



Inventar der Erdbebensicherheit der relevanten Gebäude des Bundes

Schlussbericht

Oktober 2020

Referenz/Aktenzeichen: S144-0650



Dieser Bericht erfüllt den Auftrag gemäss Bundesratsbeschluss vom 16. Juni 2017 «Erdbebenrisikomanagement – Massnahmen des Bundes für den Zeitraum 2017 bis 2020».

Impressum

Herausgeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Autorin

Friederike Braune, Koordinationsstelle für Erdbebenvorsorge, Bundesamt für Umwelt

Begleitung BAFU

Blaise Duvernay, Koordinationsstelle für Erdbebenvorsorge, Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Begleitung BLO

Felix Gamper, Fachberater Erdbebensicherheit, Bundesamt für Bauten und Logistik (BBL)

Markus Jaun, Fachberater Senior Bau- und Schutzbautechnik, Stv. Leiter Fachbereich UNS, armasuisse Immobilien

Zitierung

BAFU (Hrsg.) 2020: Inventar der Erdbebensicherheit der relevanten Gebäude des Bundes – Schlussbericht, Beilage zum Bericht an den Bundesrat «Erdbebenrisikomanagement. Massnahmen des Bundes, Standbericht und Planung für den Zeitraum 2021 – 2024»

Übersetzung

Blaise Duvernay, Koordinationsstelle für Erdbebenvorsorge, Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Titelbild

Erdbebensicherheitsmassnahmen am Verwaltungsgebäude in der Schwarztorstrasse 53 in Bern, Bundesamt für Bauten und Logistik (BBL).

Zusammenfassung

Mit dem Bundesratsbeschluss «Erdbebenvorsorge. Massnahmen des Bundes für den Zeitraum 2001 bis 2004» vom 11. Dezember 2000 wurden das Bundesamt für Umwelt (BAFU) und die Bau- und Liegenschaftsorgane des Bundes (BLO) beauftragt die relevanten bundeseigenen Gebäude zu inventarisieren und auf ihre Erdbebensicherheit hin zu überprüfen. Ziel des Inventars war es, die grösseren potentiellen Risiken aus dem Gebäudebestand zu erkennen und die notwendigen Massnahmen in einem definierten Zeitraum umzusetzen. Zwischen 2001 und 2004 wurde ein dreistufiges Inventarisierungskonzept entwickelt, das sich aus der Erhebung des potentiellen Risikos (Stufe 1), der einfachen rechnerischen Untersuchung (Stufe 2) und schliesslich der detaillierten Überprüfung (Stufe 3) der betrachteten Gebäude zusammensetzte. Im gleichen Zeitraum wurde die Menge an relevanten Gebäude bei den BLO aus dem Gesamtbestand herausgefiltert und das dreistufige Konzept durch ein Pilotprojekt getestet. Von 2005 bis 2012 wurden für die relevanten Gebäude die Stufe 1 und jeweils im Anschluss daran die Stufe 2 umgesetzt. Ab 2009 wurde für die daraus priorisierten Gebäude die Stufe 3 begonnen, die mit den letzten vertieften Überprüfungen 2019 abgeschlossen wurde. Die Finanzierung des Inventars der Erdbebensicherheit der relevanten Gebäude des Bundes, inklusive Konzepterarbeitung und Grundlagenbeschaffung für die Untersuchungen, betrug rund 6 Mio. CHF.

Im **Inland** wurden aus dem Gesamtbestand von ca. 30'000 Objekten des Bundes 1'073 relevante Gebäude mit einem grossen Schadenpotential in das dreistufige Inventarverfahren aufgenommen. 57 Gebäude davon wurden als mangelhaft identifiziert und erfüllen nicht die Mindestanforderungen an die Erdbebensicherheit für bestehende Bauten gemäss geltender Schweizer Normen. Das entspricht 5% der ursprünglich als potentiell risikobehaftet vermuteten 1'073 Gebäude.

Die Zusammensetzung der als mangelhaft beurteilten 57 Gebäude im Inland aus dem Inventar zeigt deutlich, dass weder das Baujahr, noch die Gefährdungszone als zielführendes Ausschlusskriterium in Bezug auf ein potentielles Erdbebenrisiko anwendbar sind. Exemplarisch für den Schweizer Gebäudebestand zeigen die Ergebnisse, dass noch weit nach 1970 mit der Einführung von Anforderungen an die Erdbebensicherheit in den Baunormen viele Gebäude in der Schweiz nicht normkonform erdbebengerecht erstellt wurden, also ein jüngeres Baujahr nicht bedenkenlos mit einem geringeren Erdbebenrisiko gleichgestellt werden kann. Weiterhin steht die Mehrheit der mangelhaften 57 Gebäude in der tiefsten Gefährdungszone der Schweiz, was wiederum zeigt, dass eine tiefere Gefährdungszone nicht ein aussagekräftiges Ausschlusskriterium ist.

Die 57 mangelhaften Gebäude im Inland müssen gemäss Bundesratsauftrag vom 12. Januar 2005 innert 20 Jahren, ab dem Zeitpunkt einer bestätigten mangelhaften Erdbebensicherheit gemäss Stufe 3 des Inventars, verbessert werden. Dies bedeutet, dass die zwingend erforderlichen, verbessernden Erdbebensicherheitsmassnahmen an den Gebäuden spätestens zwischen 2029 und 2040 umzusetzen sind. Bei 40 mangelhaften Gebäuden wurden diese Massnahmen bereits umgesetzt¹, bei 17 Gebäuden sind sie noch ausstehend. Die Umsetzung der erforderlichen Erdbebensicherheitsmassnahmen erfolgt im Rahmen zukünftig geplanter Instandsetzungs- und Veränderungsvorhaben an diesen Gebäuden. Für die Gebäude, die in den Stufen 1 bis 3 nicht priorisiert wurden, werden die Erdbebensicherheit entsprechend der amtsinternen Vorgehen der BLO im Rahmen von zukünftigen Bauvorhaben untersucht und allfällige notwendige und verhältnismässige Verbesserungsmaßnahmen getroffen.

Im **Ausland** wurden 113 relevante Gebäude in den Regionen mit einer mittleren bis höheren Gefährdung in das Inventar aufgenommen und das potentielle Erdbebenrisiko an den Auslandsstandorten methodisch gemäss dem Vorgehen im Inland (Stufe 1) erhoben. Aufgrund der höheren Erdbebengefährdung und des damit verbundenen potentiell höheren Risikos, wurden 103 Gebäude anschliessend vertieft überprüft (Stufe 3). Für 77 Gebäude sind Massnahmen erforderlich. Bei 45 Gebäuden wurden bereits Massnahmen umgesetzt, bei 32 Gebäuden sind sie noch ausstehend. Im Ausland werden neben baulichen Erdbebensicherheitsmassnahmen an den Gebäuden auch Verkauf und Neuanschaffung oder Abbruch und Neubau als Massnahmen in Erwägung gezogen.

¹ Bei vier Gebäuden werden die Massnahmen bis Ende 2020 umgesetzt.

Résumé

Dans le cadre de la décision du Conseil fédéral « Mitigation des séismes. Mesures de la Confédération pour la période 2001-2004 » du 11 décembre 2000, l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) et les services de la construction et des immeubles de la Confédération (SCI) ont reçu le mandat d'établir un inventaire des bâtiments fédéraux pertinents et d'en contrôler la sécurité sismique. Le but de cet inventaire est de repérer les plus gros risques potentiels au sein du parc immobilier de la Confédération et de réaliser les mesures nécessaires dans un cadre temporel défini. Entre 2001 et 2004 un concept d'inventaire en trois étapes a été développé. Celui-ci comprend un relevé du risque potentiel (étape 1), un examen simplifié par le calcul (étape 2) et finalement un examen détaillé (étape 3) des bâtiments considérés. Durant cette même période, les bâtiments pertinents pour l'inventaire ont été sélectionnés dans les parc immobiliers des SCI et la méthode d'inventaire a été testée dans un projet pilote. De 2009 à 2012, l'étape 1 a été mise en œuvre pour tous les bâtiments pertinents, ainsi que l'étape 2 pour les bâtiments retenus en étape 1. Depuis 2009, les bâtiments retenus après l'étape 2 ont commencé à être progressivement vérifiés de façon détaillée. Les dernières vérifications de l'étape 3 se sont achevées en 2019. Le coût de l'inventaire de la sécurité sismique des bâtiments pertinents de la Confédération s'est monté à CHF 6 millions, y-compris le développement de la méthode et l'acquisition de données de base.

En Suisse, 1'073 bâtiments pertinents avec un potentiel de dommage élevé ont été retenus pour l'inventaire en 3 étapes sur un total de 30'000 objets du parc immobilier de la Confédération. Au final, 57 de ces bâtiments ont été identifiés comme déficients, dans le sens où ils ne remplissaient pas les exigences minimales de sécurité sismique pour les constructions existantes selon les normes de construction suisses. Cela représente 5% des 1'073 bâtiments retenus initialement.

L'analyse de l'ensemble des 57 bâtiments déficients identifiés lors de l'inventaire démontre que l'année de construction et la zone sismique ne sont pas des critères d'exclusion concluants concernant le risque sismique potentiel. Les résultats montrent de façon exemplaire pour le parc immobilier suisse, que beaucoup de bâtiments ont été construits de façon non parasismique après l'apparition des premières exigences de sécurité sismique dans les normes de construction en 1970. Une construction récente ne peut donc pas être associée sans autre à un risque sismique faible. De plus, la majorité des 57 bâtiments déficients se trouvent dans la zone d'aléa sismique la plus faible en Suisse, ce qui démontre qu'une zone avec un aléa sismique faible n'est pas un critère d'exclusion significatif.

Selon le mandat du Conseil fédéral du 12 janvier 2005, les 57 bâtiments déficients identifiés en Suisse doivent être améliorés dans un délai maximum de 20 ans après confirmation d'une sécurité sismique déficiente par le biais de l'étape 3 de l'inventaire. Cela veut dire que les mesures d'amélioration nécessaires doivent être réalisées au plus tard entre 2029 et 2040 selon les cas. Pour 40 bâtiments, les mesures nécessaires ont déjà été réalisées². Pour 17 bâtiments, celles-ci sont encore à réaliser. Pour les bâtiments non-retenus lors des étapes 1 à 3 de l'inventaire, la sécurité sismique devra être vérifiée et d'éventuelles mesures nécessaires devront être réalisées dans le cadre de projets de construction futurs selon les procédures en vigueur chez les SCI.

A l'étranger, 113 bâtiments pertinents situés dans des régions avec un aléa sismique moyen à élevé ont été retenus pour l'inventaire et traités en étape 1. En raison du niveau d'aléa sismique élevé et du risque potentiel, 103 de ces bâtiments ont été directement sélectionnés pour un examen détaillé selon l'étape 3. Il en ressort que des mesures sont nécessaires pour 77 de ces bâtiments. Pour 45 bâtiments, les mesures ont déjà été réalisées et pour 32 bâtiments, celles-ci sont encore à réaliser. A l'étranger la vente ou le remplacement des bâtiments sont des mesures mises en place en sus des mesures constructives d'amélioration de la sécurité sismique.

² Pour 4 cas, les mesures seront réalisées jusqu'à fin 2020.

Inhalt

Zusammenfassung	3
Résumé	4
1 Einführung	6
2 Konzept und Richtlinien	7
3 Gebäudebestand des Bundes	9
4 Finanzierung, Kosten und Beauftragung	12
5 Umsetzung des Inventars der Erdbebensicherheit im Inland	14
6 Umsetzung des Inventars der Erdbebensicherheit im Ausland	24
7 Stand der Massnahmenumsetzung	28
8 Verbleibender Handlungsbedarf	30
Anhang A: Beispiel für eine Checkliste aus Stufe 1	31
Anhang B: Mangelhafte relevante Gebäude mit Erfüllungsfaktor $\alpha_{\text{eff}} < 0,25$ aus Stufe 3.....	33
B.1 Gebäudeliste: armasuisse Immobilien	33
B.2 Gebäudeliste: BBL	34
Anhang C: Beispiele zur Umsetzung von Erdbebensicherheitsmassnahmen.....	35
C.1 Erdbebensicherheitsmassnahmen, Verwaltungsgebäude in Bern	35
C.2 Erdbebensicherheitsmassnahmen, Büro- und Gewerbegebäude in Bern	37
Abkürzungen	39
Literatur	40

1 Einführung

1.1 Ausgangslage

Die Auslegung von Bauwerken auf Erdbebeneinwirkungen fand wegen der als niedrig eingeschätzten Erdbebengefährdung verhältnismässig spät Eingang in das Schweizer Normenwerk. Ab 1970 enthielten die Schweizer Tragwerksnormen erste Regeln für die Bemessung von Bauwerken auf Erdbebeneinwirkungen. 1989 und 2003 wurden diese Anforderungen dann aufgrund neuer Erkenntnisse im Erdbebeningenieurwesen und in der Seismologie weiter verschärft.

Bei den Bau- und Liegenschaftsorganen des Bundes wurde das erdbebengerechte Bauen 2000 mit Beginn des Massnahmenprogramms zur Erdbebenvorsorge des Bundes systematisch eingeführt. Für die damals bereits bestehenden Bauten und Anlagen des Bundes war das Niveau der Erdbebensicherheit weitgehend unbekannt und möglicherweise ungenügend.

Als Eigentümervertreter eines grossen Immobilienportfolios war es nicht akzeptabel, bei bestehenden Bauten und Anlagen mit grossem Schadenpotential, insbesondere für Personenschäden, Instandsetzungs- oder Veränderungsprojekte abzuwarten, um dann die Erdbebensicherheit zu überprüfen und, falls erforderlich, zu verbessern. Relevante Bauten und Anlagen innerhalb des Gebäudebestands mussten inventarisiert und die am risikobehaftesten unter ihnen herausgefiltert werden. Dies sollte es ermöglichen, die kritischsten Objekte zu identifizieren und zu priorisieren sowie den Handlungsbedarf in der Immobilienstrategie zu berücksichtigen. Erforderliche Erdbebensicherheitsmassnahmen könnten so sinnvoll geplant und verhältnismässig realisiert werden.

Dieser Bericht fasst das Inventar der Erdbebensicherheit der relevanten Gebäude der BLO zusammen³. Er gibt einen detaillierten Überblick über das Vorgehen, die Ergebnisse und den Handlungsbedarf.

1.2 Auftrag

Mit dem ersten Bundesratsbeschluss zum Massnahmenprogramm Erdbebenvorsorge des Bundes vom 11. Dezember 2000⁴ wurden das Bundesamt für Umwelt (BAFU) und die Bau- und Liegenschaftsorgane des Bundes⁵ (BLO) beauftragt, die relevanten bundeseigenen Gebäude in den höchstgefährdeten Regionen der Schweiz zu inventarisieren und auf ihrer Erdbebensicherheit hin zu überprüfen. Der Bundesratsbeschluss vom 11. Januar 2005 erweiterte den Auftrag auf Gebäude in allen Regionen der Schweiz. Der Bundesratsbeschluss vom 1. April 2009 beauftragte schliesslich zudem die Inventarisierung der relevanten bundeseigenen Gebäude und deren Überprüfung in den höchsten Erdbebengefährdungszonen im Ausland. Zudem wurden die BLO beauftragt, die Massnahmen bei Gebäuden mit ungenügender Erdbebensicherheit aus dem erstellten Inventar unter Berücksichtigung der Verhältnismässigkeit der Kosten innerhalb von 20 Jahren⁶ zu realisieren.

³ Das Inventar der Erdbebensicherheit der Brücken der Nationalstrassen durch das Bundesamt für Strassen (ASTRA) ist nicht Gegenstand dieses Berichts.

⁴ Bundesratsbeschluss «Erdbebenvorsorge. Massnahmen des Bundes für den Zeitraum 2001 bis 2004» vom 11.12.2000.

⁵ Die BLO sind das Bundesamt für Bauten und Logistik (BBL), armasuisse Immobilien und der ETH Rat.

⁶ Die 20-Jahres-Frist gilt ab Bestätigung einer ungenügenden Erdbebensicherheit gemäss Stufe 3 des Inventars. Der Originalauftrag des BR lautete: Das VBS und das EFD werden angewiesen, bei Gebäuden mit ungenügender Erdbebensicherheit gemäss Inventar 2001-2004, Schutzmassnahmen unter Berücksichtigung der Verhältnismässigkeit der Kosten innerhalb von 20 Jahren durchzuführen.

2 Konzept und Richtlinien

Um die zur Verfügung stehenden beschränkten Bundesmittel effizient und wirkungsvoll einzusetzen, entwickelte das BAFU (damals Bundesamt für Wasser und Geologie) eigens für das Inventar zur Erdbebensicherheit des Bundes ein dreistufiges Verfahrenskonzept. Es wurde zwischen 2001 und 2004 schrittweise entwickelt und mittels Pilotanwendungen getestet. Für jede Stufe des Verfahrens wurde eine methodische Richtlinie publiziert [1].

2.1 Stufe 1: Grobe Abschätzung des Erdbebenrisikos

Auf der Stufe 1 sollte das Erdbebenrisiko der betrachteten Gebäude grob abgeschätzt werden. Dabei sollte neben den potentiellen Personen- und Sachschäden im und am Gebäude auch die potentielle Schadensanfälligkeit des Gebäudetragwerks abgeschätzt werden. Als Basis sollten Architektenpläne oder Begehungen dienen. Für die effiziente Erfassung der in Bezug auf das Erdbebenrisiko wichtigsten Eigenschaften der betrachteten Gebäude wurde eine Checkliste verfasst. Die grobe Risikoabschätzung lieferte keine absoluten Aussagen zum Erdbebenrisiko oder zum Niveau der Erdbebensicherheit im Vergleich zu den Anforderungen der Baunormen, liess aber eine erste, abstrahierte Priorisierung unter den relevanten Gebäuden zu.

Die potentiellen Schäden an Personen und Sachwerten sowie am Tragwerk sollten in Form von Kennzahlen erfasst werden, die ein Mass für die Grösse der einzelnen Schadensrisiken darstellten. Diese Kennzahlen sollten es erlauben, die Gebäude nach ihrem Risikopotential absteigend aufzulisten. Anhand von Schwellenwerten für ein eher hohes oder eher geringes Risikopotential sollte eine erste Priorisierung und dadurch eine Selektion der relevanten Gebäude ermöglicht werden. Die Schwellenwerte sollten so definiert sein, dass sie auf die Zusammensetzung der Gebäudebestände der BLO abgestimmt waren. Die Selektion der Gebäude für die nächste Stufe, die Stufe 2, des Inventarverfahrens sollte zudem bei den BLO jeweils mit der zum Zeitpunkt festgelegten Immobilienstrategie abgestimmt werden, um beispielsweise Gebäude, für die Bauvorhaben geplant waren, nicht im Inventar zu behalten, sondern im Rahmen des geplanten Bauvorhabens zu behandeln.

Die Kosten für die Stufe 1 sollten niedrig ausfallen. Sie beliefen sich schliesslich auf rund 1'000.- CHF pro Gebäude im Inland und auf rund 900.- CHF pro Gebäude im Ausland.

2.2 Stufe 2: Grobuntersuchung der Erdbebensicherheit

Auf der Stufe 2 sollte die Erdbebensicherheit der auf der Stufe 1 priorisierten Gebäude mit hohem Risikopotential grob untersucht werden. Zunächst sollten konstruktive und konzeptionelle Mängel des Gebäudes in Bezug auf die Erdbebensicherheit identifiziert werden. Dann sollte – falls methodisch zulässig - die Erdbebensicherheit der Gebäude durch vereinfachte Ingenieurberechnungen konservativ abgeschätzt werden. Anhand der Schwere der Mängel und der konservativ abgeschätzten Erdbebensicherheit sollte eine zweite Priorisierung und dadurch erneute Selektion der grob untersuchten Gebäude ermöglicht werden. Die Selektion der Gebäude für die letzte Stufe 3 des Inventarverfahrens sollte erneut in Abstimmung mit der amtsinternen Immobilienstrategie der einzelnen BLO erfolgen.

Die Kosten für die Stufe 2 sollten moderat ausfallen. Sie beliefen sich schliesslich auf rund 9'000.- CHF pro untersuchtem Gebäude im Inland. Im Ausland wurde die Stufe 2 übersprungen.

2.3 Stufe 3: Definitive Aussage zur Erdbebensicherheit und Massnahmenempfehlung

Auf der Stufe 3 sollten die auf der Stufe 2 priorisierten Gebäude schliesslich einer vertieften Überprüfung der Erdbebensicherheit unterzogen werden, die in einer definitiven Aussage zur Erdbebensicherheit mündet. Die Überprüfung der Erdbebensicherheit fand auf Grundlage des damals geltenden technischen Merkblatt SIA 2018 „Überprüfung bestehender Gebäude bezüglich Erdbeben“ [2] statt.

Anhand der Ergebnisse sollte eine letzte Priorisierung stattfinden, die den allfälligen Handlungsbedarf abschliessend aufzeigen sollte. Es sollten die relevanten Gebäude selektioniert werden, die eine mangelhafte Erdbebensicherheit aufwiesen, also die die Mindestanforderungen an die Erdbebensicherheit des geltenden Normenwerks nicht erfüllten. Für diese Gebäude sollten mögliche Massnahmenkonzepte für eine Verbesserung skizziert und kostenmässig grob abgeschätzt werden. Schliesslich wären

es diese Gebäude für die, innerhalb der vom Bundesrat vorgegebenen Frist von 20 Jahren, die erforderlichen, verhältnismässigen Erdbebensicherheitsmassnahmen realisiert werden müssten.

Die Kosten für die Stufe 3 sind abhängig von den verfügbaren Plangrundlagen und der Komplexität der Berechnungen. Sie beliefen sich abschliessend im Durchschnitt auf 15'000.- CHF pro überprüfem Gebäude im In- und Ausland.

3 Gebäudebestand des Bundes

3.1 Die Bau- und Liegenschaftsorgane des Bundes

Die Bau- und Liegenschaftsorgane des Bundes (BLO), sind das Bundesamt für Bauten und Logistik (BBL), armasuisse Immobilien und der ETH Rat. Der ETH-Rat delegiert die operative Umsetzung des Immobilienmanagements an die Institutionen des ETH-Bereichs. Diese Institutionen sind die Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETHZ), die École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) sowie die vier Bundesforschungsanstalten: das Paul-Scherrer-Institut (PSI), die Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), die Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa) sowie die Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung & Gewässerschutz (Eawag).

Das Immobilienportfolio der drei BLO umfasste zum Zeitpunkt des Inventarisierungsbeginns 2001 rund 30'000 Objekte im In- und Ausland. Es setzte sich sowohl aus Gebäuden im Eigentum der Schweizer Eidgenossenschaft als auch aus Mietobjekten zusammen. armasuisse Immobilien betreute ein Mengengerüst von rund 26'500 Objekte [3]. Das betreute Portfolio des BBL umfasste rund 2'700 Objekte. Der ETH-Rat betreute rund 500 Objekte.

3.2 Bestimmung und Eingrenzung des relevanten Gebäudebestands

Die relevanten Gebäude des Bundes wurden anhand des Schadenpotentials bestimmt, das ihr Einsturz/Versagen unter Erdbebeneinwirkungen auf gewisse Schutzgüter hat. Das Schadenpotential wurde durch die Festlegung der Bauwerksklasse (BWK) gemäss der damals geltenden Norm SIA 261 «Einwirkungen auf Tragwerke» (2003) [4] kategorisiert. Kriterien für die Festlegung der BWK sind die (mittlere) Personenbelegung des Gebäudes, das Schadenspotenzial im und am Gebäude und die Gefährdung der Umwelt infolge eines Versagens sowie die Bedeutung des Gebäudes für die Katastrophenbewältigung unmittelbar nach einem Erdbeben. Als relevant wurden Gebäude im Bundesbestand betrachtet, die die Merkmale gemäss Tabelle 1 aufwiesen.

Tab. 1: Merkmale der Bauwerksklassen BWK II und III gemäss der Norm SIA 261 (2003).

Bauwerksklasse BWK II	Bauwerksklasse BWK III
Gebäude in denen grössere Menschenansammlungen wahrscheinlich sind, die besonders wertvolle Güter und Einrichtungen beinhalten, die eine bedeutende Infrastrukturfunktion innehaben oder durch ihre Beschädigung eine beschränkte (lokale) Gefährdung der Umwelt verursachen können.	Bauwerke mit einer lebenswichtigen Infrastrukturfunktion oder durch ihre Beschädigung eine erhebliche Gefährdung der Umwelt verursachen können.

Für die Eingrenzung des Gebäudebestands des Bundes wurden schliesslich folgende Selektionskriterien festgelegt:

- Der Bund ist Eigentümer des Objekts.
- Das Objekt wird als Gebäude charakterisiert und besitzt die Merkmale für Bauwerke der Bauwerksklassen BWK II oder BWK III.
- Das Gebäude wird nicht innert kurzer Zeit abgebrochen oder verkauft.
- Das Gebäude wurde noch nicht auf seine Erdbebensicherheit untersucht.
- Eine zeitnahe Überprüfung der Erdbebensicherheit des Gebäudes im Rahmen eines Bauvorhabens ist nicht geplant.

Für die Eingrenzung wurden als Grundlagen die Gebäudelisten des BBL, das Mengengerüst von armasuisse Immobilien und eine Erhebung des Portfolios des ETH-Rats verwendet. Die Eingrenzung für die Inventarisierung erfolgte in Abhängigkeit der Grösse und des Aufbaus des jeweiligen Gebäudeportfolios der BLO unterschiedlich.

3.2.1 armasuisse Immobilien

Das Mengengerüst von armasuisse Immobilien wurde im «Informationssystem Objektmanagement Bauten ISOMBA» [5] in sogenannte "Objekt-Typen" unterteilt, die jeweils Objekte mit gleicher Hauptnutzung beinhalteten. Als mögliche relevante Objekttypen wurden identifiziert:

- Bildung und Forschung
- Industrie und Gewerbe sowie Technische Anlagen
- Handel und Verwaltung
- Gastgewerbe und Fremdenverkehr
- Freizeit, Sport und Erholung
- Verkehrsanlagen sowie Militär- und Schutzobjekte mit/ohne Schutz gegen Waffeneinwirkung

Es zeigte sich, dass eine effiziente Eingrenzung des Mengengerüsts durch eine Einteilung der Objekttypen in die Bauwerksklassen BWK II und III auf dieser obersten Ebene nicht vorgenommen werden konnte. Mit Hilfe weiterer Attribute zu den Objekttypen auf tieferen Ebenen war es möglich eine Auswahl der relevanten Gebäude zu machen.

Aus dem Mengengerüst von armasuisse Immobilien wurden schliesslich 774 Gebäude für das Inventar der Erdbebensicherheit selektiert, was zirka 3 % des gesamten Mengengerüsts entsprach.



Abb. 1: Beispiele aus dem Portfolio von armasuisse Immobilien: (v.l.n.r.) Kaserne Altkirch/Andermatt, Mannschaftskaserne MK I Thun, Panzerwerkstatt Emmen, Unterkunftsgebäude Dübendorf;

3.2.2 Bundesamt für Bauten und Logistik (BBL)

Das Immobilienportfolio des BBL wurde in Gebäudearten unterteilt, denen Bauwerksklassen zugeteilt wurden. Als relevante Gebäudearten wurden identifiziert:

- Museums- und Bibliotheksgebäude
- Büro- und Verwaltungsgebäude
- Zollgebäude und Zollanlagen
- Schulungsgebäude, Forschungs- und Fabrikationsgebäude
- Turn- und Sporthallen
- Kanzleien und Residenzen der Schweizer Auslandsvertretungen
- Kulturhistorisch bedeutende Objekte

Die Auswahl im Inland wurde des Weiteren auf Gebäude mit einem Wiederbeschaffungswert von mindestens 5 Mio CHF beschränkt. Aus dem Immobilienportfolio des BBL wurden schliesslich 164 Gebäude im Inland ausgewählt.

Die Auswahl im Ausland wurde auf Gebäude mit einem Wiederbeschaffungswert von mindestens 3 Mio CHF und auf Standorte der internationalen Gefährdungszonen «sehr hoch, hoch und mittel» beschränkt. Aus dem Eigentum der Schweizer Eidgenossenschaft wurden 35 Gebäude in der Gefährdungszone «sehr hoch», 39 Gebäude in der Gefährdungszone «hoch» und 36 Gebäude in der Gefährdungszone «mittel» in das Inventar aufgenommen. Insgesamt wurden schliesslich 103 Gebäude im Ausland untersucht.



Abb. 2: Beispiele aus dem Inlands-Portfolio des BBL: (v.l.n.r.) Verwaltungsgebäude Basel, Verwaltungsgebäude Bern, Palais UN Genf, Bürogebäude Changins;



Abb. 3: Beispiele aus dem Auslands-Portfolio des BBL: (v.l.n.r.) Botschaftsresidenz Lima/Peru (Zone sehr hoch), Botschaftskanzlei Katmandu/Nepal (Zone sehr hoch), Botschaftsresidenz Athen/Griechenland (Zone hoch), Schweizerschule Rom/Italien (Zone mittel);

3.2.3 ETH-Rat

In einem Strategiepapier vom 8.9.2005 empfahl der ETH-Rat den Institutionen, ETH Zürich, EPFL sowie den vier Bundesforschungsanstalten, alle Gebäude mit einem Neuwert grösser 10 Mio CHF zu inventarisieren und standortspezifische Untersuchungen zur Erdbebengefährdung (seismische Mikrozonierung) für die jeweiligen Standorte in Betracht zu ziehen. Die ETH Zürich und die EPFL liessen eine seismische Mikrozonierung ihrer Areale erstellen. Aufgrund der kleinen Gebäudebestände entschieden sich die drei Institutionen für unterschiedliche Vorgehen:

- Die EPFL wählte 69 relevante Gebäude für die Inventarisierung aus.
- Die ETH Zürich wählte 65 relevante Gebäude aus und führte die Stufe 1 durch.
- Die Bundesforschungsanstalten wählten 66 relevante Gebäude aus und führten eine grobe Erhebung wichtiger Gebäudedaten in Bezug auf die Erdbebensicherheit durch.

Diese Eingrenzung entsprach zirka 40 % des Portfolios des ETH-Rat.

Im Standberichts an den Bundesrat vom 26. Januar 2009 [6] wurde dokumentiert, dass ETHZ Immobilien und die vier Bundesforschungsanstalten die relevanten Gebäude direkt auf Stufe 3 untersuchen. Zudem wurde beantragt, dass die relevanten Gebäude von ETHZ Immobilien und den vier Bundesforschungsanstalten nicht im Inventar, sondern direkt im Rahmen von geplanten Instandsetzungs- oder Veränderungsprojekten vertieft überprüft werden. Mit dem Bundesratsbeschluss vom 1. April 2009 wurde diesem Vorgehen stattgegeben. Die relevanten Gebäude der ETH Zürich und der Bundesforschungsanstalten werden im Rahmen des Erneuerungszyklus verbessert.



Abb. 4: Beispiele aus dem Portfolio des ETH-Rat: (v.l.n.r.) Hochschulgebäude ETH Zürich Zentrum, Hochschulgebäude EPFL Lausanne-Ecublens, Verwaltungsgebäude PSI Würenlingen, Institutsgebäude WSL/SLF Davos;

4 Finanzierung, Kosten und Beauftragung

Das Konzept für das dreistufige Inventarverfahren zur Erdbebensicherheit und die Durchführung der ersten Verfahrensstufen (Stufen 1 und 2) wurden durch das BAFU (damaliges Bundesamt für Wasser und Geologie) finanziert. Die Kosten für die die Konzepterarbeitung betragen 300'000 CHF.

Die Grundlagenbeschaffung für die Stufen 1 und 2 sowie die vertieften Überprüfungen auf der letzten Stufe 3 wurden von den BLO finanziert.

Tabelle 2 zeigt die Übersicht der Gesamtkosten für die Inventarisierung der relevanten Gebäude des Bundes im Inland, sowohl je BLO als auch je Verfahrensstufe.

Tab. 2: Zusammenstellung der Kosten und der Gebäudeanzahl des Inventars der Erdbebensicherheit der relevanten Gebäude des Bundes im Inland

Bundesamt		Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Kosten total
BAFU		434'000.-	855'000.-	144'000.-	1'433'000.-
armasuisse Immobilien	Kosten	630'000.-	1'110'000.-	1'600'000.-	3'330'000.-
	Gebäude	774	191	107	
Bundesamt für Bauten und Logistik (BBL)	Kosten	125'000.-	300'000.-	540'000.-	965'000.-
	Gebäude	164	52	50	
EPF Lausanne	Kosten	40'000.-	Keine Stufe 2	180'000.-	220'000.-
	Gebäude	69		11	
Bundesforschungsanstalten	Kosten	55'000.-	Überprüfung erfolgt aufgrund des kleinen Portfolios im Rahmen von Instandsetzungs- und Veränderungsvorhaben		55'000.-
	Gebäude	66			
ETH Zürich	Kosten	30'000.-	Überprüfung erfolgt aufgrund des kleinen Portfolios im Rahmen von Instandsetzungs- und Veränderungsvorhaben		30'000.-
	Gebäude	65			
Kosten / Stufe und total		1'314'000.-	2'265'000.-	2'464'000.-	ca. 6 Mio
Anzahl Gebäude / Stufe		1'138	243	168	
Grobkosten / Gebäude		ca. 1'000.-	ca. 9'000.-	ca. 15'000.-	

Tabelle 3 fasst die Kosten für die Inventarisierung der relevanten Gebäude der Schweizer Auslandsvertretungen zusammen, die ausschliesslich dem Bundesamt für Bauten und Logistik (BBL) unterlag.

Tab. 3: Zusammenstellung der Kosten und der Gebäudeanzahl des Inventars der Erdbebensicherheit der relevanten Gebäude des Bundes im Ausland

Bundesamt	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Kosten total
BAFU	40'000.-		11'000.-	51'000.-
Bundesamt für Bauten und Logistik (BBL)	50'000.-	Stufe 2 übersprungen	1'540'000.-	1'590'000.-
Anzahl Gebäude / Stufe	104		103	1,641'000.-
Grobkosten / Gebäude	ca. 900.-		ca. 15'000.-	

Für die Durchführung des Inventars wurden erfahrenen Bauingenieure beauftragt. Insbesondere für die letzte Stufe 3 wurden in der Schweiz anerkannte Spezialisten aus dem Erdbebeningenieurwesen mandatiert. Sowohl armasuisse Immobilien als auch die EPF Lausanne realisierten die vertieften Überprüfungen ihrer relevanten Gebäude auf Stufe 3 im Rahmen von Workshops, in denen die beauftragten Spezialisten die Ergebnisse gemeinsam diskutierten. Auch für die relevanten Gebäude der Schweizer Auslandsvertretungen führte das BBL Workshops mit den beauftragten Spezialisten durch. Neben der Qualitätssicherung wurde durch die Workshops auch eine hohe Fachlichkeit der Überprüfungen erreicht.

5 Umsetzung des Inventars der Erdbebensicherheit im Inland

5.1 Stufe 1: Ergebnisse, Priorisierung und Selektion

Im Inland wurden insgesamt **1'072 relevante bundeseigene Gebäude** auf der Stufe 1 erfasst und deren Erdbebenrisiko grob abgeschätzt. Abbildung 5 (links) zeigt die Zuständigkeitsverteilung für die Gebäude über die zwei BLO armasuisse Immobilien und BBL, sowie die zwei Institutionen ETH Zürich und EPFL. Entsprechend der stark differierenden Grösse und Zusammensetzung der Portfolios dominiert der Anteil aus relevanten Gebäuden von armasuisse Immobilien gegenüber dem des BBL und des ETH-Rats.

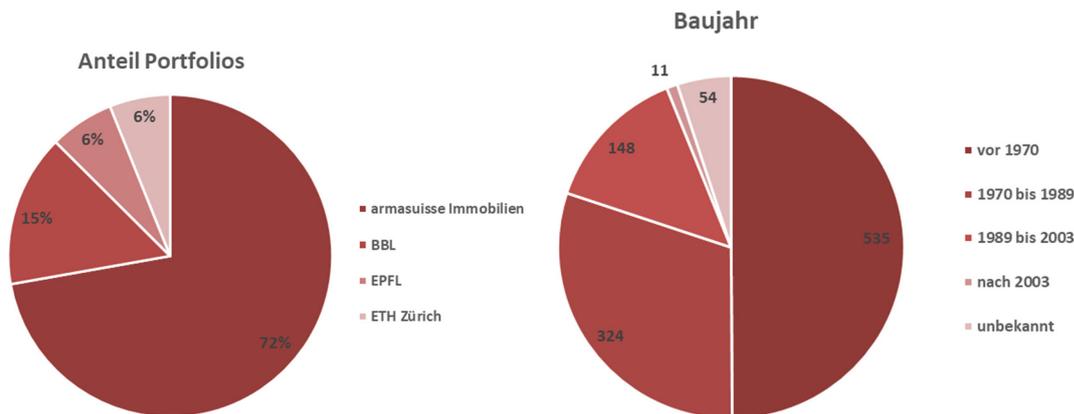


Abb. 5: Relevanter Gebäudeanteil aus den jeweiligen Portfolios (links) und Verteilung der Gebäude nach Baujahr (rechts)

Für alle 1'072 relevanten Gebäude wurde anhand einer Checkliste (Beispiel in Anhang A) eine **grobe Risikoabschätzung** mithilfe von Kennzahlen durchgeführt. Im Folgenden sollen die wichtigsten **Ergebnisse** detaillierter erläutert werden.

Ein erster Hinweis für potentiell erhöhtes Erdbebenrisiko ist das Vorhandensein einer erdbebengerechten Bemessung und Ausführung einer Baute, Anforderungen die jedoch erst 1970 Eingang in das Schweizer Normenwerk fanden. Rund 50 % der erhobenen relevanten Gebäude wurden vor 1970 erstellt, also ohne die Berücksichtigung von Erdbebeneinwirkungen, rund ein Drittel zwischen 1970 und 1989, als bereits erste Erdbebenbestimmungen im Schweizer Normenwerk bestanden und 14% zwischen 1989 und 2003 als die Erdbebenbestimmungen bereits ein erstes Mal verschärft wurden. 1% der erhobenen Gebäude wurde nach 2003 unter den aktuell geltenden Erdbebenbestimmungen erstellt (siehe Abb. 5 rechts).

Ein zweiter Einflussfaktor ist der verwendete Baustoff einer Baute. Rund 35 % der erhobenen relevanten Gebäude waren Stahlbeton- oder Stahlbauwerke, Bauweisen die sich erfahrungsgemäss als eher weniger verletzlich bei einem Erdbeben zeigen. Vergleichsweise potentiell verletzlicher sind Mauerwerksbauten, die rund 40 % der erhobenen Gebäude ausmachten (siehe Abb. 6 links). Ein deutlich geringerer Anteil von 15 % bestand aus Holzbauwerken, die erfahrungsgemäss ein gutmütiges Verhalten gegenüber Erdbeben zeigen. Aufgrund fehlender Plangrundlagen beträgt der Anteil an relevanten Gebäuden ohne Kenntnis des verwendeten Baustoffs rund 10 %.

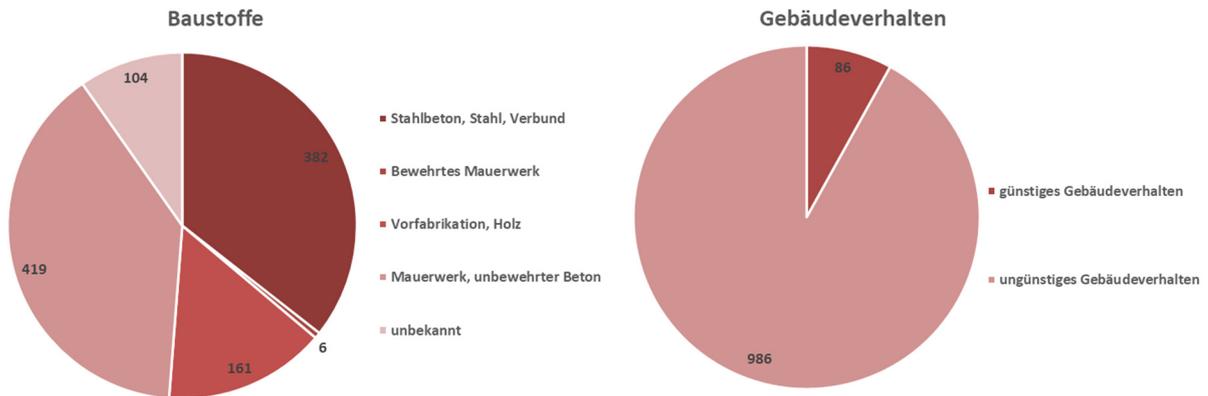


Abb. 6: Verteilung der Gebäude nach verwendeten Baustoffen (links) und nach Gebäudeverhalten unter Erdbeben gemäss der erhobenen Tragwerkseigenschaften (rechts)

Ein weiterer Aspekt für die potentielle Verletzbarkeit einer Baute ist die Art des gewählten Tragwerks, die einen erheblichen Einfluss auf das Gebäudeverhalten unter Erdbebeneinwirkungen hat. In dieser ersten Stufe der Beurteilung wurden einige wenige wesentliche Merkmale erfasst, anhand derer es möglich war, das Tragwerk der Gebäude in Bezug auf dessen Erdbebenverhalten zu charakterisieren. Eine besonders wichtige Rolle kommt der Art der Gebäudeaussteifung zu, welche die bei Erdbeben auftretenden Horizontalkräfte aufzunehmen hat. Wesentlich sind die Aussteifung im Grundriss, die Aussteifung im Aufriss und schliesslich die Art der Aussteifung. Gemäss Abbildung 6 (rechts) erfüllen dementsprechend lediglich 10 % der erhobenen Gebäude die Anforderungen an ein ideal erdbebengerecht konzipiertes Bauwerk nach den aktuellen Regeln der Baukunde.

Die Verteilung der relevanten Gebäude des Bundes über die vier Erdbebenzonen der Schweiz zeigt, dass rund 60 % der Gebäude in der am geringsten gefährdeten Erdbebenzone Z1 liegen und lediglich 4 % in den beiden höchstgefährdeten Zonen 3a und 3b (Abb. 7 links). 75 % der relevanten Gebäude haben einen Bauwerkwert von weniger als 10 Mio CHF, bei rund 20 % beträgt er zwischen 10 und 30 Mio CHF und 5 % weisen einen Bauwerkwert über 30 Mio CHF auf (Abb. 7 rechts).

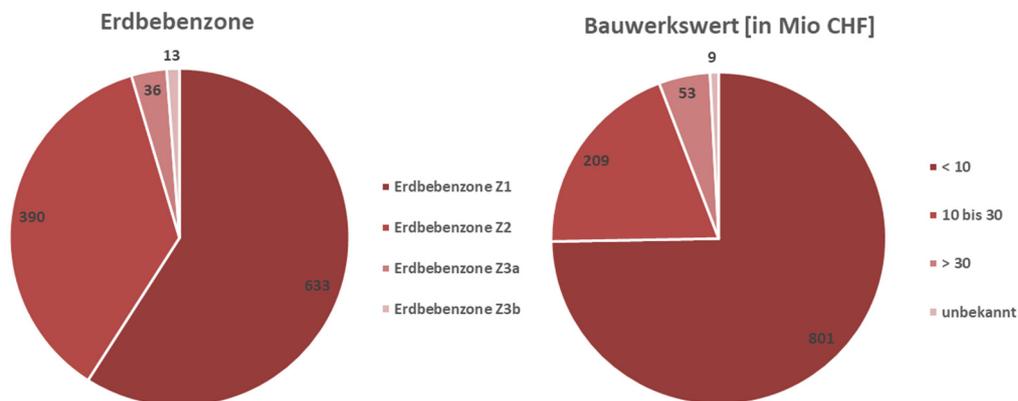


Abb. 7: Verteilung der Gebäude auf die Erdbebenzonen (links) und Verteilung des Bauwerkwerts (rechts)

Für die **Priorisierung** der relevanten Gebäude für weitere Untersuchungen in der nächsten Verfahrensstufe (Stufe 2) orientierte man sich an deren risikobasierten Erhebungswerten und entschied sich den Grenzwert für das Gesamtrisiko (Kennzahl RZPS) aus allen potentiellen Schäden (Personen, Gebäude, Sachen) auf den Wert 500 festzulegen. Kombiniert man die Tragwerksmerkmale mit dem vorliegenden Baugrund und dem Baujahr, ergibt sich eine Grobeinschätzung für die potentielle Schadensanfälligkeit des Gebäudes. Der Grenzwert für die Schadensanfälligkeit (Kennzahl WZ) wurde auf 65 festgelegt. Damit fokussierte man sich auf rund 30 % der Gebäude in Bezug auf das potentielle Gesamtrisiko (Abb. 8 links) und 30 % in Bezug auf die reine Schadensanfälligkeit des Gebäudes (Abb. 8 rechts).

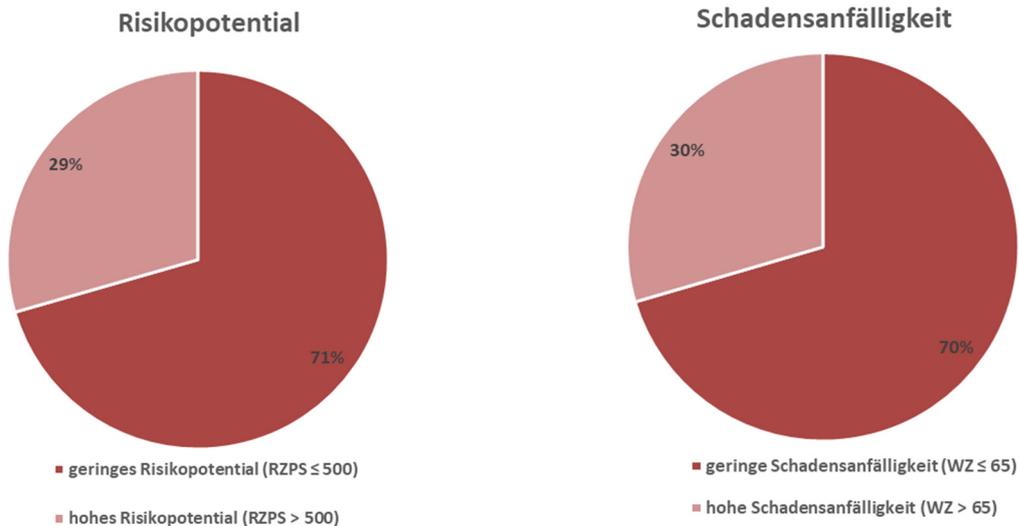


Abb. 8: Verteilung der Risikokennzahlen (RZPS) innerhalb des relevanten Gebäudebestands (links) und Verteilung der Schadensanfälligkeit (WZ) unter den relevanten Gebäuden (rechts)

Gemäss Richtlinie für die Stufe 1 ergaben sich anhand der beiden Grenzwerte für das Gesamtrisiko (RZPS) und für die Schadensanfälligkeit (WZ) vier Prioritätsklassen:

Priorität 1: Gebäude mit einem hohen Schadenspotential und einer hohen Schadensanfälligkeit mit RZPS > 500 und WZ > 65 oder Bauwerksklasse BWK III.

Priorität 2: Gebäude mit einem hohen Schadenspotential und einer geringen Schadensanfälligkeit mit RZPS > 500 und WZ ≤ 65.

Priorität 3: Gebäude mit einem geringen Schadenspotential und einer hohen Schadensanfälligkeit mit RZPS ≤ 500 und WZ > 65.

Priorität 4: Gebäude mit einem geringen Schadenspotential und einer geringen Schadensanfälligkeit mit RZPS ≤ 500 und WZ ≤ 65.

Tabelle 4 listet die Anzahl der relevanten Gebäude jeder Prioritätsklasse sowie die Anzahl der daraus selektierten Gebäude für die nächste Verfahrensstufe (Stufe 2) auf. armasuisse Immobilien und das BBL entschieden sich, neben der **Selektion** von Gebäuden mit hohem Risikopotential und/oder hoher Schadensanfälligkeit, zusätzliche, weniger risikobehaftete Gebäude zu berücksichtigen. Es wurden 191 relevante Gebäude von armasuisse Immobilien und 52 Gebäude des BBL für eine Untersuchung in Stufe 2 selektioniert. Diese Selektion wurde mit strategischen Entscheidungen des Portfoliomanagements (z.B.: Liquidation, Verkauf, Bauvorhaben) abgeglichen. Die EPFL priorisierte 11 Gebäude und entschied sich, diese direkt in der vertieften Verfahrensstufe (Stufe 3) einer detaillierten Überprüfung zuzuführen (Resultate siehe Abschnitt 5.3). Die ETH Zürich entschied sich das Inventar der Erdbebensicherheit nicht weiterzuführen (siehe Erläuterungen in 3.2.3). Tabelle 4 zeigt die Priorisierung der Gebäude und deren Selektion für die Stufe 2. Tabelle 5 zeigt eine Zusammenfassung.

Tab. 4: Gebäudeanzahl pro Prioritätsklasse und selektierte Gebäude für Stufe 2

Priorität	Globales Risiko und Schadensanfälligkeit	Anzahl Gebäude				Selektion für Stufe 2		Selektion für Stufe 3
		armasuisse Immobilien	BBL	ETH Zürich	EPFL	armasuisse Immobilien	BBL	EPFL
1	RZPS > 500 oder BWK III und WZ > 65	109	39	5	7	82	18	7
2	RZPS > 500 und WZ ≤ 65	71	56	8	22	42	31	4
3	RZPS ≤ 500 und WZ > 65	144	5	8	0	41	0	
4	RZPS ≤ 500 und WZ ≤ 65	450	64	44	40	24	3	
keine Angabe						2		
Anzahl Gebäude / BLO		774	164	65	69			
Anzahl Gebäude Total		1'072						
Selektierte Gebäude / BLO						191	52	11
Selektiert Total						254		

Somit wurden nur Gebäude von armasuisse Immobilien und des BBL in die nächste Verfahrensstufe, die Stufe 2, überführt. Tabelle 5 zeigt die Selektion deren Gebäude für die Stufe 2.

Tab. 5: Zusammenfassung der selektierten Gebäude von armasuisse Immobilien und BBL

BLO (Institution)	Stufe 1	Selektiert für Stufe 2
armasuisse Immobilien	774	191
BBL	164	52
Total	938	243

5.2 Stufe 2: Ergebnisse, Priorisierung und Selektion

Für insgesamt **243 relevante bundeseigene Gebäude** wurden allfällige konstruktive und konzeptionelle **Mängel** in Bezug auf die Erdbebensicherheit näher untersucht und, falls zulässig, eine **einfache rechnerische Untersuchung** der Erdbebensicherheit durchgeführt.

Abbildung 9, links, zeigt die Verteilung der untersuchten Gebäude über die beiden BLO mit rund 80 % der Gebäude von armasuisse Immobilien und rund 20 % der Gebäude des BBL. Rund 70 % der Gebäude wurden vor 1970 erstellt, also ohne die Berücksichtigung von Erdbebeneinwirkungen, rund ein Viertel zwischen 1970 und 1989 als bereits erste Erdbebenbestimmungen im Schweizer Normenwerk bestanden und 5 % zwischen 1989 und 2003, als die Erdbebenbestimmungen bereits ein erstes Mal verschärft wurden (Abb. 9 rechts).

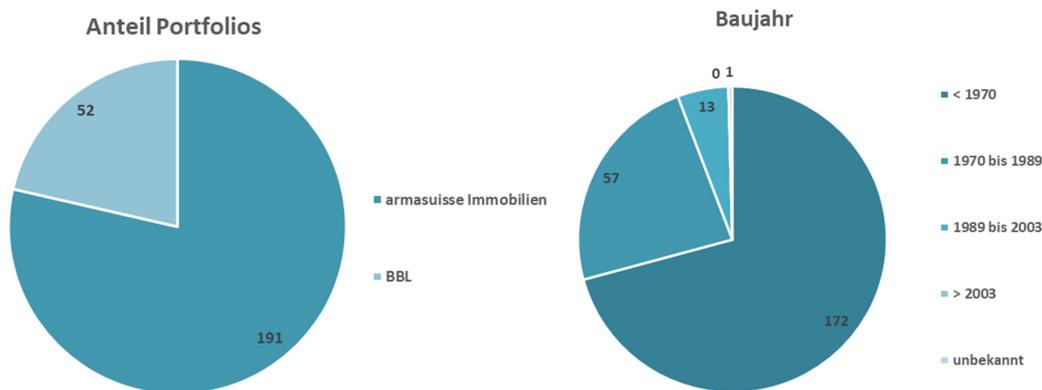


Abb. 9: Gebäudeanteil aus den jeweiligen Portfolios (links) und Verteilung der Gebäude nach Baujahr (rechts)

Im Folgenden sollen die **Ergebnisse** detailliert erläutert werden. Die **Mängelerkennung** bei den untersuchten Gebäuden erfolgte im Rahmen von Begehungen durch Fragelisten. Dabei wurde das Vorhandensein der relevanten konstruktiven und konzeptionellen Voraussetzungen beurteilt, die ein Bauwerk in Bezug auf die Erdbebensicherheit erfüllen sollte. Die identifizierten Mängel wurden gemäss ihrer Wichtigkeit (Ausmass, Tragweite) und Anzahl bewertet. Dies können Mängel im Gebäudesystem sein, wie beispielsweise die Gefahr eines Gebäudeanpralls mit benachbarten Gebäuden oder Ausfaltungen aus Mauerwerk, die unter Erdbebeneinwirkung herausfallen können. Auch ein generell schlechter Zustand des Gebäudes (Setzungen der Foundation, Korrosion der Bewehrung oder Betonabplatzungen) oder grundsätzliche konzeptionelle Mängel wie fehlende oder schwache Verbindungen zwischen Bauteilen in Bezug auf Erdbebenbeanspruchungen stellen einen Mangel dar. Schliesslich wurden auch Mängel in Bezug auf heikle Innenausbauten beurteilt. Abbildung 10 (links) zeigt, dass rund 30% der untersuchten Gebäude gravierende Mängel aufweisen, 35 % sind ohne Mängel und rund 35 % konnten dahingehend nicht abschliessend beurteilt werden.

Weiterhin wurde abgeklärt, ob für das Gebäudetragwerk eine **vereinfachte rechnerische Untersuchung der Erdbebensicherheit** zulässig war. Das ist der Fall, wenn grundsätzliche, konzeptionelle Kriterien erfüllt sind, die sich an den Normanforderungen für einen erdbebengerecht konzipierten Neubau orientieren. Waren beispielsweise ein geeignetes Abtragungssystem für Erdbebenkräfte, ausreichend tragfähige Decken und Wände und eine genügende Verbindung zwischen Decken und Wänden vorhanden, konnte das Niveau der Erdbebensicherheit anhand eines vereinfachten Verfahrens, des sogenannte Ersatzkraftverfahren, rechnerisch ermittelt werden. Waren diese Kriterien bei den untersuchten Gebäuden nicht erfüllt, war eine vertiefte, detaillierte Überprüfung der Gebäude notwendig, also eine Behandlung in der nächsten Verfahrensstufe, der Stufe 3. Abbildung 10 (rechts) zeigt, dass für die Hälfte der untersuchten Gebäude eine vereinfachte rechnerische Untersuchung möglich war, für 46 % was dies nicht möglich und sie mussten deswegen in die Stufe 3 weitergezogen werden. 4 % der untersuchten Gebäude wurden ausgeschieden, weil konkrete Bauvorhaben geplant waren.

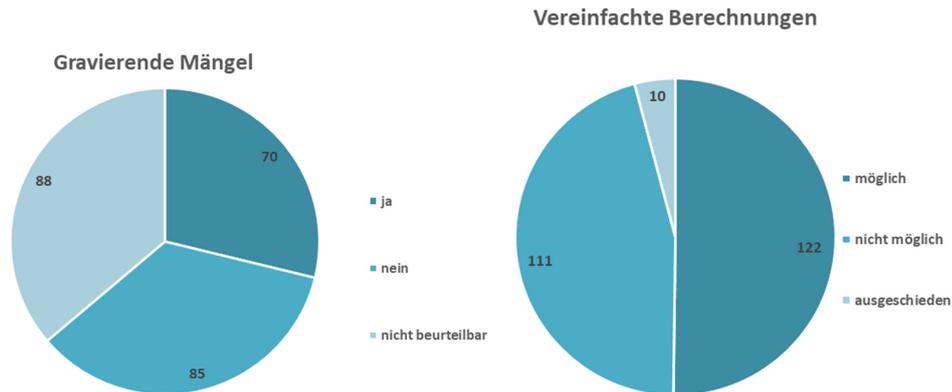


Abb. 10: Gebäudeverteilung nach gravierenden Mängeln (links) und nach Zulässigkeit einer vereinfachten Berechnung der Erdbebensicherheit (rechts)

Für 122 Gebäude wurde die Erdbebensicherheit vereinfacht in Form des sogenannten Erfüllungsfaktors α_{eff} ermittelt, der das Niveau der Erdbebensicherheit des Gebäudes im Vergleich zu einem normkonform konzipierten Neubau widerspiegelt (normkonform bei $\alpha_{\text{eff}} = 1,0 \cong 100\%$). Das damals geltende Merkblatt SIA 2018 «Überprüfung bestehender Gebäude bezüglich Erdbeben» [2] definierte Mindestanforderungen an die Erdbebensicherheit eines bestehenden Gebäudes. Diese Mindestanforderungen erfüllen die minimale Personensicherheit. Bestehende Gebäude müssen mindestens eine Erdbebensicherheit von 25%, also einen Erfüllungsfaktor $\alpha_{\text{eff}} = 0,25$ aufweisen. Für lebenswichtige Gebäude (Bauwerksklasse BWK III) wird eine Erdbebensicherheit von 40%, also ein Erfüllungsfaktor $\alpha_{\text{eff}} = 0,4$ verlangt. Bei Nichterfüllung der Mindestanforderungen sind Massnahmen erforderlich.

Abbildung 11 zeigt, dass die vereinfachte rechnerische Untersuchung für rund die Hälfte der untersuchten Gebäude mangelhafte Resultate ($\alpha_{\text{eff}} < 0,25$) für die Erdbebensicherheit lieferte. Eine vertiefte Überprüfung auf der nächsten Verfahrensstufe, der Stufe 3, waren deswegen notwendig. Rund 40% der Gebäude erfüllten die minimalen Anforderungen an die Erdbebensicherheit und eine vertiefte Überprüfung konnte auf einen späteren Zeitpunkt im Rahmen eines Bauvorhabens verschoben werden. Lediglich 4% der Gebäude wiesen eine volle, normkonforme Erdbebensicherheit ($\alpha_{\text{eff}} \geq 1,0$) auf.

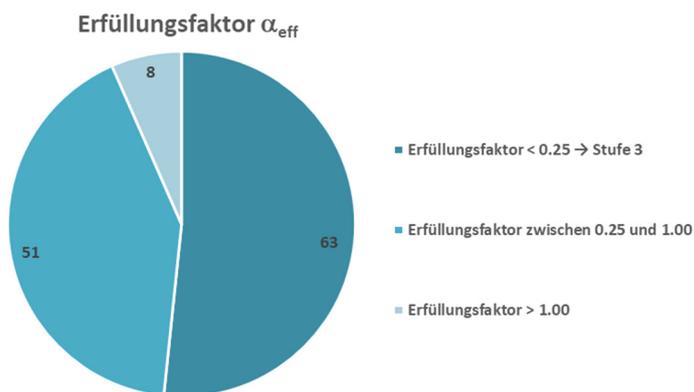


Abb. 11: Verteilung des Erfüllungsfaktors

Für die **Priorisierung** der untersuchten Gebäude orientierte man sich am Ergebnis für die Erdbebensicherheit und an der Schwere der erfassten Mängel. Die Nichteinhaltung der Minimalanforderungen, also ein Erfüllungsfaktor $\alpha_{\text{eff}} < 0,25$, bildete folglich den unteren Grenzwert. Als oberer Grenzwert wurde eine ermittelte Erdbebensicherheit von 80% ($\alpha_{\text{eff}} = 0,8$), festgelegt. Aufgrund der Konservativität der vereinfachten Berechnungen konnte in diesen Fällen von einer vollständig erfüllten Erdbebensicherheit ausgegangen werden. Weiter wurden alle Gebäude der Bauwerksklasse BWK III, alle Gebäude mit gravierenden Mängeln sowie alle Gebäude, die nicht vereinfacht rechnerisch untersuchbar waren, in die nächste Verfahrensstufe, die Stufe 3, überführt.

Gemäss Richtlinie für die Stufe 2 ergaben sich vier Prioritätsklassen:

Priorität 1: Gravierende Mängel, $\alpha_{\text{eff}} < 0,25$, BWK III oder keine vereinfachte Berechnung zulässig.

Priorität 2: Keine gravierenden Mängel und $0,25 \leq \alpha_{\text{eff}} < 0,80$.

Priorität 3: Keine gravierenden Mängel und $\alpha_{\text{eff}} \geq 0,80$.

Priorität 4: Ausgeschlossen, wegen geplantem Bauvorhaben, Verkauf oder Liquidation

Tabelle 6 zeigt die Priorisierung der Gebäude.

Tab. 6: Gebäudeanzahl pro Prioritätsklasse und selektierte Gebäude für Stufe 3

Priorität	Mängelerkennung	Erfüllungsfaktor α_{eff}	Anzahl Gebäude		Selektion für Stufe 3	
			armasuisse Immobilien	BBL	Anzahl Gebäude	Selektion für Stufe 3
1	Gravierend oder keine vereinfachte Berechnung zulässig	< 0,25 oder BWK III	125	38	101	23
2	Nicht gravierend	> 0,25 und < 0,80	20	11	1	1
3	Nicht gravierend	> 0,80	42	1	5	
4	Bauvorhaben, Verkauf oder Liquidation			2		
Anzahl Gebäude / BLO			191	52		
Anzahl Gebäude Total			243			
Selektierte Gebäude / BLO					107	24
Selektiert Total					131	

Gemäss Richtlinie für die Stufe 2 wurde für die **Selektion** folgendes Vorgehen empfohlen:

- Priorität 1: Detaillierte Überprüfung der Erdbebensicherheit auf Stufe 3
- Priorität 2: Detaillierte Überprüfung der Erdbebensicherheit bei Instandsetzung oder Veränderung
- Priorität 3: Keine detaillierte Überprüfung notwendig

Ein Abgleich mit dem Portfoliomanagement hinsichtlich strategischer Entscheide (z.B. Liquidation, Nutzungsänderung oder Bauvorhaben geplant) reduzierte die höchstpriorisierten Gebäude bei armasuisse Immobilien auf 101 und beim BBL auf 23 Gebäude. armasuisse Immobilien und das BBL entschieden sich, neben den höchstpriorisierten Gebäuden, zusätzliche, weniger potentiell mangelhafte Gebäude zu berücksichtigen. Schliesslich wurden 107 Gebäude von armasuisse Immobilien, 11 Gebäude der EPFL und 24 Gebäude des BBL für die Stufe 3 selektioniert. Das BBL prüfte zudem ein weiteres Mal seinen Bestand an relevanten Gebäuden und selektierte zusätzliche 27 Gebäude, die aufgrund von Ankauf, Schenkungen oder geplanten Nutzungsänderungen (höhere Belegung) relevant geworden waren. Tabelle 7 zeigt eine Zusammenfassung über die Selektion in den Stufen 1 und 2.

Tab. 7: Relevante Gebäude auf Stufe 1, untersuchte Gebäude auf Stufe 2 und priorisierte Gebäude für Stufe 3

BLO	Stufe 1	Stufe 2	Selektioniert für Stufe 3
armasuisse Immobilien	770	191	107
BBL	160	52	24 + 27 = 51
EPFL	69		11
Total			169

5.3 Stufe 3: Ergebnisse und Handlungsbedarf

Insgesamt wurden **169 Gebäude** auf der Stufe 3 vertieft auf ihre Erdbebensicherheit untersucht und das Niveau der Erdbebensicherheit definitiv ermittelt.

Abbildung 12 zeigt die Gebäudeverteilung über die zwei BLO, armasuisse Immobilien und BBL, und die EPFL als Institution des ETH-Rates.

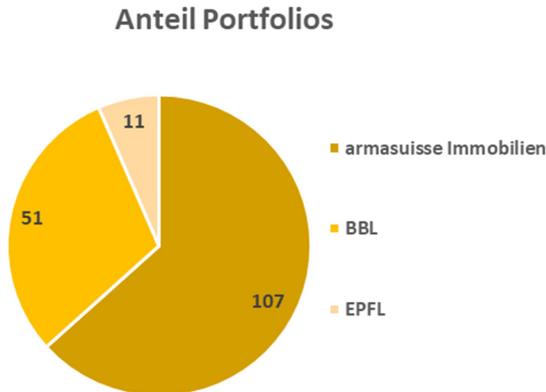


Abb. 12: Gebäudeanteil aus den jeweiligen Portfolios

Auf der Stufe 3 wurde zu jedem Gebäude eine definitive Aussage zur Erdbebensicherheit auf Grund detaillierter, wirklichkeitsnäherer Berechnungsverfahren getroffen und der Erfüllungsfaktor α präzisiert. Ziel war es die Gebäude mit einer mangelhaften Erdbebensicherheit zu bestimmen, also die nicht die Mindestanforderungen an das Individualrisiko ($\alpha < 0,25$ für BWK II und $\alpha < 0,4$ für BWK III) erfüllten. Gemäss dem damals geltenden Merkblatt SIA 2018 «Überprüfung bestehender Gebäude bezüglich Erdbeben» [2] waren für mangelhafte Gebäude Massnahmen erforderlich. Die Mindestanforderungen waren unabhängig von den Kosten zu erreichen, weitergehende Massnahmen waren zu realisieren, wenn sie verhältnismässig waren. Die Verhältnismässigkeit der Massnahmen war durch die Gegenüberstellung von Kosten und Nutzen einer Erdbebensicherungsmassnahme zu beurteilen. Für diese Gebäude wurden auf Stufe 3 Massnahmenempfehlungen formuliert und mögliche Verbesserungskonzepte skizziert.

Die zu überprüfenden 167 Gebäude sind über alle Erdbebengefährdungszonen verteilt (Abb. 13 links), mit einem Anteil von 63% in Erdbebengefährdungszone Z1. Die Gebäudewerte sind sehr unterschiedlich mit 32% von ihnen unter 5 Mio CHF. und 14% über 30 Mio CHF (Abb. 13 rechts).

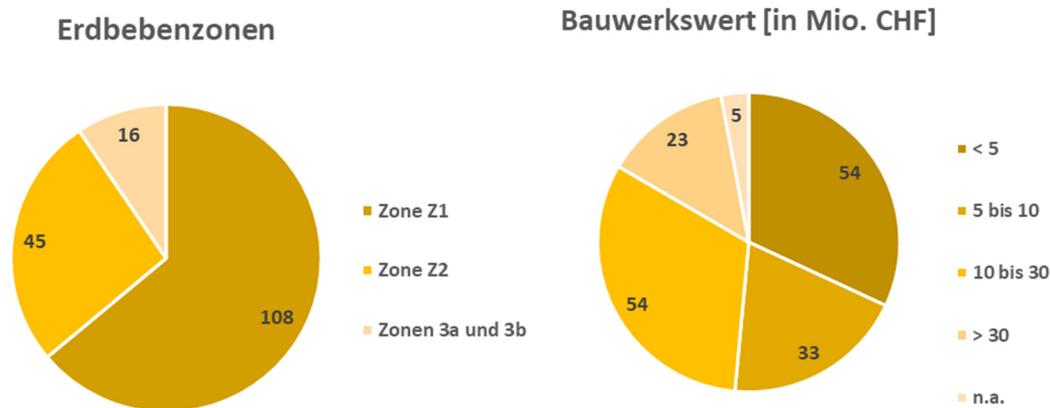


Abb. 13: Verteilung der Gebäude auf die Erdbebenzonen (links) und Verteilung des Bauwerkswerts (rechts)

Die Resultate für den Erfüllungsfaktor sind für rund ein Drittel der Gebäude mangelhaft (Abb. 14). Für diese Gebäude sind die Mindestanforderungen an den Personenschutz nicht erfüllt.

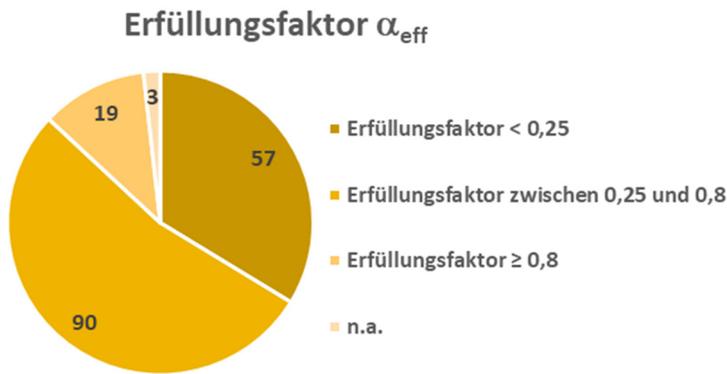


Abb. 14: Verteilung des Erfüllungsfaktors α_{eff} über die überprüften Gebäude

Für die Priorisierung orientierte man sich infolgedessen am definitiven Ergebnis für die Erdbebensicherheit, also am definitiven Erfüllungsfaktor jedes Gebäudes.

Gemäss der Richtlinie für die Stufe 3 ergaben sich drei Prioritätsklassen:

- **Priorität 1:** Erfüllungsfaktor $\alpha_{eff} < \text{Minimaler Reduktionsfaktor } \alpha_{min} = 0,25$ (0,40 für BWK III)
 ⇒ Umsetzung der erforderlichen Massnahmen innerhalb der vom Bundesrat beauftragten Frist von 20 Jahren
- **Priorität 2:** Minimaler Erfüllungsfaktor $\alpha_{min} < \text{Erfüllungsfaktor } \alpha_{eff} < \text{Zulässige Reduktionsfaktor } \alpha_{adm}$ ⁷
 ⇒ Umsetzung der erforderlichen Massnahmen im Rahmen von Instandsetzungs- und Veränderungsprojekten
- **Priorität 3:** Erfüllungsfaktor $\alpha_{eff} > \text{Zulässige Reduktionsfaktor } \alpha_{adm}$
 ⇒ keine Massnahmen empfohlen

Tabelle 8 zeigt die Anzahl an Gebäude in jeder Prioritätsklasse.

Tab. 8: Gebäudeanzahl pro Prioritätsklasse

Priorität	Kriterien	armasuisse Immobilien	BBL	EPFL
1	Erfüllungsfaktor $\alpha_{eff} < 0,25$ oder BWK III Umsetzung der erforderlichen Massnahmen innerhalb der vom Bundesrat beauftragten Frist von 20 Jahren	33	24	0
2	$0,25 < \text{Erfüllungsfaktor } \alpha_{eff} < 0,80$ Umsetzung der erforderlichen Massnahmen im Rahmen von Instandsetzungs- und Veränderungsprojekten	60	21	10
3	Erfüllungsfaktor $\alpha_{eff} > 0,80$ Keine Massnahmen empfohlen	13	6	1
Total		105	51	11

⁷ Gemäss dem damals geltenden Merkblatt SIA 2018 wurde der Erfüllungsfaktors α_{eff} mit den Reduktionsfaktoren α_{adm} und α_{min} verglichen. Der zulässige Reduktionsfaktor α_{adm} wies einen Wert kleiner als 1 auf, damit wurde die Akzeptanz eines höheren Schadensausmasses für bestehende Bauten gegenüber Neubauten infolge der höheren Massnahmenkosten sowie auch die reduzierte Restnutzungsdauer berücksichtigt.

Damit ergibt sich folgendes Bild zu den als mangelhaft identifizierten Gebäuden. 57 Gebäude sind mangelhaft in Bezug auf die Erdbebensicherheit. Davon sind 33 der Gebäude von armasuisse Immobilien und 24 vom BBL. Die EPFL hat keine mangelhaften Gebäude aus der Stufe 3 identifiziert (Abb.15).

Erfüllungsfaktor $\alpha_{eff} < 0,25$

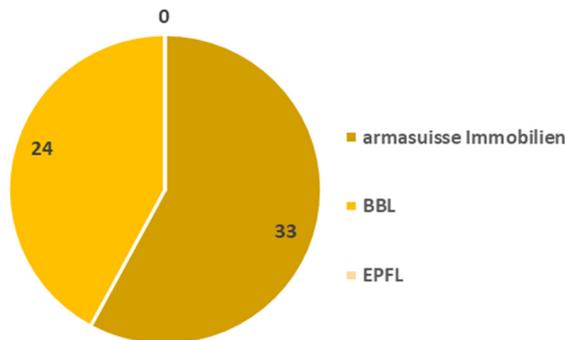


Abb. 15: Verteilung der mangelhaften Gebäude über die Eigentümerversprecher

Über die Hälfte der mangelhaften Gebäude von armasuisse Immobilien und dem BBL befinden sich in Erdbebenzone Z1 und nur 8% in den höchstgefährdeten Zonen 3a und 3b (Abb. 16 links). 63% der Gebäude wurden vor 1970 also ohne normative Anforderungen an die Erdbebensicherheit erbaut, immerhin 28% stammen aus der Zeit zwischen 1970 und 1989 als bereits erste Anforderungen in den Schweizer Tragwerksnormen bestanden und 9% sogar aus der Zeit zwischen 1989 und 2003 als diese Anforderungen ein erstes Mal verschärft worden waren (Abb. 16 rechts).

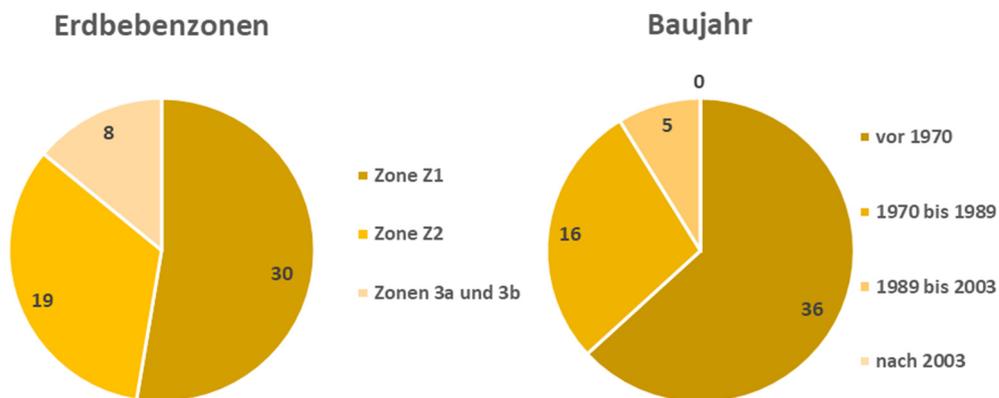


Abb. 16: Verteilung der mangelhaften Gebäude über die Erdbebengefährdungszonen (links) und Verteilung der mangelhaften Gebäude nach Baujahr (rechts)

65% der Gebäude hatten zum Zeitpunkt der Überprüfung eine mittlere Personenbelegung $PB < 50$. Bei den Gebäuden mit einer $PB < 20$ handelte es sich quasi ausschliesslich um Gebäude mit hohen Inhaltswerten, also hohem Sachschadenrisiko. Bei den Gebäuden mit $20 < PB < 50$ um kleinere Verwaltungsbauten und Kasernen. Nur 7% der Gebäude waren in Bezug auf das Gebäudeverhalten unter Erdbebeneinwirkungen auf gutem Baugrund, 82 % auf diesbezüglich durchschnittlichem Baugrund und 11% auf schlechtem Baugrund fundiert.

6 Umsetzung des Inventars der Erdbebensicherheit im Ausland

Das Inventar der Erdbebensicherheit der relevanten Gebäude der Schweizer Auslandsvertretungen wurde 2009 begonnen. Die Immobilien unterstehen dem BBL, das zu diesem Zeitpunkt rund 600 Gebäude in Miete und im Eigentum im Ausland betreute.

6.1 Stufe 1: Ergebnisse, Priorisierung und Selektion

Gemäss Bundesratsbeschluss konzentrierte man sich zunächst auf die international am höchsten gefährdeten Regionen, die in die Gefährdungszonen «very high» (sehr hoch) und «high» (hoch) eingeordnet waren [7]. Es wurden auch im Ausland nur Gebäude im Eigentum der Schweizer Eidgenossenschaft inventarisiert.

Insgesamt wurden **101 Gebäude** der Schweizer Auslandsvertretungen auf der Stufe 1 erfasst und deren Erdbebenrisiko grob abgeschätzt. Für alle 101 Gebäude wurde eine **grobe Risikoabschätzung** durchgeführt. Eine Begehung vor Ort erfolgte nicht. Im Folgenden sollen die wichtigsten **Ergebnisse** detaillierter erläutert werden.

43 Gebäude befanden sich an Standorten im Ausland, die in Gefährdungszone «sehr hoch» eingestuft sind (z.B. Tokio, Japan oder Wellington, Neuseeland). 57 Gebäude befanden sich an international «hoch» gefährdeten Standorten im Ausland (z.B. Ankara, Türkei oder Tel Aviv, Israel). Bei den Gebäuden handelte es sich um Botschaftsresidenzen, Kanzleien, Dienstwohnungen der Schweizer Auslandsvertretungen und Schulen. Es zeigte sich, dass eine Erhebung der wesentlichen Merkmale und Eigenschaften der Gebäudeobjekte, die für die Abschätzung des Erdbebenrisikos aussagekräftig sind, nicht möglich war, da für viele Gebäude Plangrundlagen fehlten (Abb. 17). Eine Abschätzung der Schadensanfälligkeit der einzelnen Gebäude in Bezug auf Tragwerkskonzept, Tragstruktur und Baugrund war nicht möglich.

Plangrundlagen

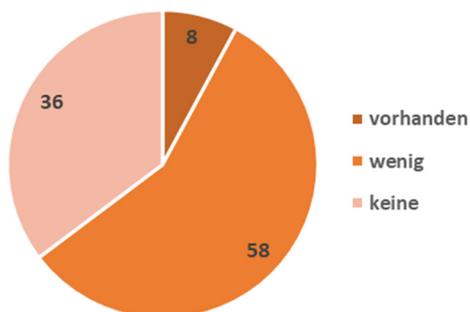
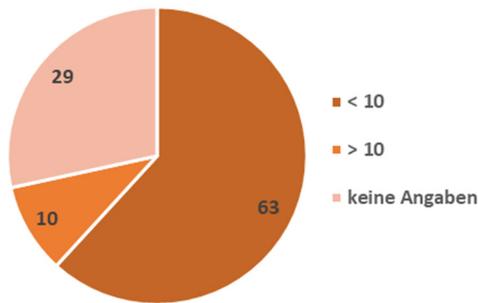


Abb. 17: Verteilung des Vorhandenseins von Plangrundlagen bei den erfassten Gebäuden

Die Personenbelegungen und die Gebäudewerte der relevanten Gebäude waren zwar deutlich geringer im Vergleich zu den Inlandsbauten (Abb. 18 links), die Gefährdung aber umso höher. Alleine an 34 Standorten im Ausland lagen zum Untersuchungszeitpunkt Meldungen über stärkere Erdbebeneignisse aus vergangenen Jahrzehnten vor, an 7 Gebäuden waren aus diesem Grund bereits Erdbebensicherheitsmassnahmen ergriffen worden.

Mittlere Personenbelegung PB



Bauwerkwert [in Mio. CHF]

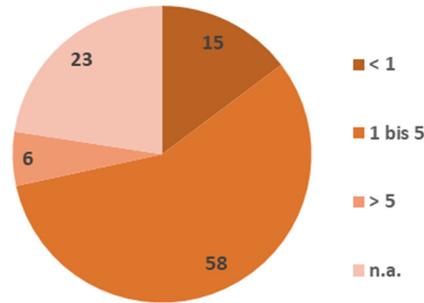


Abb. 18: Verteilung der Personenbelegung (links) und des Gebäudewerts (rechts)

Das BBL und das BAFU entschieden sich die Stufe 1 auf Basis der vorhandenen Grundlagen abzuschliessen und für die Auslandsbauten ein differenziertes, weiteres Vorgehen zu wählen. Zunächst sollte das Auslandsinventar auf die internationale Gefährdungsstufe «mittel/moderat» ausgeweitet werden. Das BBL beauftragte für alle betroffenen Auslandsstandorte eine Untersuchung, um die tatsächliche standortspezifische Gefährdung zu erlangen, da in manchen Ländern veraltete oder keine Gefährdungsgrundlagen bestanden. Schliesslich entschied man die Stufe 2 zu überspringen und für die relevanten Gebäude direkt eine vertiefte, detaillierte Überprüfung umzusetzen.

6.2 Stufe 3: Ergebnisse und Handlungsbedarf

35 Gebäude an 13 Standorten in der Gefährdungszone «sehr hoch», 39 Gebäude an 16 Standorten in der Gefährdungszone «hoch» und 36 Gebäude an 11 Standorten in der Gefährdungszone «mittel» wurden für die vertiefte Überprüfung der Erdbebensicherheit auf Stufe 3 ausgewählt. Die Überprüfung der Erdbebensicherheit der Auslandsbauten wurde an in der Schweiz anerkannte Erdbebenspezialisten vergeben, die sich im Rahmen von gemeinsamen Workshops über die Überprüfungsergebnisse austauschten.

Die mit ungenügenden Resultaten einhergehenden Massnahmenempfehlungen für die Auslandsbauten in Regionen mit einer höheren Seismizität verlangten neue Überlegungen zu den normativen Schutzziele, die in den Schweizer Tragwerksnormen für Gebäude auf Basis der Schweizer Seismizität festgelegt wurden. Die angepassten Schutzzielefestlegungen wurden zunächst für die höchstgefährdeten Standorte am 1. August 2011 durch die BBL «Weisung zur Umsetzung von Erdbebenmassnahmen bei Bauten in stark erdbebengefährdeten Gebieten im Ausland» eingeführt. Seit 1. November 2014 definiert die Revision der BBL «Weisungen für Erdbebensicherheitsmassnahmen bei bestehenden Bauten im Ausland» [8] (Stand 1. April 2016) das Vorgehen im gesamten Ausland.

Gefährdungszonen «sehr hoch» und «hoch»

Gemäss den zuvor genannten BBL Weisungen wird bei Gebäuden an «sehr hoch» und «hoch» gefährdeten Auslandsstandorten bei einem Erfüllungsfaktor $\alpha_{\text{eff}} < 0,1$ sofortiges Handeln - zeitlich definiert mit 6 Monaten - in Bezug auf die Einleitung von Erdbebensicherheitsmassnahmen empfohlen. Bei einem Erfüllungsfaktor $0,1 \leq \alpha_{\text{eff}} < 0,3$ gilt eine empfohlene Interventionsfrist von 2 Jahren, bei $0,3 \leq \alpha_{\text{eff}} < 0,5$ gelten 6 Jahre und bei $0,5 \leq \alpha_{\text{eff}} < 1,0$ schliesslich 20 Jahre.

In der Gefährdungszone «sehr hoch» wurden 33 von 35 Gebäuden vertieft überprüft. Bei zwei Gebäuden wurde letztendlich die Überprüfung nicht durchgeführt, weil sie verkauft wurden. Schweizer Auslandsvertretungen an sehr hoch gefährdeten Standorten befinden sich beispielsweise in Bishek (Kirgisistan), in Istanbul (Türkei) oder in Lima (Peru).

19 Gebäude erfüllten die Anforderungen an die Erdbebensicherheit vollständig. Bei den verbleibenden 14 Gebäuden waren in Abhängigkeit der Mangelhaftigkeit mehr oder weniger dringliche Massnahmen erforderlich (Abb. 19).

Erfüllungsfaktor



Abb. 19: Verteilung des Erfüllungsfaktors über die Auslandsbauten in sehr hoch gefährdeten Regionen

In Gefährdungszone «hoch» wurden 35 von 39 Gebäuden vertieft überprüft. Bei vier Gebäuden wurde letztendlich die Überprüfung nicht durchgeführt, weil ein Gebäude verkauft und ein Gebäude geräumt und vermietet wurde sowie für zwei Gebäude Neubauten geplant waren. Schweizer Auslandsvertretungen an hoch gefährdeten Standorten befinden sich beispielsweise in Akkra (Ghana), in Beirut (Libanon) oder in Taschkent (Usbekistan).

3 Gebäude erfüllten die Anforderungen an die Erdbebensicherheit vollständig. Bei den verbleibenden 32 Gebäuden waren in Abhängigkeit der Mangelhaftigkeit mehr oder weniger dringliche Massnahmen erforderlich (Abb. 20).

Erfüllungsfaktor

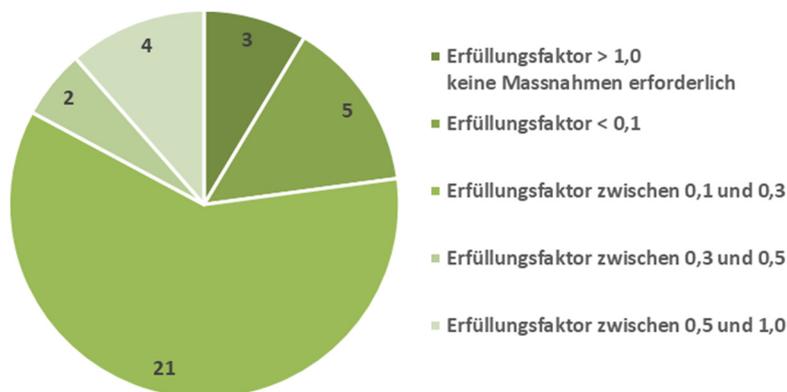


Abb. 20: Verteilung des Erfüllungsfaktors über die Auslandsbauten in hoch gefährdeten Regionen

Gefährdungszone «mittel»

Gemäss den zuvor genannten BBL Weisungen wird bei Gebäuden an moderat gefährdeten Auslandsstandorten⁸ bei einem Erfüllungsfaktor $\alpha_{\text{eff}} < 0,1$ eine Interventionszeit von 2 Jahren in Bezug auf die Einleitung von Erdbebensicherheitsmassnahmen empfohlen. Bei einem Erfüllungsfaktor $0,1 \leq \alpha_{\text{eff}} < 0,25$ gilt eine empfohlene Interventionsfrist von 6 Jahren und bei $0,25 \leq \alpha_{\text{eff}} < 1,0$ schliesslich gelten 20 Jahre.

⁸ Anm.: Gilt nur für Auslandsstandorte deren Gefährdung höher ist als die höchstgefährdete Region in der Schweiz.

In der Gefährdungszone «mittel» wurden 31 von 36 Gebäuden vertieft überprüft. Bei einem Gebäude wurde die Überprüfung nicht durchgeführt, weil es verkauft wurde. Für vier Gebäude sind die Überprüfungen in Erarbeitung. Schweizer Auslandsvertretungen an moderat gefährdeten Standorten befinden sich beispielsweise in Athen (Griechenland), in Islamabad (Pakistan) oder in Peking (China).

Kein Gebäude erfüllt die Anforderungen an die Erdbebensicherheit vollständig. Bei 31 Gebäuden waren in Abhängigkeit der Mangelhaftigkeit mehr oder weniger dringliche Massnahmen erforderlich (Abb. 21).

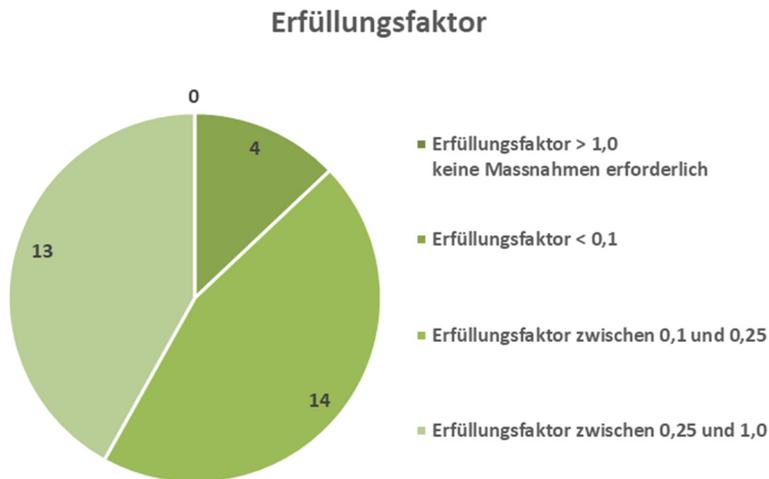


Abb. 21: Verteilung des Erfüllungsfaktors über die Auslandsbauten in moderat gefährdeten Regionen

7 Stand der Massnahmenumsetzung

Gemäss Punkt 5 des 2. Bundesratsbeschlusses vom 12. Januar 2005 wurden „...Das VBS und das EFD ... angewiesen, bei Gebäuden mit ungenügender Erdbbensicherheit gemäss Inventar 2001-2004, Schutzmassnahmen unter Berücksichtigung der Verhältnismässigkeit der Kosten innerhalb von 20 Jahren durchzuführen...“. Die Frist von 20 Jahren wurde festgelegt, um nötige Erdbbensicherheitsmassnahmen mit der Instandsetzungs- und Veränderungsplanung der betroffenen Gebäude optimal kombinieren zu können und dadurch die Kosten tragbarer zu machen.

7.1 Inland

armasuisse Immobilien setzte für die mangelhaften Gebäude aus dem Inventar der Erdbbensicherheit der relevanten Gebäude eine Umsetzungsfrist von 5 Jahren für die zwingend erforderlichen Erdbbensicherheitsmassnahmen. Für alle 33 mangelhaften Gebäude wurden die zwingend erforderlichen Massnahmen bereits umgesetzt. Eine Liste der relevanten Gebäude von armasuisse Immobilien, die als mangelhaft erkannt wurden, befindet sich in Anhang B.1.

Das BBL ergreift die zwingend erforderlichen Erdbbensicherheitsmassnahmen an den mangelhaften Gebäuden aus dem Inventar im Rahmen des Erneuerungszyklus, also sobald an den betroffenen Gebäuden Instandsetzungs- oder Veränderungsvorhaben anstehen. Von den 24 mangelhaften Gebäuden des BBL wurden bei 3 Gebäuden die zwingend erforderlichen Massnahmen bereits umgesetzt. Für weitere 6 mangelhafte Gebäude ist die Massnahmenumsetzung bereits in Planung. Für 4 Gebäude davon werden die Massnahmen bis Ende 2020 umgesetzt. Eine Liste der relevanten Gebäude des BBL, die als mangelhaft erkannt wurden, befindet sich in Anhang B.2. Im Anhang C werden die umgesetzten Erdbbensicherheitsmassnahmen bei zwei Gebäuden aufgezeigt.

7.2 Ausland

Hinsichtlich der Verbesserung der Erdbbensicherheit der mangelhaften Gebäude der Schweizer Auslandsvertretungen setzt das BBL seit 2014 die erforderlichen Massnahmen gemäss einem Vorgehensplan um, der mit dem Eidgenössischen Departement für auswärtige Angelegenheiten (EDA) koordiniert ist. Dabei werden für die Umsetzungsentscheide neben den Zeiträumen von Botschafterwechseln vor allem die damit oft einhergehenden Instandsetzungs- oder Veränderungsmassnahmen berücksichtigt.

Abb. 22 zeigt den Stand der Umsetzung für die Gefährdungszone «sehr hoch», in der 14 Gebäude als mangelhaft bis ungenügend festgestellt wurden. An 6 mangelhaften Gebäuden wurden Erdbbensicherheitsmassnahmen umgesetzt, für 5 Gebäude ist ein Verkauf erfolgt oder geplant und ein Gebäude wurde abgebrochen und ein Neubau erstellt. In 2 Gebäuden ist die Schweizer Eidgenossenschaft Stockwerkeigentümerin und Erdbbensicherheitsmassnahmen sind im Alleingang mit zu hohen Kosten verbunden.

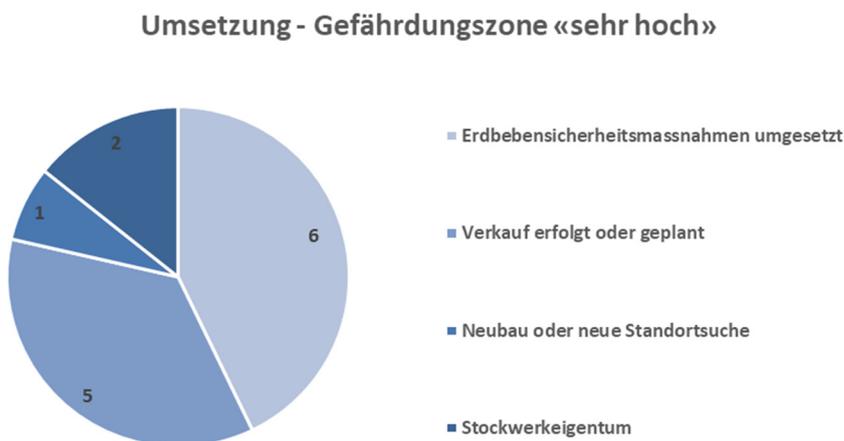


Abb. 22: Stand der Massnahmenumsetzung in Gefährdungszone «sehr hoch»

Abb. 23 zeigt den Stand der Umsetzung für die Gefährdungszone «hoch», in der 32 Gebäude als mangelhaft bis ungenügend festgestellt wurden. An 8 mangelhaften Gebäuden wurden Erdbebensicherheitsmassnahmen umgesetzt, für 5 Gebäude ist ein Verkauf erfolgt oder geplant, ein Gebäude wurde durch einen Neubau ersetzt und für 2 Gebäude ist ein Neubau oder neuer Standort geplant. Für 4 Gebäude ist eine Strategieprüfung in Erarbeitung. In einem Gebäude ist die Schweizer Eidgenossenschaft Stockwerkeigentümerin und Erdbebensicherheitsmassnahmen sind im Alleingang mit zu hohen Kosten verbunden.

Umsetzung - Gefährdungszone «hoch»

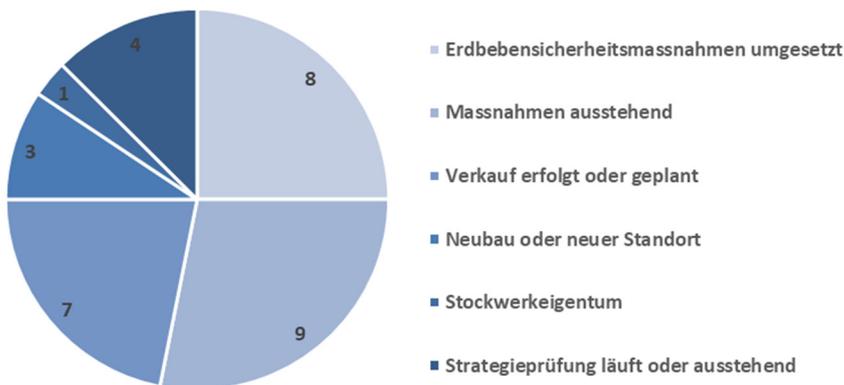


Abb. 23: Stand der Massnahmenumsetzung in Gefährdungszone «hoch»

Abb. 24 zeigt den Stand der Umsetzung für die Gefährdungszone «mittel», in der 31 Gebäude als mangelhaft bis ungenügend festgestellt wurden. An 4 mangelhaften Gebäuden wurden Erdbebensicherheitsmassnahmen umgesetzt, für 3 Gebäude ist ein Verkauf erfolgt oder geplant und ein Gebäude wird durch einen Neubau ersetzt.

Umsetzung - Gefährdungszone «mittel»

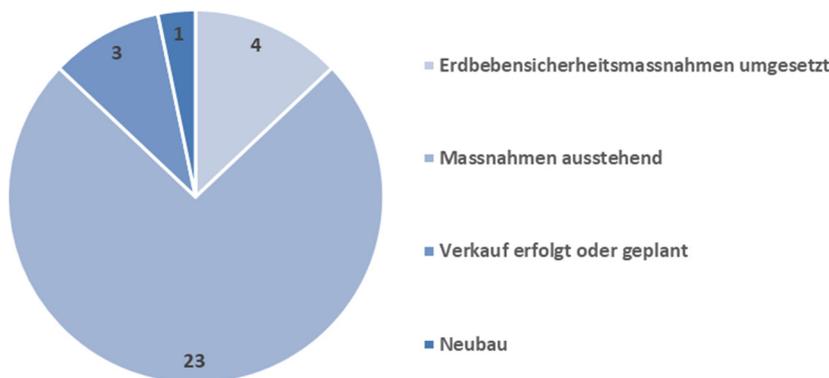


Abb. 24: Stand der Massnahmenumsetzung in Gefährdungszone «mittel»

8 Verbleibender Handlungsbedarf

8.1 Inland

Für armasuisse Immobilien besteht kein Handlungsbedarf. Für die 33 mangelhaften Gebäude wurden die zwingend erforderlichen Massnahmen bereits umgesetzt. Für das BBL besteht noch Handlungsbedarf bei 15 mangelhaften Gebäuden. Die Umsetzungsfristen laufen je nach Zeitpunkt der vertieften Überprüfung von 2029 bis 2040 (Abb. 25). Die Umsetzung der verbleibenden zwingend erforderlichen Massnahmen wird entsprechend der 20-Jahres Frist in geplante Instandsetzungs- und Veränderungsvorhaben an den Gebäuden integriert.

Für die Gebäude, die in den Stufen 1 bis 3 nicht priorisiert wurden, werden die Erdbebensicherheit entsprechend der amtsinternen Vorgehen der BLO im Rahmen von zukünftigen Bauvorhaben untersucht und allfällige notwendige und verhältnismässige Verbesserungsmassnahmen getroffen.

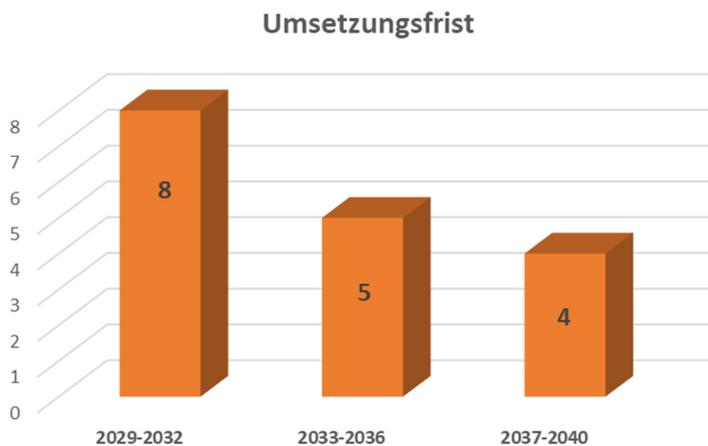


Abb. 25: Umsetzungsfristen für die zu verbessernden mangelhaften Gebäude des BBL.

8.2 Ausland

Im Ausland wird die Verbesserung der mangelhaften Gebäude entsprechend dem mit dem EDA koordinierten Vorgehensplan weiter umgesetzt. Es besteht kein Handlungsbedarf in Gefährdungszone «sehr hoch». In Gefährdungszone «hoch» besteht noch Handlungsbedarf bei 9 mangelhaften Gebäuden. In Gefährdungszone «mittel» sind noch Massnahmen bei 23 Gebäuden ausstehend.

Anhang A: Beispiel für eine Checkliste aus Stufe 1



**Erfassung des Erdbebenrisikos für Gebäude
Inventarisierung - Stufe 1**

Bauwerk Verwaltungsbäude Bundesgasse **Code**

2	0	1	4	V	G
---	---	---	---	---	---

Strasse Bundesgasse 32 - 36

PLZ 3000 **Ort** Bern

CH - Koordinaten **E:**

6	0	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---

N:

1	9	9	4	6	0
---	---	---	---	---	---

Gemeinde Nummer

3	5	1
---	---	---

Kanton

B	E
---	---

Bauwerksklasse nach Norm SIA 261: I II III

Nutzung:

Kulturgut nein ja: nationale Bedeutung ja: regionale Bedeutung

Mögliche Folgen eines Gebäudeeinsturzes:

Verschüttung:

- Keine Auswirkung
- Geringe Auswirkung
- Schwere Auswirkung

Funktionsausfall:

- Keine Funktion
- Öffentlicher Verkehr
- Logistik
- Krankenhaus
- Kommunikation
- Energieversorgung
- Rettungseinheit
-

Baujahr: 1875

Repro-Wert: Fr. 27'308'000

Bemerkungen:

Standort Akten: Bundesamt für Bauten und Logistik (BBL) Bern

Ansprechpartner: Jean-Pierre Rosat

E - Mail: Jean-Pierre.Rosat@bbl.admin.ch

Telefon: 031 / 322 81 94

Beurteilung auf Grund von:

- Begehung
- Plänen
- Photos

Für die Aufnahme:

Firma:
HOLINGER AG
Brunnmattstrasse 45
3000 Bern 14

Datum: 01.11.05

Unterschrift: AI



Erfassung des Erdbebenrisikos für Gebäude Inventarisierung - Stufe 1

Bauwerk Verwaltungsgebäude Bundesgasse **Code**

2	0	1	4	V	G
---	---	---	---	---	---

Anzahl Stockwerke über OK Terrain: 6.....

Decken: steife Decken weiche Decken

Klassierung nach Konsequenzen, Schadensausmass:

Funktionsklasse: **AIF**

FK I 1 $ADP = 0,1 \cdot 250 \cdot 8 / 24 \cdot 5 / 7 \cdot 48 / 52 = 6$
 FK II 2
 FK III 5 $ADS = 28$ $AZPS = (ADS + ADP) \cdot AIF = 68$

Erdbebenzone, Planungsjahr	WEP				Baugrund	WB
Erdbebenzone:	① 2	3a	3b		Gut	1
Planungsjahr: < 1970	3	6	15	30	Durchschnittlich	2
1970 - 1989	2	4	8	15	Schlecht	4
> 1989	1	1	1	1		
	$WEPB = WEP \cdot WB =$					6

Tragwerk:

Aussteifung Grundriss	WG	Aussteifung Aufriss	WA
Günstig	0	Stetig	0
Ungünstig	2	Unstetig	2
Fehlende Aussteifung	5	„Soft Storey“	5
Aussteifungsweise	WW	Konzept im Grundriss	WK
Kern, Wände	0	Kompakt	0
Verschiebliche Rahmen	1	verwinkelt oder länglich	1
Fachwerke	2		
Rahmen mit Füllwänden	2 - 4		
Gemischte Systeme	3		
Bauweise, Duktilität	WD	Foundation	WF
Stahlbeton, Stahl, Verbund	0	Flächenhaft	0
Bewehrtes Mauerwerk	2	Einzelgründung	1
Vorfabrikation, Holz	3		
Mauerwerk, unbewehrter Beton	3 + 6		

$$WBAU = (1 + WG + WA + WW + WK + WD + WF) = 11$$

Kennzahlen für die Prioritätensetzung

$$WZ = WEPB \cdot WBAU = 66$$

$$RZPS = AZPS \cdot WZ = 4488$$

Anhang B: Mangelhafte relevante Gebäude mit Erfüllungsfaktor $\alpha_{\text{eff}} < 0,25$ aus Stufe 3**B.1 Gebäudeliste: armasuisse Immobilien**

	Objekt-Nr.	Kanton	Anlageort	Baujahr	Massnahmenumsetzung
Panzer Werkstatt 11/13	1640 RQ	LU	Emmen	1957	bereits erfolgt
Hangar Bundesbasis	2041 BB	BE	Belp	1989	bereits erfolgt
Festungswacht Kaserne	3160 KU	TG	Kreuzlingen	1945	bereits erfolgt
Truppenlager	3574 DD	AG	Bremgarten	1962	bereits erfolgt
Betriebsstoffgebäude	3585 AA	AG	Othmarsingen	1965	bereits erfolgt
Truppenlager	3806 TK	GL	Matt	1867	bereits erfolgt
Flabschiessplatz	3864 BE	GR	S-Chanf	1975	bereits erfolgt
Flabschiessplatz	3864 TV	GR	S-Chanf	1974	bereits erfolgt
Dorf	3968 GB	UR	Realp	1942	bereits erfolgt
MSA	4479 BD	BE	Grindelwald	1942	bereits erfolgt
Basisapotheke	4493 QF	BE	Kandersteg	1966	bereits erfolgt
Anlage Zollhaus	4620 MG	BE	Thun	1988	bereits erfolgt
VBS Betriebe	4622 DC	BE	Thun	1895	bereits erfolgt
VBS Betriebe	4622 DO	BE	Thun	1939	bereits erfolgt
VBS Betriebe	4622 GS	BE	Thun	1944	bereits erfolgt
VBS Betriebe	4622 HU	BE	Thun	1952	bereits erfolgt
VBS Betriebe	4622 KD	BE	Thun	1977	bereits erfolgt
Waffenplatz	4623 AA	BE	Thun	1947	bereits erfolgt
Waffenplatz	4623 BC	BE	Thun	1900	bereits erfolgt
Waffenplatz	4623 DE	BE	Thun	1969	bereits erfolgt
Waffenplatz	4623 DF	BE	Thun	1900	bereits erfolgt
Betriebsgebäude und Einstellhalle	4624 JP	LU	Emmen	1966	bereits erfolgt
Schiessplatz	4974 AC	VS	Gluringen	1975	bereits erfolgt
Flablager	4975 BH	VS	Gluringen	1978	bereits erfolgt
Secteur 132	5040 AB	VS	St-Maurice	1982	bereits erfolgt
Savatan	5041 BB	VS	St-Maurice	1939	bereits erfolgt
Caserne 1 DCA (CA)	5180 AE	VD	Payerne	1937	bereits erfolgt
Aérodrome	5334 AC	VS	Sion	1948	bereits erfolgt
Pl.de tir Pt.Hongrin	5504 TL	VD	Villeneuve	1986	bereits erfolgt
Waffenplatz	5506 AT	SG	Walenstadt	1930	bereits erfolgt
Restaurant (au Village)	5530 AR	VD	Vugelles-la Mothe	1910	bereits erfolgt
AC-Zentrum	5595 KR	BE	Spiez	1980	bereits erfolgt
Flugplatz	6161 GP	VS	Ulrichen	1964	bereits erfolgt

B.2 Gebäudeliste: BBL

	Objekt-Nr.	Kanton	Anlageort	Baujahr	Massnahmenumsetzung
Verwaltungsgeb. Bundesrain 20	2012 BB	BE	Bern	1972	
Verwaltungsgeb. Brückenstrasse 50	2012 DD	BE	Bern	1970	
Büro BBT, Effingerstrasse 27	2018 VG	BE	Bern	1944	
Verwaltungsgeb. Monbijoustrasse 45	2020 BA	BE	Bern	1923	
Verwaltungsgeb. Monbijoustrasse 51	2020 BB	BE	Bern	1923	geplant für 2020
Verwaltungsgeb. Monbijoustrasse 47	2020 BG	BE	Bern	1923	
Verwaltungsgebäude Monbijoustrasse 49	2020 VG	BE	Bern	1924	geplant für 2020
Verwaltungsgeb. Hallwylstrasse 15	2025 LB	BE	Bern	1929	
Verwaltungsgeb. Papiermühlestrasse 14	2032 VA	BE	Bern	1960	geplant für 2020
Verwaltungsgeb. Papiermühlestrasse 20	2032 VG	BE	Bern	1976	bereits erfolgt (siehe Anhang C)
Verwaltungsgeb. Eigerstrasse 65	2074 BG	BE	Bern	1978	
Verwaltungsgeb. Monbijoustrasse 72-74	2076 VG	BE	Bern	1993	geplant für 2020
Verwaltungsgeb. Monbijoustrasse 118	2170 VG	BE	Bern	1984	
Meteo Schweiz, Krähbühlstrasse 58	3075 VG	ZH	Zürich	1949	Verkauf geplant
Zollschule Liestal, Ausbildung und Verwaltung	4106 AV	BL	Liestal	1980	
Zollschule Liestal, Unterkunft und Verpflegung	4106 UV	BL	Liestal	1980	
Hotel Annex Bellavista, Hauptstrasse 253	4237 HA	BE	Magglingen	2001	
Ostello, Via alle Brere	4714 AG	TI	Tenero	1921	
Verwaltungsgeb. Schwarztorstrasse 53	5917 BG	BE	Bern	1957	bereits erfolgt (siehe Anhang C)
Verwaltungsgeb. Schwarztorstrasse 55	5917 VH	BE	Bern	1957	
BA für Statistik, Espace de l'Europe 10	7030 BA	NE	Neuchâtel	1998	
Bürogebäude Ländtestrasse 20	7037 VG	BE	Biel	1994	
Verwaltungsgeb. Schwarztorstrasse 50	7166 BG	BE	Bern	1895	bereits erfolgt
Verwaltungsgebäude Holzikofenweg 36	7282 VG	BE	Bern	1947	

Anhang C: Beispiele zur Umsetzung von Erdbebensicherheitsmassnahmen

C.1 Erdbebensicherheitsmassnahmen, Verwaltungsgebäude in Bern



Abb. C1: Luftansicht auf das Verwaltungsgebäude an der Papiermühlestrasse in Bern.

Für das fünf- bis sechsgeschossige Verwaltungsgebäude mit Baujahr 1977/78 (Abb. C1) an der Papiermühlestrasse in Bern wurde 2013 eine vertiefte Überprüfung im Rahmen der Stufe 3 des Inventars der Erdbebensicherheit durchgeführt. Das Gebäude hat im Grundriss die Form eines Kreuzes mit Abmessungen von rund 90 x 96 m. Das grosse Gebäude besteht quasi aus einem einzigen zusammenhängenden Baukörper. Die Stabilität des Gebäudes unter Erdbebeneinwirkungen wird durch die im Zentrum des Kreuzes angeordneten Treppen- und Liftkerne gewährleistet. Um Gebäudezwängungen aufzufangen wurden um die peripheren Treppenhäuser beim Bau Trennfugen angeordnet. In einem Gebäudeflügel befanden sich zudem Dilatationsfugen in den oberirdischen Decken, die zwei Deckenfelder vom Rest des Gebäudes abtrennten.

Die Überprüfung ergab eine mangelhafte Erdbebensicherheit bei diesen Dilatationsfugen. Weitere Schwachstellen ergaben sich bei den entkoppelten Geschossdecken von den peripheren Treppenhäusern. Zudem ergab sich bei einzelnen Tragwänden der zentralen Erschliessungskerne ein ungenügender Tragwiderstand

Als Massnahmenempfehlung wurden durch den beauftragten Bauingenieur zwei Massnahmenpakete abgegeben: Die Koppelung der Gebäudeteile an der Dilatationsfuge der Decken in einem Gebäudeflügel sowie die Schliessung der Dilatationsfugen bei den peripheren Treppenhaukernen und das Vorbetonieren einzelner Betonscheiben. Die reinen Baukosten beider Massnahmenpakete wurden grob auf 300'000.- CHF geschätzt.

Im Rahmen eines Instandsetzungsvorhabens im Jahre 2017/18 wurden die verhältnismässigen Massnahmen umgesetzt, die aus den Verbesserungen des ersten Massnahmenpakets bestanden. Die Erdbebensicherheit des Gebäudes erfüllt aktuell 60% der normativen Anforderungen an einen Neubau. Die Abbildungen C2 und C3 zeigen die realisierten Erdbebensicherheitsmassnahmen.



Abb. C2: Schliessung der Dilatationsfugen (links vor und rechts nach dem Ausbetonieren).



Abb. C3: Kopplung der Dilatationsfugen mit Stahlblechen.

C.2 Erdbebensicherheitsmassnahmen, Büro- und Gewerbegebäude in Bern



Abb. C4: Ansicht an das Verwaltungsgebäude an der Schwarztorstrasse in Bern.

Für das siebengeschossige Verwaltungsgebäude mit Baujahr 1958/59 (Abb. C4) an der Schwarztorstrasse in Bern wurde 2015 eine vertiefte Überprüfung im Rahmen der Stufe 3 des Inventars der Erdbebensicherheit durchgeführt. Das Gebäude wurde zwischen die beiden benachbarten Gebäude gebaut, 2004 erfolgte zudem ein Lifteinbau. Die Grundrissabmessungen betragen 14 x 22 m. Die Tragstruktur besteht aus Mauerwerkswänden und Stahlbetonstützen, auf denen Stahlbetondecken aufliegen. Da die Liftwände nicht mit den Decken verbunden wurden, erfolgt die Aussteifung des Gebäudes unter Erdbebeneinwirkungen ausschliesslich durch die Mauerwerkswände. Ein Teil der Mauerwerkswände aus den Obergeschossen ist zudem im Erdgeschoss und Untergeschoss nicht mehr vorhanden.

Die Überprüfung ergab eine mangelhafte Erdbebensicherheit durch die schwächere Aussteifung des Erdgeschosses im Vergleich zu den oberen Geschossen. Weiterhin genügte die Tragfähigkeit der Mauerwerkswände nicht um die Erdbebeneinwirkungen aufzunehmen. Zudem lagen die Geschosdecken eines Nachbargebäudes auf einer anderen Höhe als die Decken des betrachteten Gebäudes, weswegen zusätzliche Beschädigungen infolge Zusammenpralls bei Erdbeben zu erwarten waren.

Als Massnahmenempfehlung wurden durch den beauftragten Bauingenieur zwei Massnahmenpakete abgegeben: Die Erstellung dreier neuer Betonwänden im EG und im UG und einer neuen Betonwand über die ganze Gebäudehöhe (UG bis 5. OG) sowie die Erstellung drei neuer Betonwänden vom 1. OG bis 5. OG. Die reinen Baukosten beider Massnahmenpakete wurden grob auf 400'000.- CHF geschätzt.

Im Rahmen eines Instandsetzungsvorhabens im Jahre 2017 wurden die verhältnismässigen Massnahmen umgesetzt, die aus den Verbesserungen des ersten Massnahmenpakets bestanden. Die Erdbebensicherheit des Gebäudes erfüllt aktuell 50% der normativen Anforderungen an einen Neubau. Die Abbildungen C4 bis C6 zeigen die realisierten Erdbebensicherheitsmassnahmen.



Abb. C4: Einbau zweier neuer Stahlbetonwände in Gebäudelängsrichtung im Unter- und Erdgeschoss.



Abb. C5: Einbau einer neuen Stahlbetonwand in Gebäudequerrichtung über alle Geschosse.

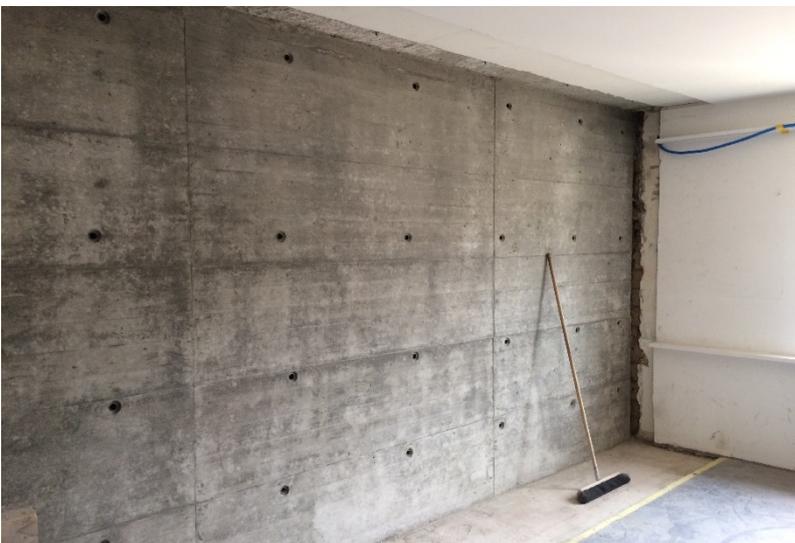


Abb. C6: Einbau einer neuen Stahlbetonwand in Gebäudequerrichtung im Erdgeschoss.

Abkürzungen

ASTRA	Bundesamt für Strassen
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BBL	Bundesamt für Bauten und Logistik
BWG	Bundesamt für Wasser und Geologie (ab 2006 BAFU)
BWK	Bauwerksklasse
BLO	Bau- und Liegenschaftsorgane des Bundes
sia	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Eawag	Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz
Empa	Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt
ETHZ	Eidg. Technische Hochschule Zürich
EPFL	Ecole polytechnique fédérale de Lausanne
PSI	Paul-Scherrer-Institut
WSL	Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft

Literatur

- [1] Richtlinien des BWG, Beurteilung der Erdbebensicherheit bestehender Gebäude - Konzept und Richtlinien für die Stufen 1, 2 und 3 (Erstausgabe 2003, Revision 2005/2006)
- [2] Merkblatt SIA 2018 „Überprüfung bestehender Gebäude bezüglich Erdbeben“ (2004)
- [3] Botschaft über militärische Immobilien 2001
- [4] Norm SIA 261 «Einwirkungen auf Tragwerke» (2003)
- [5] Bundesamt für Armeematerial und Bauten BAB, 2000
- [6] Berichtsdokument «Erdbebenvorsorge – Massnahmen des Bundes, Bericht an den Bundesrat, Standbericht und Massnahmenvorschläge für den Zeitraum 2009-2012», 26. Januar 2009
- [7] Global Seismic Hazard Assessment Program GSHAP, 1992 (veraltet)
- [8] BBL «Weisungen für Erdbebensicherheitsmassnahmen bei bestehenden Bauten im Ausland» (Stand 1. April 2016)