

Gefahren Schwach- und Mittelradioaktiver Abfälle



Unterschätzte Risiken - gefährliche Flickschusterei

Fachtagung des Projekts Atommüllreport - 21. Februar 2020

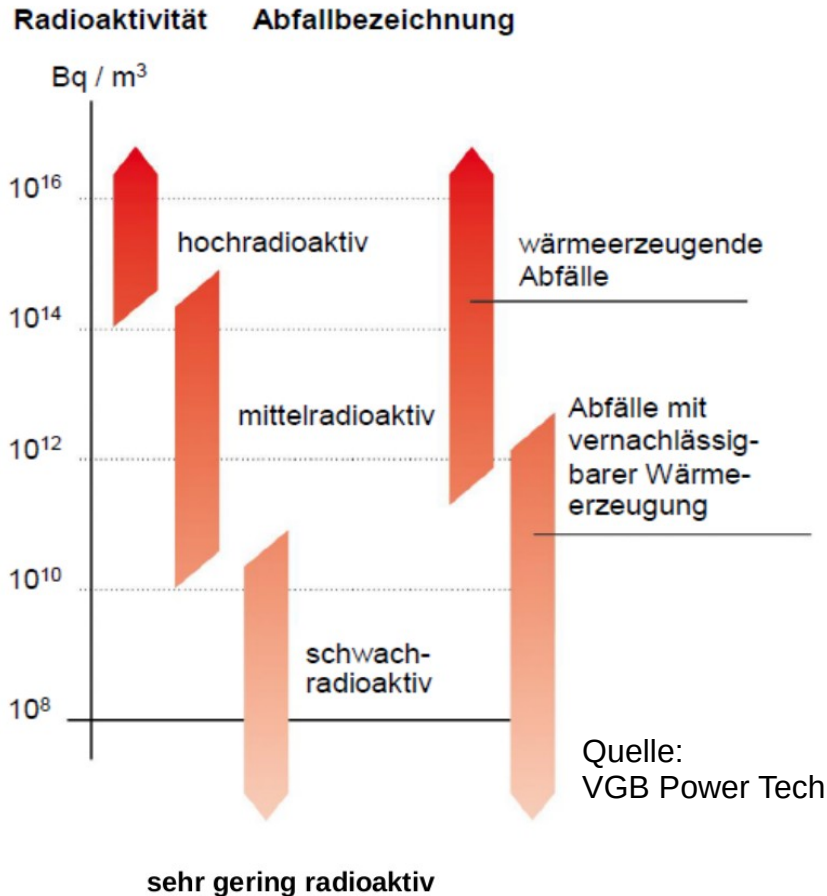
Dr. Hauke Doerk, Referent für Radioaktivität, Umweltinstitut München e.V.

Übersicht

- Kategorisierung radioaktiver Abfälle
- Gesundheitsgefahren durch Radioaktivität
- Schutzziele
- Spezielle Gefahren beim Umgang mit schwach- und mittelaktiven Abfällen

- **Kategorisierung radioaktiver Abfälle**
- Gesundheitsgefahren durch Radioaktivität
- Schutzziele
- Spezielle Gefahren beim Umgang mit schwach- und mittelaktiven Abfällen

Kategorisierung Radioaktiver Abfälle



Beispiele für Abfälle

- Spaltprodukte aus der Wiederaufarbeitung
- Konditionierte Brennelemente

- Kernbauteile
- Abfälle aus Wiederaufarbeitung
- Betriebsabfälle aus Kernkraftwerken
- Abfälle aus Stilllegung
- Urananreicherung
- Rückholung Asse

Angaben des BfE / BASE

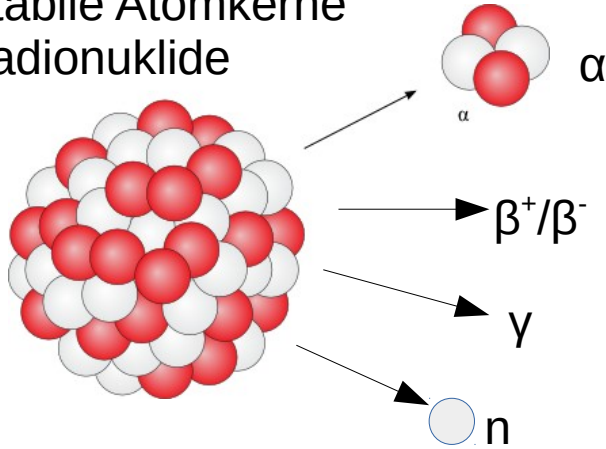
- 99% der Radioaktivität
- 5-10% des Volumens

- 1% der Radioaktivität
- 90-95% des Volumens > 600.000 m³

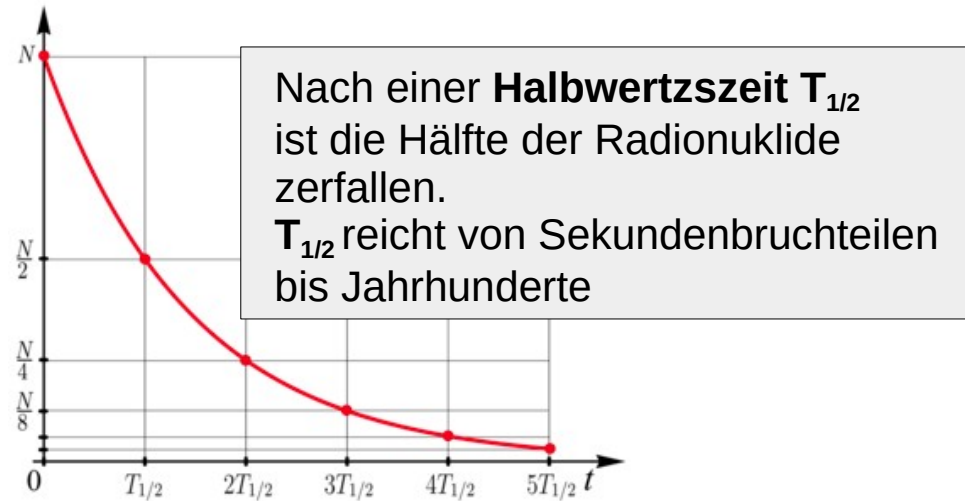
Übersicht, Mengen und Herkunft der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle:
→ Vorträge von W. Neumann und J. Kreuzsch, diese Tagung

Radioaktivität

Instabile Atomkerne
= Radionuklide



Art	Strahlungs- Wichtungsfaktor
Alpha	20
Beta	1
Gamma	1
n	5 – 20 (90!) (je nach Energie)



Schwach- und Mittelradioaktive Abfälle sind grundsätzlich gefährlich.

Beispiel: Plutonium-239:
Alpha-Strahler + giftiges Schwermetall
 $T_{1/2} = 24.100$ Jahre

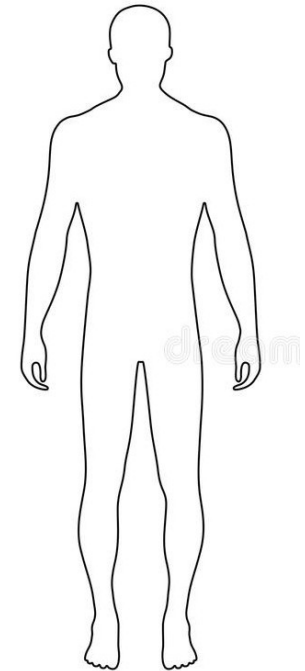
Konrad-Container Typ III:

$5 \cdot 10^{11}$ Bq = 5.000.000.000.000 Bq (220g)

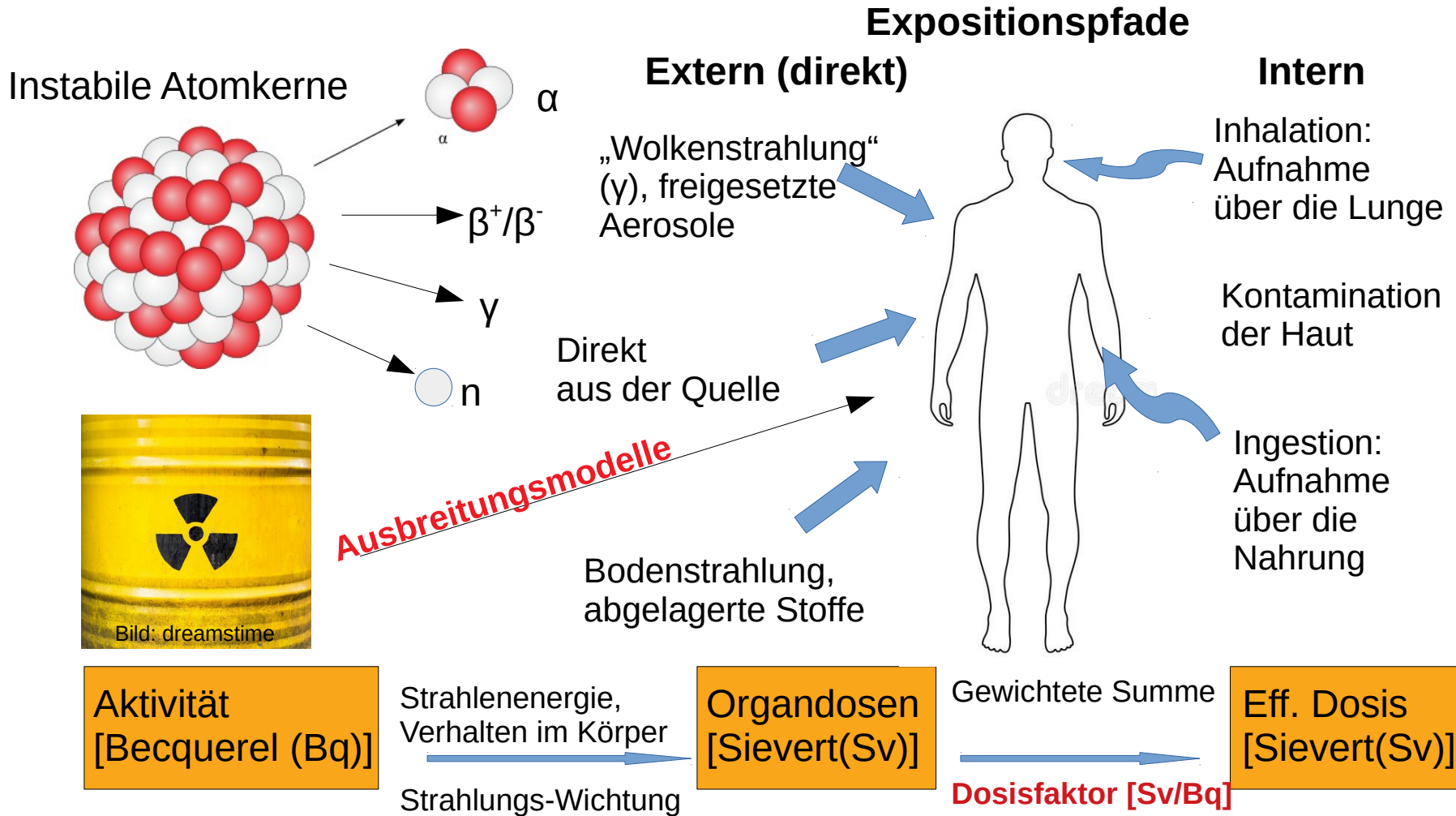
1 Millionstel Gramm (1000 Bq) kann Krebs auslösen!

- Kategorisierung radioaktiver Abfälle
- **Gesundheitsgefahren durch Radioaktivität**
- Schutzziele
- Spezielle Gefahren beim Umgang mit schwach- und mittelaktiven Abfällen

- **Dosis** [Sievert]: Maß für Strahlenbelastung
Dosis-Wirkung: **Todesfälle pro Sievert**
- **Kollektivdosis** = Individualdosis * Personenzahl
wird relevant wenn große Teile der **Bevölkerung betroffen** ist.
- **Hohe Dosis: Akute Strahlenschäden:**
Strahlung tötet Zellen ab, Organversagen
(Strahlenkrankheit ab ~ 1 Sv)
- **Niedrige oder Langzeit-Dosis:**
Stochastische **Schäden**
Krebs: keine Schwelle, linearer Zusammenhang (LNT)
Leukämie: Dosis-Wirkung nichtlinear
- **Genetische Schäden:**
Fehlbildungen, Erkrankungen der Nachkommen



Strahlenwirkung auf den Menschen



Dosis-Wirkung unterschätzt

- Standard fürs Strahlenschutzgesetz sind ICRP-Empfehlungen 2007 (p103 2008)
 - Daten hauptsächlich von Hiroshima-Überlebenden
 - Schäden an den Nachkommen weitgehend **unberücksichtigt!**
 - Dosis-Wirkung unterschätzt (z.B. **Reduktionsfaktor DDREF nicht haltbar**)

ICRP DDREF=2	BfS, RSK, SSK DDREF = 1	BEIR VII (2006) DDREF=1,5	BUND (2017) DDREF=1
5,5 %/Sv	Bis 11 %/Sv	5-19 %/Sv	11-27,5 %/Sv

- ICRP Koeffizient **um Faktor 2 bis 5 zu gering!**
1 mSv/a → 110 bis 275 Krebstodesfälle pro eine Million Menschen pro Jahr.
 Bei einer Lebensdauer von 100 Jahren also
 110 bis 275 Tote pro 10.000 Menschen
- Als geringfügig kann gelten (UVP 2014)
1 Schadensfall pro eine Million Menschen pro Jahr

Erhebliche Unsicherheiten

- **Ausbreitungsmodelle** (AVV, StrISchV)
(wie viel Strahlung erreicht den Menschen)
- **Dosisfaktoren**
(wie hoch ist die Belastung dadurch)
- **Dosis-Wirkung**
(wie stark ist der Strahlenschaden / die Todesrate)
- **Unsicherheit bis hin zu Größenordnungen**, (Faktor > 10!)
→ siehe BUND 2017
- Evidenz: Krebserkrankungen um Atomanlagen (KiKK-Studie)
- Einfluss von **Geschlecht** und **Alter**:
Tendenz: stärkere Schäden bei weiblichen bzw. jungen Menschen
- Nötig sind **Konservative Abschätzungen und Vorsorgemaßnahmen weit unterhalb der Grenzwerte!** → **Minimierungsgebot!**

Übersicht

- Kategorisierung radioaktiver Abfälle
- Gesundheitsgefahren durch Radioaktivität
- **Schutzziele**
- Spezielle Gefahren beim Umgang mit schwach- und mittelaktiven Abfällen

Schutzziele

Strahlenexponierte Person A ¹	<20 mSv/a (beruflich)
Strahlenexponierte Person B ¹	1 bis <6 mSv/a (beruflich)
Bevölkerung, Atomanlagen, incl. offenes Endlager Bergwerk ¹	<1 mSv/a davon Wasser/Luft: 0,3 mSv/a pro Anlage
Langzeitsicherheit Endlager hochaktive Abfälle ³	<0,01 mSv/a, „zu erwartende Entwicklung“ <0,1 mSv/a „abweichend“
Langzeitsicherheit Endlager schwach- und mittelaktive Abfälle ²	Konrad: 0,3 mSv/a (1983)
Freigegeben Abfälle ¹	<0,01 mSv/a, keine Kontrolle möglich!
Störfallplanungswert ¹	50 mSv



Gleich für Anlagen zu schwach/mittel/hoch-aktiven Atommüll

schärfer, da kein Eingreifen möglich.

Forderung: Mindestens das Schutzziel für hochaktive Abfälle einhalten!
[→ s. Vortrag J. Kreuzsch, diese Tagung]

Quellen:

1 StrlSchV 2019

2 RSK-Sicherheitskriterien(1983)+StrlSchV(1989)

3 Sicherheitstechnische Anforderungen Endlager (Referentenentwurf 2019)

- Kategorisierung radioaktiver Abfälle
- Gesundheitsgefahren durch Radioaktivität
- Schutzziele
- **Spezielle Gefahren beim Umgang mit schwach- und mittelaktiven Abfällen**
 - Atomanlagen
 - Transporte

- **Umgang mit radioaktiven Stoffen**

[siehe auch Vortrag W. Neumann, diese Tagung]

-**Abriss** von Atomkraftwerken (incl. Konditionierung/Verpackung)

-Abfall aus der **Uran-Anreicherung**

-**Rückholung** aus der Asse

-Medizin + Forschung

- **Zwischenlager**

- **Atommülllager**

Aktiver Betrieb/Einlagerung: Abluft, Wasser, Direktstrahlung

Langzeitsicherheit muss für 1 Million Jahre nachgewiesen werden

Gasbildung durch Korrosion (Metalle), Gären (organisch),

begünstigt durch Restfeuchtigkeit in Zement / **Wechselwirkungen**

→ Erhöht Emissionen beim Betrieb

→ Erhöht Ausbreitung im verschlossenen Lager [→ s. ESK 2016]

„Normalbetrieb“

- Rangierbahnhöfe (GRS: bis 0,4 mSv/a)
- Längere Standzeiten
(Stau, Verzögerungen)
- Belastung von LKW-Fahrern
(bis 0,6mSv/a)

Behälter	Dosisleistung in 2m Abstand
CASTOR (hochradioaktiv)	0,1 mSv/h
Konrad-Container (schwach/mittelaktiv)	0,1 mSv/h
Konrad Fass	0,1 mSv/h (1m)

Unfälle

- **Freisetzung** (Quellterm): Wie viel des Inventars wird freigesetzt?
Unterschiedlichste Inventare: komplexe Analyse
- **Unfallhäufigkeit**
- **Sog. „Einwirkungen Dritter“**: Anschläge, Terror, (oft unberücksichtigt)
- **Besonders schwere mögliche Unfälle sind zu ermitteln um Vorsorge zu treffen**
→ Siehe: Bewertung der GRS Transportstudie Konrad, Intac (Nov. 2012)

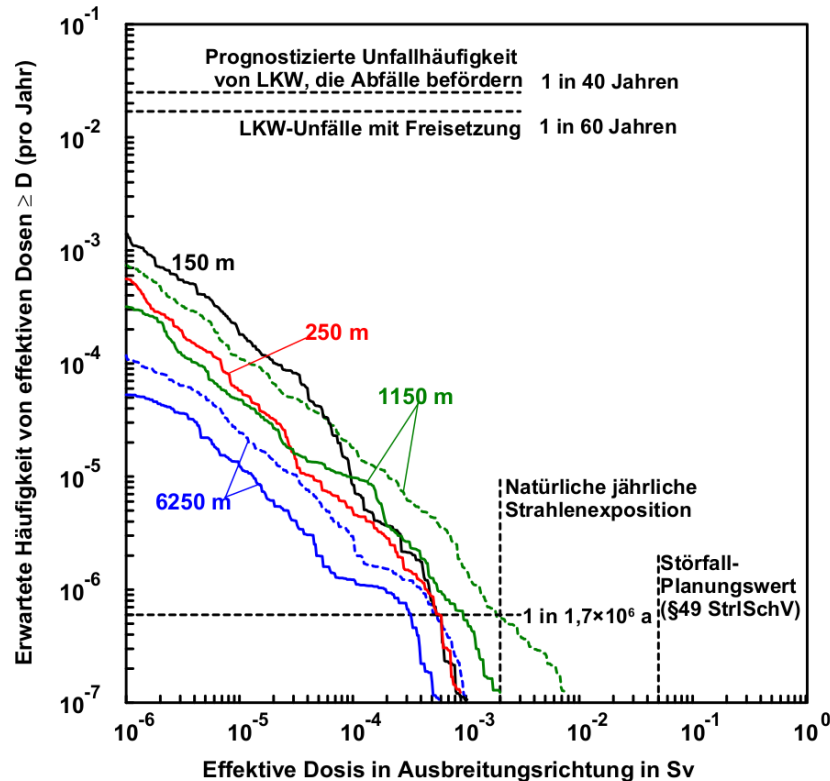


Abb. 8.19 Häufigkeitsverteilung der effektiven Lebenszeitdosis auf Grund von Abfalltransportunfällen in der Endlagerregion (25 km-Umkreis)
 – 100 % Straßentransport
 - - - - - Alle Expositionspfade
 (keine Gegenmaßnahmen, 1150 m und 6250 m)
 ——— Nur Inhalation

Beispiel: LKW-Transporte

- Unfälle erscheinen selten und wenig schlimm (hier bis 6 mSv)
- Größte Dosis: **Ingestion** (Maßnahmen möglich)
 → **Inhalation** entscheidend
- **Worst-case** durch Einteilung Freisetzungsklassen und Belastungsklassen **verpasst?**
 → **Maximal Credible Accident Methode ist zu prüfen**
- Orientierung an natürlicher Strahlung fraglich – auch die erzeugt Krankheiten

Spezielle Gefahren beim Umgang mit schwach- und mittelaktivem Atommüll

- Schwach- und Mittelaktive Abfälle enthalten **alle Strahlenarten, langlebige Radionuklide, sowie chemische Gifte**
- **Strahlenschutz** nicht auf aktuellem Stand der Wissenschaft: erhebliche Unsicherheiten!
→ **Minimierungsgebot jenseits der Grenzwerte**
- **Transporte**: besserer Schutz im „Normalbetrieb“
+ Vorsorge gegen **besonders schwere Unfälle** nötig
- **Geologische Lagerung**: Komplexe Einlagerungsbedingungen durch Diversität
→ **Gasbildung und Wechselwirkungen**
- Schutzziel für **Langzeitsicherheit (1 Millionen Jahre)** muss mindestens auf das **Niveau für hochradioaktive Abfälle gehoben** werden!
→ **10 Mikrosievert pro Jahr**

Vielen Dank!

- BUND 2017:
https://www.bund.net/fileadmin/user_upload_bund/publikationen/atomkraft/atomkraft_strahlenschutzgesetz_stellungnahme.pdf
- Seiten des Bundesamtes für Strahlenschutz: https://www.bfs.de/DE/themen/ion/wirkung/wirkung_node.html
- StrlSchV 2019, (BASE-download) https://www.base.bund.de/SharedDocs/Downloads/BfE/DE/rsh/1a-atomrecht/1A-8-StrlSchV-181129.pdf?__blob=publicationFile&v=2
- StrlSchG 2019, (BASE-download) https://www.base.bund.de/SharedDocs/Downloads/BfE/DE/rsh/1a-atomrecht/1A-5.1-StrlSchG.pdf?__blob=publicationFile&v=2
- Referentenentwurf Verordnung über die sicherheitstechnischen Anforderungen an die Entsorgung hochradioaktiver Abfälle, https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Glaeserne_Gesetze/19._Lp/endlsianf_vo/entwurf/endlsianf_vo_refe_bf.pdf
- Leukämie: Strahlentelex Nr. 598-599 / 2011
- Kinderkrebs um AKW (KiKK): <https://www.bfs.de/DE/bfs/wissenschaft-forschung/ergebnisse/kikk/kikk-studie.html>
- Empfehlungen der ICRP von 2007, ICRP p103 (2008)
- GRS Transportstudie Konrad: <https://www.grs.de/content/transportstudie-konrad-2009-0>
- Fachliche Bewertung der Transportstudie Konrad 2010 von der GRS, Intac GmbH, Nov. 2012
- Zu Gasbildung im Endlager: Diskussionspapier der Entsorgungskommission ESK vom 12.05.2016
- Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk, RSK 1983
- Strahlenschutzverordnung vom 20.10.1976 und vom 30. Juni 1989
- UVP 2014: UVP-Gesellschaft e.V., AG Menschliche Gesundheit: Leitlinien Schutzgut Menschliche Gesundheit. Kap.5.5.1. S. 111-122. Selbstverlag UVP-Ges., 1. Aufl. Juni 2014
- ICRP Radiation Detriment Calculation Methodology: Draft 2020:
<https://www.icrp.org/consultation.asp?id=97173938-CB10-4965-837A-23A96FEDFEC4>
- BEIRVII, Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation, National Academy of Sciences