



## ***ERDBEBENSICHERHEIT***



Trotz mässiger bis mittlerer Erdbebengefährdung in der Schweiz sind Erdbeben mit zu erwartenden Schäden zwischen 7 und 60 Milliarden Franken möglich. Der Bund will die Erdbebenvorsorge in seinem Zuständigkeitsbereich weiter stärken: An seiner Sitzung vom 11. Dezember 2020 hat der Bundesrat die Tätigkeiten der Periode 2017 bis 2020 zur Kenntnis genommen und das Massnahmenprogramm 2021 bis 2024 aktualisiert. Zu den Schwerpunkten gehören die Intensivierung der Zusammenarbeit mit den Kantonen, die Weiterentwicklung der vorsorglichen Planungen im Falle eines Erdbebens sowie die Qualitätssicherung beim erdbebengerechten Bauen im Zuständigkeitsbereich des Bundes. In der ISO 14001 Norm hat sich zudem ein international anerkannter Standard für Umweltmanagementsysteme, basierend auf zwei wesentlichen Prinzipien, etabliert:

- Kontinuierliche Verbesserung der Umweltleistungen.
- Einhaltung der relevanten Umweltvorschriften, worunter auch die Vorschriften und Empfehlungen zur Erdbebensicherheit fallen.



## Einleitung

Seit 1989 bestehen in der Schweiz SIA Normen über erdbebensicheres Bauen. Damit will man bewirken, dass ein Gebäude auch bei einem sehr starken Erdbeben nicht einstürzt oder dass sich nur minimale Schäden ergeben können.

Im Neubau liegen die Mehrkosten zur Erfüllung der Norm für erdbebensicheres Bauen unter 1% der Neubaukosten. Dass es in wenigen Kantonen Behördenkontrollen gibt, zeigt, dass die Bedeutung der geltenden Normen für erdbebensicheres Bauen unterschätzt oder gar ignoriert wird.

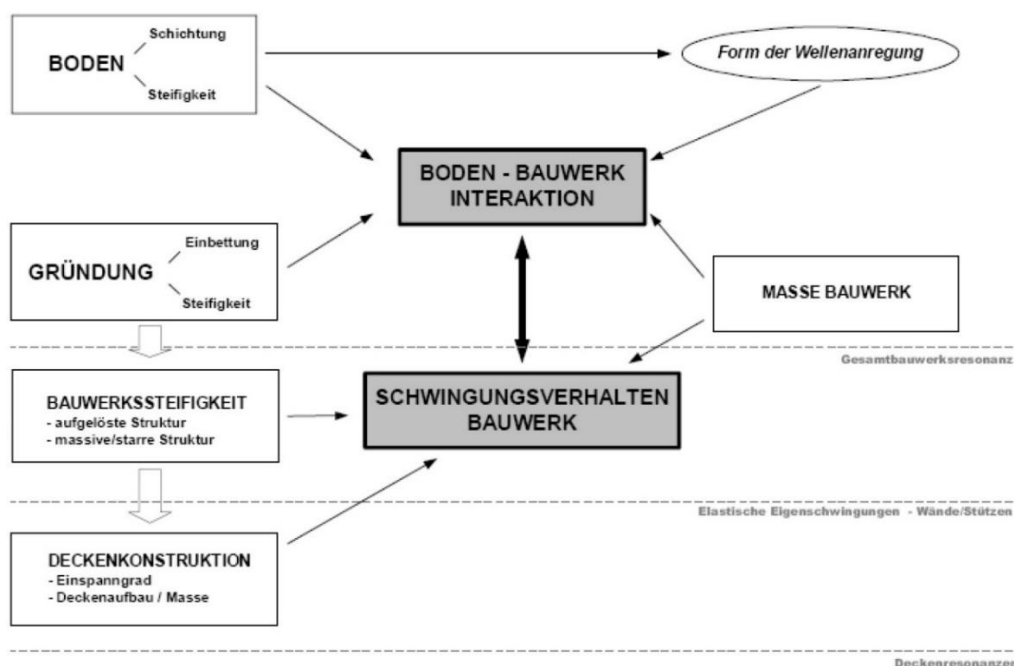
Ein grosser Teil des Baubestandes entstand vor der Einführung der Erdbebennormen. Dieser weist eine unbekanntere Erdbebensicherheit auf.

Die «Stiftung für Baudynamik und Erdbebeningenieurwesen» sowie das «Bundesamt für Umwelt BAFU» empfehlen deshalb, vor allem jene Einrichtungen und Gebäude so schnell wie möglich zu überprüfen, die bei einer Beschädigung grosse Folgeschäden nach sich ziehen und eine Überprüfung der Erdbebensicherheit vorzunehmen. Dies soll spätestens dann erfolgen, wenn ein Umbau oder eine Erneuerung des Gebäudes ansteht.

Als Grundlage zur Verbesserung der Erdbebensicherheit von Bauwerken dient ein Konzept, das auf die betrieblichen Bedingungen des Objektes und auf die Zielsetzung des Eigentümers abgestimmt ist.

## Überprüfung der Erdbebensicherheit

Die Überprüfung der Erdbebensicherheit eines bestehenden Gebäudes ist eine anspruchsvolle Aufgabe. Sie wird durch einen spezialisierten Erdbebeningenieur ausgeführt. Die Kosten für die Überprüfung der Erdbebensicherheit betragen zwischen 500 und mehreren tausend Franken. Gestützt auf das SIA Merkblatt 2018 bilden die Kriterien der Verhältnismässigkeit und der Zumutbarkeit eine klare, kostenorientierte Entscheidungsgrundlage, um allfällige Massnahmen einzustufen.





In der Entscheidungsgrundlage sind der Baugrund, die Erdbebengefährdungszone, die Gebäudenutzung und die Konstruktionsart des Bauwerks berücksichtigt. Aus den Kriterien zur Gewichtung des Gefährdungsrisikos wird der Erfüllungsfaktor abgeleitet, der angibt, wie die Erdbebensicherheit in Prozent erfüllt wird. Der minimal erforderliche Erfüllungsfaktor für Wohnbauten beträgt 25%. Damit ist das Risiko mit Todesfallwahrscheinlichkeit unter 1:100'000.

Seit dem ersten Bundesratsbeschluss zur „Erdbebenvorsorge“ haben die Bau- und Liegenschaftsorgane des Bundes BLO ein Erdbebenrisikomanagement aufgebaut. Bis heute wurde das Inventar der Erdbebensicherheit der wichtigen Bauten und Anlagen des Bundes und die Kontrolle der Einhaltung der Erdbebenvorschriften der SIA Tragwerksnormen bei den Bauprojekten des Bundes eingeführt, standardisiert und systematisiert.

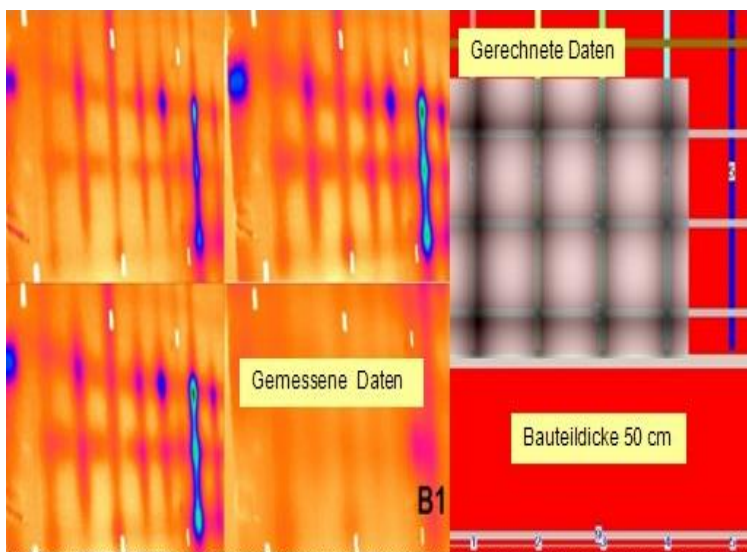
## **Beschaffung von Informationen**

Damit der Ingenieur den Erfüllungsfaktor objektiv bestimmen kann, sind zuverlässige Angaben zur Bewehrung (Anzahl Bewehrungsstäbe, Lage der Bewehrung und Durchmesser) notwendig. Die Informationen werden heute bei fehlenden oder bei unzuverlässigen Planunterlagen zerstörungsfrei beschafft.

Weil z.B. bei Garagen, Einstellhallen oder Industriegebäuden oft durch die Optimierung der Raumnutzung die kleinste Bauhöhe mit freiem Durchgang angestrebt wird, empfiehlt es sich, die Stützenkopfverankerung und die Krafteinleitung von einer Decke in die Stütze objektiv zu überprüfen.

Decken von Einstellhallen nehmen in Bezug auf die Sicherheit eine Sonderstellung ein, weil diese oft neben dem eigentlichen Gebäude liegen, mit Erde bedeckt sind, Wege oder Strassen darüber hinweg führen oder als Kinderspielplatz genutzt werden. Während eine zu grosse Belastung alleine in aller Regel nicht zum Versagen eines Bauteils führt, erhöht das gleichzeitige Auftreten verschiedener Faktoren (Korrosion, Nutzungsänderung, Brand) die Gefahr des Bauteilversagens.

In der Nutzung einer Einstellhallendecke liegt ein erhebliches Gefahrenpotenzial, weil sich ein Versagen der tragenden Konstruktion beim gleichzeitigen Einwirken mehrerer Minderungsfaktoren nicht ankündigt, aber zum plötzlichen Einsturz der Decke führen kann.



Auf der rechten Seite im Bild ist das Raster der schlaffen Bewehrung dargestellt.

Das effektive Messresultat ist auf der linken Seite zu sehen. Die hellen Markierungen stellen das Messraster dar und die dunklen Streifen zeigen die effektive Lage der Bewehrung oder der Spannstähle.

Der geplante und der ausgeführte Zustand lassen sich mit den heute verfügbaren Mitteln vergleichen.

Auch wenn jede Art der Nutzung einer Einstellhallendecke vertraglich klar geregelt ist, um Fehlverhalten der Benutzer zu



vermeiden, ist der Ingenieur verpflichtet, bei der Bemessung des Tragwiderstandes in Flachdecken besondere Sorgfalt anzuwenden und der Krafteinleitung von der Decke in die Stützen höchste Bedeutung beizumessen. Eine zu optimistische oder falsche Bemessung dieser Zone kann zu einem Durchstanzversagen führen.

## Handeln vor einem Schaden

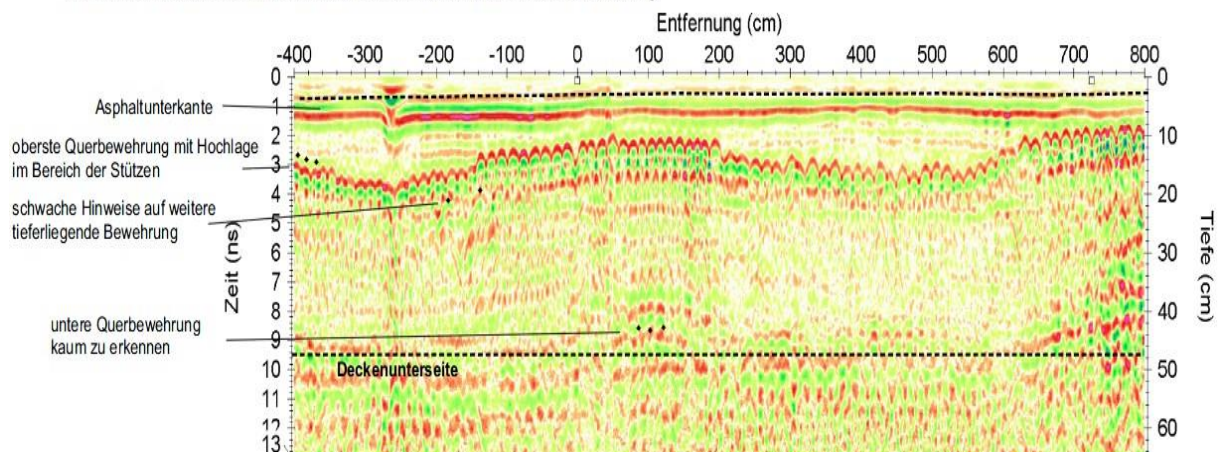
Die vom SIA erstellten Dokumentationen zum „Durchstanzversagen“ zeigen, wie bei einer Überprüfung von Einstellhallen vorzugehen ist, oder was bei einer Neuprojektierung speziell zu beachten ist. Die Dokumentationen sind an das SIA- Normenprojekt 269 "Erhaltung von Tragwerken" angelehnt und dienen dem Architekten, Ersteller, Werkeigentümer oder Versicherer sich der Gefahren bewusst zu werden. Zudem werden Werkeigentümer auf ihre Pflicht, das Bauwerk periodisch zu überprüfen, aufmerksam gemacht.

## Zerstörungsfrei messen

In Stahlbetonkonstruktionen genügen visuelle Besichtigungen nicht, weil Decken oder Bauteilverbindungen, auch wenn sie gut aussehen, wegen sprödem Versagen ein hohes Gefahrenpotenzial darstellen. Zur Überprüfung einer bestehenden Konstruktion benötigt der qualifizierte Bauingenieur zerstörungsfreie Messverfahren, welche den effektiven Zustand im Objekt objektiv sichtbar machen.



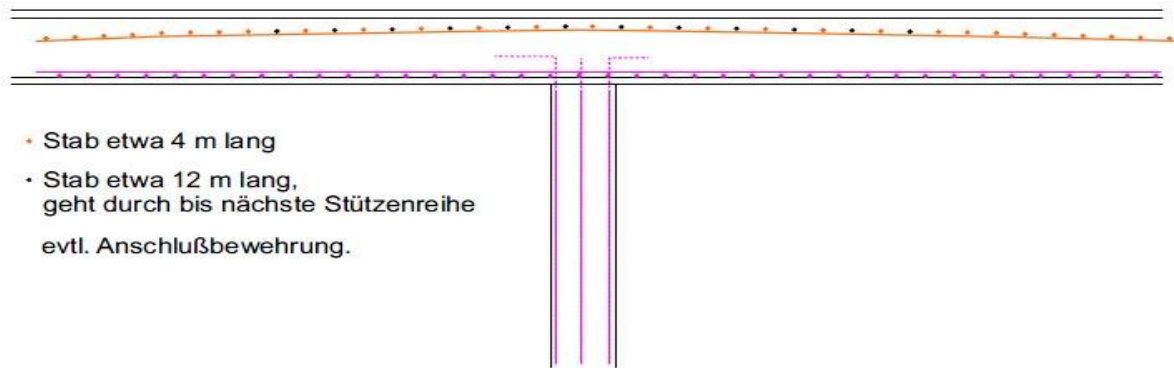
Meßlinie an Deckenoberseite von Nord nach Süd direkt über zwei Stützen hinweg:





Damit der Ingenieur eine objektive Beurteilung einer Konstruktion durchführen kann, dienen ihm im Falle von bestehenden Bauwerken neben den Planunterlagen auch am Objekt aufgenommene Messresultate.

Im Stützenbereich werden überlappende Eisen oder der Verlauf der Anschlusseisen detailliert sichtbar, sodass die Erdbebensicherheit auf effektiven Grundlagen nachgewiesen werden kann.



Alle für den Ingenieur wichtigen Informationen wie die Bauteildicke, die Anzahl, die Lage oder die Durchmesser der Bewehrungen, sowie Aussagen zu Anschlusseisen oder zur Stützenkopferankerung werden weitestgehend zerstörungsfrei am Objekt in kurzer Zeit ermittelt.

## **Bauliche Massnahmen**

Bei „weichen Erdgeschossen“, also bei Bauwerken, die mehrheitlich auf Stützen stehen, wird die Aussteifung mit Betonscheiben erreicht, die das Einknicken der Stützen verhindert.

Bei mehrgeschossigen Skelettbauten werden Aussteifungswände über alle Geschosse eingebaut und mit den Geschossdecken verbunden. In der Regel genügen zwei Wandscheiben pro Haupttragrichtung.

Verstärkende Wandscheiben können auch ausserhalb des Gebäudes erstellt werden, was am einfachsten in Kombination mit der Erneuerung der Gebäudehülle umgesetzt wird. So werden die Erdbebensicherheit und die erhöhten Anforderungen an die Wärmedämmung im Rahmen der Energiewende in einem Arbeitsschritt geplant und umgesetzt, was sich kostenschonend auswirkt.

Gebäude, die mit gemauerten Wänden erstellt sind, können zwar hohe Drucklasten aufnehmen, aber keine seitlichen oder diagonal angreifenden Kräfte. Sie werden durch ein Stahlfachwerk, durch Lamellen aus Kohlefasern oder durch Stahllamellen verstärkt. Selbstverständlich ist es unabdingbar, dass die Lamellen sorgfältig montiert und mit den Geschossdecken verankert werden, sonst ist die Versteifung wirkungslos.

Aufwändig werden Massnahmen, wenn das Fundament oder ganze Geschossdecken verstärkt werden müssen.

Die Kosten für die Verbesserung der Erdbebensicherheit bei bestehenden Gebäuden liegen zwischen 1 und 20% des Gebäudewertes.

Die «Stiftung für Baudynamik und Erdbebeningenieurwesen» und das «Bundesamt für Umwelt BAFU» haben zwei Faltblätter zu diesem Thema herausgegeben.

***Erdbeben sind auch in der Schweiz möglich, weshalb sich die Frage stellt, wer bei Erdbebenschäden in welcher Form haftet.***



Bauvorschriften helfen im Falle eines starken Erdbebens, die Schäden so weit möglich einzugrenzen. Dadurch kann eine ungenügende Erdbebensicherheit in einem Gebäude empfindliche privatrechtliche als auch strafrechtliche Folgen haben.

## **Haftung des Architekten oder Bauingenieurs**

Architekten und Bauingenieure sind aufgrund der allgemeinen Sorgfaltspflicht verpflichtet, die anerkannten Regeln der Baukunde einzuhalten. Aufgrund der SIA-Normen muss die Erdbebensicherheit eines Gebäudes überprüft und wenn nötig verbessert werden. Wenn diese Normen von Architekten oder Bauingenieuren nicht eingehalten werden, können diese haftbar gemacht werden. Dies gilt selbst dann, wenn die SIA-Normen nicht ausdrücklich zum Vertragsbestandteil erhoben wurden, oder gar ausdrücklich ausgeschlossen wurden.

## **Haftung des Hauseigentümers**

Wenn sich jedoch der jeweilige Hauseigentümer bei einem Neu- bzw. Umbau weigert, die entsprechenden SIA-Normen zur Erdbebensicherheit einzuhalten, haftet er persönlich für die Schäden aus Erdbeben. In einem solchen Fall wird der Architekt bzw. Bauingenieur regelmässig eine schriftliche Bestätigung dieses Entscheids vom Eigentümer verlangen oder ihn abmahnen. Die grundsätzliche Schadenersatzpflicht des Architekten oder Ingenieurs wird dadurch nicht in jedem Falle ausgeschlossen, kann jedoch zumindest gemindert werden. Der Hauseigentümer übernimmt damit ein Risiko. Aufgrund der Werkeigentümerhaftung wird eine fehlende Erdbebensicherheit eines Gebäudes im Falle eines Neubaus als fehlerhafte Anlage, bei einem Altbau als mangelhafter Unterhalt erachtet, weshalb der Hauseigentümer belangt werden kann.

## **Verbindlichkeitsklausel SIA**

Der Verbindlichkeitsgrad der SIA-Normen ist zwar umstritten, es ist jedoch davon auszugehen, dass im Streitfall ein Gericht die Bestimmungen der SIA-Normen zur Erdbebensicherheit als anerkannte Regeln der Baukunde betrachten wird. Der Richter prüft somit nach dem Schadensereignis, ob die Anforderungen der SIA-Normen für erdbebensicheres Bauen erfüllt wurden oder nicht. Dabei wendet das Gericht die neuesten Normen an. Selbst ältere Häuser und Anlagen sollten dann den heutigen Anforderungen entsprechen, unabhängig von der Tatsache, dass diese im Zeitpunkt ihrer Erstellung noch nicht gefordert, oder nicht so streng geprüft wurden. Für den Hauseigentümer kann somit durchaus eine periodische Sicherheitsprüfung sinnvoll sein. Das Gericht gewährt den Eigentümern eine angemessene vernünftige Reaktionsfrist, um ihre Gebäude an die neuesten Bestimmungen anzupassen. Dabei gestattet das Gesetz auch Wirtschaftlichkeitsüberlegungen, wohingegen bei der statischen Sicherheit - insbesondere bei der Erdbebensicherheit - jedoch ein strengerer Massstab an die aus Sicherheitsgründen zu treffenden Massnahmen angewendet wird.

## **Juristische Verantwortung**

Im Falle eines Erdbebens könnten die mangelhaften Bauten im schlimmsten Falle zu einem Todesfall führen. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage der Strafbarkeit aufgrund einer fahrlässigen Tötung. Auch eine fahrlässige schwere Körperverletzung, verursacht durch das mangelhafte Gebäude als Folge eines Erdbebens, wäre denkbar. Ebenfalls eine Bestrafung wegen Gefährdung durch eine Verletzung der Regeln der Baukunde ist möglich. Die Rechtsprechung ist jedoch zurückhaltend mit der strafrechtlichen Verurteilung von Hauseigentümern.



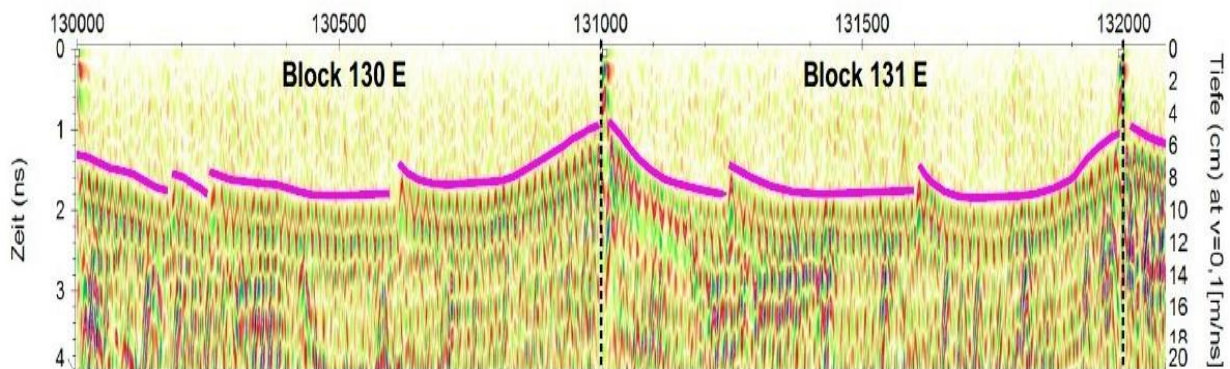
Es wird allen Eigentümern und Besitzern von Tiefgaragen und Einstellhallen empfohlen, ihre Bauten und Anlagen zu überprüfen. Zu diesem Zweck hat der SIA ein Faltblatt mit dem Titel «Erhaltung von Tragwerken» herausgegeben. Schliesslich liegt die Haftung bei einem Unfall beim Eigentümer, was sowohl zivil- als auch strafrechtliche Konsequenzen haben kann.

## **Professionelle Messtechnik aus einer Hand**

Weil der Einsatz der zerstörungsfreien Messverfahren technisch anspruchsvoll ist, grosse Erfahrung braucht und die Geräte sehr kostspielig sind, bieten wir das „Bauteil- und Bauwerkscanning“ als Dienstleistung an.

Wir zeigen im Erdreich verlegte Leitungen, liefern einen Einblick in Stützbauwerke, lokalisieren Hohlräume im Betonmauern, oder zeigen den Verlauf von einbetonierten Spannkabeln.

### **EFFIZIENT - SICHER - UNBESTECHLICH - NEUTRAL**



**Wir zeigen Ihnen, wie Sie erhöhte Risiken gezielt vermeiden, die Durchstanz-Sicherheit nachweisen und Einbauten im Beton sichtbar machen.**