

Aktivitäten der IAEA zur Entsorgung und Endlagerung radioaktiver Abfälle aus technologischer und sicherheitstechnischer Sicht

Gerard Bruno, Stefan Mayer,

Karina Lange, Armin Lagumdžija, Milan Vujovic

Internationale Atomenergie-Organisation (IAEO)

Gemeinsames Seminar der Eidgenössischen Kommissionen für Strahlenschutz KSR und nukleare Sicherheit KNS

«Radioaktive Abfälle»



Inhalt

- Unterstützung der IAEA für die Mitgliedstaaten
- IAEA-Sicherheitsstandards und andere Publikationen
- Internationale Projekte und Unterstützung für die Mitgliedstaaten
- Gemeinsames Übereinkommen
- ARTEMIS-Review



IAEO-Sicherheitsstandards und andere Publikationen

Unterstützung der IAEO für Mitgliedstaaten

STATUTE

Die IAEO unterstützt die Mitgliedstaaten (MS) durch:

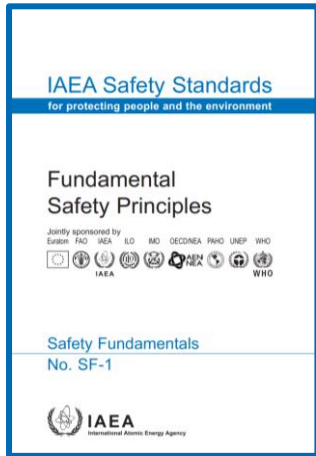
- Erarbeitung von Sicherheitsstandards
- Unterstützung der MS bei der Anwendung der Sicherheitsstandards durch verschiedene Mittel:
 - Internationale Projekte
 - Direkte Unterstützung der MS durch:
 - Programme für technische Zusammenarbeit
 - Überregionale und regionale Netzwerke
 - Nationale, regionale und überregionale Schulungen, Workshops, technische Treffen, Konferenzen ...
 - Expertenmissionen

ARTIKEL III: Aufgaben der Organisation

6. in Konsultierung und gegebenenfalls in Zusammenarbeit mit den zuständigen Organen der Vereinten Nationen und den in Betracht kommenden Spezialorganisationen (auch in Bezug auf Arbeitsbedingungen) **Sicherheitsnormen aufzustellen oder zu beschliessen**, um die Gesundheit zu schützen und die Gefahr für Leben und Eigentum auf ein Mindestmass herabzusetzen, sowie dafür zu sorgen, dass diese Normen auf ihre eigene Tätigkeit und auch auf die Tätigkeiten Anwendung finden, bei denen Material, Dienstleistungen, Einrichtungen und Informationen verwendet werden, die von der Organisation oder auf ihr Ersuchen oder unter ihrer Aufsicht oder Kontrolle zur Verfügung gestellt werden; sowie für die Anwendungen dieser Normen, wenn die betreffenden Parteien darum ersuchen, auf Tätigkeiten im Rahmen bilateraler oder multilateraler Vereinbarungen oder, wenn ein Staat darum ersucht, auf dessen Tätigkeit auf dem Gebiet der Atomenergie zu sorgen;



IAEO-Sicherheitsstandards



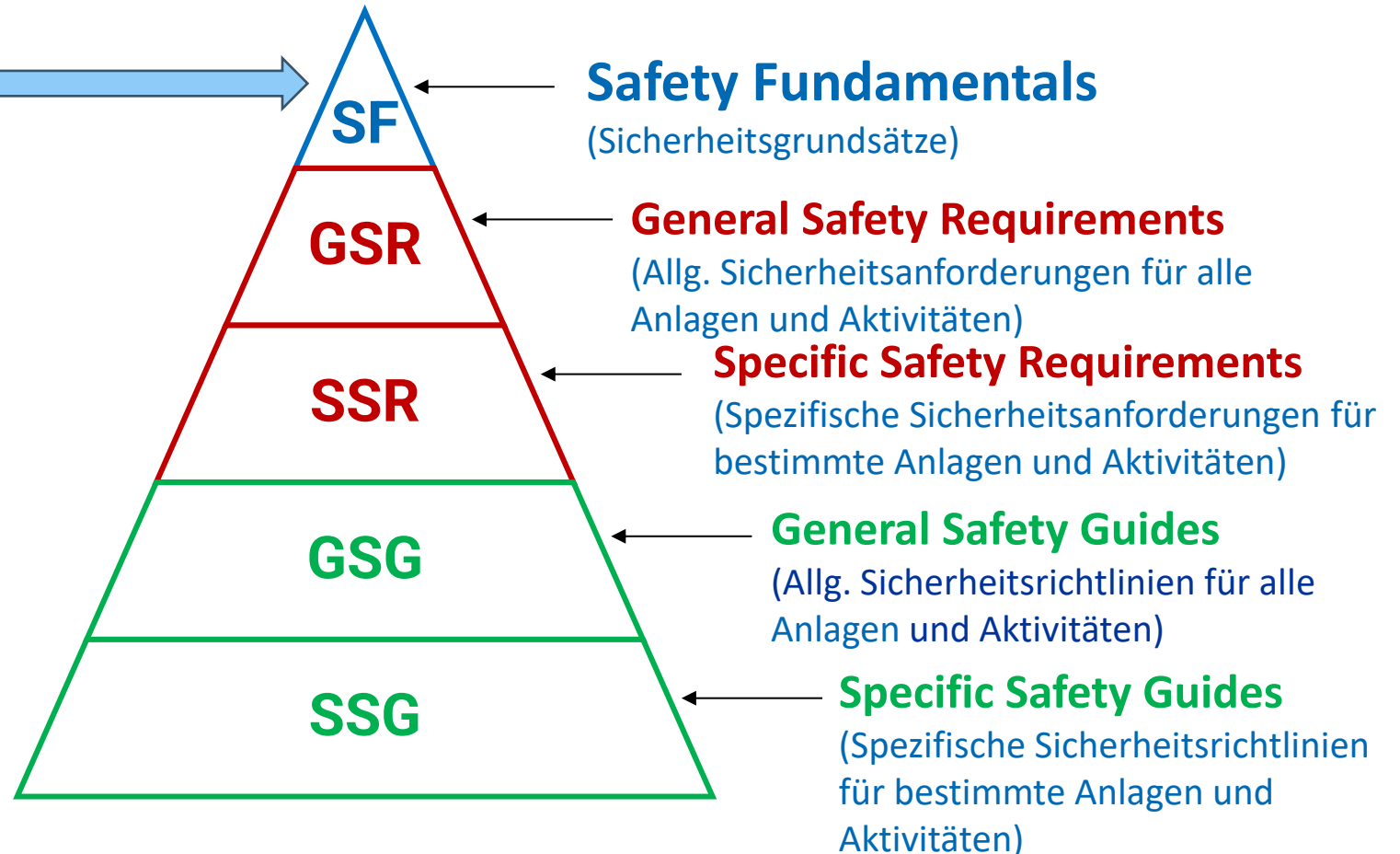
Grundlegendes Sicherheitsziel:

Mensch und Umwelt vor den schädlichen Auswirkungen ionisierender Strahlung schützen

Prinzip 7: Schutz heutiger und künftiger Generationen

Abs. 3.29 der IAEA Safety Series Nr. SF-1:

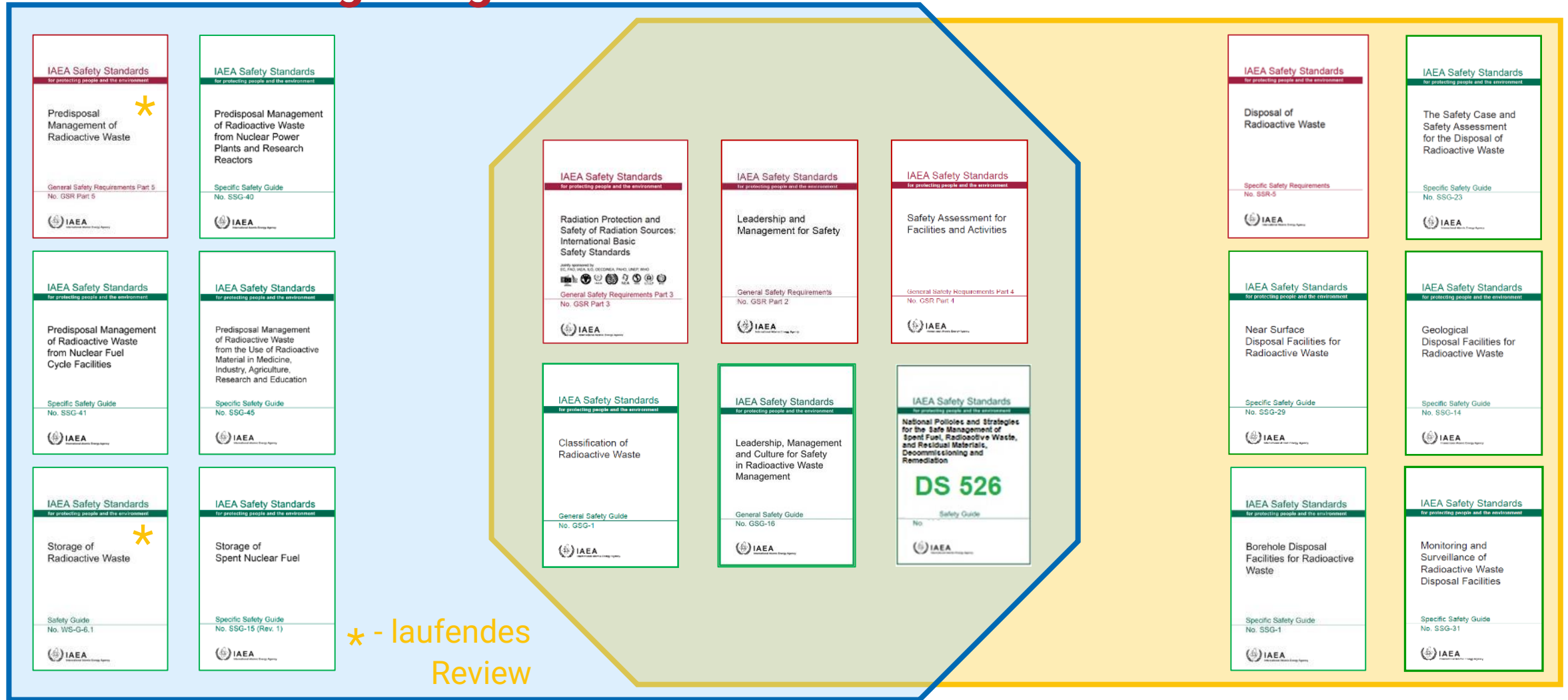
Radioaktive Abfälle müssen so entsorgt werden, dass **zukünftige Generationen nicht über Gebühr belastet werden**. Das heisst, dass die Generationen, die den Abfall produzieren, sichere, praktikable und umweltverträgliche Lösungen für die langfristige Entsorgung finden und umsetzen müssen. ...



IAEO-Sicherheitsstandards

Standards zur Behandlung vor Endlagerung

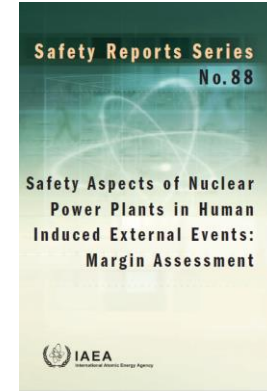
Standards zur Endlagerung



Weitere IAEO-Publikationen

Die IAEO hat eine Reihe von Publikationen zum sicheren Umgang mit abgebrannten Brennelementen und radioaktiven Abfällen herausgegeben.

Derzeit gibt es mehr als 40 verschiedene Publikationen zum Thema sichere Entsorgung abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle. 7 weitere befinden sich noch in Arbeit.



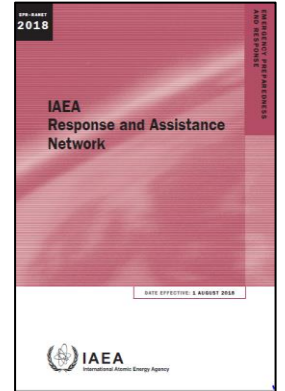
**Sicherheits-
berichte**



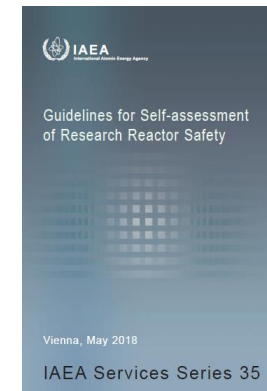
**Technische
Berichte**



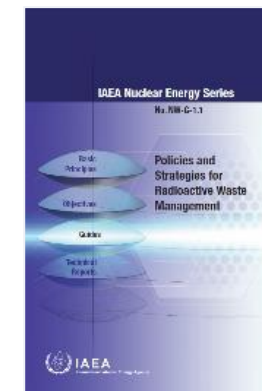
TECDOCs



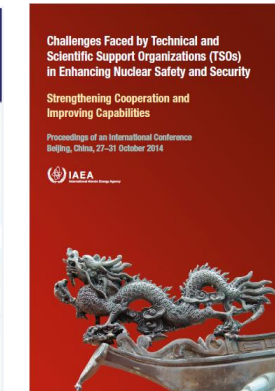
EPR-Reihe



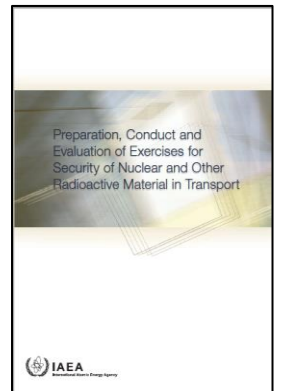
**Service-
Reihe**



**Kernenergie-
Reihe**



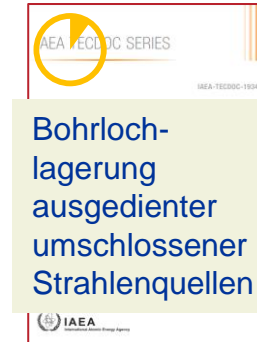
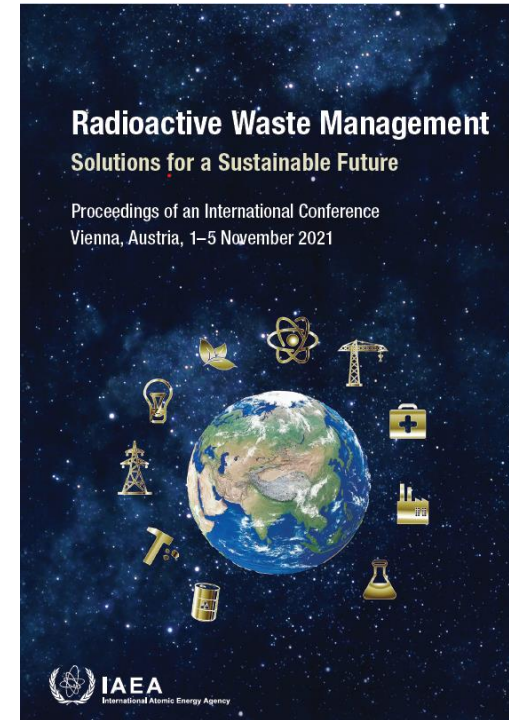
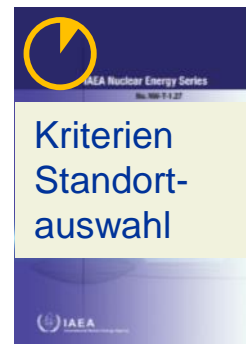
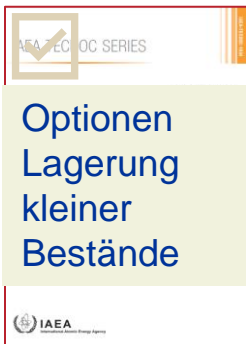
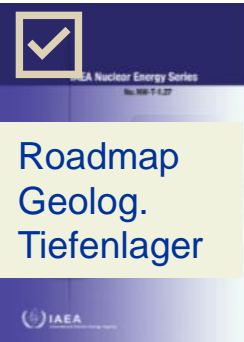
**Verfahrens-
reihe**



**Einzel-
publikationen**

IAEO-Reihe zu Kernenergie

Richtlinien zur Unterstützung des Endlagerprogramms



Roadmap zum geolog. Tiefenlager und Standorterkundungen publiziert – Druckversionen erhältlich (Sept. 2024)

Endlagerung von radioaktiven Abfällen

Spezifische Sicherheitsanforderungen der IAEA

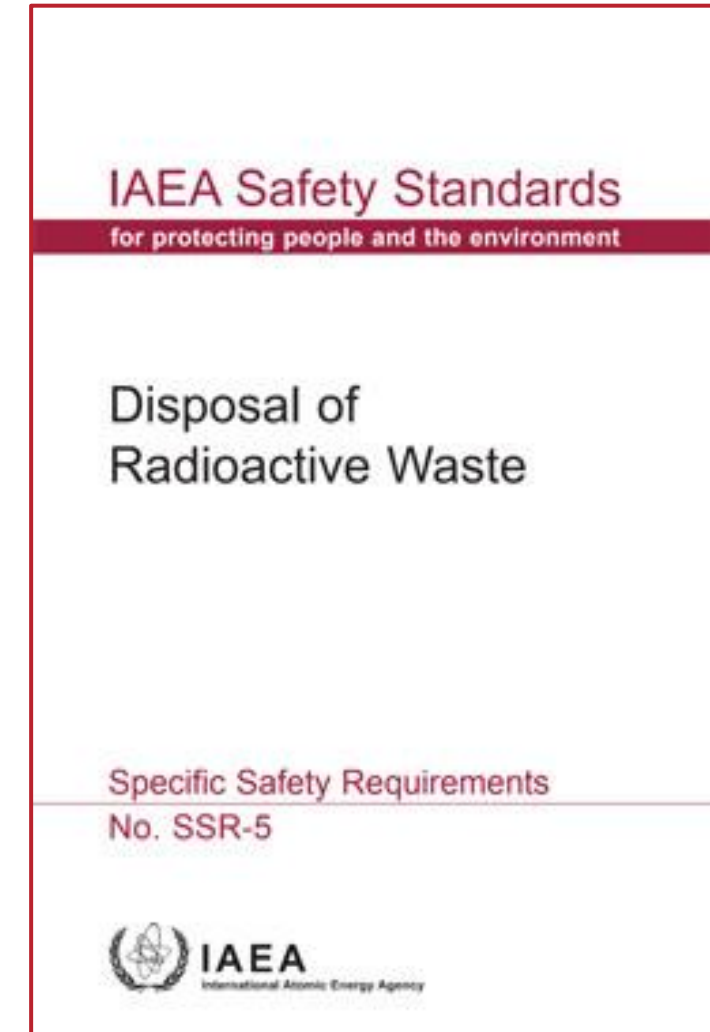
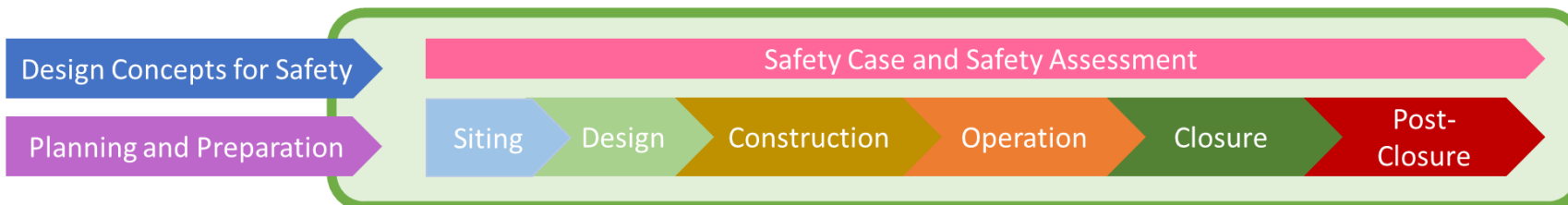
Nr. SSR-5

Legt die Sicherheitsziele und -kriterien für die Endlagerung fest.

Regelt spezifische Sicherheitsanforderungen für den Bau, den Betrieb und die Schliessung von Endlagern.

Gilt für alle Arten von radioaktiven Abfällen und alle Arten von Endlagern.

Behandelt keine allgemeineren Fragen wie Standortwahl, Abfalltransport zum Standort, nicht-radiologische Auswirkungen auf die Umwelt und Beteiligung der Stakeholder.



Sicherheitsrichtlinien zu Endlagern für radioaktive Abfälle

IAEA Specific Safety Guide SSG-29 (oberflächennah)

IAEA Specific Safety Guide SSG-14 (geologisch)

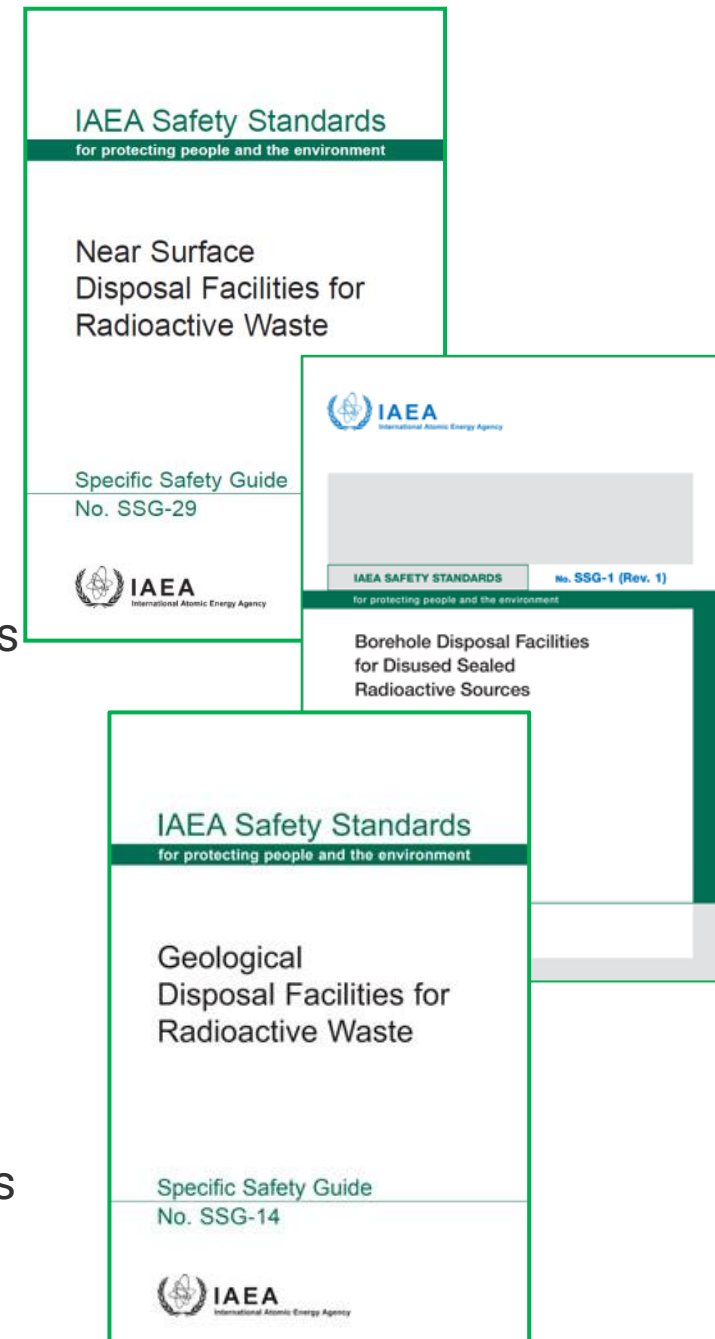
IAEA Specific Safety Guide SSG-1 (Bohrloch)

Verantwortlichkeiten der Regierung, der Aufsichtsbehörde und des Betreibers

Sicherheitsansatz:

- Sicherheit im Entwicklungsprozess
- Einschluss
- Isolation
- Verschiedene Sicherheitsfunktionen
- Passive Sicherheit
- Überwachung & Kontrolle passiver Sicherheitsmerkmale

Umfang, Erstellung, Genehmigung und Verwendung von Sicherheitsnachweis und -bewertung



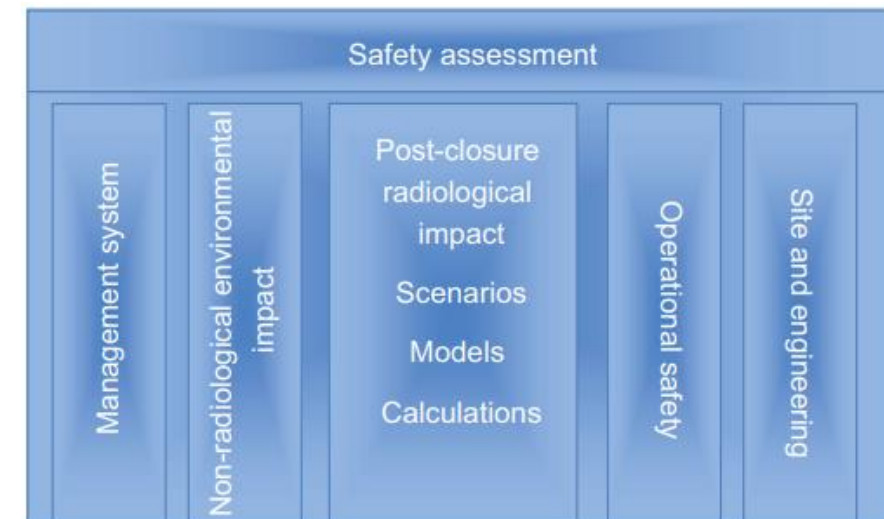
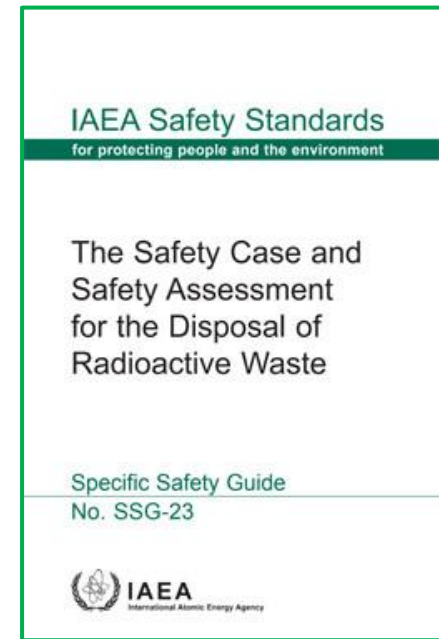
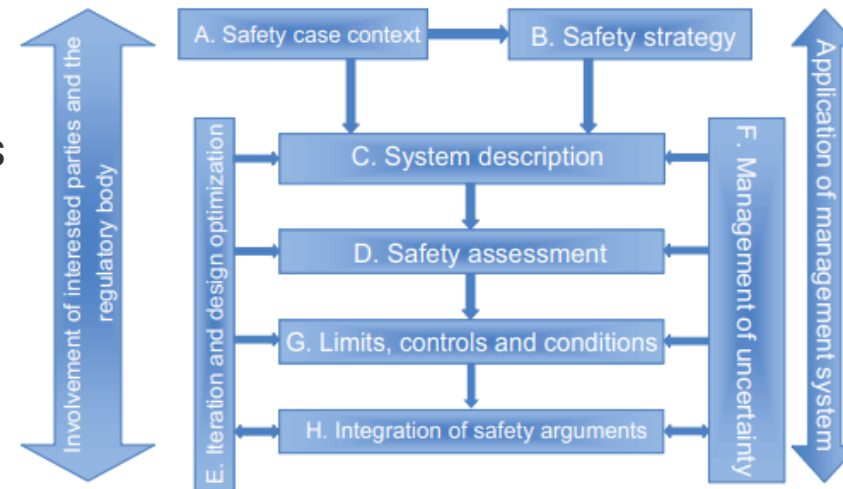
Sicherheitsnachweis und -bewertung zur Endlagerung radioaktiver Abfälle

IAEA Specific Safety Guide SSG-23

Behandelt die Erstellung des Sicherheitsnachweises und der unterstützenden Sicherheitsbewertung für alle Arten radioaktiver Abfälle.

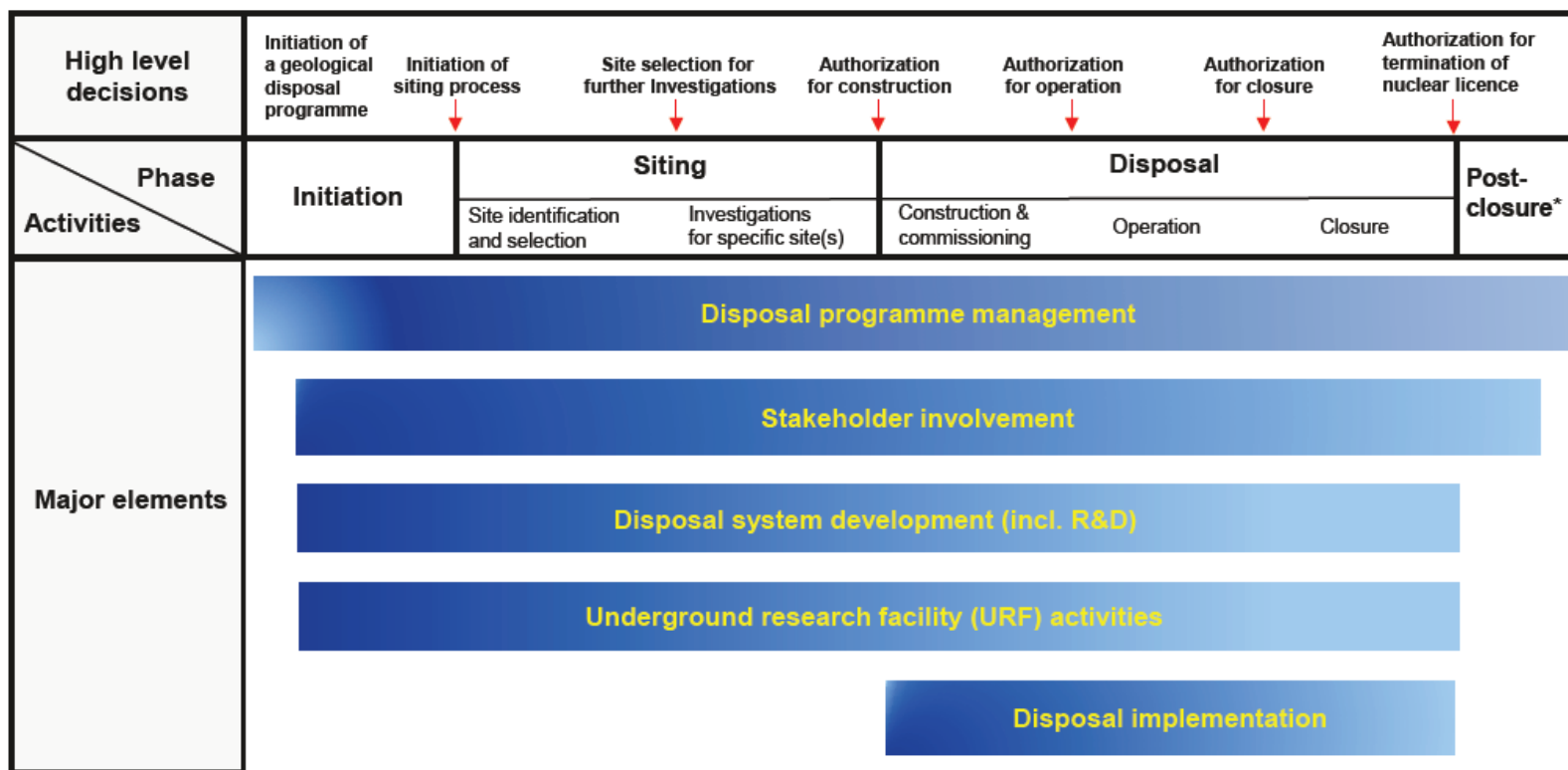
Enthält Richtlinien und Empfehlungen für alle Phasen der Entwicklung eines Endlagers mit Schwerpunkt auf deren Auswirkungen nach der Schliessung.

Umfasst ausserdem Empfehlungen zur Beteiligung von Stakeholdern, zu Fragen der Risikokommunikation und zu Ansätzen für die Entscheidungsfindung sowie Richtlinien und Empfehlungen zum Regulierungsprozess.



Kürzlich erschienene Publikation:

Roadmap für die Umsetzung eines geologischen Endlagerprogramms



* Responsibility may be transferred from the WMO to another organization





Internationale Projekte und Unterstützung für die Mitgliedstaaten

Projekt GEOSAF

TECDOC mit Ergebnissen des Projekts GEOSAF wird demnächst publiziert.

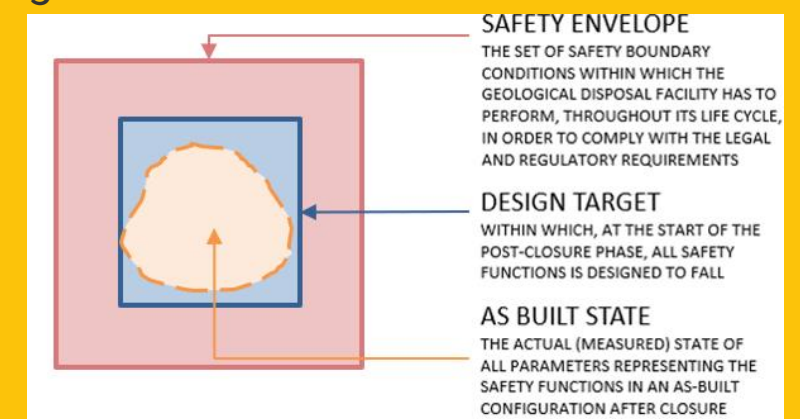
Internationales Projekt zum Nachweis der langfristigen Betriebssicherheit von geologischen Endlagern für radioaktive Abfälle

GEOSAF Teil I (2008–2011) – Harmonisierung der Standpunkte und Meinungen zur Erarbeitung eines Sicherheitsnachweises für ein geologisches Endlager, mit Schwerpunkt auf der langfristigen Sicherheit

GEOSAF Teil II (2012–2015) – Auseinandersetzung mit der Schnittstelle zwischen den während des Betriebs und nach Schliessung geltenden Sicherheitsregelungen und Erarbeitung einer Struktur und Methodik zur Definition eines übergreifenden Sicherheitsnachweises, der die Sicherheit der geologischen Endlagerung unter Einbeziehung der Betriebszeit wie auch der Phase nach der Schliessung untermauert

GEOSAF Teil III (2015–2021) – Erarbeitung praktischer Richtlinien für den Sicherheitsnachweis, die anhand praktischer Beispiele und Fallstudien veranschaulichen, wie der integrierte Sicherheitsnachweis von Abfallentsorgungsunternehmen erstellt und von Aufsichtsbehörden und ÜNB bewertet werden soll

Genaue Definition und Verständnis der Konzepte **Safety Envelope** (SE), **Design Target** (DT) und **As Built State** (ABS), die sowohl für die Betriebssicherheit als auch für die Sicherheit nach der Schliessung gelten.

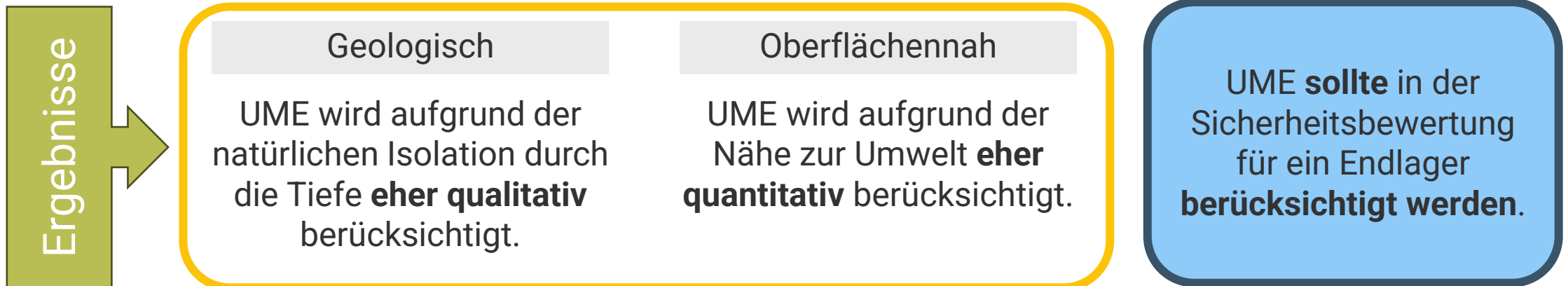


Projekt HIDRA

TECDOC mit Ergebnissen des Projekts HIDRA wird demnächst publiziert.

Unbeabsichtigtes menschliches Eindringen in Endlager für radioaktive Abfälle

- Das Projekt HIDRA befasste sich damit, wie allfälligen künftigen menschlichen Handlungen begegnet werden kann, die in Gebieten mit Endlagern für radioaktive Abfälle Schaden anrichten könnten.
- Gesamtziel: höhere Sicherheit des Endlagers durch Berücksichtigung verschiedener Massnahmen zur Reduzierung der Möglichkeit und der Folgen von unbeabsichtigtem menschlichem Eindringen (UME).
- HIDRA Phase I – 3 Arbeitsgruppen: stilisierte Szenarien, soziale Faktoren und mögliche Massnahmen
- HIDRA Phase II – 2 Arbeitsgruppen: oberflächennahes Lager, geologisches Tiefenlager



Regulatorische Vorbereitung auf ein Projekt für ein geologisches Endlager

TECDOC: Richtlinien zur Vorbereitung und Durchführung der regulatorischen Prüfung und Bewertung von geologischen Endlagerprogrammen sind in Arbeit.

Hauptziel ist die Erarbeitung von Richtlinien (TECDOC) zu den Vorbereitungsarbeiten, die eine Regulierungsbehörde für die verschiedenen Phasen eines Programms zur geologischen Endlagerung berücksichtigen sollte, insbesondere:

- Kompetenzen, welche die Regulierungsbehörde braucht, um in allen Phasen eines Programms zur geologischen Endlagerung als unabhängige und glaubwürdige Instanz aufzutreten
- frühzeitige Interaktion zwischen Regulierungsbehörde und Entscheidungsträgern wie auch mit dem angehenden Lizenznehmer zur Vorbereitung auf die erste Lizenzierungsphase
- regulatorische Beurteilungen und Entscheidungen bei Unsicherheiten, insbesondere in der ersten Lizenzierungsphase

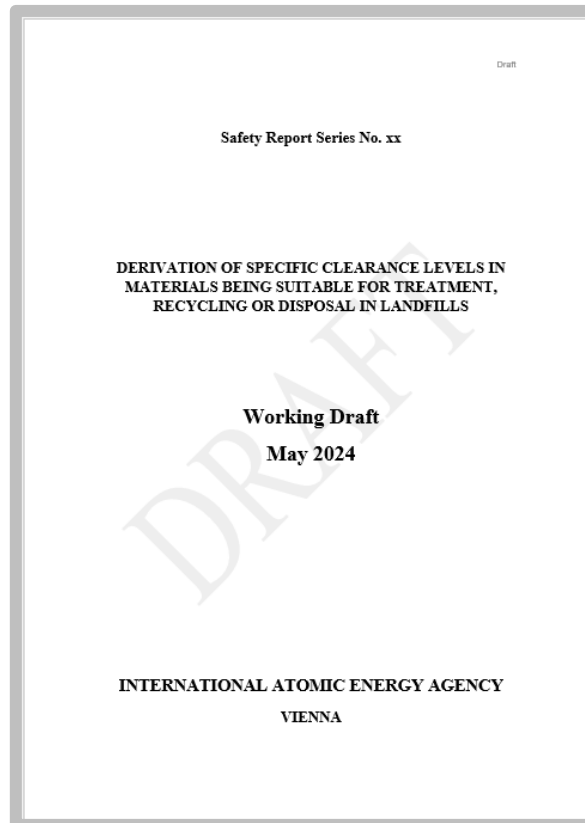
Spezifisches Freigabekonzept



SCALA

The IAEA Clearance Tool

Arbeitsergebnisse



Modelle und
Methodik zur
Ableitung
spezifischer
Freigabewerte

RECYCLING
von Beton, Metallen
und brennbaren
Stoffen

LAGERUNG in
Deponien
für Inertabfälle,
Siedlungsabfälle &
gefährliche Abfälle



Implementiert Modelle
und Methodik zur
Ableitung spezifischer
Freigabewerte.

Wird von der IAEI
kostenlos abgegeben.
Schulungen werden
angeboten.

Aktivitäten zur Endlagerung radioaktiver Abfälle

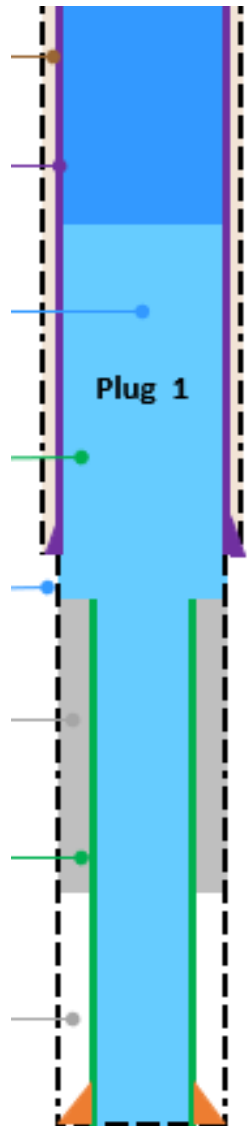
Erstellung technischer Mitteilungen

Die laufenden Aktivitäten zur Endlagerung radioaktiver Abfälle führen zur Erstellung mehrerer technischer Mitteilungen, namentlich:

- Spezifische Richtlinien für die Anwendung von Sicherheitsstandards auf **verschiedene Optionen zur Endlagerung ausgedienter umschlossener Strahlenquellen**
- Evaluation der Anwendbarkeit der IAEA-Sicherheitsstandards auf die **Tiefenbohrlochlagerung von hoch- und mittelradioaktiven Abfällen**
- Evaluation der Anwendbarkeit der IAEA-Sicherheitsstandards auf die **Entwicklung multinationaler Endlagerkonzepte**

Hauptziel dieser technischen Mitteilungen ist, die Anwendbarkeit der IAEA-Sicherheitsstandards auf den jeweiligen Themenbereich zu analysieren.

IAEO-Projekt zur Bohrlochlagerung ausgedienter umschlossener Strahlenquellen



Workshops zur
Optimierung von
Sicherheitsnachweis
und -konzept
(November 2024)



Koordiniertes IAEO-Forschungsprojekt #T22003 zur Tiefenbohrlochlagerung (2024–2027)

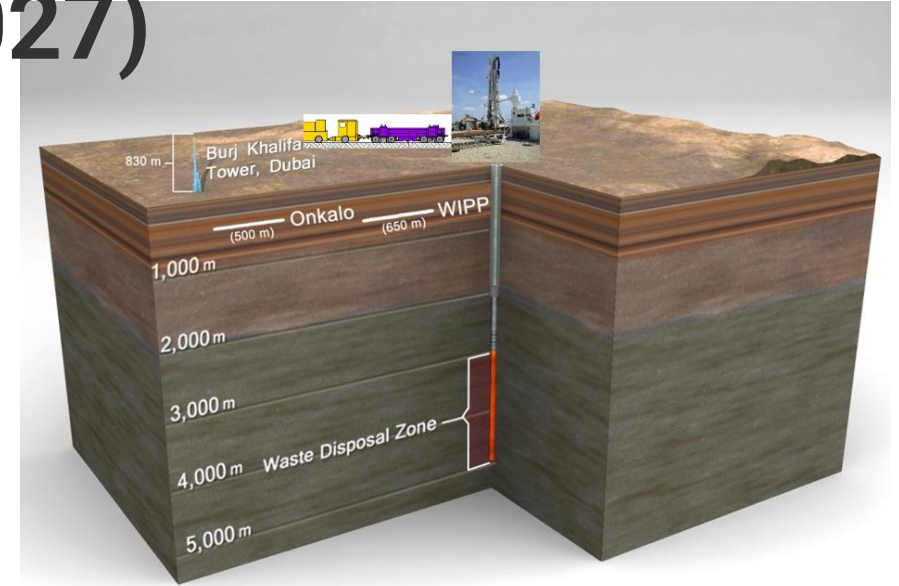
Ziele:

- Verbesserung der internationalen Wissensgrundlagen zur Tiefenbohrlochlagerung (TBL)
- Unterstützung der Mitgliedstaaten beim strategischen Entscheid, ob die TBL als Teil ihres nationalen Endlagerprogramms weiterverfolgt werden soll
- Unterstützung der Vorbereitungsarbeiten für 1 (oder 2) TBL-Felddemonstrator(en)

Gründe:

- Gesuch der Mitgliedstaaten um Bereitstellung einer Kooperationsplattform
- Möglichkeit zur Deckung des Lagerbedarfs für klein(er)e oder bestimmte problematische Abfälle
- Spezifische Pläne in mehreren Mitgliedstaaten

Abb. mit
freundlicher
Genehmigung
von Sandia
National Labs



Das zweite Treffen erfolgte im Herbst 2024.

Teilnehmende: Australien (CSIRO, ARWA), China (ECUT), Dänemark (Danish Dekom, geologischer Dienst), Deutschland (BGETEC), Finnland (GTK), Indonesien (BRIN), Malaysia (NMA), Niederlande (TNO, Covra), Norwegen (NND), Russland (RAS/geologisches Institut), Slowenien (ARAO), Südafrika (NRWDI), Tschech. Rep. (UJV Rez), UK (U Sheffield), Ukraine (NAS/REC), USA (SNL), USA (DBDC, Deep Isolation)

Schulungskurse

Umfassende 5-tägige Kurse zur Endlagerung radioaktiver Abfälle

Beispiel: Kurs zu Gestaltungsprinzipien und -ansätzen bei Endlagern für radioaktive Abfälle

Der Kurs vermittelt, wie die Prinzipien der Lagergestaltung in einem strukturierten Gestaltungsprozess umgesetzt werden. Dieser Prozess wird in einer praktischen Gestaltungsübung beleuchtet.

Vorträge & Diskussionen

- L1: Einführung in die Gestaltungsprinzipien und -ansätze bei Endlagern
- L2: Systemtechnik, Optioneering & konzeptuelle Entscheidungsfindung
- L3: Handhabung der wichtigsten Gestaltungstreiber: Fallstudien
- L4: Lösungen für Verpackungsabfälle, Einbau und Öffnungskonzept
- L5: Anforderungen und Einschränkungen in der Betriebsphase
- L6: Baumethoden, Materialien und Gestaltungsmöglichkeiten

Übungen dazu

- E1: Wahl eines Endlagerkonzepts
- E2: Einbeziehung von sehr strengen Anforderungen und Einschränkungen
- E3: Konzeptuelle Anforderungen an Abfalleinbau
- E4: Konzeptuelle Anforderungen an Endlagerbetrieb
- E5: Konzeptuelle Anforderungen an Bau und Schliessung

Schulungskurse

Generic Agenda for DGR Roadmap Course – to be adapted to user requirements					
	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday
09:00 – 10:30	Welcome: Introduction to the course <ul style="list-style-type: none"> Tutors and participants introduce themselves Introduce the Roadmap (L0) Introduce the Exercise (E0) 	E2: Your Management Systems	E4: A WBS for the evolving Safety Case	E6: Develop a WBS for Site Investigations	Complete Exercises and Prepare Group Presentations <ul style="list-style-type: none"> Groups consolidate their plans and develop PPT presentations
	Break (10:30 – 11:00)	Break (10:30 – 11:00)	Break (10:30 – 11:00)	Break (10:30 – 11:00)	Break (10:30 – 11:00)
11:00 – 12:30	L1: Engaging the Stakeholders L2: The Initiation Phase	L4: Disposal system development	L6: The Siting Phase	L8: Licensing	Group Presentations <ul style="list-style-type: none"> Presentation of the roadmaps developed by each group Feedback from tutors
	Lunch (12:30 – 14:00)	Lunch (12:30 – 14:00)	Lunch (12:30 – 14:00)	Lunch (12:30 – 14:00)	Lunch (12:30 – 14:00)
14:00 – 15:30	E1: Your National Framework and Stakeholders	E3: Your DGR concept options and design process	E5: Define an Approach to Siting	L9: Construction and Initial Commissioning Stage	Group Presentations <ul style="list-style-type: none"> Presentation of the roadmap developed by each group Feedback from tutors Concluding discussion and participants views
	Break (15:30 – 16:00)	Break (15:30 – 16:00)	Break (15:30 – 16:00)	Break (15:30 – 16:00)	Disperse
16:00 – 17:30	L3: Programme Planning	L5: The Guiding Safety Case	L7: Site Investigations	E7: Develop a WBS for Going Underground	

ARTEMIS-Review

ARTEMIS: integrierter Peer-Review-Dienst (Expertengutachten) für Programme zur **Entsorgung radioaktiver Abfälle und abgebrannter Brennelemente, Stilllegung und Sanierung**

Für Anlagenbetreiber und Organisationen, die für die Entsorgung radioaktiver Abfälle zuständig sind, sowie für Aufsichtsbehörden, politische und andere Entscheidungsträger

Bietet unabhängige Expertenmeinungen und -beratungen aus einem von der IAEA eingesetzten internationalen Spezialistenteam.

Die Reviews beruhen auf den IAEA-Sicherheitsstandards, technischen Richtlinien und international bewährten Verfahren.



Integrated Review Service for Radioactive
Waste and Spent Fuel Management,
Decommissioning and Remediation

ARTEMIS

Nutzen eines ARTEMIS-Reviews:

- verbesserte organisatorische Leistung;
- höhere Sicherheit, optimierte Abläufe und tiefere Kosten;
- mehr Transparenz und grösseres Vertrauen der Stakeholder und der breiten Öffentlichkeit; sowie
- stärkere Glaubwürdigkeit der Entscheidungsprozesse aus fachlicher und programmbezogener Sicht.

Gemeinsames Übereinkommen über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle

Das gemeinsame Übereinkommen soll Anreize setzen und durch einen alle drei Jahre stattfindenden Peer-Review-Prozess ein hohes Mass an Sicherheit bei der Entsorgung abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle fördern.

Vertragsparteien:

- **Weitergabe nationaler Berichte** über die Erfüllung der Pflichten aus dem Übereinkommen an alle anderen Vertragsparteien
- **Ersuchen um Klärungen** in nationalen Berichten anderer Vertragsparteien durch ein System schriftlicher **Fragen und Antworten**
- **Präsentation und Diskussion** der nationalen Berichte am **Review Meeting** der Ländergruppen

Nutzen

Beitrag zur Förderung eines internationalen Ansatzes zur Entsorgung abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle und zum Wissensaustausch in diesen Bereichen

Sicherheit für die Öffentlichkeit, dass die entsprechenden nationalen Entsorgungsregelungen den internationalen Sicherheitsstandards entsprechen

Mehr Unterstützungsmöglichkeiten, falls ein Land nur begrenzte Mittel zur Verbesserung seiner Infrastruktur für eine höhere Sicherheit der Entsorgung abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle hat



Vielen Dank!
