



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Umgang mit dem Ausschlusskriterium „Seismische Aktivität“ in Schritt 2 der Phase I

Berücksichtigung der Sachstandsdarstellung des BMUV

GRUNDLAGENBERICHT

BGE-2024-GB-4

Juni 2024



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

DOI

10.61046/BGE2024GB4

IMPRESSUM

Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH
Eschenstraße 55
31224 Peine

© 2024

Alle Inhalte dieses Berichtes, insbesondere Texte, Fotografien und Grafiken, sind urheberrechtlich geschützt. Das ausschließliche Verwertungsrecht liegt, soweit nicht ausdrücklich anders gekennzeichnet, bei der Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH. Bitte fragen Sie uns vorab, falls Sie die Inhalte dieses Berichts verwenden möchten.

**Umgang mit dem Ausschlusskriterium
„Seismische Aktivität“ in Schritt 2 der Phase I
Berücksichtigung der Sachstandsdarstellung des BMUV**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0210				H	RZ	0006	00

Blatt: 3

Inhaltsverzeichnis

Deckblatt	1
Revisionsblatt	2a
Inhaltsverzeichnis	3
Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	4
Abkürzungsverzeichnis	5
Formelverzeichnis	5
1 Zusammenfassung	6
2 Einführung	7
2.1 Das Standortauswahlverfahren	7
2.2 Gegenstand und Ziel der Veröffentlichung	8
3 Datengrundlage zur Anwendung des Ausschlusskriteriums „Seismische Aktivität“	10
3.1 Gültiger Nationaler Anhang DIN EN 1998-1/NA:2011-01 in Schritt 1 der Phase I	10
3.2 Neuer Nationaler Anhang in DIN EN 1998-1/NA:2023-11	13
4 Methoden zur Übertragung von $S_{ap,R}$ in Erdbebenzonen	15
4.1 Nutzung der intensitätsbasierten Karte aus Grünthal et al. (2018b)	15
4.2 Übertragung der Intensität $I=7$ auf den Plateaubereich der spektralen Antwortbeschleunigung $S_{ap,R}$ (Kaiser & Spies 2020)	16
4.3 Anpassung der aus Spitzenbodenbeschleunigung PGA und Referenz-Spitzenbodenbeschleunigung a_{gR2023} ermittelten intensitätsbasierten Karten auf mittlere Untergrundbedingungen	16
5 Anwendung der Umrechnungsmethode von Kaiser & Spies (2020)	19
6 Schlussfolgerung	22
Literaturverzeichnis	23
Anzahl der Blätter dieses Dokumentes	24

**Umgang mit dem Ausschlusskriterium
„Seismische Aktivität“ in Schritt 2 der Phase I
Berücksichtigung der Sachstandsdarstellung des BMUV**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0210				H	RZ	0006	00

Blatt: 4

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Schematische Darstellung des Standortauswahlverfahrens.	8
Abbildung 2:	Schematische Darstellung der Erdbebenzonen der Bundesrepublik Deutschland gemäß DIN EN 1998-1/NA:2011-01	11
Abbildung 3:	Darstellung der räumlichen Verteilung der spektralen Antwortbeschleunigung für das Untergrundverhältnis A-R im Plateaubereich $S_{ap,R}$ für eine Wiederkehrperiode von 475 Jahren (DIN EN 1998-1/NA:2023-11)	14
Abbildung 4:	Vergleich der Erbebenzonenkarten nach altem und neuem NA (siehe Grünthal & Bosse 2021). Links: Erdbebenzonen nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01 (vgl. Abbildung 2). Rechts: Fiktive Erbebenzonen, welche aus der Verteilung der makroseismischen Intensitäten aus Grünthal et al. (2018b) umgerechnet wurden.	15
Abbildung 5:	Intensitätsbasierte probabilistische Karten für eine Wiederkehrperiode von 475 Jahren und für Mittelwerte, die aus der Anwendung der empirischen Beziehung nach Faenza & Micheleni (2010) auf Karten für PGA- sowie a_{gR2023} -Werte folgen (Grünthal & Bosse 2021).	18
Abbildung 6:	Anpassung der für einen durchgängigen Festgesteinsuntergrund ermittelten PGA-Daten aus Abbildung 5 (links) an einen mittleren Untergrund (Grünthal & Bosse 2021).	18
Abbildung 7:	Darstellung der räumlichen Verteilung der spektralen Antwortbeschleunigung für das Untergrundverhältnis A-R im Plateaubereich $S_{ap,R}$ für eine Wiederkehrperiode von 475 Jahren (DIN EN 1998-1/NA:2023-11), nach Interpolation der Rohdaten von Deutsches GeoForschungszentrum GFZ (o. J.)	20
Abbildung 8:	Darstellung der räumlichen Verteilung der spektralen Antwortbeschleunigung für das Untergrundverhältnis A-R im Plateaubereich $S_{ap,R}$ für eine Wiederkehrperiode von 475 Jahren (DIN EN 1998-1/NA:2023-11) sowie den Teilgebieten im Tongestein und Kristallingestein in Südwestdeutschland (BGE 2020/7).	21

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Zuordnung von Intensitätsintervallen und Referenz-Spitzenwerten der Bodenbeschleunigung a_{gR2011} zu den Erdbebenzonen gemäß DIN EN 1998-1/NA:2011-01. I beschreibt jeweils die Intensität.	12
------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

**Umgang mit dem Ausschlusskriterium
„Seismische Aktivität“ in Schritt 2 der Phase I
Berücksichtigung der Sachstandsdarstellung des BMUV**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0210				H	RZ	0006	00

Blatt: 5

Abkürzungsverzeichnis

AK	Ausschlusskriterium/Ausschlusskriterien
BASE	Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung
BGE	Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
DIN	Deutsches Institut für Normung
Drs.	Drucksache
EN	Europäische Norm
FKTG	Fachkonferenz Teilgebiete
geoWK	Geowissenschaftliche Abwägungskriterien
GIS	Geoinformationssystem
NA	Nationaler Anhang
planWK	Planungswissenschaftliche Abwägungskriterien
rvSU	Repräsentative vorläufige Sicherheitsuntersuchungen
StandAG	Standortauswahlgesetz

Formelverzeichnis

a_{gR2011}	Referenz-Spitzenwert der Bodenbeschleunigung in DIN EN 1998-1/NA:2011-01
a_{gR2023}	Referenz-Spitzenbodenbeschleunigung in DIN EN 1998-1/NA:2023-11
M_w	Momentmagnitude
PGA	Spitzenbodenbeschleunigung
S_{ap,R}	Spektrale Antwortbeschleunigung im Plateaubereich
V_{s30}	durchschnittliche Scherwellengeschwindigkeiten der oberen 30 m

**Umgang mit dem Ausschlusskriterium
„Seismische Aktivität“ in Schritt 2 der Phase I
Berücksichtigung der Sachstandsdarstellung des BMUV**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0210				H	RZ	0006	00

Blatt: 6

1 Zusammenfassung

Mit Inkrafttreten von DIN EN 1998-1/NA:2023-11 hat sich die Notwendigkeit einer Klarstellung zur zukünftigen Anwendung des Ausschlusskriteriums (AK) „Seismische Aktivität“ ergeben. Die Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) folgt der Bewertung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV), das in einem Sachstandspapier (BMUV 2022) einen Vorschlag zum Umgang mit dem AK „Seismische Aktivität“ vorgelegt hat, und legt in dieser Veröffentlichung dar, ob durch das Inkrafttreten von DIN EN 1998-1/NA:2023-11 zusätzliche Gebiete ausgeschlossen werden müssen. Um zusätzliche Gebiete anhand der aktualisierten Datenlage auszuschließen, ist eine wissenschaftliche Einschätzung notwendig, welche der in der Literatur vorgeschlagenen Umrechnungsmethoden (unter Berücksichtigung der Ungewissheiten bei der Anwendung der jeweiligen Methode) von der BGE genutzt werden sollte. Nach Prüfung der verschiedenen Übertragungsmöglichkeiten hat sich die BGE zur Inbeziehungsetzung der Karte der Erdbebenzonen in DIN EN 1998-1/NA:2011-01 und der Karte der spektralen Antwortbeschleunigung im Plateaubereich $S_{ap,R}$ in DIN EN 1998-1/NA:2023-11 auf die Methode von Kaiser & Spies (2020) festgelegt. Mit dieser Methode hat die BGE geprüft, ob zusätzliche Gebiete anhand des neuen Nationalen Anhangs (NA; entsprechend der Bewertung des BMUV zum Sachstand des AK „Seismische Aktivität“) ausgeschlossen werden müssen. Das Ergebnis ist, dass keine zusätzlichen Gebiete anhand des neuen NA ausgeschlossen werden, es also zu keiner weiteren Einengung der Teilgebietsflächen anhand des AK „Seismische Aktivität“ kommt. Die Berücksichtigung der Ungewissheiten ist entscheidend bei der konkreten Umsetzung der Bewertung des BMUV, da das BMUV schreibt (BMUV 2022): *„Dabei sollen nur solche Gebiete ausgeschlossen werden, bei denen unter Berücksichtigung der Ungewissheiten bei der Umrechnung und bei der Wahl der Umrechnungsverfahren eindeutig ist, dass mindestens eine zu den Kriterien des § 22 Absatz 2 Nummer 4 StandAG vergleichbare seismische Gefährdung vorliegt.“* Zwar wurden wenige, vergleichsweise kleine Flächen durch die Anwendung der von der BGE gewählten Übertragungsmethode identifiziert, jedoch sind diese unter Berücksichtigung der mit der Umrechnung verbundenen Ungewissheiten nicht eindeutig größer als Erdbebenzone 1 nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01. Für das Standortauswahlverfahren bedeutet dies, dass im weiteren Verfahren, sofern sich der Sachstand nicht ändert, keine zusätzlichen Gebiete anhand des AK „Seismische Aktivität“ ausgeschlossen werden und die praktische Anwendung abgeschlossen ist.

**Umgang mit dem Ausschlusskriterium
„Seismische Aktivität“ in Schritt 2 der Phase I
Berücksichtigung der Sachstandsdarstellung des BMUV**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0210				H	RZ	0006	00

Blatt: 7

2 Einführung

2.1 Das Standortauswahlverfahren

Die Suche und Auswahl eines Standorts für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen richtet sich in Deutschland nach dem Standortauswahlgesetz (StandAG). Darin wurde vom Gesetzgeber festgelegt, wie das Standortauswahlverfahren durchgeführt wird und welche Aufgaben die verschiedenen Beteiligten des Verfahrens darin übernehmen. Die BGE ist Vorhabenträgerin für das Standortauswahlverfahren, seit ihr im April 2017 die Aufgabe der Einrichtung eines Endlagers vom Bund übertragen wurde. Das BMUV ist Gesellschafterin der BGE und trägt die politische Gesamtverantwortung für das Verfahren. Das Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) ist Kontroll- und Aufsichtsbehörde beim Standortauswahlverfahren, berät die BGE im Zuge ihrer Arbeiten, prüft deren Arbeitsergebnisse und ist außerdem für die Beteiligung der Öffentlichkeit am Standortauswahlverfahren verantwortlich.

Das Standortauswahlverfahren ist ein gestuftes Verfahren (Abbildung 1), das sich in drei Phasen gliedert: Phase I gilt der Ermittlung von Teilgebieten (Schritt 1) und anschließend von Standortregionen für die übertägige Erkundung (Schritt 2). In Phase II findet die übertägige Erkundung statt, auf deren Grundlage ein Vorschlag für Standorte zur untertägigen Erkundung erarbeitet wird. Auf Grundlage der Ergebnisse der untertägigen Erkundung wird in Phase III des Standortauswahlverfahrens der Standortvorschlag erarbeitet. In den drei Phasen wird so nach und nach eine Einengung auf den „Standort mit der bestmöglichen Sicherheit“ vorgenommen. Neben der Darlegung der Sicherheit potenziell für die Endlagerung geeigneter Gebiete kommt daher dem Vergleich von Gebieten im Verfahren eine große Rolle zu. Die Ergebnisse jeder Phase und die daraus resultierenden Festlegungen durch den Gesetzgeber hinsichtlich der im Verfahren verbleibenden Gebiete bestimmen den konkreten Arbeitsumfang der darauffolgenden Phase.

Der offizielle Start des Standortauswahlverfahrens erfolgte am 5. September 2017 in Berlin. Gut drei Jahre später wurde mit der Veröffentlichung des Zwischenberichts Teilgebiete (BGE 2020/7) durch die BGE Schritt 1 der Phase I abgeschlossen. Der Zwischenbericht Teilgebiete beschreibt die Ergebnisse der Arbeiten in Schritt 1 des Verfahrens und war Grundlage für die Öffentlichkeitsbeteiligung, z. B. im Rahmen der Fachkonferenz Teilgebiete (FKTG).

Aus den veröffentlichten Teilgebieten ermittelt die BGE derzeit in Schritt 2 der Phase I Standortregionen für die übertägige Erkundung. Hierzu sind nach § 14 StandAG zunächst die repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen (rvSU) durchzuführen und anschließend die geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (geoWK) anzuwenden. Nachfolgend können ggf. planungswissenschaftliche Abwägungskriterien (planWK) für eine weitere Einengung von verbleibenden Gebieten, die unter Sicherheitsaspekten gleichwertig sind, erforderlich werden. Der Standortregionenvorschlag nebst Begründung und Ergebnissen der Öffentlichkeitsbeteiligung wird dem BASE vorgelegt. Zusätzlich werden für die vorgeschlagenen Standortregionen die für Phase II geplanten standortbezogenen Erkundungsprogramme übermittelt.

**Umgang mit dem Ausschlusskriterium
„Seismische Aktivität“ in Schritt 2 der Phase I
Berücksichtigung der Sachstandsdarstellung des BMUV**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0210				H	RZ	0006	00

Blatt: 8

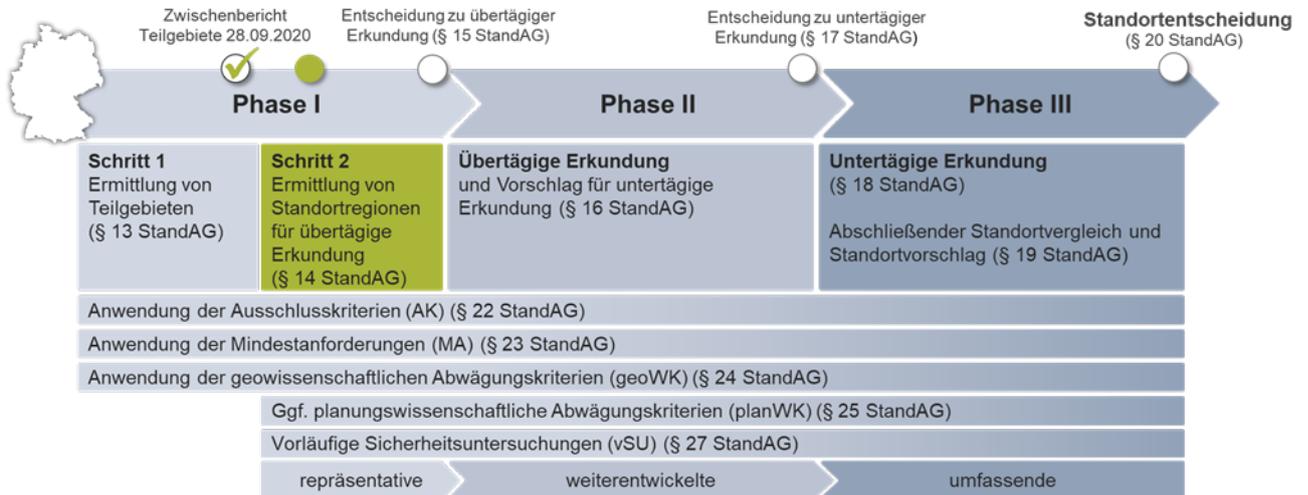


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Standortauswahlverfahrens. Das Verfahren gliedert sich in drei Phasen. Phase I besteht aus zwei Schritten, der bereits abgeschlossenen Ermittlung von Teilgebieten sowie der Ermittlung von Standortregionen für übertägige Erkundung, dem derzeitigen Verfahrensschritt. In Phase II findet die übertägige Erkundung statt. Ziel von Phase II ist, einen Vorschlag für die in Phase III untertägig zu erkundenden Standorte zu erarbeiten.

2.2 Gegenstand und Ziel der Veröffentlichung

In Schritt 1 der Phase I wurden die AK gemäß § 13 StandAG zur Ermittlung von Teilgebieten angewendet (BGE 2020/7). Dabei sollen mithilfe der AK auszuschließende Gebiete ermittelt werden, die als potenzieller Standort für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle nicht geeignet sind. Eines der AK ist nach § 22 Abs. 2 Nr. 4 StandAG die „Seismische Aktivität“, mit welchem seismisch aktive Zonen ausgeschlossen wurden. Dies sind nach § 22 Abs. 2 Nr. 4 StandAG Gebiete, in denen die örtliche seismische Gefährdung größer als in Erdbebenzone 1 nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01 ist.

Mit Inkrafttreten von DIN EN 1998-1/NA:2023-11 hat sich der Stand der Wissenschaft zur probabilistischen seismischen Gefährdungsanalyse inzwischen weiterentwickelt. Auf Grundlage einer Neueinschätzung der Erdbebengefährdung Deutschlands (Grünthal et al. 2018a, 2018b) wird im neuen NA zur Beschreibung des seismischen Gefährdungspotentials anstatt der makroseismischen Intensität und dem Referenz-Spitzenwert der Bodenbeschleunigung a_{gR2011} der Parameter der spektralen Antwortbeschleunigung im Plateaubereich $S_{ap,R}$ verwendet. Das BMUV hat diesbezüglich im Mai 2022 ein Sachstandspapier veröffentlicht (BMUV 2022), da sich durch das Inkrafttreten von DIN EN 1998-1/NA:2023-11 die Notwendigkeit einer Klarstellung zur zukünftigen Anwendung des AK ergibt. Dabei kommt das BMUV zu folgender Bewertung (BMUV 2022): „In Hinblick auf die Rechtssicherheit des Verfahrens soll nicht vom Wortlaut des § 22 Absatz 2 Nummer 4 StandAG abgewichen werden. Dies bedeutet, dass Gebiete, die auf Grund dieses Ausschlusskriteriums aus dem Standortauswahlverfahren ausgeschlossen wurden, ausgeschlossen bleiben. Gleichzeitig soll der

**Umgang mit dem Ausschlusskriterium
„Seismische Aktivität“ in Schritt 2 der Phase I
Berücksichtigung der Sachstandsdarstellung des BMUV**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0210				H	RZ	0006	00

Blatt: 9

neue Erkenntnisstand berücksichtigt werden und es sollen **zusätzlich** Gebiete ausgeschlossen werden, die bei einer Berücksichtigung der aktualisierten Datenlage nicht mehr zu einem Teilgebiet gehören würden. Dieses Vorgehen lässt sich rechtlich unter den Wortlaut „die örtliche seismische Gefährdung ist größer als in Erdbebenzone 1 nach DIN EN 1998-1/NA 2011-01“ fassen, der offen für die Berücksichtigung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse ist, wenn auf Grund dieser Erkenntnisse zusätzliche Gebiete als erdbebengefährdet zu betrachten sind. Dabei sollen nur solche Gebiete ausgeschlossen werden, bei denen unter Berücksichtigung der Ungewissheiten bei der Umrechnung und bei der Wahl der Umrechnungsverfahren eindeutig ist, dass mindestens eine zu den Kriterien des § 22 Absatz 2 Nummer 4 StandAG vergleichbare seismische Gefährdung vorliegt.“

Die BGE folgt der Bewertung des BMUV und legt in dieser Veröffentlichung dar, ob durch die Neufassung von DIN EN 1998-1/NA:2023-11 zusätzliche Gebiete ausgeschlossen werden müssen.

Um zusätzliche Gebiete anhand des neuen NA auszuschließen, ist insbesondere die Prüfung der verschiedenen Übertragungsmöglichkeiten unter Einbeziehung der verbundenen Ungewissheiten von großer Bedeutung. Um die örtliche seismische Gefährdung größer als Erdbebenzone 1 nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01 mit dem neuen NA ermitteln zu können, ist ein Inbeziehungsetzen der Karte der Erdbebenzonen in DIN EN 1998-1/NA:2011-01 und der Karte der spektralen Antwortbeschleunigung im Plateaubereich $S_{ap,R}$ in DIN EN 1998-1/NA:2023-11 notwendig. Dies ist aufgrund der unterschiedlichen Datengrundlagen und Berechnungsmethoden nur indirekt möglich, jedoch haben Grünthal & Bosse (2021) und Kaiser & Spies (2020) jeweils verschiedene Methoden zusammengetragen, mit denen der im StandAG enthaltene Erdbebenzonenbegriff auf den aktuell gültigen NA zu realisieren wäre. Jede Methode birgt Vor- und Nachteile. Sowohl Grünthal & Bosse (2021) als auch Kaiser & Spies (2020) favorisieren bestimmte Umrechnungsmethoden. Dabei ist diesen favorisierten Methoden jeweils gemein, dass eine Umrechnung mithilfe der Intensität vorgenommen werden soll (vgl. Kapitel 4).

Um zusätzliche Gebiete anhand der aktualisierten Datenlage auszuschließen, ist eine wissenschaftliche Einschätzung notwendig, welche der vorgeschlagenen Umrechnungsmethoden (unter Berücksichtigung der Ungewissheiten bei der Anwendung der jeweiligen Methode) von der BGE genutzt werden sollte. Daher werden in diesem Dokument die in der Literatur favorisierten Umrechnungsmethoden des Erdbebenzonenbegriffs geprüft und der Umgang mit den Ergebnissen dargelegt. Dabei geht es insbesondere um die Darstellung, ob in den Teilgebieten „unter Berücksichtigung der Ungewissheiten bei der Umrechnung und bei der Wahl der Umrechnungsverfahren eindeutig ist, dass mindestens eine zu den Kriterien des § 22 Absatz 2 Nummer 4 StandAG vergleichbare seismische Gefährdung vorliegt“ (BMUV 2022) und die BGE diese Gebiete in Schritt 2 der Phase I zusätzlich ausschließen wird.

**Umgang mit dem Ausschlusskriterium
„Seismische Aktivität“ in Schritt 2 der Phase I
Berücksichtigung der Sachstandsdarstellung des BMUV**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0210				H	RZ	0006	00

Blatt: 10

3 Datengrundlage zur Anwendung des Ausschlusskriteriums „Seismische Aktivität“

3.1 Gültiger Nationaler Anhang DIN EN 1998-1/NA:2011-01 in Schritt 1 der Phase I

Durch das AK „Seismische Aktivität“ werden Gebiete ausgeschlossen, in denen seismische Aktivitäten zu erwarten sind, die die Sicherheit eines Endlagers beeinträchtigen können (BT-Drs. 18/11398). Dies sind gemäß § 22 Abs. 2 Nr. 4 StandAG Gebiete, in denen die örtliche seismische Gefährdung größer als in Erdbebenzone 1 nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01 ist.

Bewertungsgrundlage für die Abgrenzung von erdbebengefährdeten Gebieten in Deutschland bildete bisher die Karte „Schematische Darstellung der Erdbebenzonen der Bundesrepublik Deutschland“ in DIN EN 1998-1/NA:2011-01 (Abbildung 2). In dieser Karte wird Deutschland in vier Erdbebenzonen eingeteilt, beginnend bei Erdbebenzone 0 bis maximal Erdbebenzone 3. Dabei wird jeder Erdbebenzone eine makroseismische Intensität sowie ein Referenz-Spitzenwert der Bodenbeschleunigung a_{gR2011} zugeordnet. Diese Zuordnung ist in Tabelle 1 wiedergegeben. Gebiete innerhalb der Erdbebenzone 0 sowie Gebiete, die nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01 keiner Erdbebenzone zugeordnet werden, z. B. Norddeutschland, werden als Gebiete mit sehr geringer Seismizität eingestuft.

**Umgang mit dem Ausschlusskriterium
 „Seismische Aktivität“ in Schritt 2 der Phase I
 Berücksichtigung der Sachstandsdarstellung des BMUV**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0210				H	RZ	0006	00

Blatt: 11

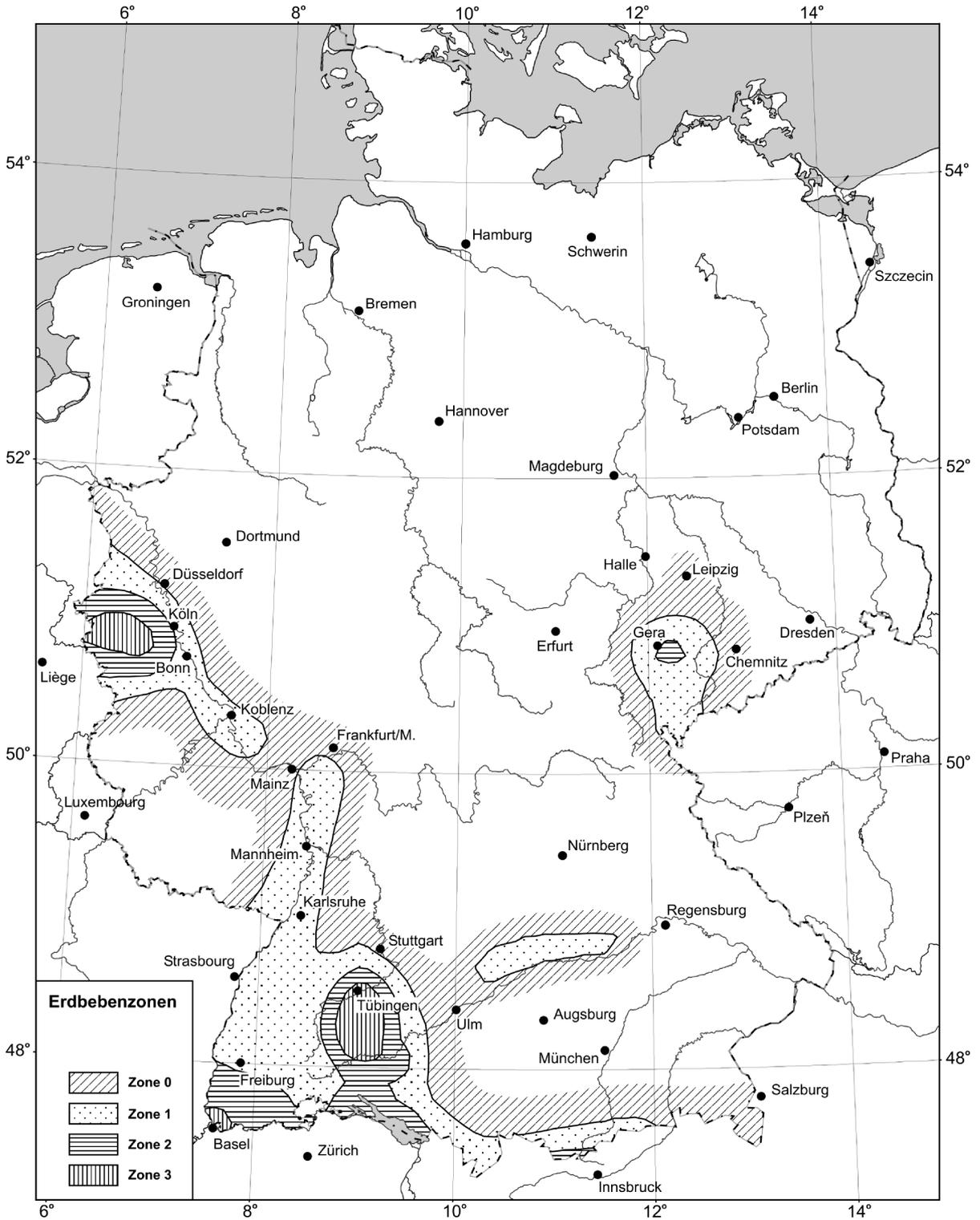


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Erdbebenzonen der Bundesrepublik Deutschland gemäß DIN EN 1998-1/NA:2011-01

Umgang mit dem Ausschlusskriterium „Seismische Aktivität“ in Schritt 2 der Phase I Berücksichtigung der Sachstandsdarstellung des BMUV								 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG	
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	Blatt: 12
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
SG	0210				H	RZ	0006	00	

Tabelle 1: Zuordnung von Intensitätsintervallen und Referenz-Spitzenwerten der Bodenbeschleunigung a_{gR2011} zu den Erdbebenzonen gemäß DIN EN 1998-1/NA:2011-01. *I* beschreibt jeweils die Intensität.

Erdbebenzone	Intensitätsintervall	Referenz-Spitzenwert der Bodenbeschleunigung a_{gR2011} in m/s^2
0	$6 \leq I < 6,5$	-
1	$6,5 \leq I < 7$	0,4
2	$7 \leq I < 7,5$	0,6
3	$7,5 \leq I$	0,8

Die Karte „Schematische Darstellung der Erdbebenzonen der Bundesrepublik Deutschlands“ basiert auf einer probabilistischen seismischen Gefährdungsanalyse aus den 1990er Jahren. Die verwendete Datengrundlage, die Berechnungsmethoden sowie die Ergebnisdarstellung können in Grünthal & Bosse (1996) nachvollzogen werden.

Im Wesentlichen wurden Zonen basierend auf den mit einer Wiederkehrperiode von 475 Jahren maximal zu erwartenden Erdbebenintensitäten abgegrenzt (Abbildung 2). Dies bedeutet, dass die Wahrscheinlichkeit des Überschreitens der entsprechenden Intensität in der jeweiligen Erdbebenzone 10 % innerhalb von 50 Jahren beträgt. Wichtige Eingangsparameter waren u. a. die Einteilung Deutschlands in seismische Quellregionen, die auf Basis der Erdbebenaktivität und der seismotektonischen Gegebenheiten Deutschlands festgelegt wurden, die Intensitäts-Häufigkeitsbeziehung, die Dämpfungsrelation (Abnahme der Intensität mit der Entfernung bzw. in Kaiser & Spies (2020) allgemeiner bezeichnet als „seismisches Bodenbewegungsmodell“) und die charakteristische Herdtiefe (Grünthal & Bosse 1996).

Für die Berechnung der Erdbebengefährdung wurden die damals aktuellen Erdbebenkataloge der Bundesrepublik Deutschland und weiterer europäischer Länder, z. B. Belgien, Italien, Großbritannien, Österreich usw. verwendet (Grünthal & Bosse 1996). Die verschiedenen Erdbebenkataloge mussten zur Erstellung einer einheitlichen Datengrundlage für die Berechnung der Erdbebengefährdung einer umfangreichen Bearbeitung unterzogen werden. Die wichtigsten Bearbeitungsschritte umfassen u. a. die kritische Prüfung insbesondere historischer Schadenbeben und ggf. das Vornehmen einer Neuinterpretation, das Aussortieren von Scheinbeben sowie die Aufnahme bisher nicht katalogisierter Schadenbeben. Da es bei der Verwendung von multiplen Erdbebenkatalogen häufig zu doppelten Einträgen kommt, wurde jeweils die zuverlässigste Interpretation eines Erdbebenereignisses für die Gefährdungsberechnung verwendet. Weiterhin wurden für die Gefährdungsberechnung nur die jeweiligen Hauptbeben (nicht etwaige Vor- und Nachbeben) sowie bei Schwarmbeben das jeweils stärkste Ereignis berücksichtigt (Grünthal & Bosse 1996). Insgesamt wurden in die Erdbebengefährdungsanalyse 27 000 Erdbebenereignisse ab dem Jahre 1000 nach Christus bis etwa 1995 einbezogen (Grünthal & Bosse 1996).

**Umgang mit dem Ausschlusskriterium
„Seismische Aktivität“ in Schritt 2 der Phase I
Berücksichtigung der Sachstandsdarstellung des BMUV**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0210				H	RZ	0006	00

Blatt: 13

3.2 Neuer Nationaler Anhang in DIN EN 1998-1/NA:2023-11

Mit der DIN EN 1998-1/NA:2023-11 ist eine neue Fassung des NA der Norm in Kraft getreten, die sich bzgl. der Datengrundlage wie auch der verwendeten Berechnungsmethoden deutlich von der in DIN EN 1998-1/NA:2011-01 verwendeten unterscheidet (Abbildung 3).

Die seismische Gefährdungsanalyse in DIN EN 1998-1/NA:2011-01 wurde mit dem Parameter der makroseismischen Intensität durchgeführt, im nun gültigen NA mit dem Parameter der spektralen Antwortbeschleunigung im Plateaubereich $S_{ap,R}$. Im nun gültigen NA werden keine Erdbebenzonen ausgewiesen. Die spektrale Antwortbeschleunigung beschreibt die frequenzabhängige maximale Beschleunigung eines beliebigen Bauwerks oder einer Struktur durch ein Erdbeben. Eine allgemein anerkannte Umrechnungsvorschrift zur Umrechnung der spektralen Antwortbeschleunigung in Erdbebenzonen ist in der Norm nicht enthalten und auch anderweitig nicht bekannt. Die zugrundeliegenden Erdbebenkataloge (Grünthal et al. 2009; Grünthal & Wahlström 2012) wurden für die Berechnung des neuen NA grundlegend überarbeitet, in Momentmagnituden M_w harmonisiert und für das Vorhaben mit Daten von 1000 nach Christus bis ins Jahr 2014 weitergeführt (Grünthal et al. 2018a, 2018b). Des Weiteren wurden bei der Einteilung Deutschlands in seismische Quellregionen Ungewissheiten mithilfe eines logischen Baumes in den Berechnungen berücksichtigt (Grünthal et al. 2018a, 2018b). Weitere Unterschiede ergeben sich u. a. in der Verwendung der seismischen Bodenbewegungsmodelle und der Berücksichtigung von Ungewissheiten. Diese können in Grünthal & Bosse (1996) sowie in Grünthal et al. (2018a) und Grünthal et al. (2018b) nachvollzogen werden. Eine Gegenüberstellung der Unterschiede der jeweiligen Datengrundlagen, Berechnungsmethoden und ingenieurseismologischen Kenngrößen gibt ein Bericht der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), der im Auftrag der BGE angefertigt wurde (Kaiser & Spies 2020).

**Umgang mit dem Ausschlusskriterium
 „Seismische Aktivität“ in Schritt 2 der Phase I
 Berücksichtigung der Sachstandsdarstellung des BMUV**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0210				H	RZ	0006	00

Blatt: 14

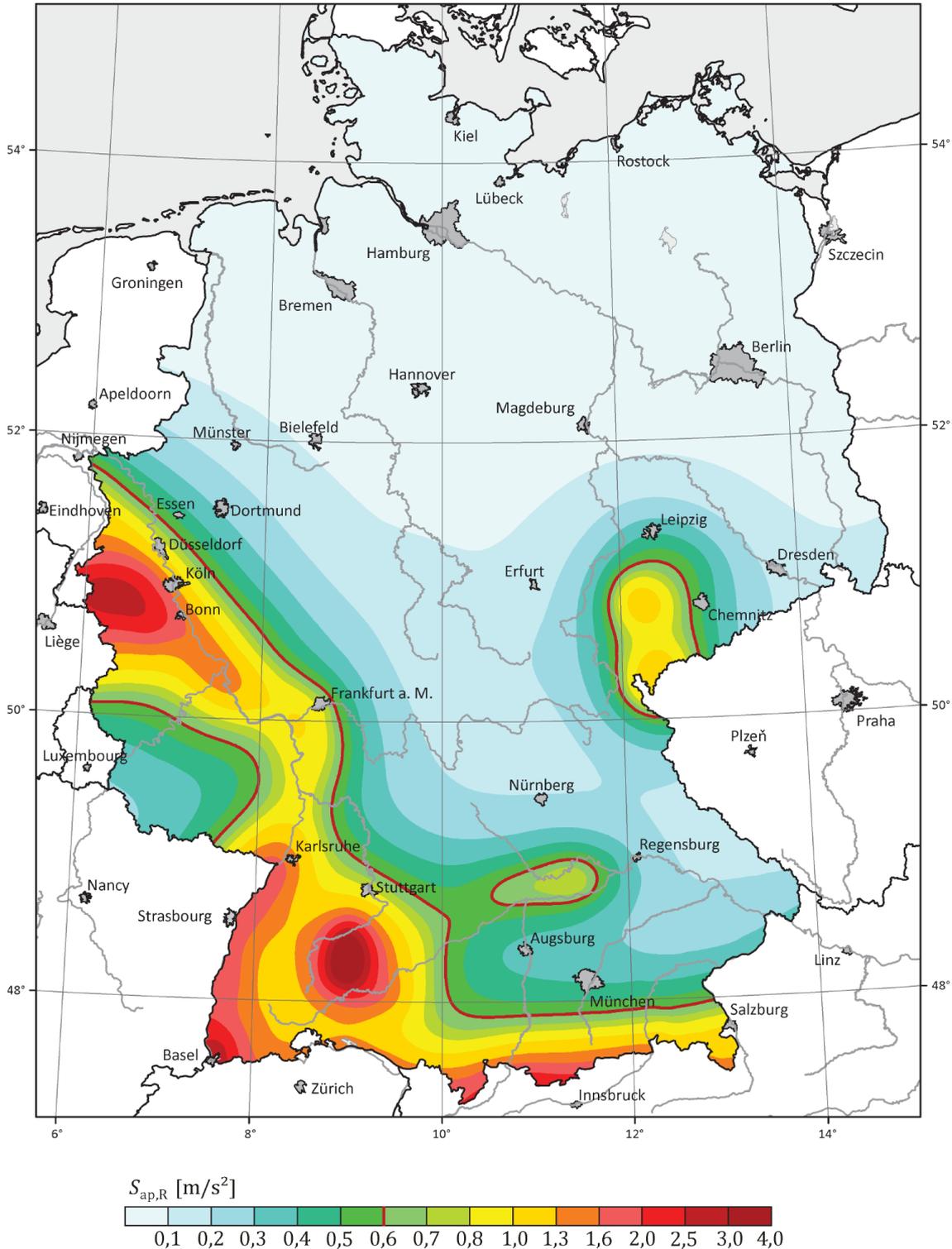


Abbildung 3: Darstellung der räumlichen Verteilung der spektralen Antwortbeschleunigung für das Untergrundverhältnis A-R im Plateaubereich $S_{ap,R}$ für eine Wiederkehrperiode von 475 Jahren (DIN EN 1998-1/NA:2023-11)

**Umgang mit dem Ausschlusskriterium
„Seismische Aktivität“ in Schritt 2 der Phase I
Berücksichtigung der Sachstandsdarstellung des BMUV**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAA	AA	NNNN	NN
SG	0210				H	RZ	0006	00

Blatt: 15

4 Methoden zur Übertragung von $S_{ap,R}$ in Erdbebenzonen

Grundsätzlich kann ein direkter quantitativer Zusammenhang zwischen der Karte der Verteilung der spektralen Antwortbeschleunigung im Plateaubereich $S_{ap,R}$ in der DIN EN 1998-1/NA:2023-11 (Abbildung 3) und der Karte der Erdbebenzonen in DIN EN 1998-1/NA:2011-01 (Abbildung 3) nicht hergestellt werden, da diese auf unterschiedlichen Parametrisierungen basieren. Jedoch wurden von Grünthal & Bosse (2021) und Kaiser & Spies (2020) einige Möglichkeiten zur indirekten Umrechnung vorgestellt, um beide Karten in Beziehung setzen zu können. Diese Übertragungsmethoden beziehen sich nicht zwangsläufig nur auf Fragen des Standortauswahlverfahrens, sondern wurden eher allgemein verfasst. Jede dieser Methoden ist mit einschränkenden Annahmen und/oder Ungewissheiten bei der Umrechnung verbunden. Im Folgenden werden die zwei favorisierten Methoden in Grünthal & Bosse (2021) sowie die vorgeschlagene, favorisierte Methode in Kaiser & Spies (2020) sowie deren Vor- und Nachteile vorgestellt. In Kaiser & Spies (2020) und Grünthal & Bosse (2021) können weitere mögliche Umrechnungsmöglichkeiten nachvollzogen werden, die jedoch von den Autoren als nicht empfehlenswert eingeschätzt und daher auch hier nicht weiter betrachtet werden.

4.1 Nutzung der intensitätsbasierten Karte aus Grünthal et al. (2018b)

Eine Möglichkeit des Vergleichs alter und neuer Einschätzung der Erdbebengefährdung für die Nationalen Anhänge besteht laut Grünthal & Bosse (2021) in der Heranziehung der intensitätsbasierten Berechnungen im Rahmen beider probabilistischer Gefährdungsrechnungen. Dies ist möglich, da im Rahmen der neuen Berechnung ebenfalls eine intensitätsbasierte Karte erstellt wurde (Grünthal et al. 2018b; Grünthal & Bosse 2021). Diese Karte kann entsprechend der Definition der Erdbebenzonen dargestellt werden (Abbildung 6 in Grünthal & Bosse 2021). In Abbildung 4 sind beide Erdbebenzonenkarten nach altem und neuem NA im Vergleich dargestellt (Grünthal & Bosse 2021).

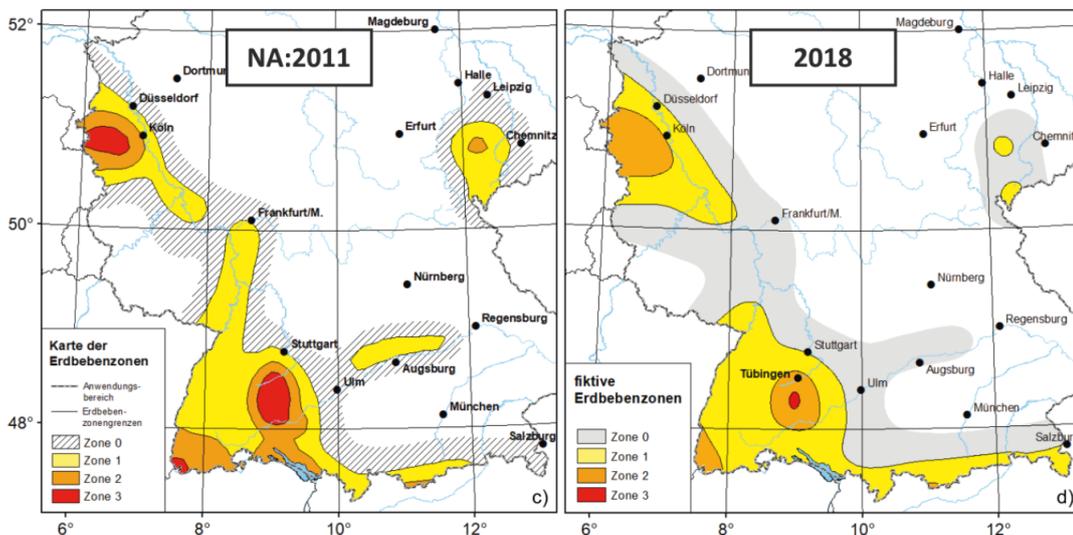


Abbildung 4: Vergleich der Erdbebenzonenkarten nach altem und neuem NA (siehe Grünthal & Bosse 2021). Links: Erdbebenzonen nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01 (vgl. Abbildung 2). Rechts: Fiktive Erdbebenzonen, welche aus der Verteilung der makroseismischen Intensitäten aus Grünthal et al. (2018b) umgerechnet wurden.

**Umgang mit dem Ausschlusskriterium
„Seismische Aktivität“ in Schritt 2 der Phase I
Berücksichtigung der Sachstandsdarstellung des BMUV**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0210				H	RZ	0006	00

Blatt: 16

Diese Methode stellt den einzig möglichen Vergleich dar, bei dem keine weiteren Zwischenschritte oder Annahmen für die Umrechnung nötig sind (Grünthal & Bosse 2021). Dies bedeutet, dass die Ungewissheiten der Übertragung den Ungewissheiten der seismischen Gefährdungsberechnung entsprechen (Kaiser & Spies 2020; Grünthal & Bosse 2021). Der signifikante Nachteil dieser Umrechnungsmethode ist, dass diese Karte keinen direkten Bezug zur DIN EN 1998-1/NA:2023-11 herstellt (Kaiser & Spies 2020), weshalb sie aus Sicht der BGE für das Inbeziehungsetzen des DIN EN 1998-1/NA:2011-01 mit DIN EN 1998-1/NA:2023-11 weniger geeignet ist. Aufgrund dessen wird diese Methode für die Prüfung auf mögliche weitere ausgeschlossene Gebiete im Rahmen des AK „Seismische Aktivität“ in Kapitel 5 nicht berücksichtigt.

4.2 Übertragung der Intensität $I=7$ auf den Plateaubereich der spektralen Antwortbeschleunigung $S_{ap,R}$ (Kaiser & Spies 2020)

Bei dieser Methode werden die Karteninhalte aus Abbildung 3 sowie aus der in Grünthal & Bosse (2021) als Abbildung 6 veröffentlichten intensitätsbasierten Karte in einer Karte übereinandergelegt. Anschließend wird $S_{ap,R}$ (siehe Abbildung 3) entlang der Isolinien $I=7$ (Abbildung 6 in Grünthal & Bosse 2021) abgelesen und der arithmetische Mittelwert gebildet. Die Streuung um den Mittelwert ergibt sich aus unterschiedlichen Zweigen des logischen Baums bei der probabilistischen Gefährdungsrechnung für $S_{ap,R}$ und I (Kaiser & Spies 2020). Diese Umrechnungsmethode basiert darauf, dass beide probabilistischen Gefährdungsrechnungen in (Grünthal & Bosse 1996) und in Grünthal et al. (2018b) für dieselbe Überschreitenswahrscheinlichkeit (10 % in 50 Jahren) berechnet wurden. Weiterhin wurde in Grünthal et al. (2018b) neben der Karte in Abbildung 3 auch eine Karte der Intensität I berechnet. Diese Methode weist einige Vorteile auf:

- Durch die Nutzung der Karte in Abbildung 3 ist ein direkter Bezug zu DIN EN 1998-1/NA:2023-11 gegeben.
- Die Ungewissheiten der Umrechnung sind quantifizierbar ($\pm 0,2 \text{ m/s}^2$; Kaiser & Spies 2020).
- Die Umrechnung ist aufgrund der Datenverfügbarkeit durchführbar.
- Es ist lediglich ein Arbeitsschritt durchzuführen.
- Die hier beschriebene Methode erfüllt als Einzige alle 5 Qualitätskriterien von Kaiser & Spies (2020). Mit diesen haben die Autoren verschiedene Umrechnungsmethoden bewertet.

In Kapitel 5 wird die Methode gemäß § 22 Abs. 2 Nr. 4 StandAG auf die Teilgebiete aus BGE (2020/7) angewendet, um mögliche zusätzliche ausgeschlossene Gebiete ermitteln zu können.

4.3 Anpassung der aus Spitzenbodenbeschleunigung PGA und Referenz-Spitzenbodenbeschleunigung a_{gR2023} ermittelten intensitätsbasierten Karten auf mittlere Untergrundbedingungen

Die zweite Möglichkeit, die Grünthal & Bosse (2021) favorisieren, ist die Anpassung der aus PGA und a_{gR2023} ermittelten intensitätsbasierten Karten auf mittlere Untergrundbedingungen. Das Vorgehen bei dieser Umrechnungsmethode kann in Grünthal & Bosse (2021) im Detail nachvollzogen

**Umgang mit dem Ausschlusskriterium
„Seismische Aktivität“ in Schritt 2 der Phase I
Berücksichtigung der Sachstandsdarstellung des BMUV**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0210				H	RZ	0006	00

Blatt: 17

werden. Diese Methode basiert auf der Nutzung einer empirischen Beziehung zwischen PGA und makroseismischen Intensitäten. Grünthal & Bosse (2021) haben dafür die entsprechende empirische Beziehung nach Faenza & Michelinei (2010) genutzt, die auf italienischen Daten beruht. In Abbildung 5 (links) ist die intensitätsbasierte Karte, berechnet aus PGA, dargestellt. Diese ergibt sich direkt aus der Anwendung der empirischen Beziehung aus Faenza & Michelinei (2010) auf die PGA-Karte als Bestandteil der Neueinschätzung der Erdbebengefährdung Deutschlands (Grünthal & Bosse 2021; Grünthal et al. 2018b). Die Karte in Abbildung 5 (links) ist gemäß der Definition der Erdbebenzonen aus DIN EN 1998-1/NA:2011-01 dargestellt.

Abbildung 5 (rechts) zeigt die Anwendung der empirischen Relation nach Faenza & Michelinei (2010) auf die a_{gR2023} -Werte. Der Parameter a_{gR2023} kann gemäß der Gleichung NA.1 aus DIN EN 1998-1/NA:2023-11 direkt aus $S_{ap,R}$ berechnet werden, indem $S_{ap,R}$ durch den effektiven Überhöhungsfaktor 2,5 dividiert wird. PGA kann unter bestimmten Annahmen mit a_{gR2023} gleichgesetzt werden (Grünthal & Bosse 2021). Zu Abbildung 5 (rechts) ist zudem zu bemerken, dass die Relation von Faenza & Michelinei (2010) auf PGA-Werten beruht und diese daher klar zu bevorzugen ist.

Um nun die aus PGA und a_{gR2023} ermittelten intensitätsbasierten Karten auf mittlere Untergrundbedingungen anzupassen, wurden die Differenzen zwischen der intensitätsbasierten Karte in Grünthal et al. (2018b) und der Abbildung 5 (links) berechnet (Grünthal & Bosse 2021). Danach ergibt sich für die kumulativen Mittelwerte der Intensität 6,0 in Abbildung 5 (links) nach Grünthal & Bosse (2021) eine Intensitätsdifferenz von 0,47. Um die Karte von Abbildung 5 (links) auf einen mittleren Untergrund anzupassen, der für Deutschland repräsentativ ist, werden die dargestellten Intensitäten um den gerundeten Wert von 0,5 erhöht. Daraus folgt die Darstellung der intensitätsbasierten Karte in Abbildung 6. Dadurch erfolgt jedoch durch Addieren des Betrags von 0,5 eine Überbewertung der höheren Intensitätsbereiche. Dies wird auch durch den Vergleich mit Abbildung 4 (rechts) deutlich.

Diese Methode birgt den Vorteil, dass durch die Nutzung des Parameters a_{gR2023} (durch Gleichsetzung mit PGA unter bestimmten Annahmen) eine Verbindung zu DIN EN 1998-1/NA:2023-11 gegeben ist. Jedoch weist die Methode einige Nachteile auf. Für die Umrechnung muss eine Beziehung zwischen der makroseismischen Intensität I und PGA hergestellt werden. Nach aktuellem Stand existiert keine speziell für Deutschland abgeleitete Umrechnungsbeziehung zwischen diesen beiden Parametern. Grünthal & Bosse (2021) verwenden die Umrechnungsbeziehung aus Faenza & Michelinei (2010), die auf italienischen Daten beruht. Zudem wurde die empirische Beziehung nach Faenza & Michelinei (2010) auf eine Karte angewendet, die für Festgestein berechnet wurde (durchschnittliche Scherwellengeschwindigkeiten der oberen 30 m von $v_{s30} = 800$ m/s), wohingegen die Karte in Abbildung 4 (rechts) für einen mittleren Untergrund gilt (Grünthal & Bosse 2021). Zudem erfolgt durch diese Methode eine Überschätzung der höheren Intensitätsbereiche, v. a. im Bereich der Schwäbischen Alb und des Oberrheingraben. Des Weiteren muss, da die Relation von Faenza & Michelinei (2010) auf PGA-Daten beruht, der Karte in Abbildung 5 (links) der Vorzug gegeben werden, wodurch letztendlich der Bezug zu DIN EN 1998-1/NA:2023-11 verloren geht.

Daraus ist abzuleiten, dass diese Umrechnungsmethode mit mehreren Annahmen, Zwischenschritten und Ungewissheiten verbunden ist, die nur schwer quantifizierbar sind. Daher ist sie für das

**Umgang mit dem Ausschlusskriterium
„Seismische Aktivität“ in Schritt 2 der Phase I
Berücksichtigung der Sachstandsdarstellung des BMUV**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0210				H	RZ	0006	00

Blatt: 18

Inbeziehungsetzen von DIN EN 1998-1/NA:2011-01 mit DIN EN 1998-1/NA:2023-11 aus Sicht der BGE weniger geeignet. Aufgrund der beschriebenen Nachteile wird diese Methode für die Prüfung auf mögliche weitere ausgeschlossene Gebiete im Rahmen des AK „Seismische Aktivität“ in Kapitel 5 nicht berücksichtigt.

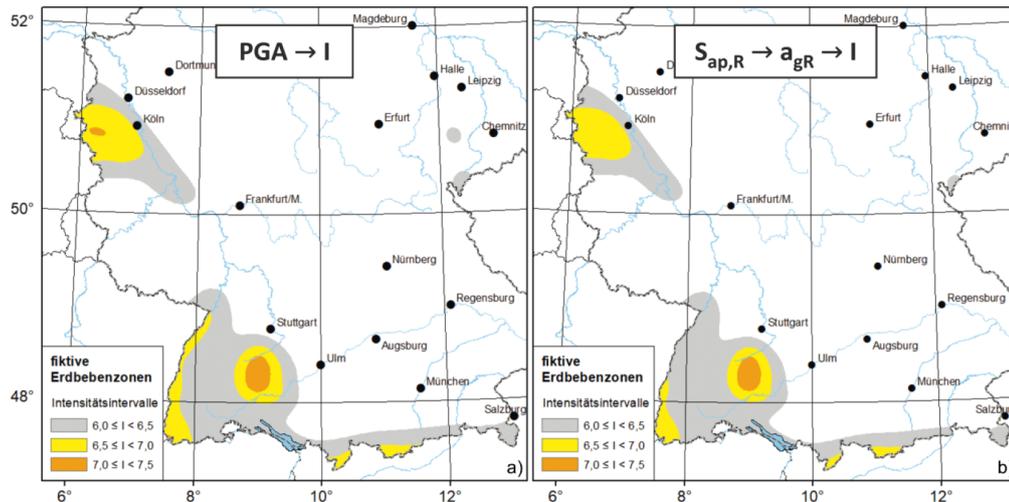


Abbildung 5: Intensitätsbasierte probabilistische Karten für eine Wiederkehrperiode von 475 Jahren und für Mittelwerte, die aus der Anwendung der empirischen Beziehung nach Faenza & Michellini (2010) auf Karten für PGA- sowie a_{gR2023} -Werte folgen (Grünthal & Bosse 2021).

Diese wurden in a) und b) gemäß der Definition der Erdbebenzonen in DIN EN 1998-1/NA:2011-01 dargestellt. a) Karte abgeleitet aus PGA als Bestandteil der Neueinschätzung der Erdbebengefährdung Deutschlands (Grünthal et al. 2018b), b) Karte erstellt aus den a_{gR2023} -Werten, die sich aus der $S_{ap,R}$ -Karte mittels Division durch 2,5 ergibt (Grünthal & Bosse 2021).

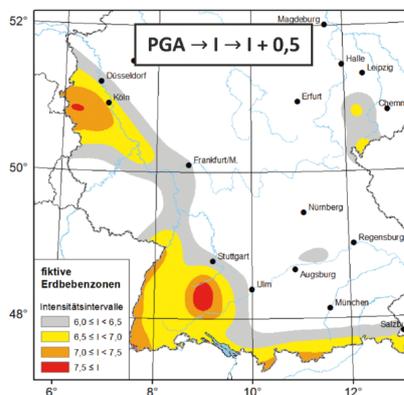


Abbildung 6: Anpassung der für einen durchgängigen Festgesteinsuntergrund ermittelten PGA-Daten aus Abbildung 5 (links) an einen mittleren Untergrund (Grünthal & Bosse 2021).

Dafür wurden die Intensitäten um den Differenzwert von 0,5 erhöht.

**Umgang mit dem Ausschlusskriterium
„Seismische Aktivität“ in Schritt 2 der Phase I
Berücksichtigung der Sachstandsdarstellung des BMUV**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0210				H	RZ	0006	00

Blatt: 19

5 Anwendung der Umrechnungsmethode von Kaiser & Spies (2020)

Nach Prüfung der verschiedenen Übertragungsmöglichkeiten hat sich die BGE zur Inbeziehungsetzung der Karte der Erdbebenzonen in DIN EN 1998-1/NA:2011-01 und der Karte der spektralen Antwortbeschleunigung $S_{ap,R}$ in DIN EN 1998-1/NA:2023-11 auf die Methode von Kaiser & Spies (2020) festgelegt. In diesem Kapitel wird die in Kapitel 4.2 beschriebene Umrechnungsmethode angewendet, um mögliche zusätzliche ausgeschlossene Gebiete anhand der neuen Datengrundlage zu ermitteln und anschließend unter Berücksichtigung der Ungewissheiten den Umgang darzulegen (Kapitel 6). Die in Kapitel 4.1 und 4.3 beschriebenen Methoden werden nicht angewendet, da die BGE sie im Vergleich zur Methode von Kaiser & Spies (2020) als weniger geeignet bewertet. Die Methode in Kapitel 4.1 weist keinen Bezug zum neuen NA auf, während die Anwendung der Methode in Kapitel 4.3 mit einigen Zwischenschritten und damit schwer quantifizierbaren Ungewissheiten verbunden ist.

Zur Anwendung der Umrechnungsmethode von Kaiser & Spies (2020) auf die Teilgebiete aus BGE (2020/7) wurden die Daten aus Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ (o. J.) heruntergeladen und mit der Funktion „Natural Neighbour“ in einem GIS-System interpoliert. Zusätzlich wurden Konturlinien erzeugt. Die sich ergebende räumliche Verteilung der spektralen Antwortbeschleunigung im Plateaubereich $S_{ap,R}$ für die Wiederkehrperiode von 475 Jahren ist in Abbildung 7 dargestellt. Nach Ablesen von $S_{ap,R}$ aus Abbildung 7 entlang der Isolinien der Intensität = 7 (Grünthal et al. 2018b) und Berechnung des arithmetischen Mittels ergibt sich nach Kaiser & Spies (2020) ein $S_{ap,R} = 1,8 \text{ m/s}^2$. Nach Verschneidung mit der Lage der Teilgebiete aus BGE (2020/7) ergeben sich zusätzliche mögliche ausgeschlossene Gebiete in einem Ungewissheitsbereich in den Randbereichen von Teilgebieten im kristallinen Wirtsgestein (Abbildung 8).

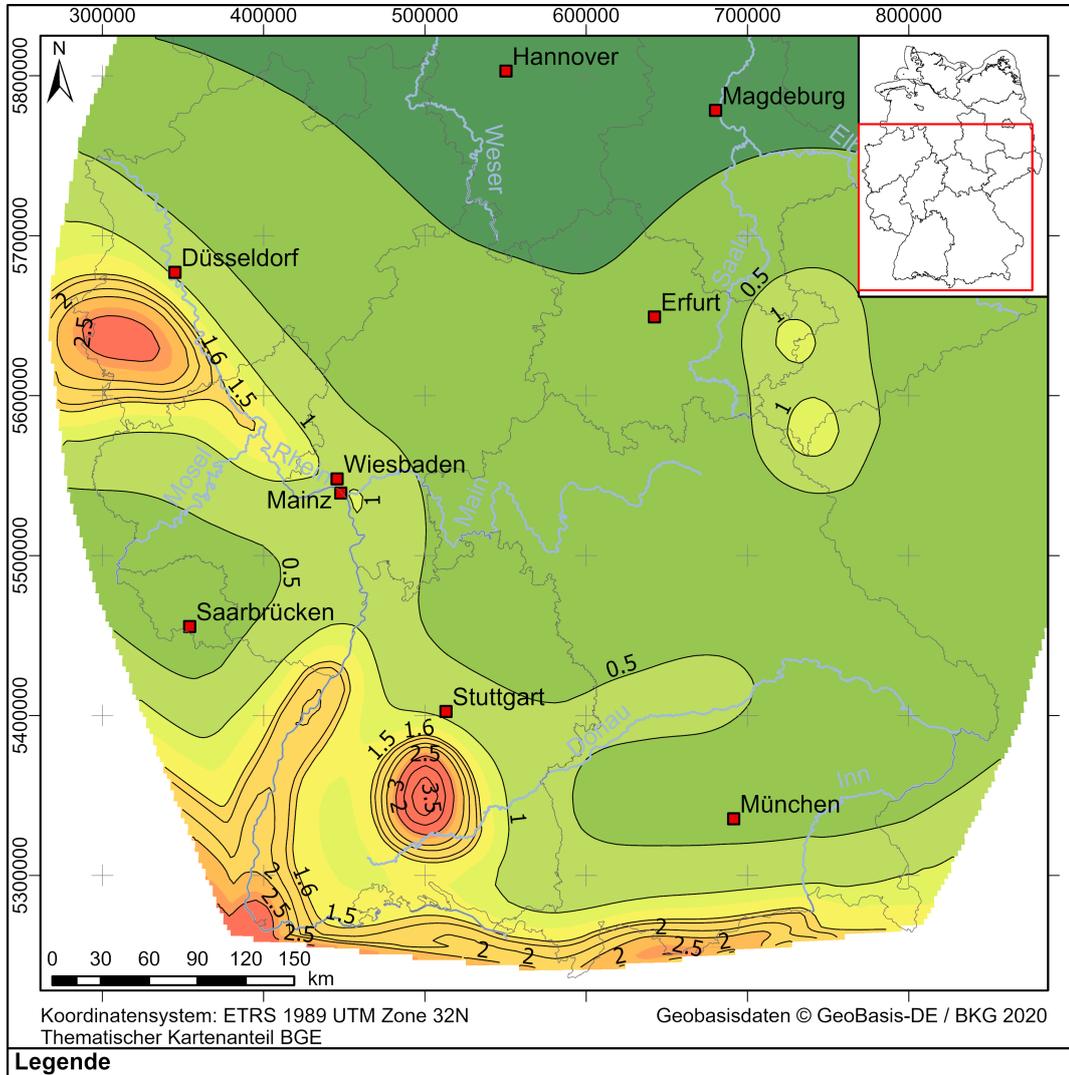
Die Standardabweichung beträgt bei dieser Umrechnungsmethode $\pm 0,2 \text{ m/s}^2$ (Kaiser & Spies 2020). Die Berücksichtigung der Standardabweichung und damit der Ungewissheiten der Umrechnungsmethode führt zu einer signifikanten Über- bzw. Unterschätzung der möglichen ausgeschlossenen Gebiete (Abbildung 8). Diese Gebiete wären bei Wahl der Isolinie $S_{ap,R} = 1,6 \text{ m/s}^2$ um ein Vielfaches größer als bei der Wahl von $S_{ap,R} = 1,8 \text{ m/s}^2$. Bei Nutzung der Isolinie $S_{ap,R} = 2,0 \text{ m/s}^2$ ergäben sich keine zusätzlichen ausgeschlossenen Gebiete.

Zusätzlich zu den Ungewissheiten bei der Umrechnung ($\pm 0,2 \text{ m/s}^2$) müssen Ungewissheiten bei der Wahl der Umrechnungsmethode berücksichtigt werden. Diese werden in Kapitel 4 erläutert und ausführlicher in Kaiser & Spies (2020) und Grünthal & Bosse (2021) diskutiert. Diese Ungewissheiten sind vielfältig und lassen sich ohne erheblichen Aufwand kaum quantifizieren. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass sie erheblich größer als $\pm 0,2 \text{ m/s}^2$ und wahrscheinlich nicht normalverteilt sind.

**Umgang mit dem Ausschlusskriterium
„Seismische Aktivität“ in Schritt 2 der Phase I
Berücksichtigung der Sachstandsdarstellung des BMUV**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0210				H	RZ	0006	00

Blatt: 20



Legende

Spektrale Antwortbeschleunigung im Plateaubereich $S_{aP,R}$ für eine Wiederkehrperiode von 475 Jahren (m/s ² ; DIN EN 1998-1/NA:2023-11)	Konturen der spektralen Antwortbeschleunigung im Plateaubereich $S_{aP,R}$ für eine Wiederkehrperiode von 475 Jahren (m/s ² ; DIN EN 1998-1/NA:2023-11)	— 3.5
■ 0,01 - 0,1	— 0,1	□ Landesgrenzen
■ 0,11 - 0,5	— 0,5	■ Städte
■ 0,51 - 1	— 1	— Flüsse
■ 1,01 - 1,25	— 1,5	
■ 1,26 - 1,5	— 1,6	
■ 1,51 - 2	— 1,8	
■ 2,01 - 2,3	— 2	
■ 2,31 - 2,5	— 2,5	
■ 2,51 - 3,89	— 3	

Abbildung 7: Darstellung der räumlichen Verteilung der spektralen Antwortbeschleunigung für das Untergrundverhältnis A-R im Plateaubereich $S_{aP,R}$ für eine Wiederkehrperiode von 475 Jahren (DIN EN 1998-1/NA:2023-11), nach Interpolation der Rohdaten von Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ (o. J.)

**Umgang mit dem Ausschlusskriterium
„Seismische Aktivität“ in Schritt 2 der Phase I
Berücksichtigung der Sachstandsdarstellung des BMUV**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0210				H	RZ	0006	00

Blatt: 21

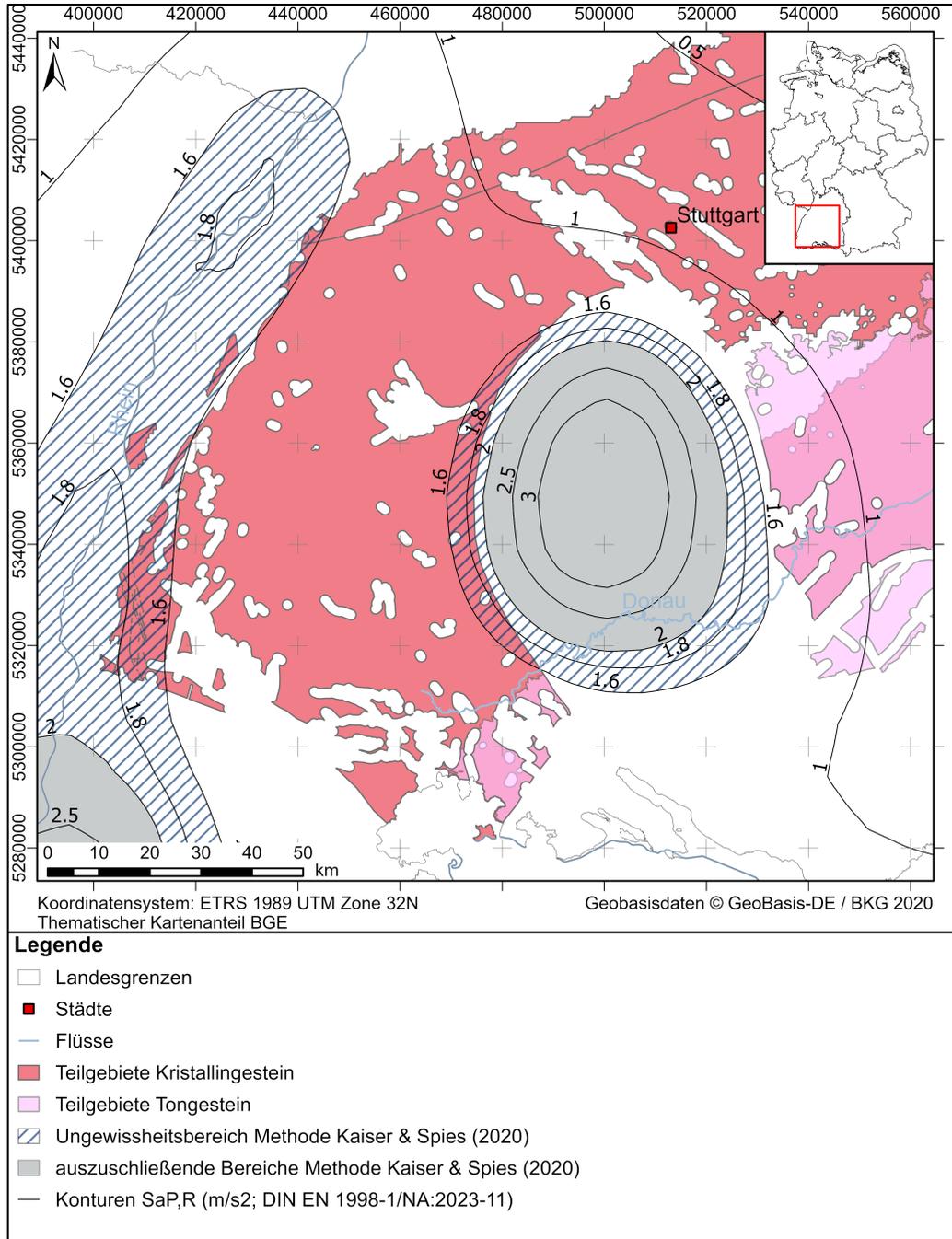


Abbildung 8: Darstellung der räumlichen Verteilung der spektralen Antwortbeschleunigung für das Untergrundverhältnis A-R im Plateaubereich $S_{ap,R}$ für eine Wiederkehrperiode von 475 Jahren (DIN EN 1998-1/NA:2023-11) sowie den Teilgebieten im Tongestein und Kristallingestein in Südwestdeutschland (BGE 2020/7).

In den Teilgebieten im kristallinen Wirtsgestein ergeben sich Ungewissheitsbereiche zwischen den Isolinien $S_{ap,R} = 1,6 \text{ m/s}^2$ und $S_{ap,R} = 2,0 \text{ m/s}^2$, in denen nicht sichergestellt ist, dass unter Berücksichtigung der Ungewissheiten bei der Umrechnung eindeutig ist, dass mindestens eine zu den Kriterien des § 22 Abs. 2 Nr. 4 StandAG vergleichbare seismische Gefährdung vorliegt.

**Umgang mit dem Ausschlusskriterium
„Seismische Aktivität“ in Schritt 2 der Phase I
Berücksichtigung der Sachstandsdarstellung des BMUV**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0210				H	RZ	0006	00

Blatt: 22

6 Schlussfolgerung

Nach Prüfung der verschiedenen Übertragungsmöglichkeiten hat sich die BGE zur Inbeziehungsetzung der Karte der Erdbebenzonen in NA:2011-01 und der Karte der spektralen Antwortbeschleunigung $S_{ap,R}$ in NA:2023-11 auf die Methode von Kaiser & Spies (2020) festgelegt. Mit dieser Methode hat die BGE geprüft, ob zusätzliche Gebiete anhand des neuen NA (entsprechend der Bewertung des BMUV zum Sachstand des AK „Seismische Aktivität“ (BMUV 2022)) ausgeschlossen werden. Das Ergebnis ist, dass **keine zusätzlichen Gebiete anhand des neuen NA ausgeschlossen werden**, es also zu keiner weiteren Einengung der Teilgebietsflächen anhand des AK „Seismische Aktivität“ kommt.

Die Berücksichtigung der Ungewissheiten ist entscheidend bei der konkreten Umsetzung der Bewertung des BMUV, da das BMUV schreibt (BMUV 2022): *„Dabei sollen nur solche Gebiete ausgeschlossen werden, bei denen unter Berücksichtigung der Ungewissheiten bei der Umrechnung und bei der Wahl der Umrechnungsverfahren eindeutig ist, dass mindestens eine zu den Kriterien des § 22 Absatz 2 Nummer 4 StandAG vergleichbare seismische Gefährdung vorliegt.“*

Zwar wurden wenige, vergleichsweise kleine Flächen durch die Anwendung der von der BGE gewählten Übertragungsmethode identifiziert, jedoch sind diese unter Berücksichtigung der mit der Umrechnung verbundenen Ungewissheiten nicht **eindeutig** größer als Erdbebenzone 1 nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01. Zusätzlich sind Ungewissheiten bei der Wahl der genutzten Umrechnungsmethode zu berücksichtigen, die ohne erheblichen Aufwand kaum quantifizierbar sind. Jedoch kann davon ausgegangen werden, dass diese noch erheblich größer als die Ungewissheiten der genutzten Umrechnungsmethode von $\pm 0,2 \text{ m/s}^2$ (Kaiser & Spies 2020) sind. Deshalb kann davon ausgegangen werden, dass unter Berücksichtigung sämtlicher Ungewissheiten, in keinem Gebiet eine mindestens zu den Kriterien des § 22 Abs. 2 Nr. 4 StandAG vergleichbare seismische Gefährdung vorliegt.

Für das Standortauswahlverfahren bedeutet dies, dass im weiteren Verfahren, sofern sich der Sachstand nicht ändert, keine zusätzlichen Gebiete anhand des AK „Seismische Aktivität“ ausgeschlossen werden und die praktische Anwendung abgeschlossen ist.

**Umgang mit dem Ausschlusskriterium
„Seismische Aktivität“ in Schritt 2 der Phase I
Berücksichtigung der Sachstandsdarstellung des BMUV**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0210				H	RZ	0006	00

Blatt: 23

Literaturverzeichnis

BGE (2020/7): *Zwischenbericht Teilgebiete gemäß § 13 StandAG*. Peine: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH. https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/Wesentliche_Unterlagen/Zwischenbericht_Teilgebiete/Zwischenbericht_Teilgebiete_barrierefrei.pdf

BMUV (2022): *Sachstand zum Ausschlusskriterium „Seismische Aktivität“ nach dem Standortauswahlgesetz (StandAG)*. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz. Bonn

BT-Drs. 18/11398: *Gesetzentwurf der Fraktionen CDU/CSU, SPD und BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN: Entwurf eines Gesetzes zur Fortentwicklung des Gesetzes zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle und anderer Gesetze*, Deutscher Bundestag, Drucksache 18/11398 vom 07.03.2017

Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ (o. J.): *d-eqhaz16* [online]. GFZ Helmholtz-Zentrum Potsdam. [Zugriff am: 14.02.2024]. Verfügbar unter <https://www-app5.gfz-potsdam.de/d-eqhaz16/>

DIN EN 1998-1/NA:2011-01: *Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbau*. Berlin: Beuth

DIN EN 1998-1/NA:2023-11: *Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbau*. Berlin: Beuth

Faenza, L. & Michelini, A. (2010): *Regression analysis of MCS intensity and ground motion parameters in Italy and its application in ShakeMap*. Geophysical Journal International, Bd. 180 (3). S. 1138 – 1152. ISSN 0956-540X. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2009.04467.x>

Grünthal, G. & Bosse, C. (1996): *Probabilistische Karte der Erdbebengefährdung der Bundesrepublik Deutschland–Erdbebenzonenkarte für das Nationale Anwendungsdokument zum Eurocode 8* 96/10. Deutsches GeoForschungsZentrum. Potsdam. DOI: <https://doi.org/10.2312/GFZ.b103-96103>

Grünthal, G. & Bosse, C. (2021): *Unterschiede, Beziehungen und Gemeinsamkeiten der Erdbebenkarten nach bisherigem und neuem Nationalen Anhang zum Eurocode 8*. Erdbebenzonenkarte nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01 und Karte der spektralen Antwortbodenbeschleunigungen nach E DIN EN 1998-1/NA:2018-10. Bautechnik, Bd. 98 (1). S. 1 – 16. ISSN 09328351. DOI: <https://doi.org/10.1002/bate.202000053>

Grünthal, G.; Stromeyer, D.; Bosse, C.; Cotton, F.; Bindi, D. (2018a): *Neueinschätzung der Erdbebengefährdung Deutschlands–Version 2016–für DIN EN 1998-1/NA*. Bautechnik, Bd. 95 (5). S. 371 – 384. ISSN 09328351. DOI: <https://doi.org/10.1002/bate.201700098>

Grünthal, G.; Stromeyer, D.; Bosse, C.; Cotton, F.; Bindi, D. (2018b): *The probabilistic seismic hazard assessment of Germany-version 2016, considering the range of epistemic uncertainties*

**Umgang mit dem Ausschlusskriterium
„Seismische Aktivität“ in Schritt 2 der Phase I
Berücksichtigung der Sachstandsdarstellung des BMUV**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0210				H	RZ	0006	00

Blatt: 24

and aleatory variability. Bulletin of Earthquake Engineering, Bd. 16 (10). S. 4339 – 4395. ISSN 15731456. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10518-018-0315-y>

Grünthal, G. & Wahlström, R. (2012): *The European-Mediterranean Earthquake Catalogue (EMEC) for the last millennium.* Journal of Seismology, Bd. 16 (3). S. 535 – 570. ISSN 1573157X. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10950-012-9302-y>

Grünthal, G.; Wahlström, R.; Stromeyer, D. (2009): *The unified catalogue of earthquakes in central, northern, and northwestern Europe (CENEC)—updated and expanded to the last millennium.* Journal of Seismology, Bd. 13 (4). S. 517 – 541. ISSN 1573157X. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10950-008-9144-9>

Kaiser, D. & Spies, T. (2020): *Anwendung des Ausschlusskriteriums Seismische Aktivität.* Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR). Hannover

StandAG: Standortauswahlgesetz vom 5. Mai 2017 (BGBl. I S. 1074), das zuletzt durch Artikel 8 des Gesetzes vom 22. März 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 88) geändert worden ist

