

Erdbebensicherheit von Baudenkmalern

Idealtypischer Prozess bei Bauvorhaben: Eine interdisziplinäre Wegleitung für die Praxis



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

Bundesamt für Kultur BAK

Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS

Erdbebensicherheit von Baudenkmalern

Idealtypischer Prozess bei Bauvorhaben: Eine interdisziplinäre Wegleitung für die Praxis

Impressum

Herausgeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU)

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

Bundesamt für Kultur (BAK)

Das BAK ist ein Amt des Eidg. Departements des Innern (EDI).

Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS)

Das BABS ist ein Amt des Eidg. Departements für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport (VBS).

Autorinnen

Friederike Braune, Koordinationsstelle für Erdbebenvorsorge,
Bundesamt für Umwelt

Karin Zaugg Zogg, Denkmalpflege Stadt Biel,
selbstständige Kunsthistorikerin

Begleitung BAFU

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

Bundesfachstellen

Patrik Birrer, Denkmalpflege Fürstentum Liechtenstein,
Experte des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz (BABS)

Prof. Dr. Eugen Brühwiler, ETH Lausanne (EPFL),

Experte des Bundesamtes für Kultur (BAK)

Rino Büchel, Kulturgüterschutz, Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS)

Brigitte Müller, Sektion Baukultur, Bundesamt für Kultur (BAK)

Lektorat

Prof. em. Hugo Bachmann, ETH Zürich

Bernhard Gysin, Dietziker Partner Baumanagement AG, Basel

Dr. Isabel Haupt, Stellvertretende Denkmalpflegerin,
Kanton Aargau, Mitglied der Eidgenössischen Kommission für
Denkmalpflege (EKD)

Yves Mondet, Basler & Hofmann AG, Zürich

Interdisziplinäres Gremium

Prof. Dr. Katrin Beyer, ETH Lausanne (EPFL)

Francois Chapuis, Immobilien und Betrieb, Universität Zürich

Benedikt Graf, Graf Stampfli Jenni Architekten AG, Solothurn

Ueli Krauss, Althaus Architekten AG, Bern

Dr. Kerstin Lang, Tiefbauamt, Kanton Zürich

Dr. Pierino Lestuzzi, ETH Lausanne (EPFL)

Dr. Thomas Lutz, Kantonale Denkmalpflege, Kanton Basel-Stadt

Christian Mehlich, Immobilien Basel-Stadt, Kanton Basel-Stadt

Michael Neuenschwander, alb Architektengemeinschaft AG, Bern

Dr. Thomas Wenk, Wenk Erdbeningenieurwesen und

Baudynamik GmbH, Zürich

Zitierung

BAFU et. al., 2021: Erdbebensicherheit von Baudenkmalern.

Idealtypischer Prozess bei Bauvorhaben: Eine interdisziplinäre
Wegleitung für die Praxis. Umwelt-Wissen Nr. 2106: 92 S.

Titelbild

Blick von der Schwarztorstrasse in Richtung Monbijoustrasse
in Bern, Ehemalige Oberzolldirektion erbaut 1950/51 und Miets-
häuserreihe von 1904

© F. Braune, K. Zaugg Zogg

Gestaltung

Cavelti AG, Marken. Digital und gedruckt, Gossau

Bildnachweis

Siehe Anhang «Abbildungsverzeichnis»

PDF-Download

www.bafu.admin.ch/uw-2106-d

Eine gedruckte Fassung kann nicht bestellt werden.

Diese Publikation ist auch in französischer Sprache verfügbar.

Die Originalsprache ist Deutsch.

© BAFU/BAK/BABS

Inhaltsverzeichnis

Abstracts	5	Anhang	54
Vorwort	6	Anhang A Realisierte Vorhaben	55
Erläuterungen und Lesehinweise	7	Anhang B Ablaufdiagramm zum idealtypischen, interdisziplinären Prozess	74
Einleitung	8	Literatur	75
1 Grundlagen und Rahmenbedingungen	10	Glossar	81
1.1 Erdbebensicherheit	10	Abbildungsverzeichnis	90
1.1.1 Erdbeben in der Schweiz	10		
1.1.2 Erdbebenrisiko	13		
1.1.3 «Einflussgrösse» Erdbeben auf ein Bauwerk	13		
1.1.4 Erdbeben bei der Berechnung und Bemessung von Bauwerken	15		
1.1.5 Sorgfaltspflicht, Haftung und rechtliche Grundlagen	18		
1.1.6 Überprüfungspflicht, Anlass der Überprüfung und Massnahmenumsetzung	19		
1.2 Denkmalpflege	21		
1.2.1 Begriffsgrundlagen und Abgrenzung	22		
1.2.2 Auftrag und Kompetenzregelung	22		
1.2.3 Fachliche Handlungsgrundlage	23		
1.2.4 Baudenkmäler: fachliche und gesetzliche Definition	24		
1.2.5 Materielle und formelle Bezeichnung, Rechtswirkung	24		
1.3 Verhältnismässigkeit von Erdbebensicherheitsmassnahmen	26		
1.3.1 Öffentliche Interessen	27		
1.3.2 Kultureller Wert	27		
2 Idealtypischer, interdisziplinärer Prozess	30		
2.1 Ausgangslage	33		
2.2 Zustandserfassung	34		
2.2.1 Denkmalpflegerische Bauwerksuntersuchung und Grundlagenvorbereitung	34		
2.2.2 Bauingenieurfachliche Zustandserfassung	35		
2.3 Schutzzielbestimmung	39		
2.4 Rechnerische Untersuchung und Beurteilung der Erdbebensicherheit	40		
2.5 Entwicklung und Evaluierung von Lösungsansätzen	42		
2.6 Massnahmenkonzepte und differenzierte Evaluierung der Verhältnismässigkeit	48		
2.7 Massnahmenempfehlung und Massnahmenentscheid	53		
2.8 Massnahmenprojekt und Realisierung der Massnahmen	53		

Abstracts

This publication contains interdisciplinary guidelines addressed to all players involved in the examination of the seismic safety, as well as the planning and realization of seismic safety interventions on historical monuments. An ideal interdisciplinary process that addresses this problematic in the framework of building projects is presented to Swiss practitioners. In this process, the common discussion of the technical issues in the project team should enable a differentiated approach for the historical monument. Furthermore, synergies between restoration or transformation interventions and seismic safety interventions can be exploited and thus positively influence the proportionality of the seismic measures while respecting preservation principles.

Diese Publikation stellt eine interdisziplinäre Wegleitung dar, die sich an alle Akteurinnen und Akteure wendet, die bei der Überprüfung der Erdbebensicherheit, sowie bei der Planung und Umsetzung von Erdbebensicherheitsmassnahmen an Baudenkmalern involviert sind. Der Schweizer Praxis wird ein idealtypischer, interdisziplinärer Prozess zur Behandlung dieser Problematik bei Bauvorhaben vorgestellt. Dabei soll die gemeinsame Diskussion der fachlichen Fragestellungen im Projektteam den differenzierten Umgang mit dem Baudenkmal ermöglichen. Weiter können damit Synergien zwischen Instandsetzungs- oder Veränderungsmassnahmen und Erdbebensicherheitsmassnahmen genutzt und die denkmalpflegerisch abgestimmte Beurteilung der Verhältnismässigkeit der Erdbebensicherheitsmassnahmen positiv beeinflusst werden.

La publication présente un guide interdisciplinaire qui s'adresse à tous les acteurs impliqués dans l'examen de la sécurité sismique, ainsi que dans la planification et la réalisation des mesures de sécurité sismique pour des monuments historiques. Un processus interdisciplinaire idéal est présenté à la pratique suisse afin de traiter de cette thématique dans le cadre de projets de construction. Ce processus doit permettre la discussion conjointe des questions techniques au sein de l'équipe de projet et rendre ainsi possible une approche différenciée pour le monument historique. De plus, des synergies entre des mesures de remise en état ou de modification et des mesures de sécurité sismique peuvent ainsi être exploitées et influencer positivement l'évaluation de la proportionnalité des mesures de sécurité sismique tout en respectant les principes de la conservation.

La presente pubblicazione è una guida interdisciplinare destinata a tutti gli operatori coinvolti nella verifica della sicurezza sismica come pure nella pianificazione e nell'attuazione delle misure di sicurezza sismica dei monumenti storici. Alla prassi svizzera viene presentato un processo interdisciplinare ideale per affrontare questa problematica nell'ambito dei progetti di costruzione. Tale processo deve consentire una discussione congiunta delle questioni tecniche nel gruppo di progetto e garantire pertanto un approccio differenziato per i monumenti storici. Sarà inoltre possibile sfruttare le sinergie tra le misure di ripristino o di riattamento e le misure di sicurezza sismica e influenzare positivamente la valutazione della proporzionalità delle misure di sicurezza sismica nel rispetto dei principi di conservazione dei monumenti storici.

Keywords:

*historical monuments,
seismic safety,
preservation of monuments,
interdisciplinarity,*

Stichwörter:

*Baudenkmalern, Erdbeben-
sicherheit, Denkmalpflege,
Interdisziplinarität*

Mots-clés :

*monuments historiques,
sécurité sismique,
conservation des monuments,
interdisciplinarité*

Parole chiave:

*monumenti storici,
sicurezza sismica,
conservazione dei monumenti
storici, interdisciplinarietà*

Vorwort

Der Bund als Eigentümer ist dafür verantwortlich, seine eigenen Bauten und Anlagen gegen Erdbeben zu schützen, also auch die bundeseigenen Baudenkmalern. In der Vergangenheit tauchten im Rahmen von Instandsetzungs- und Veränderungsvorhaben an Baudenkmalern des Bundes Fragestellungen bei allen beteiligten Disziplinen – Denkmalpflege, Architektur und Bauingenieurwesen – auf, die eine Auseinandersetzung mit dieser Thematik verlangten. Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) als Fachstelle des Bundes für Erdbebenvorsorge hat aus diesem Grund in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Kultur (BAK) und dem Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS) die vorliegende interdisziplinäre Wegleitung zur Erdbebensicherheit von Baudenkmalern verfasst.

Mit der Erarbeitung dieser Wegleitung, die einen Lösungsansatz für ein interdisziplinäres Vorgehen zur Behandlung der Erdbebensicherheit bei Bauvorhaben an Baudenkmalern anbieten soll, möchte der Bund das Bewusstsein und die Selbstverantwortung bei allen Beteiligten verbessern. Wir sind der Überzeugung, dass ein derartiger Ansatz die Erarbeitung von technisch-ökonomischen und denkmalgerechten Erdbebensicherheitsmassnahmen fördert und eine für alle Beteiligten tragbare und als Entscheidungsgrundlage der Eigentümerschaft dienende Empfehlung begünstigt.

Paul Steffen
Vizedirektor
Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Oliver Martin
Leiter Sektion Baukultur
Bundesamt für Kultur (BAK)

Christoph Flury
Vizedirektor
Bundesamt für
Bevölkerungsschutz (BABS)

Erläuterungen und Lesehinweise

Die Wegleitung «Erdbebensicherheit von Baudenkmalern» wird in der Reihe Umwelt-Wissen (UW) des Bundesamts für Umwelt (BAFU) publiziert. Die Veröffentlichungen dieser Reihe verfolgen das Ziel, eine auf anerkannten wissenschaftlichen Methoden basierende Wissensgrundlage zu schaffen. UW-Publikationen des BAFU richten sich an Fachleute und vermitteln Inhalte von erheblicher fachlicher Bedeutung und hohem Neuigkeitswert. Sie sind ergebnisorientiert aufgebaut, verständlich geschrieben und dienen vorrangig der Vermittlung von Wissen, Arbeitsgrundlagen, Methoden und Konzepten.

Die Wegleitung «Erdbebensicherheit von Baudenkmalern» versteht sich als Dienstleistung des BAFU zuhanden von Behörden, Fachleuten und Bauherrschaften. Sie beinhaltet fachliche Empfehlungen, hat aber keine rechtlich verbindliche Wirkung.

Die Wegleitung befasst sich ausschliesslich mit Baudenkmalern. Alles Gesagte gilt grundsätzlich für alle Bestandesbauten, soll aber spezifisch für Baudenkmal aufzeigt und erläutert werden. In diesem Sinne werden die Begriffe «Bauwerk», «Gebäude», «Bestandesbaute» oder «Baute» übergeordnet verwendet und führen in die Thematik ein, für die konkreten Erläuterungen wird der Begriff «Baudenkmal» verwendet.

Wichtige Begriffe sind im Text **fett** markiert. Begriffe, die ausführlicher im Glossar am Ende der Wegleitung beschrieben werden, sind im Text bei der ersten Nennung ab Kapitel 1 *kursiv* gesetzt.

Einleitung

Die normativen Grundsätze für die Erdbebensicherheit von Bestandesbauten wurden in der Schweiz mit der Einführung der technischen Bestimmungen des SIA-Merkblatts 2018 «Überprüfung bestehender Bauten bezüglich Erdbeben» im Jahr 2004 etabliert. Seither können Überprüfungen der Erdbebensicherheit und Realisierungen von Erdbebensicherheitsmassnahmen an Bestandesbauten nach einer standardisierten Grundlage durchgeführt werden. Dabei rücken auch Baudenkmal – schützenswerte Bauwerke als Zeugnisse vergangener Epochen – zunehmend in den Fokus. 2017 wurde das Merkblatt SIA 2018 zur Überprüfung bestehender Gebäude bezüglich Erdbeben in die Norm SIA 269/8 überführt. Divergierende Vorstellungen darüber, wie bei Baudenkmalern in Zusammenhang mit Erdbebensicherheitsmassnahmen im Rahmen von Instandsetzungs- oder Veränderungsvorhaben vorzugehen ist, und unterschiedliche Interpretationen von Schutzziele oder Beurteilungen der Verhältnismässigkeit der Interventionen machen den Lösungsfindungsprozess zu einer Herausforderung.

Unbestritten ist, dass der Schutz von Personen vor den Folgen eines Erdbebens auch bei Baudenkmalern gewährleistet sein muss. Bei Baudenkmalern sind jedoch zwingend eine differenzierte Überprüfung sowie eine denkmalpflegerisch abgestimmte Beurteilung der Verhältnismässigkeit der Erdbebensicherheitsmassnahmen vorzunehmen.

Diese Wegleitung wendet sich an alle relevanten Akteurinnen und Akteure, die bei der Überprüfung, Planung und Umsetzung von Erdbebensicherheitsmassnahmen im Rahmen von Bauvorhaben involviert sind. Es sind dies namentlich Eigentümerinnen und Eigentümer in ihrer Rolle als Bauherrschaften, Architektinnen und Architekten, Bauingenieurinnen und Bauingenieure sowie Denkmalpflegerinnen und Denkmalpfleger.

Die Wegleitung konzentriert sich auf profane und sakrale Baudenkmal aller Zeitepochen, deren Versagen unter Erdbebeneinwirkungen aufgrund ihrer Nutzung ein Personenrisiko darstellt, dies sind grundsätzlich Gebäude, wie beispielsweise Schulen, Gebäude der öffentlichen Verwaltung, Theater, Museen, sportliche Einrichtungen oder

kirchliche Bauten. Brücken werden nicht behandelt, weil bei diesen Bauwerken weniger der Personenschutz, sondern die Aufrechterhaltung des Betriebs im Vordergrund steht.

Die wichtigsten Akteurinnen und Akteure bei der Behandlung der Erdbebensicherheit von Baudenkmalern sind die Eigentümerinnen und Eigentümer in ihrer Rolle als Bauherrschaften, denn sie sind für die Sicherheit in und an ihrem Baudenkmal zumindest in Bezug auf den Personenschutz verantwortlich. Ihnen obliegt die Bauwerksüberprüfung bezüglich Erdbebensicherheit. Falls erforderlich, sind sie es, die unter Beauftragung und in Zusammenarbeit mit verschiedenen Fachdisziplinen die Entwicklung baudenkmalgerechter sowie technisch-ökonomisch effektiver Erdbebensicherheitsmassnahmen veranlassen und umsetzen.

Diese differenzierte und individuelle Betrachtung der Erdbebensicherheit eines Baudenkmals erfordert zwingend die Mandatierung einer Bauingenieurin oder eines Bauingenieurs mit einer Spezialisierung im Erdbebeningenieurwesen sowie guten Kenntnissen von historischen Tragwerken. Die Investition bei der Überprüfung der Erdbebensicherheit in eine spezialisierte Bauingenieurleistung hat einen entscheidenden Einfluss auf die Massnahmenempfehlung und steht in keinem Verhältnis zu den Baukosten, die undifferenzierte und im Extremfall unnötige Erdbebensicherheitsmassnahmen verursachen. Ebenso ist es bei den Disziplinen der Architektur und der Denkmalpflege hinsichtlich der Erdbebensicherheitsthematik unerlässlich, qualifizierte und einen interdisziplinären Dialog mittragende Fachpersonen aufzubieten.

Der Kenntnisstand der involvierten Fachleute ist unterschiedlich. Bauingenieurinnen und Bauingenieure beispielsweise verfügen über kein oder nur ein beschränktes Wissen über Baudenkmal, den kulturellen Wert ihrer baulichen Substanz, die Grundsätze ihrer Pflege oder ihres Unterhalts. Denkmalpflegerinnen und Denkmalpfleger umgekehrt ist die Materie der Erdbebensicherheit mit ihren Anforderungen oft nicht geläufig. Architektinnen und Architekten in ihrer koordinierenden Funktion insbesondere bei den Nutzerwünschen sind sich ihrer

Verantwortung als Eigentümerversreter in Bezug auf die Erdbebensicherheit häufig nicht bewusst. Hier setzt die vorliegende Wegleitung an. Sie führt in das Thema ein, formuliert wichtige Grundsätze der verschiedenen Disziplinen und liefert konkrete Hinweise und Anleitungen, wie bei allfällig erforderlichen Massnahmen zur Verbesserung der Erdbebensicherheit von Baudenkmalern bei Bauvorhaben vorgegangen werden kann. Es handelt sich um eine Wegleitung für die Praxis mit dem Ziel, effizient zu planen und gleichzeitig mit der erforderlichen Sorgfalt auf den Schutz von Baudenkmalern hinarbeiten – auf allen Bedeutungsebenen des Schutzbegriffs.

Der in dieser Publikation präsentierte und aus der Sicht aller beteiligten Disziplinen idealtypische, interdisziplinäre Prozess kann nur in der gemeinsamen Diskussion der fachlichen Fragestellungen im Projektteam entstehen und damit den differenzierten Umgang mit dem Baudenkmal überhaupt erst ermöglichen. Diese Wegleitung soll darlegen, dass allfällig erforderliche Erdbebensicherheitsmassnahmen aufgrund technisch-ökonomischer und denkmalpflegerischer Aspekte am besten dann zu planen sind, wenn ein Instandsetzungs- oder Veränderungsvorhaben an einem Baudenkmal vorgesehen ist. Ein Bauvorhaben lässt es zu, zwischen ohnehin notwendigen Instandsetzungs- oder Veränderungsmassnahmen und denkmalpflegerisch abgestimmten Erdbebensicherheitsmassnahmen Synergien zu nutzen.

Die Wegleitung umfasst drei Teile. Der erste Teil soll anhand der **Grundlagen und Rahmenbedingungen** das gegenseitige Verständnis aller Beteiligten für die Denkweisen und Grundsätze sowie die Entscheidungsmöglichkeiten der jeweils anderen Akteurinnen und Akteure fördern. Dieses Kapitel führt in die wichtigsten Begriffe, Prozesse und Rahmenbedingungen im Umgang mit der Erdbebensicherheit und in der Denkmalpflege in der Schweiz ein. Der zweite Teil versucht einen **idealtypischen, interdisziplinären Prozess** aufzuzeigen, der bei einem Bauvorhaben als Orientierung dienen kann. Dieses Kapitel bildet den Kern der Wegleitung und zeigt – in der Abfolge der einzelnen Phasen eines Bauvorhabens – die Leistungen und Verantwortlichkeiten der Disziplinen Bauingenieurwesen und Denkmalpflege sowie die Entscheidungen, die für die Eigentümerschaft phasenspezifisch herbeizuführen sind. Dabei baut der idealtypische, interdisziplinäre Prozess auf

den Ausführungen aus dem vorhergehenden Kapitel auf. Der Anhang als dritter, praktischer Teil präsentiert eine **Beispielsammlung** aus drei konkreten Projekten, in denen Erdbebensicherheitsüberprüfungen und -massnahmen umgesetzt wurden und das jeweilige Vorgehen mit dem in dieser Wegleitung vorgeschlagenen idealen Prozess verglichen wird. Weiter befindet sich im Anhang ein **Ablaufdiagramm** zum idealtypischen, interdisziplinären Prozess. Die Wegleitung wird zu einem späteren Zeitpunkt mit der Dokumentation eines **aktuellen Instandsetzungsprojekts** ergänzt, in dem der vorgeschlagene ideale Prozess angewendet wird. Mit diesen Beispielen soll aufgezeigt werden, dass der Umgang mit Baudenkmalern stets objektspezifisch ist: Jedes Baudenkmal ist einzigartig und deshalb individuell zu betrachten.

Autorinnen der interdisziplinären Wegleitung sind Friederike Braune, Fachexpertin an der Koordinationsstelle für Erdbebenvorsorge des Bundesamts für Umwelt (BAFU) sowie Karin Zaugg Zogg, Denkmalpflegerin der Stadt Biel und selbstständige Kunsthistorikerin. Die Wegleitung wurde in Zusammenarbeit mit Brigitte Müller, Sektion Baukultur des Bundesamts für Kultur (BAK), Rino Büchel, Fachbereich Kulturgüterschutz des Bundesamts für Bevölkerungsschutz (BABS) und Blaise Duvernay, Leiter der Koordinationsstelle für Erdbebenvorsorge des BAFU erarbeitet. Weiter haben Patrik Birrer, Denkmalpfleger des Fürstentums Liechtenstein als Experte für das BABS und Eugen Brühwiler, EPF Lausanne als Experte für das BAK diese Wegleitung begleitet.

Zur interdisziplinären Akzeptanz wurde die Wegleitung durch ein interdisziplinäres Gremium aus Vertreterinnen und Vertretern des Bundes, der Kantone, der Forschung und ausgewiesener Spezialistinnen und Spezialisten der Fachbereiche Erdbebeningenieurwesen, Architektur, Denkmalpflege und Kulturgüterschutz verabschiedet.

1 Grundlagen und Rahmenbedingungen

Eine fundierte Kenntnis und das Verständnis für die Grundlagen und Rahmenbedingungen der jeweils anderen Disziplin sowie deren Entscheidungsmöglichkeiten schaffen die Basis für eine konstruktive Zusammenarbeit.

1.1 Erdbebensicherheit

Dieses Kapitel führt in die wichtigsten Grundlagen und Rahmenbedingungen der Erdbebensicherheit in der Schweiz ein. Es erläutert die wesentlichen Begriffe und Zusammenhänge. Die Aufarbeitung der Grundlagen bildet die Voraussetzung für den gemeinsamen Dialog im idealtypischen, interdisziplinären Prozess des zweiten Kapitels der Wegleitung.

1.1.1 Erdbeben in der Schweiz

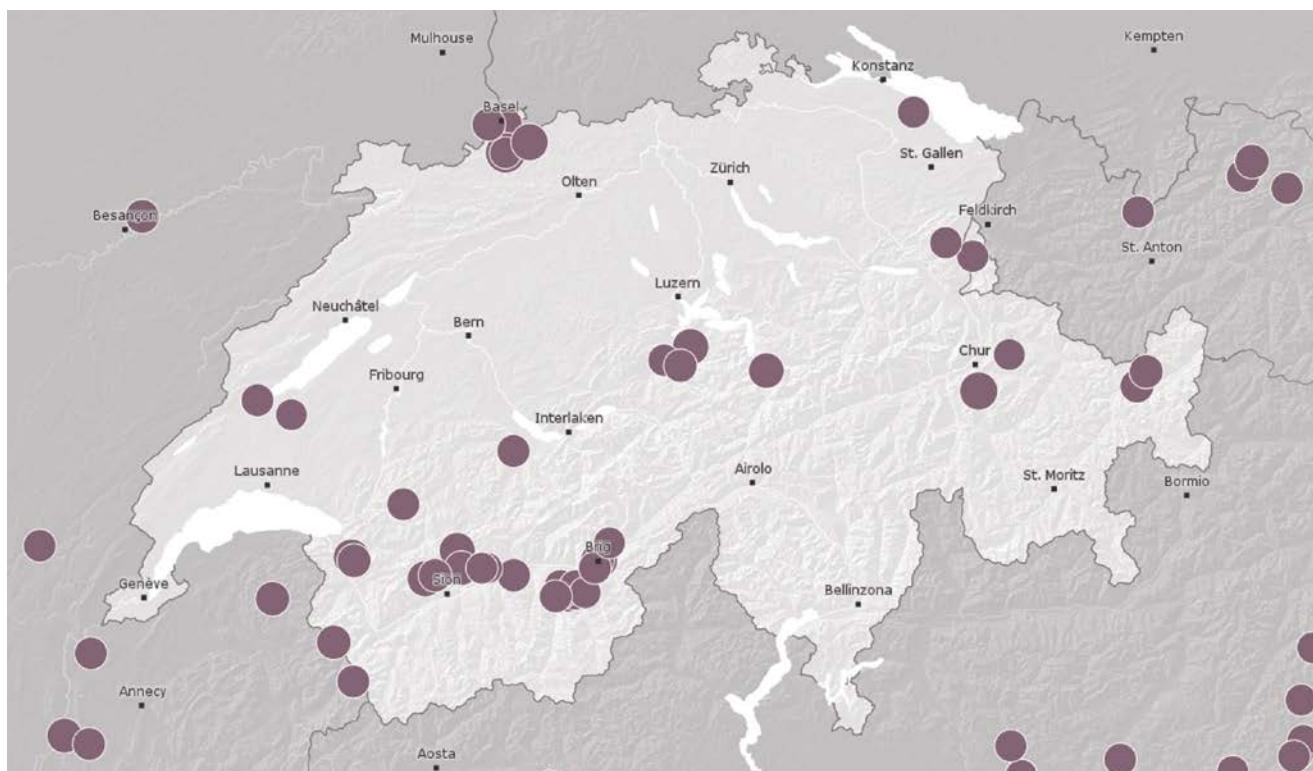
Erdbeben entstehen durch einen plötzlichen Spannungsabbau entlang von Brüchen in der Erdkruste. Aufgrund

der ständigen Bewegung der tektonischen Platten baut sich in den Gesteinsschichten auf beiden Seiten eines Bruchs Spannung auf. Wenn diese gross genug ist, entlädt sie sich in einer plötzlichen, ruckartigen Bewegung. Die dabei freiwerdende seismische Energie breitet sich in Form von Wellen durch die Erde und entlang der Erdoberfläche aus und verursacht die als Beben wahrgenommenen Erschütterungen.

Starke Erdbeben sind in der Schweiz verhältnismässig selten, aber überall möglich (siehe Abb. 1). Ihre Stärke und Häufigkeit und damit die Gefährdung variieren je nach Region (siehe Abb. 2).

Abb. 1: Karte der historischen Erdbeben ab einer Magnitude 5

Ab einer Magnitude von ca. 5 ist lokal mit kleinen bis mittleren Gebäudeschäden, unter Umständen auch mit grösseren Sachschäden, zu rechnen.



Quelle: Schweizerischer Erdbebedienst SED, Erdbebenkatalog der Schweiz 2009, ECOS-09. Der Katalog stellt historische makroseismische Informationen über Erdbeben in der Schweiz und den angrenzenden Gebieten seit 250 n. Chr. sowie Erdbebenparameter zur Verfügung, die aus instrumentellen Aufzeichnungen seit 1975 stammen.

Abb. 2: Gefährdung und Erdbebenzonen

[Links] Gefährdungskarte mit der spektralen Beschleunigung für 5 Hz und einer Wiederkehrperiode von 475 Jahren aus dem aktuellen schweizerischen Erdbebengefährdungsmodell von 2015 [1] und [rechts] die darauf basierende revidierte Karte der Erdbebenzonen der Norm SIA 261 [3] «Einwirkungen auf Tragwerke» (2020). Die fünf Erdbebengefährdungszonen sind Z1a (hellgelb), Z1b (hellorange), Z2 (orange), Z3a (hellrot) und Z3b (dunkelrot). Absteigend in ihrer Gefährdung sind besonders betroffen das Wallis in den Zonen 3b und 3a, die Region Basel in den Zonen 3a und 2, die Zentralschweiz, das St.Galler Rheintal und Graubünden in der Zone 2 und die restliche Schweiz in den Zonen 1a und 1b.

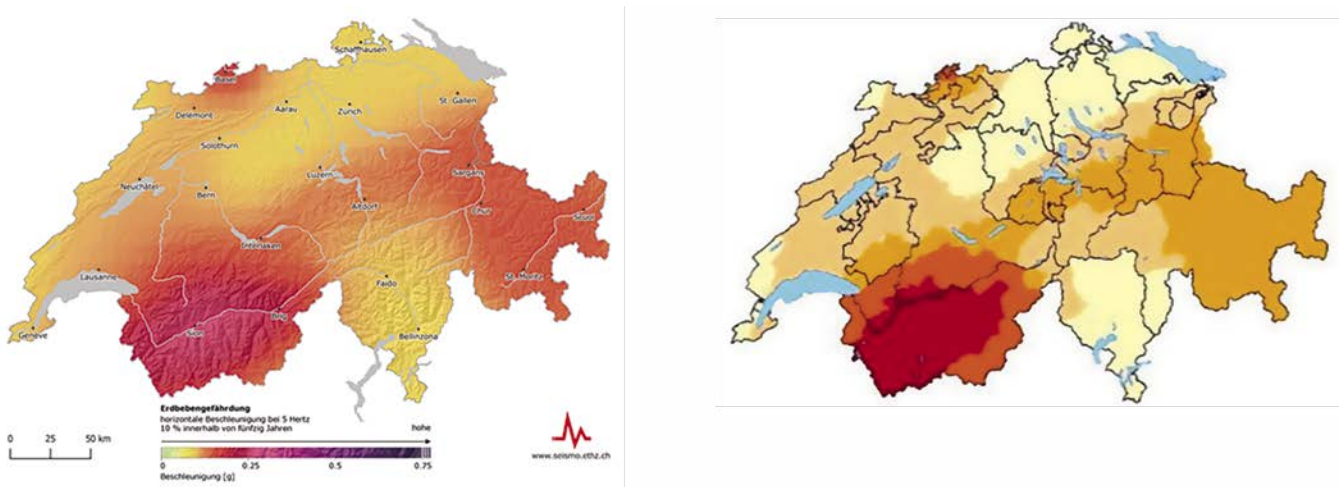
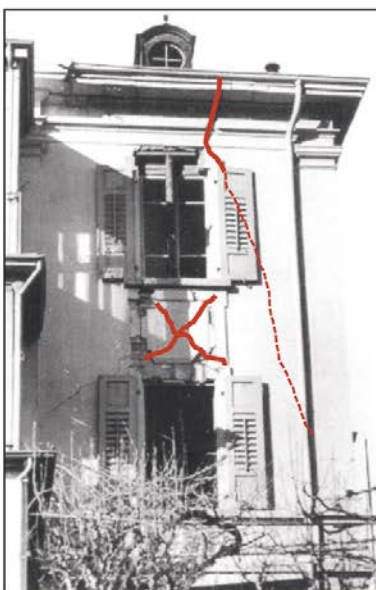


Abb. 3: Schadensbilder

Schadensbilder aus den Erdbebenereignissen (links) von Sierre VS 1946 an einem Wohnhaus und (rechts) von Sarnen OW 1964 am Frauenkloster Sarnen OW (klassifiziertes Baudenkmal).



Obwohl sich seit einigen Jahrzehnten keine bedeutenden Erdbeben mit erheblichen *Schäden* ereignet haben (wie zum Beispiel die Erdbebenereignisse von 1946 in Sierre im Kanton Wallis mit *Magnitude* 5,8 und *Intensität* VIII und von 1964 in Sarnen im Kanton Obwalden mit *Magnitude* 5,7 und *Intensität* VII, siehe Abb. 3), ist auch in der Schweiz in grösseren Zeitabständen mit schadenverursachenden Erdbeben zu rechnen (siehe Abb. 1).

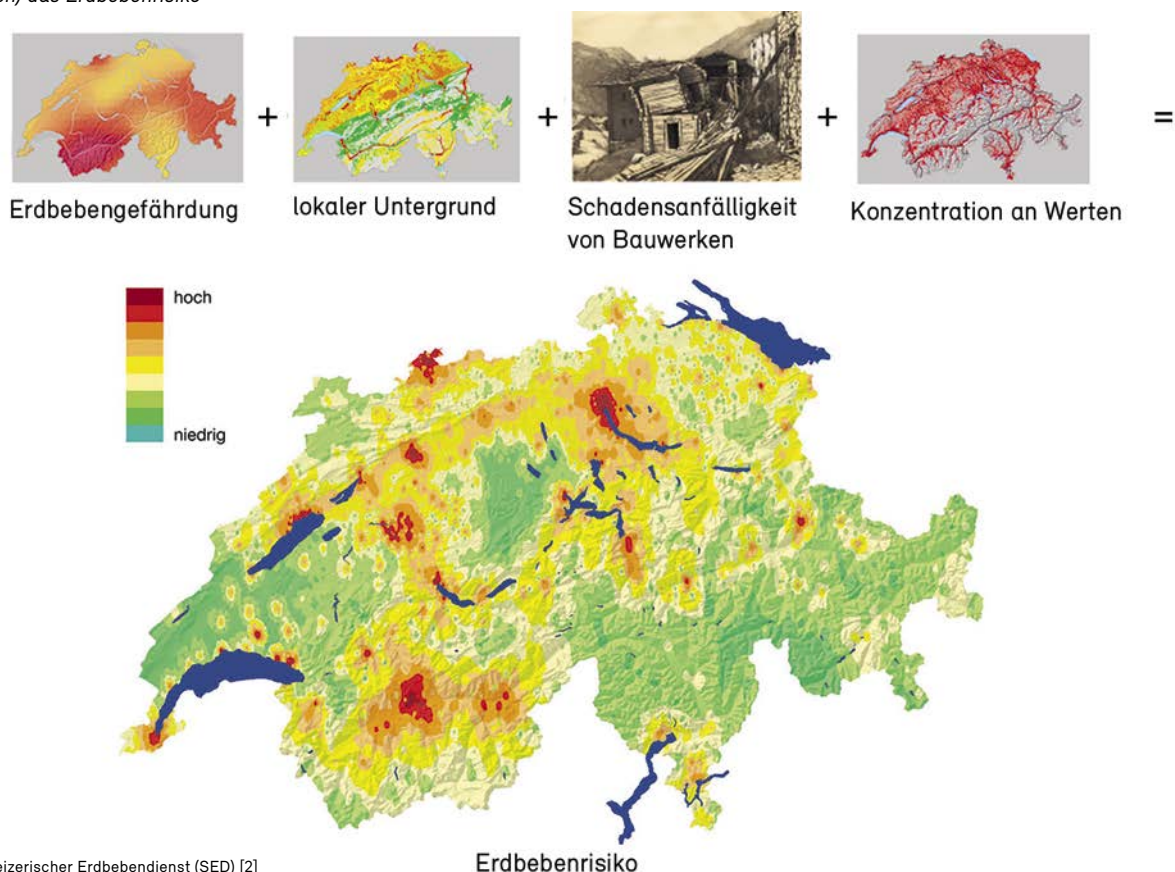
Ein Vergleich mit den Auswirkungen von im Ausland aufgetretenen Erdbebenereignissen ist aufschlussreich, wenn die Stärke des Ereignisses und/oder die *Bauweise* mit den Gegebenheiten in der Schweiz vergleichbar sind. Beispielweise stellen die Erdbebenereignisse von 2009 in L’Aquila, Italien (*Magnitude* 6,3), von 2010/2011 in Christchurch, Neuseeland (*Magnituden* 7,1/6,3), von 2012 in der Emilia-Romagna, Italien (*Magnitude* 5,9) oder von 2016 in Amatrice, Italien (*Magnitude* 6,0) nicht nur aufgrund der

Magnitude, sondern vor allem aufgrund der vergleichbaren Bauweisen wichtige Erfahrungsgrundlagen für hierzulande zu erwartende Bauwerksschäden dar.

Aufgrund der seit den 1970er Jahren gemessenen Daten und regelmässiger Überarbeitung der Einschätzung historischer Quellen zur *Erdbebengefährdung* [1] ist besser bekannt, wo, wie häufig und wie stark Erdbeben in der Schweiz zu erwarten sind. Da der Messzeitraum von rund 50 Jahren jedoch vergleichsweise kurz ist, bleiben sowohl die Häufigkeit (*Wiederkehrperiode*) als auch die Stärke (*Magnitude*) von Erdbeben in der Schweiz mit grossen Unsicherheiten verbunden. So wurde beispielweise die Gefährdung im aktuellen Gefährdungsmodell des Schweizer Erdbebendienstes von 2015 [1] in weiten Teilen der Kantone VD, NE, FR, JU und BE im Vergleich zum vorherigen Gefährdungsmodell von 2004 erhöht. Es herrscht jedoch Klarheit darüber, welche Schäden

Abb. 4: Erdbebenrisiko

Die Verknüpfung aus (oben) Erdbebengefährdung, lokalem Untergrund, Schadensanfälligkeit von Bauwerken und der Konzentration an Werten ergibt (unten) das Erdbebenrisiko



Quelle: Schweizerischer Erdbebendienst (SED) [2]

Erdbeben an Gebäuden und *Infrastrukturen* anrichten könnten.

1.1.2 Erdbebenrisiko

Das Erdbebenrisiko wird als Verknüpfung aus der Erdbebengefährdung, dem lokalem *Untergrund*, der Schadensanfälligkeit von *Bauwerken* und der Konzentration an *Werten* beschrieben (Abb. 4; siehe Wissensbox 1).

Der erste Faktor beschreibt die in der Schweiz im Vergleich mit anderen europäischen Ländern vergleichsweise moderate **Erdbebengefährdung**. Es bestehen regionale Unterschiede: Das Wallis ist die Region mit der höchsten Gefährdung, gefolgt von Basel, Graubünden, dem St. Galler Rheintal, der Zentralschweiz und der übrigen Schweiz. Die Erdbebengefährdungskarte (siehe Abb. 2) bildet ab, wo wie häufig gewisse horizontale Beschleunigungen zu erwarten sind.

Der zweite Faktor beschreibt den **lokalen Untergrund**. Im Erdbebenfall hat der lokale Untergrund, also der Baugrund auf dem ein Bauwerk fundiert ist, einen markanten Einfluss auf die Bodenbewegungen. Die *Beschaffenheit des lokalen Untergrunds* ist verantwortlich für teilweise sehr grosse und auf kurze Distanz auftretende Änderungen in Stärke (Amplitude), Frequenzgehalt und Dauer der Bodenbewegung bei einem Erdbeben.

Der dritte Faktor beschreibt die **Schadensanfälligkeit**, die sogenannte *Verletzbarkeit*, von Bauwerken. Die Verletzbarkeit beschreibt das Unvermögen eines Bauwerks den Erdbebeneinwirkungen zu widerstehen. Sie beschreibt die zu erwartenden Schäden an einem Bauwerk unter Erdbebeneinwirkungen in Abhängigkeit von seinen Eigenschaften bezüglich Gestaltung, Konstruktionsweise, *Baustoffen* usw.

Der vierte Faktor beschreibt die Konzentration an **Werten**. Neben Personen (je nach Betrachtungshorizont Ein-

wohnerzahl oder Nutzer) sind dies weitere Werte wie beispielsweise Sachwerte (Gebäude, Infrastrukturen, Kulturgüter usw.).

1.1.3 «Einflussgrösse» Erdbeben auf ein Bauwerk

Das Bauwerk besteht aus dem *Tragwerk* und («nichttragenden») *sekundären Bauteilen*. Das Tragwerk besteht aus vertikal und horizontal tragenden *Bauteilen* (Trag-elementen). Normalerweise «ruht» ein Bauwerk respektive das Tragwerk. Es ist unbewegt und auf die zeitlich relativ konstanten vertikalen *Schwerelasten* wie Eigengewicht, Schnee- oder Nutzlasten bemessen. Die Bemessung für diese Einwirkungen ist im Bauingenieurwesen Teil des Fachgebiets *Baustatik*, der Disziplin des Verhaltens ruhender und unbewegter Systeme. Ein Erdbebenereignis stellt eine zeitlich veränderliche, dynamische horizontale und vertikale Einwirkung auf das Bauwerk respektive das Tragwerk dar. Die Bemessung für diese Einwirkung ist im Bauingenieurwesen Teil des Fachgebiets *Baudynamik*, der Disziplin, die sich mit der Stabilität schwingender, sich bewegender Systeme beschäftigt. Baustatik und Baudynamik erfordern unterschiedliches Wissen und unterschiedliche Berechnungsmethoden. Ein Bauwerk muss ein Tragwerk aufweisen, das sowohl vertikalen als auch horizontalen, statischen und dynamischen Einwirkungen standhält. Ältere, nach den Regeln der Baukunst zur Zeit ihrer Errichtung erstellte Bauwerke weisen dank konstruktiver Aspekte und der Bemessung gegen horizontale Windeinwirkungen einen gewissen Grundschutz gegen horizontale Erdbebeneinwirkungen auf. Es ist jedoch davon auszugehen, dass ältere Bauwerke, namentlich solche mit bestimmten Tragwerksarten oder mit bekannten typischen Schwachstellen in Bezug auf die Anforderungen der heutigen Tragwerksnormen und der Einflussgrösse Erdbeben nicht unproblematisch sind (siehe Wissensbox 2).

Wissensbox 1: Schadenspotenzial

Die Schweiz weist trotz einer im internationalen Vergleich moderaten Erdbebengefährdung insbesondere in den Ballungszentren ein hohes Erdbebenrisiko auf. Gemäss dem «Bericht zur nationalen Risikoanalyse. Katastrophen und Notlagen Schweiz 2020» [88] des Bundesamts für Bevölkerungsschutz (BABS) gelten Erdbeben übergeordnet nach Stromengpässen, Pandemien, Mobilfunk Ausfall und Hitzewelle als fünf-grösstes Risiko in der Schweiz. Auch wenn Erdbeben innerhalb der Naturgefahren von ihrer Häufigkeit her seltener sind als andere, stellen sie doch die Naturgefahr mit dem grössten Schadenspotenzial dar, grösser beispielweise als jenem von Hochwassern, Stürmen, Lawinen oder Erdbeben. Rückversicherer schätzen, dass ein Erdbeben wie das von Basel 1356 heute zwischen 50 und 100 Milliarden Franken und eines wie das von Visp 1855 etwa 2 bis 5 Milliarden Franken an direkten Gebäude- und Inhaltsschäden verursachen würde. Für viele Eigentümerschaften würde dies den finanziellen Ruin bedeuten.

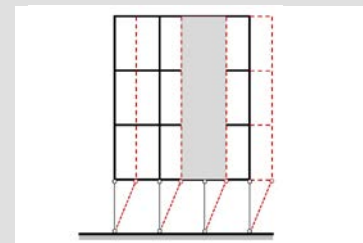
Wissensbox 2: Typische seismische Schwachstellen und verletzte Tragwerksarten mit Schadensbild

Die folgenden Beispiele zeigen die wichtigsten und in der Schweiz am häufigsten beobachteten Schwachstellen an Bauwerken sowie verletzte Tragwerksarten. Die ausgewählten Schadenbilder präsentieren ein typisches Verhalten für solche Gebäude im Erdbebenfall.

Ein «weiches» oder «schwaches» (Erd-)Geschoss (engl. «Soft-Storey») ist eine Schwachstelle im Aufriss und entsteht dadurch, dass massive Aussteifungen wie Wände, die in den Obergeschossen vorhanden sind, im Erdgeschoss fehlen. Anstelle massiver Wände sind Stützen eingesetzt. Es entsteht ein in horizontaler Richtung weiches Erdgeschoss.

Abb. W2.1: «Soft-Storey»

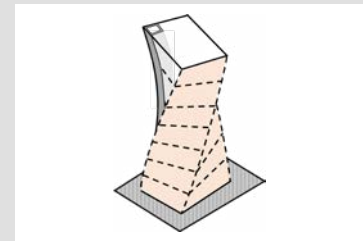
(Links) Hörsaalgebäude HPH, ETH Zürich Höggerberg, von 1970/71 (ZH, klassifiziertes Baudenkmal) mit nachträglich gesichertem «weichem» Erdgeschoss; (Mitte) typisches Schadensbild: Beinahe-Kollaps eines viktorianischen Wohngebäudes mit «weichem» Erdgeschoss nach dem Erdbeben 1989 in San Francisco (USA); (rechts) Skizze des Versagensmechanismus.



Unsymmetrische Gebäudeaussteifungen, also nicht symmetrisch angeordnete aussteifende Tragelemente, generieren eine Schwachstelle im Grundriss. Es entsteht *Torsion* und das Bauwerk verdreht sich im Grundriss.

Abb. W2.2: Unsymmetrische Gebäudeaussteifungen

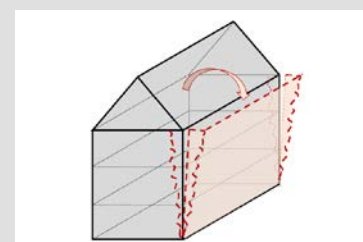
(Links) Gymnasium Neufeld, Bern, von 1965 (BE, klassifiziertes Baudenkmal) mit ursprünglich unsymmetrischer Aussteifung; (Mitte) typisches Schadensbild: Starke Verdrehung eines Bürogebäudes mit exzentrischen Aussteifungen nach dem Erdbeben 1995 in Kobe (Japan); (rechts) Grundrisskizze mit exzentrischem Liftkern und verursachte Bauwerksverdrehung (*Torsion*).



Ein weiteres Beispiel für ein ungünstiges Gebäudeverhalten unter Erdbebeneinwirkung bilden insbesondere **Mauerwerksbauten mit weichen Decken**. Einerseits sind unbewehrte Mauerwerkswände relativ steif und erfahren entsprechend grosse Erdbebenkräfte. Andererseits sind sie ziemlich spröde und zeigen eine verhältnismässig geringe Verformungsfähigkeit. Als nachteilig erweisen sich die fehlende Scheibenwirkung von weichen Decken und deren schwache Verbindung mit den Wänden. Oft ist die horizontale Kraftübertragung von den weichen Decken in die Wände ungenügend. Ferner kann die Kippstabilität der Wände quer zur Wandebene wegen der ungenügenden Verbindung mit den Decken oder senkrechten Wänden kritisch sein, was ein Auskippen (Versagen des Typs «out-of-plane») begünstigen kann.

Abb. W2.3: Mauerwerksbauten mit weichen Decken

(Links) Verwaltungsbau Bernerhof, Bern von 1856–58 (BE, klassifiziertes Baudenkmal) mit ursprünglich ungenügender horizontaler Kraftübertragung Decke–Wand; (Mitte) typisches Schadensbild: Beschädigtes Gebäude nach dem Erdbeben 2012 in der Emilia-Romagna (Italien, Denkmalstatuts unbekannt); (rechts) Skizze des Kippmechanismus.



1.1.4 Erdbeben bei der Berechnung und Bemessung von Bauwerken

Die Schweizer Tragwerksnormen, publiziert vom Schweizerischen Ingenieur- und Architektenverein (SIA), wurden in den letzten fünf Jahrzehnten viermal massgeblich in Bezug auf die Erdbebeneinwirkung revidiert. In den Normengenerationen von 1970, 1989, 2003 und 2020 wurden die Erdbebeneinwirkungen zunehmend beachtet und neueste Erkenntnisse im Erdbebeningenieurwesen und in der Seismologie einbezogen. Vor 2003 wurde die aussergewöhnliche Bemessungssituation «Erdbeben» beim architektonischen Entwurf sowie der Berechnung und Bemessung von Tragwerken in der Regel nicht berücksichtigt. Konsequentermassen nach den Vorgaben der aktuell geltenden Normengeneration (Norm SIA 261 «Einwirkungen auf Tragwerke», erste Fassung von 2003, Revision 2014/2020 [3]) fachgerecht umgesetzte Neubauten gewähren bezüglich Erdbeben eine hohe Sicherheit für Personen und eine von der Gesellschaft akzeptierbare Schadensanfälligkeit (Verletzbarkeit) der Bauwerke (siehe Wissensbox 3).

Die Erdbebeneinwirkungen für eine *Bestandesbaute*, also auch für ein *Baudenkmal*, sind durch drei Parameter beeinflusst:

- Der Standort des Baudenkmals bestimmt die Erdbebengefährdung über die **Erdbebenzone Z**. Sie wird über den Überprüfungswert der *Bodenbeschleunigung* in der Überprüfung der Erdbebensicherheit berücksichtigt (siehe Abb. 1).
- Die Beschaffenheit des lokalen Untergrunds, also des Baugrunds des Baudenkmals, fliesst über die sogenannte **Baugrundklasse** in die Überprüfung der Erdbebensicherheit ein.
- Die Nutzung oder Funktion des Baudenkmals beschreibt die zu schützenden Werte und legt damit die sogenannte **Bauwerksklasse BWK** fest, in die das Bauwerk für die Überprüfung eingeteilt wird (siehe Wissensbox 4).

Die konzeptionelle Gestaltung und konstruktive Durchbildung des Baudenkmals schliesslich beeinflussen die Schadensanfälligkeit (Verletzbarkeit). Die seismischen Schwachstellen des Baudenkmals spiegeln sich numerisch im Ergebnis der Überprüfung, dem **Erfüllungsfaktor bei der Überprüfung**, wieder (siehe Wissensbox 5).

Wissensbox 3: Überprüfungssituation und Grenzzustände

Der Begriff **Überprüfungssituation** wird für bestehende Tragwerke in Analogie zum Begriff «Bemessungssituation» für projektierte Tragwerke von Neubauten eingeführt. Diese grundlegende gedankliche Unterscheidung bringt zum Ausdruck, dass bestehende Tragwerke mit schon vorhandenen Eigenschaften für ein bestimmtes Gefährdungsbild oder einen Nutzungszustand überprüft werden. Die im Rahmen dieser Überprüfung durchzuführende rechnerische Untersuchung der Erdbebensicherheit, d.h. die Tragwerksanalyse und die Nachweise für Baudenkmalern, erfolgt analog zu den Grundsätzen für Neubauten gemäss der Norm SIA 260 «Grundlagen der Projektierung von Tragwerken» [6].

Die Norm SIA 260 unterteilt die Einwirkungen auf ein Bauwerk in Bezug auf ihre zeitliche Veränderung in **ständige, veränderliche oder aussergewöhnliche Einwirkungen**. Ständige Einwirkungen sind Eigenlasten (z. B. Eigengewicht der Bauteile) und Auflasten (z. B. Aufschüttungen oder feste Einrichtungen). Veränderliche Einwirkungen sind beispielsweise Nutzlasten, Wind- oder Schneelasten. Neben Einwirkungen aus Anprall oder infolge Brand werden Erdbeben als aussergewöhnliche Einwirkungen behandelt. Bei den aussergewöhnlichen Einwirkungen handelt es sich um Einwirkungen mit geringer Eintretenswahrscheinlichkeit, in der Regel von kurzer Dauer, jedoch von beträchtlicher Wirkung. Die Norm SIA 260 teilt dementsprechend Bemessungssituationen in **andauernde, vorübergehende und aussergewöhnliche Bemessungssituationen** ein. Eine aussergewöhnliche Bemessungssituation berücksichtigt folglich aussergewöhnliche Einwirkungen auf das Tragwerk.

Die gleichen Grundlagen gelten für die Überprüfung von Bestandesbauten, also auch für Baudenkmalern, was bedeutet, dass Erdbebeneinwirkungen auch bei Baudenkmalern eine aussergewöhnliche Überprüfungssituation darstellen. Unter der Bedingung, dass die Mindestanforderungen an die Personensicherheit erfüllt sind (siehe Wissensbox 5), kann für eine aussergewöhnliche Überprüfungssituation eine ungenügende Situation erst dann akzeptiert werden, wenn Massnahmen nicht verhältnismässig sind.

In der Regel wird die rechnerische Untersuchung der Erdbebensicherheit nach Grenzzuständen vorgenommen. Es ist nachzuweisen, dass die relevanten Grenzzustände des Tragwerks nicht überschritten werden, d.h., dass das Bauwerk oder seine Bauteile konstruktiv so ausgebildet sind, dass sie für den vorgesehenen Verwendungszweck und für die vorausgesetzte Nutzungsdauer funktionstüchtig sind. Es wird zwischen dem **Grenzzustand der Tragsicherheit** und dem **Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit** unterschieden.

Unter Erdbebeneinwirkungen betrifft der Grenzzustand der Tragsicherheit die Sicherheit des Tragwerks und die Sicherheit von Personen. Beurteilt werden müssen sowohl Kriterien bezüglich der Gesamtstabilität des Tragwerks als auch Kriterien, die mit dem Tragwiderstand einzelner Tragelemente (einschliesslich Auflagerungen oder Fundation) verbunden sind. Der Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit betrifft unter Erdbebeneinwirkungen die Funktionstüchtigkeit des Bauwerks. In der rechnerischen Untersuchung werden folglich die Abmessungen, die Baustoffe und ihre Eigenschaften sowie die konstruktive Durchbildung des Tragwerks in Abstimmung auf die Anforderungen an die Grenzzustände untersucht. In Bezug auf die Erdbebeneinwirkungen ist der Nachweis der Tragsicherheit immer, der Nachweis der Gebrauchstauglichkeit ausschliesslich für Baudenkmalern mit lebenswichtiger Infrastrukturfunktion zu führen (siehe Wissensbox 4).

52 Prozent aller Bauwerke in der Schweiz wurden vor 1970 erstellt. 22 Prozent fallen in die Zeit zwischen 1971 und 1989. Lediglich 26 Prozent wurden nach 1990 erbaut, und nur 12 Prozent davon sind gemäss der heute gültigen Normengeneration von 2003 erstellt worden [4]. Rund 88 Prozent des Bauwerksbestandes der Schweiz wurden demzufolge vor 2003 errichtet. Bei diesen Bauwerken erfolgte die Projektierung, ohne dass der Gefahr durch Erdbeben gemäss heutigen Normenanforderungen Rechnung getragen wurde. Die Erdbebensicherheit dieser Bauwerke ist daher unbekannt, solange keine explizite Überprüfung erfolgt.

Das 2004 vorgelegte Merkblatt SIA 2018 «Überprüfung bestehender Gebäude bezüglich Erdbeben» [6] beantwortete die Frage, wie mit der Erdbebensicherheit der ursprünglich nicht für Erdbeben bemessenen Bausubstanz umgegangen werden soll. Ab 2011 wurde – analog zu den SIA-Tragwerksnormen 260 ff für Neubauten – die modular aufgebaute Normenreihe SIA 269 ff zur Erhaltung von Bauwerken publiziert. Die Mutternorm SIA 269

«Grundlagen der Erhaltung von Tragwerken» [5] legt die übergeordneten Grundsätze fest. Sie beschreibt die Vorgehensweise bei der Behandlung von Bestandesbauten jeder Art und deren Erhaltung unter Berücksichtigung ihres *Erhaltungswerts*. In der Regel hat die Nachweisleitung nach dem *deterministischen* Verfahren gemäss den Grundsätzen der Norm SIA 260 «Grundlagen der Projektierung von Tragwerken» [6] zu erfolgen. Die Norm SIA 269 erlaubt unter bestimmten Bedingungen auch *probabilistische Nachweise*. So kann zum Beispiel bei besonders hohem oder besonders tiefem Kenntnisstand über das Tragwerk und seines Zustands oder bei grossen Konsequenzen eines Tragwerksversagens ein probabilistischer Nachweis angebracht sein. Das Merkblatt SIA 2018 wurde nach einer vollständigen Revision 2017 in die Norm SIA 269/8 «Erhaltung von Tragwerken – Erdbeben» [7] umgewandelt und in die Reihe der Erhaltungsnormen integriert (siehe Wissensbox 6).

Wissensbox 4: Bauwerksklasse gemäss Norm SIA 261 [3] und Norm SIA 269/8 [72]

Die Einteilung eines Baudenkmal in eine Bauwerksklasse (BWK) ist schutzzielbestimmend. Die Bauwerksklasse wird gemäss Norm SIA 261 (Ziffer 16.3) und SIA 269/8 (Ziffer 9.1.6) festgelegt. Kriterien für diese Einteilung sind die Personenbelegung als der über die Nutzungsdauer betrachtete Mittelwert der Anzahl der Personen in und um ein Bauwerk, die durch dessen Versagen gefährdet sind (PB), die maximale Personenbelegung, die aufgrund der Brandschutzvorschriften zulässige Personenbelegung eines Bauwerks (PB_{max}), das *Schadenspotential* und die Gefährdung der Umwelt infolge eines Versagens sowie die Bedeutung des Bauwerks unmittelbar nach einem Erdbeben für Rettungsmaßnahmen, Opferbetreuung, öffentliche Ordnung und sekundäre Schadensbekämpfung (z. B. Brände). Jedes Baudenkmal ist nach den genannten Kriterien in eine der drei Bauwerksklassen einzuteilen:

Bauwerksklasse BWK III: Baudenkmal, die eine lebenswichtige Infrastrukturfunktion besitzen wie beispielsweise Akutspitäler (samt Anlagen und Einrichtungen) oder Bauwerke sowie Anlagen und Einrichtungen für den Bevölkerungsschutz mit lebenswichtiger Bedeutung für die Ereignisbewältigung (z. B. Feuerwehrstützpunkte oder Ambulanzgaragen) sind der BWK III zuzuordnen. Auch lebenswichtige Bauwerke für Versorgung, Entsorgung, Telekommunikation gehören zur BWK III.

Bauwerksklasse BWK II: Die Personenbelegung beträgt $PB > 50$ Personen oder maximal $PB_{max} > 500$, bei Schulen und Kindergärten $PB_{max} > 10$ Personen oder bei Gebäuden der öffentlichen Verwaltung $PB_{max} > 10$ Personen. Es befinden sich besonders wertvolle Güter und Einrichtungen im oder am Baudenkmal, das Baudenkmal besitzt eine bedeutende Infrastrukturfunktion oder das Versagen des Baudenkmal gefährdet benachbarte Bauwerke mit lebenswichtiger Infrastrukturfunktion. Der BWK II werden beispielsweise Gebäude der öffentlichen Verwaltung, Theater, Schulen und Kirchen, Einkaufszentren, Sportstadien oder Kinos zugeordnet.

Bauwerksklasse BWK I: Alle übrigen Baudenkmal, sofern keine Umweltschäden möglich sind, werden der BWK I zugeordnet.

Spitäler samt Anlagen und Einrichtungen und Bauwerke sowie Anlagen und Einrichtungen für Versorgung, Entsorgung und Telekommunikation – sofern sie nicht der Bauwerksklasse BWK III zuzuordnen sind – sind ebenfalls der BWK II zuzuteilen. Die Norm SIA 269/8 unterscheidet für die Beurteilung der Verhältnismässigkeit zwischen BWK II-s (für Schulen und Kindergärten), BWK II-i (für Bauwerke mit bedeutender Infrastrukturfunktion) und BWK II (ohne BWK II-s und BWK II-i).

Wissensbox 5: Erfüllungsfaktor und Individualrisiko

Der Erfüllungsfaktor α wurde 2004 mit dem Merkblatt SIA 2018 [7] eingeführt. Er versteht sich als numerische Aussage, in welchem Mass ein Baudenkmal die rechnerischen Anforderungen an Neubauten gemäss geltender Norm erfüllt. In Abstimmung auf die Norm SIA 269 definiert er sich in der Norm SIA 269/8 [72] heute als «Quotient der Erdbebeneinwirkung, die zum nominellen Versagen eines Bauteils führt, und des Überprüfungswerts der Erdbebeneinwirkung».

Folgende Erfüllungsfaktoren sind im Kontext einer Überprüfung der Erdbebensicherheit zu unterscheiden:

- Mindest Erfüllungsfaktor α_{min}
- Erfüllungsfaktor bei der Überprüfung (Ist-Zustand) α_{eff}
- Erfüllungsfaktor nach Massnahmen zur Erhöhung der Erdbebensicherheit (Intervention) α_{int}

Der Mindest Erfüllungsfaktor α_{min} stellt sicher, dass das Personenrisiko (Sicherheitsansprüche des Individuums = *Individualrisiko*) akzeptierbar ist und definiert das mindestens erforderliche Sicherheitsniveau für das Baudenkmal. Im Merkblatt SIA 2018 und in der Folge in der Norm SIA 269/8 wird das Individualrisiko als akzeptabel beurteilt, wenn die Todesfallwahrscheinlichkeit den Wert von 1×10^{-5} pro Jahr nicht überschreitet. Dieses Risikoniveau wurde aus Vergleichen mit anderen Risiken abgeleitet, beispielsweise der Brandgefahr in einem Gebäude. Studien haben gezeigt, dass der Ansatz von ungefähr einem Viertel der Bemessungseinwirkungen für Neubauten zu einem Individualrisiko von 1×10^{-5} pro Jahr führen würde [89]. Diese Bedingung wird als erfüllt betrachtet, wenn der Erfüllungsfaktor bei der Überprüfung grösser oder gleich dem Mindest Erfüllungsfaktor α_{min} ist.

Für Baudenkmal der Bauwerksklasse BWK I und Bauwerke gewöhnlicher Anforderung der Bauwerksklasse BWK II beträgt der Mindest Erfüllungsfaktor daher $\alpha_{min} = 0,25$: Anders gesagt sind die Mindestanforderungen an den Personenschutz für solche Fälle erfüllt, wenn der Nachweis der Tragsicherheit für Erdbebeneinwirkungen mit einer Wiederkehrperiode von respektive 50 bis 70 Jahren erbracht ist (25 % der Bemessungseinwirkungen für Neubauten). Für Baudenkmal mit «höherer Zweckbestimmung» der Bauwerksklasse BWK II (Schulen und Kindergärten BWK II-s, bedeutende Infrastrukturfunktion BWK II-i) und der Bauwerksklasse BWK III verlangt die Norm einen Mindest Erfüllungsfaktor von $\alpha_{min} = 0,4$. Diese Mindestanforderungen sind unabhängig von der Nutzungsdauer des Baudenkmal unter der aktuellen Nutzung (sogenannte «*Restnutzungsdauer*») gemäss den Normen SIA 269 [5] und SIA 269/8) zu erfüllen. Die Mindestanforderungen an den Personenschutz eines Baudenkmal der Bauwerksklassen BWK II-s, BWK II-i oder BWK III sind folglich für eine Erdbebeneinwirkung mit einer Wiederkehrperiode von rund 200 Jahren (40 % der Erdbebeneinwirkung mit einer Wiederkehrperiode von 475 Jahren) eingehalten.

Der Erfüllungsfaktor bei der Überprüfung im Ist-Zustand α_{eff} ergibt sich aus der rechnerischen Untersuchung der Tragsicherheit des Baudenkmal. Der Erfüllungsfaktor nach Massnahmen zur Erhöhung der Erdbebensicherheit (Intervention) α_{int} ergibt sich aus der rechnerischen Untersuchung des Baudenkmal mit den geplanten bzw. realisierten *Erdbebensicherheitsmassnahmen*.

Wissensbox 6: Norm SIA 269/8 «Erhaltung von Tragwerken – Erdbeben» [72]

Die Überprüfung der Erdbebensicherheit von Bestandesbauten, also auch von Baudenkmalern, ist in der Norm SIA 269/8 geregelt, welche die Angaben und die Vorgehensweise bei der Überprüfung bezüglich Erdbeben liefert. Mit der Norm SIA 269/8 wird den Bauingenieurinnen und Bauingenieuren aufgezeigt, wie Baudenkmalern hinsichtlich ihrer Erdbebensicherheit überprüft und beurteilt werden können. Die Norm fokussiert auf das Einzelbauwerk. Sie ermöglicht mit alternativ anwendbaren Berechnungsverfahren eine differenzierte Betrachtung des Bauwerks als bei Neubauten bei denen allgemein bekannte, teilweise vereinfachte Berechnungsmethoden angewendet werden. Damit kann bei Baudenkmalern im Speziellen eine realitätsnähere Erfassung des effektiven Bauwerksverhaltens unter Erdbebenwirkungen erreicht werden. Die Anwendung dieser Berechnungsverfahren setzt vertiefte Kenntnisse im Erdbebeningenieurwesen voraus.

Die Überprüfung der Erdbebensicherheit von Baudenkmalern erfolgt im Grundsatz gemäss den Normen SIA 269 und SIA 269/8 in folgenden fünf Arbeitsschritten:

- Zustandserfassung
- Untersuchung der konzeptionellen Gestaltung und konstruktiven Durchbildung des bestehenden Bauwerks
- Rechnerische Untersuchung der Erdbebensicherheit (Tragwerksanalyse und Nachweise)
- Beurteilung der Erdbebensicherheit
- Massnahmenempfehlung mit Beurteilung der Verhältnismässigkeit

Diese Schritte sind in einer ersten, generellen Überprüfung durchzuführen und – falls notwendig – in einer oder mehreren detaillierten Überprüfungen zwecks Vertiefung vollständig oder teilweise zu wiederholen. Der Vertiefungsgrad der Untersuchung hängt stark von der Qualität der zur Verfügung stehenden Informationen über das Bauwerk, dessen kulturelle Bedeutung und den Resultaten aus der generellen Überprüfung ab.

Die generelle Überprüfung erstreckt sich über das gesamte Bauwerk. Wenn in der generellen Überprüfung der Nachweis der Erfüllung der Anforderungen an die Erdbebensicherheit nicht erbracht werden kann, sind die Vereinfachungen (beispielsweise bei der Idealisierung des *Tragwerksmodells*) und die Genauigkeit (beispielsweise der angesetzten Baustoffeigenschaften) der Berechnung zu beurteilen.

Eine detaillierte Überprüfung der Erdbebensicherheit kann sich auf ausgewählte Teile des Bauwerks beschränken und ist insbesondere bei Baudenkmalern oft sachdienlich, da sie genauere, realitätsnähere und unter Umständen weniger konservative Ergebnisse für das Niveau der Erdbebensicherheit liefern kann. Eine detaillierte Überprüfung kann durch verfeinerte Tragwerksmodelle sowie anspruchsvollere Berechnungsverfahren erfolgen, die durch realitätsnähere Annahmen die Konservativitäten (= «sichere» Annahmen bei Unsicherheiten oder mangelhaftem Kenntnisstand beispielsweise bezüglich Baustoffeigenschaften, *Tragsystem*, Tragwirkung gewisser Bauteile oder Art der Verbindungen) der generellen Überprüfung abbauen.

Im Grundsatz hat eine generelle Überprüfung, in der der Nachweis der Anforderungen an die Erdbebensicherheit nicht erbracht werden konnte, eine detaillierte Überprüfung zur Folge. Erst wenn sich nach einer detaillierten Überprüfung ein ungenügendes Ergebnis für die Erdbebensicherheit bestätigt, sollten Überlegungen zu Lösungsansätzen und allfälligen Massnahmenkonzepten eingeleitet werden.

1.1.5 Sorgfaltspflicht, Haftung und rechtliche Grundlagen

Unter rechtlichen Gesichtspunkten ist die Frage der Erdbebensicherheit bei Baudenkmalern einerseits bedeutsam für die Eigentümerinnen und Eigentümer und andererseits für die Architektinnen und Architekten sowie Bauingenieurinnen und Bauingenieure, die Interventionen an Baudenkmalern projektieren und ausführen. Die Eigentümerschaften unterstehen der Werkhaftung nach Art. 58 (fehlerhafte Anlage, mangelhafter Unterhalt) des Obligationenrechts OR [8]; sie müssen für Schäden einstehen, die ein Dritter wegen eines Werkmangels erleidet [9] (siehe Wissensbox 7).

Im Bauwesen wird die Erdbebensicherheit durch Baugesetze und Normen geregelt. Während die einen auf der Basis des öffentlichen Baurechts formuliert sind, werden die anderen als Normenwerk des Schweizerischen Inge-

nieur- und Architektenvereins sia entwickelt. Die Normen sind als fachliche Grundlage direkt mit dem öffentlichen Recht verknüpft. Die Baugesetzgebung generell wie auch die Zuständigkeit für das erdbebengerechte Bauen fallen in den Kompetenzbereich der Kantone und sind dementsprechend vielfältig. In allen kantonalen Baugesetzgebungen ist die grundsätzliche Forderung verankert, dass Bauten weder Menschen noch Sachen gefährden dürfen. Diese Sicherheit sowie die Funktionalität, Dauerhaftigkeit und Wirtschaftlichkeit von Bauten und Anlagen werden durch die Einhaltung der SIA-Baunormen gewährleistet.

Architektinnen und Architekten sowie Bauingenieurinnen und Bauingenieure, die mit der Projektierung von Massnahmen an Baudenkmalern beauftragt sind, schulden der Auftraggeberschaft eine sorgfältige Ausführung. Aufgrund der allgemeinen Sorgfaltspflicht sind sie (neben den Bauunternehmungen) als Erstellende eines Bauwerks

Wissensbox 7: Werkhaftung und Werkmangel [9]

Die Haftung der Werkeigentümerschaft ist eine einfache Kausalhaftung, das heisst, die Eigentümerschaft haftet auch dann, wenn der Werkmangel auf einem Zufall oder einem Drittverschulden beruht. Die Werk- bzw. Hauseigentümerschaft hat dafür zu sorgen, dass sein oder ihr Werk bei bestimmungsgemäsem Gebrauch weder Personen noch Güter gefährdet.

Ein Werkmangel ist nach Norm SIA 260 «Grundlagen der Projektierung von Tragwerken» [6] das Fehlen einer Eigenschaft, die das Bauwerk nach heute anerkannten Regeln der Baukunde oder gemäss Vereinbarung aufweisen sollte. Die Frage, ob ein Werk im Sinne von Art. 58 OR [8] mangelhaft ist, wird unter Berücksichtigung der Zweckbestimmung beantwortet sowie dessen, was sich nach der Lebenserfahrung am betreffenden Ort zutragen kann.

Erdbeben mit einer Intensität, die Baudenkmalern leicht schädigen (ab Intensität VI nach der Skala EMS-98 [90]), entsprechen in der Schweiz durchaus der Lebenserfahrung. Als Massstab der Lebenserfahrung zur Abgrenzung der Werkeigentümerhaftung von Fällen der höheren Gewalt, dient daher die statistische Dauer eines Menschenlebens von aktuell 82 Jahren [91]: Wenn ein Baudenkmal der Erdbebeneinwirkung mit einer Wiederkehrperiode von ≤ 80 Jahren nicht standhält, liegt demzufolge ein Werkmangel gemäss Art. 58 OR vor. Dies entspricht bezüglich Wiederkehrperiode ungefähr dem Mindesterfüllungsfaktor α_{\min} von 0,25 für Bauwerke der Bauwerksklasse BWK I und II (siehe Wissensbox 4 im Kapitel 1.1.4) gemäss Norm SIA 269/8. Diese Norm schreibt vor, dass ein bestehendes Bauwerk mindestens 25 Prozent derjenigen Erdbebensicherheit aufweisen muss, die bei einem Neubau erforderlich ist. Für Bauwerke mit «höherer Zweckbestimmung» der Bauwerksklassen BWK II-s für Schulen und Kindergärten, BWK II-i für Bauwerke mit bedeutender Infrastrukturfunktion sowie der Bauwerksklasse BWK III (Bauwerke mit lebenswichtiger Infrastrukturfunktion) sind ein höheres minimales Sicherheitsniveau (Mindesterfüllungsfaktor α_{\min} von 0,40) erforderlich respektive Erdbebeneinwirkungen grösserer Wiederkehrperioden (ca. 200 Jahren) massgebend.

verpflichtet, die anerkannten Regeln der Technik (Baukunde) einzuhalten (Art. 398 respektive Art. 364 OR sowie Art. 1.2.1 SIA 102 [10] und Art. 1.2.1, SIA 103, [11]). Werden vorsätzlich bei der Projektleitung und/oder bei der Ausführung eines Bauwerkes die anerkannten Regeln der Technik (Baukunde) nicht eingehalten und dadurch Personen gefährdet, machen sich Architektinnen und Architekten sowie Bauingenieurinnen und Bauingenieure strafbar [12]. Als «anerkannt» gelten technische Regeln dann, wenn sie von der Wissenschaft als theoretisch richtig erkannt wurden, feststehen und sich nach einer klaren Mehrheitsmeinung der fachkompetenten Anwenderinnen und Anwender in der Praxis bewährt haben. Im Bauwesen gilt die *rechtliche Vermutung*, dass die SIA-Normen die anerkannten Regeln der Technik wiedergeben. Die sorgfältige Ausführung schliesst die Pflicht ein, im Rahmen einer Überprüfung eines Baudenkmalers die Belange der Erdbebensicherheit zu beachten und die Auftraggeberschaft auf eine eventuell ungenügende Sicherheit hinzuweisen. Der Bund, namentlich die Bau- und Liegenschaftsorgane des Bundes (BLO) als Eigentümervertretungen, unterhalten ihre Bestandesbauten, also auch ihre Baudenkmalern, gemäss bundesinterner Weisungen anhand der geltenden SIA-Normen und stellen die Qualitätssicherung beim erdbebengerechten Bauen der bundeseigenen Bauten und Anlagen im In- und Ausland sicher. Die Koordinationsstelle für Erdbebenvorsorge des Bundesamts für Umwelt (BAFU) erarbeitet in Zusammen-

arbeit mit den BLO dazu Vollzugshilfen, um die Qualität sicherzustellen.

Einige Kantone (z. B. Basel-Stadt und Wallis) verfügen bezüglich Bestandesbauten, also auch Baudenkmalern, über gesetzliche Grundlagen mit expliziten Anforderungen an das erdbebengerechte Bauen und kontrollieren deren Einhaltung vor Erteilen einer Baubewilligung. Andere Kantone fordern eine genügende Erdbebensicherheit der Bestandesbauten (wie z. B. Aargau und Fribourg) oder sie verlangen generell die Einhaltung der geltenden Normen (z. B. Nidwalden und Zürich). Wieder andere Kantone postulieren zumindest die Einhaltung der Regeln der Baukunde beim Unterhalt von Bestandesbauten (z. B. Glarus und Appenzell Innerrhoden).

1.1.6 Überprüfungspflicht, Anlass der Überprüfung und Massnahmenumsetzung

Im Umgang mit der Erdbebensicherheit einer Bestandesbaute, also auch eines Baudenkmalers, können drei Sachverhalte betont werden: Die grundsätzliche Überprüfungspflicht der Eigentümerschaft, der Anlass beziehungsweise der Zeitpunkt der Überprüfung der Erdbebensicherheit sowie die Umsetzung von allfällig erforderlichen Erdbebensicherheitsmassnahmen.

Im Grundsatz ist für Baudenkmalern – gestützt auf die Norm SIA 469 «Erhaltung von Bauwerken» [13] (Zif-

fer 3.2.1.3) – eine Überprüfung der Erdbebensicherheit «... dann erforderlich, wenn [...] eine *Instandsetzung*, Erneuerung, Veränderung [...] des Bauwerks in Erwägung gezogen wird. Eine Überprüfung ist auch bei wesentlichen Nutzungsänderungen erforderlich». So sind – gemäss Norm SIA 269 «Grundlagen der Erhaltung von Tragwerken» (Ziffer 6.1.2.2) – aufgrund neuer Erkenntnisse im Erdbebeningenieurwesen und der Seismologie sowie der Verschärfung der Erdbebenbestimmungen in den SIA-Tragwerksnormen auch Baudenkmalern zu überprüfen (siehe Wissensbox 8).

Somit besteht seit 1970 (und erneut seit 1989, 2003 und 2011) mit der Einführung der relevanten Tragwerksnormen aufgrund der veränderten, geltenden Anforderungen an die Erdbebensicherheit im Grundsatz eine **Überprüfungspflicht** für die Eigentümerschaft eines Baudenkmalers. Eine Überprüfung der Erdbebensicherheit ist unumgänglich, diskutierbar ist, wann der ideale Zeitpunkt dafür ist.

Die **Überprüfung der Erdbebensicherheit** kann im Rahmen einer **Voruntersuchung** erfolgen. Im Kontext eines umfangreichen Portfolios von Baudenkmalern empfiehlt sich eine globale Inventarisierung respektive selektive Erhebung [14] der Objekte in Bezug auf ihre Erdbebensicherheit. Daraus leitet sich im Portfoliomanagement eine risikoorientierte Prioritätensetzung namentlich für kritische Bauwerke mit einer hohen Personenbelegung und/oder einem hohen, auch kulturellen Wert und/oder einer wichtigen Funktion ab. Von Relevanz in Zusammenhang

mit der Überprüfungsplanung sind zudem die finanziellen Möglichkeiten der Eigentümerschaft und die strategische Ausrichtung des Portfoliomanagements. Der Kanton Basel-Stadt begann 2019 beispielsweise mit der Überprüfung einer Gruppe ausgewählter Baudenkmalern aus seinem Portfolio im Rahmen von Voruntersuchungen in einem Expertengremium, um anschliessend anhand der Ergebnisse einen strategischen Vorgehensplan auszuarbeiten.

Spätestens wenn ein **Bauvorhaben** gemäss Ziffer 3.2.1.3 der Norm SIA 469 (Instandsetzung, Erneuerung, Veränderung oder Nutzungsänderung) an einem Baudenkmalern geplant ist, ist eine Überprüfung der Erdbebensicherheit in Auftrag zu geben. Konkrete Erdbebensicherheitsmassnahmen sind effektiver und wirtschaftlicher, wenn sie im Rahmen von umfassenden Bauvorhaben wie Instandsetzungen oder Veränderungen (Umbauten oder Nutzungsänderungen) entwickelt und realisiert werden können.

Die Grundlagen-Norm SIA 269 äussert sich nur zur Umsetzung von sichernden Sofortmassnahmen, die bezüglich Erdbebensicherheit nicht im Vordergrund stehen. Die Norm SIA 269/8 lässt den Zeitrahmen der Umsetzung von Erdbebensicherheitsmassnahmen bewusst offen, da es sich primär um eine rechtliche Fragestellung handelt, die durch die Baugesetzgebung und Rechtsprechung zu regeln ist. Das SIA Merkblatt 2018 von 2004 unterstrich im informativen Anhang jedoch bereits, dass «... Um die vorhandenen Mittel aus volkswirtschaftlicher Sicht effizient zu nutzen, ... auch bei der Umsetzung von Ertüchtigung

Wissensbox 8: Kriterien für die Umsetzung von Erdbebensicherheitsmassnahmen bei Baudenkmalern des Bundes

Baudenkmalern im Eigentum des Bundes werden spätestens dann auf ihre Erdbebensicherheit überprüft, wenn ein Bauvorhaben geplant ist. Dies erfolgt häufig im Rahmen einer Voruntersuchung.

Allfällig erforderliche Erdbebensicherheitsmassnahmen werden projektiert und auf ihre Verhältnismässigkeit beurteilt, wenn im Rahmen des geplanten Bauvorhabens an dem Baudenkmalern **wesentliche Eingriffe** geplant sind. Dies bietet ein erhebliches Synergiepotenzial mit allfällig erforderlichen Erdbebensicherheitsmassnahmen. Als wesentliche Eingriffe werden ein grossflächiger Eingriff beispielsweise in einem Geschoss oder ein lokaler Eingriff über alle Geschosse (beispielsweise ein Lifteinbau), eine Reparatur oder Erneuerung der Fassaden oder eine energetische Sanierung angesehen.

Allfällig erforderliche Erdbebensicherheitsmassnahmen werden in jedem Fall projektiert und auf ihre Verhältnismässigkeit beurteilt, wenn die Gesamtinvestitionssumme des geplanten Bauvorhabens **grösser als 10 Mio. SFr.** ist oder das Baudenkmalern eine **bedeutende Infrastrukturfunktion** im Sinne der Norm SIA 269/8 (Bauwerksklasse BWK II-i) hat oder eine **Schule oder ein Kindergarten** (Bauwerksklasse BWK II-s) ist.

Allfällig erforderliche Erdbebensicherheitsmassnahmen werden in der Regel nicht projektiert, wenn die Gesamtinvestitionssumme des geplanten Bauvorhabens **kleiner als 1 Mio. SFr. und kleiner als 10 Prozent des Gebäudewerts** ist und das Baudenkmalern weder eine bedeutende Infrastrukturfunktion im Sinne der Norm SIA 269/8 (Bauwerksklasse BWK II-i) hat noch eine Schule oder ein Kindergarten (BWK II-s) ist. In der Regel sind allfällig erforderliche Erdbebensicherheitsmassnahmen in diesen Fällen kaum verhältnismässig zu realisieren.

gungsmassnahmen Überlegungen zur Prioritätensetzung angebracht [sind]. So ist es sinnvoll, die Massnahmen am Tragwerk mit einer anstehenden Instandsetzung zu bündeln.» Und im Rahmen des Einführungskurses zur geltenden Norm SIA 269/8 im Juni 2019 an der ETH in Zürich und im November 2019 an der EPF in Lausanne wurde generell empfohlen, «den Erfüllungsfaktor α_{eff} im Ist-Zustand als Beurteilungskriterium für den Zeitrahmen der Umsetzung heranzuziehen. Je tiefer α_{eff} zu liegen kommt, desto schneller sollte die Massnahmenempfehlung umgesetzt werden. Wenn möglich sollte die Erdbebenertüchtigung mit einer anstehenden Gesamtinstandsetzung koordiniert werden, um Synergien zu nutzen. Insbesondere die betrieblichen Folgekosten einer Tragwerksanpassung müssen dann nicht einzig der Erdbebenertüchtigung angelastet werden». Denn es ist unbestritten, «dass sich allfällig erforderliche Erdbebensicherheitsmassnahmen am sinnvollsten und zielführendsten, und somit am verhältnismässigsten, im Rahmen konkreter Instandsetzungs- oder Veränderungsvorhaben projektieren und realisieren lassen». [15].

Sind im Rahmen eines geplanten Bauvorhabens an einem Baudenkmal Eingriffe in die Tragstruktur vorgesehen, besteht in jedem Fall Überprüfungspflicht. Beispiele dafür sind Eingriffe an Tragelementen (z. B. Wände, Rahmen, Fachwerke) oder in Bereiche, die für den Kraftfluss wichtig sind (z. B. Deckendurchbrüche). Als weitere Eingriffe können die Entfernung oder Ergänzung von Tragelementen genannt werden. Beispielsweise verlangt der Kanton Aargau bei Eingriffen in die Tragstruktur im Rahmen der Baubewilligung eine «Deklaration zur Überprüfung der Erdbebensicherheit», die von der Eigentümerschaft, der Architektin oder dem Architekten sowie der Bauingenieurin oder dem Bauingenieur unterschrieben werden muss. Neben den Ergebnissen der Überprüfung werden die allfällig erforderlichen Erdbebensicherheitsmassnahmen abgefragt, der Entscheid über deren Umsetzung ist zu begründen [16].

Erst wenn das Baudenkmal die Anforderungen an die Erdbebensicherheit gemäss einer aussagekräftigen, detaillierten Überprüfung (siehe Wissensbox 6) nicht erfüllt, ist ein Massnahmenprojekt einzuleiten. Die Eigentümerschaft ist verpflichtet, die **Erdbebensicherheitsmassnahmen** umzusetzen, die erforderlich sind, um wenigstens

die Mindestanforderungen an das Individualrisiko (Wissensbox 5) zu erfüllen. Dies bedeutet, dass wenigstens diejenigen Massnahmen im Rahmen des geplanten Bauvorhabens ergriffen werden müssen, mit welchen die Erdbebensicherheit des Baudenkmals gemäss der Norm SIA 269/8 den geltenden Mindesterfüllungsfaktor $\alpha_{\text{min}} = 0,25$ (BWK I und II) beziehungsweise 0,40 (BWK II-s, II-i und III) erreicht (Wissensbox 5). Hinsichtlich weitergehender, verhältnismässiger Erdbebensicherheitsmassnahmen, also Massnahmen zur Erreichung einer über den Mindesterfüllungsfaktor α_{min} hinausgehenden Erdbebensicherheit, ist die Eigentümerschaft laut aktueller Rechtsauslegung frei zu entscheiden, zu welchem Zeitpunkt diese realisiert werden sollen. Rechtsexperten empfehlen jedoch, einen Massnahmenplan mit sachlich gerechtfertigter Priorisierung zu erstellen. Solange die Massnahmen nicht umgesetzt sind, bleibt die Eigentümerschaft haftbar für allfällige Personenschäden in ihrem Baudenkmal. Es gilt also auch bei Baudenkmalern: Je grösser das Risiko ist (hohe Schadensanfälligkeit also Verletzbarkeit, hohe Personenbelegung), desto rascher sind die Erdbebensicherheitsmassnahmen umzusetzen.

Zusammenfassend kann also gesagt werden, dass sich die Eigentümerschaft im Rahmen eines Bauvorhabens an einem Baudenkmal die Kenntnis über die Erdbebensicherheit des Baudenkmals verschaffen und eine Überprüfung in Auftrag geben sollte. Eine Überprüfung der Erdbebensicherheit ergibt in vielen Fällen eine ausreichende Erdbebensicherheit und die Eigentümerschaft ist ihrer Pflicht nachgekommen. Für den Fall, dass die Anforderungen an die Erdbebensicherheit nicht erfüllt sind, ist der hier vorgestellte idealtypische Prozess einzuleiten. Nach einer differenzierten Evaluierung der Verhältnismässigkeit ist über die Art der Umsetzung zu entscheiden.

1.2 Denkmalpflege

Dieses Kapitel führt in die wichtigsten Grundlagen und Rahmenbedingungen der Denkmalpflege in der Schweiz ein. Es erläutert die wesentlichen Begriffe und Zusammenhänge. Die Aufarbeitung der Grundlagen bildet die Voraussetzung für den gemeinsamen Dialog im idealtypischen, interdisziplinären Prozess des zweiten Kapitels der Wegleitung.

1.2.1 Begriffsgrundlagen und Abgrenzung

Im Fachbereich Denkmalpflege werden in der Schweiz mehrere ähnliche, in ihrer Bedeutung jedoch unterschiedliche Begriffe verwendet [17]. Die «Denkmalpflege» ist eine Disziplin. Sie ist auch ein Arbeitsgebiet der gleichnamigen, in die Verwaltungen eingebundenen Fachstellen mit öffentlichem Auftrag. Sie umfasst administrative Massnahmen sowie theoretische und technisch-praktische Klärungen für den Schutz und die Instandsetzung von ortsgebundenen Kulturgütern. «Kulturgüter» sind Objekte und Stätten, die für die Allgemeinheit als Zeugnisse der geistigen Tätigkeit, des Kunstschaffens oder des gesellschaftlichen Lebens von Bedeutung sind. Ortsgebundene oder immobile Kulturgüter werden im Kontext des Fachbereichs Denkmalpflege in der Regel als «Baudenkmal» bezeichnet.

In Abgrenzung zur Denkmalpflege versteht man in der Schweiz unter «Denkmalschutz» Festlegungen rechtlich verbindlicher Massnahmen, die auf den Erhalt von Kulturgütern beziehungsweise Baudenkmalern ausgerichtet sind.

Der Begriff «Heimatschutz» ist ein Oberbegriff und findet in verschiedenen deutschschweizerischen Gesetzesregelungen Verwendung: Der Bund verwendet in den deutschen Versionen der betreffenden Gesetzgebung den Begriff «Heimatschutz» (BV [18], NHG [19], NHV [20]), im Kanton Uri heisst das entsprechende Gesetz «Gesetz über den Natur- und Heimatschutz», im Kanton Thurgau «Gesetz zum Schutz und zur Pflege der Natur und der Heimat». Unter Heimatschutz wird demgemäss die Pflege und Erhaltung des Landschafts- und Ortsbilds sowie archäologischer Stätten und «Kulturdenkmäler» verstanden. Mit «Heimatschutz» werden in der Deutschschweiz umgangssprachlich jedoch auch der private

Verein «Schweizer Heimatschutz» und seine Sektionen bezeichnet [21].

Massnahmen zum Schutz und zum Erhalt von beweglichen und unbeweglichen Kulturgütern vor Beschädigung, Zerstörung, Diebstahl und Verlust werden in der Schweiz auch unter dem Oberbegriff «Kulturgüterschutz» zusammengefasst.

Der Fachbereich Kulturgüterschutz des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz (BABS) [22] ist auf Stufe Bund die zuständige Fachstelle. Der Bund ist verantwortlich für die Umsetzung der Massnahmen nach Artikel 5 des Zweiten Protokolls von 1999 des Haager Abkommens **zum Schutz der Kulturgüter** im bewaffneten Konflikt von 1954. Die Umsetzung beinhaltet Massnahmen zum Schutz der beweglichen und unbeweglichen Kulturgüter bei bewaffneten Konflikten, bei Katastrophen und in Notlagen, die sein Eigentum oder ihm anvertraut sind. Die Kantone ihrerseits bezeichnen die auf ihrem Gebiet liegenden Kulturgüter und sind zuständig für die Vorbereitung und Durchführung der Schutzmassnahmen. Der Bund unterstützt und berät die Kantone bei ihren Aufgaben im Kulturgüterschutz.

Das Bundesamt für Kultur (BAK), Sektion Baukultur, befasst sich mit der Bewahrung und dem Erhalt des vorwiegend unbeweglichen kulturellen Erbes. Die ebenfalls dem Bundesamt für Kultur (BAK) [23] angegliederte Fachstelle Internationaler Kulturgütertransfer ist für den Schutz der beweglichen Kulturgüter vor illegalem Handel und die Förderung des Erhalts des beweglichen kulturellen Erbes zuständig.

1.2.2 Auftrag und Kompetenzregelung

Der öffentliche Auftrag der Denkmalpflege ist im Grundsatz mit Art. 78 der Bundesverfassung (BV) über den Natur- und Heimatschutz festgelegt. Der Artikel regelt das Prinzip der Verantwortung der verschiedenen staatlichen Ebenen, namentlich die Zuständigkeit der Kantone für den Natur- und Heimatschutz. Natur- und Heimatschutz umfassen den Schutz von Landschaften, Ortsbildern, geschichtlichen Stätten sowie Natur- und Kulturdenkmälern, also auch die Aufgaben von Archäologie und Denkmalpflege.

Das Bundesgesetz vom 1. Juli 1966 über den Natur- und Heimatschutz (NHG) konkretisiert den Aufgabenbereich des Bundes hinsichtlich Natur- und Heimatschutz. Der Bund unterstützt die Kantone. Er wird überall dort aktiv, wo eine Problemstellung in einem Kanton aus politischen, fachlichen und/oder finanziellen Gründen nicht selbständig gelöst werden kann. Der Bund unterstützt Heimatschutz und Denkmalpflege durch die Gewährung finanzieller Beiträge an Erhaltung, Erwerb, Pflege, Erforschung und Dokumentation von schützenswerten Ortsbildern, geschichtlichen Stätten oder Kulturdenkmälern. Er kann Organisationen von gesamtschweizerischer Bedeutung sowie Forschung, Ausbildung und Öffentlichkeitsarbeit unterstützen.

Die Sektion Baukultur des Bundesamts für Kultur (BAK) ist die Fachstelle des Bundes für Denkmalpflege, Archäologie und Ortsbildschutz. Bei der Erfüllung der Aufgaben des Bundes ist sie verantwortlich für die Berücksichtigung der denkmalpflegerischen, archäologischen und ortsbildschützerischen Aspekte innerhalb des von den rechtlichen Bestimmungen gesetzten Rahmens. Die Eidgenössische Kommission für Denkmalpflege (EKD) [24] und die Eidgenössische Natur- und Heimatschutzkommission (ENHK) [25] sind *ausserparlamentarische Kommissionen*. Sie sind die beratenden Fachkommissionen des Bundes für Denkmalpflege, Archäologie und Ortsbildschutz respektive für grundsätzliche Fragen des Natur- und Heimatschutzes.

Für Objekte, die der Bund mit Finanzhilfen unterstützt oder die unter *Bundesschutz* stehen sowie für besondere fachliche Fragestellungen arbeiten die Kantone mit dem Bundesamt für Kultur (BAK) zusammen. Die Kantone können Fachkommissionen einsetzen oder Teile ihrer Verantwortung an kommunale Fachstellen delegieren. Der dem Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS) angegliederte Fachbereich Kulturgüterschutz stellt bei der Umsetzung der Kulturgütererhaltung im Sinne von Art. 78 der BV eine «Partnerorganisation» dar.

Die gesetzlichen Regelungen sind von Kanton zu Kanton unterschiedlich, widersprechen jedoch nicht dem übergeordneten Bundesrecht. Entsprechend des föderalistischen Systems sind auch politische Einbindung, Organisation, Ausstattung mit personellen und finan-

ziellen Ressourcen bezüglich Denkmalpflege und Kulturgüterschutz kantonal unterschiedlich geregelt. Die Kantone bezeichnen Denkmalpflegefachstellen, die für einen sachgerechten und wirksamen Vollzug von Verfassungs- und Gesetzesauftrag sorgen. Neben den 26 kantonalen Denkmalpflegefachstellen verfügen die Städte Bern, Biel, Genf, La-Chaux-de-Fonds, Lausanne, Luzern, St. Gallen, Winterthur und Zürich auch über kommunale Denkmalpflegefachstellen. Die kantonalen und kommunalen Denkmalpflegefachstellen sind für die praktischen und administrativen Massnahmen zum Schutz und zur Instandsetzung von Baudenkmalern verantwortlich, namentlich für Inventarisierung, Erforschung, Beratung und Restaurierungsbegleitung, Archivierung und Beitragswesen sowie Öffentlichkeitsarbeit.

Die Eigentümerschaft respektive ihre Vertretung hat sich über die lokalen baugesetzlichen und denkmalpflegegesetzlichen Grundlagen in Kenntnis zu setzen.

1.2.3 Fachliche Handlungsgrundlage

Als Grundlage für die Arbeit am Baudenkmal wurden von der Eidgenössischen Kommission für Denkmalpflege (EKD) die «Leitsätze zur Denkmalpflege in der Schweiz» [26] erarbeitet (siehe Wissensbox 9). Die 2007 publizierten «Leitsätze» klären die gemeinsame Basis für das Handeln aller sich für die Baudenkmalern engagierenden Personen und Stellen und widerspiegeln den aktuellen Stand der fachlichen Erkenntnisse der Disziplin Denkmalpflege. Sie wurden zunächst als Kompendium für Fachleute verfasst, «[Das Papier] soll aber auch für *Bauherren* und Architektinnen, Politikerinnen oder interessierte Laien Anregung und Hilfe für das Verständnis des Denkmals und der für seine langfristige Erhaltung notwendigen Massnahmen sein...»; ferner dienen sie aber auch der Nachvollziehbarkeit, Transparenz und Rechtssicherheit der denkmalpflegerischen Arbeit. Die «Leitsätze» und die denkmalpflegerische Arbeit in der Schweiz stützen sich auf internationale Charten und Konventionen, in Bezug auf Baudenkmalern sind dies insbesondere:

- Internationale Charta über die Erhaltung und Restaurierung von Denkmälern und Denkmalgebieten, Venedig 1964 [27];
- Übereinkommen vom 3. Oktober 1985 zum Schutz des baugeschichtlichen Erbes in Europa, Granada 1985 [28];

- Charta zur Denkmalpflege in historischen Städten, Washington 1987 [29];
- Das Nara-Dokument zur Authentizität, Nara 1994 [30];
- Grundsätze zur Analyse, Konservierung und Restaurierung der Baustruktur von Denkmälern, Zimbabwe 2003 [31];

Zu den Aufgaben der Eidgenössischen Kommission für Denkmalpflege (EKD) gehört auch die vertiefte Auseinandersetzung mit verschiedenen Themenkomplexen der Denkmalpflege. Die Aufarbeitung spezifischer Fragestellungen, zu denen auch die Erdbebensicherheit von Baudenkmalern gehört [32], werden in der Form von Grundsatzpapieren publiziert.

Weil jede Generation neue methodische Fragen stellt und sich mit neuen Rahmenbedingungen auseinandersetzen hat, werden diese anerkannten Standards der Disziplin und des Arbeitsgebiets der Denkmalpflege in regelmässigen Zyklen überprüft und allenfalls angepasst.

1.2.4 Baudenkmal: fachliche und gesetzliche Definition

Die Bestimmung des Begriffs Baudenkmal kann aus fachspezifischer Sicht und/oder aus rechtlicher Perspektive erfolgen.

Baudenkmal sind gemäss den von der Eidgenössischen Kommission für Denkmalpflege (EKD) erarbeiteten «Leitsätzen zur Denkmalpflege in der Schweiz» «ortsgebundene Objekte, die geschichtlichen *Zeugniswert* haben. [Bau]Denkmäler können Zeugnisse jeglichen menschlichen Wirkens sein, historischer Ereignisse und Entwicklungen, künstlerischer Leistungen, sozialer Einrichtungen, technischer Errungenschaften». Einzelne oder mehrere dieser Eigenschaften konstituieren den kulturellen Wert des Objekts.

Baudenkmal sind ferner «bestimmt durch ihre überlieferte *Materie*; diese macht die Authentizität der [Bau] Denkmäler aus. Die Authentizität des [Bau]Denkmals, das heisst die Existenz des [Bau]Denkmals in seiner möglichst vollständig überlieferten Materie mit all ihren Zeitspuren, ist Voraussetzung dafür, dass heutige, aber auch spätere Generationen seine Vielschichtigkeit erkennen und interpretieren können [...] Nur wenn das [Bau]Denkmal in seiner

als historisch bedeutsam bewerteten *Materialität*, seiner Substanz, nicht geschmälert wird, kann es als Ausdruck bestimmter historischer Umstände interpretiert, kann diese Interpretation überprüft werden. Wird dem Objekt die überlieferte Substanz genommen, verliert es seine [Bau] Denkmaleigenschaft unwiederbringlich». [26]

Auf Gesetzesebene wird das «Baudenkmal» als Rechtsbegriff definiert (*Legaldefinition*). Der Gesetzgeber legt in einer Rechtsvorschrift durch Definition im Gesetzestext fest, wie ein (*unbestimmter*) *Rechtsbegriff* zu verstehen ist. Umfang und Inhalt werden dabei für die Zwecke des Gesetzes, in welchem die Legaldefinition enthalten ist, festgelegt [33]. Im Kanton St. Gallen findet sich beispielsweise die gesetzliche Definition des Begriffs Baudenkmal im Planungs- und Baugesetz [34], im Abschnitt C. Natur- und Heimatschutz. Art. 115 Abs. 1 Bst. g bezeichnet Baudenkmal als Schutzobjekte. Als Baudenkmal gelten «herausragende bauliche Objekte und Ensembles von besonderem kulturellen Zeugniswert, wie Ortsbilder, Baugruppen, Bauten und Bauteile, Anlagen sowie deren Umgebung, feste Ausstattungen und Zugehör».

1.2.5 Materielle und formelle Bezeichnung, Rechtswirkung

«Ein Bauwerk wird durch das Erkennen und Feststellen seines historischen Zeugniswerts und seiner überlieferten Materialität zum Baudenkmal (materielle Bezeichnung). [...] Seine Denkmaleigenschaft besteht unabhängig von administrativen Massnahmen wie einer Aufnahme in ein Inventar oder einer Unterschutzstellung» [26].

Bauwerke, denen gemäss materieller Bezeichnung Denkmaleigenschaft zukommt, können durch den Gesetzgeber für die Eigentümer und die breite Öffentlichkeit gestützt auf die Legaldefinition des Baudenkmal als solche kenntlich gemacht werden (formelle Bezeichnung) [26] [33]. Die formelle Bezeichnung der Baudenkmal ist ein administrativer Akt. Sie stellt ein Instrument zur Entscheidungshilfe im politischen Prozess dar und bildet die Voraussetzung für den Vollzug des gesetzlichen Auftrags der Denkmalpflege. Sie erfolgt unter anderem in Form von Listen, Verzeichnissen, Karten, Plänen, Inventaren oder Unterschutzstellungen.

Wissensbox 9: Denkmalpflegerische Handlungsmaximen und Definitionen gemäss der «Leitsätze zur Denkmalpflege in der Schweiz» [26]

Die Bestimmung einer angemessenen, sich am materiellen und funktionellen Bestand orientierenden **Nutzung** von Baudenkmalern ist essenziell und begünstigt deren langfristigen Erhalt. Das Nutzungsspektrum kann sehr vielfältig sein und auch eine ideelle oder städtebauliche bzw. landschaftsprägende Bedeutung oder eine museale Präsentation umfassen.

Bei Interventionen an Baudenkmalern ist der Grundsatz der **Nachhaltigkeit** zu beachten. Interventionen im Sinne der Denkmalpflege sind dann nachhaltig, wenn sie nachfolgenden Generationen möglichst viele Optionen offenhalten, sowohl zum Umgang mit dem Baudenkmal als auch zu seiner Erforschung. Das Erhalten originaler, historisch relevanter Substanz als bedeutsame und nicht erneuerbare Ressource hat Vorrang vor dem Maximieren einer nur ökonomisch oder ausschliesslich ökologisch verstandenen Nachhaltigkeit. Materielle Veränderungen dürfen nur vorgenommen werden, wenn sie für das Weiterbestehen des Baudenkmal nachgewiesenermassen unerlässlich sind und seinen Denkmalwert nicht zerstören.

Konservierung/Restaurierung des Baudenkmal: Zu den grundlegenden Handlungsansätzen bei Baudenkmalern zählen die **Konservierung** (die Erhaltung des Baudenkmal in seinem bestehenden Zustand [Substanz] und das Verzögern des weiteren Zerfalls) und die **Restaurierung** (die Rückführung der bestehenden Substanz des Baudenkmal in einen bekannten, früheren Zustand durch das Entfernen von Anlagerungen oder durch erneute Zusammenfügung der Komponenten ohne die Einführung neuen Materials); Historische Elemente sollen instand gesetzt, nicht ersetzt werden. Diese Regel gilt gleichermassen für alle *Bauelemente* und Baumaterialien. Die Notwendigkeit, nicht mehr reparierfähige (oder in ihrer Funktion ungenügende) einzelne Bestandteile auszutauschen, darf nicht dazu führen, unbeschadet alle Teile zu ersetzen. Für die Konservierung/Restaurierung von Baudenkmalern sind Materialien und Anwendungstechniken zu verwenden, die sich bewährt haben. Oftmals erfüllen die traditionell-handwerklichen Methoden die gestellten Anforderungen.

Kleinstmögliche Interventionen: Umfang und Tiefe einer Intervention sind möglichst klein zu halten. Umfassende und tiefgreifende (invasive) Interventionen verursachen in der Regel bedeutende Veränderungen an der historischen Substanz. Wenn wenig in die bestehende Denkmalsubstanz eingegriffen wird, bleibt sie für spätere Generationen als originales Zeugnis verfügbar. Die Interventionen sind auf ein Höchstmass an Reversibilität auszurichten. Reversible Massnahmen können zu einem späteren Zeitpunkt rückgängig gemacht werden, ohne dass an der denkmalbestimmenden Trägersubstanz eine Veränderung zurückbleibt. Statt in das materielle Gefüge einzugreifen, sind additive Massnahmen zu bevorzugen.

Ergänzungen sind Massnahmen, die eine durch Zerfall oder frühere Interventionen entstandene Fehlstelle schliessen. Sie müssen sich dem Bestand unterordnen. Ergänzungen dienen der Lesbarkeit und der Ästhetik. Sie sollen Bestandteil des grösseren Ganzen werden. Ergänzungen sind auf angemessene Weise kenntlich zu machen: Fehlstellen (Lücken) bei einer historischen Wandmalerei werden gemäss den Regeln der Kunst nicht «rekonstruiert», sondern beispielsweise mit einer neutralen Massnahme in den Gesamtzusammenhang eingebunden. Rekonstruktionen (die möglichst genaue Rückführung eines Baudenkmal oder eines Teils eines Baudenkmal in einen bekannten Zustand mittels Einführung von neuen oder alten Materialien in die denkmalrelevante Substanz) sind grundsätzlich bedenklich.

Zufügungen sind Massnahmen, die aus Gründen der Nutzung, der Lesbarkeit, der Gesamtwirkung usw. für unabdingbar gehalten werden. Sie dürfen die originalen Bestandteile weder in ihrer Substanz noch in ihrer Wirkung beeinträchtigen. Zufügungen am Baudenkmal und in seiner Umgebung sind aus der Analyse des Bestandes zu entwickeln. Sie können namentlich eine technische oder funktionale Entlastung des Baudenkmal oder von Teilen davon zum Ziel haben. Sie können auch aus didaktischen Gründen sinnvoll sein. Zufügungen sind materiell vom Baudenkmal unabhängig, haben mit ihm indessen einen engen Zusammenhang in funktionaler und gestalterischer Hinsicht. Zufügungen sind ihrer Bedeutung entsprechend zu gestalten. Sie sollen sich selbstverständlich in das Denkmal einfügen. Sie sollen als heutige Elemente von hoher gestalterischer Qualität erkennbar sein. Als Zufügung können der Einbau einer Nasszelle in ein bisher ohne eine derartige Ausstattung versehenes Baudenkmal oder die Nachrüstung mit einer Zentralheizung bezeichnet werden.

Weiterbauen: Wenn an Teilen des Baudenkmal weitergebaut wird, sind die historisch wertvollen Teile nicht anzutasten (Schutzzielbestimmung). Es dürfen nur Teile ersetzt oder verändert werden, die für den Denkmalwert nicht konstituierend sind. Aus alten und neuen Elementen soll ein neues Ganzes entstehen. Die neuen Teile basieren auf der sorgfältigen Analyse des Bestandes (denkmalpflegerische Bauwerksuntersuchung). Sie sind angemessen und qualitativ zu gestalten. Die Unterscheidung zwischen Zufügungen und Weiterbauen ist fließend und ist abhängig vom Umfang der Interventionen.

Bei Schutzlisten, -verzeichnissen oder -inventaren ist bereits ein ordentliches Unterschutzstellungsverfahren durchgeführt worden und die Eigentümerschaft konnte ihre Rechte geltend machen. Unterschutzstellungen erfolgen im Rahmen von planungsrechtlichen Massnahmen (Schutzzonen, Schutzobjekte), durch Verordnung, Verfügung oder verwaltungsrechtliche Verträge und sind in der Regel mit klar definierten Eigentumsbeschränkungen verbunden. Bei den anderen Inventar- oder Verzeichnisarten

stellt die Aufnahme lediglich einen fachlichen Vorentscheid, eine Schutzvermutung dar. Diese Schutzvermutung wird zu einem späteren Zeitpunkt, beispielsweise in einem Planungs- oder einem Baubewilligungsverfahren, unter Berücksichtigung des rechtlichen Gehörs der Eigentümerschaft überprüft. In entsprechenden Rechtsvorschriften sind geeignete Vorkehrungen zur Umsetzung, gegebenenfalls zur Durchsetzung der Massnahmen geregelt (Rechtswirkung) (siehe Wissensbox 10).

Wissensbox 10: Denkmalbezeichnung und Denkmalbewertung

Bund: Verschiedene Bundesstellen erarbeiten im Rahmen ihrer Tätigkeit Inventare und Listen zu schützenswerten Bauten und Anlagen von nationaler, regionaler und lokaler Bedeutung. Das Bundesamt für Kultur (BAK) hat eine Synopsis der national eingestuft Objekte erstellt [92]. Diese enthält die Schweizer UNESCO-Welterbestätten und die schützenswerten Bauten und Anlagen und archäologischen Stätten, welche von Bundesstellen auf der Grundlage des Natur- und Heimatschutzgesetzes (NHG) [19] oder aufgrund der Verordnung über den Schutz der Kulturgüter bei bewaffneten Konflikten, bei Katastrophen und in Notlagen (KGSV) [93] als von nationaler Bedeutung eingestuft wurden.

Die dem Verzeichnis zugrundeliegenden Inventare und Listen der verschiedenen Bundesstellen haben unterschiedliche Zwecke und Rechtswirkung. In der Regel enthalten sie auch Objekte von regionaler und lokaler Bedeutung. Das Verzeichnis bildet die Grundlage für die Bemessung von Bundesbeiträgen gemäss Art. 13 NHG und es dient als Orientierungshilfe zur Bestimmung von «Kulturdenkmälern» von nationaler Bedeutung im Sinne von Art. 18a des revidierten Raumplanungsgesetzes [93] [94].

Kantone und Gemeinden: Die Kantone bezeichnen – gestützt auf die Bundesgesetzgebung sowie die kantonalen Heimatschutz-, Denkmalpflege-, Kulturgüter- sowie Planungs- und Baugesetze – die auf ihrem Gebiet gelegenen Baudenkmäler selbst, wobei sie diese Befugnis teilweise oder ganz an die Gemeinden übertragen können. Die meisten Kantone und zahlreiche Gemeinden verfügen über Baudenkmalinventare. Je nach Rechtskraft im betreffenden Kanton oder in der betreffenden Gemeinde werden Baudenkmalinventare und/oder Baudenkmalisten in Form von Hinweisinventaren, behördenverbindlichen Inventaren oder Schutzinventaren geführt und haben entsprechend materiell- oder formalrechtlichen Charakter [95] [96].

Denkmalinventare und Denkmallisten unterscheiden sich aufgrund des föderalistischen Prinzips von Kanton zu Kanton in Bezug auf Aufbau und Umfang, Detaillierungsgrad und Bewertungsnomenklatur. Hinsichtlich der Darstellung des individuellen Denkmalwerts ist ihnen die kurze, prägnante Charakterisierung des Baudenkmals gemein, denn der individuelle Wert beziehungsweise Erhaltungswert des Denkmals – der effektive kulturelle Wert – «ist so vielschichtig darstellbar, unterschiedlich akzentuierbar und erweiterungsfähig, dass er sich nicht mit einer Kategorisierung in einfachen Wertstufen ausdrücken lässt» [26].

Zum Beispiel werden im georeferenzierten Bauinventar des Kantons Bern Baudenkmäler mit Bild und Text in die zwei Kategorien «erhaltungswert» und «schützenswert» eingeordnet und deren «Situationswert» beurteilt. In einem Anhang werden zudem herausragende Vertreter der jüngsten Architektur aufgeführt, wobei dem Anhang keine rechtliche Wirkung zukommt. Der Kanton Thurgau führt eine übersichtliche, web-basierte Denkmaldatenbank und verwendet die Kategorien «Gesamtform erhaltungswert», «besonders wertvoll» und «bemerkenswert nach 1959». Der Kanton Waadt wiederum kategorisiert in seinem «Recensement architectural» die Denkmalobjekte mit Noten (1 bis 7) – Baudenkmäler der Kategorie 1 geniessen den höchsten Schutz respektive weisen den höchsten kulturellen Wert auf – und bietet im Web auf einer georeferenzierten Karte einen öffentlichen Zugang zu den detaillierten Objektfichen.

1.3 Verhältnismässigkeit von Erdbebensicherheitsmassnahmen

Die Verhältnismässigkeit der Erdbebensicherheitsmassnahmen gemäss geltender Erhaltungsnorm SIA 269/8 wird im Grundsatz durch die Gegenüberstellung ihrer Kosten und ihres Nutzens (Ziffer 10.1.2) unter Beachtung der Sicherheitsansprüche des Individuums beurteilt (Ziffer 10.2.1, Massnahmeneffizienz). Sie bezieht sich auf die gesellschaftliche Forderung nach Sicherheit und ganz allgemein nach der Akzeptanz von Risiken oder eines ganz bestimmten Risikos (öffentliches Interesse). Sie berücksichtigt zudem die Verfügbarkeit der notwendigen Mittel, um die Massnahmen umsetzen zu können. Bei der Beurteilung der Verhältnismässigkeit von Erdbebensicherheitsmassnahmen an einem Bauwerk gemäss der Norm SIA 269/8 müssen *Schutzgüter* wie Personen, Infrastruktur-Dienstleistungen, Umwelt und Kulturgüter beachtet werden. Zudem können Bauwerkswert, Sachwerte und die Vermeidung von Betriebsausfällen in die Beurteilung mit-

einbezogen werden. Die Reduktion von Personenrisiken ist jedoch immer zu berücksichtigen. Explizit für Baudenkmäler postuliert die Norm für die Beurteilung der Verhältnismässigkeit die Berücksichtigung der Bestimmungen zum Schutz der Kulturgüter (Ziffer 10.2.6, kultureller Wert, öffentliches Interesse) und eine dementsprechend differenzierte Evaluierung der Verhältnismässigkeit (Ziffer 10.6.2). Diese ist bei Erdbebenmassnahmen, die über die Mindestanforderungen (Mindesterfüllungsfaktor α_{\min}) hinsichtlich der Personenrisiken hinausgehen, anzuwenden und im Dialog zwischen Eigentümerschaft, Planenden und Denkmalpflege vorzunehmen. Ist die Verhältnismässigkeit nach einer differenzierten Evaluierung gegeben, sind die Massnahmen umzusetzen.

Der in der Norm SIA 269/8 aufgeführte Begriff «kultureller Wert» ist nicht eindeutig definiert und wird unterschiedlich ausgelegt. In der Bauingenieursdisziplin überwiegt aktuell der Ansatz, dass die normative Forderung der «Berücksichtigung des kulturellen Werts» als Bauwerks-

schutz, als Schutz, der über den reinen Personenschutz hinausgeht, interpretiert werden sollte. Aus der Sicht der Bauingenieurinnen und Bauingenieure ist der Schutz kunsthistorisch wertvoller Bausubstanz durch bauliche Massnahmen sicherzustellen, um allfällige Schäden so weit als möglich zu vermindern [35]. Die Denkmalpflege hingegen zielt mit der «Berücksichtigung des kulturellen Werts» auf die Minimierung von Erdbebensicherheitsmassnahmen, welche die baudenkmalrelevante Substanz beeinträchtigen und den Baudenkmalwert schmälern. Schäden an Baudenkmalern durch Erdbebeneinwirkungen werden in Kauf genommen, wenn dadurch weitergehende, invasive Massnahmen zur Erbebenertüchtigung vermieden werden können, die über den reinen Personenschutz hinausgehen [24].

Die vorliegende Wegleitung versucht beiden Disziplinen eine Hilfe zu geben, wie die Berücksichtigung des kulturellen Werts durch eine differenzierte Evaluierung der Verhältnismässigkeit in der Praxis tatsächlich umgesetzt werden kann. Dabei werden die quantitativen Beurteilungskriterien aus dem Bauingenieurwesen mit den qualitativen Beurteilungskriterien aus der Denkmalpflege verknüpft. Die Eigentümerschaft muss auf der Basis der fachkompetenten Massnahmenempfehlung beider Disziplinen zur Erdbebensicherheit eine Entscheidung treffen können. Ziel der differenzierten Evaluierung der Verhältnismässigkeit von Erdbebensicherheitsmassnahmen muss daher eine von beiden Disziplinen getragene Massnahmenempfehlung an die Eigentümerschaft sein.

1.3.1 Öffentliche Interessen

Denkmalpflege und Erdbebensicherheit stellen *öffentliche Interessen* dar. Öffentliche Interessen sind Anliegen, welche die Öffentlichkeit (verstanden als Allgemeinheit) als schützenswert und als der Verwirklichung wert erachtet. Der Staat hat das Wohl der Allgemeinheit zu schützen und zu fördern und die Anliegen der staatlichen Gemeinschaft wahrzunehmen [36]. Beim öffentlichen Interesse handelt es sich um einen unbestimmten Rechtsbegriff. Die öffentlichen Interessen sind zumeist den Ziel- und Zweckartikeln der Gesetze zu entnehmen. Der Verwirklichung bestimmter öffentlicher Interessen können im Einzelfall andere öffentliche (oder private) Interessen entgegenstehen. Im Falle einer derartigen Interessenkollision müssen eine wertende Gegenüberstellung der verschiedenen öffent-

lichen Interessen und darauf folgend eine Interessenabwägung stattfinden. Die Interessenabwägung erfolgt im Allgemeinen im Zusammenhang mit der Anwendung des Verhältnismässigkeitsprinzips (Verhältnismässigkeit von Eingriffszweck und Eingriffswirkung). Die Besonderheit des Einzelfalls ist dabei zu berücksichtigen. Die Gewichtung der verschiedenen Interessen, die zum Entscheid führen, ist transparent darzulegen.

Bei einem Baudenkmal ist im Zusammenhang mit der Abwägung der öffentlichen Interessen Denkmalschutz auf der einen und Erdbebenschutz auf der anderen Seite eine sachliche Gesamtbeurteilung erforderlich, die sowohl die kulturelle, geschichtliche, künstlerische, bautechnische und ortsbauliche Bedeutung des Baudenkmals als auch die erdbebensicherheitsrelevanten Anforderungen, zumindest diejenigen des Personenschutzes, mitberücksichtigt.

1.3.2 Kultureller Wert

Die differenzierte Evaluierung der Verhältnismässigkeit unter besonderer Beachtung der Kulturgüter beziehungsweise der Baudenkmalerei setzt eine objektive und nachvollziehbare Qualifizierung des kulturellen Werts voraus.

Für die Datensammlung und Qualifizierung des kulturellen Werts wird in dieser Wegleitung auf den Ansatz der Kriterienliste und der Bewertungsmethode mittels Bewertungsmatrix des Merkblattes SIA 2017 «Erhaltungswert von Bauwerken» [37] zur Bestimmung des Erhaltungswerts zurückgegriffen. Das Merkblatt SIA 2017 ist ein Instrument, das den Zweck hat, im Rahmen der Erhaltungsplanung das gegenwärtige und das zukünftige Potenzial eines Bauwerks möglichst objektiv zu ermitteln. Es erläutert die Komplexität der Erhaltungswertbestimmung eines Bauwerks und definiert die Beurteilungskriterien, die bei der Bestimmung zu berücksichtigen sind. Es geht über eine rein technisch-wirtschaftliche Betrachtungsweise hinaus und zeigt auf, welche weiteren materiellen und immateriellen Kriterien einzubeziehen sind.

Die nicht abschliessende Aufzählung immaterieller Werte des Merkblattes SIA 2017 entspricht weitestgehend den Kriterien und Eigenschaften, die bei der Bezeichnung von Baudenkmalern angewendet werden. Auch in der Liste der materiellen Werte finden sich Kriterien, die durchaus bau-

denkmalrelevant sein können, so beispielsweise das Kriterium «Lage», mit dem Aspekte wie die Exposition oder die Situierung im baulichen Gefüge abgebildet werden, oder die Kriterien «Bausubstanz» beziehungsweise «Umwelt», mit denen unter anderem die Langlebigkeit und Ressourcenschonung im Sinne der Nachhaltigkeit zum Ausdruck gebracht werden können (siehe Wissensbox 11).

Die Methode der definierten immateriellen und materiellen Werte gemäss Merkblatt SIA 2017, die auf einem qualitativen Konsens verschiedener Wertvorstellungen der beteiligten Akteurinnen und Akteure basiert, ermöglicht eine ganzheitliche Darstellung und Überprüfung des kulturellen Werts des Baudenkmals.

Der Begriff «kultureller Wert» ist wie in Kapitel 1.2 dargestellt in der Disziplin Denkmalpflege verwendete-

ten Begriffen «Baudenkmalwert», «Denkmalwert» und «Zeugniswert» sehr nahe.

Wissensbox 11: Kultureller Wert – Beurteilungskriterien gemäss Merkblatt SIA 2017 [37]

Der **immaterielle Wert** setzt sich unter anderem zusammen aus:

- dem Situationswert (räumliche Wirkung des Baudenkmals auf die Umgebung),
- dem historisch-kulturellen Wert (Stellung des Baudenkmals innerhalb der wirtschaftlichen, politischen oder sozialen Entwicklung einer Epoche),
- dem soziokulturellen Wert (Eignung des Baudenkmals für spezifische Berufs-, Gesellschafts-, Alters- und Herkunftsgruppen oder für spezifische öffentliche Nutzungen; Identität),
- dem emotionalen Wert (Liebhaberwert des Baudenkmals, Wahrung der Tradition, Mehrung von Prestige, Übereinstimmung mit persönlichen Prinzipien der Erbauer oder Nutzer oder gesellschaftliche Stellung),
- dem gestalterischen Wert (Zusammenschau von architektonischer und künstlerischer Qualität, Gliederung und Formgebung, prägnanten Stilmerkmalen oder ästhetischem Materialeinsatz am Baudenkmal) und
- dem handwerklich-technischen Wert (bedeutende, in der historischen Bausubstanz manifeste Konstruktionstechniken).

Der **materielle Wert** resultiert unter anderem aus:

- seiner Bausubstanz (Art und Zustand des Bauwerks und seiner Infrastruktur, Gliederung des Tragwerks oder Zustand der Gebäudehülle und der Oberflächen),
- seiner Nutzung (Gebrauchstauglichkeit, Anpassbarkeit bzw. Veränderbarkeit des Nutzungszwecks oder Betriebssicherheit) und seiner Lage (Nutzungsmöglichkeiten des Grundstücks sowie der näheren und weiteren Umgebung).

Des Weiteren werden aber auch sozioökonomische Aspekte, die von Gesellschaft und Umwelt beeinflusst werden, sowie der wirtschaftliche Wert (Verkehrs-, Ertrags-, Nutzungs- und Steuer- oder Versicherungswert) berücksichtigt. Schliesslich umfasst der materielle Wert auch Umweltaspekte wie Dauerhaftigkeit, Entsorgung oder Rezyklierbarkeit von Bauwerk und Materialien bei Abbruch sowie den Energiebedarf im Betrieb. Die Bewertung der Umweltaspekte erfordert eine gesamtheitliche Beurteilung der ökologischen Verträglichkeit im Vorfinde- und in einem zukünftigen Zustand des Baudenkmals im Sinne des Nachhaltigkeitsprinzips. Dabei ist zu beachten, dass historische Bauten und namentlich Baudenkmalern in der Regel aufgrund ihrer langen Nutzungsdauer und der Verwendung natürlicher, reparaturfähiger Materialien per se im Einklang mit dem Postulat der Ressourcenschonung stehen. Ihre Reparaturfähigkeit hat gegenüber Abbruch und Neubau den Vorteil, dass Bauschutt vermieden wird, zusätzliche Energie für Entsorgung und Neubau entfällt, keine neuen Emissionen produziert werden und sie somit eine ausgewogene, den ganzen Lebenszyklus berücksichtigende Gesamtbilanz aufweisen.

2 Idealtypischer, interdisziplinärer Prozess

Die frühe Einleitung des interdisziplinären Dialogs und eine beständige interdisziplinäre Zusammenarbeit in allen Phasen des Bauvorhabens stellen den notwendigen sensiblen Umgang mit der historisch wertvollen Bausubstanz von Baudenkmalern sicher und ermöglichen eine differenzierte Evaluierung der Verhältnismässigkeit unter Berücksichtigung des kulturellen Wertes von allfällig erforderlichen Massnahmen zur Verbesserung der Erdbebensicherheit.

Baudenkmal sind Bestandesbauten, die eines besonders sorgsam, substanzschonenden Umgangs bedürfen. Die Überprüfung der Erdbebensicherheit und die allfällig notwendige Ausarbeitung von technisch-ökonomisch effektiven und denkmalgerechten Erdbebensicherheitsmassnahmen ist ein iterativer und interdisziplinärer Prozess, der spätestens in Zusammenhang mit einem konkreten Bauvorhaben stattfindet. Ein konkretes Bauvorhaben in diesem Kontext stellt gemäss Ziffer 3.2.1.3

Abb. 5: Konkretisiertes Ablaufschema nach SIA 112

Phase	Teilphase	Prozessschritt	Kapitelabschnitt
1 Strategische Planung	> 11 Bedürfnisformulierung, Lösungsstrategien	Ausgangslage	2.1
		Zustandserfassung	2.2
		Schutzzielbestimmung	2.3
2 Vorstudien	> 21 Definition des Bauvorhabens, Machbarkeitsstudie	Rechnerische Untersuchung und Beurteilung der Erdbebensicherheit	2.4
		Entwicklung und Evaluierung von Lösungsansätzen	2.5
3 Projektierung	> 31 Vorprojekt	Massnahmenkonzepte und differenzierte Beurteilung mit Abwägung der Verhältnismässigkeit	2.6
	> 32 Bauprojekt	Massnahmenempfehlung und Massnahmenentscheid	2.7
	33 Bewilligungsverfahren/ Auflageprojekt		
4 Ausschreibung	41 Ausschreibung, Offertvergleich, Vergabe		
5 Realisierung	> 51 Ausführungsprojekt	Massnahmenprojekt und Realisierung der Massnahmen	2.8
	52 Ausführung		
	53 Inbetriebnahme, Abschluss		
6 Bewirtschaftung	61 Betrieb		
	62 Überwachung, Überprüfung, Wartung		
	63 Instandhaltung		

der Norm SIA 469 eine Instandsetzung, eine Erneuerung oder Veränderung des Baudenkmal dar. Es handelt sich um Interventionen am Baudenkmal, die über den reinen Unterhalt hinausgehen.

Dieser interdisziplinäre Prozess umfasst die Etappen:

- Ausgangslage (2.1),
- Zustandserfassung (2.2),
- Schutzzielbestimmung (2.3),
- Rechnerische Untersuchung und Beurteilung der Erdbebensicherheit (2.4),
- Entwicklung und Evaluierung von Lösungsansätzen (2.5),
- Massnahmenkonzepte und differenzierte Evaluierung der Verhältnismässigkeit (2.6),
- Massnahmenempfehlung und Massnahmenentscheid (2.7)
- Massnahmenprojekt und Realisierung der Massnahmen (2.8).

Der Prozess gliedert sich in die sechs Phasen (Abb. 5) gemäss der Verständigungsnorm SIA 112 «Modell Bauplanung» [38] (siehe Abbildung 5 und Wissensbox 12).

Seit 1.8.2020 regelt die Verständigungsnorm SIA 101 «Ordnung für Leistungen der Bauherren» [39] die Obliegenheiten und Tätigkeiten der *Bauherrschaft* und präzisiert die Leistungen und Entscheide der Auftraggeberschaft in den einzelnen Phasen. Die Ordnung SIA 101 basiert auf dem Phasenmodell der Verständigungsnorm SIA 112. Die Ordnungen für Leistungen und Honorare für die Fachplanenden der Architektur (SIA 102) und des Bauingenieurwesens (SIA 103) wurden im Grundsatz für Neubauten erarbeitet. Bei Bestandesbauten, und insbesondere bei Baudenkmalern, sind jedoch im Gegensatz zu Neubauten gewis-

se ingenieurfachliche Leistungen phasenverschoben, als «Vorleistungen» bereits in den ersten beiden Projektphasen zu erbringen. Die Beauftragung einer Bauingenieurin oder eines Bauingenieurs hat schon in der Phase 1 «Strategische Planung» zu erfolgen, um die interdisziplinäre Zustandserfassung und Schutzzielbestimmung durchführen zu können. In Phase 2 «Vorstudien» erfolgt die rechnerische Untersuchung der Erdbebensicherheit, um allfällig notwendige Lösungsansätze, zusammen mit der Architektin oder dem Architekten, zu erarbeiten und schliesslich interdisziplinär mit der Denkmalpflege zu bewerten. Zu Beginn der Phase 3 «Projektierung» hat ein Konsens in Bezug auf die Lösungsansätze vorzuliegen, der eine Erarbeitung von möglichen Massnahmenkonzepten in der Teilphase 3.1 «Vorprojekt» zusammen mit der Architektin oder dem Architekten und der Denkmalpflege möglich macht. Dieses phasenverschobene Vorgehen bedingt also auch bei den Architektinnen und Architekten gewisse vorgezogene Leistungen. Der idealtypische, interdisziplinäre Prozess setzt voraus, dass die phasenspezifischen Leistungen der Fachplanenden von der Bauherrschaft klar und transparent beschrieben und einkalkuliert werden.

Im Rahmen der **Ausgangslage** werden seitens der Eigentümerschaften oder Bauherrschaften das geplante Vorhaben am Baudenkmal formuliert und in Zusammenarbeit mit der Architektin oder dem Architekten die interdisziplinäre Arbeit konstituiert. In Zusammenhang der administrativen Abklärungen bezüglich des Denkmalstatus des Gebäudes wird die zuständige Fachstelle für Denkmalpflege frühzeitig kontaktiert und über das Bauvorhaben informiert (siehe Wissensbox 13).

Bereits zum Zeitpunkt einer Voranfrage ist eine im Erdbebenwesen spezialisierte und ausgewiesene Bauinge-

Wissensbox 12: Modell Bauplanung: Phasen eines Bauvorhabens

Die Verständigungsnorm SIA 112 «Modell Bauplanung» [38] bildet den Planungsprozess phasenbezogen für alle Arten von Bauvorhaben in seiner logischen Gliederung ab und beschreibt damit den ganzen Lebenszyklus eines Bauwerks von der Bedürfnisformulierung bis hin zur Bewirtschaftung. Die Abfolge der nach dem Phasenplan gegliederten Leistungen der Planer und des Auftraggebers sowie der Entscheide der Auftraggeberschaft hat Modellcharakter und erfordert im Anwendungsfall regelmässig Anpassungen. Die Phasen und Teilphasen können sich zeitlich überlappen, bei Bauvorhaben mit mehreren Bauwerken unterschiedlich gestaffelt sein und auch anders angeordnet werden. Das «Modell Bauplanung» umfasst alle Planerleistungen für ein Bauwerk, von der ersten Idee über die Projektierung und Ausführung bis zum Betrieb und zur Erhaltung. Es ist für Neubau-, Umbau-, Erhaltungs- und Umnutzungsvorhaben im Hoch-, Tief- und Anlagebau sowie für Freianlagen ausgelegt und somit für alle Arten von baubezogenen Planungsleistungen und Bauwerken, einschliesslich Baudenkmalern, anwendbar.

Wissensbox 13: Rolle der Denkmalpflege im Rahmen von Bauvorhaben

Der Einbezug der Denkmalpflege in Zusammenhang mit Bauvorhaben an Baudenkmalern ist in der Schweiz aufgrund des föderalistischen Systems nicht einheitlich geregelt. Bei baulichen Eingriffen an Baudenkmalern kommen in Abhängigkeit von deren Schutzstatus, von der Art des Vorhabens und von den jeweils geltenden gesetzlichen Bestimmungen unterschiedliche Vorgehensweisen oder Bewilligungsverfahren zum Zuge. Ein schweizweiter Konsens besteht hinsichtlich der notwendigen frühzeitigen Einbindung der Denkmalpflegefachstellen in den Planungsprozess.

Angaben über die Art des Bewilligungsmodus und die prozessualen Voraussetzungen erhalten Eigentümerinnen und Eigentümer, Architektinnen und Architekten sowie Bauingenieurinnen und Bauingenieure bei den Bauverwaltungen der Gemeinden. Spätestens bei der Eröffnung eines Baugesuchs werden die Denkmalpflegefachstellen gestützt auf die entsprechenden Gesetze und das Verfahrensprogramm von der Bewilligungsbehörde zur offiziellen Stellungnahme aufgeboten, die Kontaktaufnahme empfiehlt sich aber bei Planungsbeginn.

Interventionen an Baudenkmalern wie Erdbebensicherheitsmassnahmen, welche die denkmalrelevante Substanz oder das Erscheinungsbild tangieren, bedürfen in der Regel einer Baubewilligung. Eine frühzeitige Kontaktaufnahme mit der zuständigen Denkmalpflegefachstelle ist für den idealtypischen, interdisziplinären Prozess zwingend notwendig und wird im Sinne einer Voranfrage durch die Eigentümerschaft eingeleitet. Die Denkmalpflegefachstellen stehen dadurch bereits bei der Zustandserfassung mit grosser Fachkompetenz im Umgang mit historisch wertvollen Bauten und reicher Erfahrung in Kunst- und Architekturgeschichte sowie in der Disziplin historischer Bautechniken beratend zur Verfügung und können die Erarbeitung denkmalgerechter und massgeschneiderter Lösungen phasengerecht unterstützen. Architektinnen und Architekten sowie Bauingenieurinnen und Bauingenieure orientieren sich vor Vorliegen eines ausgearbeiteten Bauprojekts über die wichtigsten Rahmenbedingungen und holen eine erste Beurteilung des geplanten Vorhabens bei der Denkmalpflegefachstelle ein.

Die in der Voranfrage in Zusammenarbeit mit der Denkmalpflegefachstelle erarbeiteten Rahmenbedingungen und Schutzziele gehen in die Baugesuchspläne ein.

Die Entscheidbehörden erteilen unter Berücksichtigung der massgeblichen Amts- und/oder Fachberichte die Baubewilligung. Im Anschluss können die Ausführungsarbeiten beginnen. Auch der Bauvorgang und die jeweiligen Arbeitsschritte werden eng von der Denkmalpflege begleitet.

Wissensbox 14: Beauftragung einer ausgewiesenen Erdbebeningenieurin oder eines Erdbebeningenieurs mit Erfahrung mit historischen Tragwerken

Das Erdbebeningenieurwesen ist ein anspruchsvolles Spezialgebiet innerhalb des Fachbereichs Bauingenieurwesen und eine fakultative Vertiefungsrichtung innerhalb des Bauingenieurstudiums. Durch eine Vorbildung im Rahmen des Bauingenieurstudiums oder eine berufliche Weiterbildung eignet sich die Bauingenieurin oder der Bauingenieur spezielles baulastdynamisches Wissen und Kenntnisse über spezifische Berechnungs- und Modellierungsmethoden an.

Die Überprüfung der Erdbebensicherheit von Bestandesbauten generell und diejenige von Baudenkmalern im Besonderen verlangt vertiefte Kenntnisse über historische Baustoffe und Konstruktionstechniken. Sowohl die Zustandserfassung als auch die rechnerische Untersuchung sowie die Beurteilung der Erdbebensicherheit eines Baudenkmals erfordern zusätzlich Erfahrung mit historischen Tragwerken. Insbesondere für die Ausarbeitung denkmalpflegerisch verträglicher, technisch effektiver sowie ökonomisch effizienter Massnahmen zur Verbesserung der Erdbebensicherheit muss die beauftragte Bauingenieurin oder der Bauingenieur ein vertieftes Verständnis des Erdbebenverhaltens des Baudenkmals haben.

Die Mandatierung einer im Erdbebeningenieurwesen spezialisierten Bauingenieurin oder eines Bauingenieurs in Zusammenhang eines Instandsetzungs- oder Veränderungsvorhabens eines Baudenkmals bedingt eine differenzierte und präzise formulierte Ausschreibung mit der Einforderung eines entsprechenden Nachweises über die verlangten Spezialkenntnisse und einen sorgfältigen Vergabeprozess. Die eingereichten Offerten sind prioritär auf der Basis der Kriterien Güte der Nachweise, Erfahrung und Referenzen kritisch zu prüfen. Erfahrungen zeigen, dass ein allfälliger erhöhter Aufwand eines spezialisierten Bauingenieurs sich meist lohnt. Es gilt die oft bestätigte Regel: Je «besser» der Bauingenieur, desto geringer werden die Kosten für bauliche Massnahmen zur Verbesserung der Erdbebensicherheit.

Im Umgang mit Baudenkmalern ist ein «Neubaudenken» – eine oberflächliche generelle Überprüfung der Erdbebensicherheit, aus der in der Regel bauliche Massnahmenempfehlungen mit entsprechend umfangreichen Eingriffen und hohen Kosten resultieren – unbedingt zu vermeiden.

neurin oder ein entsprechend qualifizierter Bauingenieur mit Erfahrung mit historischen Bauwerken zu beauftragen (siehe Wissensbox 14).

Mit der **Zustandserfassung** erfolgen baugeschichtliche Analysen und Recherchen seitens der Denkmalpflege (denkmalpflegerische Bauwerksuntersuchung, Wissensbox 12) sowie ausführliche Bestandsaufnahmen, Bauwerksuntersuchungen seitens Architektur und Bauingenieurinnen und Bauingenieuren. Die denkmalpflegerische Zustandserfassung einerseits und die normativen Vorgaben des Bauingenieurwesens andererseits bilden die Grundlage und Voraussetzung für die **Bestimmung der Schutzziele**. In der darauffolgenden Etappe werden die **rechnerische Untersuchung und Beurteilung der Erdbebensicherheit** durch die Bauingenieurin oder den Bauingenieur durchgeführt. Falls erforderlich, werden auf der Basis der konkretisierten denkmalpflegerischen Schutzziele und der Schutzziele gemäss den geltenden Tragwerksnormen sowie der Resultate der erdbebenspezifischen Bauwerksanalyse grobe **Lösungsansätze** für Erdbebensicherheitsmassnahmen entwickelt und evaluiert. Eine Auswahl von denkmalgerechten Lösungsansätzen führt zur Entwicklung von verschiedenen **Massnahmenkonzepten** mit phasengerechtem Detaillierungsgrad. Unter Berücksichtigung des kulturellen Werts bei der Verhältnismässigkeitsbeurteilung entsteht eine interdisziplinär konsolidierte, denkmalgerechte **Massnahmenempfehlung**, die zum **Massnahmenentscheid** durch die Eigentümerschaft führt und die schliesslich realisiert wird.

2.1 Ausgangslage

Der interdisziplinäre Prozess zur Behandlung der Erdbebensicherheit des Baudenkmals wird in der **Strategischen Planung** eingeleitet und beginnt mit der Definition der **Ausgangslage**. Die Eigentümerschaft beauftragt – basierend auf der Problemstellung und der beabsichtigten Bauwerksnutzung – eine Architektin oder einen Architekten, sowohl eine Analyse der Bedürfnisse als auch eine Überprüfung der beabsichtigten Ziele und der Rahmenbedingungen durchzuführen. Zu diesem Zeitpunkt ist über die Notwendigkeit einer Überprüfung der Erdbebensicherheit zu entscheiden (siehe Abschnitt 1.1.6 und Wissensbox 8).

Beim Prozessstart sind Objektklärungen bezüglich Denkmalstatus grundlegend. Kommunale Baubehörden und/oder die zuständigen Denkmalpflegefachstellen erteilen Auskünfte, ob und mit welcher Schutzkategorie das Bauwerk belegt ist und über die Begleitung durch die Denkmalpflegefachstelle, wenn es sich um ein Baudenkmal handelt. Die Architektin oder der Architekt zeigt daraufhin mehrere mögliche Vorgehensweisen und Lösungsstrategien für das geplante Vorhaben am Baudenkmal auf und bewertet diese in Rücksprache mit der Bauingenieurin oder dem Bauingenieur und der Denkmalpflege. Die Eigentümerschaft beurteilt diese Resultate schliesslich in Bezug auf deren Notwendigkeit, Dringlichkeit sowie Tragbarkeit und entscheidet über die generelle Lösungsstrategie für das geplante Vorhaben.

Wesentlicher Aspekt für die Auswahl der Lösungsstrategie ist es, die Zweckmässigkeit der geplanten Nutzung des Baudenkmals zu beurteilen respektive zu hinterfragen. Die mit einer bestimmten Personenbelegung und Funktion gekoppelte Nutzung (Zuordnung zu einer Bauwerksklasse) entscheidet massgeblich über das erforderliche Sicherheitsniveau (normatives Schutzziel) bezüglich Erdbebensicherheit.

Ein wichtiges Ziel dieser Etappe ist ferner, ein kompetentes Spezialistenteam zusammenzustellen und für das geplante Vorhaben eine enge Kooperation zwischen den am Prozess beteiligten Akteurinnen und Akteuren zu etablieren.

Baudenkmalern erfordern einen differenzierteren Umgang mit der vorhandenen Bausubstanz als Bestandesbauten ohne Denkmalstatus [40]. Deshalb sind die disziplinübergreifende Zustandserfassung, die rechnerische Untersuchung und Beurteilung der Erdbebensicherheit, die interdisziplinäre Schutzzielbestimmung und die gemeinsame Ausarbeitung von baudenkmalgerechten Erdbebensicherheitsmassnahmen einem Planerteam anzuvertrauen, das aus anerkannten Fachleuten unter der Federführung einer Vertretung der Bauherrschaft mit ausgewiesenen Kompetenzen in der Betreuung von Baudenkmalobjekten zusammengesetzt ist. Fokus dieses Spezialistenteams ist es, im weiteren Projektverlauf entsprechend den Fortschritten im Planungs- und Bauprozess die Ergebnisse der vorgängigen Untersuchun-

gen periodisch zu verknüpfen, allenfalls zu aktualisieren und wichtige Entscheidungen zusammen mit allen involvierten Fachpersonen vorzubereiten, wobei die jeweiligen Fachleute ihre Spezialgebiete in eigener Verantwortung bearbeiten.

2.2 Zustandserfassung

Die **Zustandserfassung** wird in der **Strategischen Planung** veranlasst, da sie die Voraussetzung für die Schutzzielbestimmung und die rechnerische Untersuchung und Beurteilung der Erdbebensicherheit bildet. Die Projektierungsphase ist nur mit einer umfassenden Objekt- beziehungsweise Baudenkmalkenntnis und dem Wissen um die Auswirkungen der geplanten Nutzung möglich. Die Zustandserfassung erfolgt durch die zuständige Denkmalpflegefachstelle und die beauftragte Bauingenieurin oder den beauftragten Bauingenieur, idealerweise parallel, aufeinander abgestimmt und koordiniert von der Projektleitung (Architektin oder Architekt). Die Erfassung des gesamten Bestandes mit seinen historischen Bezügen in seiner aktuellen Umgebung ist für das ganzheitliche Objektverständnis unverzichtbar. Dem Baudenkmal mit seinem Tragwerk – den konzeptionellen und konstruktiven Prinzipien und Mängeln – und dem materialtechnologischen Aufbau kommt dabei sowohl aus der Sicht der Bauingenieurin oder des Bauingenieurs als auch aus derjenigen der Denkmalpflegerin oder des Denkmalpflegers eine besondere Bedeutung zu. Die Zustandserfassung wird von beiden Disziplinen mit je einem Bericht abgeschlossen, die als Planungsgrundlage dienen. Die Architektinnen und Architekten synthetisieren in dieser Phase die Erkenntnisse der Zustandsuntersuchungen in einem detaillierten Bestandesplan/-dokument als Basis für die weitere Planung. Für die Vertiefung der Objektkenntnis und zur Sensibilisierung der ingenieurfachlichen und denkmalpflegerischen Anliegen sollte mindestens eine gemeinsame Begehung des Baudenkmals unter Beteiligung aller relevanten Akteurinnen und Akteure stattfinden.

2.2.1 Denkmalpflegerische Bauwerksuntersuchung und Grundlagenvorbereitung

Art und Weise sowie der Umfang der denkmalpflegerischen Bauwerksuntersuchungen sind pragmatisch und massnahmenorientiert auszuführen: Sie sollen sich nach

der Art des Bestandes, nach dem Zustand und den beabsichtigten Massnahmen richten. Eine denkmalpflegerische Bauwerksuntersuchung ist sowohl bei konservatorischen wie auch bei eingreifenden Massnahmen notwendig. Sie umfasst die Aufarbeitung der Baugeschichte, Angaben zur Arbeitsmethode sowie zum Bestand und zum Zustand. Ein wesentliches Ziel der denkmalpflegerischen Bauwerksuntersuchung ist die Identifikation und Interpretation zusammenhängender *Befunde*, wobei die Beschreibung des Befundes grundsätzlich von seiner Interpretation zu trennen ist. Das zeitliche Abgleichen der Befunde ermöglicht die baugeschichtliche Zuordnung und die Erstellung der (relativen) Chronologie der verschiedenen Bau-, Gestaltungs- und Renovationsphasen.

Die baugeschichtliche Darstellung beinhaltet das Aufarbeiten der relevanten Archivalien oder bereits vorhandener Sicherstellungsdokumentationen des Kulturgüterschutzes (siehe Wissensbox 12). Die Beschreibung der angewendeten Arbeitsmethode legt zum einen Rechenschaft über die Vorgehensweise ab und dient zum anderen der Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse. Bei der Bestandserfassung ist schichtweise vorzugehen: Der Untergrund und die Oberflächengestaltung sind demzufolge differenziert zu betrachten und zu werten. Erfasst werden Informationen aller nachweisbaren Überarbeitungen der Konstruktion (Bau- und Renovationsphasen), Materialität und Gestaltung. Herstellungstechnische Merkmale sind besonders zu berücksichtigen (beispielsweise künstlerische, technische und konstruktive Details; Innovationen). Ferner sind die Schäden und Veränderungen, welche die Substanz und das Erscheinungsbild des Baudenkmals dauerhaft beeinträchtigen und gefährden, sowie deren Ursachen zu dokumentieren [41]. Die denkmalpflegerische Bauwerksuntersuchung bildet die Grundlage für die denkmalpflegerische Schutzzielbestimmung. In Ergänzung zur «bauvorbereitenden» Untersuchung können weitere Untersuchungen während des Bauprozesses angezeigt sein. Die Erkenntnisse der «baubegleitenden» Untersuchungen sind nach Abschluss der Realisierung gemäss Norm SIA 112 ins Hauptdokument der denkmalpflegerischen Bauwerksuntersuchung einzufügen (siehe Wissensbox 15).

Wissensbox 15: Denkmalpflegerische Bauwerksuntersuchungen und Kulturgüterschutz-Sicherstellungsdokumentation [97]

Denkmalpflegerische Bauwerksuntersuchungen werden durch ausgewiesene Fachleute von Denkmalpflegefachstellen, archäologischen Diensten, aber auch von freien Büros und Instituten erstellt und sind möglichst schonend und zerstörungsfrei, d. h. nichtinvasiv auszuführen. Sie umfassen Quellenstudien, *Prospektionen*, Baubeobachtungen, archäologische Bauuntersuchungen, Sondierungen, Befunderhebungen, Schadens- und Situationsanalysen, Materialuntersuchungen usw. [41] Richtlinien und Standards sind für die Qualitätssicherung, Vergleichbarkeit und Nachvollziehbarkeit sowie die Wirtschaftlichkeit unerlässlich. In der Schweiz kann als Arbeitshilfe auf die Guidelines der Kulturgüterschutz-Sicherstellungsdokumentation (SSD) [97] und auf kantonale Vorgaben und Leitfäden zurückgegriffen werden. Dienlich sind auch *Handreichungen* und Arbeitsblätter der deutschen Landesdenkmalämter [41] oder des Bundesdenkmalamts Österreich [102]. Die Handreichungen und Arbeitshilfen aus dem umliegenden Ausland unterscheiden sich in Format und Umfang; ihnen gemeinsam ist der grundlegende Aufbau, wie er auch für die Schweizer Kulturgüterschutz-Sicherstellungsdokumentation skizziert ist.

Die **Kulturgüterschutz-Sicherstellungsdokumentation (SSD)** ist ein wichtiges Arbeitsinstrument für Denkmalpflege, Architektur- und Bauingenieurbüros, Handwerksbetriebe sowie auch für die Kunstgeschichte. (Gesetzliche) Grundlage für die SSD sind einerseits die Verordnung des Eidgenössischen Departements für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport (VBS) über Sicherstellungsdokumentationen und fotografische Sicherheitskopien (VSFS) vom 5. April 2016 und andererseits die Guidelines 2/2006 (Sicherstellungsdokumentationen).

Die SSD dient im Falle der Zerstörung eines Baudenkmals als wissenschaftlicher Nekrolog oder – in Spezialfällen und nach Konsultation der Verantwortlichen der Denkmalpflege – als Grundlage für eine möglichst originalgetreue Wiederinstandsetzung. Sie dokumentiert präzise und umfassend die Bereiche Konstruktion, Form, Dimension und Material des entsprechenden Baudenkmals und umfasst idealerweise eine

- Plandokumentation (Vermessung, Bauaufnahme, Konstruktionspläne, Detailpläne, Fotogrammetrie, historische Dokumente);
- Fotodokumentation (Ist-Zustand, historische Dokumente);
- Textdokumentation (wissenschaftliches Grundlagenmaterial und Publikationen, Sekundärliteratur, bautechnische Angaben, Restaurierungsberichte und -dokumentationen, Quellenverzeichnis);
- Archäologische Dokumentation (Grabungen und Bauuntersuchungen);
- Dokumentation des beweglichen Kulturgutes (Inventare von Möbeln, Ausstattungselementen, Kirchenschätzen, Archiven oder Sammlungen);
- Mikroverfilmung der Dokumentation zur Langzeitsicherung (analoge, digitale und hybride Arbeitsabläufe).

2.2.2 Bauingenieurfachliche Zustandserfassung

Im Grundsatz ist die bauingenieurfachliche Zustandserfassung in der Norm SIA 269 (Ziffer 6.2) geregelt. Die bauingenieurfachliche Zustandserfassung in Bezug auf die Erdbebensicherheit gliedert sich gemäss Norm SIA 269/8 in:

- die Grundlagenvorbereitung,
- die Zuordnung des Baudenkmals zu einer Bauwerksklasse (Wissensbox 4) und
- die Bestimmung der relevanten Materialkennwerte der vorhandenen Baustoffe.

Sie wird durch die bauingenieurfachliche Untersuchung der konzeptionellen Gestaltung und konstruktiven Durchbildung des Baudenkmals ergänzt, die ebenfalls in der **Strategischen Planung** zu erfolgen hat.

Bei der Vorbereitung der Grundlagen arbeitet die Bauingenieurin oder der Bauingenieur zwecks Synergien und Effizienz eng mit dem Architekturbüro und der Denkmalpflegefachstelle zusammen und greift auf deren Wissen und Materialien zurück. Die Grundlagenvorbereitung beinhaltet die Planbeschaffung und allfällig notwendi-

ge klärende Baudenkmaluntersuchungen. Spezifische bauingenieurfachliche Plangrundlagen für die Auswertung der konstruktiven Durchbildung sowie konstruktiver Details sind bei Baudenkmalern meist ungenügend oder fehlen ganz. Bewehrungspläne beispielsweise werden von Eigentümerschaften oder Eigentümervertretungen nicht systematisch archiviert. Erschwerend kommt hinzu, dass die Tragwerksdurchbildung von Baudenkmalern und deren Konstruktionsdetails sehr heterogen sein können und auch nicht immer vollumfänglich den historischen Plänen entsprechen (z. B. weniger Bewehrung verbaut als gezeichnet). Je nach Menge und Qualität der vorhandenen Unterlagen sind daher zusätzliche physische, sogenannte **invasive Bauwerksuntersuchungen** notwendig. Aufgrund der besonderen Herausforderung hinsichtlich Erhaltung und Schutz der historisch wertvollen Bausubstanz ist bei Baudenkmalern eine wohlgedachte und gezielte bauingenieurfachliche Zustandserfassung wesentlich, damit erforderliche invasive Bauwerksuntersuchungen möglichst minimiert und substanzschonend ausgeführt werden können. Die Erarbeitung eines Untersuchungskonzepts sowie dessen Diskussion, Abstimmung, Bereinigung und der gemeinsame Entscheid von Bauingenieurin

oder Bauingenieur und Denkmalpflegerin oder Denkmalpfleger zum weiteren Vorgehen haben sich in der Praxis bewährt [42].

Eine Synthese der Grundlagenauswertung sollte den Kenntnisstand sowie die verbleibenden Unklarheiten zum Baudenkmal darlegen und den grundsätzlichen Untersuchungsbedarf im Rahmen der bauingenieurfachlichen Überprüfungen aufzeigen. Um die notwendigen Untersuchungen auf ein Minimum zu beschränken, sind diese hinsichtlich ihrer Relevanz für die Beurteilung der Erdbebensicherheit kritisch zu hinterfragen [42].

Für die Dokumentation und Präsentation des Untersuchungskonzepts wird die Verwendung von Grundrissplänen der einzelnen Geschosse mit eingetragenen Untersuchungsstellen einschliesslich der jeweiligen Untersuchungsmethode (Sichtfenster, Probeentnahme usw.) mit Beispielfotos empfohlen. Invasiven Baudenkmaluntersuchungen geht eine zu dokumentierende Interessenabwägung voraus. Für eine reibungslose Durchführung dieser Untersuchungen empfiehlt sich auch hier, das Vorgehen bei notwendigen Anpassungen am Untersuchungskonzept während der Untersuchungen unter allen Beteiligten festzulegen und die Verantwortlichkeiten sowie Kompetenzen jeder einzelnen Person festzuhalten. Beispiele aus der Praxis zeigen, dass gut begründete und gut kommunizierte essenzielle und invasive Untersuchungen trotz denkmalgeschützter Bausubstanz durchgeführt werden können.

Die Identifikation der Baustoffe (und des Baugrunds) erfolgt aus dem Studium der Unterlagen zum Baudenkmal. Besteht Unkenntnis über relevante Baustoffe, ist diese im Rahmen der Baudenkmaluntersuchungen weitestgehend zu beseitigen. Die relevanten Materialkennwerte der vorhandenen Baustoffe werden schliesslich anhand der baustoffspezifischen Ziffern der Erhaltungsnormen SIA 269/2 ff [43] [44] [45] [46] [47] [48] [49] ermittelt und aktualisiert. Erfahrungen zeigen, dass sowohl die Bauteile des Tragwerks eines Baudenkmals selber als auch die verwendeten Baustoffe stark variieren können. Um das in Abhängigkeit von der Bauzeit teure Baumaterial zu sparen, wurde die Ausgestaltung der Bauteile und ihrer konstruktiven Details oft nach objektspezifischen Anforderungen und Funktionen vorgenommen.

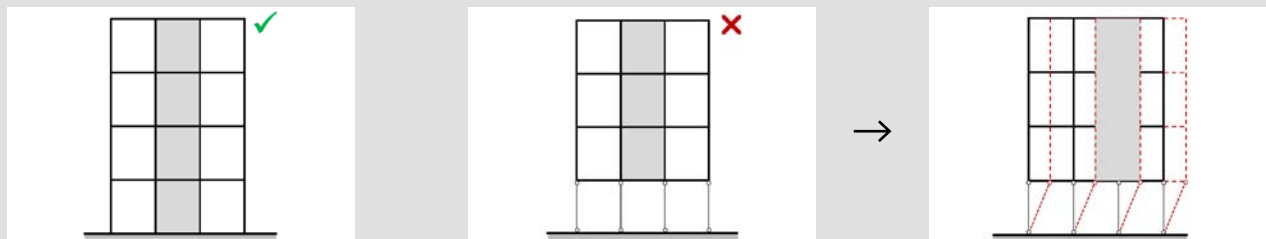
So können in einem Baudenkmal verschiedene Deckentragsysteme aus unterschiedlichen Materialien und/oder differente Wandaufbauten aus verschiedenen Materialien vorhanden sein.

Eine wesentliche Komponente der bauingenieurfachlichen Zustandserfassung stellt die Untersuchung der konzeptionellen Gestaltung und konstruktiven Durchbildung des Baudenkmals dar. Das Ziel dieser Untersuchung besteht darin, abzuklären, ob und inwieweit die Erdbebensicherheit begünstigende konzeptionelle und konstruktive Bedingungen und Voraussetzungen am Bauwerk vorliegen. Die notwendigen Methoden der Baudenkmaluntersuchungen können erheblich durch die daraus resultierenden Fragestellungen beeinflusst sein. Oft steht bei Baudenkmalern die konstruktive Durchbildung des Tragwerks im Vordergrund. Denn die Erdbebensicherheit hängt in hohem Mass davon und weniger von den «auf die Kommastrstelle» genauen Baustoffeigenschaften ab. Dieser Umstand ist günstig, denn Erfahrungen zeigen, dass die quantitative Ermittlung der Materialkennwerte schwierig und mit grösseren Unsicherheiten behaftet sein kann [42] (siehe Wissensbox 16).

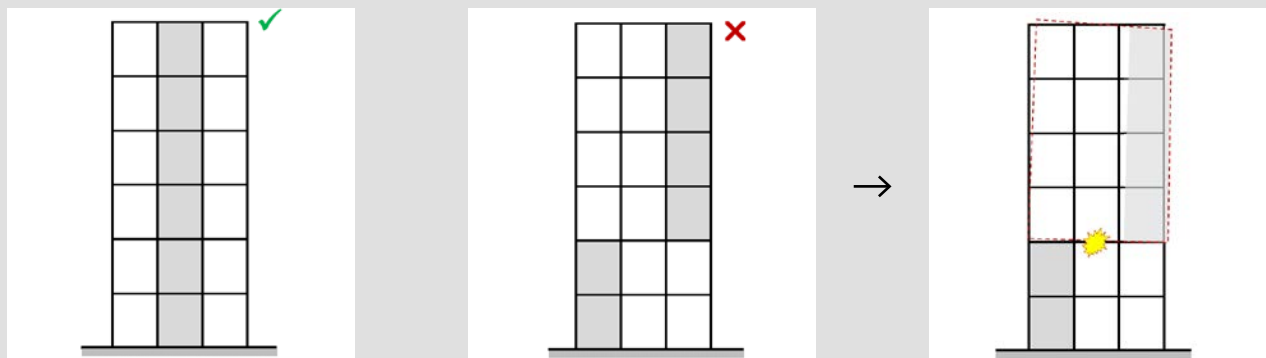
Wissensbox 16: Konzeptionelle und konstruktive Grundsätze des erdbebengerechten Bauens [98]

Bei der Untersuchung der konzeptionellen Gestaltung und konstruktiven Durchbildung des Baudenkmalers wird beurteilt inwieweit die Grundsätze des erdbebengerechten Bauens eingehalten sind. Sind gewisse Bedingungen nicht oder nur teilweise eingehalten, ergeben sich im Rahmen der Zustandserfassung erste Hinweise auf mögliche seismische Schwachstellen des Bauwerks und ein allfällig ungünstiges Gebäudeverhalten unter Erdbebeneinwirkung. Diese Schwachstellen können im Grundriss, im Aufriss, bei der baulichen Ausbildung, bei der Konstruktion und der Fundation des Bauwerks bestehen. Die Tabelle 27 der Norm SIA 261 gibt normative Hinweise zum erdbebengerechten Konzept und zur erdbebengerechten Konstruktion. Konkrete erdbebengerechte Grundsätze liefert die 2002 erschienene Richtlinie des Bundesamts für Umwelt «Erdbebengerechter Entwurf von Hochbauten – Grundsätze für Ingenieure, Architekten, Bauherren und Behörden» von Hugo Bachmann [98].

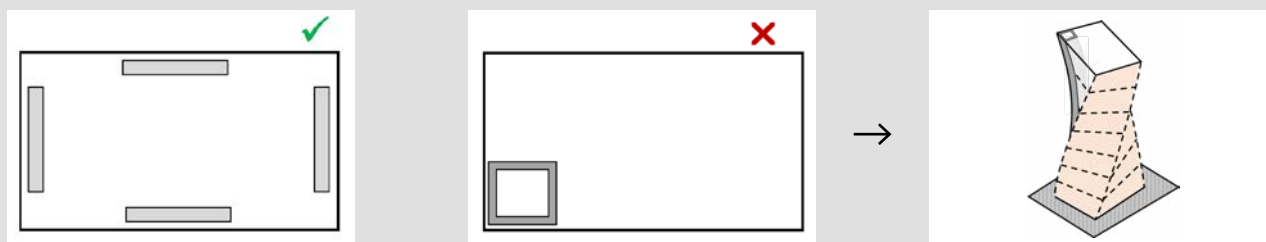
Regelmässigkeit: Ein «weiches» oder schwaches (Erd-)Geschoss (englisch «soft storey») ist eine Schwachstelle im Aufriss und entsteht dadurch, dass massive Aussteifungen wie Wände, in den Obergeschossen durch Stützen unterbrochen werden oder in den Obergeschossen vorhanden sind und im Erdgeschoss fehlen. Es entsteht ein in horizontaler Richtung weiches Geschoss. Die Stützen sind oft nicht in der Lage, die Verschiebungen zwischen dem sich hin und her bewegenden Boden und dem oberen Teil des Bauwerks (*Relativverschiebungen*) schadlos mitzumachen. Die Folge ist eine grosse Konzentration von plastischen Verformungen am oberen und unteren Ende der Stützen, was zu einem sogenannten *Stützenmechanismus* führt. Im Erdbebenfall sind nicht reparierbare Schäden oder sogar ein Einsturz oft unvermeidlich.



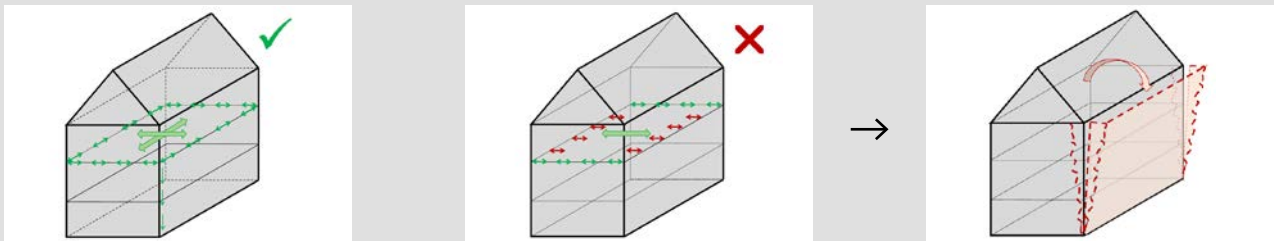
Auch ein Versatz der Gebäudeaussteifungen im Aufriss, also versetzt angeordnete, aussteifende Tragelemente, ist problematisch. Die Folge ist ein ungünstiges Gebäudeverhalten unter Erdbebeneinwirkungen mit vorzeitigem Versagen der Tragelemente auf Höhe des Versatzes.



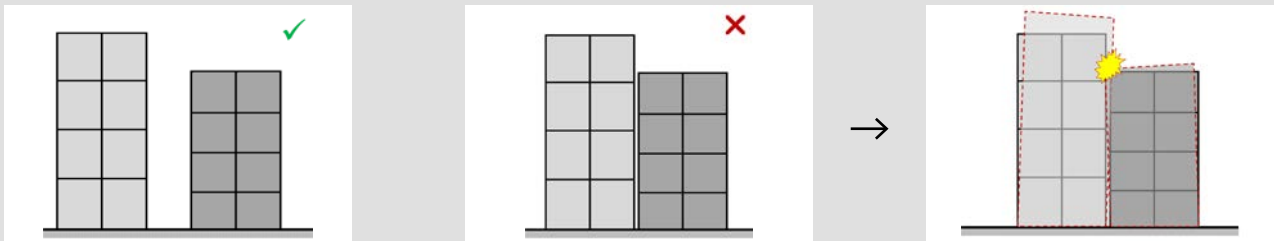
Symmetrie: Unsymmetrische Gebäudeaussteifungen, also nicht symmetrisch angeordnete aussteifende Tragelemente, generieren eine Schwachstelle im Grundriss. Es entsteht Torsion und das Bauwerk verdreht sich im Grundriss. Die Verdrehung bewirkt vor allem bei den am weitesten vom Steifigkeitszentrum entfernten Stützen grosse Relativverschiebungen zwischen Stützenfuss und -kopf, die häufig zum Versagen der Stützenfunktion führen.



Zusammenwirken von Bauteilen: In mehrstöckigen Gebäuden müssen die Geschossdecken als praktisch starre Scheiben wirken können. Und sie müssen mit sämtlichen vertikalen Tragelementen schubfest verbunden sein. Die Decken haben somit den Zusammenhalt in horizontaler Richtung zu sichern und die Erdbebenkräfte und -verschiebungen auf die vertikalen Tragelemente entsprechend deren Steifigkeiten zu verteilen. Ungenügend sind z. B. Decken aus vorgefertigten Elementen ohne gut haftenden und bewehrten Überbeton. Viel besser sind monolithische Decken aus Stahlbeton. Ein Beispiel für ein ungünstiges Gebäudeverhalten unter Erdbebeneinwirkung bilden insbesondere Mauerwerksbauten mit weichen Decken. Als nachteilig erweisen sich die fehlende Scheibenwirkung von weichen Decken und deren schwache Verbindung mit den Wänden. Oft ist die horizontale Kraftübertragung von den weichen Decken in die Wände ungenügend. Ferner kann die Kippstabilität der Wände quer zur Wandebene wegen der ungenügenden Verbindung mit den Decken oder senkrechten Wänden kritisch sein, was ein Auskippen (Versagen des Typs «out-of-plane») begünstigen kann.



Abstand: Durch den Zusammenprall und das Gegeneinanderschlagen benachbarter Gebäudeteile können erhebliche Schäden entstehen, die auch Einstürze zur Folge haben. Einsturzgefahr besteht vor allem dann, wenn Geschossdecken der benachbarten Gebäudeteile auf unterschiedlicher Höhe liegen und gegen Stützen prallen.



2.3 Schutzzielbestimmung

Schutzziele werden von Bauingenieurinnen und Bauingenieuren und Denkmalpflegerinnen und Denkmalpflegern unterschiedlich definiert und verstanden. In der **Strategischen Planung** sind die Schutzziele beider Disziplinen unabhängig voneinander zu beschreiben und anschliessend einander gegenüberzustellen. Ein gegenseitiges Verständnis der jeweils höchsten Anforderungen an die Schutzziele ist die Voraussetzung für eine sukzessive Annäherung an für alle Beteiligten gemeinsam vertretbare Schutzziele.

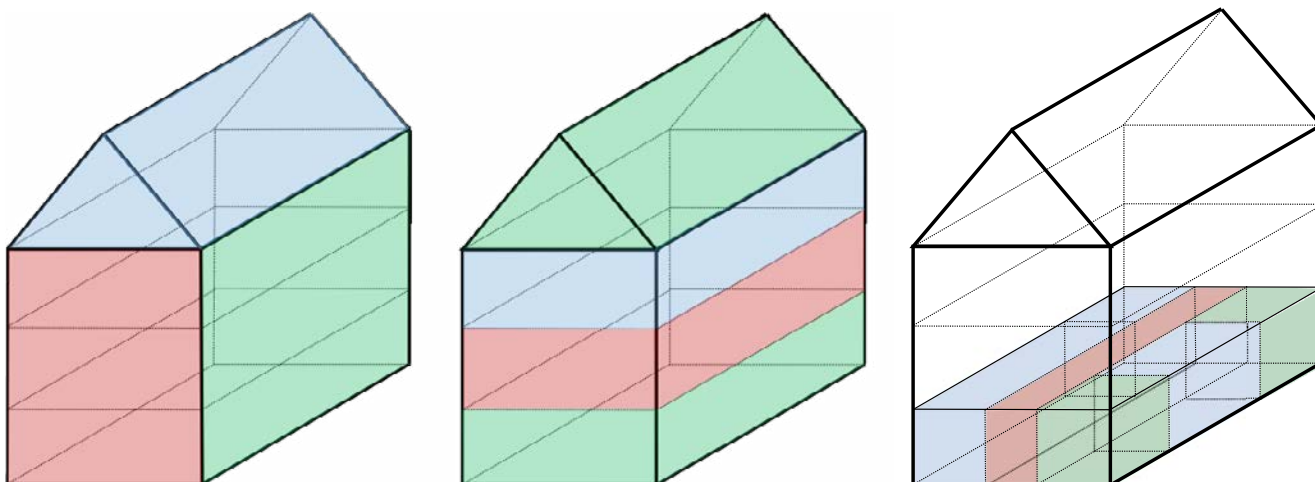
Für die Disziplin Denkmalpflege gilt – vor allem gestützt auf die «Leitsätze zur Denkmalpflege in der Schweiz» – das generelle Schutzziel der grösstmöglichen Wahrung der historischen Substanz. Die Schutzzielbestimmung im denkmalpflegerischen Sinn ist in jedem Fall objektspezifisch und beschreibt die für den Erhalt des Denkmalwerts unerlässlichen Bauwerksbereiche und Bauwerksteile (Abb. 6).

Die denkmalpflegerische Bauwerksuntersuchung resultiert in Ergänzung zum Befundbericht in der Interpretation, Beurteilung und Bewertung des überlieferten Bestandes hinsichtlich des Erhaltungszustands, seiner Qualität und

Bedeutung für den Denkmalwert. Auf deren Basis werden die denkmalpflegerischen Schutzziele konkretisiert und verbindlich festgelegt. Die Schutzziele fokussieren auf die konstituierenden Merkmale des Denkmals, das heisst auf die zwingend zu erhaltenden und/oder zu schonenden Bauwerksbereiche und Bauwerksteile. Der Umfang der denkmalpflegerischen Schutzziele ist abhängig von der Bedeutung des Denkmalobjekts und kann dementsprechend erheblich variieren. Typische Schutzziele können unter anderem die ungeschmälerte Erhaltung des äusseren Erscheinungsbildes, die integrale Bewahrung baugeschichtlich relevanter Tragelemente oder der vollständige Erhalt von für das Denkmalverständnis und den Denkmalwert essenziellen Raumstrukturen sowohl in ihrem Erscheinungsbild als auch in ihrem gesamten materiellen Bestand sein. Nicht als explizit schutzwürdig definierte Bereiche und Teile können sich als potenzielle Interventionsperimeter für Erdbebensicherheitsmassnahmen eignen (Abb. 6).

Im Bauingenieurwesen ist die Schutzzielbestimmung in den Normen geregelt. Die Schutzziele werden anhand der Normenvorgaben qualifiziert und quantifiziert. Für die Erdbebensicherheit gilt zunächst, dass für Schutzgüter die Erfüllung der Normanforderungen an die Erdbebensicherheit für Neubauten anzustreben ist. Als Schutzgüter

Abb. 6 (Referenzbeispiel): Abstrahierte hypothetische Bezeichnung von Bauwerksbereichen in Bezug auf denkmalpflegerische Schutzziele für (links) die Fassadenflächen, (Mitte) die Geschosse und (rechts) exemplarisch für einzelne Geschossbereiche; Legende: rot = schützenswert/sehr hohe Bedeutung (Intervention vermeiden), blau = erhaltenswert/hohe Bedeutung (Intervention in Ausnahmefällen möglich), grün = erhaltenswürdig/geringe Bedeutung (Intervention möglich).



ter gelten gemäss Norm SIA 261 Personen, erhebliche Sachwerte (Gebäude, Infrastrukturen, Objekte mit erheblicher volkswirtschaftlicher Bedeutung oder Tragweite, Lebensgrundlagen der Menschen sowie Kulturgüter) und die Umwelt [50]. Für diese ist das Erdbebenrisiko auf ein akzeptables Mass zu begrenzen. Die in Bezug auf die Erdbebensicherheit eines Baudenkmal angestrebten Schutzziele umfassen – bei Eintreten eines Erdbebenereignisses – gemäss den geltenden Tragwerksnormen somit den Personenschutz (Leben retten), die Schadensbegrenzung (direkte Schäden, Folgeschäden, Schäden an immateriellen Werten) und die Gewährleistung der Funktionstüchtigkeit wichtiger Bauwerke (Begrenzung von Funktionsausfällen). Sie werden durch die Einteilung in eine Bauwerksklasse festgelegt (siehe Wissensbox 4). Die Funktion/Nutzung des Bauwerks und die Personenbelegung sind relevante Faktoren für die Zuordnung des Baudenkmal zu einer Bauwerksklasse. Die Personenbelegung beschreibt die Anzahl an Personen, die sich im Baudenkmal und in dessen potenziellen Trümmerbereich aufhalten und wird als Mittelwert der Anzahl der Personen bezogen auf ein Jahr in und um das Baudenkmal, die durch dessen Versagen gefährdet sind, ermittelt.

Hiermit sind die der **Strategischen Planung** zugeordneten Arbeitsschritte abgeschlossen und es beginnen die **Vorstudien**.

2.4 Rechnerische Untersuchung und Beurteilung der Erdbebensicherheit

Die rechnerische Untersuchung und Beurteilung der Erdbebensicherheit für das Baudenkmal wird im Ist-Zustand in den **Vorstudien** ausgeführt. Die rechnerische Untersuchung erfolgt mit den Erdbebeneinwirkungen für die Überprüfung. Die Erdbebeneinwirkungen für die Überprüfung hängen von folgenden Einflussfaktoren der Norm SIA 261 ab: Standort des Baudenkmal (Erdbebenzone), Baugrundverhältnisse am Standort (Baugrundklasse) und Funktion des Baudenkmal (Bauwerksklasse). Mit den ermittelten Erdbebeneinwirkungen des *Überprüfungsbebens* wird das Tragwerk analysiert und auf seine Tragsicherheit (und gegebenenfalls Gebrauchstauglichkeit) überprüft. Gemäss Norm SIA 261 (Ziffer 16.7) und Norm SIA 269/8 (Ziffer 2.1.1.3) ist auch das Verhalten

von sekundären Bauteilen und deren Verbindungen und Befestigungen zu untersuchen, die im Falle des Versagens Personen gefährden, das Tragwerk beschädigen oder den Betrieb wichtiger Anlagen beeinträchtigen können.

Die Analyse des Ist-Zustands der Erdbebensicherheit des Baudenkmal schliesst mit der Ermittlung des Erfüllungsfaktors bei der Überprüfung des Ist-Zustands α_{eff} ab. Dieser ergibt sich jeweils aus dem Vergleich der vom Tragwerk beziehungsweise vom betrachteten Bauteil gerade noch ohne Versagen aufnehmbaren Erdbebenwirkung mit dem Überprüfungswert der Erdbebenwirkung (Überprüfungsbeben). Massgebend ist der kleinste Erfüllungsfaktor bei der Überprüfung α_{eff} , also der Erfüllungsfaktor des schwächsten/kritischsten Bauteils. Beträgt der massgebende Erfüllungsfaktor bei der Überprüfung beispielsweise $\alpha_{\text{eff}} = 0,3$, weist das Baudenkmal 30 Prozent der Erdbebensicherheit auf, die gemäss geltender Tragwerksnormen für Neubauten verlangt wird.

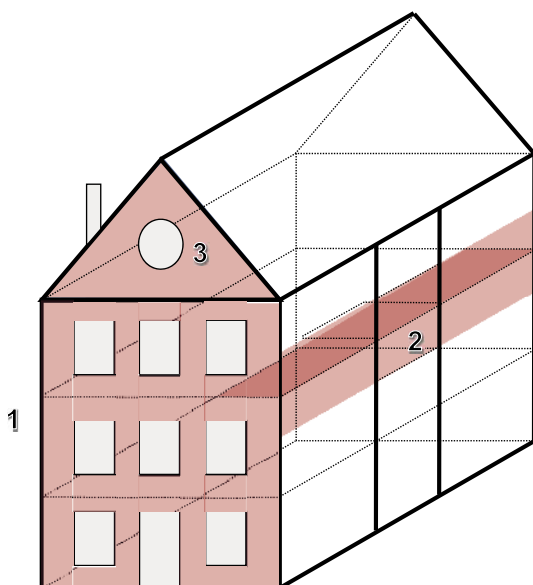
Die Beurteilung der Erdbebensicherheit des Tragwerks und relevanter sekundärer Bauteile erfolgt zu einem Teil durch den Vergleich des massgebenden Erfüllungsfaktors bei der Überprüfung des Ist-Zustands α_{eff} mit dem Mindesterfüllungsfaktor α_{min} . Zum anderen Teil wird sie durch die Beurteilung des erdbebengerechten Konzepts sowie der konzeptionellen Gestaltung und konstruktiven Durchbildung des Bauwerks ergänzt (siehe Wissensbox 16).

Bei einem Baudenkmal sind grundsätzlich eine rechnerische Untersuchung und Beurteilung der Erdbebensicherheit im Rahmen einer generellen Überprüfung gemäss Norm SIA 269/8 durchzuführen. Die generelle Überprüfung erfolgt in der Regel anhand *kraftbasierter Berechnungsverfahren* (*Ersatzkraftverfahren*, *Antwortspektrenverfahren*). Ergibt sich aus der generellen Überprüfung ein Erfüllungsfaktor α_{eff} , der kleiner als der Mindesterfüllungsfaktor α_{min} ist und folglich Massnahmen zur Verbesserung der Erdbebensicherheit erfordert, ist in jedem Fall der Nutzen einer detaillierten Überprüfung abzuklären: Die in der generellen Überprüfung angewendeten Vereinfachungen und die Genauigkeit der Berechnungen sind darzulegen. Es ist aufzuzeigen, ob eine rechnerische Untersuchung und Beurteilung der Erdbebensicherheit im Rahmen einer detaillierten Überprüfung durch differenziertere Tragwerksmodelle, verformungsbasierte

Berechnungsverfahren, nichtlineare Berechnungen, probabilistische Verfahren usw. genauere, realitätsnähere und unter Umständen weniger konservative Ergebnisse für das Niveau der Erdbebensicherheit des Ist-Zustands liefern können oder ob die generelle Überprüfung tatsächlich ausreichend präzise und klar in der Aussage zur Erdbebensicherheit ist.

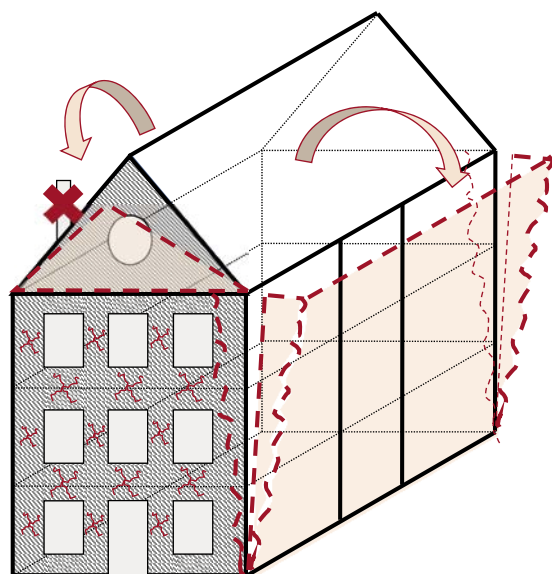
Für die generelle Überprüfung können die Erdbebeneinwirkungen gemäss Norm SIA 269/8, Ziffer 3.1.2, verwendet werden. Die Ermittlung der Erdbebeneinwirkungen erfolgt unter Berücksichtigung der Erdbebenzone, in der sich der Standort befindet, die Baugrundklasse des lokalen Untergrunds und die Bauwerksklasse des Baudenkmals. Ist eine detaillierte Überprüfung erforderlich, ist neben der Vertiefung der Modellierung und Berechnung auch die Erdbebeneinwirkung gemäss Norm zu hinterfragen und gegebenenfalls eine standortspezifische Untersuchung zur Bestimmung der Erdbebeneinwirkung (seismische Mikrozonierung) zu veranlassen. Dies wird zu realitätsnäheren, unter Umständen günstigeren Werten für die Erdbebeneinwirkungen führen.

Abb. 7 (Referenzbeispiel): Abstrahierte hypothetische seismische Schwachstellen: 1. Ungenügender Tragwiderstand gewisser vertikaler Tragelemente (Fassadenbrüstungen), 2. Ungenügende Verbindung zwischen Decke und Wand, 3. Ungenügender Tragwiderstand bei Beanspruchung vertikaler Tragelemente quer zur Ebene (Giebelwand).



Die Überprüfung der Erdbebensicherheit des Baudenkmalers und deren Resultate sind in einem Bericht zu dokumentieren und dem interdisziplinären Projektteam in einer nachvollziehbaren Weise zu eröffnen. Insbesondere die seismischen Schwachstellen des Bauwerks und die daraus resultierenden Erfüllungsfaktoren bei der Überprüfung α_{eff} sind als Vorbereitung für die Entwicklung und Evaluierung von Lösungsansätzen aufzuzeigen. Dies erfolgt schematisch in den Plangrundlagen des Baudenkmalers, in seinen Grundrissen, Aufrissen, Ansichten und Schnitten (Abb. 7). Dabei sind die seismischen Schwachstellen und Erfüllungsfaktoren bei der Überprüfung α_{eff} – wenn immer möglich – mit anschaulichen Schadensbildern zu verknüpfen (Abb. 8).

Abb. 8 (Abb. 8 (Referenzbeispiel): Abstrahiertes *Schaubild* hypothetischer Schadensbilder zu den seismischen Schwachstellen für den Grenzzustand der Tragsicherheit; Legende: rotes Kreuz = Versagen eines Bauwerkselements (Umkippen des Schornsteins oder Risse in den Wandriegeln, also in Stürzen oder Brüstungen, durch Beanspruchung der Fassadenwand in ihrer Ebene); orangene Fläche mit gestrichelter roter Linie = Versagen eines Bauteils (Auskippen der Giebelwand/Fassadenwand).



2.5 Entwicklung und Evaluierung von Lösungsansätzen

Unter Berücksichtigung der denkmalpflegerischen Schutzziele (2.3) und auf der Grundlage der Zustandserfassung (2.2) sowie der rechnerischen Untersuchung und Beurteilung der Erdbebensicherheit (2.4) werden verschiedene (grobe) Lösungsansätze für Erdbebensicherheitsmassnahmen erarbeitet (siehe Wissensbox 17).

Grundlagen für die Lösungsansätze sind gemäss der Norm SIA 269 die Ergebnisse der Überprüfung, die Ziele der Bauwerksbewirtschaftung, die gegenwärtige und künftige Nutzung, die neue Nutzungsdauer (oder «Restnutzungsdauer» gemäss den Normen SIA 269 und SIA 269/8), der Erhaltungswert sowie die gesetzlichen Auflagen. Die Entwicklung und Evaluierung von Lösungsansätzen erfolgen idealerweise in den **Vorstudien**.

Zentral bei der Entwicklung von Lösungsansätzen ist die ganzheitliche Betrachtung des Bauwerks respektive der Risiken. Neben der Erdbebensicherheit sind weitere Gefährdungsbilder und bauliche Anforderungen (Brand-schutz, Hochwasser, Absturzsicherungen, Hindernisfreiheit usw.) in die Überlegungen einzubeziehen, da sich für das Bauprojekt daraus unter Umständen konstruktive und wirtschaftliche Synergien ergeben. Mit diesem gesamtheitlichen Blick erarbeitet die Bauingenieurin oder der Bauingenieur zusammen mit der Architektin oder dem Architekten unter Berücksichtigung der denkmalpflegerischen Schutzziele verschiedene (grobe) Lösungsansätze für allfällig erforderliche Erdbebensicherheitsmassnahmen. Dabei ist zwischen erforderlichen Massnahmen zur Erfüllung der Mindestanforderungen an den Personenschutz und weitergehenden Massnahmen zur Erfüllung des normenkonformen Zustands zu differenzieren.

Erdbebensicherheitsmassnahmen an Baudenkmalern können betrieblicher-organisatorischer Art, baulicher Art oder eine Kombination daraus sein. Mögliche betrieblich-organisatorische Erdbebensicherheitsmassnahmen sind neben einer Nutzungseinschränkung auch eine teilweise oder vollständige Nutzungsänderung, die zum Beispiel durch eine tiefere Personenbelegung eine Deklassierung eines Baudenkmalers in eine tiefere Bauwerksklasse erlaubt. Bei der Erarbeitung der groben Lösungsansät-

ze sind Kombinationen von betrieblich-organisatorischen und baulichen Erdbebensicherheitsmassnahmen sowie Kombinationen verschiedener baulicher Erdbebensicherheitsmassnahmen aufzuzeigen (Abb. 9).

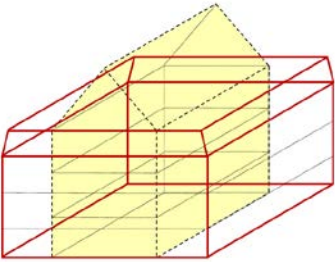
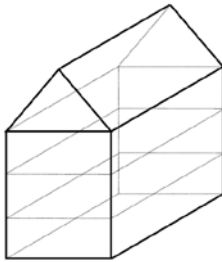
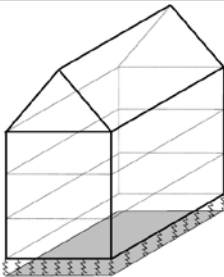
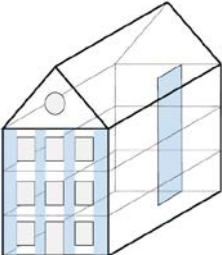
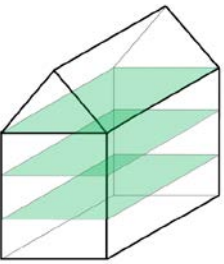
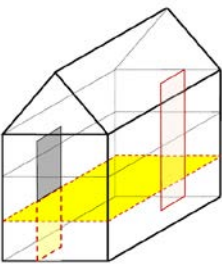
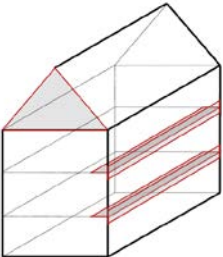
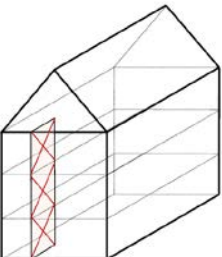
Die verschiedenen Lösungsansätze werden in Anbetracht ihrer unterschiedlichen Auswirkungen auf das Baudenkmal (siehe Wissensbox 9) sowie auf die Schutzziele nach geltenden Tragwerksnormen, ihrer Verbesserung der Erdbebensicherheit respektive Behebung der erkannten seismischen Schwachstellen und im Zusammenhang mit Nutzungsanforderungen sowie Ressourcen von den Verantwortlichen miteinander verglichen und bewertet. Dabei können bestimmte Lösungsansätze unter Umständen ohne vertiefte Bewertung direkt verworfen werden. Für das abstrahierte Referenzbeispiel sollen beispielsweise die Lösungsansätze (gelb und rot) Abbruch und Neubau sowie (grau schraffiert) seismische Isolation verworfen werden (Abb. 9).

Die verbleibenden Lösungsansätze werden vertiefter verglichen und bewertet. Dieser Evaluierungsprozess wird idealerweise durch eine Matrixdarstellung dokumentiert. Im Evaluierungsprozess werden erstmalig die quantitativen Beurteilungskriterien aus dem Bauingenieurwesen mit den qualitativen Beurteilungskriterien aus der Denkmalpflege verknüpft.

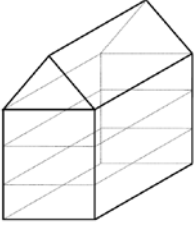
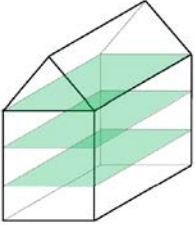
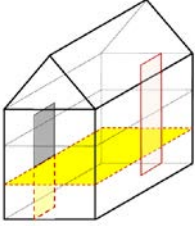
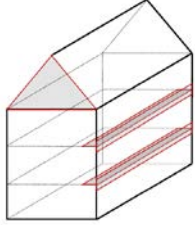
In Tabelle 1 ist ein denkbarer Aufbau und Inhalt einer solchen Matrix dargestellt. Die Zellentexte sind abstrahiert und geben Beispiele für Bewertungen der hier vorgeschlagenen Kriterien wieder. Je nach betrachtetem Baudenkmal und der erarbeiteten Lösungsansätze können die Bewertungen völlig anders ausfallen. Es soll hier lediglich die Vorgehensidee verdeutlicht werden.

Die Bewertung der verschiedenen groben Lösungsansätze ermöglicht die Eingrenzung auf einige wenige geeignete (Abb. 9). Diese vom interdisziplinären Team am Ende der **Vorstudien** ausgewählte Lösungsansätze bilden die Grundlage für die Entwicklung konkreter Massnahmenkonzepte der nächsten Prozessphase **Projektierung**.

Abb. 9 (Referenzbeispiel): Abstrahierte hypothetische Lösungsansätze, hypothetischer Entscheid nach Vergleich und Bewertung sowie ausgewählten, geeigneten hypothetischen Lösungsansätze unter Berücksichtigung der denkmalpflegerischen Schutzziele und der rechnerischen Untersuchung.

Abstrahierte hypothetische Lösungsansätze	Entscheid	Abstrahierte hypothetische Lösungsansätze	Entscheid
	verworfen		Als Ansatz 1 weiterverfolgen
Abbruch des Baudenkmalms (gelb) und Neubau (rot)		(blank) Nutzung ändern oder anpassen (geringere Personenbelegung)	
	verworfen		verworfen
(grau) Seismische Isolation		Tragwiderstand bestehender, vertikaler Tragelemente (blau) erhöhen, in der Regel von Wänden oder Stützen	
	Als Ansatz 2 weiterverfolgen		Als Ansatz 3 weiterverfolgen
Tragwiderstand bestehender, horizontaler Tragelemente (grün) erhöhen, in der Regel Scheibenwirkung der Decken		Bestehende, vertikale/horizontale Tragelemente ersetzen (gelb/rot) und/oder zusätzliche neue Tragelemente (rot) einbauen	
	Als Ansatz 4 weiterverfolgen		verworfen
Zusammenwirken bestehender, vertikaler/horizontaler Tragelemente (grau/rot) verbessern oder sicherstellen		Duktilität bestehender vertikaler/horizontaler Tragelemente (rot) erhöhen	

Tab. 1 zum Referenzbeispiel (Abb. 6, 7, 8 und 9): Abstrahierte interdisziplinäre Bewertungsmatrix der Lösungsansätze; Vorgeschlagene Bewertungsstufen: kein, leicht, mittel, erheblich.

Auswirkung der Lösungsansätze bezüglich		Nutzung	Verbesserung der Erdbebensicherheit	Invasivität der Massnahme
Ansatz 1: (blank) Nutzung ändern oder anpassen (geringere Personenbelegung)		Erheblicher Einfluss <i>Erläuterung: In der Regel weniger Nutzungspotenzial</i>	Keine Verbesserung <i>Erläuterung: Effektiv keine Verbesserung der Erdbebensicherheit des Bauwerks</i>	Keine Invasivität <i>Erläuterung: Keine Eingriffe in die Substanz</i>
Ansatz 2: Tragwiderstand bestehender, horizontaler Tragelemente (grün) erhöhen, in der Regel Scheibenwirkung der Decken		Kein Einfluss <i>Erläuterung: Beibehaltung der bestehenden Nutzung</i>	Mittlere Verbesserung <i>Erläuterung: Tragwiderstand bestehender horizontaler Tragelemente wird erhöht</i>	Mittlere Invasivität <i>Erläuterung: Additive flächige Verstärkung von horizontalen Tragelementen</i>
Ansatz 3: Bestehende, vertikale/horizontale Tragelemente ersetzen (gelb/rot) und/oder zusätzliche neue Tragelemente (rot) einbauen		Leichter Einfluss <i>Erläuterung: Geplante Nutzung durch neue Tragelemente lokal eingeschränkt</i>	Erhebliche Verbesserung <i>Erläuterung: Einbau neuer vertikaler und/oder horizontaler Tragelemente, die die Anforderungen an die Tragfähigkeit erfüllen</i>	Leichte Invasivität <i>Erläuterung: Einbau neuer zusätzlicher vertikaler und/oder horizontaler Tragelemente</i>
Ansatz 4: Zusammenwirken bestehender, vertikaler/horizontaler Tragelemente (grau/rot) verbessern oder sicherstellen		Kein Einfluss <i>Erläuterung: Beibehaltung der bestehenden Nutzung</i>	Erhebliche Verbesserung <i>Erläuterung: Zusammenwirken bestehender vertikaler und horizontaler Tragelemente wird verbessert</i>	Leichte Invasivität <i>Erläuterung: Additive lokale Intervention zur Verbindung bestehender Tragelemente</i>

Substanzverlust durch Massnahme	Beeinträchtigung des kulturellen Werts durch Massnahme	Kosten der Erdbebensicherheitsmassnahme	Hypothetische Gesamtbewertung der Massnahme
Kein Substanzverlust <i>Erläuterung: Keine Eingriffe in die Substanz</i>	Mittlere Beeinträchtigung <i>Erläuterung: Nutzungswechsel von Schule auf Wohnraum</i>	Keine Kosten <i>Erläuterung: Keine baulichen Massnahmen</i>	+ <i>Erläuterung: Nutzungsänderung als möglich erachtet, Nutzungskonzept ausarbeiten</i>
Mittlerer Substanzverlust: <i>Erläuterung: Additive flächige Verstärkung von horizontalen Tragelementen</i>	Mittlere Beeinträchtigung <i>Erläuterung: Additive flächige Verstärkung von horizontalen Tragelementen mit mittlerem Substanzverlust und beispielsweise anderer Oberflächenbeschaffenheit</i>	Mittlere Kosten <i>Erläuterung: Die Kosten sind beispielsweise abhängig von der Zugänglichkeit zu den Deckenober- oder -unterseiten respektive zu den Deckenrändern</i>	- <i>Erläuterung: Lösungsansatz wird nicht weiter verfolgt</i>
Ohne Substanzverlust <i>Erläuterung: Einbau neuer Tragelemente, beispielsweise ohnehin geplanter Liftkern</i> Mittlerer Substanzverlust <i>Erläuterung: Ergänzung durch neue Tragelemente, beispielsweise zusätzliche Wand</i> Erheblicher Substanzverlust: <i>Erläuterung: Ersatz bestehender Tragelemente, beispielsweise neue Decke</i>	Leichte Beeinträchtigung <i>Erläuterung: Einbau neuer Tragelemente, beispielsweise ohnehin geplanter Liftkern ohne Substanzverlust, beeinträchtigt kulturellen Wert kaum</i>	Geringe Kosten* <i>Erläuterung: Einbau neuer Tragelemente, beispielsweise zusammen mit Einbau eines neuen Liftkerns</i> * durch Synergie mit Lifteinbau	+ <i>Erläuterung: Massnahmenkonzept im Bauprojekt ausarbeiten</i>
Leichter Substanzverlust <i>Erläuterung: Additive lokale Intervention zur Verbindung bestehender Tragelemente</i>	Leichte Beeinträchtigung <i>Erläuterung: Additive lokale Intervention zur Verbindung bestehender Tragelemente mit leichtem Substanzverlust und beispielsweise kaum sichtbar</i>	Mittlere Kosten <i>Erläuterung: Die Kosten sind beispielsweise abhängig von der Verstärkungsmassnahme</i>	+ <i>Erläuterung: Massnahmenkonzept im Bauprojekt ausarbeiten</i>

Wissensbox 17: Bauingenieurfachliche Verbesserungsstrategien und grobe Lösungsansätze für bauliche Erdbebensicherheitsmassnahmen [99]

Das primäre Ziel der baulichen Erdbebensicherheitsmassnahmen ist die Eliminierung der identifizierten Schwachstelle(n) des Baudenkmalers bezüglich Erdbebenverhalten. Relevant sind dabei auch die Verbindung zwischen bestehenden und neuen Bauteilen sowie die Weiterleitung der Beanspruchungen über die Fundation in den Baugrund. Häufig eingesetzte bauliche Lösungsansätze sind:

Regularität verbessern = Grundsätzlich ist mit jeder baulichen Massnahme eine Verbesserung der Regularität oder Regelmässigkeit der Verteilung von Steifigkeit, Tragwiderstand und Masse im Aufriss und Grundriss des Tragwerks anzustreben. Die neuen Bauteile sind im Baudenkmal so einzupassen, dass ein regelmässigeres Tragwerk entsteht.

Abb. W17.1: Symmetrie herstellen

(Links) Gymnasium Neufeld in Bern [99] von 1965 (BE, klassifiziertes Baudenkmal), (Mitte) Skizzierte Schwachstelle und Versagensmechanismus; (rechts) Skizzierte Erdbebensicherheitsmassnahme: 2006 wurden die ursprünglichen Dilatationsfugen der Geschossdecken in der Gebäudemitte geschlossen. Dadurch konnte ein durch die beiden bestehenden schlanken Stahlbetonliftkerne symmetrisch ausgesteiftes Gesamtsystem für die Abtragung der Erdbebenkräfte gebildet werden.

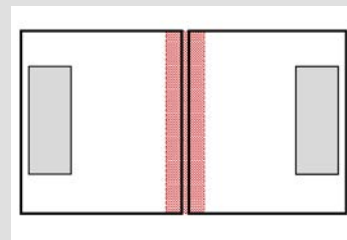
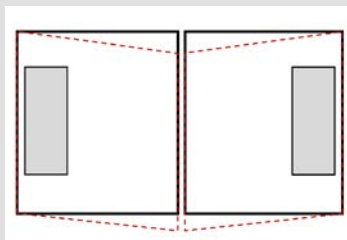
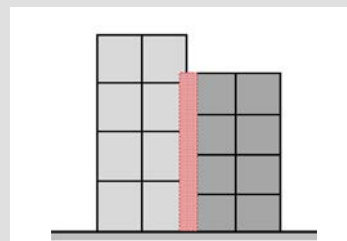
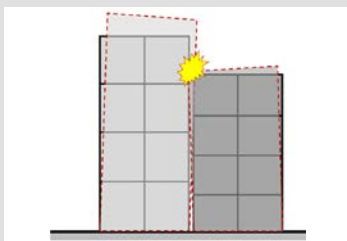


Abb. W17.2: Fugen schliessen

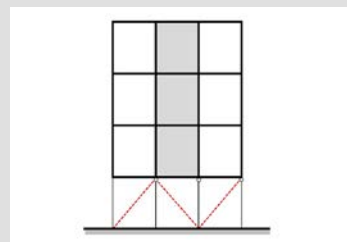
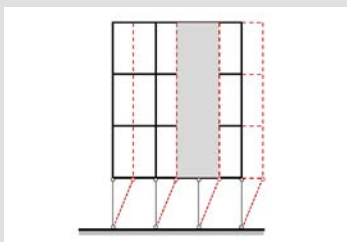
(Links) Museum für Gestaltung und Kunstgewerbeschule in Zürich [100] von 1933 (ZH, klassifiziertes Baudenkmal); (Mitte) Skizzierte Schwachstelle und Versagensmechanismus; (rechts) Skizzierte Erdbebensicherheitsmassnahmen: 2018 wurden die Fugen kraftschlüssig durch Gewindestangen geschlossen.



Verstärken = Der klassische Lösungsansatz ist die Verstärkung des bestehenden Tragwerks durch neue Bauteile oder durch Aufdoppelung bestehender Bauteile, zum Beispiel durch neue Stahlbetonwände oder Stahlfachwerke. Damit werden der Tragwiderstand und die Steifigkeit erhöht, während sich das Verformungsvermögen praktisch nicht verändert.

Abb. W17.3: Aussteifung hinzufügen

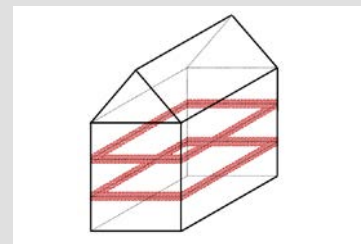
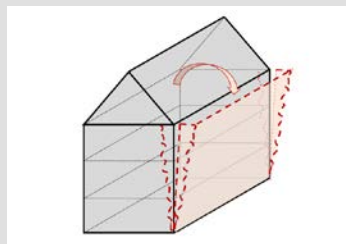
(Links) Hörsaalgebäude HPH der ETH Zürich auf dem Hönggerberg [99] von 1970/71 (ZH, klassifiziertes Baudenkmal); (Mitte) Skizzierte Schwachstellen und Versagensmechanismen; (rechts) Skizzierte Erdbebensicherheitsmassnahmen: 1994 wurde das weiche Erdgeschoss durch ein neues, aussenliegendes, geneigtes Stahlrohr-Fachwerk ausgesteift. Damit konnten die Steifigkeit und der Tragwiderstand erhöht sowie die ungünstige Exzentrizität des Aussteifungssystems im Erdgeschoss eliminiert werden.



Zusammenwirken verbessern = Ein weiterer Lösungsansatz ist die Verbesserung des Zusammenwirkens verschiedener Tragwerkselemente, also das Verbessern des globalen Gebäudeverhaltens unter Erdbebeneinwirkungen. Beispielsweise werden kraftschlüssige Verbindungen zwischen Wänden und Decken geschaffen und/oder Deckenfelder zusammengebunden. Dadurch werden die Kraftweiterleitung von den Decken (Scheibenwirkung) in die Wände verbessert und lokale Versagensmechanismen vermieden.

Abb. W17.4: Wand-/Deckenverbindungen verbessern

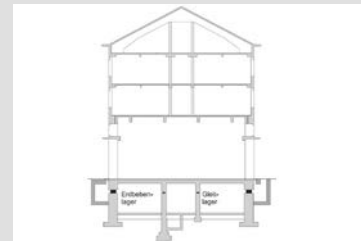
(Links) Kunstgewerbeflügel des Schweizerischen Nationalmuseums in Zürich [101] von 1898 (ZH klassifiziertes Baudenkmal); (Mitte) Skizzierte Schwachstelle und Versagensmechanismus, (rechts) Skizzierte Erdbebensicherheitsmassnahmen: 2014 wurden die Wand-/Deckenverbindungen entlang der Fassaden verbessert indem die Wände durch Zugelemente oder liegende Stahlkonstruktion mit Streben rückverankert wurden. Ferner wurde das Gebäudeverhalten durch den Einbau von Verbindungsstäben für den Zusammenschluss von Deckenscheiben verbessert.



Seismische Isolation (Dämpfung) = Eine Erhöhung der Dämpfung bewirkt eine Reduktion der Erdbebeneinwirkung. Diese kann z. B. durch den Einbau spezieller Dämpfungselemente realisiert werden. Bei der seismischen Isolation mittels horizontal weicher, hochdämpfender Erdbebenlager wird gleichzeitig die Steifigkeit reduziert und die Dämpfung erhöht.

Abb. W17.5: Erdbebenlager einbauen

(Links) Hauptgebäude der Berufsfeuerwehr Basel-Stadt [99] (BS, keine Klassifizierung); (rechts) 2007 wurden im Kellergeschoss des Gebäudes sämtliche Aussen- und Innenwände in horizontaler Richtung durchgeschnitten und das rund 4000 t schwere Gebäude auf Erdbebenlager und auf Gleitlager gestellt. Die seismische Isolation durch den Einbau von horizontal weichen, hochdämpfenden Erdbebenlagern aus bewehrten Gummischichten ist eine typische Umsetzung der Strategie «Seismische Isolation» [103].

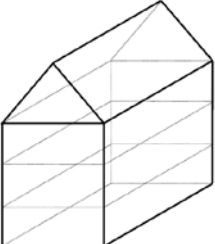
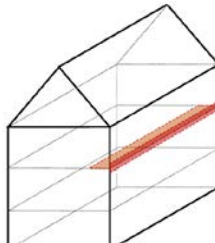
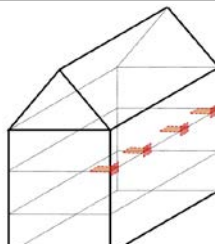
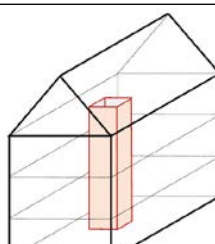
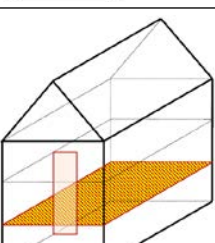


2.6 Massnahmenkonzepte und differenzierte Evaluierung der Verhältnismässigkeit

Die Vertiefung der geeigneten, ausgewählten Lösungsansätze zu konkreten Massnahmenkonzepten erfolgt durch die Bauingenieurin oder den Bauingenieur in Zusammen-

arbeit mit Architektin oder Architekt und Denkmalpflegerin oder Denkmalpfleger in einem nächsten Schritt – idealerweise zu Beginn des **Vorprojekts**. Dabei sind für die ausgewählten Lösungsansätze, wenn konzeptionell und konstruktiv möglich, mehrere Massnahmenkonzepte auszuarbeiten (Abb. 10).

Abb. 10 (Referenzbeispiel): Abstrahierte ausgearbeitete hypothetische Massnahmenkonzepte.

	<p>Konzept 1: (blank) Nutzung ändern (geringere Personenbelegung)</p>
	<p>Konzept 3.1: Flächige Verbindung (rot) zur Verbesserung des Zusammenwirkens zwischen den bestehenden Wänden und Decken</p>
	<p>Konzept 3.2: Punktuelle/Lokale Verbindung (rot) zur Verbesserung des Zusammenwirkens zwischen den bestehenden Wänden und Decken</p>
	<p>Ansatz 4.1: Zusätzliche, neue vertikale Tragelemente (rot) einbauen, z. B. durch Einbau eines neuen Liftkerns</p>
	<p>Ansatz 4.2: Bestehende Decke ersetzen oder verstärken (gelb und rot) und zusätzliche neue Wand (rot) einbauen</p>

Die Ausarbeitung dieser Konzepte erlangt einen Detaillierungsgrad, der eine differenzierte Evaluierung der Verhältnismässigkeit der Massnahmenkonzepte möglich macht. Die Massnahmenkonzepte entsprechen gemäss der Norm SIA 269 (Ziffer 7.2.2) in Inhalt und Umfang der Vorprojekt-Phase. Die Massnahmenkonzepte sind mit einem Bericht zu dokumentieren. Die zu erwartenden Schadensbilder sind (mindestens) für den Grenzzustand der Tragsicherheit für die Unterlassung und die Umsetzung des jeweiligen Massnahmenkonzepts zur besseren Veranschaulichung gegenüberzustellen. (Abb. 11)

Eine Massnahme zur Verbesserung der Erdbebensicherheit bei Bestandesbauten ist dann verhältnismässig, wenn sie effizient und/oder effektiv im Sinne der Norm SIA 269/8 ist, das heisst wenn der Aufwand (Kosten) gering und der Nutzen (Risikoreduktion) gross ist. Ein wesentliches Kriterium für die Beurteilung der Verhältnismässigkeit gemäss SIA 269/8 in Bezug auf den Personenschutz ist die neue Nutzungsdauer des Bauwerks. Eine Massnahme ist bei einem Baudenkmal dann verhält-

nismässig, wenn sie zudem seinen kulturellen Wert nicht erheblich schmälert und der grösstmöglichen Schonung entspricht (siehe Wissensbox 18).

Für Baudenkmalern gelten die gleichen Mindestanforderungen an den Personenschutz (Erfüllungsfaktor bei der Überprüfung $\alpha_{\text{eff}} \geq \text{Mindesterfüllungsfaktor } \alpha_{\text{min}}$) wie bei gewöhnlichen Bestandesbauten. Für Erdbebensicherheitsmassnahmen zur Verbesserung des Personenschutzes, die über die Mindestanforderungen hinausgehen, hat auch bei Baudenkmalern zwingend eine entsprechend ihres kulturellen Werts differenzierte Evaluierung der Verhältnismässigkeit zu erfolgen.

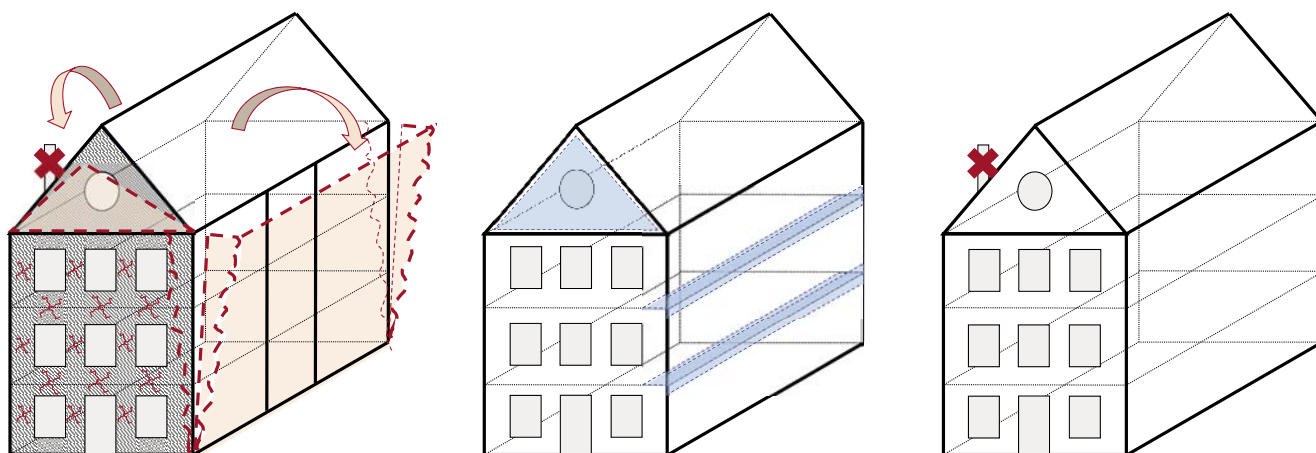
Als Kriterium für die Ermittlung einer abgestimmten, denkmalspezifischen Verhältnismässigkeit dient der durch die konzipierten Massnahmen beeinflusste kulturelle Wert im Ist- und Soll-Zustand. Für jedes Massnahmenkonzept ist anhand einer Werte-Matrix der Einfluss einer Massnahme auf den kulturellen Wert des Baudenkmalers durch die Gewichtung entsprechen-

Abb. 11 (Referenzbeispiel): Abstrahiertes Schaubilder hypothetischer Schadensbilder zu den seismischen Schwachstellen für den Grenzzustand der Tragsicherheit bei:

(links) Unterlassung von Massnahmen: Legende: rotes Kreuz = Versagen eines Bauwerkselements (Umkippen des Schornsteins oder Risse in den Wandriegeln, also Stürzen oder Brüstungen, durch Beanspruchung der Fassadenwand in ihrer Ebene, orangene Fläche mit gestrichelter roter Linie = Versagen eines Bauteils (Auskippen der Giebelwand/Fassadenwand);

(Mitte) Umsetzung des Massnahmenkonzepts: Legende: blaue Fläche mit gestrichelter blauer Linie = Zusammenwirken zwischen bestehenden, vertikalen/horizontalen Tragwerkselementen verbessern/sicherstellen (Verbindung Decke/Wand, Verbindung Giebelwand-Dachkonstruktion);

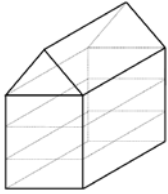
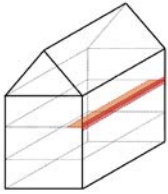
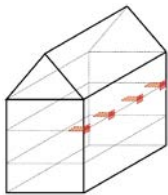
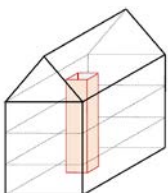
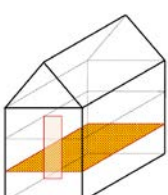
(rechts) Nach Intervention: Legende: rotes Kreuz = Versagen eines Bauwerkselements (Umkippen Schornstein), dünne gestrichelte rote Linien = feine (Oberflächen)Risse, die auf Beanspruchung in der Ebene aus horizontalen Erdbebeneinwirkungen hinweisen.



der Kriterien aus Sicht der Erdbebensicherheit und der Denkmalpflege dargestellt werden (Tab. 2). Die qualitativen Beurteilungskriterien aus der Denkmalpflege werden erneut auf einem detaillierteren Niveau mit den quantitativen Beurteilungskriterien aus dem Bauingenieurwesen verknüpft. Diese Matrizen basieren nicht auf einer mathematisch-exakten Methode. Sie sind pragmatisch, intersubjektiv und dokumentieren anschaulich die Vorher-/Nachher-Ermittlung des kulturellen Werts. Der Vergleich der einzelnen Werte-Matrizen ermöglicht schliesslich eine Eingrenzung und Priorisierung der verschiedenen Massnahmenkonzepte.

In Tabelle 2 sind ein denkbarer Aufbau und Inhalt einer derartigen Bewertungsmatrix dargestellt. Die Zellentexte sind abstrahiert und geben Beispiele für Bewertungen der hier vorgeschlagenen Kriterien wieder. Je nach betrachtetem Baudenkmal und der erarbeiteten Massnahmenkonzepte können die Bewertungen völlig anders ausfallen. Es soll hier lediglich die Vorgehensidee verdeutlicht werden.

Tab. 2: Abstrahierte interdisziplinäre Bewertungsmatrix der Massnahmenkonzepte mit Priorisierung; Vorgeschlagene Bewertungsstufen kein, leicht, mittel, erheblich – gegeben nicht gegeben – akzeptierbar, nicht akzeptierbar – Priorität 1,2, etc.; für graue Felder ist die Bewertung ausstehend.

Einfluss des Massnahmenkonzepts auf		Kultureller Wert (hypothetische Auswahl der Kriterien gemäss Wissensbox 10)		
Massnahmenkonzept		Situation (räumliche Wirkung des Baudenkmals auf die Umgebung)	historisch-kulturell (Stellung des Baudenkmals innerhalb der wirtschaftlichen, politischen oder sozialen Entwicklung einer Epoche)	gestalterisch (Zusammenschau von architektonischer und künstlerischer Qualität, Gliederung und Formgebung, prägnanten Stilmerkmalen oder ästhetischem Materialeinsatz am Baudenkmal)
Konzept 1: (blank) Nutzung ändern (geringere Personenbelegung)		Kein Einfluss <i>Erläuterung: Kein Veränderung der Situation</i>		
Konzept 3.1: Flächige Verbindung zur Verbesserung des Zusammenwirkens zwischen den bestehenden Wänden und Decken		Kein Einfluss <i>Erläuterung: Additive bauliche Intervention verändert Situation nicht</i>	Kein Einfluss <i>Erläuterung: Additive (reversible) bauliche Intervention beeinflusst historisch-kulturellen Wert nicht</i>	
Konzept 3.2: Punktuelle/ Lokale Verbindung zur Verbesserung des Zusammenwirkens zwischen den bestehenden Wänden und Decken				Mittlerer Einfluss <i>Erläuterung: Additive (reversible) bauliche Intervention beeinflusst gestalterischen Wert mittelmässig</i>
Konzept 4.1: Zusätzliche, neue vertikale Tragelemente (rot) einbauen durch Einbau eines ohnehin geplanten Liftkerns		Kein Einfluss <i>Erläuterung: Ergänzung verändert Situation nicht</i>	Kein Einfluss <i>Erläuterung: Ergänzung verändert historisch-kulturellen Wert nicht</i>	Geringer Einfluss <i>Erläuterung: Ergänzung beeinflusst gestalterischen Wert gering</i>
Konzept 4.2: Bestehende Decke ersetzen oder verstärken (gelb und rot) und zusätzliche neue Wand (rot) einbauen		Kein Einfluss <i>Erläuterung: Ersatz bestehender und Einbau neuer Tragelemente verändert Situation nicht</i>	Erheblicher Einfluss <i>Erläuterung: Ersatz bestehender und Einbau neuer Tragelemente verändert historisch-kulturellen Wert erheblich</i>	

	Erdbebensicherheit		Differenzierte Beurteilung mit Abwägung der Verhältnismässigkeit		
handwerklich-technisch (bedeutende, in der historischen Bausubstanz manifeste Konstruktions- techniken)	Erfüllungsfaktor nach Inter- vention α_{int}	Konzeptionelle Gestaltung und konstruktive Durchbil- dung	Bauingenieurfachliche Verhältnismässigkeit (siehe Wissensbox 18)	Verhältnismässigkeit gemäss Denkmalpflege (siehe Wissensbox 17)	Hypothetische interdisziplinäre Priorisierung
Kein Einfluss <i>Erläuterung: Keine Ver- änderung der Bausubstanz</i>	Keine Verbesserung <i>Erläuterung: Keine Erdbebensicherheits- massnahmen $\alpha_{eff} = \alpha_{int}$</i>	Keine Verbesserung <i>Erläuterung: Keine Erdbeben- sicherheitsmassnahmen</i>	Gegeben <i>Erläuterung: Keine Massnahmenkosten, Risiko- reduktion durch geringere Personenbelegung</i>	Akzeptierbar <i>Erläuterung: status quo</i>	1
Mittlerer Einfluss <i>Erläuterung: Additive (reversible) bauliche Interven- tion beeinflusst handwerklich- technischen Wert mittelmässig</i>	0,5	Mittlere Verbesserung <i>Erläuterung: Lineare Rück- verankerung der Wände ver- hindert Auskippen quer zur Wandebene</i>	Nicht gegeben <i>Erläuterung: Hohe Mass- nahmenkosten gegenüber moderater Risikoreduktion</i>	Akzeptierbar <i>Erläuterung: Verbesserung des Zustands bei höchstens mittlerer Beeinträchtigung des kulturellen Werts</i>	2
Erheblicher Einfluss <i>Erläuterung: Additive (rever- sible) bauliche Intervention beeinflusst handwerklich- technischen Wert erheblich</i>	0,3	Leichte Verbesserung <i>Erläuterung: Lokale Rückverankerung der Wän- de vermindert Auskippen quer zur Wandebene</i>	Nicht gegeben <i>Erläuterung: Hohe Massnah- menkosten gegenüber gerin- ger Risikoreduktion</i>	Nicht akzeptierbar <i>Erläuterung: Verbesserung des Zustands bei erheblicher Beeinträchtigung des kulturellen Werts</i>	3
	0,7	Erhebliche Verbesserung <i>Erläuterung: Neuer Liftkern steift Tragstruktur aus und erhöht Tragwiderstand</i>	Gegeben <i>Erläuterung: geringe Mass- nahmenkosten gegenüber grosser Risikoreduktion</i>	Akzeptierbar <i>Erläuterung: Verbesserung des Zustands bei gerin- ger Beeinträchtigung des kulturellen Werts</i>	1
	0,7	Erhebliche Verbesserung <i>Erläuterung: Deckenersatz und neue Wand erhöhen Trag- widerstand</i>	nicht gegeben <i>Erläuterung: Sehr hohe Massnahmenkosten gegen- über grosser Risikoreduktion</i>	Nicht akzeptierbar <i>Erläuterung: Verbesserung des Zustands bei erheb- licher Beeinträchtigung des kulturellen Werts</i>	3

Wissensbox 18: Verhältnismässigkeit einer Massnahme gemäss geltenden Erhaltungsnormen

Die Norm SIA 269/8 [72] bietet die Grundlage für die Entscheidung, ob ein Baudenkmal bezüglich Erdbebensicherheit zu verbessern ist oder ob der Ist-Zustand weiterhin akzeptiert werden kann. Aufgrund von Aufwand/Nutzen-Überlegungen ist es nicht angezeigt, alle Baudenkmalern auf das Erdbebensicherheitsniveau der Tragwerksnormen für Neubauten zu verbessern. Der Aufwand der Verbesserung wird normativ durch die direkten und indirekten Kosten der Erdbebensicherheitsmassnahmen beziffert. Der Nutzen definiert sich normativ durch die Reduktion des Erdbebenrisikos bzw. die Erhöhung des Niveaus der Erdbebensicherheit des Baudenkmals. Beim Entscheid über die Realisierung von Erdbebensicherheitsmassnahmen an Baudenkmalern ist bei der Beurteilung der Verhältnismässigkeit beim Aufwand der Verbesserung neben den Kosten auch die Beeinflussung des kulturellen Werts miteinzubeziehen.

Die **Beurteilung der Erdbebensicherheit** erfolgt anhand des in der detaillierten Überprüfung ermittelten Erfüllungsfaktor α_{eff} , der mit dem Mindesterfüllungsfaktor α_{min} verglichen wird.

Ergibt sich nach einer detaillierten Überprüfung der Erdbebensicherheit lediglich ein Erfüllungsfaktor $\alpha_{\text{eff}} < \alpha_{\text{min}}$, sind bei Baudenkmalern immer **Erdbebensicherheitsmassnahmen erforderlich**, um zur Begrenzung des Individualrisikos gemäss Ziffer 9.4.4 der Norm SIA 269/8 wenigstens den Mindesterfüllungsfaktor ($\alpha_{\text{int}} = \alpha_{\text{min}}$) zu erreichen.

In Ausnahmefällen darf auf Erdbebensicherheitsmassnahmen zur Einhaltung des minimalen Personenschutzes (α_{min}) verzichtet werden, (kumulative Bedingungen)

- wenn sich praktisch nie Personen im Gebäude aufhalten, das heisst der Erwartungswert der Personenbelegung $PB < 0.2$ ist,
- eine Ansammlung von mehr als 10 Personen im gefährdeten Bereich des Bauwerks nicht eintreten kann,
- dies durch organisatorische Massnahmen sichergestellt ist und keine weiteren Schutzgüter gefährdet sind.

Ergibt sich nach detaillierten Überprüfung bereits ein Erfüllungsfaktor $\alpha_{\text{eff}} > \alpha_{\text{min}}$, sind grundsätzlich auch bei Baudenkmalern **weitergehende Erdbebensicherheitsmassnahmen** erforderlich, um den Schutz von Personen zu verbessern, also sich an die Anforderungen an Neubauten anzunähern. Grundsätzlich ist gemäss Ziffer 9.4.1 der Norm SIA 269/8 ein Erfüllungsfaktor nach Massnahmen zur Erhöhung der Erdbebensicherheit α_{int} von mindestens 1,0 anzustreben. Dies jedoch nur, wenn die Massnahmen verhältnismässig sind!

Die **bauingenieurfachliche und technisch – ökonomische Verhältnismässigkeit** von Erdbebensicherheitsmassnahmen ist gemäss Norm SIA 269/8 quantifizierbar und durch die Gegenüberstellung des erforderlichen Aufwands (Kosten) und der damit erzielten Risikoreduktion bestimmt. Die bauingenieurfachliche und technisch – ökonomische Verhältnismässigkeit von Erdbebensicherheitsmassnahmen wird mit Hilfe der Massnahmeneffizienz EF_M gemäss SIA Norm 269 bestimmt. Sie berechnet sich als Quotient aus einer jährlichen, in Geldeinheiten bewerteten Risikoreduktion ΔR_M infolge einer Erdbebensicherheitsmassnahme zu den jährlichen Kosten der Erdbebensicherheitsmassnahmen (Sicherheitskosten) SC_M .

$$EF_M = \frac{(\Delta R_M)}{(SC_M)}$$

Die **Sicherheitskosten** SC_M (Aufwand) einer Erdbebensicherheitsmassnahme umfassen alle direkten und indirekten Kosten, die mit deren Realisierung verbunden sind und die nicht auf andere Anforderungen (ohnehin nötige Instandsetzungen und Veränderungen) abgewälzt werden können.

Die **Risikoreduktion** ΔR_M (Nutzen) ergibt sich aus der Differenz der Risiken vor und nach der Umsetzung einer Erdbebensicherheitsmassnahme. Sie umfasst zumindest die Reduktion der Personenrisiken*. Diese ermittelt sich anhand der Reduktion des Individualrisikos, die durch die Erdbebensicherheitsmassnahme erreicht würde, der Personenbelegung und den Grenzkosten pro gerettetes Menschenleben. Die Personenbelegung entspricht der durchschnittlichen Anzahl an Personen, die durch ein Versagen des Bauwerks gefährdet sind. Die Grenzkosten, die mit 10 Mio. SFr. pro Person angesetzt werden, sind ein Mass für die Zahlungsbereitschaft der Gesellschaft, um Massnahmen für die Reduktion von nicht freiwillig eingegangenen Risiken zu ergreifen.

Vereinfacht formuliert sind mit diesem Ansatz umso mehr finanzielle Mittel für Erdbebensicherheitsmassnahmen verfügbar, umso mehr Personen sich in einem Gebäude befinden und umso geringer die Erdbebensicherheit ist.

Ist $EF_M > 1$, dann ist der bauingenieurfachliche bzw. technisch-ökonomische Nutzen grösser als die Kosten und weitergehende Erdbebensicherheitsmassnahmen sind verhältnismässig und in jedem Fall umzusetzen. Das Massnahmenkonzept ist weiter zu bearbeiten und zu optimieren.

Ist $EF_M < 1$ sind weitergehende Erdbebensicherheitsmassnahmen aus bauingenieurfachlicher bzw. technisch-ökonomischer Sicht nicht verhältnismässig. Die Nutzungsanforderungen des Bauwerks sind zu überdenken, das Massnahmenprojekt ist zu überarbeiten oder keine Massnahmen sind auszuführen.

Über weitergehende Erdbebensicherheitsmassnahmen über diese Anforderungen hinaus ($\alpha_{\text{int}} > \alpha_{\text{min}}$) muss bei Baudenkmalern durch eine **differenzierte denkmalpflegerisch abgestimmte Beurteilung der Verhältnismässigkeit** entschieden werden. Mit der differenzierten, denkmalpflegerisch abgestimmten Beurteilung der Verhältnismässigkeit von Erdbebensicherheitsmassnahmen an Baudenkmalern werden neben den erläuterten rein bauingenieurfachlichen bzw. technisch-ökonomischen Aspekten zusätzlich die Aspekte Schutz von Kulturgütern gemäss SIA 269/8 berücksichtigt (Ziffer 10 «Verhältnismässigkeit von Erdbebensicherheitsmassnahmen»).

* Zudem können Bauwerkswert, Sachwerte sowie die Vermeidung von Betriebsausfällen in die Beurteilung miteinbezogen werden.

2.7 Massnahmenempfehlung und Massnahmenentscheid

Abschliessend wird im Dialog zwischen allen Beteiligten, also der Eigentümerschaft, der Denkmalpflege, der Architektin oder dem Architekten und der Bauingenieurin oder dem Bauingenieur, eine Massnahmenempfehlung einschliesslich Vorschlägen für das weitere Vorgehen formuliert und zum Massnahmenentscheid vorbereitet. Dies geschieht idealerweise in der Phase **Bauprojekt**.

Der Massnahmenentscheid erfolgt durch die Eigentümerschaft. Der Massnahmenentscheid basiert auf einer differenzierten, interdisziplinären Verhältnismässigkeitsbeurteilung sowie einer ganzheitlichen Risiko- und Projektbetrachtung. Die langfristigen Folgen der Ausführung einer Erdbebensicherheitsmassnahme oder ihrer Unterlassung sind abzuwägen.

Öffentliche Interessen sind gleichrangig. Durch den Massnahmenentscheid erfolgt eine Güterabwägung zwischen denkmalpflegerischen Interessen und anderen öffentlichen (Schutz vor Erdbeben) sowie privaten Interessen. Die Besonderheit des Einzelfalls ist dabei zu berücksichtigen. Die Gewichtung der verschiedenen Interessen, die zum Entscheid führen, ist transparent darzulegen.

Wird der Massnahmenentscheid von allen Akteurinnen und Akteuren getragen, erstellt die Bauingenieurin oder der Bauingenieur in der Phase **Bewilligungsverfahren/Auflageprojekt** die fachspezifischen, notwendigen Unterlagen für das Baugesuch und das Bewilligungsdossier. In der Phase Ausschreibung, Offertvergleich, Vergabeantrag werden soweit für die Ausschreibung erforderlich die fachspezifischen Baupläne mit dem Massnahmenentscheid ergänzt.

In der nächsten Prozessphase **Realisierung** ist das ausgewählte Massnahmenkonzept in ein konkretes Ausführungsprojekt zu überführen.

Entscheidet sich die Eigentümerschaft gegen die Umsetzung allfällig notwendiger Erdbebensicherheitsmassnahmen, ist dies unter Nachvollziehbarkeit der Gründe in der Nutzungsvereinbarung, als ingenieurfachlichem Teil des Projektpflichtenhefts, festzuhalten. Gemäss der Ordnung

SIA 112 muss die Eigentümerschaft die Nutzungsvereinbarung phasenweise genehmigen. Bis zur Umsetzung der Massnahmen haftet die Eigentümerschaft für Personenschäden bei einem Erdbebenereignis in ihrem Baudenkmal.

2.8 Massnahmenprojekt und Realisierung der Massnahmen

Das Ausführungsprojekt muss während der Ausführung durch Untersuchungen am Objekt laufend überprüft und gegebenenfalls angepasst werden, wenn neue Erkenntnisse dies erfordern oder, wenn dies für ein sachgerechtes Ergebnis notwendig ist. Eine intensive Begleitung der Realisierung der Massnahmen auf der Baustelle durch die Denkmalpflege, die Architektin oder den Architekten und die Bauingenieurin oder den Bauingenieur wird dringend empfohlen. Die Dokumente zu den wichtigsten interdisziplinären Entscheiden und ausgeführten Erdbebensicherheitsmassnahmen sind bei der Eigentümerschaft abzulegen, um die Informationen für zukünftige Interventionen zu erhalten.

Zusammenfassend muss die interdisziplinäre Zusammenarbeit stark durch ein flexibles Handeln aller Beteiligten in den einzelnen Phasen des Bauvorhabens geprägt sein. Die Beauftragung eines General-/Totalunternehmers empfiehlt sich aus diesem Grund nicht und ist einer qualitätvollen, baudenkmalgerechten Realisierung nicht angemessen.

Anhang

Im Anhang A werden drei Beispiele von Instandsetzungs- oder Veränderungsvorhaben an Baudenkmalern der vergangenen Jahre vorgestellt. Für die drei in kurzer, zusammenfassender Form skizzierten Beispiele, in denen Erdbebensicherheitsüberprüfungen und -massnahmen umgesetzt wurden wird das jeweilige Vorgehen mit dem in dieser Wegleitung vorgeschlagenen idealen Prozess verglichen. Diese drei Beispiele haben keinen Anspruch auf ideale Prozessabläufe und Massnahmen. Sie geben reale Situationen in der Praxis mit guten und weniger guten Aspekten wieder. Anhang B fasst phasenbezogen die wichtigsten Arbeiten und Entscheide im Bauvorhaben an einem Baudenkmal in einem Flussdiagramm zusammen.

Ziel der Beispielsammlung ist es, die beteiligten Akteure für die Fragestellungen und den Ablaufmechanismus bei der Planung von Erdbebensicherheitsmassnahmen zu sensibilisieren. Die Mehrheit der Beispiele betrifft Baudenkmalern im Eigentum der öffentlichen Hand, was repräsentativ ist für die bei diesen Eigentümerschaften häufigere Auseinandersetzung mit der Erdbebensicherheit von Baudenkmalern.

Anhang A Realisierte Vorhaben

A1 Quaderschulhaus in Chur (GR)

A1.1 Ausgangslage

Die Schulgesetzreform im Kanton Graubünden (2000) und die Teilrevision des Schulgesetzes in der Stadt Chur (2004) bedingten bauliche und infrastrukturelle Interventionen am Schulhaus Quader. 2006/07 wurde ein Projektwettbewerb für die Instandsetzung (und Erweiterung) des Quaderschulhauses ausgeschrieben. Hauptbestandteile der Instandsetzung des Schulhauses waren die Renovation der Fassade, eine energetische Verbesserung der Gebäudehülle, gewisse strukturelle Anpassungen im Innern sowie der Ersatz der gesamten Haustechnik. Ein Konzept für die Nachrüstung hinsichtlich Erdbebensicherheit wurde nicht explizit verlangt. Zu Projektbeginn wurde die Überprüfung der Erdbebensicherheit gemäss damals geltendem Merkblatt SIA 2018 an ein Churer Ingenieurbüro vergeben.

A1.2 Baugeschichte und Denkmalstatus

Das Quaderschulhaus wurde in den Jahren 1913/14 als Sekundar- und Handelsschule von den Architekten Schäfer & Risch erbaut und bildet für sich als Dreiflügelanlage, aber auch zusammen mit der Quaderwiese und dem zentralen Torbau an der Masanserstrasse in städtebaulicher

Hinsicht eine der bedeutendsten öffentlichen städtischen Einrichtungen. Der Denkmalstatus des Schulkomplexes an der Loestrasse 1 wurde im Juli 1991 per Schutzverfügung durch den Stadtrat von Chur erlassen: «Das Schulhaus, die Brüstungsmauern von 1914 (mit Dekorationsplastik: Dreivogel-Gruppe, 2 Steinböcke, Polyeder), 2 schmiedeeiserne Tore zur grossen Westterrasse, Brunnen an der Loestrasse» sind als schützenswert beurteilt; die «Treppe Quaderplatz/Loestrasse, Umschwung, Quaderplatz mit Torhaus» als erhaltenswert. Diese städtische Schutzverfügung hatte einen Eintrag im Grundbuch zur Folge (13.1.1992). Zur Zeit des Projektstarts 2006 erliess die Stadt Chur einen Generellen Gestaltungsplan (am 3.7.2007 von der Regierung genehmigt; Stand Ende 2012) und verankerte darin die Anlage und Bauten des Quaderschulhauses als schützenswerte beziehungsweise erhaltenswerte Gebäude. Im Rahmen der Gebäudesanierung wurden aufgrund der denkmalpflegerischen Vorgaben beträchtliche finanzielle Mittel gesprochen. In der Folge wurde die Anlage per 26.11.2013 formell unter kantonalen Schutz gestellt.

Auf der Ebene des Bundes ist das Quaderschulhaus im Inventar der Kulturgüter von nationaler und regionaler Bedeutung (KGS-Inventar) als B-Objekt, als Objekt von

Abb. A1.1: Oberstufenschulhaus Quader in Chur, Westfassade, Eigentümerin: Stadt Chur GR, Aufnahme: 2014.



Abb. A1.2: Korridor mit Pausenhalle, Aufnahme: 2014



regionaler Bedeutung, aufgelistet (provisorische B-Liste Kanton Graubünden, Stand 1.1.2017). Im Bundesinventar der schützenswerten Ortsbilder der Schweiz von nationaler Bedeutung ISOS (provisorische Aufnahme von 03.1997), ist das Quaderschulhaus gar als Einzelelement ausgezeichnet (E 0.0.1 innerhalb der Umgebungszone U-Zo XXIII «Quaderplatz»).

A1.3 Schutzzielbestimmung

Das Schulhaus soll 18 Klassen mit rund 260 Schülerinnen und Schülern beherbergen, welche von rund 40 Lehrpersonen unterrichtet werden. Die Personenbelegung gemäss Merkblatt SIA 2018 [7] wurde mit ca. PB=50 abgeschätzt. Basierend auf der Nutzung als Oberstufenschulhaus für die Sekundar- und Realklassen wurde das Schutzziel für das Bauwerk gemäss der damals geltenden Norm SIA 261 (2003) durch die Einteilung in die Bauwerksklasse BWK II festgelegt. Die Bauwerksklasse BWK II nach SIA 261 (2003) erforderte einen Mindestfüllungsfaktor $\alpha_{\min} = 0,25$.

Bereits in der Wettbewerbsvorbereitung formulierte die Kantonale Denkmalpflege in einer vorläufigen Stellungnahme unter der Rubrik «Problempunkte» für den Umgang mit dem Baudenkmal Rahmenbedingungen, die denkmalpflegerischen Schutzziele gleichkommen. Sie sprach sich unter anderem gegen eine Nutzung des Dachraums für Schulzwecke und gegen Einbauten im Bereich der Korridorausweitungen aus. Der nachträglich eingebaute Lift wurde zwischenzeitlich als Beeinträchtigung deklariert und die Ausarbeitung einer diskreteren, transparenteren Aufzugslösung als Begehren aufgeführt. Als besonders schützenswerte Elemente bezeichnete die Kantonale Denkmalpflege die originalen Doppelverglasungsfenster.

Für die Ausarbeitung des Bauprojekts definierten die Architekten zusammen mit der Kantonalen Denkmalpflege für das Gebäudeinnere zwei unterschiedlich sensible «Denkmalschutz-Zonen»: Die «Zone 1» umfasste die weitgehend original erhaltenen Korridore, die Treppenhäuser und die Aula. Für diese wurde eine grösstmögliche Zurückhaltung und Schonung verlangt. Der «Zone 2» wurden die in den 1970er-Jahren renovierten Klassen-

Abb. A1.3: Aula, Aufnahme: 2014



zimmer und die Nebenräume zugeordnet. Diesem Bereich wurde ein grösserer Spielraum für bauliche Massnahmen zugesprochen.

Seitens Bauingenieur wurden die Stahlbetondecken wegen ihrer vergleichsweise dünnen Ausbildung als konstruktionshistorisch wertvoll deklariert.

A1.4 Ist-Zustand der Erdbebensicherheit

Das Tragwerk bestand aus Stahlbetondecken, wobei diese im Bereich der Schulzimmer als Rippendecke und im Korridorbereich als Decke mit Unterzügen ausgebildet waren.

Die in Querrichtung angeordneten Trennwände zwischen den einzelnen Schulzimmern bestanden aus Stampfbeton, die restlichen Wände – inklusive der teilweise aus Stahlbeton erstellten Fassadenwand auf der Westseite – aus Backsteinmauerwerk. Diese Mauerwerkswände waren bis zu 60 cm dick. Der Haupttrakt wies eine regelmässige Anordnung der Wandscheiben auf.

Der Standort des Quaderschulhauses liegt gemäss der Norm SIA 261 (2003) in der Erdbebenzone Z2 und in der Baugrundklasse C (dichter bis mitteldichter Boden). Die Erdbebeneinwirkung wurde anhand des massgebenden *elastischen Antwortspektrums* (*Verhaltensbeiwert* $q=1,5$ für nicht-duktilen Mauerwerk gemäss der Norm SIA 266, 2003) und Bauwerksklasse BWK II gemäss der Norm SIA 261 (2003) ermittelt.

A1.5 Schwachstellen bezüglich des Erdbebenverhaltens

Die Überprüfung der Erdbebensicherheit zeigte für die ursprünglichen Klassentrennwände aus Stampfbeton eine zu niedrige Festigkeit auf. Die generelle rechnerische Überprüfung ergab einen globalen Erfüllungsfaktor von $\alpha_{\text{eff}} \sim 0,2$, der vor allem aus dem geringen Tragwiderstand dieser Querwände resultierte. Die lokalen Erfüllungsfaktoren bei der Überprüfung der Wandscheiben aus Mauerwerk in Längsrichtung lagen in einem Bereich von $\alpha_{\text{eff}} = 0,7 \div 0,9$.

Abb. A1.4: Ansicht der bestehenden Geschossdecken (links) in den Schulzimmern und (rechts) im Korridor, Aufnahme zwischen 2012 bis 2014 während Realisierungsphase



A1.6 Entwicklung und Evaluierung von Lösungsansätzen

Das Spektrum der Lösungsansätze reichte von einem Ersatzneubau, über das Auskernern des Gebäudes mit neuem Tragwerk beziehungsweise vollständigem Deckenersatz im ganzen Gebäude bis hin zur Erstellung neuer Wandscheiben zur Abtragung der Erdbebenkräfte. Die Weiterverfolgung der Ansätze Ersatzneubau und Gebäudeauskernung wurde von Beginn weg ausgeschlossen, da diese in grundsätzlichem Widerspruch zum baukulturellen Wert und zur denkmalpflegerischen Schutzwürdigkeit der Anlage stehen. Als Lösungsansatz wurde schliesslich die Erstellung neuer Wandscheiben weitererfolgt. Der Bauingenieur und der Architekt vertieften diesen Lösungsansatz und entwickelten daraus drei Konzeptvarianten.

Konzept 1 «Neue Wände vorne»

Konzept 1 (blaue Wände in Abb. A1.5) sah im Schulzimmerbereich anstelle der ursprünglichen Stampfbetonquerwände zwei neue Wände aus Ortbeton vor. Konzept 1 erforderte minimale Eingriffe in das bestehende Tragwerk, durch die geringe Zahl der neuen Querwände im Schulzimmerbereich wurden jedoch die Geschossdecken, die für die Kraftverteilung benötigt werden, entsprechend stark beansprucht. In der Folge wurden im Kräfteinleitungsbereich Wandscheibe – Geschossdecke lokale Verstärkungsmassnahmen der Geschossdecken erforderlich.

Die Realisierung der Erdbebensicherheitsmassnahmen nach Konzept 1 hätte einen Erfüllungsfaktor von $\alpha_{\text{int}} = 0,5 \div 0,6$ erzielt.

Konzept 2 «Neue Wände hinten»

Konzept 2 (pinke Wände in Abb. A1.6) operierte mit einer neuen Querwand im Schulzimmerbereich und zwei neuen Querwänden im Korridorbereich in Ortbeton. Im Schulzimmerbereich war die Querwand ein Ersatz für die ursprüngliche Stampfbetonwand. Die neue Querwand im Schulzimmerbereich wurde im Vergleich zu denjenigen im Korridorbereich stärker beansprucht, so dass auch hier im Kräfteinleitungsbereich Wandscheibe – Geschossdecke lokale Verstärkungsmassnahmen der Geschossdecken erforderlich wurden.

Die Realisierung der Erdbebensicherheitsmassnahmen nach Konzept 2 hätte einen Erfüllungsfaktor von $\alpha_{\text{int}} = 0,3 \div 0,4$ erzielt.

Aufgrund der kürzeren Wandlänge der neuen Querwände (verglichen mit der Summe der Wandlängen des Konzepts 1) resultierte bei Konzept 2 ein kleinerer Erfüllungsfaktor als bei Konzept 1.

Abb. A1.5: Konzept 1 (blau) im Erdgeschossgrundriss

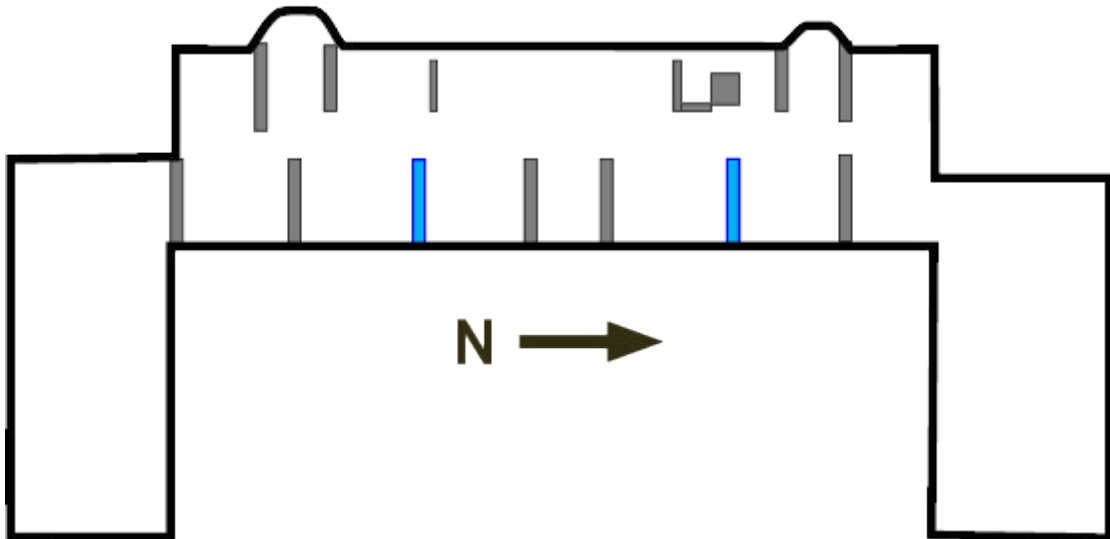
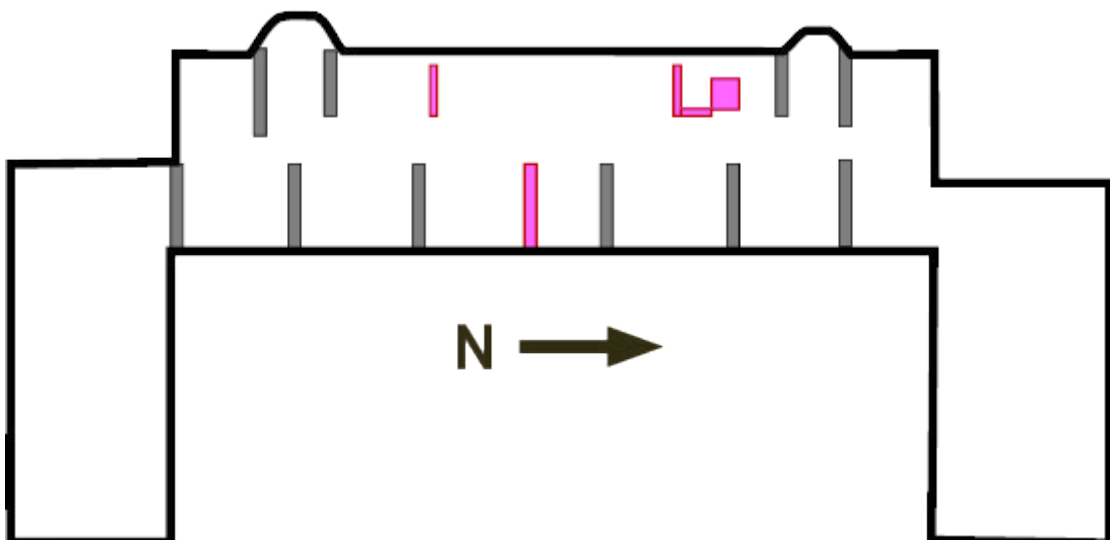


Abb. A1.6: Konzept 2 (pink) im Erdgeschossgrundriss



Konzept 3 «Kombination aus Konzept 1 und 2»

Konzept 3 (grüne Wände in Abb.A1.7) sah im Schulzimmerbereich insgesamt drei neue Querwände und im Korridorbereich zwei neue Querwände in Ortbeton vor. Im Schulzimmerbereich ersetzten die Querwände die ursprünglichen Stampfbetonwände. Im Vergleich zu den Konzepten 1 und 2 resultierte aufgrund der regelmässigen Verteilung der Querwände eine gleichmässige Beanspruchung der Geschossdecken. Die Beanspruchung der relativ filigranen Stahlbetondecken, die im Erdbebenfall als horizontale Scheiben die einzelnen Tragelemente des Gebäudes zusammenhalten, konnte durch die im Grundriss symmetrisch verteilte Anordnung der neuen Wände in Grenzen gehalten werden.

Die Realisierung der Erdbebensicherheitsmassnahmen nach Konzept 3 hätte einen Erfüllungsfaktor von $\alpha_{int} = 0,60 \div 0,70$ erzielt.

A1.7 Massnahmenkonzept unter Berücksichtigung der Verhältnismässigkeit

Die bauingenieurfachliche Verhältnismässigkeit der Massnahmen wurde für alle drei Konzepte anhand des bis Ende 2017 gültigen Merkblatts SIA 2018 beurteilt. Als neue Nutzungsdauer (oder «Restnutzungsdauer» gemäss den Normen SIA 269 und SIA 269/8) des Gebäudes wurden 50 Jahre angenommen, die Personenbelegung wurde

mit ca. PB=50 abgeschätzt. Gemäss damals geltendem Merkblatt SIA 2018 lagen die zumutbaren Investitionskosten, um den Mindest Erfüllungsfaktor von $\alpha_{min} = 0,25$ zu erreichen bei rund 1 Mio SFr. Mit Konzept 3 konnte das Erdbebenrisiko reduziert und eine Erdbebensicherheit von 60 bis 70 Prozent erreicht werden. Die reinen Baukosten für das Konzept 3, das heisst das Erstellen neuer Wandscheiben inklusive Fundation und Deckenanschlüsse sowie temporäre Spriessungen, Abbrucharbeiten und Entsorgung, beliefen sich auf rund 700 000 SFr.

Hinsichtlich der denkmalpflegerischen Verhältnismässigkeit wurde der sich primär in den weitgehend ursprünglich erhaltenen Korridoren und Treppenhäusern sowie in einem Teil der Tragstruktur im Bereich der Klassenzimmer manifestierende kulturelle Wert des Gebäudes berücksichtigt: Das Konzept 3 bewirkte aufgrund des Ersatzes der ursprünglichen Klassentrennwände aus Stampfbeton durch Stahlbetonwände nur eine partielle Schmälerung des kulturellen Werts. Eine lokale Verstärkung der bauzeitlichen Geschossdecken war nicht notwendig. Im Korridorbereich wurden Stahlbetonwände den zwei ursprünglichen Wänden vorbetoniert. Mit der Verstärkung der Korridorquerwände ergab sich die Möglichkeit, den Lift aus der Pausenhalle zu entfernen und in einem Nebenraum unterzubringen, was eine Aufwertung der grosszügigen und stattlichen Pausenhalle und

Abb. A1.7: Konzept 3 (grün) im Erdgeschossgrundriss

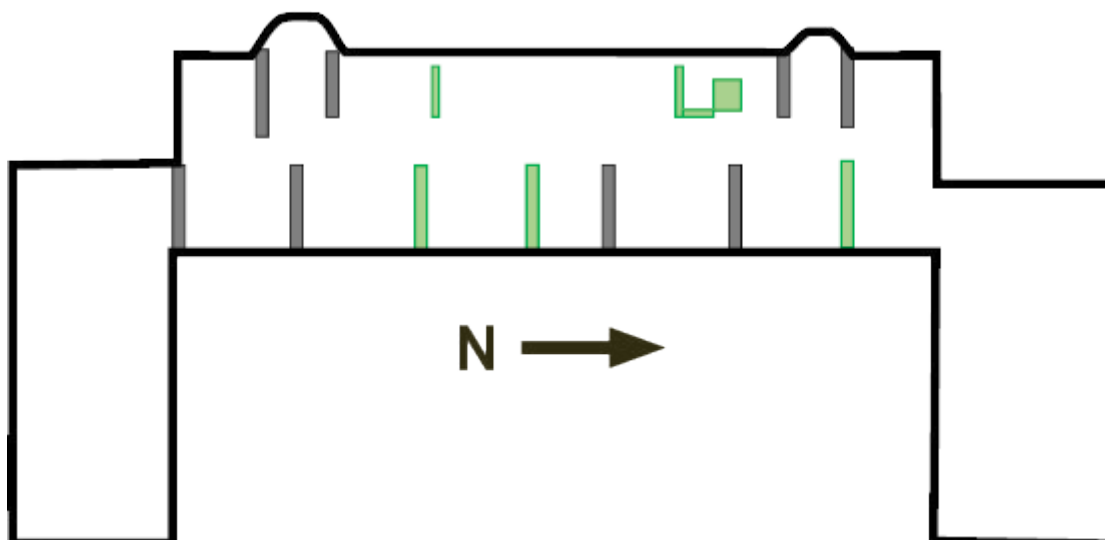


Abb. A1.8 (links) Aushub für die Erdbebenwände im Schulzimmerbereich und (rechts) Schulzimmer mit neuer Erdbebenwand, Aufnahme: 2012 bis 2014.



somit eine Wiederherstellung von kulturellem Wert zur Folge hatte.

A1.8 Massnahmenprojekt

Die Präsentation der Massnahmenkonzepte durch den beauftragten Bauingenieur erfolgte vor der Projektbaukommission. Es wurde dargelegt, dass alle drei Konzeptvorschläge in einer über den geforderten Mindest-erfüllungsfaktor von $\alpha_{\min} = 0,25$ hinausgehenden Verbesserung der Erdbebensicherheit resultierten, wobei das Konzept 3 mit 65 Prozent die grösste Erdbebensicherheit erreichte. Die Massnahmenempfehlung an die Bauherrschaft erfolgte, begründet durch die Massnahmeneffizienz und unter Berücksichtigung des kulturellen Werts, für Konzept 3. Die Bauherrschaft entschied sich für die Ausführung von Konzept 3 [51] [52] [53] [54].

Das ertüchtigte Gebäude wurde 2015 mit dem SEISMIC AWARD – Architektur- und Ingenieurpreis erdbebensicheres Bauen von der Stiftung für Baudynamik und Erdbebeningenieurwesen ausgezeichnet [55].

A1.9 Zusammenfassung

Die verantwortungsbewusste Eigentümer- und Bauherrschaft, die eine frühzeitige Zusammenarbeit aller Beteiligten sicherstellte, ist in diesem Projekt besonders hervorzuheben. Ein intensives Grundlagenstudium aller beteiligten Disziplinen und dadurch minimierte Bauwerksuntersuchungen führten zu hinreichenden Kenntnissen des Bestands. Im Rahmen des Mandats zur Überprüfung der Erdbebensicherheit an einen im Erdbebeningenieurwesen spezialisierten Bauingenieur wurden für einen Lösungsansatz verschiedene Massnahmenkonzepte studiert. Die Massnahmenkonzepte wurden in einem interdisziplinären Prozess zusammen mit der Denkmalpflege und dem Architekten vertieft und schliesslich der Bauherrschaft zum Entscheid präsentiert. Die neuen Wände verlaufen ohne Unterbrechung bis ins Fundament und sind im Grundriss regelmässig verteilt. Trotz eines gewissen Substanzverlusts profitierte das Baudenkmal von den Massnahmen zur Verbesserung der Erdbebensicherheit: Der Lift verschwand aus der Pausenhalle in den Nebenraumkern und die neuen Stahlbetonwände bewahren die ursprünglichen Proportionen der Klassenzimmer.

Kenndaten

Eigentümer	Stadt Chur
Architekt (Renovation 2012 bis 2014)	Schwander & Sutter Architekten, Chur
Bauingenieur	Bänziger Partner AG, Chur
Baujahr	1913 – 14
Denkmalstatus	Klassifiziertes Baudenkmal, unter Schutz
Gebäudenutzung	Oberschule
Personenbelegung PB	ca. 50
Bauwerksklasse	BWK II
<i>Erdbebenzone</i>	Z2
<i>Baugrundklasse</i>	C
Erfüllungsfaktor im Ist-Zustand	$\alpha \sim 0,2$
Erfüllungsfaktor nach Massnahmen zur Erhöhung der Erdbebensicherheit (Intervention)	$\alpha_{int} = 0,6$ bis $0,7$
Verbesserungsstrategie	Verstärken (Ersatz von bestehenden Tragelementen)
Realisierung der Erdbebensicherheitsmassnahmen	2009 – 2014

A2 Ancien Hôpital in Sitten (VS)

A2.1 Ausgangslage

2006 gab die Eigentümerin des Ancien Hôpital, die Stadt Sitten, eine Überprüfung der Erdbebensicherheit in Auftrag. Der Überprüfungsauftrag stand im Kontext einer Instandsetzung des Ancien Hôpital, deren Auslöser starke, von Wassereintritt herrührende Rissbildungen und Setzungen des Nordflügels des Gebäudes waren. Ferner wiesen die bestehenden Holzbalkendecken in gewissen Gebäudeteilen eine für die damals geplante Nutzung als Kindertagesstätte und Musikkonservatorium zu geringe Tragfähigkeit auf.

A2.2 Baugeschichte und Denkmalstatus

Beim Ancien Hôpital an der Rue de la Dixence handelt es sich um ein repräsentatives Bauwerk in der Stadt Sitten. Erste Hinweise auf dessen Existenz finden sich in einem Brief Papst Alexanders III. aus dem Jahr 1163. Damals gab es in Sitten drei Spitäler. Das Hôpital de St Jean,

aus dem das Ancien Hôpital hervorging, befand sich ausserhalb der Stadtmauern. 1569 übernahm die Bourgeoisie die Verwaltung des Spitals. Einen Eindruck über das Aussehen des Komplexes des Hôpital de St Jean vermitteln Veduten aus dem 16. und 17. Jahrhundert (Abb. A2.2, links) (Cosmographia, 1544, von Sebastian Münster und Topographia Helvetiae, Rhaetiae et Valesiae, 1642, Matthäus Merian). Unter der Leitung des Jesuiten Ignaz Schüler (1725 – 1782) wurde zwischen 1763 und 1781 in zwei Etappen unter Einbezug der bestehenden Gebäude eine neue, dreiflügelige Anlage erstellt. Eine um 1785 erstellte Federzeichnung zeigt die Dreiflügelanlage mit einem neuen, die beiden Seitenflügel verbindendem eingeschossigen Quertrakt (Abb. A2.2, rechts). In der zweiten Hälfte des 19. und im 20. Jahrhundert folgten weitere bauliche Veränderungen. Von 1880 bis 1890 wurde das Gebäude westseitig erweitert (Abb. A2.3, links). 1908 wurde das Gebäude unter dem Architekten Alphonse de Kalbermatten restauriert. 1937 wurde das zwischenzeitlich als Bezirkskrankenhaus betriebene Ancien Hôpital zum

Abb. A2.1: Ancien Hôpital in Sitten, Eigentümerin: Stadt Sitten VS, Foto o. D.



Regionalspital umgewandelt. Kurz darauf verliess das Regionalspital die Räumlichkeiten. Während des Zweiten Weltkriegs erfuhr die Anlage eine Nutzungsänderung, die weitere Modifikationen und Ergänzungen zur Folge hatte (Abb. A2.3, rechts). Ab 1946 beherbergte das Ancien Hôpital eine Kindertagesstätte, 1953 kam ein Musikonservatorium hinzu, was wiederum zu baulichen Anpassungen führte. Die letzte grosse Instandsetzung erfolgte 1984 und umfasste die Instandsetzung der Fassaden und des Dachs.

Im Kanton Wallis regelt das kantonale Gesetz über den Natur- und Heimatschutz vom 13.11.1998 (kNHG 451.1, in Kraft getreten am 1.10.2000) die Organisation, Kompetenzen und Aufgaben der Denkmalpflege. Es definiert ferner die Art der Schutzobjekte sowie die entsprechenden Instrumente. Mit der am 1.1.2012 in Kraft getretenen Änderung des kantonalen Gesetzes über den Natur- und Heimatschutz wurden substantielle Ergänzungen bezüglich der Inventarisierung und Klassierung von Schutzobjekten erforderlich. Bei Objekten, deren Schutz nicht geregelt ist, können im Baubewilligungsverfahren entsprechende Bedingungen und Auflagen von den zuständigen Behörden formuliert werden. Der Kanton Wallis orientiert sich bis zum Vorliegen von Denkmalinventaren am Kulturgüterschutzinventar des Bundes (KGS-Inventar), das Objekte von nationaler Bedeutung (A-Objekte) und Objekte von regionaler Bedeutung (B-Objekte) klassifiziert hat.

Das Ancien Hôpital ist im Kulturgüterschutzinventar als Objekt regionaler Bedeutung (B-Objekt) aufgelistet (provisorische B-Liste Kanton Wallis, Stand 1.1.2018). Im Bundesinventar der schützenswerten Ortsbilder der Schweiz von nationaler Bedeutung ISOS (Aufnahme von 03.1997) ist das Ancien Hôpital als Einzelelement ausgezeichnet (E 0.0.44 innerhalb der Umgebungszone U-Zo XV «Espanade largement arborée, occupée par des bâtiments publics»).

Im Rahmen der umfassenden Instandsetzungsarbeiten von 1984 wurden finanzielle Mittel des Bundes gesprochen, was 1987 zu einer Unterschutzstellung des gesamten Gebäudes mit entsprechendem Grundbucheintrag (Dienstbarkeit) führte. Dieser sogenannte Bundesschutz verpflichtet den Eigentümer, das Objekt in einem dem Beitragszweck entsprechenden Zustand zu erhalten und bei baulichen Änderungen vorgängig die Zustimmung des Bundesamts für Kultur einzuholen.

A2.3 Schutzzielbestimmung

Zum Beurteilungszeitpunkt 2006 bestand die Nutzung in einer Kindertagesstätte und einem Musikonservatorium. Basierend auf dieser Nutzung wurde das Schutzziel für die Erdbebensicherheit zunächst gemäss der damals geltenden Norm SIA 261 (2003) durch die Einteilung in Bauwerksklasse BWK II festgelegt. Heute ist das Ancien Hôpital teilgenutzt und beherbergt verschiedene Startup-Unternehmen. Aufgrund der wesentlich geringeren Per-

Abb. A2.2: Kupferstich aus dem 17. Jh. (links) mit farblicher Markierung der Bauphasen seit dem Hochmittelalter [blau: erste Bauphase vermutlich im 12. Jh., grün: erste Erweiterung o. D., rot: zweite Erweiterung o. D.], (Mitte) zugehöriger Grundriss und (rechts) umfangreiche Erweiterung der Anlage im 16. Jh.

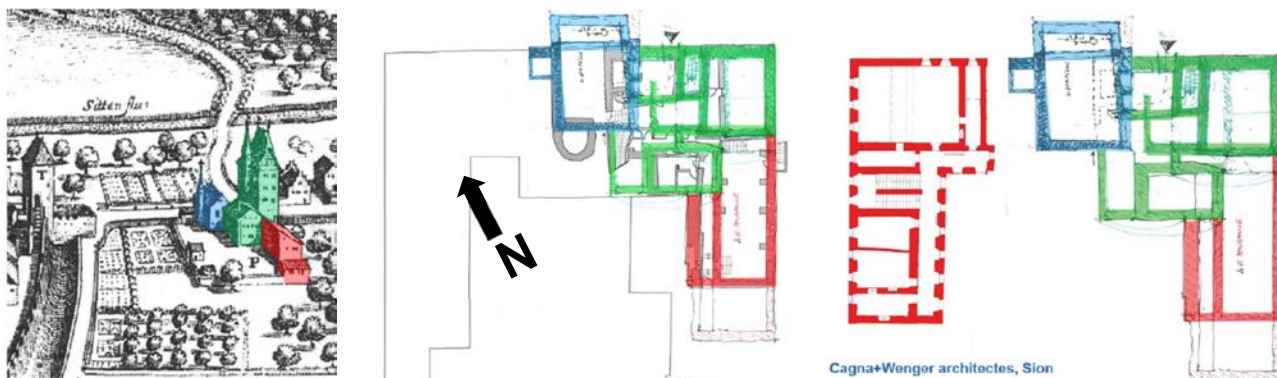
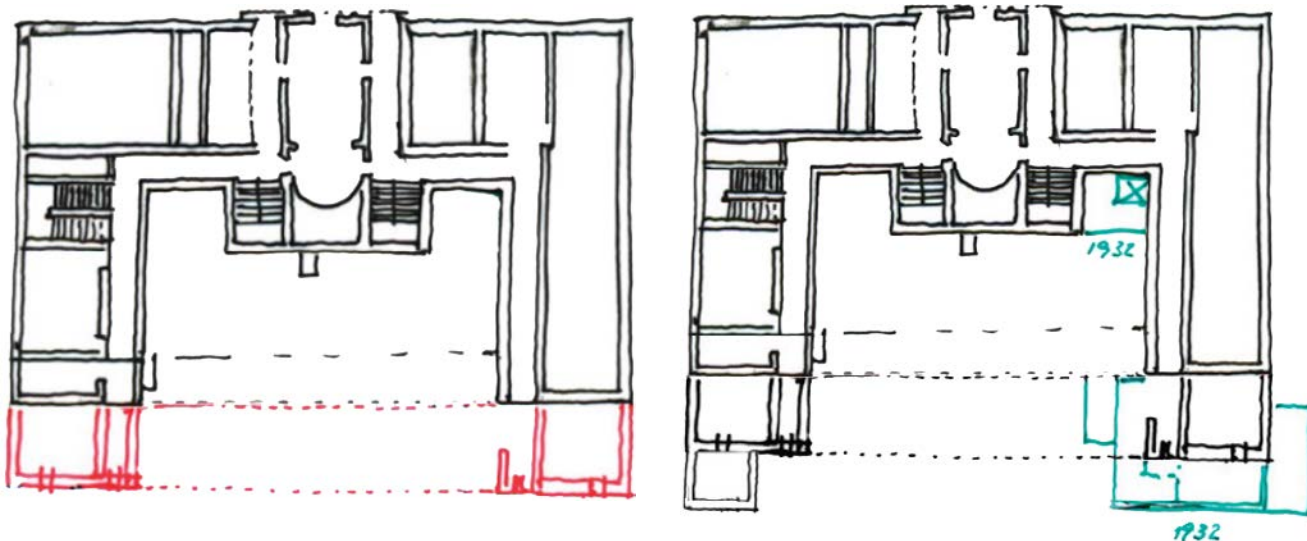


Abb. A2.3: Erweiterung des Grundrisses im 18. Jh. (links) sowie Erweiterung und Renovierung um 1900 und (rechts) Nutzungsänderung während des Zweiten Weltkriegs.



sonenbelegung ($PB < 50$) und der gewöhnlichen Nutzung als Bürogebäude konnte das Ancien Hôpital in Bauwerkklasse BWK I abgestuft werden.

Kulturhistorische Darstellungen und denkmalpflegerische Beurteilungen unterstreichen den hohen kultur- und architekturhistorischen Wert sowie die städtebauliche Bedeutung des Ancien Hôpital. Um den Zeugniswert des Ancien Hôpital und dessen Authentizität bewahren zu können, ist der Erhalt originaler, denkmalpflegerisch relevanter Bausubstanz zwingend. Hoher denkmalpflegerischer Wert wurde namentlich dem Tragwerk mit dem Dachstuhl, der inneren Tragstruktur (Holzbalkendecken) sowie den erhaltenen historischen Oberflächen (Vertäfelung, Steinplattenboden usw.) zugesprochen.

A2.4 Ist-Zustand der Erdbebensicherheit

Das Ancien Hôpital ist ein dreigeschossiger, mit einem Mansardwalmdach überdeckter verputzter Mauerwerksbau. Der strassenseitige Gebäudeteil weist in der Mitte einen als Turm ausgebildeten Risalit auf, in dessen Innerem sich eine Kapelle befindet. Das Gebäude besitzt einen U-förmigen Grundriss. Quer- und Nordostteil des Gebäudes sind teilweise unterkellert. In diesem Bereich findet sich die älteste Bausubstanz. Zwei Treppenaufgänge flankieren hofseitig die Kapelle, ein drittes Treppenhaus befindet sich im Westflügel. Die Korridore verlaufen entlang der Hoffassade und führen zu den Räumen, die

entlang der strassenseitigen Fassade angeordnet sind. Der Dachstuhl des Mansardwalmdachs besteht aus Holz. Das Dach ist mit Schieferplatten eingedeckt. Die vertikalen Tragwerksteile des Gebäudes bestehen aus Natursteinmauerwerkswänden, die horizontalen Tragwerksteile aus Holzbalkendecken.

Der Standort des Ancien Hôpital liegt gemäss Norm SIA 261 (2003) in Erdbebenzone Z3b. Das Gebäude ist teils auf Baugrund der Klasse C (dichter bis mitteldichter Boden), teils auf Baugrund der Klasse D (weicher bis mitteldichter Boden) gemäss der zum Zeitpunkt der Untersuchung geltenden Norm SIA 261 (2003) fundiert. Für die Stadt Sitten wurde eine bodendynamische Untersuchung (seismische Mikrozonierung) durchgeführt. Der Standort des Ancien Hôpital liegt auf der Grenzlinie zweier lokaler Gefährdungszonen. Die beiden massgebenden lokalen Antwortspektren sind annähernd deckungsgleich mit den elastischen Antwortspektren für die Baugrundklassen BGK C und BGK D gemäss Norm SIA 261. Es wurde eine detaillierte standortspezifische Untersuchung durchgeführt und ein spezifisches Antwortspektrum für das Ancien Hôpital festgelegt. Die Erdbebeneinwirkung wurde entsprechend der damaligen Nutzung als Kindertagesstätte und Musikonservatorium mit Bauwerkklasse BWK II gemäss der Norm SIA 261 (2003) ermittelt. Die Bauwerkklasse BWK II erfordert einen Mindestfüllungsfaktor von $\alpha_{\min} = 0,25$.

A2.5 Schwachstellen bezüglich des Erdbebenverhaltens

Planungsphase 1

Aus schallschutztechnischen Gründen wurde für die Konservatoriumsnutzung als Grundmassnahme des Instandsetzungsprojekts ein vollständiger Ersatz der Holzbalkendecken durch Stahlbetondecken vorgegeben. Der beauftragte Bauingenieur untersuchte das Erdbebenverhalten des Bauwerks nicht im Ist-Zustand, sondern unter Einbezug der geplanten neuen, erheblich schwereren Stahlbetondecken anstelle der bestehenden leichten Holzbalkendecken. Die unter diesen Randbedingungen erfolgte Überprüfung resultierte in einem Erfüllungsfaktor von $\alpha_{\text{eff}} < 0,25$.

Schwachstellen wurden bei einzelnen Mauerwerkswänden erkannt, bei denen die Kraftableitung der Erdbebeneinwirkungen durch die geplanten neuen Stahlbetondecken nicht mehr gewährleistet war. Eine weitere seismische Schwachstelle manifestierte sich in einem Bereich, bei dem die Denkmalpflege am Erhalt der ursprünglichen Holzbalkendecke festhielt. Der Glockenturm der Kapelle wurde nicht näher untersucht.

Dieses erste Sanierungsprojekt erforderte eine Gesamtinvestitionssumme von 24 Mio. SFr. In dieser Kalkulation wurden die Kosten für die baulichen Massnahmen aufgrund statischer Aspekte und für die Verbesserung der Erdbebensicherheit nicht gesondert ausgewiesen. Aufgrund der hohen prognostizierten Kosten wurde das Projekt 2009 vom Sittener Stadtrat abgelehnt.

Nach dieser Entscheidung konnten für die Kindertagesstätte und das Musikkonservatorium neue, geeignetere Räumlichkeiten gefunden werden, was 2009 zu einer vollständigen Räumung des Ancien Hôpital führte. Der Umfang der Instandsetzung und die weitere Nutzung waren zu diesem Zeitpunkt unklar. Der Zustand des leerstehenden Gebäudes verschlechterte sich rasch.

Planungsphase 2

Die kostenintensiven Erdbebenmassnahmen veranlassten die Eigentümerin, einen weiteren, im Erdbebeningenieurwesen ausgewiesenen Experten mit einer zweiten Überprüfung der Erdbebensicherheit zu beauftragen.

Dieser untersuchte das Bauwerk im Ist-Zustand (Holzbalkendecken und Mauerwerkswände). Die Erdbebeneinwirkung wurde erneut entsprechend der früheren Nutzung als Kindertagesstätte und Musikkonservatorium mit Bauwerksklasse BWK II gemäss der Norm SIA 261 (2003) ermittelt. Der Fokus wurde auf die Tragfähigkeit der Mauerwerkswände gelegt, wobei sowohl der Tragwiderstand in der Wandebene als auch quer zur Wandebene (Versagen des Typs «out-of-plane») untersucht wurde. Approximative Berechnungen ergaben für den Tragwiderstand in der Ebene einen Erfüllungsfaktor bei der Überprüfung von $\alpha_{\text{eff}} \sim 0,8$. Der Tragwiderstand quer zur Ebene war niedriger und ergab in den oberen Geschossen einen Erfüllungsfaktor bei der Überprüfung von $\alpha_{\text{eff}} \sim 0,4$. Der Glockenturm der Kapelle wurde wiederum nicht näher untersucht.

Nach dieser zweiten Planungsphase lag die Gesamtinvestitionssumme des Projekts bei 15 Mio. SFr. Dieses Investitionsvolumen wurde seitens Eigentümerin als akzeptabel beurteilt. Die Nutzungsdiskussion erfolgte erst im Anschluss an die zweite Planungsphase. Es wurden drei verschiedene Nutzungen und ihr Einfluss auf die Anforderungen an die Erdbebensicherheit überprüft: Kindergarten und Musikkonservatorium, kommunale Verwaltung oder Büronutzung durch Dritte.

A2.6 Massnahmenprojekt

Um dem drohenden fortschreitenden Verfall des ungenutzten Gebäudes entgegenzuwirken, entschied die Stadt Sitten 2012, das Ancien Hôpital für rund 1,2 Mio. SFr. einer sanften, partiellen Renovation für eine Zwischennutzung zu unterziehen. Die Zwischennutzung mit sehr geringer Belegung wurde auf einen Gebäudeflügel reduziert, so dass das Gebäude in die Bauwerksklasse BWK I deklassiert werden konnte. Dies hatte zur Folge, dass auf bauliche Erdbebensicherheitsmassnahmen am Tragwerk verzichtet werden konnte, weil der Erfüllungsfaktor bei der Überprüfung über dem Mindest Erfüllungsfaktor von $\alpha_{\text{min}} = 0,25$ lag und sich weitergehende Massnahmen als unverhältnismässig erwiesen. Bereits 2013 zogen Start-up-Unternehmen und KMU in den Gebäudeteil ein.

Die Kenntnis über ein mögliches Versagen der Wände quer zu ihrer Ebene veranlasste die Eigentümerin trotzdem zur Realisierung lokaler Erdbebensicherheitsmass-

nahmen im zweiten Obergeschoss des Gebäudes. Um die Aussenwände vor einem Herausfallen im Erdbebenfall zu sichern, wurden Zugstangen zur Rückverankerung der Mauerwerkswände angebracht (Abb. A2.4).

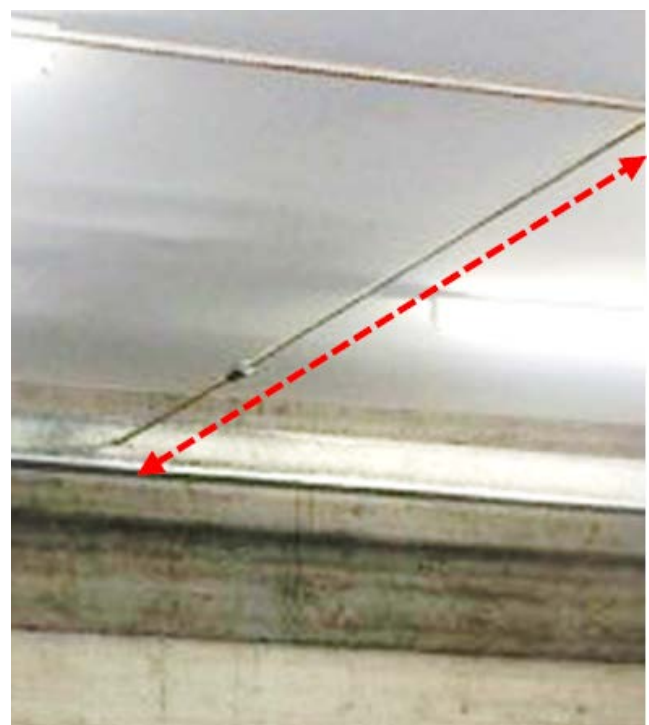
A2.7 Detaillierte Überprüfung der Erdbebensicherheit

Im Auftrag der Koordinationsstelle für Erdbebenvorsorge des Bundesamts für Umwelt (BAFU) und dem Fachbereich Kulturgüterschutz des Bundesamts für Bevölkerungsschutz (BABS) wurde im Rahmen der Erarbeitung der vorliegenden Wegleitung eine detaillierte Überprüfung der Erdbebensicherheit an einen im Erdbebeningenieurwesen ausgewiesenen Experten in Auftrag gegeben [56].

Das Bauwerk wurde in seinem Ist-Zustand mit den Holzbalkendecken und Mauerwerkswänden anhand einer komplexeren, nichtlinearen Berechnung vertieft untersucht. Für das Tragwerk des Gebäudes konnte mit einem Erfüllungsfaktor bei der Überprüfung $\alpha_{\text{eff}} > 1,0$ ermittelt werden, dass die Erdbebensicherheit den normativen Anforderungen bei weitem genügt. In Bezug auf den Personenschutz wären folglich keine Erdbebensicherheitsmassnahmen erforderlich.

Einzig die Erdbebensicherheit des Glockenturms der Kapelle konnte wegen fehlender Kenntnisse zum Turmaufbau nicht abschliessend geklärt werden. Sie wird aktuell als ungenügend eingeschätzt. Mit dem Kenntnisstand entsprechenden Annahmen zum Tragwerk des Glockenturms ergab sich, unter Einstufung in BWK I, ein Erfüllungsfaktor bei der Überprüfung von $\alpha_{\text{eff}} < 1,0$. Um Lösungsansätze für den Glockenturm zu entwickeln, sind vertiefte Bauwerksuntersuchungen empfohlen, weil zum heutigen Zeitpunkt die Funktion der vertikal im Turm verlaufenden Zugglieder nicht nachvollzogen werden kann. Da sich der Glockenturm über dem Eingang des Gebäudes befindet, könnte ein Kollaps des Turms eine erhebliche Personengefährdung darstellen. Dieses Gefährdungsbild gilt nicht nur für Personen, die das Gebäude nach einem Ereignis verlassen, sondern auch für Personen, die sich zum Zeitpunkt des Ereignisses auf der Strasse vor dem Gebäude befinden. Ein Entscheid des Eigentümers zu Erdbebensicherheitsmassnahmen an der Kapelle ist ausstehend [57] [58] [59] [60] [61].

Abb. A2.4 Zugstangen im zweiten Obergeschoss



A2.8 Zusammenfassung

Die Überprüfung der Erdbebensicherheit einer Bestandsbaute ist im Kanton VS im Baugesetz bei Instandsetzungs- oder Veränderungsvorhabens vorgeschrieben und muss im Baubewilligungsverfahren eingereicht werden. Die Stadt Sitten als öffentliche Bauherrschaft beauftragte die Überprüfung der Erdbebensicherheit sehr früh im Projekt. Die generelle Überprüfung der Erdbebensicherheit führte zu mangelhaften Resultaten und dementsprechend zu einer invasiven und kostspieligen Massnahmenempfehlung, bestehend aus einem vollständigen Ersatz der bestehenden Decken und dem Einbau zusätzlicher neuer Wände. Eine detaillierte Überprüfung durch einen ausgewiesenen Erdbebenexperten resultierte in einer vollum-

fänglichen Erdbebensicherheit (Erfüllungsfaktor bei der Überprüfung $\alpha_{\text{eff}} > 1,0$), was den Verzicht von Erdbebensicherheitsmassnahmen zur Folge hatte. Als potentiell mangelhaft wurde lediglich der Glockenturm der Kapelle beurteilt, der weiteren Überprüfungen unterzogen werden muss. Eine frühzeitige Zusammenarbeit aller Beteiligten in diesem Projekt fand nicht statt, weswegen das ursprüngliche Massnahmenkonzept nicht in einem interdisziplinären Prozess erarbeitet werden konnte. Positiv hervorzuheben ist, dass in einer zweiten Phase eine ausführliche Zustandserfassung aller Disziplinen durchgeführt und dadurch hinreichende Kenntnisse des Bestands erlangt wurden.

Kenndaten

Eigentümer	Stadt Sitten
Architekt (Renovation 2012 – 2013)	Cagna+Wenger Architectes SA, Sitten
Experte (im Auftrag des BAFU)	Dr. Pierino Lestuzzi, ETH Lausanne (EPFL)
Baujahr	Grossteils 18. Jh. (1763 – 81); mit älteren, mittelalterlichen (?) Bestandteilen und jüngeren Ergänzungen (19. und 20. Jh.)
Denkmalstatus	Klassifiziertes Baudenkmal, unter Schutz
Gebäudenutzung	Ursprünglich: Kindertagesstätte/Konservatorium; Heute: Büronutzung
Personenbelegung PB	<50
Bauwerksklasse	BWK I
Erdbebenzone	Z3b
Baugrundklasse	bodendynamische Untersuchung (seismische Mikrozonierung)
Erfüllungsfaktor bei der Überprüfung (Ist-Zustand)	$\alpha_{\text{eff}} > 1,0$ (ohne Glockenturm)
Erfüllungsfaktor nach Massnahmen zur Erhöhung der Erdbebensicherheit (Intervention)	$\alpha_{\text{int}} > 1,0$ (ohne Glockenturm)
Verbesserungsstrategie	Halterung/Befestigung der Fassaden
Realisierung der Erdbebensicherheitsmassnahmen	2012/13

A3 Markgräflerhof in Basel (BS)

A3.1 Ausgangslage

Im Rahmen der mittelfristigen Planung wurde 2011 der «Masterplan Campus Gesundheit» für das Quartier des Universitätsspitals durch das kantonale Bau- und Verkehrsdepartement von Basel-Stadt erarbeitet. Darin wurde für die geschützten Baudenkmäler Klinikum 1, Markgräflerhof, Holsteinerhof und Predigerkirche besondere Rücksichtnahme postuliert. Da für den Markgräflerhof eine Instandsetzung der Gebäudehülle (Dächer und Fassaden) vorgesehen war, beauftragte das kantonale Hochbauamt 2011 eine Beurteilung der Erdbebensicherheit.

A3.2 Baugeschichte und Denkmalstatus

Der Markgräflerhof gilt als das älteste Barockpalais der Schweiz. Er wurde von 1698 bis 1705 an Stelle eines Vorgängerbaus errichtet. Für die damalige Zeit ist das

Bauwerk aussergewöhnlich: «Für die Basler Zeitgenossen bedeutete der 1705 vollendete Markgräflerhof an der Hebelstrasse eine Sensation: Im kleinteilig strukturierten Stadtgefüge war nicht nur ein dreigeschossiger Bau entstanden, der mit 60m Länge und 24m Firsthöhe in die Grössendimensionen der Basler Pfarrkirchen vorsties, sondern auch weitgehend fremde Architekturformen in eine vollkommen der spätgotischen Tradition verpflichtete Umgebung hineinpflanzte. Ein Raumschiff aus Paris war gelandet. Modernste französische Vorbilder wurden umgesetzt, als Markgraf Friedrich VII. Magnus von Baden-Durlach in kriegerischen Zeiten eine Exilresidenz für seinen Hof errichten liess. Der Umnutzung zu Spitalzwecken ab 1838 mögen wir zwar die Erhaltung des Bauwerks verdanken, die fürstliche Pracht der Innenräume ging damit allerdings verloren...» [62]. Der Stadtpalast wurde nach dem französischen Vorbild des modernen «hôtel entre cour et jardin» geplant, wie es Charles Augustin D'Aviler in seinen Werken publiziert hat.

Abb. A3.1: Markgräflerhof in Basel, Westfassade, Eigentümer: Universitätsspital Basel-Stadt (USB), Foto o. D.



Zwischen 1736 und 1739 wurde der Markgräflerhof auf beiden Seiten ergänzt (Archiv- und Prinzenbau). 1808 kaufte die Stadt Basel im Zusammenhang mit dem Neubau des Bürgerspitals das Palais. Von 1838 bis 1842 erfolgten weitere Anpassungen. Für die neue Nutzung als Pfründneranstalt wurde das Haupttreppenhaus aufgehoben. Zu diesem Zeitpunkt wurde dem Palais gegen Süden ein Trakt hinzugefügt. Zusätzliche Erweiterungen erfolgten 1882 bis 1885 sowie 1902/1903. Seit 2004 dient es dem Universitätsspital als Bürogebäude.

1960 fand eine umfassende Instandsetzung statt. Vor der geplanten Instandsetzung 2011 hatte das Gebäude alterungsbedingt starke Dachdeformationen und wiederholte Wassereintritte erfahren, die Fassade war in einem schlechten Zustand. Das Dach war gar nicht, respektive teilweise nur minimal gedämmt, was das Raumklima in den Büroräumen sehr stark beeinträchtigte.

Seit 1960 steht das Ensemble unter Bundesschutz. Der Markgräflerhof ist im kantonalen Denkmalverzeichnis gemäss Art. 14 des Gesetzes über den Denkmalschutz vom 20. März 1980 (Stand 26. Januar 2014) vermerkt. Auf Bundesebene ist der Markgräflerhof im Bundesinventar der schützenswerten Ortsbilder der Schweiz von nationaler Bedeutung ISOS (Publikationsjahr 2012) als Einzelelement E 8.0.4 gekennzeichnet und mit der höchsten Bewertung, Erhaltungsziel A (integrales Erhalten der Substanz), versehen. Gemäss dem Kulturgüterschutzinventar des Bundes (KGS-Inventar) ist der Markgräflerhof ein Baudenkmal von regionaler Bedeutung (B-Objekt).

A3.3 Schutzzielbestimmung

Im Erdgeschoss des Gebäudes befindet sich unter anderem der Blutspendedienst des Schweizerischen Roten Kreuzes. Die Eingangshalle des Markgräflerhofs dient als Verpflegungsstätte für die Blutspenderinnen und -spender, die ehemalige Kapelle mit den bemerkenswerten Stuckaturen als Saal für die Blutentnahmen. Basierend auf der Spitalnutzung als Blutspendezentrum, wurde das Schutzziel für das Bauwerk gemäss der damals geltenden Norm SIA 261 (2003) durch die Einteilung in die Bauwerksklasse II festgelegt. Die Bauwerksklasse BWK II erfordert einen Mindesterfüllungsfaktor von $\alpha_{\min} = 0,25$.

Der Markgräflerhof ist ein Baudenkmal von herausragender Bedeutung. Der integrale Erhalt des äusseren Erscheinungsbildes sowie die grösstmögliche Schonung der bauzeitlichen Substanz wurden als übergeordnete Schutzziele definiert. Darauf aufbauend wurde im Grundsatz für die anstehenden Instandsetzungsmassnahmen von Dach und Fassaden ein konservatorisch-restauratorischer Ansatz gewählt, der Reparaturen, Ergänzungen und Festigungen sowie punktuelle Nachrüstungen (Natursteinarbeiten, Putz, Fenster, Dachhaut, Spenglerwerk, Zimmermannskonstruktion) umfasste.

A3.4 Ist-Zustand der Erdbebensicherheit

Beim Markgräflerhof handelt es sich um einen Natursteinmauerwerksbau aus Vogesensandstein. Die Geschossdecken bestehen aus Holzbalkenlagen. Das mehrstöckige Bauwerk setzt sich aus einem Untergeschoss, einem Erdgeschoss, zwei Obergeschossen und einem Mansardwalmdach mit Holzdachstuhl zusammen. Die seitlichen Erweiterungsbauten bestehen aus Natur- und Backsteinmauerwerk.

Der Standort des Markgräflerhofs liegt gemäss Norm SIA 261 (2003) in der Erdbebenzone Z3a. Für den Kanton Basel-Stadt wurde eine bodendynamische Untersuchung (seismische Mikrozonierung) durchgeführt. An diesem Standort gilt gemäss dieser Erhebung die Erdbebenmikrozone «Basel Nord Pleistozän».

A3.5 Schwachstellen bezüglich des Erdbebenverhaltens

Planungsphase 1

Eine generelle bauingenieurfachliche Zustandserfassung wurde durchgeführt, bestehend aus der Beschaffung von Plangrundlagen und der Entnahme von Bohrkernen in diversen Gebäudebereichen für die Ermittlung der mechanischen Baustoffeigenschaften des Natursteins. Das beauftragte Ingenieurbüro führte zunächst eine generelle Überprüfung anhand einer statischen, nichtlinearen Analyse des Gebäudes anhand eines dreidimensionalen Tragwerksmodell des Markgräflerhofs mit einem Berechnungsprogramm durch. Diese erste Analyse resultierte in einem Wert des Erfüllungsfaktors bei der Überprüfung von $\alpha_{\text{eff}} < 0,25$, mit dem die Mindestanforderungen an die Personensicherheit nicht gegeben waren. Der auf dieser Analyse beruhende Vorschlag zur Verbesserung

der Erdbebensicherheit umfasste folglich erhebliche und aufwändige Eingriffe: Verstärkung ausgewählter Wände des Unter- und Erdgeschosses sowie des Hochparterres und Verstärkungsmassnahmen an sämtlichen Geschossdecken (Verbesserung der Scheibenwirkung und Wand-Decken-Verbindungen). Die Kostenschätzung für die Erdbebensicherheitsmassnahmen lag bei rund 4 Mio SFr.

Planungsphase 2

Daraufhin wurde durch den Kanton Basel-Stadt ein im Erdbebeningenieurwesen ausgewiesener Experte zur Begleitung beigezogen. Es wurde eine Überarbeitung der generellen Überprüfung empfohlen, die sich aus einer ersten Berechnung mit vereinfachten Annahmen (Plausibilitätskontrolle) und einer Überarbeitung der Modellierungsgrundlagen des Computermodells in Bezug auf die Baustoffkennwerte (normenkonforme Entnahme und Auswertung von Materialproben in Mauerwerkswänden) und des Tragwerksmodells (Berücksichtigung des Versagens quer zur Wandebene) zusammensetzte. Die Überarbeitung der rechnerischen Untersuchung der generellen Überprüfung durch das beauftragte Ingenieurbüro unter Begleitung des Experten resultierte schliesslich in einem Erfüllungsfaktor bei der Überprüfung $\alpha_{\text{eff}} = 0,4$. Es wurden

keine diesem Zustand entsprechenden Erdbebensicherheitsmassnahmen erarbeitet.

Planungsphase 3

In der Folge übertrug der Kanton Basel-Stadt das Mandat der Untersuchung der Erdbebensicherheit dem Experten. Dieser wies neben der allgemeinen Problematik des Erdbebenverhaltens von Mauerwerksbauten auf typische Schwachstellen bezüglich Erdbebenverhalten hin, beispielsweise freistehende Giebelwände, die auskippen (Versagen des Typs «out-of-plane») sowie Brüstungen und Arkaden (siehe Abb. A3.2), die beschädigt werden und herabstürzen können. Typischerweise sind Holzbalckendecken mit den Wänden nur schwach verbunden, was für das globale Gebäudeverhalten ungünstig ist. Eine weitere Schwachstelle wurde bei den schlanken, dünnen und hohen Zwischenwänden verortet (siehe Abb. A3.3). Diese wurden vermutlich erst im Verlauf des 20. Jahrhunderts erstellt und könnten unter Erdbebeneinwirkung beschädigt werden oder gar einstürzen (sekundäre Bauteile). Eine abschliessende Überprüfung der Erdbebensicherheit wurde schliesslich nicht mehr durchgeführt, da die Realisierung der Instandsetzungsmassnahmen bereits zu weit fortgeschritten war.

Abb. A3.2: Markgräflerhof

Typische potenzielle Schwachstellen beim Markgräflerhof wie (links) die freistehende Giebelwand auf der Gartenseite oder (rechts) die Arkadenhalle, Aufnahme: Wenk 2012.



Abb. A3.3: Es wurden trotzdem konstruktive Massnahmen zur Behebung der offensichtlichen Schwachstellen umgesetzt.



A3.6 Massnahmenprojekt

Trotz fortgeschrittener Instandsetzung des Markgräflerhofs, führte das Hochbauamt Basel-Stadt zusammen mit der Denkmalpflege eine Begehung des Dachs durch und ordnete aufgrund der visuellen Einschätzung der Situation konstruktive Verstärkungsmassnahmen an den Giebelwänden an.

Als kostengünstige minimale Erdbebensicherheitsmassnahmen wurden 2012 die beiden Giebelwände an der Strassen- und Gartenfassade gegen Auskippen rückverankert sowie eine Aussteifung der obersten Geschossdecke mittels Zugstangen eingebracht [63] [64] [65] [66].

A3.7 Zusammenfassung

Das Hochbauamt des Kantons Basel-Stadt als Bauherrschaft beauftragte die Überprüfung der Erdbebensicherheit sehr früh im Projekt. Die generelle Überprüfung offenbarte eine zu geringe Erdbebensicherheit mit mangelhaften Resultaten und führte dementsprechend zu einer invasiven und kostspieligen Massnahmenempfeh-

lung, bestehend aus verschiedenen Varianten von Wandverstärkungen und neuen zusätzlichen Wänden. Eine Überarbeitung der generellen Überprüfung unter Begleitung durch einen ausgewiesenen Erdbebenexperten resultierte in realitätsnäheren Resultaten. Eine detaillierte Überprüfung wurde aus Zeitgründen nicht durchgeführt, da das Bauvorhaben zu diesem Zeitpunkt fast abgeschlossen war. Es wurden konstruktive Massnahmen zur Behebung der offensichtlichen Schwachstellen umgesetzt.

Kenndaten	
Eigentümer	Universitätsspital Basel (USB)
Architekt (Renovation 2011 bis 2013)	Kury Stähelin Architekten, Basel
Experte (im Auftrag des Kantons BS)	Dr. Thomas Wenk, Wenk Erdbebeningenieurwesen und Baudynamik GmbH, Zürich
Baujahr	1698 – 1705, 1736 – 1739, 1838 – 1842, 1882 – 1885, 1902/1903
Denkmalstatus	Klassifiziertes Baudenkmal, unter Schutz
Gebäudenutzung	Blutspendezentrum des USB
Personenbelegung PB	3
Bauwerksklasse	BWK II (wegen Spital)
<i>Erdbebenzone</i>	Z3a
<i>Baugrundklasse</i>	bodendynamische Untersuchung (seismische Mikrozonierung)
Erfüllungsfaktor bei der Überprüfung (Ist-Zustand)	$\alpha_{\text{eff}} > 0,4$
Erfüllungsfaktor nach Massnahmen zur Erhöhung der Erdbebensicherheit (Intervention)	Unbekannt
Verbesserungsstrategie	Halterung/Befestigung/Rückverankerung
Realisierung der Erdbebensicherheitsmassnahmen	2012 – 13

Anhang B Ablaufdiagramm zum idealtypischen, interdisziplinären Prozess

Phase	Teilphase	Wesentliche Aufgaben und Ziele	Zuständigkeit, Mitwirkung
1 Strategische Planung	> 11 Bedürfnisformulierung, Lösungsstrategien	BH kontaktiert DP BH beauftragt BI	BH (Bauherrenvertretung)
		DP Bauwerksuntersuchung und BI Zustandserfassung erfolgen interdisziplinär BI Untersuchungskonzept wird DP präsentiert	DP und BI
		DP ordnet Bauwerksbereiche in Bezug auf denkmalpflegerische Schutzziele zu BI legt Bauwerksklasse anhand Funktion/Nutzung und Personenbelegung fest	DP und BI
2 Vorstudien	> 21 Definition des Bauvorhabens, Machbarkeitsstudie	BI ermittelt Erfüllungsfaktoren durch rechnerische (generelle und detaillierte) Untersuchung BI skizziert seismische Schwachstellen und mögliche Schadensbilder	BI
		BI entwickelt zusammen mit A verschiedene Lösungsansätze Lösungsansätze werden zusammen mit DP verglichen, bewertet und eingegrenzt (Matrix)	BI, A und DP
3 Projektierung	> 31 Vorprojekt	BI arbeitet zusammen mit A Massnahmenkonzepte aus Verhältnismässigkeit der Massnahmenkonzepte wird differenziert evaluiert (Matrix) Eingrenzung und Priorisierung der Massnahmenkonzepte	BI, A und DP
	> 32 Bauprojekt	Interdisziplinäre Massnahmenempfehlung an BH BH entscheidet über Massnahmenkonzept Massnahmenentscheid wird in Projektpflichtenheft/Nutzungsvereinbarung dokumentiert	BI, A und DP BH
	33 Bewilligungsverfahren/ Auflageprojekt		
4 Ausschreibung	41 Ausschreibung, Offertvergleich, Vergabe		
5 Realisierung	> 51 Ausführungsprojekt	BI arbeitet Massnahmenprojekt aus Detailabsprache mit DP	BI und DP
	52 Ausführung	Massnahmen werden realisiert	BU/BL (Begleitung durch BI, A und DP)
	53 Inbetriebnahme, Abschluss	Massnahmen werden in Projektdokumentation dokumentiert und an BH abgegeben	BI
6 Bewirtschaftung	61 Betrieb		
	62 Überwachung, Überprüfung, Wartung		
	63 Instandhaltung		

A Architektin/Architekt

BL Bauleitung

BH Bauherrschaft

BU Bauunternehmung

BI Bauingenieurin/Bauingenieur

DP Fachstelle für Denkmalpflege

Literatur

- [1] Schweizerischer Erdbebendienst (SED), Seismic Hazard Model 2015 for Switzerland (SUIhaz2015), ETH Zürich, www.seismo.ethz.ch/en/knowledge/seismic-hazard-switzerland, Zürich 2016.
- [2] Schweizerischer Erdbebendienst (SED), www.seismo.ethz.ch, Eidgenössisch Technische Hochschule Zürich, www.seismo.ethz.ch/de/knowledge/seismic-risk-switzerland, ETH Zürich.
- [3] Norm SIA 261, «Einwirkungen auf Tragwerke», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, SIA Zürich 2020.
- [4] Bundesamt für Statistik (BFS), Statistik aus dem Gebäude- und Wohnungsregister des Bundesamts für Statistik für die 1,73 Millionen Gebäude der Gebäudekategorien Wohngebäude, Wohngebäude mit Nebennutzung und Gebäude mit teilweiser Wohnnutzung, Stand Ende 2017, www.bfs.admin.ch, Neuenburg 2017.
- [5] Norm SIA 269, «Grundlagen der Erhaltung von Tragwerken», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, SIA Zürich 2011.
- [6] Norm SIA 260, «Grundlagen der Projektierung von Tragwerken», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, SIA Zürich 2013.
- [7] Merkblatt SIA 2018, «Überprüfung bestehender Gebäude bezüglich Erdbeben», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, SIA Zürich 2004.
- [8] Bundesgesetz betreffend die Ergänzung des Schweizerischen Zivilgesetzbuches (Fünfter Teil: Obligationenrecht), SR 220, 30. März 1911 (Stand am 1. April 2020).
- [9] Hugo Bachmann, «Erdbebensicherheit von Gebäuden – Rechts- und Haftungsfragen», Flyer, Stiftung für Baudynamik und Erdbebeningenieurwesen, Schweizer Gesellschaft für Erdbebeningenieurwesen und Baudynamik (SGEB), Institut für Schweizerisches und Internationales Baurecht, <https://sgeb.ch/userdata/uploads/pdf/dokumentationen/fond-ist-unser-gebaeudegenuegenderdbebensicher.pdf>, Universität Freiburg, 2010.
- [10] Ordnung SIA 102. «Ordnung für Leistungen und Honorare der Architektinnen und Architekten», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, SIA Zürich 2014.
- [11] Ordnung SIA 103, «Ordnung für Leistungen und Honorare der Bauingenieurinnen und Bauingenieure», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, SIA Zürich 2014.
- [12] Schweizerisches Strafgesetzbuch (Siebenter Titel: Gemeingefährliche Verbrechen und Vergehen), SR 311.0, 21. Dezember 1937 (Stand am 3. März 2020).
- [13] Norm SIA 469, «Erhaltung von Bauwerken», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, SIA Zürich 1997.
- [14] Bundesamt für Umwelt (BAFU), «Erdbebenrisiko grosser Gebäudebestände – Stufenweises Verfahren zur Identifizierung von kritischen Gebäuden», <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/naturgefahren/publikationen-studien/publikationen/erdbebenrisiko-grosser-gebaeudebestaende.html>, Bern 2020
- [15] SGEB-Einführungskurs Norm SIA 269/8, Tagungsband zum SGEB-Einführungskurs am 13.6.2019 an der ETH Zürich, Band Nr. 1 der SGEB-Dokumentationen, SGEB, 2019.

-
- [16] Formular «Deklaration zur Überprüfung der Erdbebensicherheit – Bestehende Gebäude: Instandsetzungen und Veränderungen wie Umbauten oder Nutzungsänderungen», Kanton Aargau, Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Formulare erdbebengerechtes Bauen (§ 51 Abs. 1 BauV), https://www.ag.ch/media/kanton_aargau/bvu/dokumente_2/bauen/baurecht_1/B_11_2a_Formular_Erdbebensicherheit_Umbauten~1.pdf
- [17] Konferenz der Schweizer Denkmalpflegerinnen und Denkmalpfleger (KSD), www.denkmalpflege.ch
- [18] Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft (BV), Systematische Rechtssammlung (SR) 101, 18. April 1999 (Stand am 1.01.2020).
- [19] Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz (NHG), Systematische Rechtssammlung (SR) 451, 1. Juli 1966 (Stand am 1. April 2020).
- [20] Verordnung über den Natur- und Heimatschutz (NHV), Systematische Rechtssammlung (SR) 451.1, 16. Januar 1991 (Stand am 1. Juni 2017).
- [21] Schweizer Heimatschutz, www.heimatschutz.ch
- [22] Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS), www.babs.admin.ch
- [23] Bundesamt für Kultur (BAK), www.bak.admin.ch
- [24] Eidgenössische Kommission für Denkmalpflege (EKD), www.bak.admin.ch/kulturerbe/04273/04293
- [25] Eidgenössische Natur- und Heimatschutzkommission (ENHK), www.enhk.admin.ch
- [26] Eidgenössische Kommission für Denkmalpflege (EKD), Leitsätze zur Denkmalpflege in der Schweiz, vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, <https://vdf.ch/leitsatze-zur-denkmalpflege-in-der-schweiz.html>, 2007.
- [27] «Internationale Charta über die Erhaltung und Restaurierung von Denkmälern und Denkmalgebieten», Venedig 1964».
- [28] «Übereinkommen vom 3. Oktober 1985 zum Schutz des baugeschichtlichen Erbes in Europa», Granada 1985.
- [29] «Charta zur Denkmalpflege in historischen Städten», Washington 1987.
- [30] «Das Nara-Dokument zur Authentizität», Nara 1994.
- [31] «Grundsätze zur Analyse, Konservierung und Restaurierung der Baustruktur von Denkmälern», Zimbabwe 2003.
- [32] Eidgenössische Kommission für Denkmalpflege (EKD), «Erdbebensicherheit bei Baudenkmalern», Grundsatzdokument vom 22. Juni 2018, <https://www.bak.admin.ch/bak/de/home/kulturerbe/heimatschutz-und-denkmalpflege/expertise/eidgenoessische-kommission-fuer-denkmalpflege--ekd-/Grundsatzdokumente-EKD.html>, Bern 2018.
- [33] Bernhard Waldmann, «Bauen und Denkmalschutz», aus: Institut für Schweizerisches und Internationales Baurecht (Hrsg.), Schweizerische Baurechtstagung 2003, Freiburg 2003.
- [34] Planungs- und Baugesetz (PBG), Gesetzessammlung des Kantons St. Gallen (sGS 731.1), 5. Juli 2016 (Stand 01.01.2018).
- [35] Thomas Wenk/Katrin Beyer, «Seismic conservation strategies for cultural heritage buildings in Switzerland», Second European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, Istanbul 2014.
- [36] Ulrich Häfelin/Georg Müller/Felix Uhlmann, «Allgemeines Verwaltungsrecht», 7. Auflage, Dike Verlag, Zürich/St. Gallen 2016.

-
- [37] Merkblatt SIA 2017 «Erhaltungswert von Bauwerken», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, SIA Zürich 2000.
- [38] Norm SIA 112 «Modell Bauplanung», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, SIA Zürich 2014.
- [39] Norm SIA 101 «Ordnung für Leistungen der Bauherren», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, SIA Zürich 2020.
- [40] Hugo Bachmann, «Damit Baudenkmalern nicht zu Mahnmälern werden», TEC 21 14-15/2017.
- [41] Landesdenkmalamt Berlin, Leitfaden zur Erstellung von restauratorischen Dokumentationen in der Baudenkmalpflege, Berlin 2016.
- [42] Basler & Hofmann AG, Bericht im Auftrag des Bundesamts für Umwelt (BAFU), «Grundlagenvorbereitung & Zustandserfassung bei der Überprüfung der Erdbebensicherheit von kulturhistorisch bedeutenden Mauerwerksbauten – Studienprojekt am Bundeshaus Ost», Bern 2015.
- [43] Norm SIA 269/2, «Erhaltung von Tragwerken – Betonbau», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, SIA Zürich 2011.
- [44] Norm SIA 269/3, «Erhaltung von Tragwerken – Stahlbau», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, SIA Zürich 2011.
- [45] Norm SIA 269/4, «Erhaltung von Tragwerken – Stahl-Beton-Verbundbau», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, SIA Zürich 2011.
- [46] Norm SIA 269/5, «Erhaltung von Tragwerken – Holzbau», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, SIA Zürich 2011.
- [47] Norm SIA 269/6-1, «Erhaltung von Tragwerken – Mauerwerksbau, Teil 1: Natursteinmauerwerk», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, SIA Zürich 2011.
- [48] Norm SIA 269/6-2, «Erhaltung von Tragwerken – Mauerwerksbau, Teil 2: Mauerwerk aus künstlichen Steinen», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, SIA Zürich 2014.
- [49] Norm SIA 269/7, «Erhaltung von Tragwerken – Geotechnik», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, SIA Zürich 2011.
- [50] Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS), Glossar der Risikobegriffe, 2013. <https://www.babs.admin.ch/de/aufgabenbabs/gefaehrdrisiken.html>
- [51] Eingabedossier zum Architektur- und Ingenieurpreis erdbebensicheres Bauen 2015, «Renovation Oberstufenschulhaus Quader Chur», Schwander & Sutter Dipl. Architekten Chur, Bänziger Partner AG Chur.
- [52] Stiftung für Baudynamik und Erdbebeningenieurwesen, Architektur- und Ingenieurpreis erdbebensicheres Bauen 2015, Bericht des Preisgerichts, Sitzung vom 22. April 2015, Bern.
- [53] Stiftung für Baudynamik und Erdbebeningenieurwesen, Broschüre: Architektur- und Ingenieurpreis erdbebensicheres Bauen 2015, <https://www.baudyn.ch/application/files/9414/4650/2839/preis-2015-brochure-hochwertig.pdf>
- [54] Thomas Ekwall, «Denkmal gesichert trotz Verstärkung», TEC21 45/2015, 8 – 10.
- [55] <https://www.baudyn.ch/de/preise/seismic-award/2015>
- [56] Pierino Lestuzzi/Angelo Garofano/Lorenzo Diana, «Seismic safety of masonry heritage buildings», Applied Computing and Mechanics Laboratory (IMAC), École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Bericht im Auftrag des Bundesamts für Umwelt (BAFU), Lausanne 2016.

-
- [57] Conseil municipal de la Ville de Sion, «Réponse du conseil municipal au conseil général concernant le postulat pour une nouvelle réflexion sur la transformation de l’Ancien Hôpital de Sion», Sion, 24. Februar 2012.
- [58] Paul de Rivaz, «Les hopitaux de Sion», annales valaisannes, bulletin trimestriel de la Société d’histoire du Valais romand, 1940, vol. 4, no. 2, 42 – 48.
- [59] Crettan Sulpice, «L’Hôpital de Sion», annales valaisannes, bulletin trimestriel de la Société d’histoire du Valais romand, 1949, vol. 7, no. 4, 145–180.
- [60] Albert de Wolff, «Plans visuels inédits de Sion (XVI^e – XIX^e siècle)», Vallesia: bulletin annuel de la Bibliothèque et des Archives cantonales du Valais, des Musées de Valère et de la Majorie (Jahrbuch der Walliser Kantonsbibliothek, des Staatsarchivs und der Museen von Valeria und Majoria), 1969, 133 – 152.
- [61] Pierino Lestuzzi, «Ancien Hôpital de SION» (Präsentation), Projektkoordinationssitzungen 2012/2013, Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern.
- [62] Kantonale Denkmalpflege Basel-Stadt, Basler Barock Formenpracht und Stadtbau im 18. Jahrhundert, Abendführungen der Kantonalen Denkmalpflege April bis September 2016.
- [63] Bau- und Verkehrsdepartement Basel-Stadt, Städtebau & Architektur, Hochbauamt, «Markgräflerhof Sanierung Dach und Fassade», Basel 2015.
- [64] Stähelin Partner Architekten AG, «Renovation Markgräflerhof, Basel (BS)», <https://www.staehelinpartner.com/de/projects/download-pdf/157/renovation-markgraeflerhof-basel-bs>
- [65] Thomas Wenk, «Der Markgräflerhof in Basel – das erste Barockpalais in der Schweiz» (Präsentation), Projektkoordinationssitzungen 2012/2013, Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern.
- [66] Thomas Lutz, «Ein fürstlicher Paukenschlag: Der Markgräflerhof», Abendführungen Basler Barock, Bau- und Verkehrsdepartement Basel-Stadt, Städtebau & Architektur, Kantonale Denkmalpflege, Basel 2016.
- [67] Bundesdenkmalamt (BDA), «Richtlinien für bauhistorische Untersuchungen», Wien 2018, 20.
- [68] Norm SIA 462, «Beurteilung der Tragsicherheit bestehender Bauwerke», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, SIA Zürich 1994.
- [69] Norm SIA 118, «Allgemeine Bedingungen für Bauarbeiten», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, SIA Zürich 2013.
- [70] «Optimierung von Lebenszykluskosten durch strategische Investitionen – Eine Untersuchung auf Ebene Bauelement», Masterarbeit, Universität Zürich, 2013.
- [71] Eurocode 8, Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 3: Beurteilung und Ertüchtigung von Gebäuden, Europäisches Komitee für Normung, Brüssel 2004.
- [72] Norm SIA 269/8, «Erhaltung von Tragwerken – Erdbeben», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, SIA Zürich 2017.
- [73] DUDEN online, www.duden.de
- [74] Bundesamt für Umwelt (BAFU), «Erdbebenvorsorge bei Infrastrukturen, Standbericht und Planung für den Zeitraum 2013 – 2016», Bern 2013.
- [75] Bundesgesetz vom 6. Oktober 1966 über den Schutz der Kulturgüter bei bewaffneten Konflikten, SR 520.3, 6. Oktober 1966.
- [76] Bundesgesetz über den Schutz der Kulturgüter bei bewaffneten Konflikten, bei Katastrophen und in Notlagen (KGSG), SR 520.3, 20. Juni 2014.

-
- [77] Handbuch Soziales des Kantons Aargau, https://www.ag.ch/de/dgs/gesellschaft/soziales/handbuch_soziales/handbuch_soziales_1.jsp (Internetaufruf vom 18.05.2020).
- [78] Ulrich Häfelin/Georg Müller, «Grundriss des Allgemeinen Verwaltungsrechts», 4. Auflage, Zürich 2002, 113 – 118.
- [79] Georg Mörsch, «Aufgeklärter Widerstand. Das Denkmal als Frage und Aufgabe», Basel: Birkhäuser Verlag, Basel 1989.
- [80] PLANAT, «Sicherheitsniveau für Naturgefahren», Bern 2013.
- [81] Norm SIA 262, «Betonbau», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, SIA Zürich 2013.
- [82] Norm SIA 263, «Stahlbau», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, SIA Zürich 2013.
- [83] Norm SIA 264, «Stahl-Beton-Verbundbau», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, SIA Zürich 2013.
- [84] Norm SIA 265, «Holzbau», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, SIA Zürich 2012.
- [85] Norm SIA 266, «Mauerwerk», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, SIA Zürich 2015.
- [86] Norm SIA 267, «Geotechnik», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, SIA Zürich 2013.
- [87] PLANAT, «Fachbegriffe im Naturgefahrenbereich» für Gemeindebehörden, Betroffene und Interessierte. Basis: Glossar «Strategie Naturgefahren Schweiz», Aktionsplan PLANAT, Januar 2009.
- [88] Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS), «Bericht zur nationalen Risikoanalyse. Katastrophen und Notlagen Schweiz 2020». <https://www.babs.admin.ch/de/aufgabenbabs/gebraehdrisiken/natgebraehrdanalyse.html>, Bern 2020.
- [89] Vogel T. und Kölz E., «Evaluation of existing buildings with respect to earthquake risks», Proceedings ICOSSAR'05, 9th International Conference on Structural Safety and Reliability, Rom, 16. bis 23. Juni 2005.
- [90] G. Grünthal European Macroseismic Scale 1998, EMS-98, Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, http://media.gfz-potsdam.de/gfz/sec26/resources/documents/PDF/EMS-98_Original_englisch.pdf, 1998, Luxemburg.
- [91] Bundesamt für Statistik (BFS), Sterbetafeln für die Schweiz 2008/2013, www.bfs.admin.ch, Neuchâtel 2017.
- [92] Verzeichnis der Denkmäler, Ensembles und archäologischer Stätten von nationaler Bedeutung, Bundesamt für Kultur (BAK), www.bak.admin.ch/kulturerbe/04273/04298/05050
- [93] Verordnung über den Schutz der Kulturgüter bei bewaffneten Konflikten, bei Katastrophen und in Notlagen (KGSV), SR 520.31, 29. Oktober 2014 (Stand am 1.01.2016).
- [94] Bundesgesetz über die Raumplanung (Raumplanungsgesetz, RPG), SR 700, 22. Juni 1979 (Stand am 1.01.2019).
- [95] Exemplarisch: Erziehungsdirektion des Kantons Bern, Amt für Kultur, Denkmalpflege, Bauinventar online, https://www.erz.be.ch/erz/de/index/kultur/denkmalpflege/bauinventar/bauinventar_online.html
- [96] Exemplarisch: Stadt Bern, Präsidialdirektion, Fachstelle für Denkmalpflege, Bauinventar Stadt Bern, <https://bauinventar.bern.ch>
- [97] Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS), KGS 2006: Guidelines Nr. 2/2006: Sicherstellungsdokumentation (Autor: Daniel Stadlin, Zug), Bern.

-
- [98] Hugo Bachmann, «Erdbebengerechter Entwurf von Hochbauten – Grundsätze für Ingenieure, Architekten, Bauherren und Behörden», Richtlinien des ehemaligen Bundesamts für Wasser und Geologie (BWG) heute: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Biel 2002. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/naturgefahren/publikationen-studien/publikationen/erdbebengerechter-entwurf-von-hochbauten.html>
- [99] Thomas Wenk, «Erdbebenertüchtigung von Bauwerken. Strategie- und Beispielsammlung aus der Schweiz», Umwelt-Wissen Nr.0832, Bundesamt für Umwelt, Bern, 2008. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/naturgefahren/publikationen-studien/publikationen/erdbebenertuechtigung-von-bauwerken.html>
- [100] Clementine Hegner-van Rooden, «Das Minimum ist das Maximum», Museum für Gestaltung Zürich, TEC21 Heft 35/2018, www.espazium.ch, Zürich.
- [101] Erdbebensicherheit von Bundesbauten – Formular #7 Umbauten und Instandsetzungen: Bericht zur der Überprüfung der Erdbebensicherheit gemäss Merkblatt SIA 2018, Schweizerisches Landesmuseum, Kunstgewerbeflügel, Bundesamt für Bauten (BBL) 2013.
- [102] Guidelines, ABC Standards der Baudenkmalpflege Österreich, Leitsätze, Arbeitsblätter Vereinigung Landesdenkmalpfleger, <https://bda.gv.at/publikationen/standards-leitfaeden-richtlinien/standards-der-baudenkmalpflege/>
- [103] Hugo Bachmann und Andreas Zachmann, «Schwimmende Lagerung», TEC21 Heft 35/2008, 26 – 28.
- [104] Farbbefunde am Baudenkmal: Bedeutung – Methodik – Auswirkung, Dokumentation zum 26. Kölner Gespräch zu Architektur und Denkmalpflege in Köln, 7. Mai 2018, Mitteilungen aus dem LVR-Amt für Denkmalpflege im Rheinland Heft 32, Köln 2018. https://denkmalpflege.lvr.de/media/denkmalpflege/publikationen/online/publikationen/18_3065_Heft32_Farbbefunde_im_Baudenkmal.pdf

Glossar

Antwortspektrenverfahren

Gemäss Norm SIA 261 [3] ist das Antwortspektrenverfahren eine allgemeine Methode der Tragwerksanalyse für Erdbebeneinwirkung, mit der die durch das Bestandesbaute angeregten Tragwerksschwingungen und deren Beitrag zum globalen Schwingungsverhalten untersucht werden. Das Antwortspektrenverfahren kann immer angewendet werden. Es muss bei Bauwerken angewendet werden, die den angegebenen Bedingungen für die Anwendung des Ersatzkraftverfahrens nicht entsprechen. Im Allgemeinen ist ein räumliches Tragwerksmodell zu verwenden. Für Tragsysteme, die gewisse Kriterien der Norm SIA 261 erfüllen, genügt je ein ebenes Modell für die beiden Hauptrichtungen.

Ausserparlamentarische Kommission

Auszug aus dem Bundesrecht (*www.admin.ch*): «Ausserparlamentarische Kommissionen erfüllen hauptsächlich zwei Funktionen: Zum einen ergänzen sie als Milizorgane die Bundesverwaltung in bestimmten Bereichen, in denen ihr die speziellen Kenntnisse fehlen. Die Verwaltung gewinnt daraus Fachkenntnisse, die sie ansonsten durch eine Vergrösserung des Verwaltungsapparates beschaffen oder durch kostspielige Expertenaufträge einkaufen müsste. Auf diese Weise kann der Sachverstand von Fachpersonen für die Allgemeinheit nutzbar gemacht werden. [...]»

Baudynamik

Die Baudynamik ist die Wissenschaft und Praxis der Bauwerksschwingungen und deren Vermeidung

Baugrundklasse

Gemäss Norm SIA 261 [3] ist der Einfluss der Baugrundverhältnisse auf die Erdbebeneinwirkung im Allgemeinen durch Einordnung des Bauwerkstandorts in eine der Baugrundklassen gemäss Norm SIA 261, Tabelle 24, zu berücksichtigen.

Bauherr/Bauherrschaft

Gemäss Ordnung SIA 112 [38] sowie SIA 101 [39] ist die Bauherrschaft die oberste Entscheidungsträgerin eines Bauvorhabens. Sie kann Grundeigentümer und/oder

Investorin sein. Sie ist der Gesuchsteller in den erforderlichen Bewilligungsverfahren.

Baustatik

Die Lehre von den in den tragenden Elementen eines Bauwerks wirkenden Kräften.

Baustoff

Gemäss Norm SIA 260 [6] ist ein Baustoff ein für ein Bauwerk verwendeter Werkstoff, also Metalle, nichtmetallisch-anorganische oder organische Stoffe mit technisch nutzbaren Eigenschaften.

Bauweise

Gemäss Norm SIA 260 [6] ist die Bauweise je nach Art des Bauwerks, bestimmt durch die hauptsächlich verwendeten Baustoffe. Es handelt sich dabei zum Beispiel um einen Betonbau, Stahlbau, Stahl-Beton-Verbundbau, Holzbau oder Mauerwerksbau.

Bauwerk

Gemäss Norm SIA 260 [6] ist ein Bauwerk ein von Bauarbeiten herrührendes Werk.

Befund

Bezeichnet gemäss Brockhaus Enzyklopädie den durch genaue Untersuchung festgestellten Zustand eines Objekts, z. B. eines Baudenkmals, das im Lauf der Jahrhunderte Veränderungen erfuhr; diese durch Umbauten, Anstriche u. a. erfolgten Veränderungen werden dokumentiert. Mit «Befund» wird also das Resultat einer Untersuchung der Oberflächen und sichtbaren Teile von Konstruktion und Ausstattung des Baudenkmals bezeichnet. Das Hauptziel dabei ist zu beschreiben, welches Erscheinungsbild das Baudenkmal im Verlauf seiner Geschichte besass. Damit beschreibt der „Befund“ alle am Denkmal vorgefundenen Aussagen, sichtbare und unsichtbare, die den Quellen- und Denkmalwert des Baudenkmals begründen und erläutern, mitunter auch relativieren. [104] Ein «Befund» ist damit ein Untersuchungsergebnis zu einer Objekteigenschaft. Dieses Resultat ist die Folge unterschiedlichster Untersuchungsmethoden, kann sich auf ein Detail beziehen oder umfassende Zusammenhänge wiedergeben (Gesamt-

untersuchungsergebnis). Ein «Befund» im bauhistorischen Sinne beschreibt den Kontext beobachtbarer oder messbarer Phänomene, insbesondere den Zusammenhang untereinander. Inhaltlich ist der «Befund» intersubjektiv, systemisch ist er Teil der Beschreibung. Demgemäss ist er der allgemeinen Beschreibung nachzureichen und immer als solcher zu kennzeichnen. [67].

Bemessungsbeben

Gemäss Norm SIA 261 [3] für die Erdbebenbemessung anzunehmendes Erdbeben, dessen Wirkung mithilfe des Bemessungsspektrums beschrieben wird.

Bestandesbaute

1) Verwendeter Begriff in der Schweizer Denkmalpflege
2) Gemäss Norm SIA 462 [68] gelten als bestehende Bauwerke im Sinne dieser Richtlinie solche, die ausgeführt und entsprechend Art. 157 der Norm SIA 118 [69] oder in ähnlicher Weise abgenommen wurden. Unter dem Begriff Bauwerke sind sowohl Gesamtbauwerke als auch Teile davon zu verstehen.

Bodenbeschleunigung

Durch die Erdbewegung verursachte Beschleunigung der Terrainoberfläche. Die horizontale Bodenbeschleunigung ist ein wesentlicher Gefährdungsparameter im Erdbebeningenieurwesen.

Bundesschutz

Gemäss Bundesamt für Kultur (www.bak.ch) unterliegen Objekte, die vom Bundesamt für Kultur mit Finanzhilfen unterstützt werden, einer öffentlich-rechtlichen Eigentumsbeschränkung zugunsten der Eidgenossenschaft. Dieser sogenannte Bundesschutz ist im Grundbuch vermerkt und verpflichtet die Eigentümerschaft insbesondere, das Objekt in einem dem Beitragszweck entsprechenden Zustand zu erhalten und bei baulichen Änderungen vorgängig die Zustimmung des Bundesamts für Kultur einzuholen. Erläuterung: Der Bund leistet seit 1886 finanzielle Beiträge an Restaurierungen historischer Bauten und an archäologische Massnahmen und seit 1966 Beiträge an Massnahmen zum Ortsbildschutz. Einmal unterstützte Bauten und Anlagen werden in der Regel unter Bundesschutz gestellt und dürfen ohne Zustimmung des Bundes nicht nachträglich verändert werden. Seit 1989 ist das BAK für Bundessubventionen in allen Objektkategorien

zuständig. Die Bemessung des Bundesbeitrags ist von der Einstufung der Objekte in die Kategorien lokal, regional und national abhängig. Die Einstufung wird vom BAK auf der Grundlage der Anträge der Kantone und Aktenstudium vorgenommen.

Baudenkmal

Gemäss den Leitsätzen zur Denkmalpflege in der Schweizer [26] wird ein Gebäude der Vergangenheit mit besonderem Zeugnischarakter durch das erkennende Betrachten der Gesellschaft zum Baudenkmal.

Bauelement

Der Begriff Bauelement wird in der Regel synonym zum Begriff Bauteil verwendet. Selbsterklärend wird davon ausgegangen, dass damit ein Teil oder eben ein Element des Baus, bzw. des Gebäudes gemeint ist, welches wiederum aus Teilen zusammengesetzt sein kann. Der Begriff wird insbesondere in der Elementkostengliederung der Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung CRB verwendet. Die Elementkostengliederung EKG gliedert ein Bauwerk in funktionale Elemente, welchen die anfallenden Kosten entsprechend zugeordnet werden. Um eine Gesamtkostenbetrachtung mit grober Aufteilung der Bauwerkskosten zu erhalten, werden die Elemente in Elementgruppen zusammengefasst. Die Elementgruppe «Rohbau Gebäude oberhalb Bodenplatte» beinhaltet zum Beispiel die Bauelemente Treppen, Balkone, Decken oder Stützen. [70]

Bauteil

Gemäss Norm SIA 260 [6] ein physisch unterscheidbares Teil eines Bauwerks.

Deterministischer Nachweis

Es handelt sich um einen Nachweis nach dem Konzept der Partialfaktoren. Gemäss Norm SIA 269 [5] erfolgen die Tragwerksanalyse und die Nachweise analog zu den Grundsätzen der Norm SIA 260 [6]. Die Nachweise sowohl der Tragsicherheit als auch der Gebrauchstauglichkeit erfolgen auf der Basis von Bemessungswerten. Das Format der Bemessungswerte stützt sich auf das Konzept der Partialfaktoren. Mit den Partialfaktoren werden die Unschärfen an den Variablen behandelt, welche als massgebende Einflussgrössen in eine Bemessungssituation eingehen. Sie beinhalten aber auch die Unschärfen der

Relationen zwischen den Einwirkungen und Auswirkungen, das heisst also die Unschärfen am Tragwerksmodell.

Duktilität

Gemäss Norm SIA 260 [6] ist die Duktilität ein durch irreversible Verformungen und *Energiedissipation* charakterisiertes, in der Regel auf die Grenze des elastischen Verhaltens bezogenes plastisches Verformungsvermögen.

Elastisches Antwortspektrum

Gemäss Norm SIA 261 [3] stellt das elastische Antwortspektrum den maximalen Ausschlag von linear elastischen Einmassenschwingern mit einer bestimmten Dämpfungsrate und unterschiedlicher Eigenfrequenz unter einer gegebenen Anregung im Zeitverlauf dar.

Energiedissipationsvermögen

Gemäss Eurocode EC8 [71], Teil 1 besitzt ein Tragwerk ein Energiedissipationsvermögen oder ist dissipativ, wenn es in der Lage ist, durch ein duktileres hysteretisches Verhalten und/oder auf andere Art und Weise Energie zu dissipieren.

Erdbebengefährdung

1) Gemäss Schweizerischem Erdbebendienst SED gibt die Erdbebengefährdung für einen bestimmten Standort an, wie häufig gewisse Werte von Erschütterungsparametern (wie z.B. die horizontale Bodenbeschleunigung) in einem bestimmten Zeitraum zu erwarten sind. Die Einschätzung basiert auf Kenntnissen der Tektonik und Geologie, Informationen über die Erdbeben-geschichte, Schadensbeschreibungen sowie Modellen der Wellenausbreitung.

2) In der Norm SIA 261 [3] wird die Erdbebengefährdung als maximale horizontale Bodenbeschleunigung auf einem Referenzbaugrund für eine Übertretenswahrscheinlichkeit von 10% in 50 Jahren beschrieben. Die geltende Karte der Erdbebenzonen mit dazugehörigen Werten der horizontalen Bodenbeschleunigung ist in der Norm SIA 261 abgebildet.

Erdbebensicherheitsmassnahmen

Gemäss Norm SIA 269/8 [72] ist eine Erdbebensicherheitsmassnahme eine Massnahme zur Verbesserung des Schutzes von Personen, Sachwerten, kulturellen Werten und der Umwelt vor den Folgen eines Erdbebens sowie zur Vermeidung von Infrastruktur- oder Betriebsunterbrüchen infolge Erdbeben.

Erdbebenzone

Gemäss Norm SIA 261 [3] ist die Schweiz in die fünf Erdbebenzonen Z1a, Z1b, Z2, Z3a und Z3b eingeteilt. Die Gefährdung innerhalb jeder Erdbebenzone wird als konstant angenommen.

Erhaltungswert

Gemäss Norm SIA 269 [5] der materielle und immaterielle Wert eines Bauwerks gemäss dem Merkblatt SIA 2017 [37].

Ersatzkraftverfahren

Gemäss Norm SIA 261 [3] ist das Ersatzkraftverfahren eine für ausreichend steife und regelmässige Tragsysteme anwendbare, vereinfachte Methode der Tragwerksanalyse für Erdbebeneinwirkungen. Das Ersatzkraftverfahren darf bei Tragsystemen angewendet werden, die sich durch zwei ebene Tragwerksmodelle darstellen lassen und deren Verhalten durch Beiträge höherer Schwingungsformen nicht wesentlich beeinflusst wird. Diese Bedingungen sind im Allgemeinen erfüllt, wenn die Kriterien für die Regelmässigkeit im Grundriss und Aufriss gemäss den Ziffern 16.5.1.3 und 16.5.1.4 der Norm SIA 261 und gewisse Bedingungen für die Grundschiwingzeit eingehalten sind.

Handreichung

Gemäss DUDEN [73]: Empfehlung, Richtlinie (für ein Verhalten, für den Umgang mit etwas Bestimmtem, für den Gebrauch von etwas Bestimmtem oder dergleichen), Handreichungen enthaltende Schrift; Handout.

Individualrisiko

1) Gemäss Norm SIA 269/8 [72] ist das Individualrisiko ein Mass für die Gefährdung einer Einzelperson, ausgedrückt als Todesfallwahrscheinlichkeit pro Jahr.

2) Gemäss «Glossar der Risikobegriffe» [50] des Bundesamts für Bevölkerungsschutz (BABS) gibt das individuelle Risiko die Wahrscheinlichkeit an, dass einer bestimmten Person innerhalb eines Jahres ein bestimmtes Schadensereignis zustösst. Im Allgemeinen handelt es sich um ein Ereignis mit Todesfolgen. Dementsprechend handelt es sich um ein individuelles Todesfallrisiko.

Infrastruktur

1) Gemäss «Erdbebenvorsorge bei Infrastrukturen, Standbericht und Planung für den Zeitraum 2013 – 2016» [74] des Bundesamts für Umwelt (BAFU) ist eine Infrastruktur eine Einrichtung und Organisation, die einzeln oder vernetzt Dienstleistungen und Produkte für die Gesellschaft, die Wirtschaft und den Staat liefern und so das Funktionieren der Gesellschaft ermöglicht.

2) Gemäss DUDEN [73] ist eine Infrastruktur ein notwendiger wirtschaftlicher und organisatorischer Unterbau als Voraussetzung für die Versorgung und die Nutzung eines bestimmten Gebiets oder für die gesamte Wirtschaft eines Landes.

Instandsetzung

Gemäss SIA 269 [5], Ziffer 7.2.1 beinhaltet eine Instandsetzung eines Tragwerks Massnahmen, die in der Regel eine Kombination folgender Ziele umfassen: Ursachen von Schädigungen beseitigen, Schädigungsmechanismen verlangsamen oder unterbinden, Schädigungen und Mängel beheben und/oder das Tragwerk oder Tragwerksteile schützen.

Gemäss SIA 469 [13], Ziffer 1 12, 3 63, ist eine Instandsetzung ein Wiederherstellen der Sicherheit und der Gebrauchstauglichkeit für eine festgelegte Dauer. Die Instandsetzung dient dazu, das Bauwerk bzw. seine Sicherheit und Gebrauchstauglichkeit für eine festgelegte Dauer wiederherzustellen; sie umfasst in der Regel Arbeiten grösseren Umfangs. Bei der Instandsetzung und der Erneuerung sind die Schadenursachen soweit möglich zu beheben. Für den Begriff «Instandsetzung» werden anderweitig auch verwendet: Instandstellung, baulicher Unterhalt oder Reparatur.

Intensität

Gemäss Schweizerischem Erdbebendienst (SED) beschreibt die Intensität die Stärke eines Bebens basierend auf dem Ausmass der Zerstörung (Bauwerke, Landschaft) und der subjektiven Wahrnehmung der beobachtenden Person. Die Intensität eines Bebens ist ortsabhängig und wird bestimmt durch seine Magnitude, die Distanz zum Erdbebenherd und die Geologie (Untergrund). Im klassischen Gebrauch werden die römischen Zahlen zwischen I (Beben nicht verspürt) und XII (totale Zerstörung) auf der Europäischen Makroseismischen Skala 1998 (EMS-98) subjektiv bestimmt. Es gibt mittler-

weile auch eine instrumentelle Intensität, die unter anderem aus den an den Stationen gemessenen maximalen Bodenbeschleunigungen und -geschwindigkeiten berechnet wird. Auf diese Art gewinnt man wesentlich schneller einen Eindruck von der Verteilung der Erschütterung, als wenn man erst durch Befragung der betroffenen Bevölkerung und durch Schadensabschätzungen eine klassische Intensitätskarte erstellen muss. Die Messwerte können als Punkte auf einer Karte dargestellt werden und/oder nach Interpolation durch ineinander geschlossene Linien gleicher Intensität (siehe «*ShakeMaps*»).

Kraftbasierte Berechnungsverfahren

Gemäss Norm SIA 269/8 [72] sind kraftbasierte Berechnungsverfahren das Ersatzkraftverfahren und das Antwortspektrenverfahren. Dabei werden Auswirkungen (Schnittkräfte) mit Tragwiderständen verglichen, entsprechend dem Vorgehen gemäss SIA 261 [3].

Kulturgüterschutz

Gemäss Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS) sind der heutige Kulturgüterschutz und die einschlägigen gesetzlichen Grundlagen im bewaffneten Konflikt, namentlich in den gewaltigen zerstörerischen Auswirkungen des Zweiten Weltkriegs, begründet. 1954 wurde in Den Haag (NL) das sogenannte «Haager Abkommen für den Schutz von Kulturgut bei bewaffneten Konflikten» (HAK) verabschiedet. Die Schweiz trat 1962 dem Haager Abkommen bei und verpflichtete sich, den Schutz des Kulturguts auf ihrem Gebiet und denjenigen auf dem Hoheitsgebiet anderer Vertragspartner zu verwirklichen und zu respektieren. Im Bundesgesetz vom 6. Oktober 1966 über den Schutz der Kulturgüter bei bewaffneten Konflikten [75] wurden die Rahmenbedingungen dafür festgelegt. Die bewaffneten Konflikte in den späten 1980er- und 1990er-Jahren auf dem Balkan führten 1999 zum «Zweite(n) Protokoll zum Haager Abkommen von 1954 für den Schutz von Kulturgut bei bewaffneten Konflikten» von 1999, das die Schweiz 2004 ratifizierte und in Kraft setzte. Längst war aber erkannt, dass Kulturgüter nicht nur von Kriegsparteien, sondern auch durch Katastrophen und selbst durch Alltagsereignisse wie Wassereintrüche und Vandalenakte bedroht sind. Der Gefährdungslage angepasst, trat auf 1. Januar 2015 – nach einer Totalrevision – das Bundesgesetz über den Schutz der Kulturgüter bei bewaffneten Konflikten, bei Katastrophen und in Notlagen

(KGSG) [76] in Kraft. Über die Ausweitung auf Katastrophen und Notlagen hinaus enthält das KGSG als Neuerungen die Schutzkategorie des «Verstärkten Schutzes», die Möglichkeit zur Inbetriebnahme eines Bergungsortes für im Ausland bedrohte Kulturgüter, die Anbringung der Kulturgüterschutzschilder bereits in Friedenszeiten und die Ausbildung für Fachpersonal von kulturellen Institutionen. Auf Bundesebene liegt die Federführung für die Regelung von Massnahmen zum Schutz von Kulturgütern beim Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS) im Fachbereich Kulturgüterschutz. Als beratendes Organ steht dem Bund die Eidgenössische Kommission für Kulturgüterschutz (EKKGS) zur Seite. Eine ihrer Hauptaufgaben ist es, in Zusammenarbeit mit den Kantonen und dem Fachbereich Kulturgüterschutz des Bundesamts für Bevölkerungsschutz, das Schweizerische Inventar der Kulturgüter von nationaler und regionaler Bedeutung (sog. KGS-Inventar, siehe www.babs.admin.ch) zu führen.

Legaldefinition

- 1) Gemäss DUDEN [73] ist eine Legaldefinition eine durch ein Gesetz gegebene Begriffsbestimmung.
- 2) Eine Legaldefinition ist eine vom Gesetzgeber in ein Gesetz eingefügte inhaltliche Bestimmung eines gesetzsprachlichen Begriffs [77].

Magnitude

Gemäss Schweizerischem Erdbebendienst (SED) gibt die Magnitude Auskunft über die während eines Bebens freigesetzte Energie bzw. dessen Stärke. Grundsätzlich gilt: je grösser die Magnitude eines Erdbebens, desto stärker die dadurch ausgelösten Bodenbewegungen. Die Magnitude ist ein logarithmischer Wert. Ein Anstieg um eine Magnitude bedeutet ungefähr eine Verdreissigfachung der Energie. Die Magnitude wird in der Regel aus Aufzeichnungen (Seismogrammen) von seismischen Messgeräten (Seismometern) bestimmt. Die erste Magnitudenskala wurde 1935 vom Physiker und Seismologen Charles Richter (1900 – 1985) entwickelt. Auch heute noch wird in der Schweiz die Stärke eines Erdbebens gewöhnlich in Einheiten auf der *Richterskala* angegeben. Spürbar sind Beben ab einer Magnitude von ungefähr 2.5. Ab einer Magnitude von ungefähr 4,5 bis 5,5 sind kleine, vereinzelte Gebäudeschäden zu erwarten.

Materialität, Materie

Gemäss den «Leitsätze zur Denkmalpflege in der Schweiz» [26] sind Denkmäler bestimmt durch ihre überlieferte Materie; diese macht die Authentizität der Denkmäler aus. Die Authentizität des Denkmals, d. h. die Existenz des Denkmals in seiner möglichst vollständig überlieferten Materie mit all ihren Zeitspuren, ist Voraussetzung dafür, dass heutige, aber auch spätere Generationen seine Vielschichtigkeit erkennen und interpretieren können. In solcher Erkenntnis und Interpretation liegt die Chance zu einem vertieften und stets neuen Denkmalverständnis.

Öffentliche Interessen

- 1) Das öffentliche Interesse ist die allgemeine Voraussetzung für jede staatliche Tätigkeit. Der Staat hat das Wohl der Allgemeinheit zu schützen und zu fördern und die Anliegen der staatlichen Gemeinschaft wahrzunehmen. Inhalt und genaue Tragweite des Begriffes des öffentlichen Interesses lassen sich indessen nicht in eine einfache allgemeingültige Formel fassen. Klare Richtlinien für die Beurteilung der Frage, ob und wann ein Anliegen derart erheblich ist, dass es ein öffentliches Interesse darstellt, fehlen weitgehend [78].
- 2) So muss beispielsweise gemäss dem «Handbuch Soziales» [77] des Kantons Aargau jegliches staatliche Handeln im öffentlichen Interesse liegen. Öffentliche Interessen sind Anliegen, welche die Öffentlichkeit (verstanden als Allgemeinheit) als schützenswert und der Verwirklichung wert erachtet. Der Staat hat das Wohl der Allgemeinheit zu schützen und zu fördern und die Anliegen der staatlichen Gemeinschaft wahrzunehmen. Beim öffentlichen Interesse handelt es sich um einen unbestimmten Rechtsbegriff. Die öffentlichen Interessen sind zumeist den Ziel- und Zweckartikeln des Gesetzes zu entnehmen. Bei der Auslegung des öffentlichen Interesses kommt der zuständigen Behörde ein gewisser Beurteilungsspielraum zu. Das Vorliegen eines öffentlichen Interesses allein vermag staatliches Handeln nicht zu rechtfertigen. Dies ist erst der Fall, wenn das öffentliche Interesse gegenüber allfällig entgegenstehenden privaten oder anderen öffentlichen Interessen überwiegt.

«Out-of-plane»

Phänomen des Versagens von Mauerwerkswänden unter Beanspruchung durch Erdbebeneinwirkungen quer zur Wandebene

Probabilistische Verfahren

Gemäss Norm SIA 269 [5] darf, falls aktualisierte Verteilungen der Basisvariablen vorhanden sind, die Tragfähigkeit mit den Methoden der Zuverlässigkeitstheorie nachgewiesen werden, also unter expliziter Berücksichtigung der Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Basisvariablen. Die Bedingungen werden in Anhang B der gleichnamigen Norm erklärt.

Prospektion

- 1) Gemäss DUDEN [73] ist die Prospektion die Erkundung von Lagerstätten mittels geologischer, geochemischer o. ä. Methoden.
- 2) Gemäss Landesdenkmalpflege Baden-Württemberg (www.denkmalpflege-bw.de) versteht man unter Prospektion die planmässige Suche nach bisher unbekannt gebliebenen archäologischen Fundstellen.

Rechtliche Vermutung

Stehender Begriff: Regelt in der Rechtswissenschaft die Verteilung der Beweislast. Mittels einer Vermutung wird bei der Rechtsanwendung das Vorliegen einer bestimmten Tatsache nicht im Wege der Beweiserhebung ermittelt, sondern ihr Vorliegen wird kraft gesetzlicher Bestimmung als gegeben unterstellt (vermutet).

Relativverschiebung

Relative Verschiebung der Bauteilenden, zum Beispiel des Stützenkopfes und des Stützenfusses, bei unterschiedlichen absoluten Bewegungen an beiden Enden. Bei ganzen Bauwerken meist die Verschiebung der obersten Geschossdecke (Dachkante) relativ zum Fundament.

Restnutzungsdauer

Gemäss Norm SIA 269 [5] ist die Restnutzungsdauer die geplante Zeitdauer, während der ein bestehendes Bauwerk gemäss Nutzungsvereinbarung noch in Betrieb bleibt.

Restaurierung

Massnahme, die nach aller umsichtigen, gerechten Analyse aller historischen, kulturhistorischem und sonstigen

erhaltenswerten Schichten am Denkmal diese in einem abgewogenen Verhältnis erhält und zur Darstellung bringt und gleichzeitig in den technischen Zustand des Gesamtwerkes, da, wo es stark fehlerhaft oder gefahrdrohend ist, konsolidierend eingreift. [79]

Richterskala

Gemäss Schweizerischer Erdbebendienst SED wurde die Richterskala als erste Magnitudenskala 1935 vom Physiker und Seismologen Charles Richter entwickelt. Auch heute noch wird in der Schweiz die Stärke eines Erdbebens gewöhnlich in Einheiten auf der Richterskala angegeben (Lokalbebenmagnitude). Im Verlauf der Zeit wurde allerdings festgestellt, dass sich die Richterskala nur für Erdbeben in einem bestimmten Magnituden- und Distanzbereich eignet. Bei sehr grossen oder weit entfernten Beben kann sie die freigesetzte Energie nicht korrekt wiedergeben. Aus diesem Grund wurden weitere Magnitudenskalen entwickelt. Heute wird vornehmlich die Skala der Momentenmagnitude verwendet (vgl. «Magnitude»).

Schaden

Gemäss «Glossar der Risikobegriffe» [50] des Bundesamts für Bevölkerungsschutz (BABS) werden als Schäden die Auswirkungen als Gesamtheit aller Folgen eines Erdbebenereignisses, wenn sie negativ sind, bezeichnet. Erdbebenereignisse mit Schadensfolgen sind durch eine Vielzahl unterschiedlicher Schäden charakterisiert, wie z. B. Todesopfer, Verletzte, Evakuierte, direkte und indirekte Sachschäden, Umweltschäden und andere mehr. Schäden können in direkte und indirekte Schäden unterteilt werden. Direkte Schäden entstehen unmittelbar durch das Erdbebenereignis (Sachwerte, Todesopfer usw.), indirekte Schäden sind Folgen des Erdbebenereignisses und können örtlich und zeitlich verschoben auftreten. Typische Beispiele für indirekte Schäden sind wirtschaftliche Folgen wie Produktionsausfälle, Einnahmeausfälle oder auch der Verlust von Vertrauen in Institutionen.

Schadenspotenzial

Beim Schadenspotenzial handelt es sich um einen möglichen Schaden, der bei einem Ereignis auftreten könnte. Das Schadenspotenzial hängt von den gefährdeten Schutzgütern ab, die potenziell bei einem Ereignis betroffen sein könnten.

Schaubild

Gemäss DUDEN [73]: zeichnerische Darstellung.

Schutzgut

Gemäss «Glossar der Risikobegriffe» [50] des Bundesamts für Bevölkerungsschutz (BABS) gilt alles als Schutzgut, was aufgrund seines ideellen oder materiellen Wertes vor Schaden bewahrt werden soll. Als Schutzgüter sind insbesondere die Bevölkerung und ihre Lebensgrundlagen zu bezeichnen. Gemäss Nationale Plattform Naturgefahren (PLANAT) [80] ist ein Schutzgut folglich ein Wert, für den das Risiko auf ein akzeptables Mass zu begrenzen ist. Wesentliche Schutzgüter sind Personen, erhebliche Sachwerte, die Umwelt, eine Infrastrukturfunktion sowie kulturelle Werte.

Schutzziel

Gemäss «Glossar der Risikobegriffe» [50] des Bundesamts für Bevölkerungsschutz (BABS) beschreibt das Schutzziel den angestrebten Sicherheitszustand. Damit wird die Grenze zwischen akzeptierbaren und nicht akzeptierbaren Risiken bezeichnet. Mit dem Schutzziel ist also das Niveau an Sicherheit festgelegt, das bestimmte Verantwortungsträger in ihrem Verantwortungsbereich grundsätzlich anstreben. In der Praxis dient das Schutzziel auch als Überprüfungskriterium zur Beurteilung des Handlungsbedarfs für die Erreichung der angestrebten Sicherheit.

Schwerelasten

Schwerelasten sind vertikale Lasten, wie das Eigengewicht des Tragwerks, Auflasten, die Nutz- oder Schneelasten.

Sekundäre Bauteile

Gemäss Norm SIA 260 [6] sind sekundäre Bauteile solche Bauteile, die nicht Bestandteil des Tragwerks sind (wie beispielsweise Fassadenelemente, Trenn- und Zwischenwände, Bedachungen, Beläge und Unterlagsböden, Geländer, Brüstungen, untergehängte Decken, Isolationen und Abdichtungen), sowie ortsfeste Einrichtungen (z. B. Aufzüge und Rolltreppen, technische Anlagen für Heizung, Lüftung, Sanitär und Klima, Elektroanlagen).

ShakeMaps

Der Schweizerische Erdbebendienst (SED) veröffentlicht für jedes Erdbeben ab einer Magnitude von 2,5 eine ShakeMap. Dabei handelt es sich um eine schnelle Abschätzung der von einem Beben erzeugten Bodenbewegung und den damit verbundenen Auswirkungen. ShakeMaps bilden wesentlich mehr Informationen ab als herkömmliche Erdbebenkarten, die nur das Epizentrum und die Magnitude zeigen.

Stützenmechanismus

Ein erdbebengerecht entworfenes Tragwerk weist kein weiches Erdgeschoss (oder weiche Obergeschosse) auf. Denn Aussteifungselemente, die in den Obergeschossen vorhanden sind und im Erdgeschoss nur durch relativ dünne Stützen ersetzt werden, bewirken ein in horizontaler Richtung weiches Erdgeschoss und führen zum Stützenmechanismus. Dieser Mechanismus kann mit dem Einstürzen eines «Kartenhauses» veranschaulicht werden und das Wegkippen eines einzelnen Stockwerks oder auch mehrerer Stockwerke bedeuten.

Tragsystem

Gemäss Norm SIA 260 [6] wird mit Tragsystem die Anordnung der Bauteile eines Tragwerks sowie die Art ihres Zusammenwirkens bezeichnet.

Tragwerk

Gemäss Norm SIA 260 [6] wird mit Tragwerk die Gesamtheit der Bauteile und des Baugrunds, die für das Gleichgewicht und die Formhaltung eines Bauwerks notwendig sind, bezeichnet.

Tragwerksmodell

Gemäss Norm SIA 260 [6] stellt das Tragwerksmodell die für die Tragwerksanalyse vorgenommene Abgrenzung und Idealisierung des Tragsystems dar.

Torsion

Jedes Gebäude hat im Grundriss ein Massenzentrum M («Schwerpunkt» aller Massen), in dem die wirkenden Trägheitskräfte beim Erdbeben wirken angenommen werden, und ein entsprechendes Steifigkeitszentrum S («Schwerpunkt» der Biege- bzw. Rahmensteifigkeiten aller vertikaler gegen horizontale Einwirkungen aussteifende Tragelemente in Richtung der beiden Hauptachsen, auch «Schubmittelpunkt» genannt). Wenn das Massenzentrum nicht im Steifigkeitszentrum liegt, entsteht bei Erdbeben/unter Erdbebeneinwirkungen Torsion und das Gebäude verdreht sich im Grundriss um das Steifigkeitszentrum. Die Verdrehung bewirkt vor allem bei den am weitesten vom Steifigkeitszentrum entfernten Stützen grosse Relativverschiebungen zwischen deren Fuss und Kopf, die oft bald zum Versagen führen. Daher muss das Widerstandszentrum im oder nahe beim Massenzentrum liegen, und es muss ein genügender Torsionswiderstand vorhanden sein. Beides wird erreicht durch eine weitgehend symmetrische Anordnung der Aussteifungen möglichst entlang der Gebäuderänder oder jedenfalls mit beträchtlichen Abständen zum Massenzentrum.

Überprüfungsbeben

Das «Überprüfungsbeben», also der Überprüfungsbebenwert der horizontalen Bodenbeschleunigung, sowie die Baugrundklasse und die Parameterwerte der Antwortspektren, entspricht im Allgemeinen dem *Bemessungsbeben* für Neubauten und ist gemäss SIA 261 [3] zu bestimmen. Alternativ kann ein standortspezifisches Antwortspektrum durch eine bodendynamische Untersuchung bestimmt werden.

Unbestimmter Rechtsbegriff

Ein unbestimmter Rechtsbegriff liegt vor, wenn der Rechtssatz die Voraussetzungen der Rechtsfolge oder die Rechtsfolge selbst in offener, unbestimmter Weise umschreibt (z. B. «Gefährdung der Sittlichkeit», «Eignung» einer Bewerberin). Die unbestimmten Rechtsbegriffe sind der Auslegung zugänglich. Diese Auslegung durch die Verwaltungsbehörden kann von den Verwaltungsgerichten grundsätzlich überprüft werden [78].

Untergrund(-beschaffenheit)

Die Untergrundbeschaffenheit ist die Bodenbeschaffenheit, also der Baugrund an einem bestimmten geografi-

schen Standort. Eine Übersicht der Baugrundklassen nach der Norm SIA 261 besteht in manchen Kantonen in Form von Karten. (map.geo.admin.ch > *Geokatalog* > *Natur und Umwelt* > *Naturbedingte Risiken* > *Seismische Baugrundklassen*).

Verhaltensbeiwert

Gemäss Norm SIA 261 [3] ist der Verhaltensbeiwert ein Beiwert zur Berücksichtigung des Verformungsvermögens eines Tragwerks unter Erdbebeneinwirkung. Der Verhaltensbeiwert q hängt vom plastischen Verformungsvermögen, der Überfestigkeit und dem *Energie-dissipationsvermögen* des Tragwerks ab und ist gemäss den Angaben der Normen SIA 262 bis 267 [81] [82] [83] [84] [85] [86] in Rechnung zu stellen. Je nach Grösse des Verhaltensbeiwerts q wird zwischen nicht duktilem und duktilem Tragwerksverhalten unterschieden. Erfolgt die Bemessung nach dem duktilen Tragwerksverhalten, sind die in den Normen SIA 262 bis 267 aufgeführten/enthaltenen Bestimmungen für die Konzeption und die konstruktive Durchbildung einzuhalten.

Verletzbarkeit

Die Verletzbarkeit beschreibt die zu erwartenden Schäden an einem bestimmten Bauwerk mit seinen Eigenschaften bezüglich Gestaltung, Konstruktionsweise, Baustoffe usw.

Werte

Siehe «Schutzgut»

Wiederkehrperiode

Gemäss Nationale Plattform Naturgefahren (PLANAT) [87] auch Jährlichkeit: Durchschnittliche Anzahl Jahre, die zwischen zwei vergleichbaren Ereignissen – gleiche Intensität, am gleichen Ort (oder im gleichen geographischen Gebiet) – liegen. Bei der Jährlichkeit handelt es sich um einen rein statistischen Wert, der keine Aussage macht über die effektive Anzahl Jahre zwischen zwei Ereignissen. Auch bei einer relativ seltenen Jährlichkeit muss mit einem Naturereignis gerechnet werden: Bei einer Wiederkehrperiode von 300 Jahren besteht eine Wahrscheinlichkeit von 15 Prozent, dass das Ereignis in den nächsten 50 Jahren wieder eintritt. Dies entspricht der Wahrscheinlichkeit, mit einem normalen Würfel bei einem Wurf eine 6 zu würfeln.

Zeugniswert

Gemäss den Leitsätzen zur Denkmalpflege in der Schweiz [26] der Wert des Denkmals als die Summe mehrerer Eigenschaften. Dazu gehören beispielsweise die kulturelle Bedeutung, die historische Nutzung, die Aussage über eine bestimmte soziale Schicht, über Einzelpersonen oder Körperschaften, die handwerkliche oder künstlerische Qualität, die Stellung innerhalb einer Siedlung oder in der Landschaft. Geschichtlichen Zeugnissen unlängst vergangener Zeit kann gleichrangiger Denkmalwert zukommen wie älteren Objekten. Die älteren Teile eines Denkmals sind nicht von vornherein wertvoller als die jüngeren; auch frühere Restaurierungen können zu den historisch bedeutsamen Zeugnissen gehören. Sie sind entsprechend zu würdigen und zu behandeln. Die Denkmaleigenschaft besteht unabhängig von der Aufnahme in ein Inventar oder von der Erwähnung in wissenschaftlichen Arbeiten. Ein schlechter Erhaltungszustand beeinträchtigt die Denkmaleigenschaft nicht. Der geschichtliche Zeugniswert des Denkmals kann selbst durch einen Ersatz von hoher gestalterischer Qualität nicht aufgewogen werden.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Schweizerischer Erdbebendienst SED, Earthquake Catalog of Switzerland 2009 (ECOS-09), <http://ecos09.seismo.ethz.ch/index.html> (August 2020).

Abb. 2: (links) [1], (rechts) <https://map.geo.admin.ch> > BAFU (auswählen bei «Thema wechseln») > Naturgefahren > Erdbeben > Erdbebenzonen SIA 261.

Abb. 3: (beide Fotos) Crealp, Sion.

Abb. 4: [2].

Abb. 5 bis 11: Friederike Braune, BAFU.

Tab. 1 und 2: Friederike Braune, BAFU.

Wissensbox 2:

Abb. W2.1: (links) [99], (Mitte) <https://sfpublicpress.org/city-struggles-to-move-beyond-piecemeal-approach-to-earthquake-retrofitting> (August 2020), (rechts) Friederike Braune, BAFU.

Abb. W2.2: (links) [99], (Mitte) [98], (rechts) Friederike Braune, BAFU.

Abb. W2.3: (links) [99], (Mitte) SGEB Erkundungsmission 2012 (Blaise Duvernay), (rechts) Friederike Braune, BAFU.

Wissensbox 16:

Friederike Braune, BAFU.

Wissensbox 17:

Abb. W17.1: (links) [98], (Mitte und rechts) Friederike Braune, BAFU.

Abb. W17.2: (links) www.republik.ch/2018/08/28/sinnliche-erfahrung-im-oeffentlichen-raum (August 2020), (Mitte und rechts) Friederike Braune, BAFU.

Abb. W17.3: (links) [99], (Mitte und rechts) Friederike Braune, BAFU.

Abb. W17.4: (links) [101], (Mitte und rechts) Friederike Braune, BAFU.

Abb. W17.5: [99].

Anhang:

Abb. A1.1 bis A1.4: [51].

Abb. A1.5 bis A1.7: Friederike Braune, BAFU.

Abb. A1.8: [51].

Abb. A2.1 bis A2.3: [62].

Abb. A2.4: Friederike Braune, BAFU.

Abb. A3.1 bis A3.3: [65].