

AUSWIRKUNGEN VON ERDBEBEN AUF DEN STANDORT NECKARWESTHEIM

Dr. Christiane Liebing, Referat 33

Informationskommission Neckarwestheim

13. Dezember 2012



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

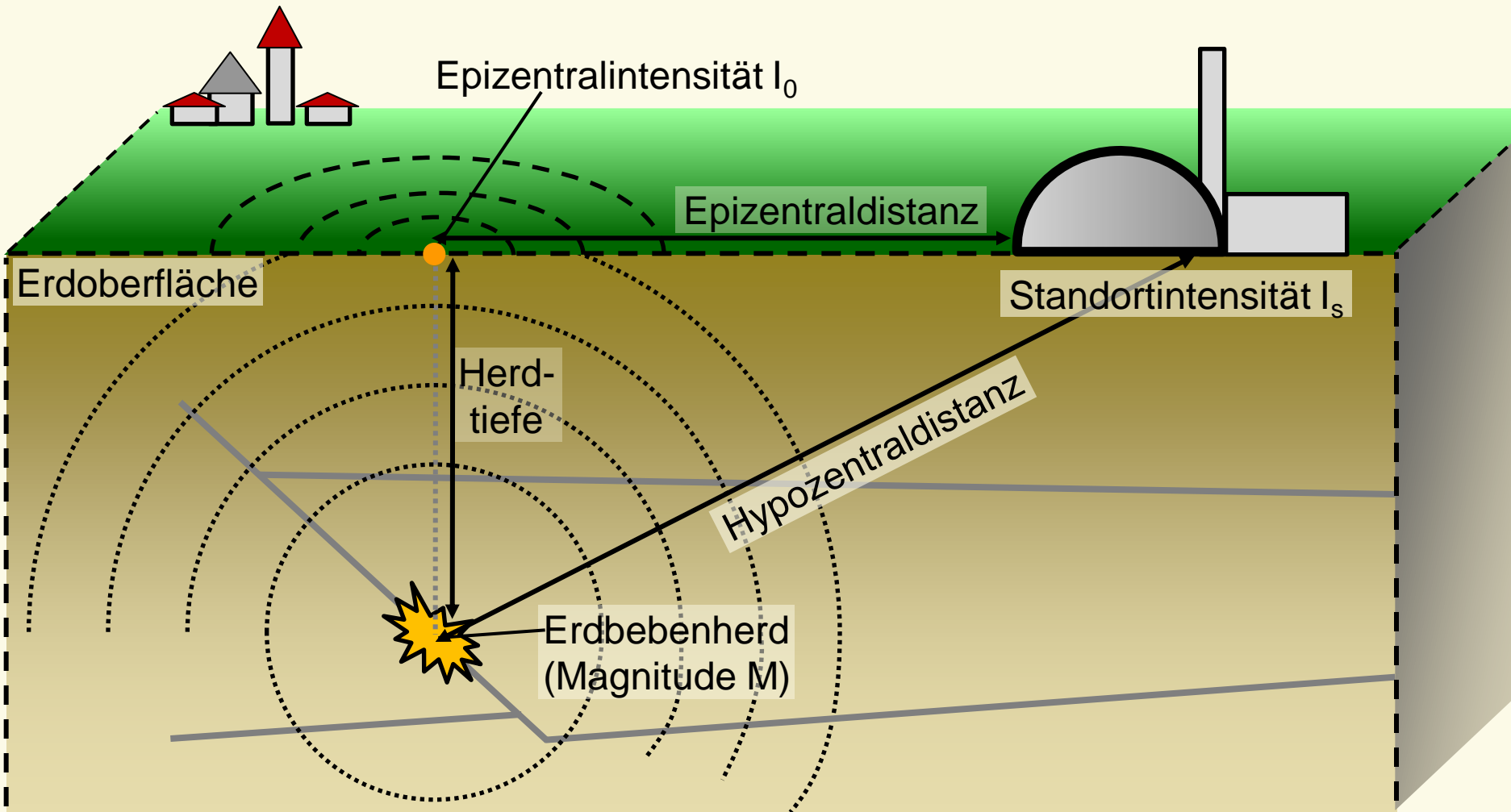
INHALT

AUSWIRKUNGEN VON ERDBEBEN AUF DEN STANDORT NECKARWESTHEIM

- Grundlagen/Begriffe
- Auswirkungen von Erdbeben
- Ingenieurtechnische Vorkehrungen
 - Bauten in deutschen Erdbebengebieten (DIN 4149)
 - Auslegung von KKW gegen seismische Einwirkungen (KTA 2201)
- Status am Standort GKN
 - Erdbeben - Stresstests
- Zusammenfassung



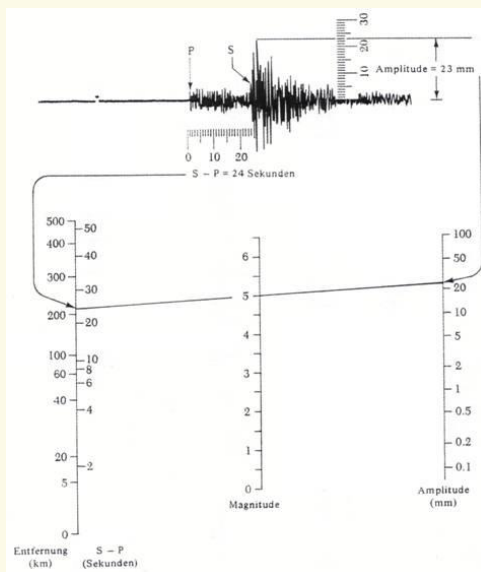
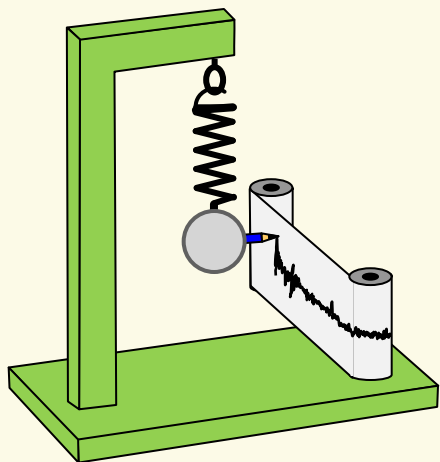
GRUNDLAGEN - BEGRIFFE



GRUNDLAGEN - BEGRIFFE

Magnitude

- Logarithmisches Maß für die Energiefreisetzung im Erdbebenherd



Berechnung der Magnitude M nach Richter
 Hinweis: (M+1 ≈ 32-fache Energie)
 (M+2 ≈ 1024-fache Energie (32²))

Intensität

- Phänomenologisches Maß für Erschütterungswirkung an der Oberfläche

Intensität	Definition	Beschreibung der maximalen Wirkung (stark verkürzt)
I	nicht fühlbar	Nicht fühlbar.
II	kaum bemerkbar	Nur sehr vereinzelt von ruhenden Personen wahrgenommen.
III	schwach	Von wenigen Personen in Gebäuden wahrgenommen. Ruhende Personen fühlen ein leichtes Schwingen oder Erschüttern.
IV	deutlich	Im Freien vereinzelt, in Gebäuden von vielen Personen wahrgenommen. Einige Schlafende erwachen. Geschirr und Fenster klirren, Türen klappern.
V	stark	In Gebäuden meist wahrgenommen, viele Schlafende erwachen. Hängende Gegenstände pendeln stark, kleine Gegenstände werden verschoben. Türen und Fenster schlagen auf/zu.
VI	leichte Gebäudeschäden	Viele Personen erschrecken und flüchten ins Freie. Einige Gegenstände fallen um. An vielen Häusern, vornehmlich in schlechterem Zustand, entstehen leichte Schäden (z.B. feine Mauerrisse).
VII	Gebäudeschäden	Möbel werden verschoben. Gegenstände fallen in großen Mengen aus Regalen. An vielen soliden Häusern treten mäßige Schäden auf (kleine Mauerrisse, Herabfallen von Schornsteinteilen). Vornehmlich Gebäude in schlechterem Zustand zeigen größere Mauerrisse und Einsturz von Zwischenwänden.
VIII	schwere Gebäudeschäden	Viele Personen verlieren das Gleichgewicht. An vielen Gebäuden einfacher Bausubstanz treten schwere Schäden auf (Giebelteile und Dachsimse stürzen ein). Einige Gebäude sehr einfacher Bauart stürzen ein.
IX	zerstörend	Allgemeine Panik unter den Betroffenen. Sogar gut gebaute gewöhnliche Bauten zeigen sehr schwere Schäden und teilweisen Einsturz tragender Bauteile. Viele schwächere Bauten stürzen ein.
X	sehr zerstörend	Viele gut gebaute Häuser werden zerstört oder erleiden schwere Beschädigungen.
XI	verwüstend	Die meisten Bauwerke, selbst einige mit guter erdbebengerechter Konstruktion, werden zerstört.
XII	vollständig verwüstend	Nahezu alle Konstruktionen werden zerstört.

EMS-Skala (EMS: Europäische Makroseismische Skala)



Baden-Württemberg

GRUNDLAGEN - BEGRIFFE

Erdbeben in Deutschland

■ Nennenswerte Erdbeben:

Heinsberg/Roermond (NL)

13.04.1992 $I_0=VII$ $M=5,9$

Albstadt

03.09.1978 $I_0=VII-VIII$ $M=5,7$

Euskirchen

14.03.1951 $I_0=VII-VIII$ $M=5,7$

Albstadt

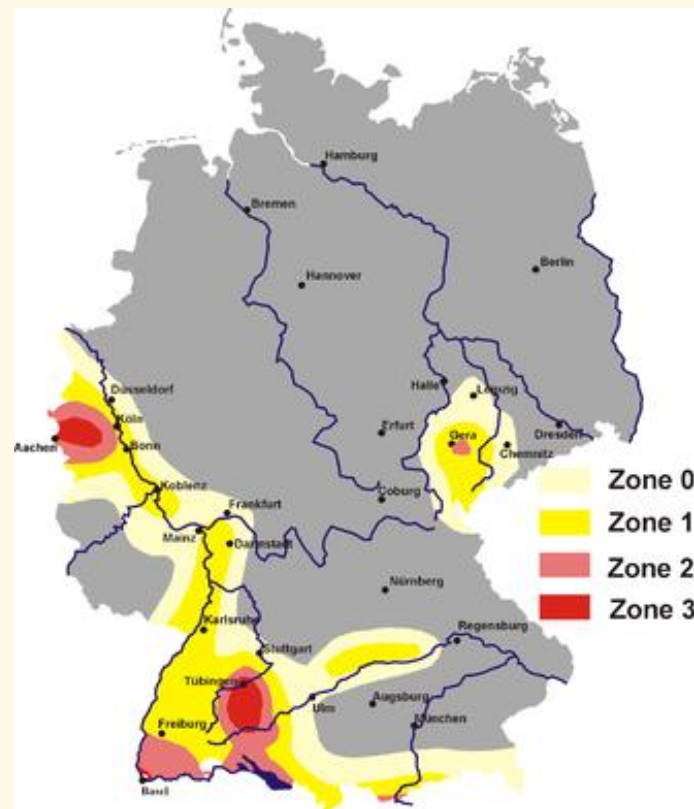
16.11.1911 $I_0=VIII$ $M=6,1$

■ Vergleich:

- Stärkste registrierte Erdbeben:

Chile 1960 $M=9,5$

- Tohoku 2011 $M=9,0$

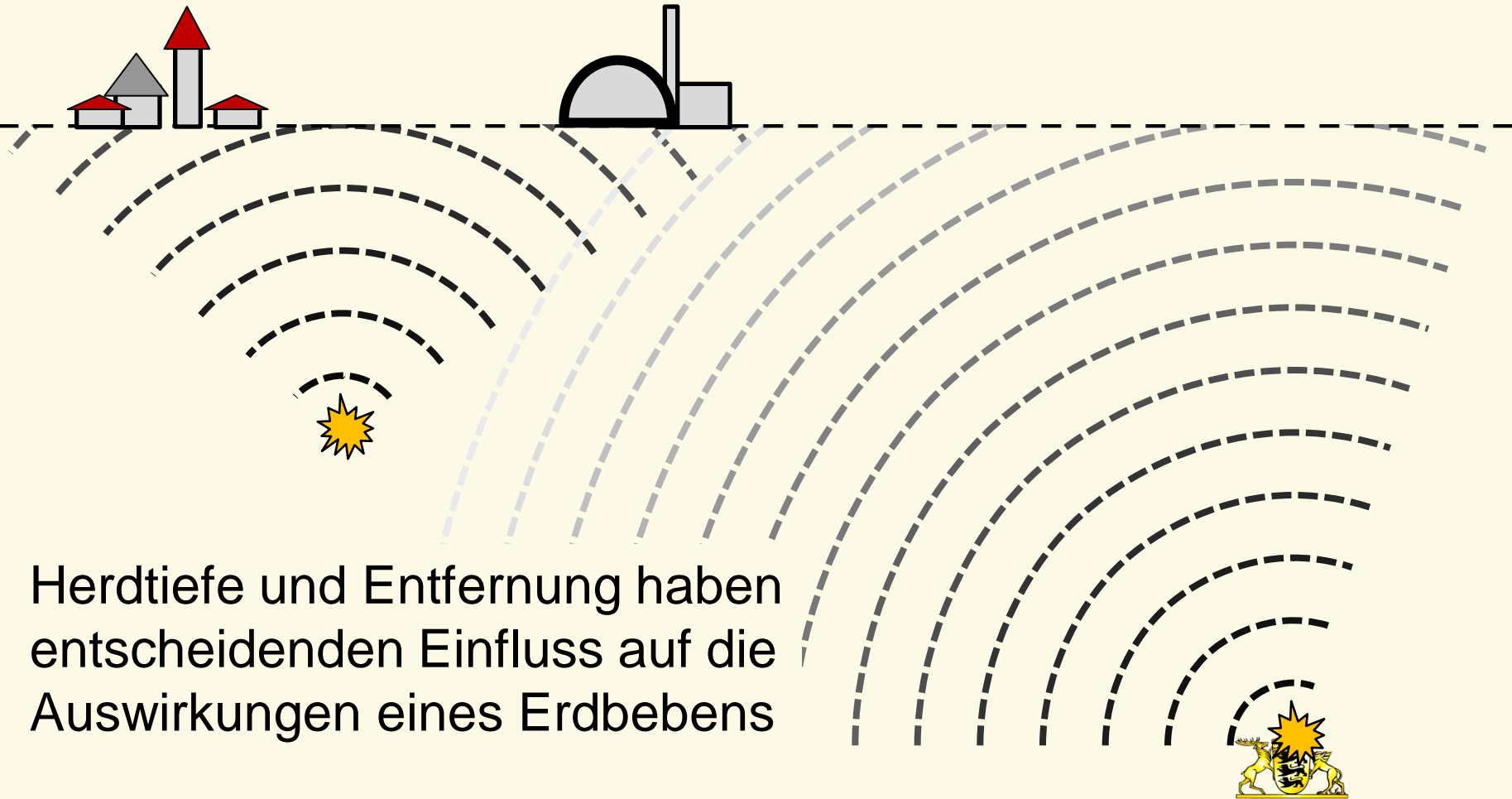


**$\Delta M \approx 3$ entspricht ca. 30.000-facher
Energiefreisetzung**



Baden-Württemberg

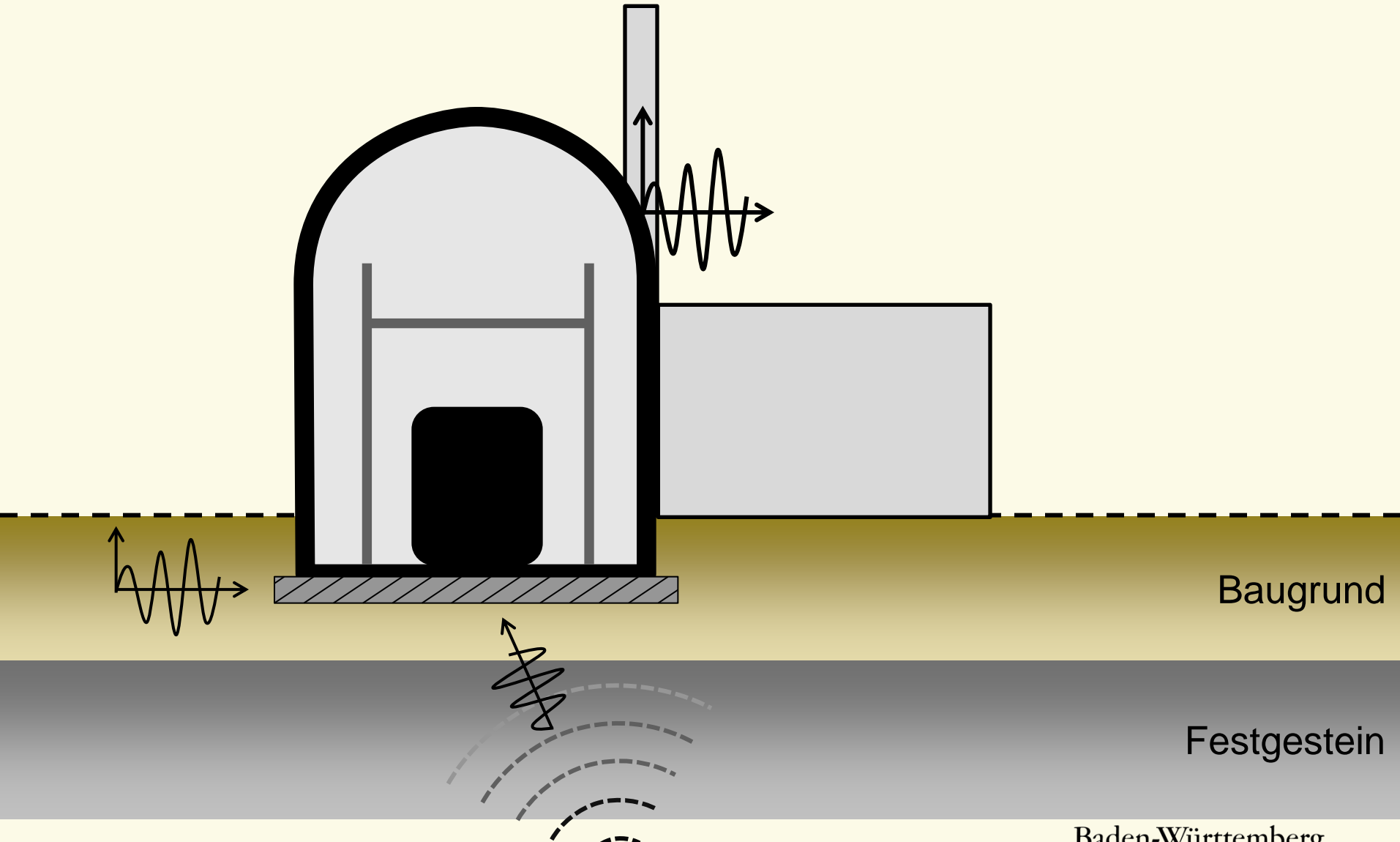
AUSWIRKUNGEN VON ERDBEBEN



Herdtiefe und Entfernung haben entscheidenden Einfluss auf die Auswirkungen eines Erdbebens

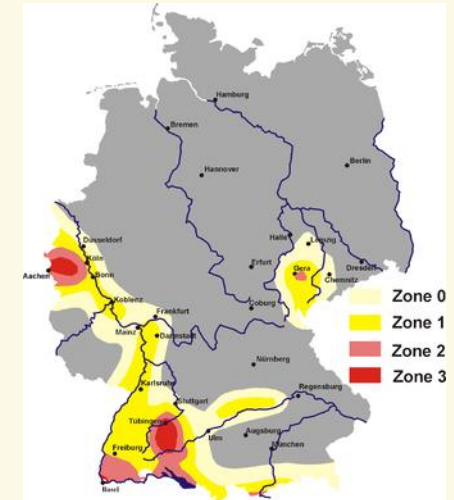


AUSWIRKUNGEN VON ERDBEBEN

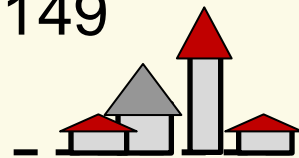


INGENIEURTECHNISCHE VORKEHRUNGEN

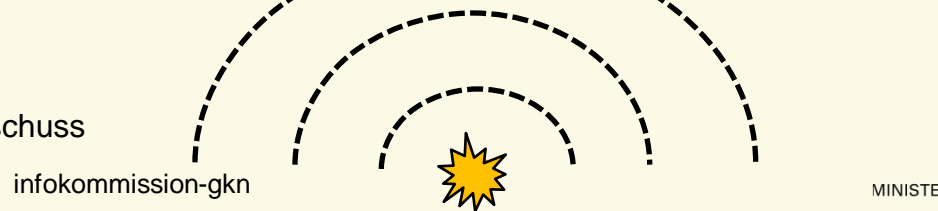
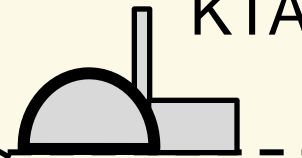
- Vermeidung von Bauten in erdbebengefährdeten Gebieten
- Schutz vor Schäden infolge von Erdbeben: geeignete Auslegung von baulichen Anlagen
→ Anforderungen an erdbebengerechtes Bauen



“KONVENTIONELL”
DIN 4149



“KERNTÉCHNISCH”
KTA* 2201



* KTA: Kerntechnischer Ausschuss



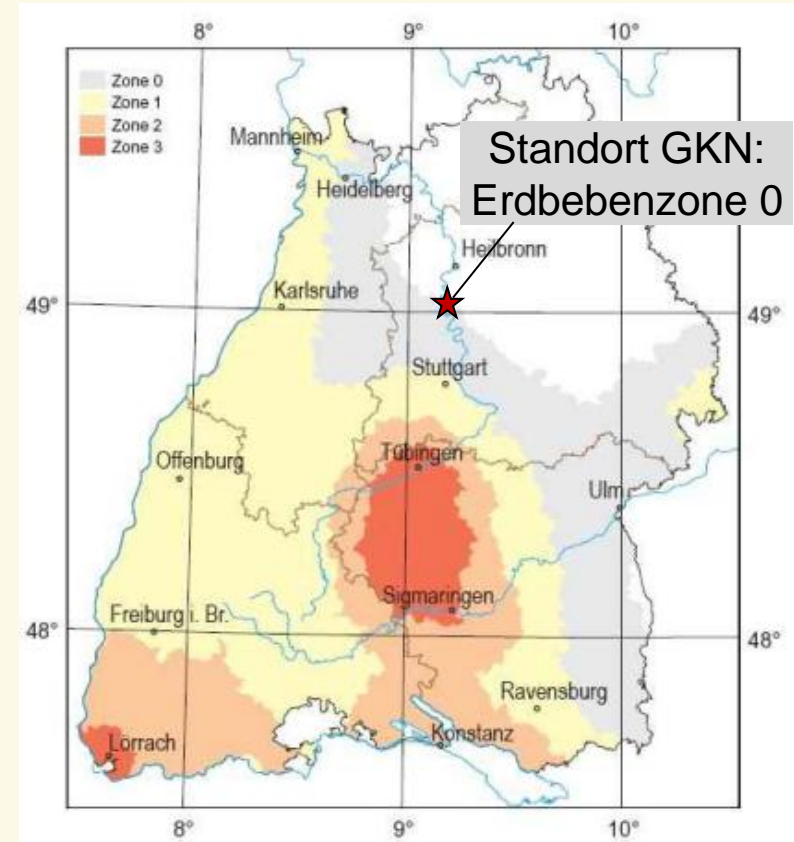
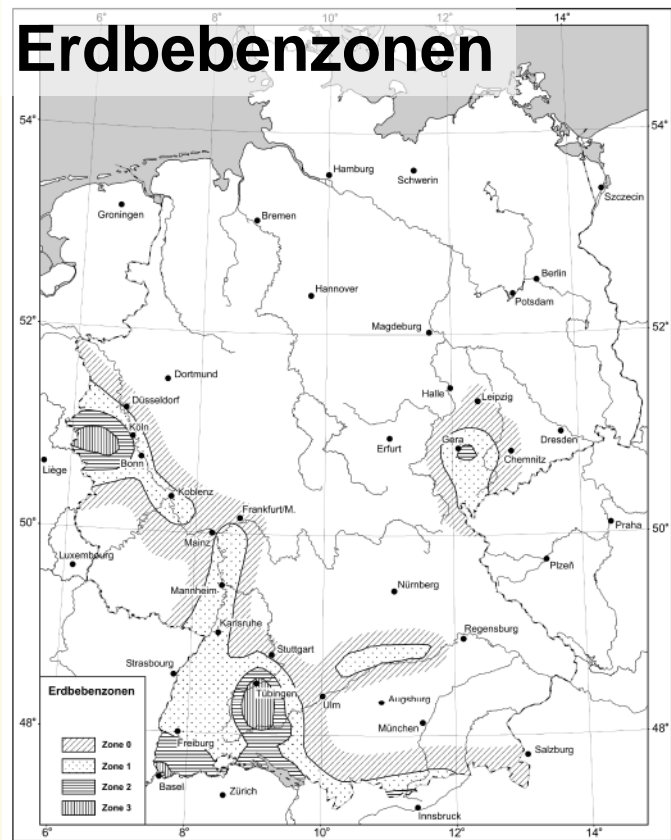
ERDBEBENAUSLEGUNG – DIN 4149



- ZIELE: im Falle eines Erdbebens
 - menschliches Leben schützen
 - Schäden begrenzen
 - Funktionstüchtigkeit wichtiger baulicher Anlagen (öffentliche Sicherheit und Infrastruktur) sichern
- VORGEHENSWEISE:
 - Festlegung der Erdbebenzonen in Deutschland anhand Erdbebengefährdungskarte (Basis: Wiederkehrperiode von 475 Jahren)
 - Zuordnung von Bedeutungskategorien anhand Bauwerksfunktion (z.B. Wohngebäude: II, Krankenhäuser: IV)



ERDBEBENAUSLEGUNG – DIN 4149



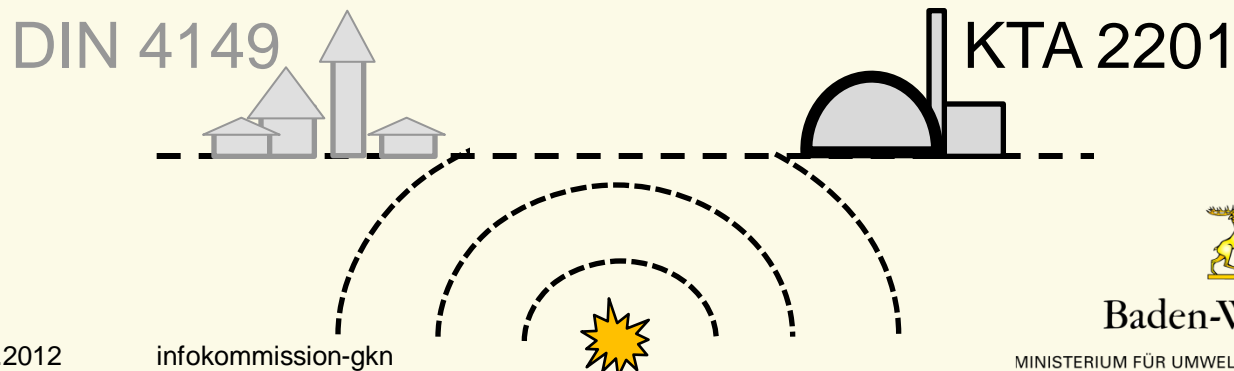
Baden-Württemberg

ERDBEBEN AUSLEGUNG VON BAULICHEN ANLAGEN

- DIN 4149:

„Diese Norm gilt nicht für bauliche Anlagen und Teile baulicher Anlagen (z. B. kerntechnische Anlagen, chemische Anlagen usw.), von denen im Falle eines Erdbebens zusätzliche Gefahren ausgehen können.“

➔ Anforderungen an kerntechnische Anlagen gesondert geregelt



ERDBEBENAUSLEGUNG – KTA 2201

- Untergesetzliches Regelwerk:
Erdbeben ist ein zu berücksichtigendes Ereignis, gegen das die erforderliche Schadensvorsorge getroffen werden muss.
- Grundsätze dieser Vorsorge sind festgelegt:
KTA 2201 – Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen
 - Ziel: Alle erforderlichen Anlagenteile müssen so ausgelegt sein, dass es möglich ist, u.a. den Kernreaktor sicher abzuschalten, ihn in abgeschaltetem Zustand zu halten und die Nachwärme abzuführen.



ERDBEBEN AUSLEGUNG – KTA 2201

- KTA 2201 – Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen

2201.1 – Grundsätze

2201.2 – Baugrund

2201.3 – Bauliche Anlagen

2201.4 – Anlagenteile

2201.5 – Seismische Instrumentierung

2201.6 – Maßnahmen nach Erdbeben



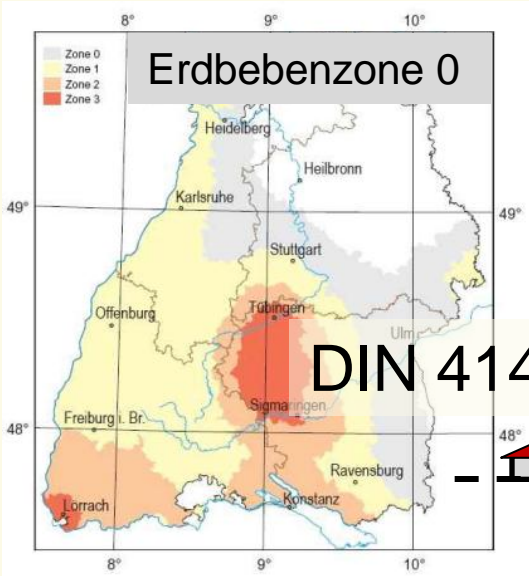
Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

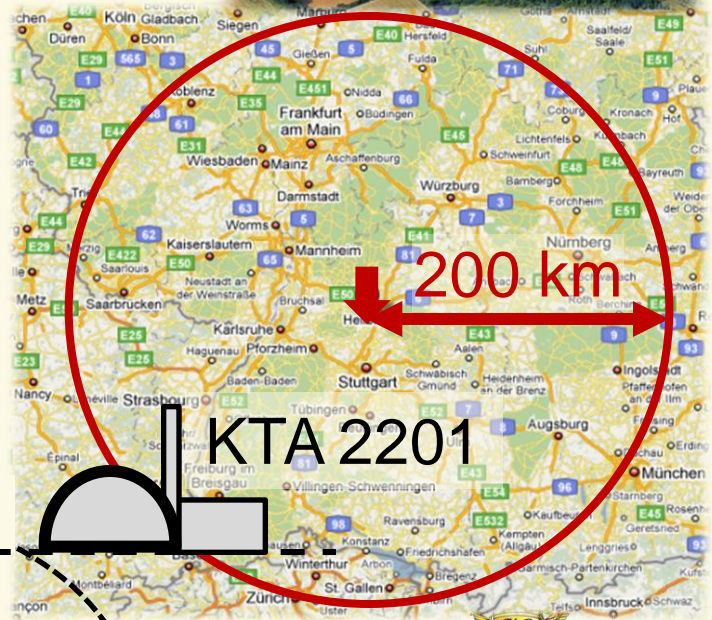
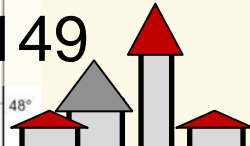
ERDBEBENAUSLEGUNG – KTA 2201

Grundlage:

Standortspezifische Bestimmung der Bemessungsgrößen (Festlegung des Bemessungserdbebens)



DIN 4149



Baden-Württemberg



ERDBEBEN AUSLEGUNG – KTA 2201

KTA 2201.1 - GRUNDSÄTZE

Seismizität am Standort und Umgebung

Ermittlung seismischer Quellen

Gefährdungsanalyse

- Deterministisches Verfahren
- Probabilistisches Verfahren

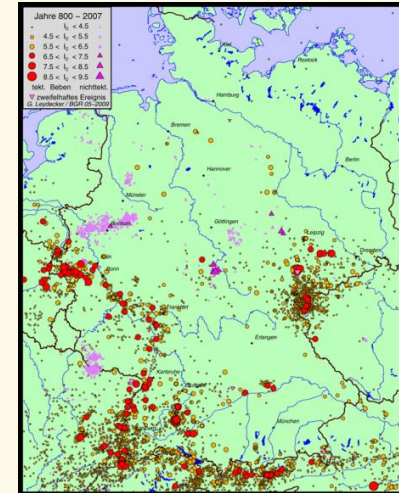
Grundlage für Erdbebenauslegung

- Ingenieurseismologische Kenngrößen (Bemessungserdbeben)



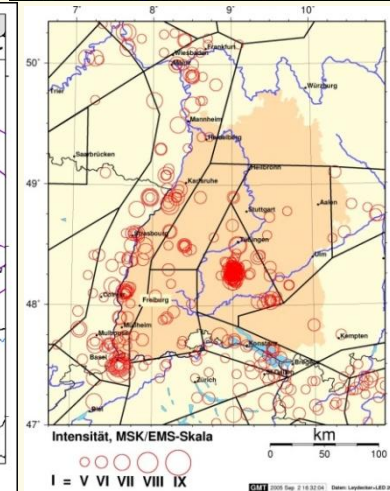
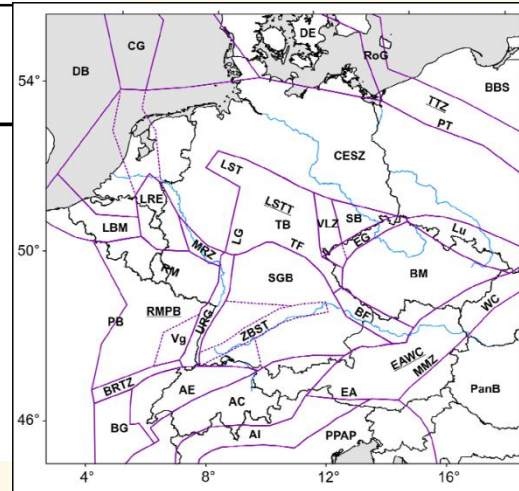
SEISMIZITÄT AM STANDORT UND UMGEBUNG

- Erdbebenkataloge
- Epizentrenkarte und seismische Zonierungen
- Untersuchung des Untergrunds



Schadenbeben ($I_0 \geq VI$)
Erdbebenkatalog EK DAG 2006 v0.2

J	M	T	h	m	Lon.	Lat.	h_0	M_L	M_w	I_0	Ort
1977	9	2	22	47	9,32	48,04	3	3,9	3,6	6,5	Mengen
1978	1	16	14	31	9,03	48,3	7	4,6	4,2	6,5	Onstmettingen
1978	9	3	5	8	9,03	48,29	7	5,7	5,1	7,5	Albstadt
1980	7	15	12	17	7,48	47,69	12	4,7	4,1	6,5	Sierentz
1983	11	8	0	49	5,5	50,63	6	5,1	4,8	7	Luettich



Baden-Württemberg

ERDBEBEN AUSLEGUNG – KTA 2201

KTA 2201.1 - GRUNDSÄTZE

Seismizität am Standort und Umgebung

Ermittlung seismischer Quellen

Gefährdungsanalyse

- Deterministisches Verfahren
- Probabilistisches Verfahren

Grundlage für Erdbebenauslegung

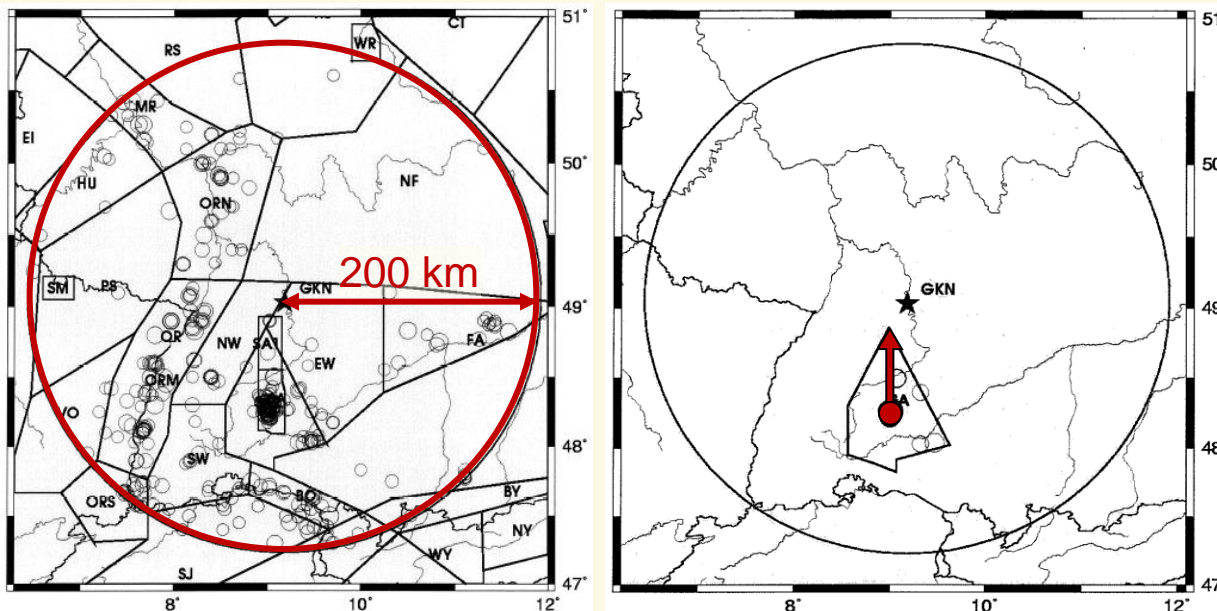
- Ingenieurseismologische Kenngrößen (Bemessungserdbeben)



GEFÄHRDUNGSANALYSE

DETERMINISTISCHES VERFAHREN

- Berücksichtigung aller maßgeblichen Beben in Umgebung bis zu 200 km Entfernung
- Annahme eines maßgebenden Erdbebens am standortnächsten Punkt der seismotektonischen Einheit



Grundlage für Festlegung des Bemessungserdbebens ist die größte seismische Einwirkung am Standort

Ermittlung der maßgebenden historischen Erdbeben und deren Einwirkungen am Standort

Baden-Württemberg

GEFÄHRDUNGSANALYSE

PROBABILISTISCHES VERFAHREN

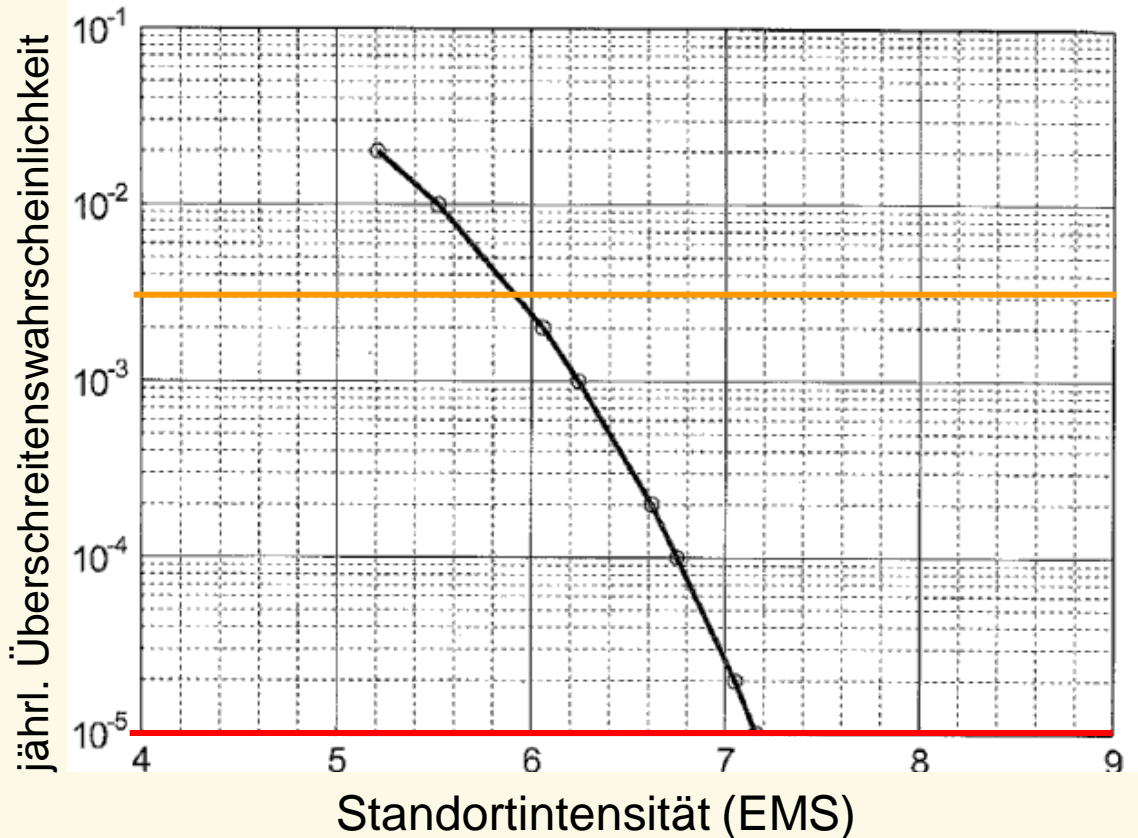
Ermittlung von jährlichen
Überschreitungswahrscheinlichkeiten

DIN 4149:

475 Jahre →
jährl. Überschreitens-
wahrscheinlichkeit:
 $2,1 \cdot 10^{-3}/a$

KTA 2201:

100.000 Jahre →
jährl. Überschreitens-
wahrscheinlichkeit:
 $1 \cdot 10^{-5}/a$



ERDBEBENAUSLEGUNG – KTA 2201

KTA 2201.1 - GRUNDSÄTZE

Seismizität am Standort und Umgebung

Ermittlung seismischer Quellen

Gefährdungsanalyse

- Deterministisches Verfahren
- Probabilistisches Verfahren

Grundlage für Erdbebenauslegung

- Ingenieurseismologische Kenngrößen (Bemessungserdbeben)



ERDBEBEN AUSLEGUNG – KTA 2201

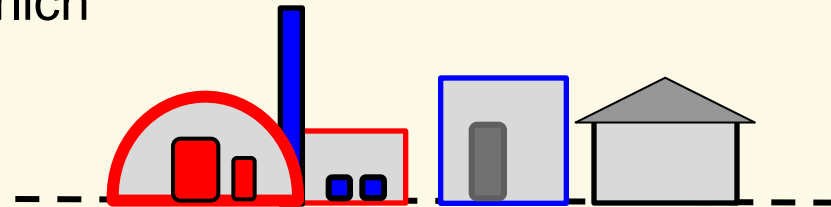
Klassifizierung der Anlagenteile und baulichen Anlagen

- **Klasse I:**

- zur Störfallbeherrschung erforderlich

- **Klasse IIa:**

- nicht zur Klasse I gehörend,
aber durch die unzulässige Beeinträchtigung
von Anlagenteilen oder bauliche
Anlagen der Klasse I entstehen könnten

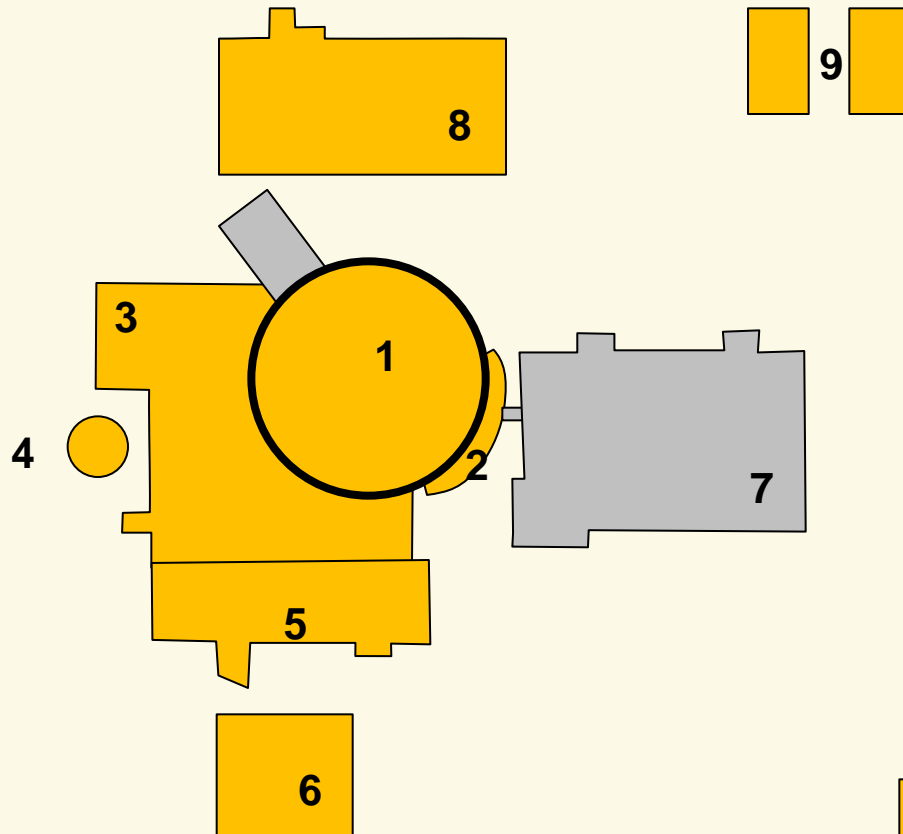


- **Klasse IIb:**


- Alle sonstigen Anlagenteile und baulichen Anlagen



ERDBEBEN AUSLEGUNG – KTA 2201



- 1 Reaktorgebäude
- 2 Armaturenabau
- 3 Reaktorhilfsanlagegebäude
- 4 Fortluftkamin
- 5 Schaltanlagegebäude
- 6 Notstromerzeugergebäude u. Kaltwasserzentrale
- 7 Maschinenhaus
- 8 Notspeisegebäude
- 9 Nebenkühlwasserpumpenbauwerke

 gemäß KTA 2201 gegen Erdbeben ausgelegt



ERDBEBENAUSLEGUNG – KTA 2201

**KTA 2201.3 –
Bauliche Anlagen**

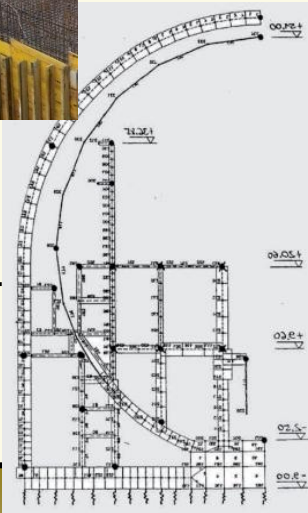
**KTA 2201.4 –
Anlagenteile**

Funktionsfähigkeit,
Tragfähigkeit,
Integrität

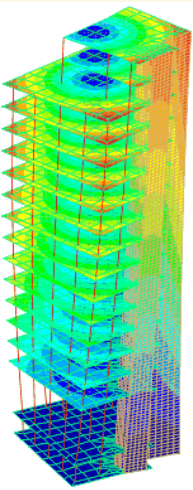
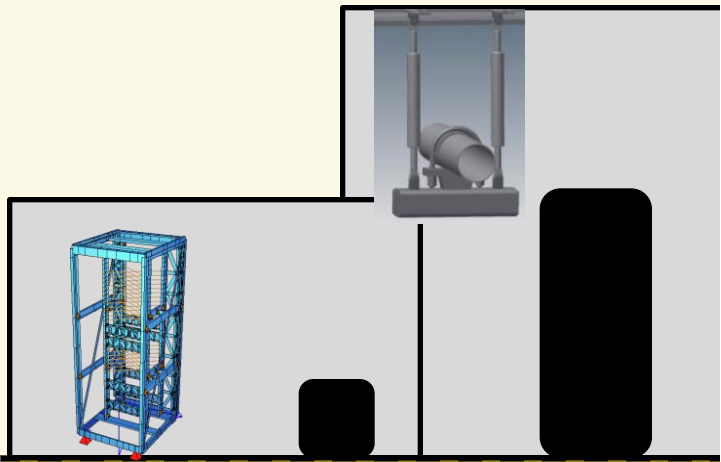
Tragwerksberechnung

Konstruktionsregeln

Rechnerische
Nachweise



Bauwerk-
antwort-
spektrum



Experimentelle
Nachweise

Boden-Bauwerk-
Wechselwirkung

**KTA 2201.2 –
Baugrund**

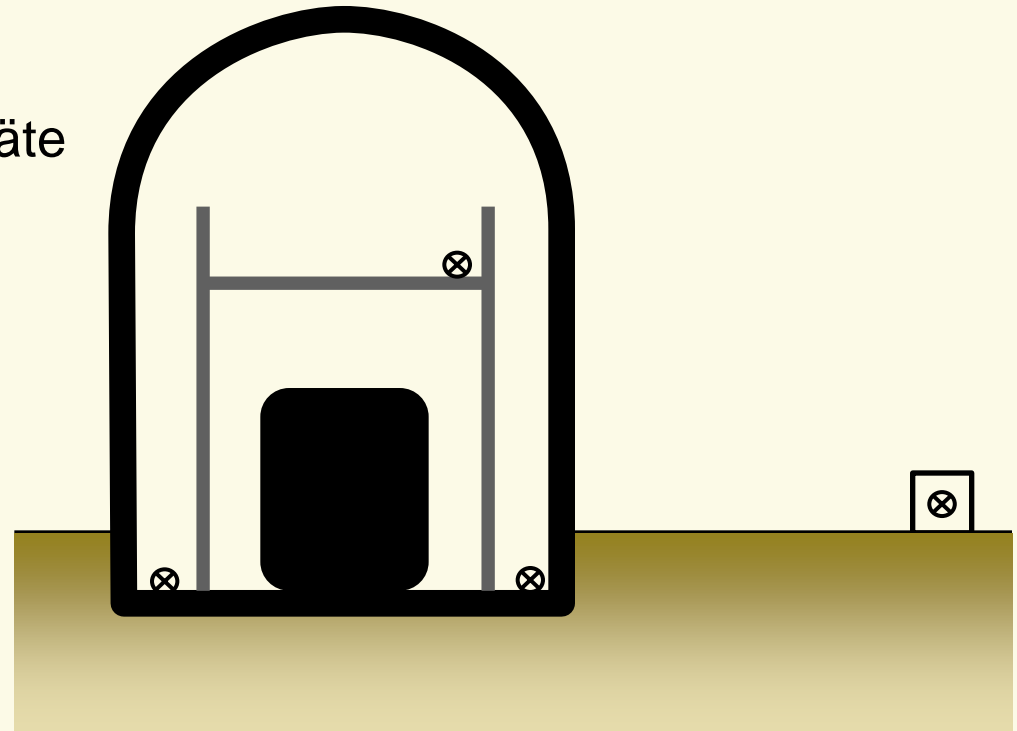


Baden-Württemberg

ERDBEBENAUSSLEGUNG – KTA 2201

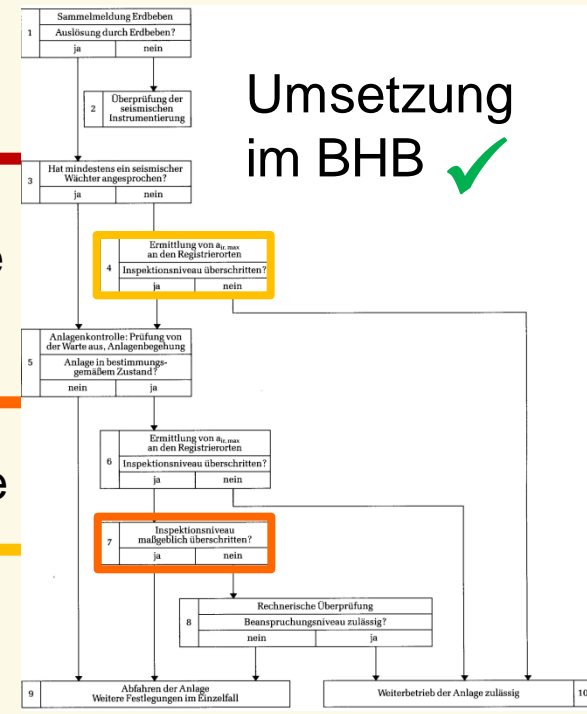
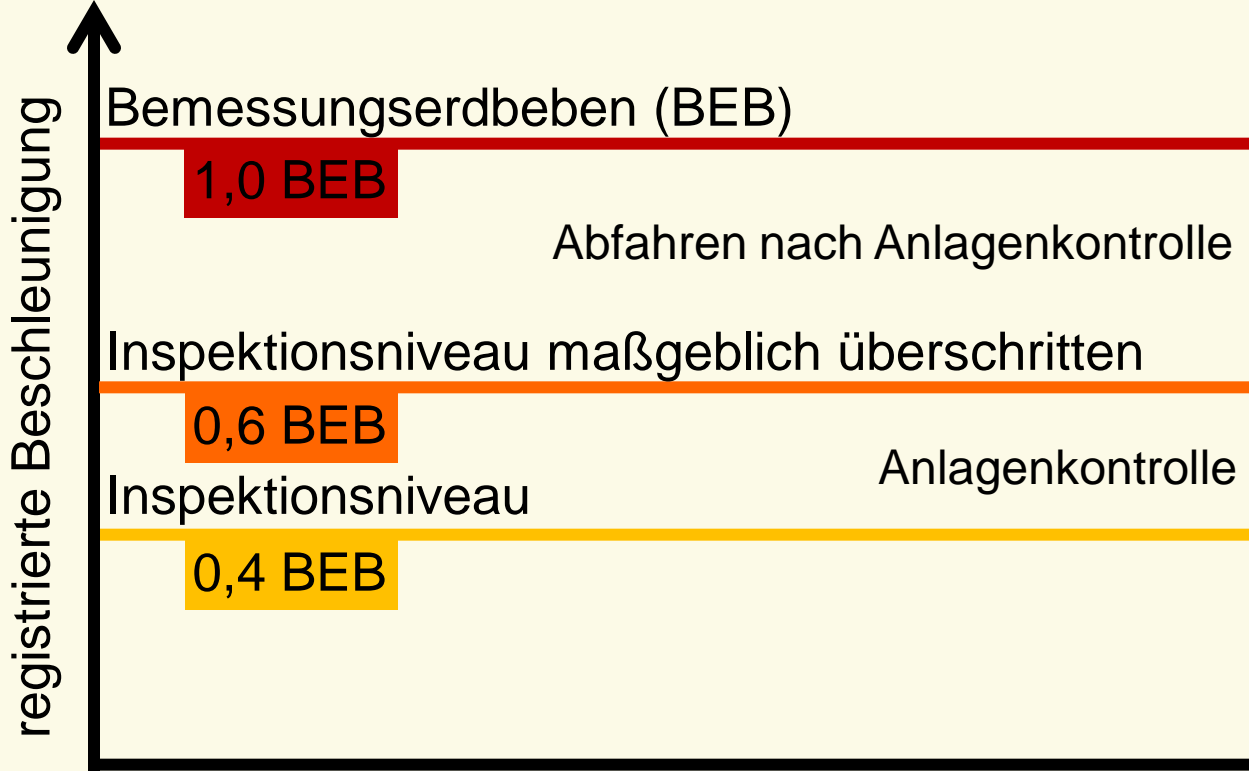
2201.5 – Seismische Instrumentierung

- Aufstellorte
- Anzahl der Messgeräte
- Anforderungen an Messgeräte



ERDBEBEN AUSLEGUNG – KTA 2201

2201.6 – Maßnahmen nach Erdbeben



ERDBEBENAUSLEGUNG – KTA 2201



Die Einhaltung der sicherheitstechnischen Anforderungen der KTA Regeln stellt sicher, dass die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderlich Vorsorge gegen Schäden getroffen ist.

Für alle Regelvorhaben gilt:

- Regelmäßige Überprüfung und falls erforderlich Überarbeitung der Regelteile
- Internationale Vorgehensweise wird berücksichtigt und bei Übertragbarkeit angewendet
- Besetzung der Arbeitsgremien durch Fachleute (Vertreter von Behörden, Sachverständigen, Hersteller und Betreiber)
- Mehrstufiges Prüfungsverfahren bis zur Inkraftsetzung einer neuen Regel



ERDBEBEN - STRESSTESTS



Sicherheitsüberprüfungen am Standort aufgrund des Ereignisses in Fukushima:



- Expertenkommission BW



- RSK-Sicherheitsüberprüfung



- EU stress tests



ERDBEBEN - STRESSTESTS



Baden-Württemberg

Expertenkommission Baden-Württemberg
(Ergebnisbericht 6.05.2011 – siehe Internet)

ERGEBNIS

- Seismische Bemessungsgrößen: *“[...] Die für die beiden Standorte betrachteten Gutachten decken nicht nur die Forderungen der gültigen Regel KTA 2201.1 ab, sondern gehen in ihren Ausführungen darüber hinaus.”*
- Gebäudeauslegung und Systemfunktionen: *“[...] dass die Auslegung und die Ausführung der Anlagen die zu erwartenden Auswirkungen der unterstellten Ereignisse abdecken.“*



Baden-Württemberg

ERDBEBEN - STRESSTESTS



Anlagenspezifische Sicherheitsüberprüfung (RSK-SÜ)
(RSK-Stellungnahme 14.05.2011 – siehe Internet)

ERGEBNIS

- *„Die RSK ist der Auffassung, dass im Hinblick auf die Erdbebenauslegung z. T. erhebliche Reserven bestehen [...] Hintergrund dieser Einschätzung sind u. a. die in der Berechnungskette enthaltenen Konservativitäten [...]“*



ERDBEBEN - STRESSTESTS



EU stress tests

(Technical summary EU commission 4.10.2012 – siehe Internet)

ERGEBNIS:

- Empfehlung einen Mindestwert für max. Bodenbeschleunigung von 0,1 g an Standorten zu betrachten
 - ✓ Standort GKN: 0,17 g
- Empfehlung der Verwendung von seismischer Instrumentierung in KKW
 - ✓ Seismische Instrumentierungen sind in GKN I und GKN II installiert



Baden-Württemberg

ZUSAMMENFASSUNG

- Die Auswirkungen von Erdbeben werden seit der Planungsphase der KKW an den Standorten berücksichtigt.
- Die Anforderungen an die standortspezifische Auslegung von KKW sind in einem separaten kerntechnischen Regelwerk enthalten. Die zugehörigen Anforderungen sind höher als die für gewöhnliche Hochbauten gemäß DIN-Norm.
- Die Erdbebenauslegung von KKW stellt die erforderliche Schadensvorsorge sicher.
- Es liegen keine Hinweise vor, dass sich die Seismizität am Standort Neckarwestheim verändert hätte



VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

BILDQUELLEN

- Folie 4: - <http://wiindsk8ter.files.wordpress.com/2011/03/seismograph-physik.jpg>
- *Earthquakes* by Bruce A. Bolt (W.H. Freeman and Company, 1988)
- Folie 5: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/32/Erdbebenzonen.png>
- Folie 8: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/32/Erdbebenzonen.png>
- Folie 9: http://www.exarte-film.de/filmepics/31_2.jpg
- Folie 10: - Abbildung aus DIN4149
- http://www.lgrb.uni-freiburg.de/lgrb/download_pool/erdbebenzonen.pdf
- Folie 14: - http://www.lgrb.uni-freiburg.de/lgrb/download_pool/erdbebenzonen.pdf
- http://www.enbw.com/content/de/presse/mediathek/erzeugung/detail_neckar/index.jsp
- <http://maps.google.de/maps>
- Folie 16: - http://www.lgrb.uni-freiburg.de/lgrb/Fachbereiche/erdbebendienst/erdbebenkarten/led_pool/images/erdbeben_seit_1000.jpg
- http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Erdbeben-Gefaehrdungsanalysen/Seismologie/Seismologie/Erdbebenauswertung/Erdbebenkataloge/historische_Kataloge/BILD_germany_epic.html?nn=1544984
- Grünthal, G., Bosse, C., & Stromeyer, D.(2009). *Die neue Generation der probabilistischen seismischen Gefährdungseinschätzung der Bundesrepublik Deutschland: Version 2007 mit Anwendung für die Erdbeben-Lastfälle der DIN 19700:2004-07 „Stauanlagen“*. Potsdam: Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ
- Folie 23: - http://www.hendrikthomann.de/Konstruktion/Bild_KAE-Dateien/image001.jpg
- http://www.solidbau.at/home/artikel/Reportage_/Bauen_im_Wasser_fuer_das_Kraftwerk_Schuett/aid/2622?analytics_from=archiv
- http://www.kit.edu/downloads/Japan-Hintergrundinfo_Nr020_Auslegung_KKW_Erdbeben_00_AH.pdf
- <http://www.infograph.de/beispiel/ec8.htm>
- Folie 32: http://www.leo-bw.de/web/guest/detail/-/Detail/details/DOKUMENT/lmz_bilddatenbank_02/LMZ450890/Neckarwestheim+Luftbild+2009

