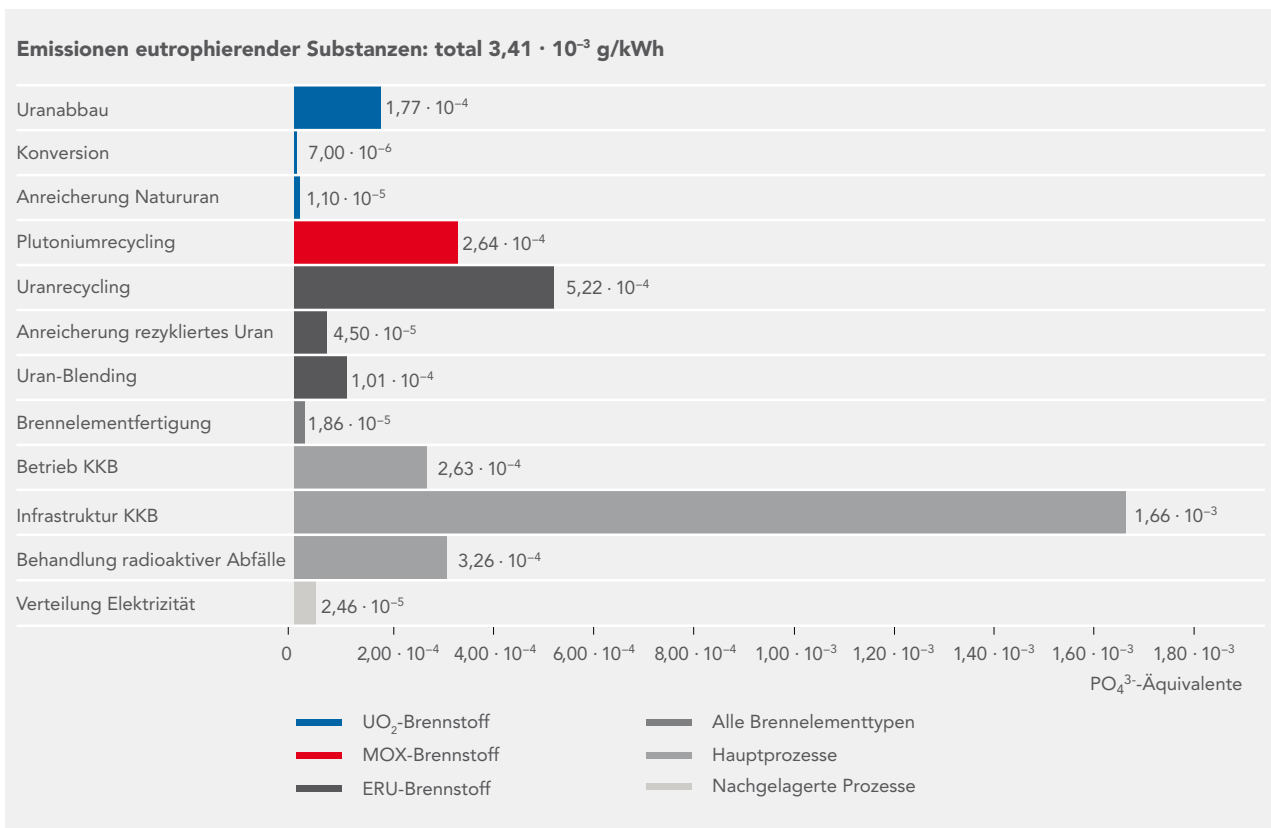
Das Diagramm zeigt gerundete Ergebnisse

3 Deklaration der Umweltauswirkungen

Emissionen, die zu Überdüngung von Gewässern (Eutrophierung) führen

Ein anthropogen verursachter, übermässiger Eintrag von Nährstoffen – insbesondere Phosphor- und Stickstoffverbindungen – in Gewässer führt zu einem erhöhten Wachstum von Wasserpflanzen. Durch das vermehrte Absterben dieser Pflanzen wird bei der anschliessenden Zersetzung übermässig Sauerstoff verbraucht, was zu anaeroben Verhältnissen in Gewässern und Fischsterben führen kann.

Die wichtigsten eutrophierenden Emissionen in dieser Studie sind Phosphateinträge in Gewässer, die mit 53 Prozent zum Gesamtergebnis beitragen, sowie Stickoxidemissionen in die Luft mit 30 Prozent. Diese Emissionen stammen einerseits aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe, weshalb die energieintensive Herstellung der für den Bau des KKB benötigten Materialien dominierend ist. Andererseits handelt es sich bei diesen Emissionen um direkte Prozessemissionen, vor allem aus den Wiederaufarbeitungsanlagen.

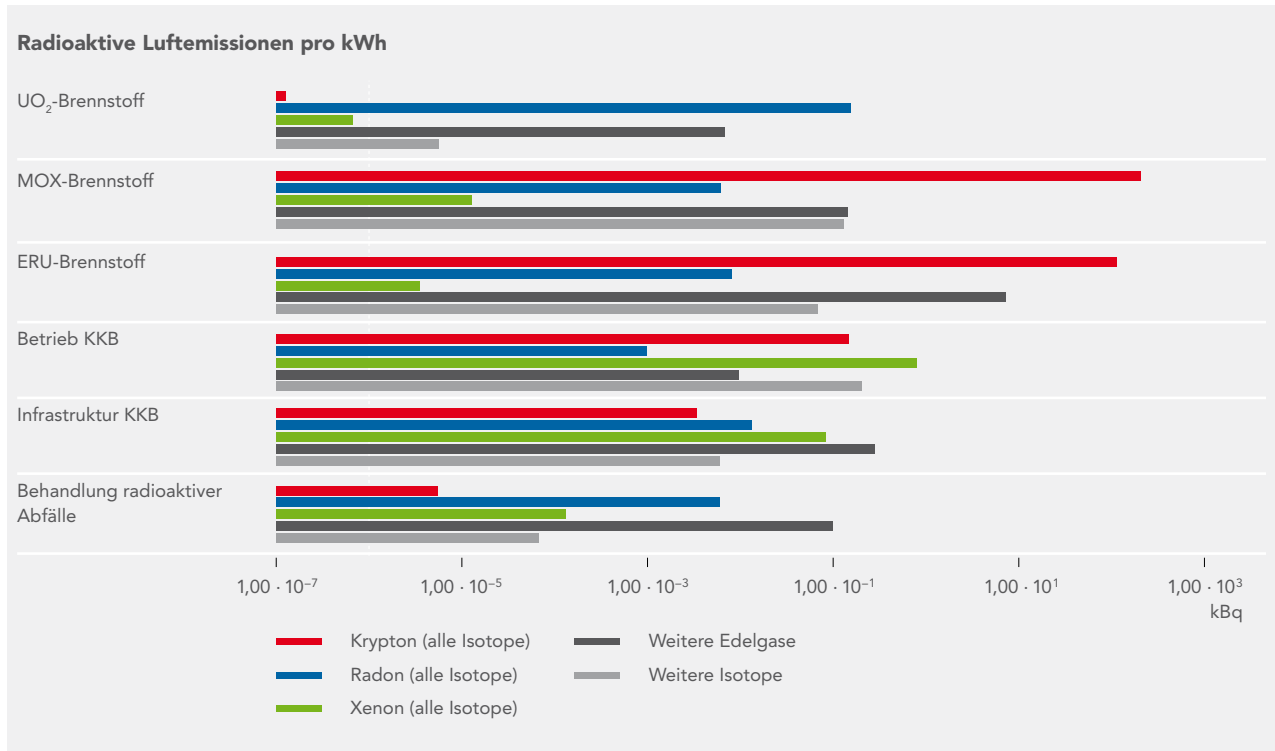


Das Diagramm zeigt gerundete Ergebnisse

Radioaktive Emissionen in die Luft

Die Hauptquelle radioaktiver Emissionen in die Luft sind Emissionen von Krypton oder anderen Edelgasen aus den Wiederaufarbeitungsanlagen. Die Wiederaufarbeitung ist ein wichtiger Prozessschritt für die Herstel-

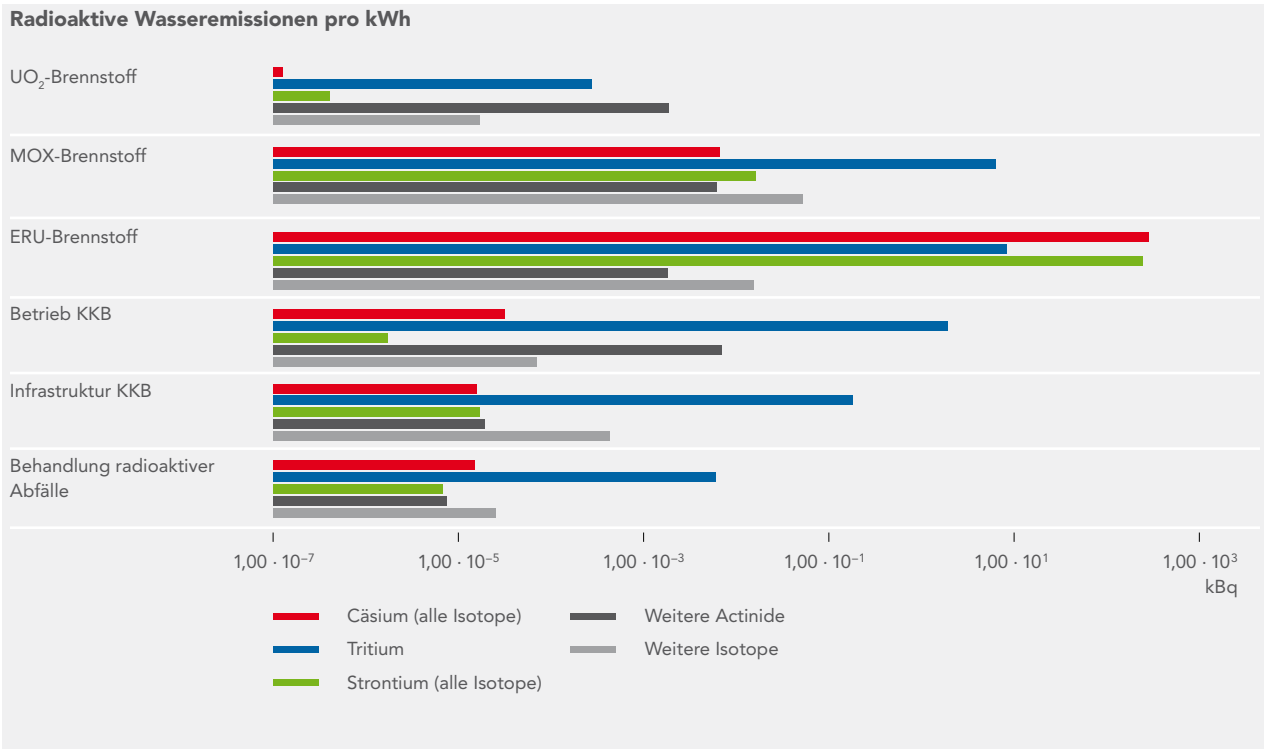
lung von MOX- und ERU-Brennstoff. Andere radioaktive Emissionen entstehen in geringerer Masse aus dem Betrieb des KKB (Xenon), dem Uranabbau (Radon) oder dem Elektrizitätsverbrauch in Ländern mit Kernkraftwerken im Produktionsmix.



3 Deklaration der Umweltauswirkungen

Radioaktive Emissionen in Wasser

Den wesentlichen Anteil an radioaktiven Emissionen in Wasser haben die Strontium-, Cäsium- und Tritiumemissionen aus der Wiederaufarbeitung. Die Wiederaufarbeitung ist ein wichtiger Prozessschritt für die Herstellung von MOX- und ERU-Brennstoff.



3.4 Unsicherheitsanalyse

Das Ziel dieser Analyse ist eine quantitative Abschätzung, in welchem Unsicherheitsbereich die berechneten Resultate der Ökobilanz liegen. Eine Variabilität der berechneten Resultate kommt dadurch zustande, dass Input- und Output-Grössen in der gesamten Prozesskette (z.B. Energieverbrauch oder CO₂-Emissionen) nicht genaue Werte sind, sondern auch Schwankungen aufweisen. Zur Durchführung der Unsicherheitsanalyse wurden Wahrscheinlichkeitsverteilungen für Werte der Input- und Output-Grössen definiert. Für alle Hintergrundprozesse wurden Wahrscheinlichkeitsverteilungen aus der ETH-ecoinvent-Datenbank¹¹ übernommen. Zusätzlich wurden Wahrscheinlichkeitsverteilungen definiert für Input- und Output-Grössen dominanter Prozesse, welche in der vorliegenden Studie modelliert wurden. So dominieren beispielsweise der Strom- und

Wärmeverbrauch der Wiederaufarbeitungsanlagen die Resultate in den meisten Wirkungskategorien. Um die Wahrscheinlichkeitsverteilungen für diese Parameter festzulegen, wurden Daten aus allen vier Wiederaufarbeitungsanlagen (Sellafeld, La Hague, SCC und MPA) verwendet, welche in der Prozesskette des KKB im Referenzjahr involviert waren.

Die Berechnung der Unsicherheitsbereiche aller Wirkungskategorien wurde durch sich zufällig wiederholende Stichproben mittels eines Monte-Carlo-Algorithmus vorgenommen. In dieser Studie wird der Unsicherheitsbereich definiert als das 95-Prozent-Intervall der Verteilung der gesammelten Stichproben. Das 2,5te Perzentil wurde als Minimum und das 97,5te Perzentil als Maximum definiert. Die Resultate der Monte-Carlo-Berechnung werden in untenstehenden Tabellen aufgezeigt.

1 kWh Nettoelektrizität ab KKB					
Umweltauswirkung	Einheit	Berechneter Wert ohne Unsicherheiten	Median (50stes Perzentil)	Minimum (2,5tes Perzentil)	Maximum (97,5tes Perzentil)
Treibhausgase	g CO ₂ -Äquivalente	3,54	3,70	3,16	4,26
Ozonabbauende Gase	g CFC-11-Äquivalente	4,75 · 10 ⁻⁷	4,97 · 10 ⁻⁷	3,50 · 10 ⁻⁷	7,47 · 10 ⁻⁷
Smogbildung (bodennahes Ozon)	g Ethylen-Äquivalente	1,93 · 10 ⁻³	2,02 · 10 ⁻³	1,66 · 10 ⁻³	2,58 · 10 ⁻³
Versäuerung	g SO ₂ -Äquivalente	1,34 · 10 ⁻²	1,43 · 10 ⁻²	1,17 · 10 ⁻²	1,95 · 10 ⁻²
Überdüngung (Eutrophierung)	g PO ₄ ³⁻ -Äquivalente	3,39 · 10 ⁻³	3,31 · 10 ⁻³	1,89 · 10 ⁻³	7,78 · 10 ⁻³
Abbau fossiler Ressourcen	MJ-Äquivalente	5,40 · 10 ⁻²	5,62 · 10 ⁻²	4,63 · 10 ⁻²	6,72 · 10 ⁻²

Die Tabelle zeigt gerundete Ergebnisse

1 kWh Nettoelektrizität beim Kunden der Axpo AG					
Umweltauswirkung	Einheit	Berechneter Wert ohne Unsicherheiten	Median (50stes Perzentil)	Minimum (2,5tes Perzentil)	Maximum (97,5tes Perzentil)
Treibhausgase	g CO ₂ -Äquivalente	3,61	3,82	3,29	4,36
Ozonabbauende Gase	g CFC-11-Äquivalente	4,78 · 10 ⁻⁷	5,02 · 10 ⁻⁷	3,54 · 10 ⁻⁷	7,45 · 10 ⁻⁷
Smogbildung (bodennahes Ozon)	g Ethylen-Äquivalente	1,94 · 10 ⁻³	2,06 · 10 ⁻³	1,68 · 10 ⁻³	2,59 · 10 ⁻³
Versäuerung	g SO ₂ -Äquivalente	1,35 · 10 ⁻²	1,47 · 10 ⁻²	1,18 · 10 ⁻²	2,11 · 10 ⁻²
Überdüngung (Eutrophierung)	g PO ₄ ³⁻ -Äquivalente	3,41 · 10 ⁻³	3,62 · 10 ⁻³	1,91 · 10 ⁻³	1,06 · 10 ⁻²
Abbau fossiler Ressourcen	MJ-Äquivalente	5,45 · 10 ⁻²	5,75 · 10 ⁻²	4,78 · 10 ⁻²	6,87 · 10 ⁻²

Die Tabelle zeigt gerundete Ergebnisse

¹¹ Ecoinvent report No 1, Overview and Methodology, veröffentlicht vom Schweizer Zentrum für Ökoinventare

3 Deklaration der Umweltauswirkungen

3.5 Dominanzanalyse und Schlussfolgerungen

Nachstehende Tabelle zeigt die Ergebnisse der verschiedenen Lebenszyklusphasen für alle Wirkungskategorien.

Umweltauswirkung	Einheit	Vorgelagerte Prozesse			Hauptprozesse				Nachgelagerte Prozesse
		UO ₂ -Brennstoff	MOX-Brennstoff	ERU-Brennstoff	Betrieb des KKB	Bau des KKB	Rückbau des KKB	Behandlung rad. Abfälle	Verteilung im Netz der Axpo AG
Treibhausgase	CO ₂ -Äquivalente	5,9%	6,7%	37,4%	7,0%	22,6%	6,4%	12,0%	1,9%
Ozonabbauende Gase	CFC-11-Äquivalente	2,4%	14,8%	28,0%	28,5%	13,3%	3,5%	8,9%	0,7%
Smogbildung (bodennahes Ozon)	Ethylen-Äquivalente	3,8%	5,9%	18,2%	11,4%	35,3%	9,1%	15,6%	0,7%
Versäuerung	SO ₂ -Äquivalente	8,2%	6,9%	23,3%	10,6%	29,1%	6,7%	14,4%	0,7%
Überdüngung (Eutrophierung)	PO ₄ ³⁻ -Äquivalente	5,8%	7,8%	20,0%	7,7%	43,4%	5,1%	9,6%	0,7%

Die Tabelle zeigt gerundete Ergebnisse

Der Vergleich aller Lebenszyklusphasen zeigt, dass die dominierenden Umweltauswirkungen aus der Herstellung von ERU-Brennstoff, dem Bau des KKB und der Behandlung radioaktiven Abfalls resultieren. Diese Prozesse erfordern entweder grosse Mengen an Elektrizität oder thermischer Energie (Wiederaufarbeitung und Blending) oder es werden Materialien verwendet, deren Produktion sehr energieintensiv ist, wie z.B. elektronische Komponenten oder Stahl. Weiterhin lässt die Dominanzanalyse folgende Schlussfolgerungen zu:

- Der Betrieb des KKB weist relativ hohe Emissionen ozonabbauender Substanzen auf. Dies geht vor allem auf die CFC-10-Emissionen aus der Herstellung von anionischem Harz, hypochlorischer Säure sowie Kältemitteln zurück.

- Die Herstellung von MOX-Brennstoff zeigt einen verhältnismässig hohen Beitrag bei den ozonabbauenden Substanzen. Hierfür sind direkte Emissionen von Halogenen aus den beteiligten Fabriken verantwortlich.
- Der Verbrauch fossiler Ressourcen ist bei der ERU-Brennstoffherstellung in besonderem Masse dominant. Dies liegt massgeblich daran, dass Kohle als der wichtigste Energieträger in den russischen Wiederaufarbeitungsanlagen dient.
- Die Verteilung von Elektrizität verursacht nur geringe Umweltauswirkungen, da die Übertragungsverluste auf den Spannungsebenen 50/110 kV des Axpo Verteilernetzes gering sind.

3.6 Änderungen gegenüber der früheren Version der Umweltdeklaration EPD® des KKB

Allgemein:

Geringere Stromproduktion im neuen Referenzjahr 2009/10

In der vorliegenden Umweltdeklaration wird neu das Referenzjahr 2009/10 berücksichtigt. In diesem Referenzjahr fiel die Elektrizitätsproduktion wegen längerer Abstelldauer geringer aus als in der früheren Version der Umweltdeklaration. Dies führt zu einer erhöhten Allokation von Emissionen durch Infrastruktur (Bau und Rückbau des KKB) pro produzierter kWh.

Allgemein:

Aktualisierte Datenbank

Als Datengrundlage für die Hintergrundprozesse wird eine neue Version der ETH-ecoinvent-Datenbank verwendet (Version 2.2).

Änderungen in der Prozesskette des UO₂-Brennstoffs

Der UO₂-Brennstoff, welcher gegenwärtig im KKB eingesetzt wird, wurde Mitte bis Ende der 90er Jahre beschafft. Die Herkunft des Urans kann für jede Nachladung unterschiedlich sein. So stammt der im neuen Referenzjahr eingesetzte UO₂-Brennstoff aus anderen Quellen als derjenige aus der früheren Version der Umweltdeklaration. Der UO₂-Brennstoff, welcher sich 2009/10 im Kern befand, stammt aus russischen Beständen und wurde in der Uranmine Priargunsky abgebaut sowie in russischen Anlagen konvertiert und angereichert. Eine ausführliche Beschreibung der aktuellen Prozesskette findet sich in Kapitel 2.3.2.

Änderungen in der Prozesskette des ERU-Brennstoffs

Intensive Abklärungen in Zusammenarbeit mit dem Lieferanten und den Unterlieferanten haben ergeben, dass sich die Prozesskette der ERU-Brennstoffherstellung als komplexer erweist als in der früheren Version der Umweltdeklaration dargelegt. Das wiederaufbereitete Uran wird nicht mit hochangereichertem Uran aus der Abrüstung von Kernwaffen gemischt. Stattdessen wird nach dem aktuellen Erkenntnisstand wiederaufbereitetes Uran angereichert und anschliessend mit rezykliertem Produktionsausschuss sowie – in geringem Masse – auch mit mittel angereichertem, wiederaufbereitetem Uran unterschiedlichen Ursprungs gemischt. Eine ausführliche Beschreibung der aktuellen Prozesskette findet sich in Kapitel 2.3.2.

4 Zusätzliche Umweltinformationen

4.1 Flächennutzung

Durch Betrieb, Bau und Rückbau von Anlagen im Zusammenhang mit der Elektrizitätserzeugung im KKB kann das anthropogen genutzte Land nicht in seinem natürlichen Zustand verbleiben. Diese Flächennutzung wird entsprechend der PKR-Richtlinie anhand der Landnutzungsklassen (CLC) des EU-Programms CORINE¹² systematisch quantifiziert. Die Europäische Kommission hatte 1985 das CORINE-Programm gestartet, das u.a. europaweite Landnutzung unter einheitlicher Nomenklatur erfasste. Das System umfasst 44 Klassen in drei hierarchischen Stufen (z.B. Nutzung von Industrie-, Minen- oder Waldflächen).

Unter Landverbrauch versteht man die über einen bestimmten Zeitraum genutzte Fläche einer bestimmten Landkategorie, ausgedrückt in Quadratmetern mal Zeit (m²a). In nachstehender Tabelle sind die CLC-Klassen,

die wesentlich zum gesamten Landverbrauch beitragen, sowie der gesamte Landverbrauch für die Elektrizitätserzeugung im KKB aufgeführt.

Der Bau und Rückbau (Infrastruktur) des KKB ist hinsichtlich der gesamten Landnutzung der bedeutendste Prozess, weil die Insel Beznau über mehrere Jahre hinweg als Baustelle genutzt wurde bzw. wird. Zudem trägt auch die Nutzung von Minenflächen (Verwendung von Eisen, anderen Metallen, Sand und Kies in Baustoffen) sowie Waldflächen (Verwendung von Sperrholz und Schalungsplatten zum Bau) zur gesamten Landnutzung der Infrastruktur massgeblich bei. Der zweitwichtigste Prozess ist der Betrieb des Kraftwerks. Dabei ist die eigentliche Nutzung der Insel als Industrie- und Schmelzfläche massgebend. Die Prozesse der Kernbrennstoffherstellung sind für die gesamte Landnutzung von untergeordneter Bedeutung.

CLC-Klassen	Baustellenfläche		Industrie- fläche		Waldfläche		Minenfläche		Wasserfläche		Andere Flächenarten		Gesamte Flächen- nutzung	
CORINE-Code	133		121, 121a, 121b, 121c		31b, 31b1, 31b3		131		512a, 511a		211, 132, 132a, 222a, 333, 122			
Prozess	m ² a	%	m ² a	%	m ² a	%	m ² a	%	m ² a	%	m ² a	%	m ² a	%
Herstellung UO ₂ -Brennstoff	4,9 · 10 ⁻⁹	0,0	6,2 · 10 ⁻⁷	1,0	1,1 · 10 ⁻⁶	0,4	3,5 · 10 ⁻⁶	40,7	3,6 · 10 ⁻⁷	4,4	1,9 · 10 ⁻⁵	47,4	2,4 · 10 ⁻⁵	5,8
Herstellung MOX-Brennstoff	6,3 · 10 ⁻⁸	0,4	7,3 · 10 ⁻⁶	12,2	7,1 · 10 ⁻⁶	2,5	2,4 · 10 ⁻⁷	2,7	2,7 · 10 ⁻⁷	3,3	9,9 · 10 ⁻⁷	2,5	1,6 · 10 ⁻⁵	3,8
Herstellung ERU-Brennstoff	1,1 · 10 ⁻⁷	0,7	8,2 · 10 ⁻⁶	13,6	3,8 · 10 ⁻⁵	13,2	3,2 · 10 ⁻⁷	3,7	1,5 · 10 ⁻⁶	18,5	4,8 · 10 ⁻⁶	12,0	5,3 · 10 ⁻⁵	12,6
Betrieb des KKB	4,8 · 10 ⁻⁸	0,3	3,8 · 10 ⁻⁵	62,8	2,7 · 10 ⁻⁵	9,5	1,6 · 10 ⁻⁷	1,9	7,5 · 10 ⁻⁷	9,1	2,5 · 10 ⁻⁶	6,4	6,8 · 10 ⁻⁵	16,3
Infrastruktur des KKB	1,5 · 10 ⁻⁵	97,0	3,3 · 10 ⁻⁶	5,5	1,8 · 10 ⁻⁴	62,2	3,6 · 10 ⁻⁶	41,0	3,7 · 10 ⁻⁶	44,9	8,7 · 10 ⁻⁶	22,0	2,1 · 10 ⁻⁴	50,8
Behandlung des radioaktiven Abfalls und Tiefenlagerung	1,2 · 10 ⁻⁷	0,8	2,3 · 10 ⁻⁶	3,9	3,3 · 10 ⁻⁵	11,4	8,0 · 10 ⁻⁷	9,2	1,6 · 10 ⁻⁶	19,0	3,5 · 10 ⁻⁶	8,9	4,1 · 10 ⁻⁵	9,8
Verteilung der erzeugten Elektrizität an den Kunden	1,2 · 10 ⁻⁷	0,8	4,8 · 10 ⁻⁷	0,8	2,3 · 10 ⁻⁶	0,8	6,9 · 10 ⁻⁸	0,8	6,5 · 10 ⁻⁸	0,8	3,1 · 10 ⁻⁷	0,8	3,3 · 10 ⁻⁶	0,8
Gesamt pro kWh Elektrizität beim Kunden der Axpo AG	1,6 · 10 ⁻⁵	100	6,0 · 10 ⁻⁵	100	2,9 · 10 ⁻⁴	100	8,7 · 10 ⁻⁶	100	8,2 · 10 ⁻⁶	100	4,0 · 10 ⁻⁵	100	4,2 · 10 ⁻⁴	100

¹² CORINE: Coordination of information on the environment: <http://terrestrial.eionet.europa.eu/CLC2000/classes>

4.2 Biologische Vielfalt

Die Elektrizitätserzeugung im KKB hat aufgrund der anthropogenen Nutzung und damit Verkleinerung von Lebensräumen (Flächennutzung) Auswirkungen auf die biologische Vielfalt.

Das KKB befindet sich im Flusstal der Aare, einer ländlichen Region mit hohem Anteil an Waldgebieten, vor allem Buchenwald. In unmittelbarer Nähe des Kraftwerks liegen mehrere Naturreservate von nationalem und internationalem Rang. Dazu gehören Laichplätze für Amphibien (eine Tongrube, ein Steinbruch und ein Gebiet am Fluss¹³), Überschwemmungsgebiete¹⁴, Landschaften von nationaler Bedeutung¹⁵ und Feuchtgebiete von internationaler Bedeutung nach dem «Ramsar»-Übereinkommen¹⁶. Eine Übersicht über die erwähnten Naturreservate ist auf der folgenden Karte gegeben.

Die Insel, auf der das KKB steht, ist als Industrie- und Gewerbegebiet ausgewiesen und wird zum grössten Teil von den Kraftwerksgebäuden und der Schaltanlage eingenommen. Vor dem Bau des KKB wurde die Insel landwirtschaftlich genutzt. Von den ursprünglichen Überschwemmungsgebieten sind nur kleine Bereiche übrig geblieben. Sie befinden sich am Flusssufer und am Zuleitungskanal. Diese Gebiete stellen bis heute wichtige Lebensräume für Insekten, Amphibien und Vögel dar, wie z.B. die bedrohten Arten Kreuzkröte und Flussuferläufer. Ein weiterer wichtiger Lebensraum ist eine Kieshalde zwischen dem Zuleitungskanal und den Bahngleisen. Dieser anthropogen geschaffene Lebensraum bietet vielen bedrohten Insekten Schutz, vor allem Grillen und Grashüpfern, wie z.B. Türks Dornschrecke, die stark bedroht ist. Der Flusslauf der Aare mit dem künstlichen Zuleitungskanal und der angrenzende Wald bieten einen vielseitigen Lebensraum für Vögel, vor allem Enten, Falken, Spechte und Eisvögel. An Fischbestand wurden 28 Arten im Gebiet rund um das Kraftwerk gezählt (insgesamt 41 Arten sind in den Flüssen

- Waldflächen
- Landschaften von nationaler Bedeutung
- Feuchtgebiete von internationaler Bedeutung (Auenreste Klingnauer Stausee)
- Amphibienlaichgebiet von nationaler Bedeutung (Fischergrien)



Naturreservate von nationaler und internationaler Bedeutung, die sich in der unmittelbaren Nähe des KKB befinden.

Quelle: BAFU, www.ecogis.admin.ch

des Schweizer Mittellandes bekannt¹⁷). Besonders bedeutend ist, dass die stark bedrohte Nase (*Chondrostoma nasus*) das natürliche Flussbett der Aare in dem Bereich, in den das Kühlwasser des KKB eingeleitet wird, als Laichgrund verwendet.

Die biologische Vielfalt im Wasser und an Land in den oben genannten Lebensräumen wurde umfassend untersucht. In nachstehender Tabelle sind die wichtigsten und wertvollsten Arten in unmittelbarer Umgebung des KKB aufgeführt. Das Risiko des Aussterbens der einzelnen Arten wird anhand Roter Listen des Schweizer Bundesamts für Umwelt bestimmt¹⁸. Rote Listen führen jene Arten auf, die Erhaltungsmaßnahmen benötigen. Sie sind daher ein wichtiges Instrument in den Bemühungen um die Erhaltung von Arten und Lebensräumen.

¹³ Bundesinventar der Amphibienlaichgebiete von nationaler Bedeutung, Objekte AG 120 (Flussgebiet «Fischergrien»), AG 117 (Tongrube «Böttstein»), AG 830 (Steinbruch «Gabenchof»)

¹⁴ Bundesinventar der Auengebiete von nationaler Bedeutung, Objekte 36 («Auenreste Klingnauer Stausee»)

¹⁵ Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung, Objekte 1108 («Aargauer Tafeljura») und 1109 («Aarelandschaft bei Klingnau»)

¹⁶ Der «Klingnauer Stausee» wurde 1991 auf die Liste von Feuchtgebieten von internationaler Bedeutung nach dem «Ramsar»-Übereinkommen über Feuchtgebiete, <http://www.ramsar.org>, gesetzt

¹⁷ Schweizer Bundesamt für Umwelt, Biodiversitäts-Monitoring Schweiz, Artenvielfalt in der Schweiz und in den Regionen 2006, Indikator Z3, <http://www.biodiversitymonitoring.ch>

¹⁸ <http://www.bafu.admin.ch/artenvielfalt/>

4 Zusätzliche Umweltinformationen

Rote Listen

- zeigen, welche Arten anfällig, bedroht oder (voraussichtlich) ausgestorben sind.
- erfassen Trends der Artenvielfalt in der Naturlandschaft (hier verwendete Listen werden regelmässig überarbeitet).

- heben besonders gefährdete Arten hervor, die sofortiger Massnahmen bedürfen.
- benennen notwendige Erhaltungsmassnahmen zum Schutz bedrohter Arten.

Gruppe	Lateinischer Name	Deutscher Name	Einstufung auf Roter Liste
Vögel	Mergus merganser	Gänsesäger	Verletzlich
	Falco tinnunculus	Turmfalke	Potenziell gefährdet
	Falco subbuteo	Baumfalke	Potenziell gefährdet
	Falco peregrinus	Wanderfalke	Verletzlich
	Cuculus canorus	Kuckuck	Potenziell gefährdet
	Picus canus	Grauspecht	Verletzlich
	Dendrocopos medius	Mittelspecht	Verletzlich
	Actitis hypoleucos	Flussuferläufer	Stark gefährdet
	Charadrius dubius	Flussregenpfeifer	Verletzlich
	Bucephala clangula	Schellente	Verletzlich
	Aythya ferina	Tafelente	Verletzlich
	Aythya fuligula	Reiherente	Potenziell gefährdet
	Anas crecca	Krickente	Verletzlich
	Alcedo atthis	Eisvogel	Verletzlich
	Amphibien	Hyla arborea	Laubfrosch
Bufo calamita		Kreuzkröte	Stark gefährdet
Triturus cristatus		Kammolch	Stark gefährdet
Insekten	Tetrix tuerki	Türks Dornschröcke	Vom Aussterben bedroht
	Chorthippus pullus	Kiesbank-Grashüpfer	Potenziell gefährdet
	Phaneroptera falcata	Gemeine Sichelschröcke	Verletzlich
	Platycleis albopunctata	Westliche Beissschröcke	Potenziell gefährdet
	Metrioptera bicolor	Zweifarbige Beissschröcke	Verletzlich
	Sphingonotus caeruleus	Blaufügelige Sandschröcke	Potenziell gefährdet
Fische und Rundmäuler	Salmo trutta fario	Bachforelle	Potenziell gefährdet
	Thymallus thymallus	Europäische Äsche	Verletzlich
	Coregonus-Arten	Felchen	Potenziell gefährdet
	Abramis bjoerkna	Blicke	Potenziell gefährdet
	Chondrostoma nasus	Nase	Vom Aussterben bedroht
	Alburnoides bipunctatus	Schneider	Verletzlich
	Anguilla anguilla	Europäischer Aal	Verletzlich
	Cottus gobio	Groppe	Potenziell gefährdet
Gasterosteus aculeatus	Dreistachliger Sticheling	Potenziell gefährdet	

Vom Aussterben bedroht (Critically Endangered, CR)

Eine Art gilt als vom Aussterben bedroht, wenn sie innerhalb der kommenden drei Generationen ein extrem hohes Risiko des Aussterbens in der Naturlandschaft aufweist.

Stark gefährdet (Endangered, EN)

Eine Art gilt als stark gefährdet, wenn sie ein sehr hohes Risiko des Aussterbens in der Naturlandschaft aufweist.

Verletzlich (Vulnerable, VU)

Eine Art gilt als verletzlich, wenn sie ein hohes Risiko des Aussterbens in der Naturlandschaft aufweist.

Potenziell gefährdet (Near Threatened, NT)

Eine Art gilt als potenziell gefährdet, wenn sie derzeit nicht unter den Status CR, EN oder VU fällt, jedoch in naher Zukunft als «bedroht» gelten dürfte. Bald bedrohte Arten stehen nicht auf den Roten Listen.

4.3 Strahlenschutz

Die Handhabung unterschiedlicher Arten radioaktiver Substanzen gehört zum täglichen Betrieb von Anlagen im Kernbrennstoffzyklus. Die Emission ionisierender Strahlung dieser Substanzen kann zu Strahlendosen für das Personal in den Anlagen (Dosen des beruflich strahlenexponierten Personals) sowie für Personen ausserhalb der Anlagen (Dosen von Drittpersonen) führen.

4.3.1 Schutz des Betriebspersonals

In allen Anlagen der Elektrizitätserzeugungskette von Beznau gelten Vorschriften zum Schutz des Betriebs-

personals vor Strahlung. Eine geringe Strahlenbelastung kann jedoch nicht ausgeschlossen werden. Zur Veranschaulichung der Strahlenbelastung des beruflich strahlenexponierten Personals werden durchschnittliche individuelle Strahlendosen für alle Anlagen angegeben. Zum Vergleich: Die höchstzulässige individuelle Strahlendosis für Einzelpersonen in der Nuklearindustrie beträgt 20 Millisievert (mSv) pro Jahr (Grenzwert laut Schweizer Strahlenschutzverordnung SR 814.501). Alle von dieser Studie erfassten Prozesse haben die jeweiligen Grenzwerte laut der örtlich geltenden Gesetzgebung eingehalten.

Prozessschritt	Firma, Anlage	Durchschnittliche individuelle Dosis des beruflich strahlenexponierten Personals ¹⁹ [mSv pro Jahr]	Jahr der Datenerfassung
Uranabbau	Rosatom, Priargunsky Mining Combine	ca. 10	2000–2010
Konversion	Rosatom, Chepetsk Mechanical Plant/Angarsk Electrolyze Chemical Combine (Daten aus den Anlagen Malvési und Pierrelatte)	0,6	2006
Anreicherung	Rosatom, Ural Electrochemical Integrated Plant/Siberian Chemical Combine/Electrochemical Plant/Angarsk Electrolyze Chemical Combine	ca. 0,5	Mehrjährige Überwachung
Wiederaufarbeitung	AREVA, La Hague	0,1	2008
	Sellafield Ltd., Sellafield	1,0	2003
	Rosatom, Siberian Chemical Combine	1–2	Mehrjährige Überwachung
	Rosatom, Mayak PA	2–3	Mehrjährige Überwachung
Uran-Blending	Rosatom, Mashinostroitelny Zavod	1,7	2007
Fertigung von UO ₂ -Brennelementen	AREVA, Lingen; Rosatom, MSZ (Daten aus der Anlage Romans)	0,4	2005
Fertigung von MOX-Brennelementen	AREVA, Dessel; AREVA, Cadarache; Sellafield Ltd., Sellafield SMP (Daten aus der Anlage Melox)	1,7	2005
Elektrizitätserzeugung	Axpo AG, KKB	0,5	2009
Abfallbehandlung	ZWILAG, Zwischenlager	0,2	2009
	Nagra, beide Typen der geologischen Tiefenlagerung ²⁰	< 0,1	1994

4.3.2 Schutz von Drittpersonen

Die kontrollierte Freisetzung radioaktiver Substanzen an die Luft und ins Wasser unter Einhaltung eindeutig geregelter und sicherer Grenzwerte ist beim Betrieb von Anlagen im Kernbrennstoffzyklus üblich. Diese Emissionen können auf Menschen einwirken, vor allem auf solche in der unmittelbaren Umgebung der Anlagen (lokale Auswirkung). In der Schweiz beträgt die höchstzulässige individuelle Strahlendosis für Einzelpersonen,

die nicht von Berufs wegen Strahlung ausgesetzt sind, 1 mSv pro Jahr²¹. Alle von dieser Studie erfassten Prozesse haben die jeweiligen Grenzwerte laut der örtlich geltenden Gesetzgebung eingehalten. Die natürliche Strahlung in der Schweiz führt zu einer durchschnittlichen Dosis von zirka 4 mSv pro Person und Jahr²².

¹⁹ Die Daten stammen aus Umweltberichten, Strahlenschutzberichten oder Präsentationen und Einschätzungen von Experten, falls keine publizierten Daten zur Verfügung standen. Falls keine Informationen in Erfahrung gebracht werden konnten, wurden als Näherung Daten aus Anlagen mit vergleichbarer Technologie herangezogen.

²⁰ Die geologischen Tiefenlager wurden noch nicht gebaut. Der angegebene Wert wurde von der Nagra für das ehemals geplante SMA-Lager Wellenberg errechnet. Für ein mögliches geologisches Tiefenlager für BE/HAA/LMA im Zürcher Weinland mit Opalinuston als Wirtsgestein werden ähnliche Strahlendosen erwartet.

²¹ Grenzwert laut Schweizer Strahlenschutzverordnung SR 814.501

²² Bericht Strahlenschutz und Überwachung der Radioaktivität in der Schweiz, Ergebnisse 2010, Bundesamt für Gesundheit, www.bag.admin.ch

4 Zusätzliche Umweltinformationen

Uranabbau

Beim Uranabbau entstehen Radonemissionen in die Umwelt. Diese können unter Umständen zu einer Strahlenbelastungsquelle für Drittpersonen werden, falls diese in unmittelbarer Nähe von Minengebieten leben. Bei der Untergroundmine Priargunsky sind Quellen von Radonemissionen in die Umwelt vor allem Entlüftungsschächte. Die Radonemissionen in die Luft aus der Mine Priargunsky lagen in den letzten Jahren unter dem gesetzlichen Grenzwert²³.

Konversion, Anreicherung sowie Fertigung der UO₂-Brennelemente

Die geringe Dosis von Drittpersonen aus der Konversion und Anreicherung sowie der Fertigung der UO₂-Brennelemente ist vernachlässigbar.

Wiederaufarbeitung

Die Strahlungsbelastung in der Umgebung des Standortes **Sellafield** wird seit Jahren mit einem umfassenden Monitoringsystem gemessen. Die Emissionen des Betriebes lagen unter den gesetzlichen Grenzwerten²⁴.

Die Strahlungsbelastung in der Umgebung des Standortes **La Hague** wird seit Jahren mit einem umfassenden Monitoringsystem gemessen. Die Emissionen des Betriebes lagen unter den gesetzlichen Grenzwerten²⁵.

In der Umgebung des Standortes **SCC, Seversk**, wird die Strahlungsbelastung wie in westlichen Anlagen mit einem Monitoringsystem permanent überwacht. Aktuelle Emissionswerte können über das Internet abgerufen werden²⁶. In den letzten Jahren wurden die zulässigen Grenzwerte für Radionuklidemissionen in die Umwelt eingehalten²⁷.

Auch das Gebiet um **Mayak PA, Ozersk**, wird heute mit mehreren hundert Messstellen permanent überwacht und Emissionswerte sind online verfügbar²⁶.

Die Strahlendosen der in der 1300 km² grossen Schutzzone lebenden Bevölkerung liegen im Bereich von 0,07 bis 0,22 mSv pro Jahr und somit unter dem gesetzlich geltenden Grenzwert von 1 mSv pro Jahr. Die Strahlendosis für die Bevölkerung der nahe gelegenen Stadt Ozersk liegt bei 0,12 mSv pro Jahr. Typischerweise stammen über 95 Prozent der Strahlenbelastung von Altlasten aus Unfällen und Betriebspraktiken aus den Jahren 1950–1970²⁸. Während des Kalten Krieges wurde in Mayak PA unter hohem Zeitdruck mit sieben Reaktoren waffenfähiges Spaltmaterial hergestellt. Der letzte

dieser Reaktoren wurde 1990 stillgelegt.

Seit 1970 wurden zahlreiche Verbesserungsmaßnahmen eingeleitet. Zudem gelten heute gesetzliche Grenzwerte für die Abgabe radioaktiver Stoffe. Es werden keine radioaktiven Abfälle mehr in natürliche Gewässer eingeleitet. Weitere Verbesserungsmaßnahmen und Sanierungen von Altlasten werden laufend umgesetzt. Gelder hierfür stammen aus Eigenmitteln, welche zum Teil auch mit Geschäften mit ausländischen Kunden erwirtschaftet wurden, sowie aus einem staatlichen Programm zur Sanierung radiologischer Altlasten.

Fertigung von MOX-Brennelementen

Die geringe Dosis von Drittpersonen aus der MOX-Brennelementfertigung ist vernachlässigbar²⁹.

Uran-Blending

Die geringe Dosis von Drittpersonen aus dem Blending ist vernachlässigbar.

Betrieb KKB

Im Jahr 2009 lagen die über Abwasser und Abluft vom KKB in die Umwelt freigesetzten Mengen an radioaktiven Emissionen beträchtlich unter dem zulässigen Grenzwert. Das ENSI berechnete die Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKB unter konservativen, d.h. ungünstigen Annahmen. Diese Dosen betragen ca. 0,003 mSv für Erwachsene, 0,004 mSv für Zehnjährige und 0,006 mSv für Kleinkinder und lagen somit deutlich unterhalb des Grenzwertes von 1 mSv pro Jahr³⁰.

Zwischenlager (ZWILAG)

Das ENSI berechnete auf Grund der tatsächlichen Abgaben unter Berücksichtigung der ungünstigsten Annahmen eine Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des ZWILAG von unter 0,001 mSv für Erwachsene, Zehnjährige und Kleinkinder³⁰.

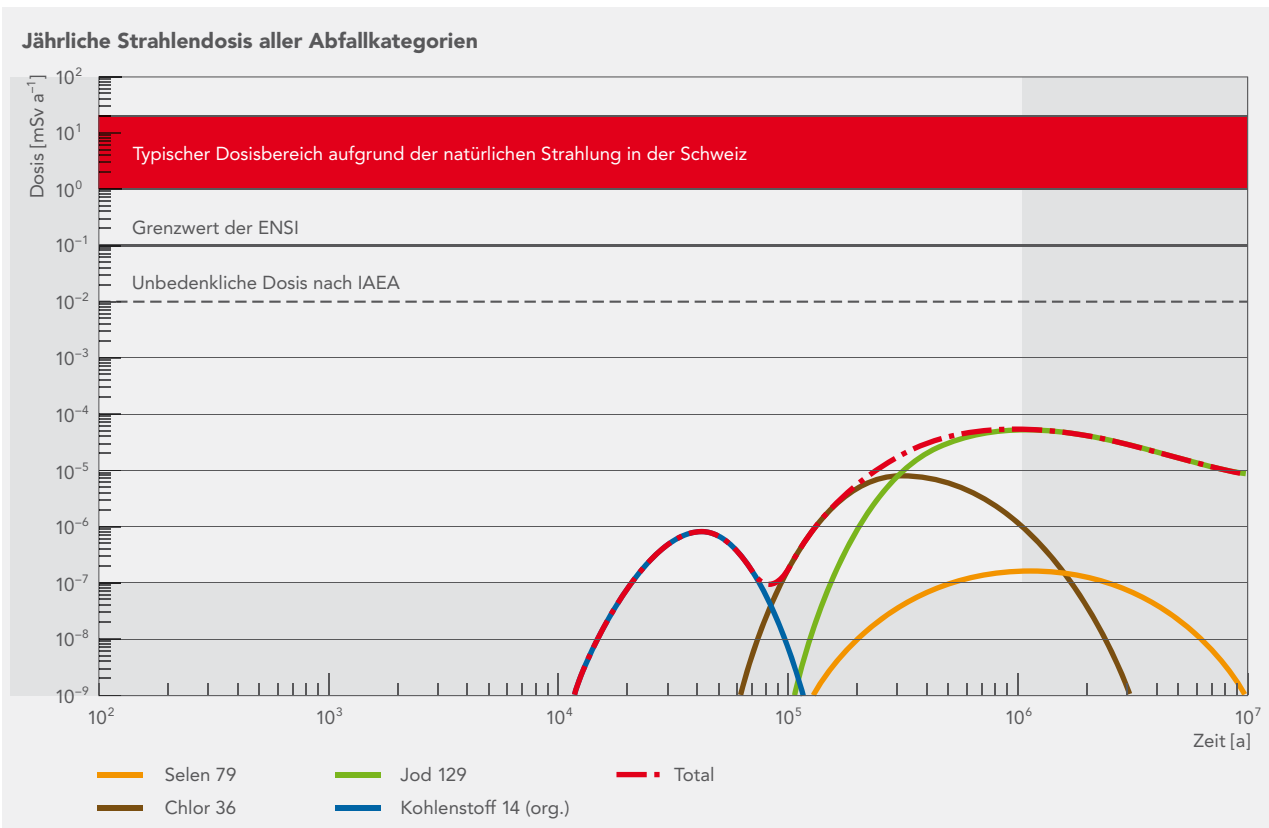
Geologische Tiefenlager für radioaktiven Abfall

In der Schweizer Richtlinie ENSI-R-21 ist festgelegt, dass die Freisetzung von Radionukliden aus einem verschlossenen Endlager infolge realistischerweise anzunehmender Vorgänge und Ereignisse zu keiner Zeit zu jährlichen Individualdosen führen soll, die 0,1 mSv überschreiten. Dies ist eine Verschärfung gegenüber dem Grenzwert in der Schweizer Strahlenschutzverordnung. Für beide in der Schweiz geplanten geologischen Tiefenlager hat die Nagra einen Referenzfall definiert, der das Verhalten der radioaktiven Abfälle über die kommenden Jahrtausende abbildet. Dieser Referenzfall repräsentiert das aus heutiger Sicht wahrscheinlichste

Szenario.

Die im Referenzfall für das ehemals geplante SMA-Tiefenlager Wellenberg errechneten Ergebnisse zeigen nach rund 1000 Jahren eine maximale Strahlendosis von $1,8 \cdot 10^{-3}$ mSv pro Jahr. Nachstehendes Diagramm zeigt die jährliche Strahlendosis aller Abfallkategorien für den Referenzfall des möglichen geologischen Tiefenlagers für BE/HAA/LMA in der Region Zürcher Weinland. Die

höchste Dosis von strahlendem Iod 129 aus gebrauchtem Kernbrennstoff beträgt $4,8 \cdot 10^{-5}$ mSv pro Jahr und tritt nach rund einer Million Jahren auf. Dieser Wert liegt um mehr als drei Grössenordnungen unter dem Grenzwert der Richtlinie für schweizerische Kernanlagen und mehr als zwei Grössenordnungen unter der von der IAEA festgesetzten «geringfügigen Dosis» von 0,01 mSv pro Jahr³¹.



Quelle: Nagra-Sicherheitsbericht zum Projekt Opalinuston (Nagra, Technischer Bericht NTB 02–05)

²³ Rosatom, Umweltbericht 2008 «Priargunsky Industrial Mining and Chemical Union» <http://rosatom.ru/wps/wcm/connect/rosatom/rosatomsite/partnership/environmentalmanagement/>. Es sind keine gesicherten Informationen verfügbar über die Einhaltung von Grenzwerten während des Betriebs in den 90er Jahren.

²⁴ Sellafield Ltd., Umweltbericht 2009, «Monitoring our Environment; Discharges and Monitoring in the United Kingdom»

²⁵ AREVA NC, Umweltbericht La Hague 2008, «Rapport environmental, social et sociétal»

²⁶ www.russianatom.ru

²⁷ Rosatom, Geschäftsbericht SCC 2009, www.atomsib.ru

²⁸ Rosatom, Umweltbericht PA Mayak 2008, <http://rosatom.ru/wps/wcm/connect/rosatom/rosatomsite/partnership/environmentalmanagement/>

²⁹ AREVA, Umweltbericht Melox 2005 «Rapport environmental, social et sociétal»

³⁰ ENSI, Aufsichtsbericht zur nuklearen Sicherheit in den Schweizer Kernanlagen 2009

³¹ Nagra, Technischer Bericht NTB 02–05, Entsorgungsnachweis, www.nagra.ch

4 Zusätzliche Umweltinformationen

4.4 Risiken

Uranabbau

Das bedeutendste Umweltrisiko des Uranabbaus besteht in Dambrüchen der Tailing-Lagerbecken und einem damit verbundenen unkontrollierten Auslaufen von chemisch-toxischen und teilweise schwach radioaktiven Flüssigkeiten in die Umwelt.

Konversion

Die Hauptrisiken des Konversionsprozesses entstehen aus der Verwendung gefährlicher Chemikalien. Insbesondere Fluorwasserstoff ist hochgiftig, flüchtig (Aufnahme über Einatmung) und korrosiv (R- und S-Sätze: R26/27/28-35, S1/2-7/8-26-36/37-45). Zudem kann beim Kontakt von Salzsäure mit dem ebenfalls in der Konversion verwendeten Ammoniak toxisches Ammoniumchlorid entstehen.

Anreicherung

Das Hauptrisiko beim Anreicherungsprozess resultiert aus den chemisch-toxischen Eigenschaften von Uranhexafluorid (R- und S-Sätze: R26/28-33-51/53, S1/2-20/21-36/37-45-61). Bei der Reaktion von Uranhexafluorid mit Luftfeuchtigkeit entsteht hochkorrosiver Fluorwasserstoff. Die Aufbewahrungszylinder müssen daher hermetisch verschlossen sein und regelmässig auf Spuren von Korrosion und Undichtigkeiten überprüft werden. Zur Minimierung der Risiken beim Transport und der Lagerung werden die Behälter zusätzlich bei Unterdruck befüllt, um eine Freisetzung von Uranhexafluorid zu vermeiden. Vermehrt wird Uranhexafluorid für die Lagerung auch in chemisch stabilere Formen (U_3O_8 oder UO_3) gebracht.

Wiederaufarbeitung, Brennelementfertigung und Uran-Blending

Die Risiken bei der Wiederaufarbeitung, der Brennelementfertigung und beim Blending ergeben sich aus der Handhabung radioaktiver Materialien und gefährlicher Chemikalien (Giftigkeit und Entzündlichkeit von Lösungsmitteln und reaktionsfreudigen Chemikalien). Diese Anlagen sind daher mit Mehrbarriersystemen ausgestattet, um die Freisetzung gefährlicher Substanzen zu verhindern. Die erste Barrierenstufe umfasst Metallbehälter, Handschuhkästen/Einkapselungen (Wiederaufarbeitung, Fertigung von MOX-Brennele-

menten und Blending) und geeignete Verarbeitungsanlagen (Tanks und Rohre). Die zweite Barrierenstufe umfasst die Gebäude sowie Heizungs-, Lüftungs- und Kühlungsanlage. Bei Abläufen mit möglicher Freisetzung von Radionukliden werden Filter- und Waschanlagen eingesetzt. Darüber hinaus wird die Abluft dauerhaft überwacht.

KKB

Der Schutz der Bevölkerung, der Mitarbeiter und der Umwelt vor radioaktiver Strahlung – also die Sicherheit der Nuklearanlagen – hat oberste Priorität. Die Kombination von technischen Sicherheitsbarrieren, redundant ausgelegten Betriebssystemen sowie einer werksinternen Sicherheitskultur und der permanenten Überwachung durch die Behörden gewährleistet ein Optimum an Schutz vor technischen Störfällen und Gefahren von aussen, wie z.B. Feuer, Flugzeugabstürzen oder Erdbeben.

Technische Sicherheitsbarrieren

Mehrere technische Schutzeinrichtungen verhindern ein Austreten der aus der Kernspaltung entstehenden Radioaktivität und der Spaltprodukte in die Umwelt:

- Kernbrennstoff: Die Brennstoffpellets erhalten durch Sintern höchste chemische und mechanische Beständigkeit mit einem Schmelzpunkt von 2800° C.
- Brennstäbe: Die Brennstoffpellets werden gasdicht in korrosionsbeständigen Röhren aus einer Zirkonlegierung eingekapselt.
- Reaktordruckbehälter: Die Brennelemente sind im Reaktordruckbehälter aus Stahl eingeschlossen.
- Biologischer Schild: Der 3 m dicke biologische Schild aus Beton sowie weiterer Abschirmbeton verhindern den Austritt radioaktiver Strahlung wirksam.
- Sicherheitsgebäude: In diesen doppelwandigen Bauten befinden sich die Primäranlagen. Sie sind von einer gasdicht zusammengeschweissten Stahldruckschale umgeben. Die Dicke beträgt 30 mm. In einem Abstand von 1,5 m wird die Stahldruckschale von einem 90 cm dicken Betonmantel vollständig umschlossen. Die Luft aus dem Hohlraum wird in das Innere der Stahldruckschale gesaugt, wodurch ein Unterdruck entsteht. Dieser verhindert das unerwünschte Austreten von Luft aus dem Inneren ins Freie.

Betriebliche Sicherheit

Besonderes Augenmerk gilt der betrieblichen Sicherheit – nicht nur im Normalbetrieb, sondern vor allem bei aussergewöhnlichen Vorkommnissen, z. B. Abweichungen von den normalen Prozessbedingungen in Teilen der Anlage. Aus diesem Grund sind die wichtigen Bestandteile der Anlage wie das Kontrollsystem oder Alarminrichtungen doppelt oder sogar mehrfach ausgelegt. Bei einem Ausfall stehen immer noch eine oder zwei identische Einrichtungen bereit, mit denen die Anlage sicher betrieben werden kann.

Gewährleistung der Kühlung

Im heruntergefahrenen Zustand der Anlage oder bei einem Störfall ist die Kühlung des Reaktors auf Grund der entstehenden Nachzerfallswärme von zentraler Bedeutung. Für die Kühlsysteme benötigt man in erster Linie Wasser und Strom zur Versorgung der Pumpen im Kühlkreislaufsystem. Folgende Systeme gewährleisten die Kühlung im KKB:

- Das KKB besitzt zwei baugleiche gebunkerte Notstandsgebäude, die vor Erdbeben, Sabotage, Überflutung und radioaktiver Strahlung geschützt sind. In diesen Gebäuden befinden sich jeweils ein Notstands-Leitstand, der den Betrieb der Anlage im heruntergefahrenen Zustand sichert. Zusätzlich sind die Gebäude je mit einem Notstromdiesel, einer Einspeisepumpe und einer gebunkerten Grundwasserfassung ausgestattet. Die Grundwasserfassung ermöglicht die Wasserversorgung, auch wenn die Aare verschmutztes Wasser führen sollte.
- Borwasser für die Einspeisung in das primäre Kühlsystem zur Unterbrechung der Kettenreaktion im Reaktor wird in einem ebenfalls gebunkerten Borwasser-Lager bereitgehalten. Das Lager umfasst zwei Tanks mit je 1200 m³ mit Borsäure versetztem Wasser.
- Ebenfalls in einem gebunkerten Gebäude befinden sich ein weiterer Grundwassertank und eine Einspeisepumpe für das Kühlsystem des Sekundärsystems.
- Im Falle eines Druckanstiegs im Sicherheitsgebäude verfügt das KKB über eine gefilterte Sicherheitsgebäude-Druckentlastung. Diese Druckentlastung findet über den Filter direkt nach draussen statt.
- Im Sicherheitsgebäude des KKB sind katalytische H₂-Rekombinatoren installiert. Diese wandeln potenziell explosiven Wasserstoff in Wasser um. Für diesen Vorgang braucht es keinen Strom.

- Die Kühlsysteme verfügen an zahlreichen Stellen über vorinstallierte Feuerwehrstutzen. Diese ermöglichen im Störfall ein Einspeisen von Wasser über gewöhnliche Feuerwehrpumpen.

Sicherheitskultur (Axpo nukleare Sicherheits-Charta)

Diese Charta ist eine Selbstverpflichtung der Axpo, beim Betrieb nuklearer Anlagen und beim Strahlenschutz eigenverantwortlich Massnahmen zu treffen, um die Sicherheit kontinuierlich zu verbessern. Ausgangspunkt ist die Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen. Die Charta ist die Basis für alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, einschliesslich der Geschäftsleitung, bei der Erfüllung ihrer täglichen Aufgaben. Die Axpo Sicherheits-Charta im Wortlaut finden Sie unter <http://www.axpo.ch>.

Sicherheitskultur (internes Sicherheitscontrolling im KKB)

Eine spezielle Organisationseinheit, das Sicherheitscontrolling, verfolgt und bewertet im KKB die nukleare Sicherheit unabhängig vom operativen Geschäft und von den Linienorganisationen. Das Sicherheitscontrolling berichtet dem Kraftwerksleiter und der Geschäftsleitung vierteljährlich über den Stand und die Entwicklung der Sicherheit sowie über deren Bewertung. Weiter steht das Sicherheitscontrolling als Ombudsstelle für Sicherheitsfragen allen Mitarbeitenden zur Verfügung.

Unabhängige Überprüfung von Dritten

Die Kernenergie ist eine hoch regulierte Industrie mit zahlreichen Gesetzen und Verordnungen. Nationale und internationale Behörden führen regelmässig Inspektionen durch. Die wichtigste nationale Behörde ist das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI), welches die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften sowie die radioaktive Strahlung in der Umgebung des KKB überwacht. Auf internationaler Ebene erfüllt der Betrieb des KKB alle Reaktorsicherheitsnormen der IAEA Convention on Nuclear Safety (internationales Übereinkommen über die nukleare Sicherheit). Darüber hinaus wird die Sicherheit im KKB regelmässig von der WANO³² überprüft und begutachtet. Die WANO ist ein globaler Dachverband von Kernkraftwerksbetreibern zum gegenseitigen Informationsaustausch und zur Kontrolle.

³² WANO: World Association of Nuclear Operators. <http://www.wano.org>

4 Zusätzliche Umweltinformationen

Zwischenlager

Sowohl die in Glas eingeschmolzenen, hoch radioaktiven Abfälle als auch gebrauchte Brennelemente werden in soliden Stahlbehältern mit einem Gewicht von bis zu 150 Tonnen zwischengelagert, die gleichzeitig auch als Transportbehälter dienen. Diese Behälter schützen die Abfälle und Brennelemente vor allen denkbaren Beschädigungen durch Flugzeugabstürze, Erdbeben, Brände oder sonstige zerstörerische Vorfälle. Hierzu dürfen nur behördlich zugelassene Behältertypen verwendet werden. Die Transport- und Lagerungsbehälter werden kontinuierlich auf Undichtigkeiten kontrolliert. Zusätzlich werden auch die Lagerhallen beständig auf Radioaktivität überprüft.

Geologische Tiefenlager für radioaktiven Abfall

Das gewählte Entsorgungssystem muss gewährleisten, dass der Abfall, einschliesslich spaltbarer Materialien, sicher behandelt wird und Mensch und Umwelt vor den schädlichen Auswirkungen von Strahlung geschützt sind. Das Sicherheitskonzept umfasst ein System von Barrieren, das mehrere Aufgaben im Interesse langfristiger Sicherheit erfüllt. Diese Sicherheitsfunktionen werden von der Nagra wie folgt skizziert:

Abschirmung von der menschlichen Umwelt

Die Sicherheit des Abfalls, einschliesslich spaltbarer Materialien, wird durch eine tief unter der Erde gelegene Lagerstätte gewährleistet. Alle Zu- und Abgänge werden zugeschüttet und versiegelt, um den Inhalt vor der menschlichen Umwelt abzuschirmen und die Wahrscheinlichkeit eines unbefugten Eindringens und Missbrauchs der Materialien zu verringern. Da überdies am Ort der Lagerstätte nach derzeitigem Wissen keinerlei wirtschaftlich interessante Bodenschätze vorhanden sind und gegenwärtig auch keine Überschneidungen mit künftigen Infrastrukturprojekten absehbar sind, ist ein unbeabsichtigtes Eindringen von Menschen äusserst unwahrscheinlich. Schliesslich garantiert die sorgfältige Standortwahl langfristigen Schutz vor zerstörerischen Naturereignissen und verschiedenen anderen Vorfällen, die eine Gefahr für die Lagerstätte darstellen könnten.

Dauerhafter Einschluss und radioaktiver Zerfall innerhalb des geologischen Tiefenlagers

Ein Grossteil der Anfangsaktivität nimmt während der Lagerung des Abfalls in den vollkommen verschlossenen Primärabfallbehältern ab, vor allem bei BE und HAA. Für diese Abfälle wird den hochstabilen Stahlbehältern eine Haltbarkeit von mindestens 10000 Jahren attestiert. Selbst bei einer Beschädigung der Behälter gewährleisten die Stabilität des verarbeiteten BE- und HAA-Abfalls in der Lagerumgebung, die langsame Grundwasserbewegung und eine Reihe geochemischer Prozesse, dass Radionuklide weiterhin innerhalb des Barrierensystems und des unmittelbar umgebenden Gesteins verbleiben, wo die Radioaktivität durch den Zerfall weiter abnimmt.

Mehr Einzelheiten zur Behandlung radioaktiver Abfälle in der Schweiz erhalten Sie unter www.nagra.ch.

4.5 Elektromagnetische Felder

Als elektromagnetisches Feld (EMF) gilt das untere Frequenzband des elektromagnetischen Spektrums (0 bis 300 GHz). EMF sind in unserer Umwelt überall vorhanden – ob natürlichen oder künstlichen Ursprungs – beispielsweise als Radiowellen (erwünscht) oder als Abfallprodukt von Elektrizitätsströmen. Die Stärke eines magnetischen Feldes wird in Ampere pro Meter (A/m) angegeben. In der Wissenschaft ist es üblicher, für elektromagnetische Felder eine verwandte Grösse anzugeben: die Flussdichte (in Mikrotesla, μT). Je höher der Strom, desto höher die magnetische Feldstärke. Eines der Hauptmerkmale eines EMF ist seine Frequenz bzw. die zugehörige Wellenlänge. Felder unterschiedlicher Frequenz haben unterschiedliche Auswirkungen auf den menschlichen Körper.

Die Hauptquelle elektromagnetischer Felder im KKB ist die Umwandlung kinetischer Energie in Elektrizität in den Generatoren. Die beiden Generatoren laufen mit 3000 U/Min. und sitzen auf derselben Welle wie die Turbinen. Bei dieser hohen Drehzahl induzieren sie mit ihren magnetischen Feldern eine Spannung in den Statorwicklungen. Die Generatorspannung beträgt 15,5 kV, der Strom rund 8500 Ampere (lastabhängig) und die Frequenz 50 Hertz (Hz). Diese Frequenz gehört zum Spektrum der extrem niedrigen Frequenzen (30 bis 300 Hz) mit einer Wellenlänge von über 100 km.

Als Grundlage für die Beurteilung der nichtionisierenden Strahlung gilt die Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV, SR 814.710). Diese enthält einen Anlagengrenzwert von 100 μT (bei einer Frequenz von 50 Hz). Die SUVA³³ schlägt einen allgemeinen Grenzwert am Arbeitsplatz von 400 μT vor. Detailliertere Empfehlungen für Grenzwerte am Arbeitsplatz sind in der DIN-Norm 0848 enthalten. Diese Norm unterscheidet zwischen Arbeitsbereichen, in denen keine besonderen elektromagnetischen Felder zu erwarten sind (Grenzwert: 424 μT), und Arbeitsbereichen mit bekannten und kontrollierten elektromagnetischen Feldern (Grenzwert: 1358 μT).

Für die Arbeitssicherheit im KKB wurden umfassende Messungen magnetischer Felder durchgeführt. In den meisten Bereichen liegen die magnetischen Felder unter 400 μT . In unmittelbarer Umgebung der Generatoren wurde jedoch ein Spitzenwert von 560 μT gemessen. Auf Grundlage dieser Ergebnisse und in Abstimmung mit der SUVA und dem Eidgenössischen Starkstrominspektorat (ESTI) wurden Bereiche im Werk mit magnetischen Feldern über 400 μT eindeutig gekennzeichnet. Besondere Aufmerksamkeit galt dabei Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern mit Herzschrittmachern. Für alle betroffenen Werksangehörigen wurden in Zusammenarbeit mit dem jeweiligen Schrittmacherhersteller und der SUVA individuelle Grenzwerte und Arbeitsbereiche erarbeitet.

4.6 Lärm

Die Insel, auf der das KKB steht, ist als Industriegebiet ausgewiesen, die Gebiete auf der gegenüberliegenden Seite der Aare sind teilweise Wohngebiet. Die Schweizer Lärmschutzverordnung SR 814.41 hat die Immissionsgrenze für Industriegebiete auf 70 dB(A) am Tag und 60 dB(A) in der Nacht festgesetzt. Für Wohngebiete gelten 60 dB(A) bzw. 50 dB(A). Im normalen Betrieb des KKB liegt die Lärmbelastung weit unter diesen Immissionsgrenzen.

Beim An- und Abfahren von Turbinen steigt die Lärmbelastung deutlich an. In diesen Betriebszuständen wird überschüssiger Dampf über Rohre auf dem Dach des Maschinenhauses abgelassen. Messungen aus dem Jahre 1994 haben in unmittelbarer Nähe der Dampfrohre eine Lärmentwicklung von bis zu 116 dB(A) ergeben, was zu einer Überschreitung der Immissionsgrenze in den nahegelegenen Wohngebieten führte. Als technische Gegenmassnahme wurde die Richtung der Dampfrohre so geändert, dass der Lärm nun von den Wohngebieten weg und zum Industriegebiet hin abgestrahlt wird. Somit werden die Lärmgrenzwerte immer eingehalten.

³³ SUVA: Die Schweizerische Unfallversicherungsanstalt

5 Zertifizierungsstelle und Pflichtenklärungen

5.1 Informationen der Zertifizierungsstelle

Die Zertifizierung der Umweltdeklaration (Environmental Product Declaration, EPD®) für Elektrizität des Kernkraftwerks Beznau wurde durch Bureau Veritas Certification, Schweden, durchgeführt. Bureau Veritas Certification bestätigt, dass sämtliche relevanten prozess- und produktbezogenen Richtlinien und Normen erfüllt wurden. Diese Umweltdeklaration EPD® erfüllt die Anforderungen der allgemeinen Programmanweisungen für die Erstellung von Umweltdeklarationen (General Product Instructions), abgefasst vom internationalen EPD-Konsortium (International EPD Consortium), und die Vorgaben der Produktkategorieregeln PKR-CPC 17 (Produktkategorieregeln zur Abfassung einer Umweltdeklaration für die Erzeugung und Verteilung von Elektrizität, Dampf, Heiss- und Kaltwasser). Bureau Veritas Certification wurde akkreditiert von SWEDAC (Swedish Board for Accreditation and Conformity Assessment), um Umweltdeklarationen (EPD®) zu zertifizieren. Diese Zertifizierung ist gültig bis 19. Oktober 2014. Die Registrierungsnummer ist S-P-00144.

5.2 Pflichtenklärungen

5.2.1 Allgemeine Erklärungen

Umweltdeklarationen, die mit den Vorgaben aus anderen EPD-Programmen erstellt wurden, sind möglicherweise nicht vergleichbar.

5.2.2 Nicht berücksichtigte Lebenszyklusphasen

In Übereinstimmung mit den PKR wurde die Phase des Verbrauchs der produzierten Elektrizität beim Endkunden ausgelassen, da Elektrizität unterschiedliche Aufgaben unter verschiedenartigen Umständen erfüllt.

5.2.3 Zugang zu erläuternden Materialien

ISO 14025 schreibt vor, dass bei einer Veröffentlichung der Umwelterklärung gegenüber Endverbrauchern erläuternde Materialien beigefügt werden müssen. Diese Umweltproduktklärung richtet sich an gewerbliche Kunden und ist nicht zur B2C-Kommunikation (vom Hersteller zum Kunden) gedacht.

5.2.4 Informationen zur Überprüfung

EPD-Programm

Internationales EPD®-Programm, betrieben durch das internationale EPD-Konsortium (IEC).
<http://www.environdec.com>.

Produktkategorieregeln

PKR-CPC 17, Produktkategorieregeln zur Abfassung einer Umweltdeklaration (EPD®) für die Erzeugung und Verteilung von Elektrizität, Dampf, Heiss- und Kaltwasser. Elektrizität gehört zur Produktkategorie UNCPC Code 17, Gruppe 171 – Elektrische Energie.

PKR Review

Sven-Olof Ryding, internationales EPD-Konsortium (IEC). info@environdec.com.

Unabhängige Überprüfung

Unabhängige Überprüfung der Umweltdeklaration und den zugrunde liegenden Daten gemäss den Vorgaben von ISO 14 025: Extern, Bureau Veritas Certification, Schweden

6 Links und Referenzen

Informationen über das Unternehmen

<http://www.axpo.ch>

Über das internationale EPD®-Programm

<http://www.environdec.com>

Informationen zum internationalen EPD-Konsortium (IEC), EPD®s und PKRs (PKR-CPC 17) und die allgemeinen Programmanweisungen, 2007

Hintergrunddaten zur Ökobilanz

<http://www.ecoinvent.org>

ecoinvent-v2-Datenbank, veröffentlicht vom Schweizer Zentrum für Ökoinventare

7 Häufig verwendete Abkürzungen

AECC	Angarsk Electrolyze Chemical Combine, Angarsk, Russland
BE	Brennelement
CMP	Chepetsk Mechanical Plant, Glasov, Russland
ECP	Electrochemical Plant, Zelenogorsk, Russland
ENSI	Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat
EPD	Umweltdeklaration (Environmental Product Declaration)
ERU-Brennstoff	Uranbrennstoff gemischt aus wiederaufbereitetem Uran aus verschiedenen Quellen
HAA	Hoch radioaktive Abfälle
IAEA	Internationale Atomenergiebehörde (International Atomic Energy Agency)
KKW	Kernkraftwerk
KKB	Kernkraftwerk Beznau
LMA	Mittel radioaktive Abfälle mit langer Halbwertszeit
LCA	Ökobilanz/Lebenszyklusanalyse (Life-Cycle Assessment)
MPA	Mayak Production Association, Ozersk, Russland
MSZ	Mashinostroitelny Zavod, Elektrostal, Russland
MOX-Brennstoff	Mischoxidbrennstoff (Kernbrennstoff hergestellt aus Plutonium- und Urandioxid)
Nagra	Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle
PKR	Produktkategorieregeln
PMC	Priagunsky Mining Combine, Krasnokamensk, Russland
SCC	Siberian Chemical Combine, Seversk, Russland
SMA	Schwach und mittel radioaktive Abfälle
UEIP	Ural Electrochemical Integrated Plant, Novouralsk, Russland
UO ₂ -Brennstoff	Urandoxidbrennstoff

Axpo AG

Parkstrasse 23 | CH-5401 Baden
T +41 56 200 31 11 | F +41 56 200 37 55
www.axpo.ch