



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr,
Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Strassen ASTRA

Abklärungen zur Erdbebensicherheit der Brückenbauwerke der Nationalstrassen

Abschluss der Beurteilungen und Handlungsbedarf

Oktober 2020

Aktenzeichen: ASTRA-D-4E3C3401/38



Impressum

Herausgeber

Bundesamt für Strassen (ASTRA), 3003 Bern
Das ASTRA ist ein Amt des Eidgenössischen Departements für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK)

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

Autorenschaft

Meyer Laurent
Heunert Sven
Somaini Diego

Bundesamt für Strassen (ASTRA)
Bundesamt für Umwelt (BAFU)
Fachunterstützung (Fürst Laffranchi Bauingenieure GmbH)

Titelbild

Viaduc de Chillon - N09 (Bild: Monod-Piguet + Associés)

Zusammenfassung

Als Eigentümer ist der Bund für seine eigenen Bauten und Anlagen verantwortlich und somit auch für die Erdbebensicherheit der Nationalstrassen. Bei Strassen sind es vor allem die Brücken, die gegenüber Erdbeben eine bedeutende Verletzbarkeit aufweisen können. Mit dem Ziel die bezüglich Erdbebensicherheit kritischen Brückenbauwerke in einem begrenzten Zeitrahmen und mit begrenztem Aufwand aus der Gesamtheit der Brücken zu identifizieren, wurde durch das Bundesamt für Strassen (ASTRA) im Rahmen des Massnahmenprogramms des Bundes zum Erdbebenrisikomanagement ein zweistufiges Beurteilungsverfahren entwickelt und eingesetzt. Dieses Verfahren wurde einmalig und ergänzend zu den regelmässigen Inspektionen und statischen Überprüfungen der Nationalstrassenbrücken angewendet. Unabhängig von den durchgeführten Abklärungen zur Erdbebensicherheit sind die Brücken der Nationalstrassen weiterhin in regelmässigen Intervallen zu inspizieren und anhand der geltenden Normen statisch zu überprüfen.

Die Beurteilung der Erdbebensicherheit der rund 4'000 Nationalstrassenbrücken hat im Jahr 2005 begonnen und ist nun abgeschlossen. Die erforderlichen Massnahmen zur Verbesserung der Erdbebensicherheit wurden teils bereits umgesetzt oder sind in Planung. Die vollständige Umsetzung der erforderlichen Erdbebensicherheitsmassnahmen an den Brücken der Nationalstrassen soll mit Zeithorizont 2035 abgeschlossen werden.

Die Abklärungen haben aufgezeigt, dass die Brückenbauwerke der Nationalstrassen in der Regel robust gegenüber der Erdbebeneinwirkung gebaut sind. Massnahmen zu Erhöhung der Erdbebensicherheit sind nur bei etwa 6% der Brücken der Nationalstrassen erforderlich und können in der Regel mit beschränktem Aufwand realisiert werden. Erdbebensicherheitsmassnahmen, denen eine hohe Priorität zugesprochen wurde, konnten bereits umgesetzt werden. Die Massnahmen mit mittlerer Priorität werden in den kommenden Jahren umgesetzt, während jene mit tiefer Priorität zusammen mit weiteren Massnahmen zur Instandhaltung der Brücken im Rahmen der Unterhaltsplanung UPlANS umgesetzt werden. Zur Gesamtübersicht sowie zur Kontrolle der Umsetzung sind die Ergebnisse der Abklärungen und die erforderlichen Erdbebensicherheitsmassnahmen in einer zentralen Liste erfasst.

Der vorliegende Bericht fasst die Anwendung des zweistufigen Verfahrens zur Beurteilung der Erdbebensicherheit sowie die Ergebnisse der Abklärungen zusammen und weist den noch vorhandenen Handlungsbedarf auf. Hiermit erfüllt das ASTRA den Auftrag gemäss Bundesratsbeschluss über diese Abklärungen Bericht zu erstatten.

Resumé

En tant que propriétaire, la Confédération est responsable de ses propres bâtiments et installations et par conséquent également de la sécurité sismique des routes nationales. Concernant les routes, ce sont principalement les ponts qui peuvent être vulnérables face aux séismes. Afin d'identifier parmi la totalité des ponts, les ouvrages critiques en terme de sécurité sismique dans un délai limité et avec un effort limité, l'Office fédéral des routes (OFROU) a développé et mis en œuvre une procédure d'évaluation en deux phases dans le cadre du programme de mesures fédéral de gestion du risque sismique. Cette procédure a été appliquée de façon unique et en complément aux inspections régulières et aux examens statiques des ponts routiers nationaux. Indépendamment des investigations menées sur la sécurité sismique, les ponts des routes nationales doivent être inspectés à intervalles réguliers et, conformément aux normes en vigueur, soumis à un examen statique.

L'évaluation de la sécurité sismique des quelque 4 000 ponts routiers nationaux a été lancée en 2005 et est maintenant achevée. Les mesures nécessaires pour améliorer la sécurité sismique ont en partie déjà été mises en œuvre ou sont en cours de planification. La réalisation complète des mesures de sécurité sismique nécessaires sur les ponts des routes nationales devrait être achevée à l'horizon 2035.

Les investigations ont montré que les ponts des routes nationales sont en général construits de manière robuste face à l'action sismique. Des mesures visant à accroître la sécurité sismique ne sont nécessaires que pour environ 6 % des ponts des routes nationales et peuvent en règle générale être mises en œuvre avec un effort restreint. Les mesures de sécurité sismique jugées hautement prioritaires ont déjà pu être mises en œuvre. Les mesures de priorité moyenne seront exécutées dans les années à venir, tandis que celles de faible priorité seront réalisées en même temps que d'autres mesures d'entretien des ponts dans le cadre de la planification de l'entretien des routes nationales UPlaNS. Les résultats des investigations et les mesures de sécurité sismique nécessaires ont été répertoriés dans une liste centralisée qui permet d'avoir une vue d'ensemble et de contrôler la réalisation des mesures.

Le présent rapport résume l'application de la procédure en deux phases pour l'évaluation de la sécurité sismique et les résultats des investigations. De plus, le rapport fait état des actions encore à mener. L'OFROU remplit ainsi son mandat de faire rapport sur ces investigations conformément à l'arrêté du Conseil fédéral.

Inhaltsverzeichnis

1.	Ausgangslage	6
2.	Zielsetzung und Abgrenzung	6
3.	Standards für die Abklärungen	7
4.	Umsetzung der Abklärungen	8
4.1	Erste Stufe - Checkliste.....	8
4.2	Zweite Stufe – Vertiefte Überprüfung.....	9
4.3	Überprüfung im Rahmen der Unterhaltsplanung Nationalstrassen (UPlaNS)	10
5.	Dokumentation der Überprüfungen	10
6.	Auswertung der Ergebnisse	11
7.	Planung der Massnahmen	13
7.1	Termine, Finanzierung und Kontrolle der Massnahmen	13
7.2	Umgang mit Objekten aus dem neuen Netzbeschluss	14
8.	Beispiele von umgesetzten Massnahmen	14
8.1	Brücke Wiese Basel – N02	14
8.2	Hinterrheinbrücke Rothenbrunnen – N13	15
8.3	Viaduc de Chillon – N09.....	16
9.	Abschluss der Abklärungen	17
9.1	Schlusserkenntnisse	17
9.2	Umgang mit Neuerkenntnissen	17
9.3	Handlungsbedarf	17
9.3.1	Identifizierter Handlungsbedarf aus den abgeschlossenen Abklärungen.....	17
9.3.2	Allgemeiner Handlungsbedarf	18
Anhang A: Zusammenfassung des zweistufigen Verfahrens zur Beurteilung der Erdbebensicherheit der Strassenbrücken der Nationalstrassen		19
Anhang B: Erläuterungen zur Liste der untersuchten Brücken		20

1. Ausgangslage

Das Risiko für die Schweiz infolge Erdbeben wird als Kernrisiko des Bundes eingestuft. Seit 2001 koordiniert der Bund seine Aktivitäten im Bereich Erdbebenrisikomanagement im Rahmen eines Massnahmenprogramms, das alle vier Jahre vom Bundesrat beschlossen wird.

Als Eigentümer ist der Bund für seine eigenen Bauten und Anlagen verantwortlich und somit auch für die Erdbebensicherheit der Nationalstrassen. Bei Strassen sind es vor allem die Brücken, die gegenüber Erdbeben eine bedeutende Verletzbarkeit aufweisen können. Die Mehrheit der Brücken des Nationalstrassennetzes wurden vor Inkrafttreten von aus heutiger Sicht modernen Erdbebenbestimmungen erstellt, sprich vor der Einführung 1989 der Norm 160 des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins SIA (siehe Abb. 1). Somit war unklar, welche Brücken aus heutiger Sicht allfällig eine ungenügende Erdbebensicherheit aufweisen. Eine effiziente Erdbebenprävention bedingt, neben der systematischen Kontrolle der Umsetzung des Erdbebenschutzes bei Bauvorhaben (Neubau- und Erhaltungsprojekte), auch eine Übersicht der Erdbebensicherheit der bestehenden Brücken. Mit dem Ziel die kritischen Bauwerke mit einem begrenzten Aufwand aus der Gesamtheit der Brücken zu identifizieren, wurde ein zweistufiges Beurteilungsverfahren entwickelt und eingesetzt.

Das Bundesamt für Strassen (ASTRA) hat mit der Beurteilung der Erdbebensicherheit der rund 4'000 Nationalstrassenbrücken¹ im Jahr 2005 begonnen und die erforderlichen Erhaltungsmassnahmen umgesetzt oder geplant. Die vollständige Umsetzung der nötigen Erdbebensicherheitsmassnahmen soll mit Zeithorizont 2035 abgeschlossen werden. Gemäss Bundesratsbeschluss² bzw. Bericht an den Bundesrat³ hat das ASTRA über den Abschluss und die Erfahrungen aus den Abklärungen zur Erdbebensicherheit der Strassenbrücken der Nationalstrassen bis Ende 2020 Bericht zu erstatten. Mit dem vorliegenden Bericht wird dieser Auftrag erfüllt, sowie die Erfahrungen aus der Massnahmenplanung und – wo schon erfolgt – der Massnahmenumsetzung festgehalten.

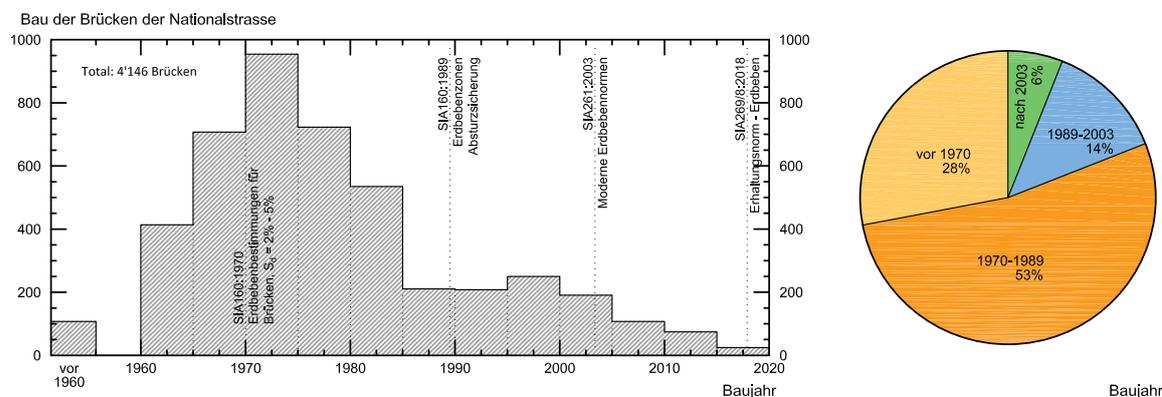


Abb. 1: Altersstruktur der Brücken des Nationalstrassennetzes gegliedert nach Erdbebennormengenerationen

2. Zielsetzung und Abgrenzung

Mit den Abklärungen zur Erdbebensicherheit der Brückenbauwerke der Nationalstrassen wurden die kritischen Brücken identifiziert, die den aktuellen Anforderungen bezüglich Erdbebensicherheit nicht genügen, sowie die erforderlichen Erdbebensicherheitsmassnahmen priorisiert und teilweise bereits umgesetzt. Aufgrund der hohen Anzahl an bestehenden Objekten wurde ein Verfahren in zwei Stufen erarbeitet. In der ersten Stufe wurden alle Brücken in einem einfachen und raschen Verfahren beurteilt. Dank dieser ersten Beurteilung konnten die bezüglich Erdbebensicherheit potentiell kritischen Brücken identifiziert und in einer zweiten Stufe vertieft analysiert werden. Die in der ersten Stufe ausgeschiedenen Brücken weisen mit grosser Wahrscheinlichkeit eine genügende Sicherheit auf gegenüber der Erdbebeneinwirkung. Dies bedeutet jedoch nicht abschliessend, dass all diese

¹ beinhalten Brücken, Viadukte sowie Über- und Unterführungen

² Bundesratsbeschluss «Erdbebenrisikomanagement – Massnahmen des Bundes für den Zeitraum 2017 bis 2020» vom 16. Juni 2017

³ «Erdbebenrisikomanagement – Massnahmen des Bundes, Standbericht und Planung für den Zeitraum 2017 bis 2020», Juni 2017, BAFU

Brücken die heutigen Anforderungen an die Erdbebensicherheit vollumfänglich erfüllen. Bei ungenügender Erdbebensicherheit der vertieft überprüften Brücken wurden in Abhängigkeit einer Prioritätensetzung Erdbebensicherheitsmassnahmen vorgeschlagen und falls erforderlich zum Teil bereits geplant und umgesetzt. Die Anwendbarkeit des Konzepts ist auf die in der Schweiz vorherrschende niedrige bis mittlere Seismizität beschränkt.

Bei den vorgenommenen und hier zusammengefassten Abklärungen zur Erdbebensicherheit der Brücken der Nationalstrassen handelt es sich um ein einmaliges und abgeschlossenes Projekt, das seinen Zweck der Identifizierung der kritischen Brücken bezüglich der Verletzbarkeit⁴ gegenüber Erdbeben erfüllt hat. Unter der Voraussetzung, dass die aus dem Projekt erforderlichen Massnahmen umgesetzt und alle weiteren Bauvorhaben normkonform behandelt werden, ist die erneute Durchführung eines solchen selektiven Verfahrens oder die Aktualisierung der Resultate nicht zweckmässig. Im Rahmen von Bauvorhaben für Neubau- und für Erhaltungsprojekte sind die geltenden normativen Grundlagen zu berücksichtigen. Die Resultate der ersten Stufe ersetzen die Überprüfung der Erdbebensicherheit im Rahmen eines Bauvorhabens nicht. Liegen jedoch Resultate einer zweiten Stufe vor, können diese, falls vollständig und korrekt, berücksichtigt oder beigezogen werden.

3. Standards für die Abklärungen

Die Durchführung des zweistufigen Verfahrens zur Beurteilung der Erdbebensicherheit der Strassenbrücken des ASTRA wurde 2005 gestartet und 2019 beendet. Berücksichtigt wurden dabei die aktuellen Normenwerke des SIA sowie die Richtlinien und Dokumentationen des ASTRA. Diese wurden im Laufe des zweistufigen Verfahrens teilweise aktualisiert, überarbeitet und durch weitere Normen und Dokumente ergänzt. Chronologisch aufgeführt und auf die Beurteilung der Erdbebensicherheit eingegrenzt sind dies folgende Normen und Dokumente:

- 2003: SIA-Tragwerksnormen SIA 260 bis SIA 267.
- 2004: Merkblatt SIA 2018, "Überprüfung bestehender Gebäude bezüglich Erdbeben".
- 2005: ASTRA Dokumentation 82003 "Beurteilung der Erdbebensicherheit bestehender Strassenbrücken".
- 2010: ASTRA Dokumentation "Überprüfung der Erdbebensicherheit bestehender Strassenbrücken: 2. Stufe", 1. Entwurf.
- 2011: SIA-Erhaltungsnormen SIA 269 sowie 269/1 bis SIA 269/7.
- 2013: ASTRA Dokumentation "Überprüfung der Erdbebensicherheit bestehender Strassenbrücken: 2. Stufe", Entwurf vom 16.09.2013.
- 2017: Erhaltungsnorm SIA 269/8 "Erhaltung von Tragwerken – Erdbeben".
- 2020: Tragwerksnorm SIA 261 "Einwirkungen auf Tragwerke", Teilrevision Kap. Erdbeben.

Aufgrund der regelmässigen Anpassungen im Normenwerk und der im Laufe der Abklärungen gewonnenen Erfahrungen, sind über die Zeit gewisse Differenzen bei der Beurteilung der bestehenden Strassenbrücken entstanden. Diese Differenzen sind jedoch nicht relevant für die Gesamtbeurteilung der Erdbebensicherheit der Strassenbrücken und für die übergeordnete Zielsetzung dieser Abklärungen, konkret die kritischen Brücken zu identifizieren und die erforderlichen Erdbebensicherheitsmassnahmen zu priorisieren.

⁴ Im Verfahren wurden die relevanten Parameter zur Erdbebengefährdung (Stärke und Wahrscheinlichkeit der Erdbebeneinwirkung) und zur Anfälligkeit (Verletzbarkeit) der Tragstrukturen der Brücken berücksichtigt. Die Höhe der betroffenen Werte als Bestandteil des potentiellen Schadenausmasses aus Sicht des Risikos wurde bewusst in diesem selektiven Verfahren nicht berücksichtigt.

4. Umsetzung der Abklärungen

Das zweistufige Beurteilungsverfahren ist ausführlich in den ASTRA Dokumentationen (siehe Kapitel 3) festgehalten und im Anhang A übersichtlich zusammengefasst. Die Abklärungen wurden zwischen 2005 und 2019 durchgeführt. Da die Nationalstrassen erst 2008 in das Eigentum des Bundes übergegangen sind, wurde die Mehrheit der Abklärungen in der ersten Stufe durch die damals zuständigen Kantone vorgenommen. Die zweite Stufe wurde anschliessend durch die 5 Filialen des ASTRA in ihrem jeweiligen Einzugsgebiet (siehe Abb. 2) organisiert und betreut. Dabei wurde zum Teil die Überprüfung der Brücken gemäss der zweiten Stufe filialspezifisch etwas unterschiedlich gehandhabt. Der Bereich «Erhaltungsplanung Zentrale» des ASTRA in Bern wurde 2018 geschaffen und dient unter anderem als «koordinative Drehscheibe» zwischen der ASTRA Zentrale und den Bereichen «Erhaltungsplanung» der fünf Filialen. Dementsprechend obliegt dem Bereich «Erhaltungsplanung Zentrale» in diesem Kontext die übergeordnete Kontrolle sowie die Koordination der Massnahmen und deren Umsetzung.

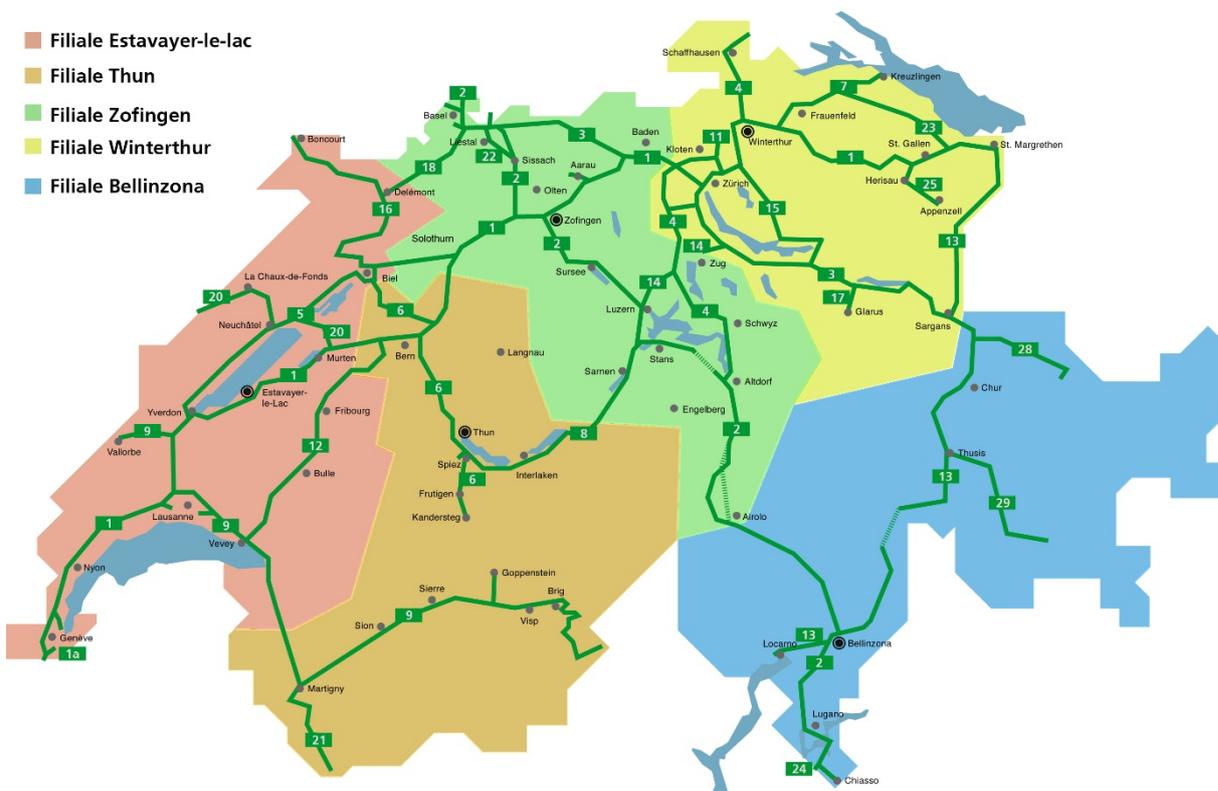


Abb. 2: Einteilung der 5 Filialen des ASTRA

Nach einer Bereinigung der Ergebnisse der ersten Stufe erfolgte die vertiefte Überprüfung der Erdbebensicherheit gemäss der zweiten Stufe des Beurteilungsverfahrens durch das ASTRA an 583 Brücken. Für die 2. Stufe inkl. der Bereinigung der 1. Stufe wurden durch das ASTRA 2.5 Mio. CHF aufgewendet. Für die vertiefte Überprüfung der Erdbebensicherheit wurden durchschnittlich rund 4'000 CHF pro Brücke ausgegeben. Je nach Komplexität des Brückenbauwerks variierten die Kosten einer vertieften Überprüfung der Erdbebensicherheit zwischen 2'000 CHF/Brücke bis über 10'000 CHF/Brücke.

4.1 Erste Stufe - Checkliste

In der ersten Stufe wurden in einem raschen Verfahren mit einer Checkliste im Umfang einer A4-Seite alle Brücken bezüglich ihrer Verletzbarkeit gegenüber Erdbeben durch die damals zuständigen Kantone beurteilt. Die Beurteilung erfolgte anhand von mehreren Kriterien, die sich stark auf die normativen Bestimmungen abstützen. Diese berücksichtigen einerseits die vorliegende Erdbebeneinwirkung (Erdbebenzone, Baugrundklasse, Bauwerksbedeutung) und andererseits das Tragwerksverhalten (Brückengeometrie, Lagerungskonzept, Absturzsicherung, ...). Die Beurteilung

erfolgte anhand einer Sichtung der Pläne sowie falls notwendig einer Begehung vor Ort durch auf Erdbeben und Brückenbau spezialisierte Fachleute. Spezialbrücken, wie zum Beispiel Bogen- oder Schrägseilbrücken, wurden direkt in der zweiten Stufe vertieft analysiert.

Der Aufwand der Beurteilung in der ersten Stufe lag bei weniger als einem halben Tag pro Brücke, wobei zusätzlich Zeit für die Beschaffung der Pläne, Baugrundgutachten und weiterer Unterlagen erforderlich war.

Bei den in der ersten Stufe der Überprüfung als nicht genügend erdbebensicher eingestuftem Brücken erfolgte eine Prioritätensetzung für die vertiefte Überprüfung der Erdbebensicherheit und die allenfalls erforderlichen Sofortmassnahmen, mit den folgenden drei Kategorien: Sofortmassnahmen, 1. Priorität oder 2. Priorität. Dabei wurden quantitative und qualitative Kriterien berücksichtigt sowie auch die Bedeutung des Bauwerkes aufgrund seiner Einteilung in eine Bauwerksklasse.

Da die Mehrheit der Abklärungen in der ersten Stufe durch die damals zuständigen Kantone vorgenommen wurde, erfolgte eine Bereinigung der Ergebnisse der ersten Stufe durch das ASTRA bevor die in der ersten Stufe als kritisch eingestuftem Brücken anschliessend in der zweiten Stufe vertieft analysiert wurden. Zusammenfassend wurden anhand der Stufe 1 und deren Bereinigung 583 Brücken (14% der 4'146 Brücken der Nationalstrassen) für eine vertiefte Überprüfung in der Stufe 2 ausgesondert (siehe Abbildung 3).

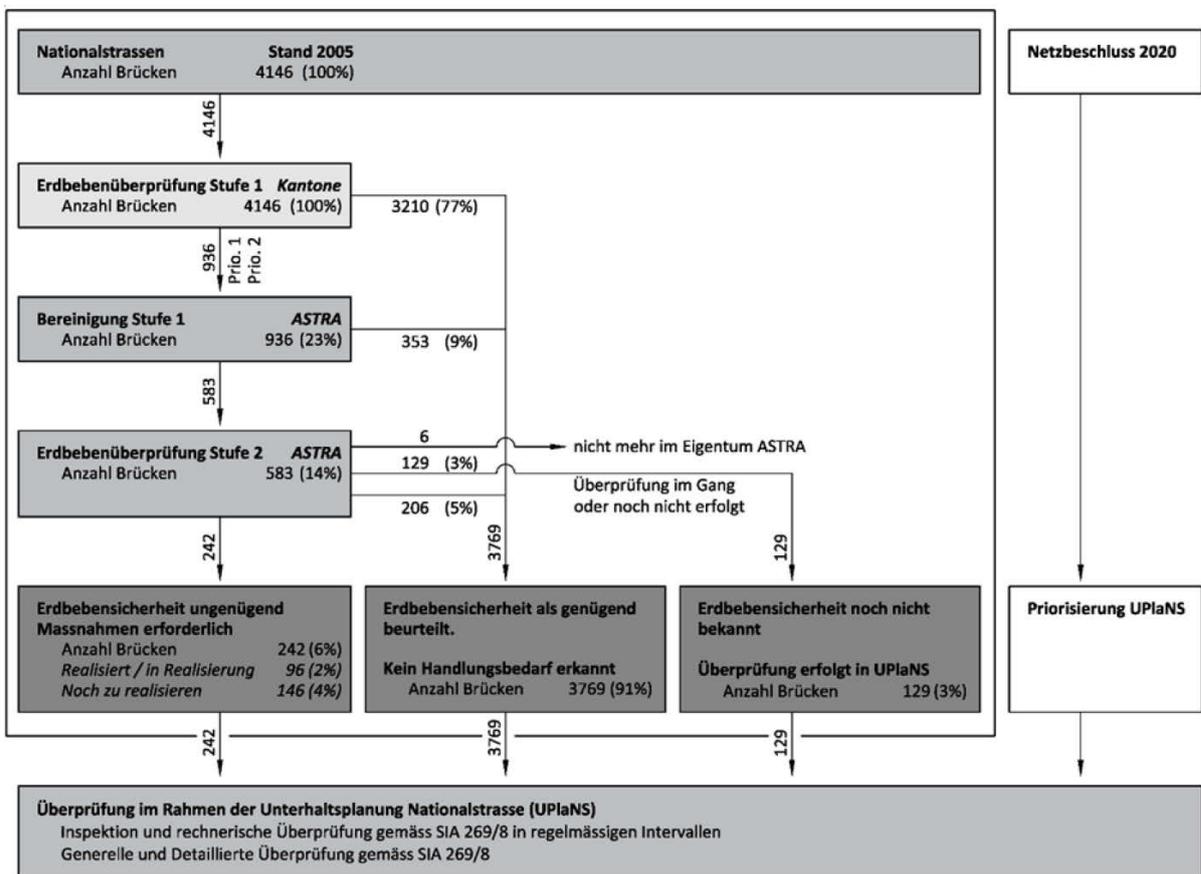


Abb. 3: Übersicht der Abklärungen der Erdbebensicherheit der Brückenbauwerke der Nationalstrassen.

4.2 Zweite Stufe – Vertiefte Überprüfung

In der zweiten Stufe der Beurteilung erfolgte eine umfassende Überprüfung der Erdbebensicherheit der aus der Stufe 1 ausgesonderten Strassenbrücken. Im Wesentlichen handelte es sich dabei um eine Überprüfung der Erdbebensicherheit nach den gültigen SIA-Tragwerksnormen und SIA-Erhaltungsnormen, die dementsprechend auf einer Zustandserfassung mit einer Begehung beruhte. Als Resultat wurden die Schwachstellen aufgezeigt und eine Beurteilung der Erfüllung der Anforderungen an Neubauten vorgenommen. Die für die Überprüfung verwendeten Berechnungsverfahren sind je nach Brückentragwerk und vorhandenem Defizit an Erdbebensicherheit unterschiedlich anspruchsvoll und zeitintensiv. In der ASTRA-Dokumentation "Überprüfung der

Erdbebensicherheit bestehender Strassenbrücken: 2. Stufe" sind die gängigen Berechnungsverfahren beschrieben. Die Grundlagen für die Überprüfungen und für die Beurteilung der Erdbebensicherheit wurden in Analogie zum damals geltenden Merkblatt SIA 2018 «Überprüfung bestehender Gebäude bezüglich Erdbeben» (2004) festgelegt. Die Erhaltungsnorm SIA 269/8 «Erhaltung von Tragwerken – Erdbeben» von 2017 hat die Grundlagen des Merkblattes SIA 2018 übernommen und den Anwendungsbereich u. a. auf Brücken erweitert. Diese Norm ist erst nach den meisten Abklärungen zur Erdbebensicherheit der Brückenbauwerke der Nationalstrassen erschienen und konnte formell bei diesen Abklärungen mehrheitlich nicht berücksichtigt werden. Sie wird aber im Rahmen der Projektierung der aus den Abklärungen notwendigen Massnahmen berücksichtigt.

Für die Brücken, bei welchen anhand der vertieften Analyse eine ungenügende Erdbebensicherheit festgestellt wurde, wurden mögliche Massnahmenkonzepte vorgeschlagen. Dabei wurden nicht nur bauliche Massnahmen zur Erhöhung der Erdbebensicherheit ausgearbeitet, sondern ebenfalls ihre Verhältnismässigkeit untersucht (anhand der Kosten und der erzielten Risikoreduktion, gemäss der ASTRA-Dokumentation "Überprüfung der Erdbebensicherheit bestehender Strassenbrücken: 2. Stufe"). Die Verhältnismässigkeit von Erdbebensicherheitsmassnahmen ist gegeben, wenn mit den baulichen Massnahmen im Vergleich zu den Kosten eine angemessene Risikoreduktion resp. Erhöhung der Erdbebensicherheit erzielt wird. Ist die Verhältnismässigkeit von Massnahmen an einer betroffenen Brücke gegeben, sind diese umzusetzen.

Mit dem Ziel höher risikobehaftete Bauwerke möglichst rasch zu ertüchtigen, wurden die Brückenobjekte für das weitere Vorgehen priorisiert. Dabei wurde insbesondere der rechnerische Erfüllungsfaktor der Erdbebensicherheit verwendet, und somit das Mass der Nichteinhaltung der aktuellen Anforderungen an die Erdbebensicherheit. Die Beurteilung der Erdbebensicherheit und der eventuell erforderlichen Massnahmen erfolgte in einem Experten-Gremium, womit nebst dem Einzelobjekt immer auch die gesamte Brückenpopulation betrachtet wurde, um sicherzustellen, dass eine effiziente Priorisierung für die weitere Bearbeitung der Massnahmenprojekte sichergestellt wurde.

Zusammenfassend wurden aus den 583 Brücken, die für die Stufe 2 ausgesondert wurden, 448 Brücken (242 + 206 Brücken gemäss Abb. 3) vertieft in der Stufe 2 untersucht. Für 129 ausgesonderte Brücken wurde entschieden, die vertieften Überprüfungen im Rahmen von bereits laufenden oder kurz bevorstehenden UPlANS-Projekten durchzuführen. Aktuell wurde bei 242 Brücken ein Bedarf für Massnahmen festgestellt.

4.3 Überprüfung im Rahmen der Unterhaltsplanung Nationalstrassen (UPlANS)

Das zweistufige Verfahren hat eine rasche Priorisierung der kritischen Brücken und somit einen effizienten Einsatz der zur Verfügung stehenden beschränkten finanziellen Mittel ermöglicht. Das Verfahren beruht auf der Prämisse, dass sämtliche Brücken der Nationalstrassen in regelmässigen Intervallen inspiziert und nötigenfalls statisch überprüft werden. Dabei hat die generelle resp. detaillierte Überprüfung nach den aktuellen Erhaltungsnormen SIA269 ff. zu erfolgen. Die statische Überprüfung der Brückenbauwerke im Rahmen der Unterhaltsplanung der Nationalstrassen (UPlANS) wird unabhängig vom durchgeführten zweistufigen Verfahren zur Beurteilung der Erdbebensicherheit der Brückenbauwerke fortgeführt. Die Ergebnisse der ersten Stufe der Abklärungen der Erdbebensicherheit ersetzen dabei nicht die im Rahmen der UPlANS durchzuführende Überprüfung der Erdbebensicherheit. Liegen jedoch Resultate einer zweiten Stufe vor, können diese, falls vollständig und korrekt, berücksichtigt oder beigezogen werden. Damit wird sichergestellt, dass die Brücken, welche bei der ersten Stufe des Verfahrens fälschlicherweise als unkritisch beurteilt wurden, im Rahmen der UPlANS neu beurteilt werden und stets die aktuellsten Normen berücksichtigt werden.

5. Dokumentation der Überprüfungen

Die technischen Berichte und statischen Berechnungen der vertieften Überprüfungen (2. Stufe) sind dezentral in den fünf ASTRA-Filialen zusammen mit der Dokumentation der Brückenbauwerke aufbewahrt. Die Dokumentation der Brückenbauwerke wird für die Überprüfung im Rahmen der Unterhaltsplanung der Nationalstrasse (UPlANS) verwendet und liegt somit bei den Filialen komplett inkl. den Berichten zur Erdbebensicherheit vor.

Die relevanten Attribute der untersuchten Brückenbauwerke sowie die Ergebnisse der vertieften Überprüfung (2. Stufe) liegen zentral in Form einer Tabelle vor (siehe Erläuterungen im Anhang B). Diese bietet einem Gesamtüberblick und dient zur Kontrolle der Umsetzung der erforderlichen Erdbebensicherheitsmassnahmen sowie der noch ausstehenden Überprüfungen an den Brückenbauwerken.

6. Auswertung der Ergebnisse

Die Abklärungen zur Erdbebensicherheit erfolgten an 4'146 Brückenbauwerken (siehe Abb. 3). Dies entspricht dem Brückenbestand vor dem Übergang der Nationalstrassen 2008 in das Eigentum des Bundes und ohne die zusätzlichen Strassenabschnitte, die dem ASTRA mit dem Netzbeschluss 2020 zugewiesen wurden. Mit der ersten Stufe der Überprüfung konnten 77% der Brücken aus dem Verfahren ausgeschieden werden, weil deren Erdbebensicherheit als genügend beurteilt wurde oder weil Sofortmassnahmen zur Sicherstellung einer genügenden Erdbebensicherheit umgesetzt werden mussten. Nach der Bereinigung der ersten Stufe durch das ASTRA konnten weitere 353 Brücken (9% des Gesamtbestandes) als genügend erdbebensicher betrachtet werden und schieden aus dem Verfahren aus. Für 583 Brücken (14% des Gesamtbestandes) wurde hingegen eine vertiefte Überprüfung der Erdbebensicherheit (2. Stufe) beschlossen. Die vertiefte Überprüfung der Erdbebensicherheit dieser Brücken wurde durch die jeweiligen ASTRA-Filialen durchgeführt. Für 129 dieser Brücken wurde entschieden, die vertiefte Überprüfung im Rahmen von laufenden oder kurz bevorstehenden UPlANS-Projekten durchzuführen. Weitere 6 Brücken sind nicht mehr im Eigentum des ASTRA und werden somit bei den Abklärungen nicht weiter berücksichtigt. Für die restlichen 448 Brücken wurde die Überprüfung gemäss Stufe 2 abgeschlossen. Anhand dieser vertieften Überprüfung der Erdbebensicherheit wurde für 242 Brücken (6% des gesamten Brückenbestandes) ein Bedarf an Massnahmen identifiziert. Rechnet man im selben Verhältnis die 129 Brücken hinzu, welche im Rahmen von UPlANS-Projekten noch untersucht werden, so kann daraus geschlossen werden, dass voraussichtlich ein Bedarf an Massnahmen für knapp 8% der Brückenpopulation besteht.

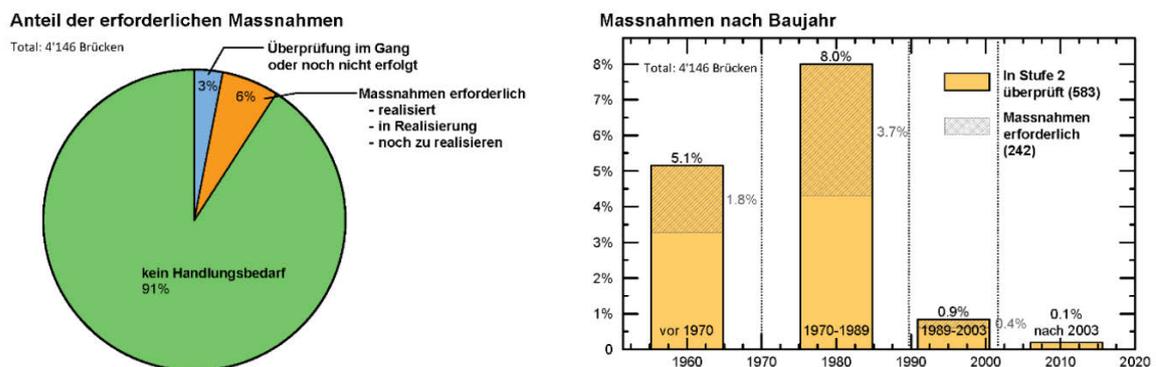


Abb. 4: Auswertung der Ergebnisse der vertieften Überprüfung (Stufe 2) sowie der durch die Überprüfungen ausgelösten Massnahmen zur Erhöhung der Erdbebensicherheit. Anteil der erforderlichen Massnahmen zur Erhöhung der Erdbebensicherheit bei den Brücken der Nationalstrassen (Links) und Aufschlüsselung der erforderlichen Massnahmen nach Baujahr der Brücken (Rechts).

Etwa ein Drittel der empfohlenen Massnahmen zur Erhöhung der Erdbebensicherheit wurden bereits realisiert oder sind in Realisierung. Die restlichen empfohlenen Massnahmen werden je nach Priorisierung in den nächsten Jahren oder im Rahmen der Unterhaltsplanung realisiert. Die Priorisierung der Massnahmen wurde durch ein Experten-Gremium auf Basis der Verletzbarkeit und/oder der Bedeutung der Brückenbauwerke im Sinne einer Risikoabwägung festgelegt.

Wie in Abbildung 4 rechts dargestellt, zeigt die vertiefte Analyse der Brückenpopulation, dass das Baujahr der Brücke einen Einfluss auf die Beurteilung der Erdbebensicherheit hat. Trotz der Entwicklung der normativen Annahmen für die Erdbebeneinwirkung kann der geringe Anteil an erforderlichen Massnahmen auch auf eine gute konstruktive Durchbildung der Brückenbauwerke sowie der Berücksichtigung der horizontal wirkenden Bremskräfte zurückgeführt werden.

Die häufigste Massnahme zur Erhöhung der Erdbebensicherheit bei Brücken ist die Verstärkung resp. der Ersatz der Brückenlager. Die Brückenlager sind die bedeutendste Schwachstelle des untersuchten Brückenbestandes. Bei fast jeder zweiten Brücke (48%) der 242 Brücken, deren Erdbebensicherheit erhöht werden musste, wurden als Massnahme die Brückenlager entweder verstärkt oder ersetzt. Weitere Schwachstellen, welche ebenfalls von der Lagerung des Brückenüberbaus abhängig sind, wurden bei den Widerlagern (13%) sowie bei einer ungenügenden Absturzsicherung (6%) identifiziert (siehe Abbildung 5). Somit ist die Lagerung des Brückenüberbaus, welche die Brückenlager, die Widerlager sowie die Absturzsicherung umfasst, die bedeutendste Schwachstelle bezüglich der Verletzbarkeit der Brücken gegenüber der Erdbebeneinwirkung. Bei etwa jeder vierten Brücke, bei der Massnahmen zur Erhöhung der Erdbebensicherheit erforderlich sind, liegen die Schwachstellen bei den Brückenpfeilern oder bei der Struktur der Brücke, wobei damit primär der Brückenüberbau gemeint ist.

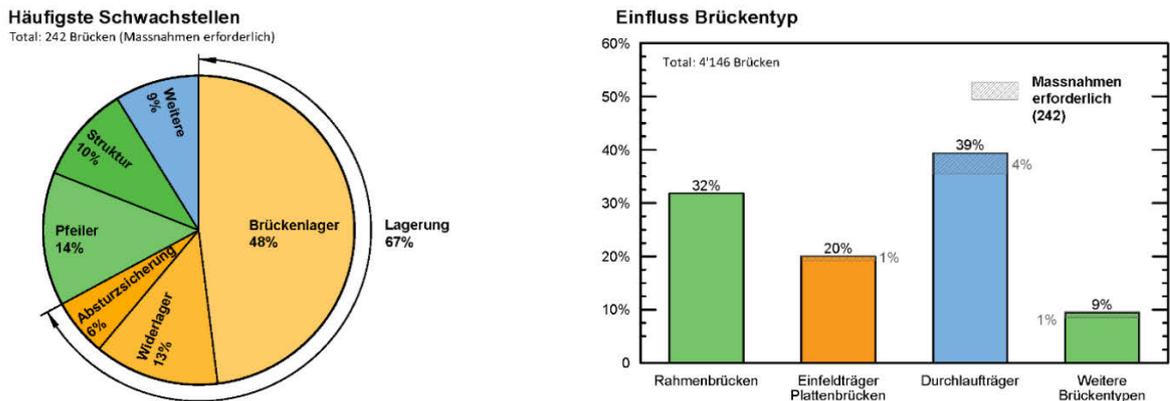


Abb. 5: Links: Anteil der identifizierten Schwachstellen bezüglich Erdbebensicherheit
Rechts: Einfluss der Brückentypen auf die erforderlichen Massnahmen zur Erhöhung der Erdbebensicherheit.

Die in Abbildung 5 links erwähnten Schwachstellen treten am häufigsten bei Brücken mit mehrfach gelagerten Brückenträgern (Durchlaufträgern) auf, siehe Abbildung 5 rechts. Es sind dies in der Regel grössere Brücken, welche einerseits über Brückenlager verfügen sowie infolge der grösseren Spannweiten eine entsprechend grössere Einwirkung bei Erdbeben erfahren. Kürzere Brücken, welche häufig als Einfeldträger oder Plattenbrücken ausgeführt sind, zeigen eine deutlich geringere Verletzbarkeit bezüglich Erdbeben auf. Rahmenbrücken, welche über keine Brückenlager verfügen, sind bezüglich der Erdbebensicherheit deutlich robuster. So wurden bei keiner Rahmenbrücke Massnahmen zur Erhöhung der Erdbebensicherheit empfohlen, obwohl jede dritte Brücke auf dem Nationalstrassennetz eine Rahmenbrücke ist, siehe Abbildung 5 rechts.

Nebst den erwähnten Eigenschaften der Brücken hat insbesondere auch die Bestimmung der Erdbebeneinwirkung einen Einfluss auf die erforderlichen Massnahmen zur Erhöhung der Erdbebensicherheit der Brücken. Bei Brücken, welche sich in der Erdbebenzone 1 (niedrige Seismizität) befinden, sind nur selten Massnahmen zur Erhöhung der Erdbebensicherheit erforderlich. Anders ist dies für Brücken, welche sich in der höher eingestuften Erdbebenzonen 3a resp. 3b befinden. Für eine Mehrheit der Brücken, welche in der 2. Stufe des Verfahrens vertieft überprüft wurden und sich in der Erdbebenzonen 3a und 3b befinden, wurden Erdbebensicherheitsmassnahmen empfohlen.

Die Auswertung der durchgeführten Überprüfung der Erdbebensicherheit sowie der empfohlenen Massnahmen bestätigt, dass die Brückenbauwerke der Nationalstrassen grundsätzlich sehr robust gebaut sind. Sind Massnahmen zur Erhöhung der Erdbebensicherheit erforderlich, so sind diese im Sinne der Erhaltungsnorm SIA269/8 in der Regel verhältnismässig, da sie in der Regel eine grosse Risikoreduktion bewirken und jedoch nur einen Bruchteil des Infrastrukturwertes kosten.

7. Planung der Massnahmen

Im Rahmen der vertieften Überprüfungen wurden neben der Zustandserfassung und -beurteilung auch Massnahmen empfohlen. Falls erforderlich und verhältnismässig sind die Massnahmen durch das ASTRA zu planen und umzusetzen.

7.1 Termine, Finanzierung und Kontrolle der Massnahmen

Gemäss Bundesratsbeschluss⁵ bzw. Bericht an den Bundesrat⁶ ist die vollständige Umsetzung der nötigen Erdbebensicherheitsmassnahmen mit Zeithorizont 2035 abzuschliessen. Bei den nötigen Erdbebensicherheitsmassnahmen handelt es sich aufgrund der abgeschlossenen Abklärungen um 242 Brücken (siehe Abb. 3). Davon sind bei 96 Objekten die Massnahmen schon realisiert oder in Realisierung. Für die restlichen 146 Objekte sollte die Frist bis 2035 unter Vorbehalt der Finanzierung, der politischen Entscheide und der allgemeinen Unterhaltsplanung, eingehalten werden können. Für 57 Objekte sind die Massnahmen in den nächsten 5 Jahren und für weitere 89 Objekte im Rahmen der UPlaNS zu planen (siehe Abb. 6).

Bei 129 Objekten sind Überprüfungen noch im Gange oder noch zu bestätigen. Aufgrund der Ergebnisse bei diesen Brücken kann es vereinzelte Objekte geben, die in naher Zukunft höher priorisiert werden müssen. Es ist jedoch gewährleistet, dass auch diese Objekte spätestens im Rahmen der regelmässigen Unterhaltsplanung überprüft werden. Falls erforderlich werden Massnahmen zur Verbesserung der Erdbebensicherheit auch in diesem Rahmen projektiert, realisiert und finanziert.

Die 583 Objekte, die für die 2. Stufe identifiziert wurden, sind durch den Bereich Erhaltungsplanung in der ASTRA Zentrale in Bern in einer Liste aufgeführt (siehe Anhang B). Die Umsetzung der nötigen Massnahmen ist durch die fünf ASTRA-Infrastrukturfilialen zu organisieren. Die Koordination der Umsetzung sowie die Überwachung des Umsetzungsstandes wird durch den Bereich Erhaltungsplanung in der ASTRA Zentrale sichergestellt, wie auch die konsolidierte Berichterstattung über den Umsetzungsstand per Ende 2024 an den Bundesrat.

Massnahmen zur Erhöhung der Erdbebensicherheit
Total: 583 Brücken

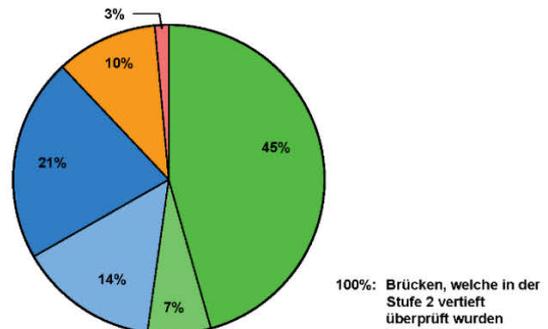
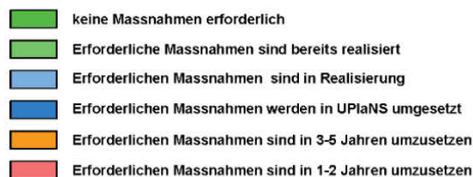


Abb. 6: Erforderlichen Massnahmen zur Erhöhung der Erdbebensicherheit bei den Brücken, welche in der Stufe 2 vertieft überprüft wurden.

Allgemein wird festgehalten, dass unabhängig vom durchgeführten zweistufigen Verfahren, alle Brückenbauwerke im Rahmen der Unterhaltsplanung der Nationalstrassen (UPlaNS) bei Veranlassung (siehe Art. 6.1.2 der Norm SIA 269) einer statischen Überprüfung unterzogen werden, welche gemäss den geltenden Erhaltungsnormen erfolgt und somit auch die Erdbebeneinwirkung gemäss SIA 269/8 berücksichtigt. Falls erforderlich und verhältnismässig werden Erdbebensicherheitsmassnahmen auch in diesem Rahmen projektiert, realisiert und finanziert.

⁵ Bundesratsbeschluss «Erdbebenrisikomanagement – Massnahmen des Bundes für den Zeitraum 2017 bis 2020» vom 16. Juni 2017

⁶ «Erdbebenrisikomanagement – Massnahmen des Bundes, Standbericht und Planung für den Zeitraum 2017 bis 2020», Juni 2017, BAFU

Für die Finanzierung allfällig erforderlicher Erdbebensicherheitsmassnahmen werden keine zusätzlichen Kredite beantragt, da diese einerseits dem Prinzip der Verhältnismässigkeit gerecht werden müssen und im Normalfall nur einen geringen Anteil ausmachen und somit im Rahmen der gesamten Erhaltungsprojektkosten getragen werden können.

7.2 Umgang mit Objekten aus dem neuen Netzbeschluss

Per 1. Januar 2020 hat der Bund mit dem neuen Netzbeschluss (NEB) rund 410 km Kantonsstrassen in das Nationalstrassennetz überführt. Somit ist das ASTRA neu auch bei den Brückenbauwerken dieser Strecken für deren Betrieb und Unterhalt verantwortlich. Aufgrund des geringen Anteils an massnahmenbedürftigen Brücken aus den abgeschlossenen Abklärungen zur Erdbebensicherheit und der zum Teil schon bekannten allgemeinen Zustandserfassungen der neuen Brückenbauwerke, besteht kein Handlungsbedarf ein selektives Verfahren nur hinsichtlich der Erdbebensicherheit auf die neu überführten Brückenobjekte anzuwenden. Grundsätzlich wird das ASTRA eine Priorisierung zur Erhaltungsplanung vornehmen bei der die relevanten Aspekte berücksichtigt werden, wie z. B. der Zustand der Bauwerke oder geotechnische Probleme. Im Rahmen einer generellen oder detaillierten Überprüfung (SIA 269 ff.) ist bei den priorisierten Objekten danach auch die Erdbebensicherheit zu überprüfen (siehe Abbildung 3 rechts).

Grundsätzlich wird das ASTRA im Rahmen der üblichen Unterhaltsplanung die Thematik Erdbebensicherheit abhandeln. Dennoch plant das ASTRA bis spätestens 2022 zu prüfen, ob ein sehr pragmatisches selektives Verfahren sinnvoll wäre, um aus dem Brückenbestand des NEB rasch die aus Sicht der Erdbebensicherheit kritischsten Objekte zu identifizieren. Dabei kann auf die Erfahrung aus dem abgeschlossenen zweistufigen Verfahren zurückgegriffen werden (siehe Kap. 9.3.1, Punkt 2) «Revision der ASTRA Dokumentation 82003»).

8. Beispiele von umgesetzten Massnahmen

Das Verfahren zur Abklärung der Erdbebensicherheit der Brückenbauwerke der Nationalstrassen hat 242 Brücken identifiziert, bei welchen Massnahmen zur Erhöhung der Erdbebensicherheit erforderlich sind. In der Folge werden 3 Beispiele von Erdbebensicherheitsmassnahmen an Brückenbauwerken dargestellt, welche sich stark in der Ausführung sowie in den dazu erforderlichen Aufwendungen unterscheiden.

8.1 Brücke Wiese Basel – N02

Die Brücke Wiese wurde 1975 bis 1978 erstellt und überquert den gleichnamigen Fluss mit einer Gesamtlänge von ca. 540 m. Der als vorgespannter Hohlkasten ausgebildete Brückenüberbau bildet einen Durchlaufträger mit insgesamt 9 unterschiedlich langen Spannweiten. Die vertiefte Überprüfung der Erdbebensicherheit hat gezeigt, dass in Brückenquerrichtung die Brückenlager die normativen Anforderungen nicht erfüllen. Der Erfüllungsfaktor bei der Überprüfung beträgt $\alpha_{\text{eff}} = 0.22$.

Als Massnahme zur Erhöhung der Erdbebensicherheit wurden beidseitig der Stützen Stahlnocken an die Untersicht des Brückenüberbaus montiert, welche die Abtragung der grossen Horizontalkräfte vom Brückenüberbau in die Stützen sicherstellen. Bei den Widerlagern wurden für die Abtragung der einwirkenden Horizontalkräfte Betonrippen erstellt, welche über vertikal eingebaute Elastomerlager die horizontal wirkenden Kräfte in die Lagerbank abtragen. Die Kosten dieser Erdbebensicherheitsmassnahmen betragen ca. 470'000 CHF.



Abb. 7: Brücke Wiese: Erdbebensicherheitsmassnahmen bei den Brückenpfeilern.

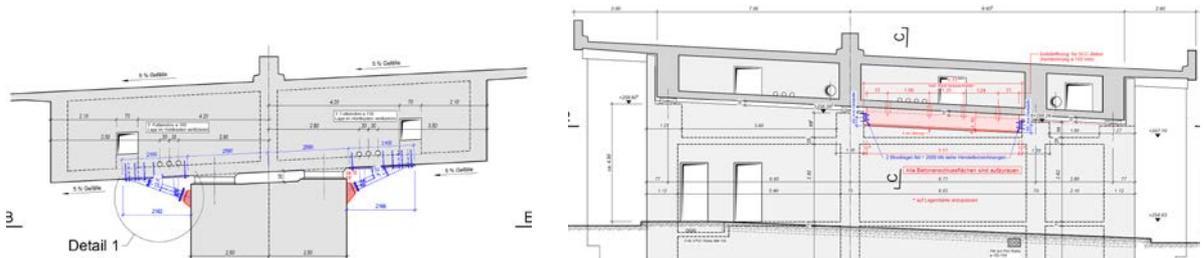


Abb. 8: Brücke Wiese: Planausschnitte der Erdbebensicherheitsmassnahmen bei den Brückenpfeilern (links) und beim Widerlager (rechts).

8.2 Hinterrheinbrücke Rothenbrunnen – N13

Die Hinterrheinbrücke bei Rothenbrunnen wurde 1977 erstellt und überquert den Hinterrhein sowie die RhB-Bahnlinie mit zwei gleich langen Spannweiten von 48.5 m. Der Brückenüberbau besteht aus einem Plattenbalken mit 10.7 m Breite. Die detaillierte Überprüfung von 2014 zeigte einerseits, dass die Randträger des Brückenüberbaus stark verwittert und mit Chloriden belastet sind und andererseits, dass die Erdbebensicherheit infolge einer zu schwachen seitlichen Halterung des Brückenüberbaus beim Brückenpfeiler ungenügend war. Deshalb wurde eine gesamthafte Instandsetzung des Bauwerks empfohlen. Diese umfasste die Erneuerung der Randträger des Brückenüberbaus, die Erneuerung der Brückenentwässerung, der Abdichtung und des Strassenbelags sowie die Verstärkung der horizontalen Kraftabtragung in Brückenquerrichtung beim Brückenpfeiler. Die Kosten der Instandsetzung der Brücke betragen ca. 2.2 Mio. CHF, wobei davon etwa 1 % auf die Erdbebensicherheitsmassnahmen beim Brückenpfeiler zurückzuführen sind.

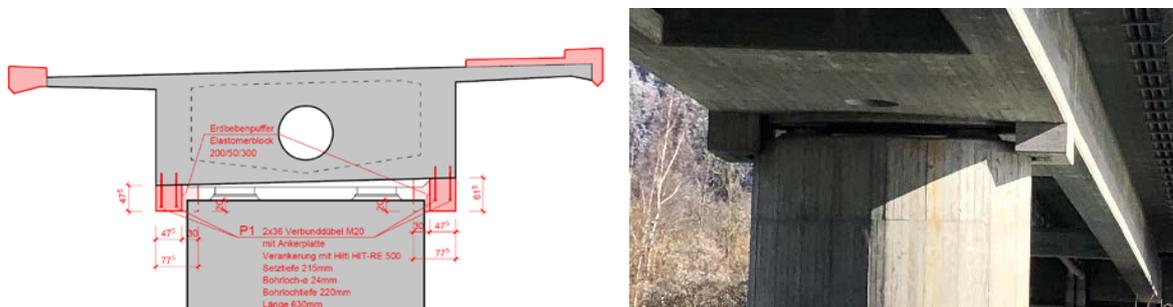


Abb. 9: Hinterrheinbrücke Rothenbrunnen: Verstärkung der horizontalen Kraftübertragung zwischen Brückenüberbau und Brückenpfeilern.

8.3 Viaduc de Chillon – N09

Das Zwillingsviadukt von Chillon wurde zwischen 1966 und 1969 erstellt und weist eine Gesamtlänge von 2.1 km auf. Es ist als Voutenträger mit vorgespanntem Hohlkastenquerschnitt ausgebildet und weist 23 Spannweiten von bis zu 104 m auf. Die 22 Stützen der Viadukte sind teils monolithisch und teils über Lager mit dem Brückenüberbau verbunden und liegen in der steilen Hanglage oberhalb des Lac Léman. Die vertiefte Überprüfung der Erdbebensicherheit hat gezeigt, dass die normativen Anforderungen an die Erdbebensicherheit nicht erfüllt sind. Der Erfüllungsfaktor bei der Überprüfung beträgt $\alpha_{\text{eff}} = 0.1$. Die Erdbebensicherheitsmassnahmen, welche 2013 bis 2015 durchgeführt wurden, umfassten den Einbau von hochdämpfenden Gummilagern zur Reduktion der Erdbebeneinwirkung bei 4 Brückenpfeilern, die Verbesserung der Duktilität durch bauliche Massnahmen an 3 Brückenpfeilern sowie Massnahmen bei allen Widerlagern. Die Kosten der Instandsetzung des Viaduktes betragen ca. 68 Mio. CHF, wobei davon 4.5 Mio. CHF (knapp 7 %) auf die Erdbebensicherheitsmassnahmen zurückzuführen sind.

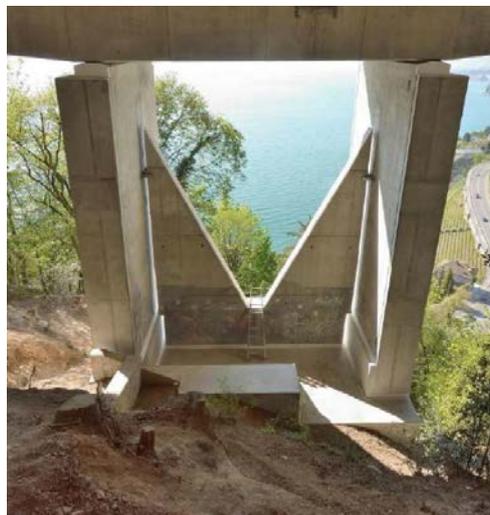


Abb. 10: Viaduc de Chillon: Ersatz Brückenlager mit hochdämpfenden Gummilagern (links) und Massnahmen zur Erhöhung der Duktilität bei den Brückenpfeilern (rechts).

9. Abschluss der Abklärungen

Die Abklärungen zur Erdbebensicherheit der Brückenbauwerke der Nationalstrassen haben ihren Zweck der Identifizierung der kritischen Brücken erfüllt und sind somit abgeschlossen. Die gemäss den Abklärungen erforderlichen Massnahmen werden umgesetzt und alle weiteren Bauvorhaben normkonform behandelt. Die erneute Durchführung eines solchen selektiven Verfahrens oder die Aktualisierung der Resultate ist nicht notwendig. Sämtliche Brückenbauwerke sind weiterhin im Rahmen der Unterhaltsplanung gemäss den aktuellen Normen zu überprüfen, dies auch unter der Einwirkung Erdbeben.

9.1 Schlusserkenntnisse

Die Abklärungen zur Erdbebensicherheit der Brückenbauwerke der Nationalstrassen haben aufgezeigt, dass die Brücken der Nationalstrassen in der Regel robust gebaut sind. Massnahmen zur Erhöhung der Erdbebensicherheit sind nur bei sehr wenigen Brücken erforderlich, wobei jene mit hoher Priorität bereits umgesetzt wurden. Die Massnahmen mit mittlerer Priorität werden in den kommenden Jahren umgesetzt, während jene mit tiefer Priorität zusammen mit weiteren Massnahmen zur Instandhaltung der Brücken im Rahmen der Unterhaltsplanung UPlaNS umgesetzt werden.

9.2 Umgang mit Neuerkenntnissen

Neue normative Anforderungen, u.a. die erhöhten Anforderungen an die Absturzsicherung im Erdbebenfall gemäss SIA 261 (2014), die erweiterten Anforderungen an die Verhältnismässigkeit gemäss SIA 269/8 (2017) oder die Anpassung der Erdbebeneinwirkung gemäss SIA 261 (2020) sind im Rahmen von Bauprojekten sowie bei der Erarbeitung oder Revision von Publikationen stets zu berücksichtigen. Eine systematische Überarbeitung bzw. Aktualisierung der Resultate (z. B. der Stufe 1) der erfolgten Abklärungen oder der Grundlagen zum zweistufigen Verfahren sind hingegen nicht notwendig, da der Zweck der Abklärungen erreicht wurde und das Verfahren abgeschlossen ist.

9.3 Handlungsbedarf

9.3.1 Identifizierter Handlungsbedarf aus den abgeschlossenen Abklärungen

1) Umsetzung der nötigen Erdbebensicherheitsmassnahmen

Die im Rahmen der abgeschlossenen Abklärungen zur Erdbebensicherheit der Nationalstrassenbrücken definierten Erdbebensicherheitsmassnahmen sind, wenn nicht schon umgesetzt, zu planen und bis spätestens 2035 umzusetzen. Es handelt sich um 242 Brücken. Davon sind bei 96 Objekten die Massnahmen schon realisiert oder in Realisierung. Für die restlichen 146 Objekte sollte die Frist bis 2035 unter Vorbehalt der Finanzierung, der politischen Entscheide und der allgemeinen Unterhaltsplanung eingehalten werden können. Die Umsetzung der nötigen Massnahmen durch die betroffenen Filialen ist durch den Bereich Erhaltungsplanung der ASTRA Zentrale in Bern anhand der Listen (siehe Anhang B) zu kontrollieren und über den Umsetzungsstand ist Ende 2024 dem Bundesrat Bericht zu erstatten.

2) Revision der ASTRA Dokumentation 82003

Mit Abschluss der Abklärungen und Inkraftsetzung 2017 der erdbebenspezifischen Norm für bestehende Tragwerke (SIA 269/8) besteht Handlungsbedarf, um die neuen normativen Bestimmungen strassenbrückenspezifisch unter Berücksichtigung der Erfahrungen aus dem zweistufigen Verfahren auszulegen. Hierzu ist die Dokumentation 82003 «Beurteilung der Erdbebensicherheit bestehender Strassenbrücken» unter Berücksichtigung der ASTRA Dokumentation zur 2. Stufe (Entwurf vom 16.09.2013) zu ergänzen und zu überarbeiten. Die revidierte Dokumentation fasst die vorgenommenen Abklärungen zusammen (siehe auch die Publikation des BAFU zum Umgang mit dem Erdbebenrisiko grosser Gebäudebestände⁷). Sie zeigt zudem das Vorgehen bei der Umsetzung von Erdbebensicherheitsmassnahmen sowie bei der Beurteilung deren

⁷ «Erdbebenrisiko grosser Gebäudebestände», Bundesamt für Umwelt, Bern, Umwelt-Wissen Nr. 1920, 2020

Verhältnismässigkeit unter Berücksichtigung der Kriterien für Anlagen mit einer Infrastrukturfunktion oder für weitere Schutzgüter auf. Somit dient diese Dokumentation dem ASTRA bei der Umsetzung von Erdbebensicherheitsmassnahmen aus dem Inventarverfahren oder für zukünftige Bauvorhaben, z. B. von Brücken aus dem NEB. Gleichzeitig kann diese Dokumentation auch weiteren Brückeneigentümern, wie den Kantonen, und allgemein den Planern, dienen.

3) *Prüfung der Zweckmässigkeit eines selektiven Verfahrens für die Brücken aus dem NEB*

Die mit neuem Netzbeschluss (NEB) per Anfang 2020 dem ASTRA überführten Brücken aus den ehemaligen Kantonsstrassen sind grundsätzlich im Rahmen der Unterhaltsplanung zu überprüfen. Das ASTRA prüft bis spätestens 2022 die Zweckmässigkeit eines pragmatischen und selektiven Verfahrens für diese neuen Objekte mit dem Ziel, allfällige kritische Objekte aus Sicht der Erdbebensicherheit rasch zu identifizieren und prioritär zu behandeln. Die Erfahrungen und positiven Ergebnisse aus den abgeschlossenen Abklärungen sind dabei zu berücksichtigen.

9.3.2 Allgemeiner Handlungsbedarf

Bauprojekte für neue Brücken sowie an bestehenden Brücken sind prinzipiell unter Berücksichtigung der zum Zeitpunkt des Vorhabens gültigen Normen zu behandeln (Norm SIA 261 (2020) für Neubauten und Norm SIA 269/8 (2017) für die Erhaltung von bestehenden Tragwerken). Hierbei sind weitere Aspekte zu berücksichtigen, die nicht direkt mit den abgeschlossenen Abklärungen im Zusammenhang, jedoch von Relevanz sind.

1) *Projektdokumentation*

Die relevanten Informationen zur Erdbebensicherheit und die erdbebenspezifischen Anforderungen sind in der ohnehin vorhandenen Projektdokumentation einheitlich und systematisch festzuhalten. Da der Eigentümer die Verantwortung für die Sicherheit trägt sind u.a. in der Nutzungsvereinbarung der Schutzgrad (z. B. Bauwerksklasse) und die Schutzziele festzulegen. Bei Bauvorhaben an bestehenden Tragwerken ist erdbebenspezifisch neben dem Ist-Zustand (Erfüllungsfaktor α_{eff}) auch der erreichte Erfüllungsfaktor α_{int} nach Umsetzung der Massnahmen aufzuführen bzw. ein allfälliges Sicherheitsdefizit mit der entsprechenden Begründung (Annahmen für die Beurteilung der Verhältnismässigkeit). Konkrete Hinweise, z. B. in der revidierten ASTRA Dokumentation 82003 und in Anlehnung an die entsprechende Richtlinie vom Bundesamt für Verkehr⁸, führen zu einer risikoorientierten, praxisgerechten und systematischen Berücksichtigung der Erdbebensicherheit und zu mehr Planungssicherheit für den Auftraggeber und die betroffenen Planer.

2) *Finanzierung*

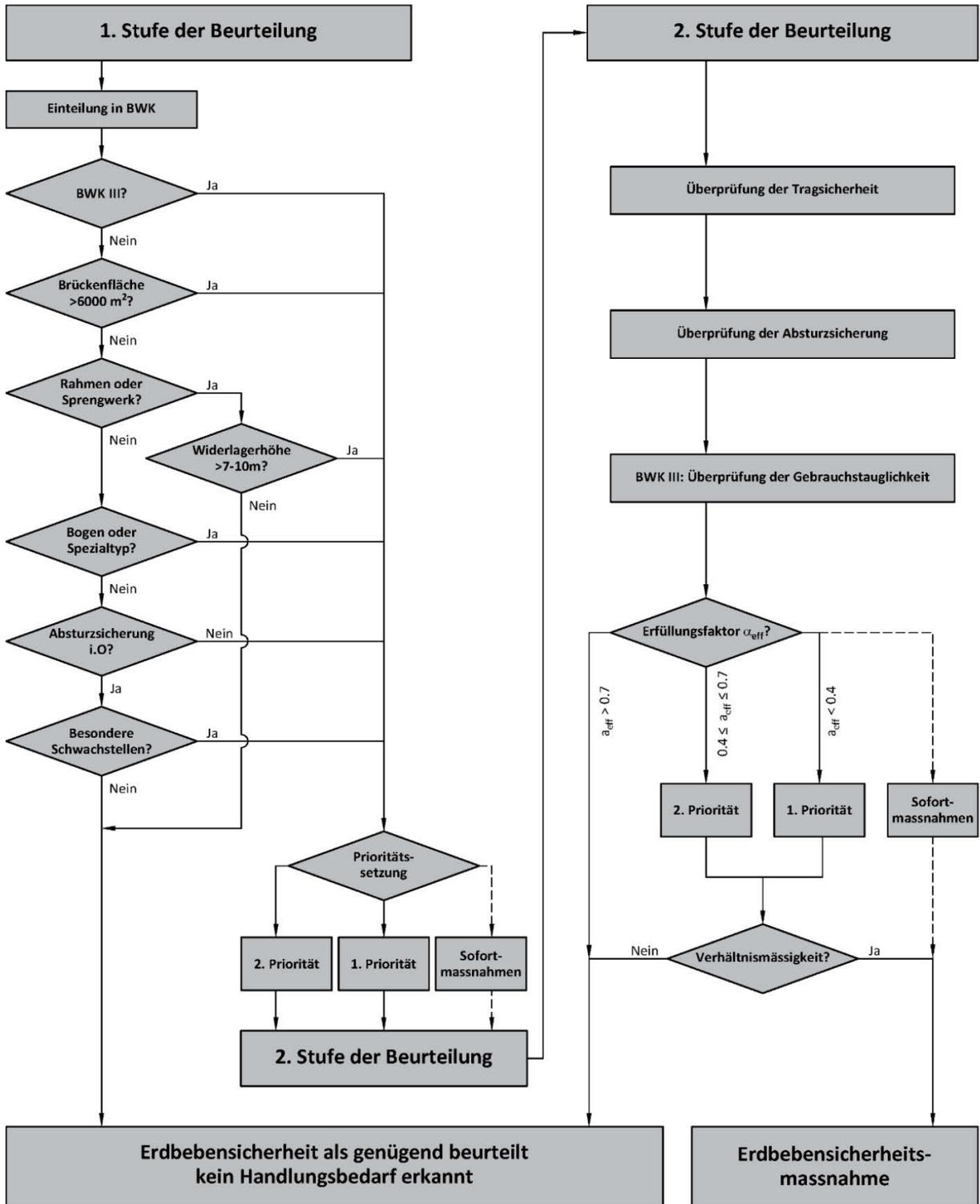
Die Berücksichtigung der normativen Anforderungen an die Erdbebensicherheit im Rahmen der Erhaltungsplanung darf gesamthaft zu keinen unverhältnismässigen Mehrkosten führen und muss über die vorhandenen Kredite getragen werden, da die Verhältnismässigkeit stets normativ zu prüfen ist. Dies schliesst jedoch nicht aus, dass im Einzelfall ein sehr geringes Erdbebensicherheitsniveau zu hohen Kosten führen kann. Jedoch wird es davon ausgegangen, dass die bekannten Problemstellen von Brücken sowie die üblichen ständigen oder quasi-ständigen Einwirkungen die Erhaltungskosten weit höher als die Erdbebeneinwirkung beeinflussen.

3) *Überprüfungen*

Bei einem Bauvorhaben an einem bestehenden Tragwerk ist unabhängig von den schon vorgenommenen Abklärungen eine Überprüfung gemäss den Grundlagen zur Erhaltung von Tragwerken (siehe Norm SIA 269) zu veranlassen. Dies ist auch der Fall, wenn eine Stufe 1 der Erdbebenbeurteilung schon vorliegt. Im Rahmen der Zustandserfassung nach SIA 269 können diese Informationen mitberücksichtigt werden, jedoch ist eine Begehung vor Ort immer erforderlich. Auch die relevanten Erkenntnisse und Erfahrungen aus dem zweistufigen Verfahren (siehe geplante Revision der Dokumentation 82003) sind zu berücksichtigen, jedoch gilt das aktuelle Normenwerk.

⁸ «Richtlinie – Erdbebensicherheit von Eisenbahnanlagen», Bundesamt für Verkehr und Bundesamt für Umwelt, Bern, 2020

Anhang A: Zusammenfassung des zweistufigen Verfahrens zur Beurteilung der Erdbebensicherheit der Strassenbrücken der Nationalstrassen



Anhang B: Erläuterungen zur Liste der untersuchten Brücken

Die Hauptmerkmale der Brückenobjekte, deren Erdbebensicherheit in der Stufe 2 der Abklärungen vertieft überprüft wurde, sowie die Ergebnisse der Abklärungen zur Erdbebensicherheit sind bei der ASTRA-Zentrale in Form einer Liste zusammengefasst. Die Liste ist spezifisch für die Abklärungen der Erdbebensicherheit erstellt worden und enthält Angaben zu relevanten Merkmalen der Tragwerksstruktur und zur Erdbebeneinwirkung (z. B. das Erstellungsjahr, das statische System und die Anzahl Brückenfelder, die Erdbebenzone, die Bauwerksklasse) sowie die Ergebnisse der vertieften Überprüfung mit Benennung der Schwachstellen und die rechnerisch ermittelten Erfüllungsfaktoren. Als Eigentümer sind dem ASTRA alle aufgelisteten Objekte bekannt. Zusätzlich sind in der Liste die erforderlichen Erdbebensicherheitsmassnahmen sowie der Zeitraum für die Umsetzung der Massnahmen gemäss folgender Einteilung angegeben:

- Keine Massnahme notwendig
- Massnahme realisiert
- Massnahme in Realisierung
- Massnahme im UPlANS planen
- Massnahme in 3 bis 5 Jahren planen
- Massnahme in 1 bis 2 Jahren planen
- Überprüfung gemäss SIA 269/8 im UPlANS vorsehen
- Überprüfung bestätigen oder aktualisieren
- Überprüfung im Gang
- Noch nicht überprüft

Die Liste gewährt einen Gesamtüberblick und dient dem Bereich «Erhaltungsplanung Zentrale» sowie den Filialen zur Nachführung und zur Kontrolle der Massnahmenumsetzung.

Nebst der Liste ist eine Übersicht der durchgeführten Abklärungen der Erdbebensicherheit erstellt worden. Diese gibt Informationen zur Anzahl Brücken, welche in der 1. und 2. Stufe der Abklärungen durch die ASTRA-Filialen überprüft wurden. Die Übersicht enthält zudem Informationen zur Anzahl Brücken pro Stufe und die Kostenschätzung der gesamten Abklärungen und der Erdbebensicherheitsmassnahmen.