

Bauliche Auslegung von Zwischenlagern

Dr.-Ing. Benjamin Czwikla

Dialoggruppe verlängerte Zwischenlagerung
Dannenberg, 09.06.2026

Agenda

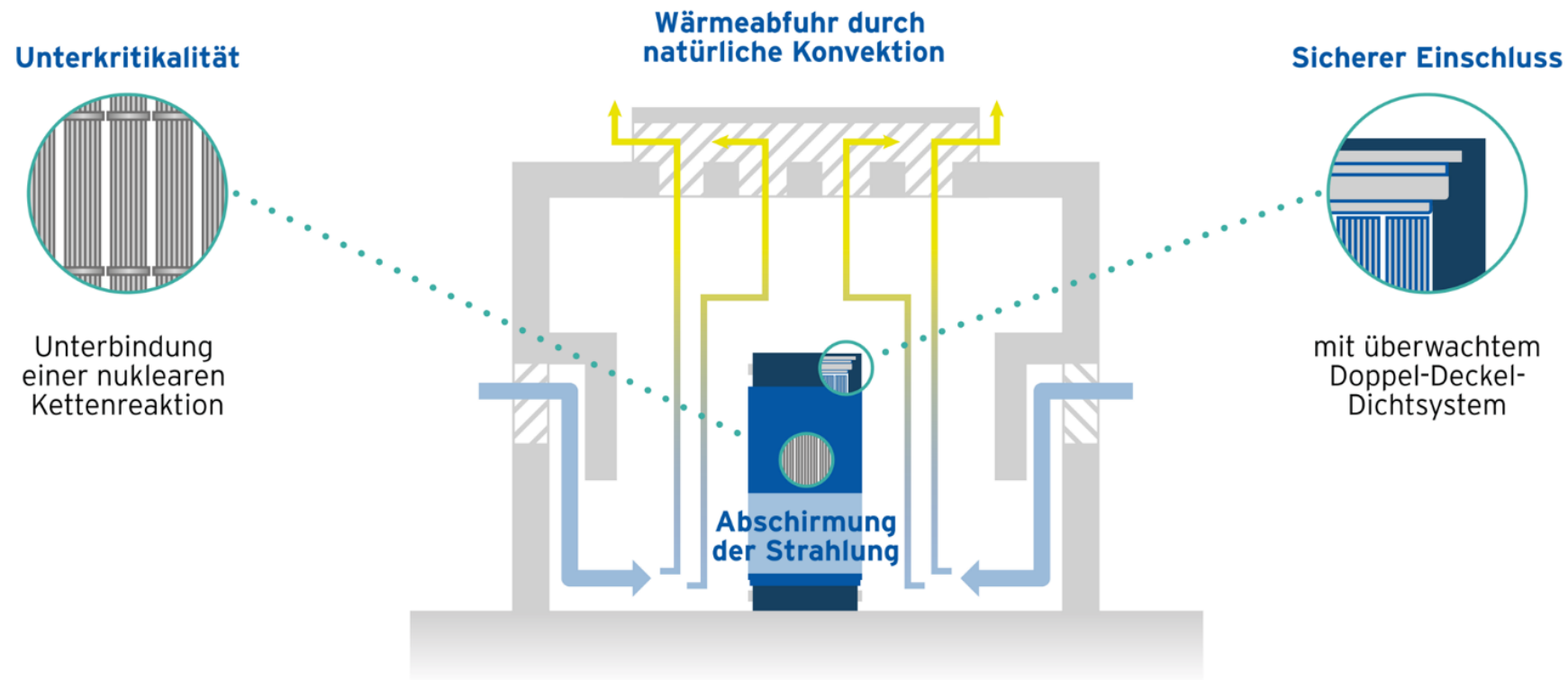
1. Randbedingungen der trockenen Zwischenlagerung
2. Beschreibung der Zwischenlager-Gebäude
3. Auslegung der Zwischenlager-Gebäude
 - a. Allgemeine Anforderungen
 - b. Atomrechtliche Anforderungen
 - c. Überprüfung auf Aktualität
 - d. Überprüfung der naturbedingten Einwirkungen von außen
4. Zusammenfassung



Randbedingungen der trockenen Zwischenlagerung

Schutzziele bei der trockenen Zwischenlagerung

- Die Einhaltung der Schutzziele wird im Wesentlichen durch den Behälter sichergestellt:



Genehmigung

- Die Aufbewahrung radioaktiver Abfälle bedarf einer **Genehmigung nach §6 AtG** und ist zu erteilen, wenn
 - Keine Bedenken gegen die **Zuverlässigkeit** des Antragstellers vorliegen,
 - die erforderliche **Vorsorge gegen Schäden nach aktuellem Stand von Wissenschaft und Technik** nachgewiesen ist,
 - die erforderliche Vorsorge für die Erfüllung gesetzlicher **Schadensersatzverpflichtungen** getroffen ist,
 - der erforderliche **Schutz gegen Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter (SEWD)** gewährleistet ist.
- **Genehmigungszeitraum** für die Aufbewahrung radioaktiver Abfälle ist nach AtG auf **40 Jahre** begrenzt
 - Errichtung und Genehmigung auf Basis des damaligen Stands von Wissenschaft und Technik
 - Für den Bau von Zwischenlagern ist eine (unbefristete) **Baugenehmigung** nach Landesbauordnung erforderlich
- Nachweis der Sicherheit der Zwischenlagerung über Einhaltung der **Schutzziele**
- Pflicht zur Erstellung einer **periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ)** alle 10 Jahre zur Überprüfung und Bewertung der nuklearen Sicherheit nach **§19a AtG**



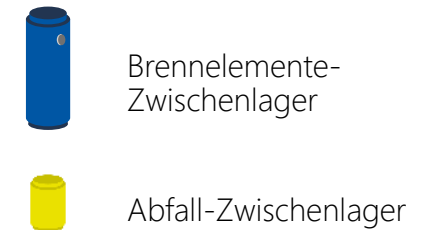
Zwischenlager-Gebäude



- Schutzziele werden bereits durch den Behälter erfüllt
- Lagergebäude erfüllen folgende Sicherheitsfunktionen:
 - **Schutz** der Behälter **vor Umwelteinflüssen**
 - Zusätzliche **Abschirmung** der ionisierenden Strahlung
 - Sicherstellung der **Wärmeabfuhr** an die Umgebung
 - **Schadensvorsorge** gegen Störfälle und auslegungsüberschreitende Ereignisse
- Schutz vor Entwendung und Angriffen von außen
- **Keine** vom konventionellen Hochbau **abweichenden Alterungsmechanismen**
- Langfristiger Erhalt: Laufende Instandhaltung und Überwachung durch **Alterungsmanagement**

Beschreibung der Zwischenlager-Gebäude

BGZ-Zwischenlager: Unsere Standorte



* Die Übertragung des Abfalllagers am Standort Krümmel sowie des Brennelemente-Zwischenlagers in Brunsbüttel ist noch nicht erfolgt.

Brennelemente-Zwischenlager der BGZ

Zentrale Zwischenlager



Ahaus



Gorleben

Dezentrale Zwischenlager



Biblis



Gundremmingen



Neckarwestheim



Brokdorf



Isar



Philippsburg



Grafenrheinfeld



Krümmel



Unterweser



Grohnde



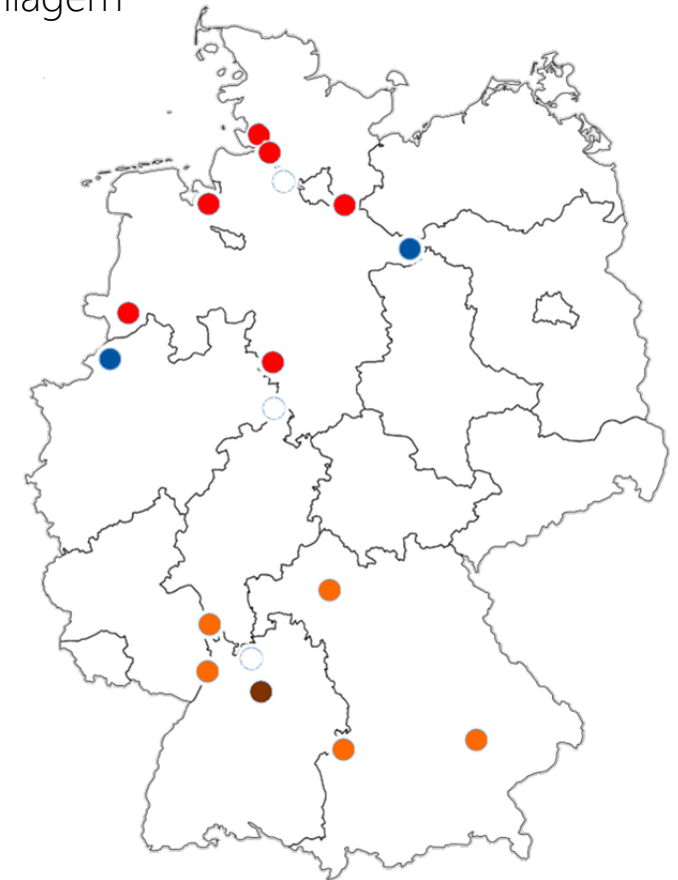
Lingen

Die BGZ ist dem laufenden Genehmigungsverfahren als Antragstellerin beigetreten. Übernahme der Betriebsverantwortung durch die BGZ nach Abschluss des Genehmigungsverfahrens.

Brunsbüttel

Zwischenlager-Gebäude

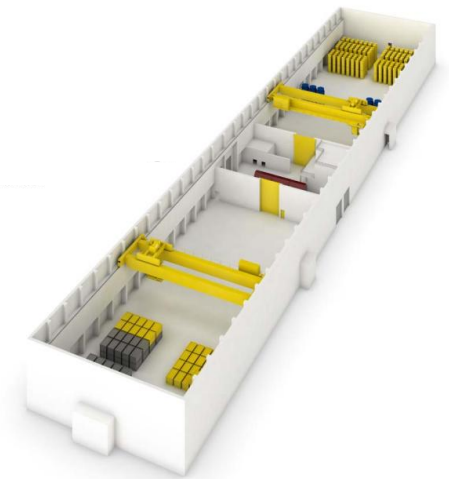
- Unterscheidung zwischen zentralen (Gorleben, Ahaus (●)) und dezentralen Zwischenlagern
- Unterschiedliche Konzepte bei der Erstellung der dezentralen Zwischenlager:
 - WTI-Konzept (●)
 - STEAG-Konzept (●)
 - Tunnel-Konzept (●)



Räumliche Verteilung der unterschiedlichen Zwischenlager-Konzepte der BGZ

Zentrale Zwischenlager

- Zwischenlager Gorleben (BZG):
 - Inbetriebnahme: 1995
 - Genehmigung bis 2034
 - Abmessungen:
 - Ca. 183 m lang, ca. 38 m breit, ca. 20 m hoch
- Zwischenlager Ahaus (BZA):
 - Inbetriebnahme: 1992
 - Genehmigung bis 2036
 - Abmessungen:
 - Ca. 196 m lang, ca. 38 m breit, ca. 20 m hoch



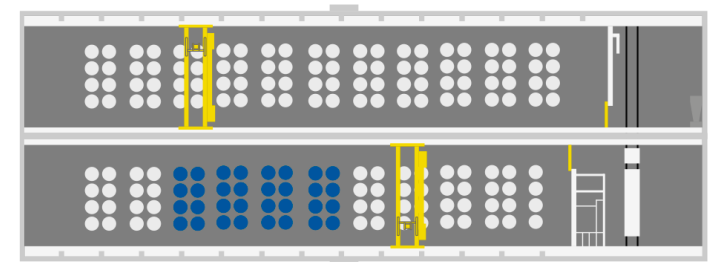
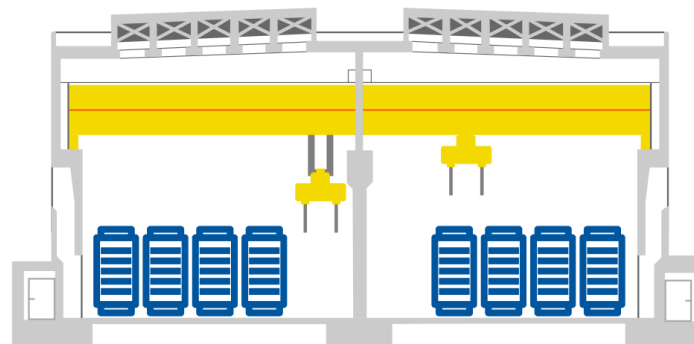
[1] Skizze nach: Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung, Zwischenlager für hochradioaktive Abfälle - Sicherheit bis zur Endlagerung, 2020

Schematic drawing of the central storage facility Ahaus [1]

Dezentrale Zwischenlager

WTI-Konzept:

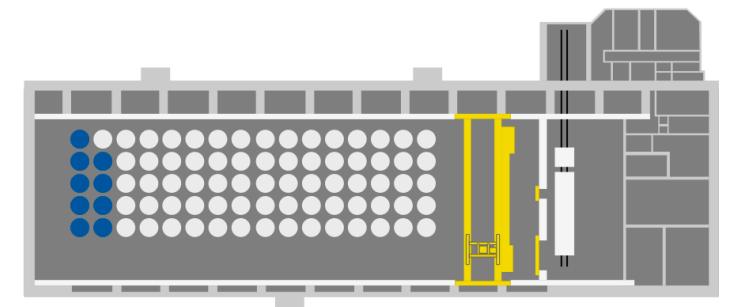
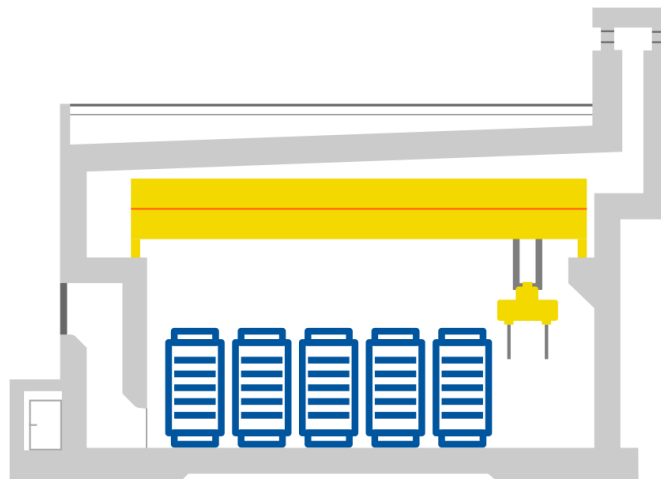
- zweischiffige Bauweise
- geht auf die Bauweise der zentralen Zwischenlager zurück
- Abmessungen:
 - ca. 92 m lang, ca. 38 m breit, ca. 19 m hoch
- Standorte mit einem Gebäude nach WTI-Konzept:
 - Biblis (BZB)
 - Philippsburg (BZP)
 - Grafenrheinfeld (BZR)
 - Isar (BZI)
 - Gundremmingen (BZM)



Dezentrale Zwischenlager

STEAG-Konzept:

- einschiffige Bauweise mit Abluftkamin
- Abmessungen:
 - ca. 110 m lang, ca. 38 m breit, ca. 19 m hoch
- Standorte mit einem Gebäude nach STEAG-Konzept:
 - Brokdorf (BZF)
 - Krümmel (BZK)
 - Brunsbüttel (BZT)
 - Grohnde (BZD)
 - Unterweser (BZU)
 - Lingen (BZL)



Dezentrale Zwischenlager

Tunnel-Konzept:

- Nur in Neckarwestheim (BZN)
- Tunnellager aufgrund von Platzmangel im ehemaligen Steinbruch
- Ausführung in Form zweier paralleler horizontaler Tunnel
- Abmessungen der Tunnelröhren:
 - ca. 90 m lang, ca. 14 m breit, ca. 17 m hoch

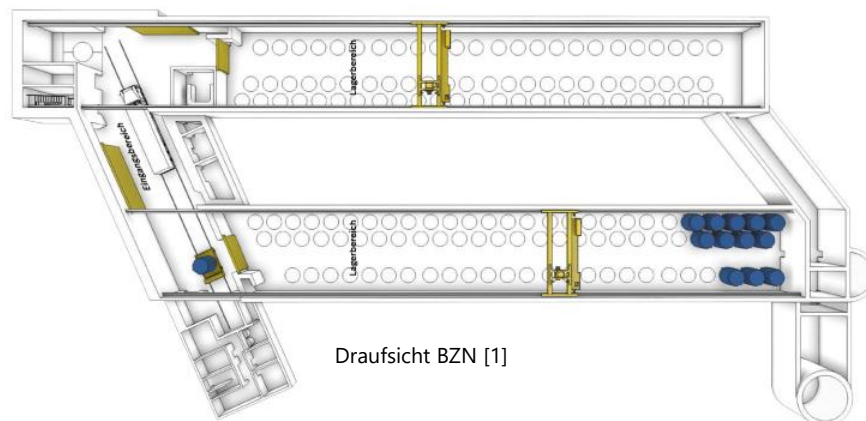


Foto während der Errichtung der Tunnel des BZN [2]



[1] Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung, Zwischenlager für hochradioaktive Abfälle - Sicherheit bis zur Endlagerung, 2020

[2] <https://www.daub-ita.de/de/projektdatenbank/deutschland/gkn-zl-zwischenlager-am-kernkraftwerk-neckarwestheim>

Auslegung der Zwischenlager-Gebäude

Allgemeine Anforderungen

- Sicherstellung der **allgemeinen Anforderungen** an die Bemessung von Tragwerken:
 - Standsicherheit
 - Gebrauchstauglichkeit
 - Dauerhaftigkeit
 - Robustheit
- Zugrunde gelegte Regelwerke:
 - DIN 1045-1: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 1: Planung, Bemessung und Konstruktion
 - DIN 1055-(3 - 5): Einwirkungen auf Tragwerke [Verkehrslasten, Schnee- und Eislasten, Windlasten]
 - **Weitere** spezifische Regelwerke: z.B. DIN 1986 (Entwässerung), DIN 1050 (Stahl im Hochbau), DIN 1053 (Mauerwerksbau), DIN 1054 (Baugrund), DIN 4227 (Spannbeton), Hefte des DAfStb
 - **Höherwertige Anforderungen aus der Kerntechnik:** z.B. Hochwasser (KTA 2207), Erdbeben (KTA 2201)



Atomrechtliche Anforderungen

- Nachweis der **notwendigen Schadensvorsorge** bzw. der erforderlichen Sicherheit **nach dem Stand von Wissenschaft und Technik** durch Genehmigung nach §6 AtG
- Pflicht zur Erstellung einer **periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ)** alle 10 Jahre zur Überprüfung und Bewertung der nuklearen Sicherheit nach §19a AtG
- Bau des Zwischenlagers **gemäß den allgemein anerkannten Regeln der Technik** sowie ggf. **weitergehender Auslegungsanforderungen** aus sicherheitstechnischen Untersuchungen zum bestimmungsgemäßen Betrieb sowie zu Störfällen
 - Spezifizierung der weiteren Auslegungsanforderungen in [1]
 - Forderung zur Durchführung von periodischen Sicherheitsüberprüfungen (PSÜ) nach [2]
 - Forderung eines Alterungsmanagement-Konzepts zur Beherrschung der Langzeit- und Alterungseffekte



[1] ESK-LL für die trockene Zwischenlagerung bestrahlter Brennelemente und Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle in Behältern

[2] ESK-LL zur Durchführung von periodischen Sicherheitsüberprüfungen und zum technischen Alterungsmanagement für Zwischenlager für bestrahlte Brennelemente und Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle

Überprüfung auf Aktualität

- Unterteilung der nachzuweisenden Lastannahmen/Ereignisse in:
 - Betriebsstörungen
 - Auslegungsstörfälle
 - Einhaltung der Planungswerte nach § 104 bzw. § 104 in Verbindung mit § 194 StrlSchV
 - Auslegungsüberschreitende Ereignisse
 - Hinreichende Reduzierung der Schadensauswirkung ist einzuhalten, d.h. keine einschneidenden Maßnahmen des Katastrophenschutzes erforderlich

Ereignisse mit Bezug zum Thema Klimawandel

Kategorie			Ereignis			Einstufung		
						Betriebsstörung	Auslegungsstörfall	Auslegungsüberschreitendes Ereignis
Bestimmungsgemäßer Betrieb	Normalbetrieb		Sturm, Regen, Schneefall, Frost, Blitzschlag			X		
	Anomaler Betrieb		Hochwasser (100-jährliches)			X		
			Ausfall von Lüftungsanlagen bzw. aktiver Komponenten			X		
Störfall	Einwirkungen von innen	Mechanische Einwirkungen	Absturz eines Behälters auf den Lagerhallen-Boden				X	
			Anprall eines Behälters bei der Handhabung an Gebäudestrukturen				X	
		Thermische Einwirkung durch Brand	Feuer unter Berücksichtigung der maximal stationär und temporär im Zwischenlager befindlichen Brandlasten				X	
	Einwirkungen von außen	Naturbedingt	Bemessungserdbeben				X	
			Waldbrand (von außen übergreifende Brände)				X	
			Hochwasser (10.000-jährliches)				X	
		Zivilisatorisch bedingt	Zufälliger Absturz eines schnell fliegenden Militärflugzeugs					X
			Druckwellen aufgrund chemischer Reaktionen					X

Überprüfung auf Aktualität

- Überprüfung der Ereignisse / Lastannahmen auf neue Erkenntnisse des Stands von Wissenschaft und Technik im Rahmen der **periodischen Sicherheitsüberprüfungen (PSÜ)** alle 10 Jahre
- **Beispiele** aus der jüngsten Vergangenheit im Bereich der **Einwirkungen von außen**:
 - Überprüfung auf **Änderungen der Regelwerke** (z.B. Umstellung der Gebäudelasten von DIN 1055 zu Eurocode DIN EN 1991)
 - **Berücksichtigung neuer Erkenntnisse zu Einwirkungen**, sofern relevant (z.B. Klimawandel)
 - **Überprüfung der Hochwassersicherheit** unter Berücksichtigung neuer Pegeldata der letzten 10 Jahre
 - **Änderungen in der Vorgehensweise zur Erdbebenbemessung** nach KTA 2201



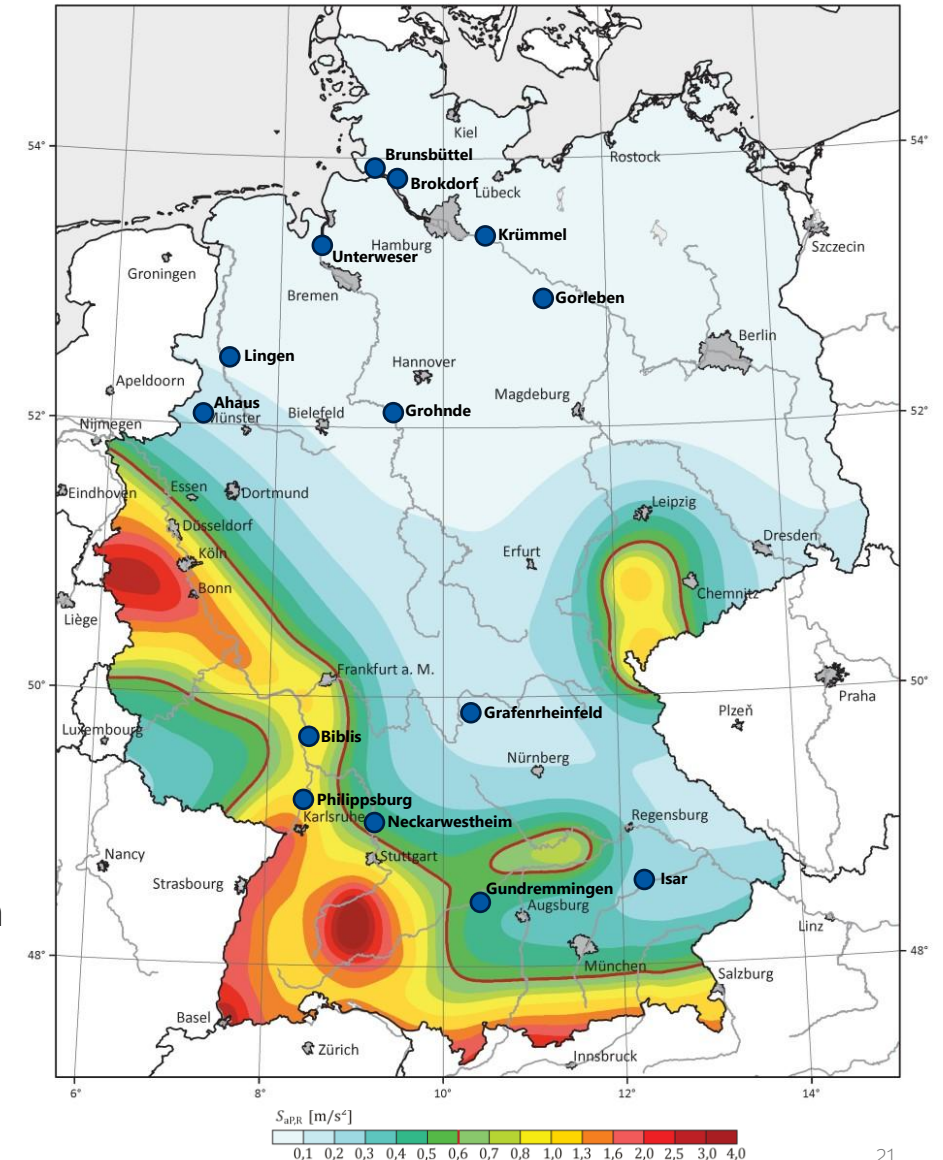
Überprüfung der naturbedingten Einwirkungen von außen

- Wind:
 - **Aktuelle Norm:** DIN EN 1991-1-4: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-4: Windlasten
 - Vereinfachte Betrachtung über Windzonen in Deutschland (DIN EN 1991-1-4/NA)
 - Grundlegende Berechnungsmethode ist gleichgeblieben (verglichen mit der DIN 1055)
- Schnee:
 - **Aktuelle Norm:** DIN EN 1991-1-3: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-3: Schneelasten
 - Vereinfachte Betrachtung über Schneelastzonen in Deutschland (DIN EN 1991-1-3/NA)
 - (noch) erforderliche Betrachtung einer außergewöhnlichen Bemessungssituation für das norddeutsche Tiefland (Schneelastzone 1 + 2)
 - Berücksichtigung der 2,3-fachen charakteristischen Schneelast, jedoch ohne Überlagerung mit anderen Lastfällen sowie Herabsetzen des Teilsicherheitsbeiwerts für das Eigengewicht von 1,35 auf 1,0



Überprüfung der naturbedingten Einwirkungen von außen

- KTA 2201 Bemessungserdbeben:
 - Probabilistische und deterministische Analyse gefordert
 - Mindest-Intensität: VI
 - Überschreitenswahrscheinlichkeit: $10^{-5}/a$
 - Berücksichtigung der Duktilität über Verhaltensbeiwert q
 - Erdbebenwahrscheinlichkeit nach DIN EN 1998-1/NA:
 - Intensität/Spektralbeschleunigung nach Erdbebenzonenkarte
 - Mittlere Wiederkehrperiode von 475 Jahren
(entspricht einer Überschreitenswahrscheinlichkeit von 10% in 50 Jahren)
 - Verhaltensbeiwert mindestens mit $q = 1.5$ anzusetzen
- ➔ Erdbebensichere Auslegung auch für Standorte, wo ein Erdbeben aufgrund sehr geringer Seismizität (—) nicht zu unterstellen ist.
- ➔ Robuste Bauweise sorgt für deutliche Sicherheitsreserven



Überprüfung der naturbedingten Einwirkungen von außen

- KTA 2207: Schutz von Kernkraftwerken gegen Hochwasser
 - Hohe Anforderungen an die Bestimmung des Bemessungshochwassers:
 - Ermittlung **des Bemessungswasserstands** für eine Überschreitenswahrscheinlichkeit von $10^{-4}/a$ unter der Annahme einer geeigneten probabilistischen Verteilungsfunktion
 - Berücksichtigung folgender **Einflussgrößen** gefordert (sofern für den Standort relevant):
- Flussstandorte:
 - Niederschlag
 - Schnee- und Gletscherschmelze
 - Einzugsgebiet
 - Rückstau
 - Eisversetzung
 - Überströmen und Versagen von Deichen
 - Stauanlagen
 - Windstau und Wellenauflauf
 - Dauer und Ablauf des Hochwasserereignisses
- Küstenstandorte:
 - Tide
 - Überströmen und Versagen von Seedeichen
 - Wind- und Brandungstau
 - Wellenauflauf
 - Eisversetzung
 - **Säkulärer Anstieg**
 - Fernwelle
 - Dauer und Ablauf des Sturmflutereignisses

Überprüfung der naturbedingten Einwirkungen von außen

- ESK-Stresstest für Anlagen und Einrichtungen der Ver- und Entsorgung in Deutschland (2013):
 - **Außerordentliche Überprüfung** vor dem Hintergrund der Katastrophe von Fukushima (Japan)
 - Beauftragung der ESK zur Entwicklung von Prüfkonzepthen durch das BMU
 - Bewertung der Robustheit der Anlagen gegen Einwirkungen, die über die Auslegungsanforderungen im Genehmigungsverfahren hinausgehen
 - Explizite Betrachtung der Auswirkungen auf die „**Vitalfunktionen**“ sowie des Vorhandensein von cliff-edge-Effekten
 - Definition von unterschiedlichen **Stressleveln** bzw. **Schutzgraden** mit unterschiedlichen Anforderungen als Bewertungsmaßstab



Überprüfung der naturbedingten Einwirkungen von außen

- ESK-Stresstest für Anlagen und Einrichtungen der Ver- und Entsorgung in Deutschland (2013):
 - **Ausgewählte Fragen** der ESK an die Betreiber zu den Themen:
 - Erdbeben
 - Hochwasser
 - Starkregen
 - Sonstige wetterbedingte Ereignisse
 - Ausfall der elektrischen Energieversorgung
 - Anlageninterner Brand
 - Brände außerhalb der Anlage
 - Flugzeugabsturz
 - Explosionsdruckwelle



Zusammenfassung

Zusammenfassung

- Nachweis der erforderliche Sicherheit bzw. die erforderliche Schadensvorsorge nach dem Stand von Wissenschaft und Technik über die befristete **Genehmigung**
- Einhaltung der **Schutzziele** im Wesentlichen über den **Transport- und Lagerbehälter (TLB)**
- Sicherstellung des Erhalts der **Schutzfunktionen des ZL-Gebäudes** durch das kontinuierliche Alterungsmanagement
- Alle 10 Jahre erfolgt eine Überprüfung der Ereignisse / Lastannahmen auf neue Erkenntnisse im Rahmen der **periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ)**:
 - Betrachtung und Bewertung des **Standes von W & T** im Bereich der Lastannahmen/Ereignisse
 - Berücksichtigung der Entwicklung von Regelwerken in Bezug auf den **Klimawandel**
- Durch die **robuste Bauweise**, u.a. aufgrund der erdbebensicheren Auslegung nach KTA 2201, sind deutliche **Sicherheitsreserven** vorhanden
- **Zusätzliche Bewertung der Robustheit** der Anlagen im Rahmen des **ESK-Stresstests**



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt

BGZ Gesellschaft für Zwischenlagerung mbH

bgz.de

 BGZ

 die_bgz