

Notiz

Erdbebenüberprüfung Gotthelfschulhaus - Altbau Stufe 3: Detaillierte Überprüfung

Verteiler	Bernhard Mäusli
Dokument	AN_utzen_eqsch_stufe3_gs_20230929
Verfasser	Andreas Gemperle, Nicholas Keller-Rordorf Risk&Safety AG, Bahnhofstrasse 92, Postfach, 5001 Aarau
Datum	29. September 2023 / Version 1.0

1 Ausgangslage und Auftrag

Beim Gotthelfschulhaus in Utzenstorf sind kleinere Bauvorhaben geplant. Für Schulhäuser im Kanton Bern muss bei Eingabe eines Baugesuchs immer eine Überprüfung der Erdbebensicherheit gemäss Norm SIA 269/8 (2017), Erhaltung von Tragwerken – Erdbeben vorliegen.

Aufgrund der generellen Überprüfung (Stufe 2) wurde entschieden, dass für die Gebäudeteile des Gotthelfschulhauses eine weiterführende, detaillierte Überprüfung (Stufe 3) der Erdbebensicherheit (Stufe 3) nach Norm SIA 269 (2011) sowie 269/8 (2017) durchgeführt werden soll.

2 Grundlagen

2.1 Normen, Richtlinien und Literatur

- Norm SIA 269/8 (2017), Erhaltung von Tragwerken – Erdbeben
- Norm SIA 261 (2020), Einwirkungen auf Tragwerke
- Norm SIA 266 (2015), Mauerwerk
- BAFU Anwendungshilfe (2021), Überprüfung des Tragwiderstands von Mauerwerkswänden quer zur Wandebene unter Erdbebeneinwirkung

2.2 Pläne und sonstige Bauwerksakten

- Diverse Architektenpläne, Enggist + König AG, 2002
- Diverse Architektenpläne, E. Bechstein Architekt, 1953
- Diverse Ingenieurpläne, R. Schulthess, 1953
- Diverse Ingenieurpläne, Steiner +Buschor Ingenieurbüro, 1967

2.3 Begehungen, Sondierungen und Materialprüfungen

Am 05. Dezember 2022 und 27. Februar 2023 wurden von der Risk&Safety AG je eine Begehung des Gebäudes durchgeführt. Bei den Begehungen wurde punktuell die Übereinstimmung der vorhandenen Pläne mit den Gegebenheiten vor Ort überprüft. Es wurden keine Materialprüfungen oder sonstige Sondagen vorgenommen.

Am 21. Juni 2023 wurden einzelne Sondagen zur Bestimmung des Wand- und Deckenaufbaus sowie der Fugenausbildungen vorgenommen.

Im Rahmen der Planrecherche zur Mehrzweckhalle bei Bill Weyermann und Partner AG wurden auch Ausführungspläne (Ingenieurpläne) vom Gotthelfschulhaus sowie des Anbaus gefunden.

3 Beschrieb des Gebäudes und Tragwerkskonzept

Das Gotthelfschulhaus, ursprünglich bestehend aus dem alten Hallentrakt und dem Altbau (Aula- und Klassentrakt), wurde ca. 1953 erbaut und in den 1990er Jahren erweitert. Der Gebäudekomplex lässt sich in sieben Gebäudeteile unterteilen (vgl. Anhang A).

Alter Hallentrakt – Turnhalle

Zweigeschossige Turnhalle mit den Grundabmessungen von ca. 12 x 24 m. Im Untergeschoss und Erdgeschoss befindet sich jeweils ein Sportfeld. Die Wände im Untergeschoss sind als Betonwände ausgebildet. Bei der Decke über dem UG handelt es sich um eine Betonrippendecke. Bei der über zwei Geschosse reichenden Turnhalle im Erdgeschoss sind drei der Wände in Mauerwerk ausgebildet. Die vierte Seite besteht aus betonierten Stützen. Bei der Dachkonstruktion handelt es sich um eine Holzbalkendecke mit darüberliegendem Giebeldach.

Alter Hallentrakt – Garderobe/Entrée

Der Garderoben/Entrée-Trakt ist ein viergeschossiger (inkl. Dachgeschoss) Bau in Massivbauweise. Im Untergeschoss sind die Aussenwände und Stützen sowie die Decken in Ortbeton ausgeführt. Bei den Innenwänden handelt es sich um Mauerwerkswände aus Kalksandstein. Die Wände im Erd- und Obergeschoss sind aus Backstein-Mauerwerk. Die Decken sowie die Stützen sind in Ort- resp. Fertigbeton erstellt. Das Giebeldach ist aus Holz erstellt. Im UG befinden sich Keller- und Technikräume. Das Erdgeschoss beherbergt die Garderoben und Toiletten der Turnhalle sowie

einen grossen Eingangsbereich. Im Obergeschoss befindet sich ein Klassenzimmer sowie Räumlichkeiten für die Lehrer. Das Dachgeschoss ist nicht ausgebaut.

Altbau – Aula

Beim Gebäudeteil Aula handelt es sich um einen viergeschossigen, im Grundriss rechteckigen Gebäudeteil in Massivbauweise. Die Wände und Stütze sind aus Mauerwerk resp. Beton ausgebildet. Bei der Decke über EG im Bereich der Bibliothek und Teilen des Korridors handelt es sich um eine Kassettendecke in Ortbetonbauweise. Bei der Decke über OG im Bereich der Aula wurde die Decke als Holzbalkendecke ausgeführt. Bei den restlichen Decken handelt es sich um Flachdecken aus Ortbeton. Gemäss den vorliegenden Plangrundlagen wurde der Gebäudeteil über eine Dilatationsfuge vom Gebäudeteil «Altbau - Klassentrakt» abgetrennt. Die vertikale und horizontale Lastabtragung erfolgt über die Decken und Wände in den Untergrund.

Altbau - Klassentrakt

Beim Klassentrakt handelt es sich um einen viergeschossigen (inkl. Dachstock), im Grundriss rechteckigen Gebäudeteil in Massivbauweise. Die Wände sind aus Mauerwerk und die Decken in Ortbetonbauweise erstellt. Gemäss den vorliegenden Plangrundlagen wurde der Gebäudeteil über eine Dilatationsfuge vom Gebäudeteil «Altbau - Aula» abgetrennt. Die vertikale und horizontale Lastabtragung erfolgt über die Decken und Wände in den Untergrund.

Anbau

Beim Anbau handelt es sich um einen viergeschossigen (inkl. Dachstock) im Grundriss rechteckigen Anbau in Massivbauweise. Die Wände und Stützen sind in Ortbeton resp. Mauerwerk ausgeführt. Die Decken wurden als Ortbetondecken gebaut. Die vertikale Lastabtragung erfolgt über die Decken, Wände und Stützen. Gemäss den vorliegenden Grundlagen wurde der Anbau aus statischer Sicht nicht mit dem bestehenden Gebäudeteil «Altbau – Klassentrakt» verbunden.

Neuer Hallentrakt - Pausenhalle/Geräte/Garderoben

Der Gebäudeteil Pausenhalle/Geräte/Garderoben ist ein dreigeschossiges Bauwerk mit einem Grundriss von ca. 20 x 60 m und einer Höhe von ca. 11 m. Im Untergeschoss befinden sich Truppenunterkunftsräume. Im Erdgeschoss sind die Geräteräume, die WC-Anlage, diverse Zimmer sowie die Pausenhalle untergebracht. Im Obergeschoss befindet sich das Lehrerzimmer, Garderoben, Duschen, die Zuschauertribüne sowie Unterrichtsräume. Die Bodenplatte, die Wände im UG sowie die Decke über UG sind in Ortbetonbauweise ausgeführt. Im Erdgeschoss sind die Wände aus Mauerwerk und Ortbeton erstellt. Die Decke über EG im Bereich Geräteräume, Korridor und Unterrichtsräumen ist als Flachdecke in Ortbeton ausgebildet. Im Bereich der Pausenhalle wurde ein Glasgiebeldach auf Stahlträgern und Stahlstützen erstellt. Die Wände im Obergeschoss sind aus Mauerwerk und Ortbeton erstellt. Bei der Decke über OG im Bereich der Garderoben und Klassenräume handelt es sich um ein gewölbtes Dach aus vorgefertigten Betonelementen. In den Bereichen der Zuschauertribüne und den Korridoren ist die Decke als Flachdecke in Ortbeton erstellt.

Neuer Hallentrakt - Dreifachhalle

Bei der Dreifachturnhalle handelt es sich um ein zweigeschossiges Bauwerk mit einem rechteckigen Grundriss von ca. 23 x 53 m und einer Höhe von knapp 14 m. Im Untergeschoss befindet sich die Zivilschutzanlage. Im Erd-/Obergeschoss ist die Dreifachturnhalle inkl. Bühne untergebracht. Die Bodenplatte, Wände im UG sowie die Decke über UG sind in Ortbetonbauweise ausgeführt. Im Erd-/Obergeschoss sind die Wände in Ortbetonbauweise und die Stützen als vorgefertigte Betonstützen ausgebildet. Bei der gewölbten Decke sind die Hauptträger als Holzfachwerke ausgeführt.

4 Erdbebeneinwirkung

Das Gotthelfschulhaus befindet sich gemäss Erdbebenzonenkarte der Norm SIA 261 (2020) in der Erdbebenzone Z1a und gehört gemäss Norm SIA 269/8 (2017) aufgrund seiner Nutzung als Primarschule zur Bauwerksklasse BWK II-s. Der Baugrund wird gemäss SIA 261 in die Baugrundklasse BGK E eingeteilt.

5 Untersuchung der Erdbebensicherheit

5.1 Berechnungsverfahren / Strukturanalyse

Die Erdbebensicherheit wird gemäss Norm SIA 269/8 mithilfe des sogenannten Erfüllungsfaktors α_{eff} beurteilt. Der Erfüllungsfaktor α_{eff} beschreibt, in welchem Mass das Tragwerk die rechnerischen Anforderungen an Neubauten bezüglich Erdbebensicherheit erfüllt. Der Erfüllungsfaktor wird rechnerisch und unter Einbezug von konzeptionellen und tragwerksspezifischen Aspekten ermittelt.

Es gilt nach Norm SIA 269/8 für die Gebäude die folgende Einstufung des Erfüllungsfaktors α_{eff} in Bezug auf die Erdbebensicherheit:

- Erfüllungsfaktor $\alpha_{\text{eff}} \geq 1,0$: normgemässe Tragsicherheit ist gewährleistet
- $1,0 > \alpha_{\text{eff}} \geq \alpha_{\text{min}} = 0,40$ (für Bauwerksklasse BWK II-s): Massnahmen erforderlich, falls verhältnismässig
- Erfüllungsfaktor $\alpha_{\text{eff}} < 0,40$: Massnahmen erforderlich

Die Beurteilung, ob Ertüchtigungsmassnahmen verhältnismässig und damit zu ergreifen sind, erfolgt gemäss Norm SIA 269/8. Die folgenden Schutzgüter werden berücksichtigt: Personen (zwingend) und Bauwerk (empfohlen) (gemäss Anhang E der Norm SIA 269/8).

5.2 Ergebnisse und Beurteilung Erdbebensicherheit

In den nachfolgenden Tabellen sind die resultierenden Erfüllungsfaktoren α_{eff} der untersuchten massgebenden Nachweise dargestellt.

Tabelle 1: Erfüllungsfaktoren – Gotthelfschulhaus Alter Hallentrakt - Turnhalle

Nachweise	α_{eff}	Versagensart	Berechnungsverfahren
Aus der Ebene (Querrichtung) ¹ , tragende Wände/Stützen	≈ 0,75	Überschreitung Festigkeit der Betonstütze	Kraftbasiert
In der Ebene (Längsrichtung), tragende Wände	≈ 0,65	Überschreitung Festigkeit MW-Pfeiler	Kraftbasiert
Globaler Erfüllungsfaktor	≈ 0,65	$< \alpha_{\text{min}} = 0,40$	

¹ Für die Bezeichnungen von Quer- und Längsrichtung: siehe Anhang A

Tabelle 2: Erfüllungsfaktoren – Gotthelfschulhaus Alter Hallentrakt – Garderobe//Entrée

Nachweise	α_{eff}	Versagensart	Berechnungsverfahren
In der Ebene (Längsrichtung), tragende Wände	≈ 0,4	Überschreitung Festigkeit der Wände im OG/EG	Kraftbasiert
Globaler Erfüllungsfaktor	≈ 0,4	$< \alpha_{\text{min}} = 0,40$	

Tabelle 3: Erfüllungsfaktoren – Gotthelfschulhaus Altbau – Aula

Nachweise	α_{eff}	Versagensart	Berechnungsverfahren
Aus der Ebene, tragende Wände (OG)	$\approx 0,4$	Kippen über ganze Wandhöhe	Kraftbasiert
In der Ebene (Querrichtung), tragende Wände	$\approx 0,4$	Überschreitung Verformungskapazität der Wände im EG	Verformungsbasiert
In der Ebene (Längsrichtung), tragende Wände	$\approx 0,9$	Überschreitung Verformungskapazität der Wände im EG	Verformungsbasiert
Globaler Erfüllungsfaktor	$\approx 0,4$	$= \alpha_{\text{min}} = 0,40$	

Tabelle 4: Erfüllungsfaktoren – Gotthelfschulhaus Altbau - Klassentrakt

Nachweise	α_{eff}	Versagensart	Berechnungsverfahren
In der Ebene (Querrichtung ¹)	$> 1,0$	Überschreitung Verformungsvermögen der Wände	Verformungsbasiert
In der Ebene (Längsrichtung ¹), tragende Wände	$> 1,0$	Überschreitung Verformungsvermögen der Wände	Verformungsbasiert
Globaler Erfüllungsfaktor	$> 1,0$	$> \alpha_{\text{min}} = 0,40$	

¹ Für die Bezeichnungen von Quer- und Längsrichtung: siehe Anhang A

Tabelle 5: Erfüllungsfaktoren – Gotthelfschulhaus Anbau

Nachweise	α_{eff}	Versagensart	Berechnungsverfahren
In der Ebene (Querrichtung), tragende Wände / Stützen	$\approx 0,5$	Überschreitung Festigkeit der MW-Wände im EG	Kraftbasiert
In der Ebene (Längsrichtung), tragende Wände / Stützen	$\approx 1,0$	Querkraftversagen der Stützen	Kraftbasiert
Globaler Erfüllungsfaktor	$\approx 0,5$	$> \alpha_{\text{min}} = 0,40$	

6 Fazit und weiteres Vorgehen

6.1 Alter Hallentrakt - Turnhalle

Die in der detaillierten Überprüfung mit dem kraftbasierten Verfahren geführten Nachweise zeigen, dass der geforderte Mindesterfüllungsfaktor $\alpha_{\min} = 0,40$ erreicht wird. Allfällige Verstärkungsmassnahmen von einem Erfüllungsfaktor $\alpha_{\text{eff}} = 0,65$ auf $\alpha_{\text{int}} = 1,0$ sind als nicht verhältnismässig zu beurteilen.

6.2 Alter Hallentrakt – Garderobe/Entrée

Die in der detaillierten Überprüfung mit dem kraftbasierten Verfahren auf Basis der zusätzlichen Plangrundlagen geführten Nachweise zeigen, dass der geforderte Mindesterfüllungsfaktor $\alpha_{\min} = 0,40$ knapp erreicht wird.

Die verhältnismässigen Kosten für eine Verstärkung des Bauwerks von $\alpha_{\text{eff}} = 0,4$ auf $\alpha_{\text{int}} = 1,0$ betragen ohne Berücksichtigung des Wertes des Bauwerks ca. CHF 16'000. Unter Berücksichtigung des Wertes des Bauwerks, gemäss Norm SIA 269/8 nicht zwingend erforderlich, resultieren verhältnismässige Kosten in der Höhe von ca. CHF 50'000. Dabei wurde für den Wert des Bauwerks mit CHF 3,0 Mio. und einer Restlebensdauer von 50 Jahren gerechnet. Die Umsetzung von Verstärkungsmassnahmen des Tragwerks ist unter Berücksichtigung der geplanten Umbaumassnahmen als nicht verhältnismässig zu beurteilen.

6.3 Altbau – Aula

Die in der generellen Überprüfung mit dem verformungsbasierten Verfahren geführten Nachweise zeigen, dass der geforderte Mindesterfüllungsfaktor $\alpha_{\min} = 0,40$ knapp erreicht wird. Mit den im geplanten Umbau vorgesehenen Wanddurchbrüchen wird das Tragwerk weiter verschlechtert, weshalb zwingenden kompensatorische Verstärkungsmassnahmen vorgesehen werden müssen. Diese Massnahmen sind aufgrund des Verschlechterungsverbots zwingend und folglich unabhängig von Verhältnismässigkeitsüberlegungen erforderlich. Als mögliche Verstärkungsmassnahmen sind unter anderem folgende Lösungsansätze denkbar (siehe auch Abbildung 1):

1. Kraftschlüssiger Anschluss des in Stahlbeton ausgeführten Liftschachts an die Geschossdecken,
2. Aufbetonieren einer zusätzlichen Betonwandscheibe entlang der zu durchbrechenden Wand im UG, EG und 1. OG,
3. Aufbetonieren einer zusätzlichen Betonwandscheibe entlang der Aussenwand im Bereich der Aula im UG, EG und möglichst auch im 1. OG.

Bei den Varianten 2 und 3 gehen wir von Baumeisterkosten von rund CHF 30'000 aus. Für die Variante 1 dürften die Baumeisterkosten etwas höher liegen (rund CHF 60'000), davon wären aber die Ohnehinkosten des alternativen Liftschachts in Abzug zu bringen. Bei den Varianten 2 und 3

dürften zudem die Eingriffe an nichttragenden Elementen umfangreicher sein. Somit rechnen wir bei allen drei Varianten mit Gesamtkosten in der Größenordnung von CHF 100'000. Die Massnahmen sind in einer nächsten Phase in einem interdisziplinären Team aus Erdbebeningenieur, Architekt und HLKSE-Planer detaillierter zu planen.

Unabhängig von den gewählten Verstärkungsmassnahmen sollten die Wanddurchbrüche sowohl im EG als auch im OG in den Bereich der Aussenfassade verschoben werden (vgl. Abbildung 1).

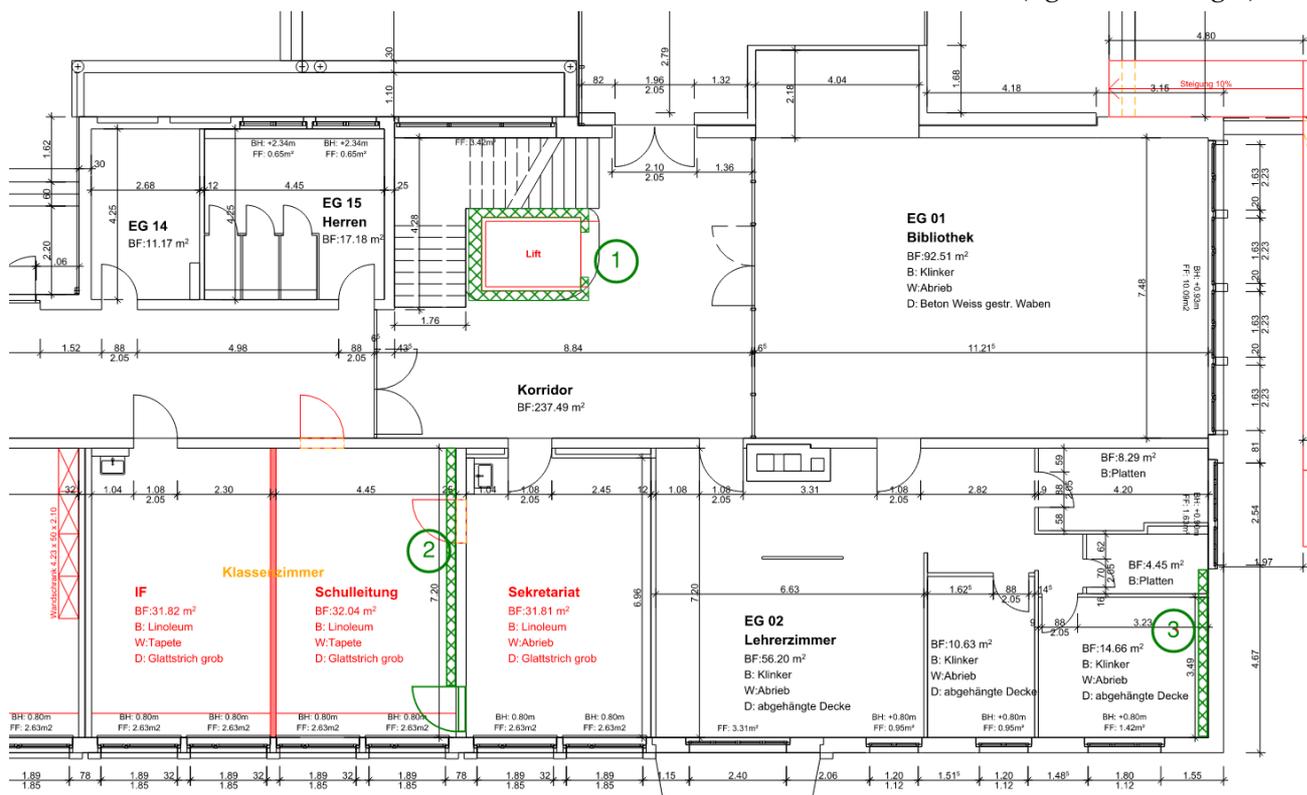


Abbildung 1: Skizzierung möglicher Verstärkungsmassnahmen

6.4 Altbau – Klassentrakt

Die in der detaillierten Überprüfung mit dem verformungsbasierten Verfahren geführten Nachweise zeigen, dass ein Erfüllungsfaktor $\alpha_{\text{eff}} = 1,0$ auch im Falle der geplanten Umbaumassnahmen erreicht wird. Es sind keine Massnahmen erforderlich. Wir empfehlen jedoch, die geplanten Wanddurchbrüche jeweils möglichst an den Wandenden anzuordnen.

6.5 Altbau – Anbau

Die in der detaillierten Überprüfung mit dem kraftbasierten Verfahren geführten Nachweise zeigen, dass der geforderte Mindest Erfüllungsfaktor $\alpha_{\text{min}} = 0,40$ erreicht wird.

Die verhältnismässigen Kosten für eine Verstärkung des Bauwerks von $\alpha_{\text{eff}} = 0,5$ auf $\alpha_{\text{int}} = 1,0$ betragen ohne Berücksichtigung des Wertes des Bauwerks ca. CHF 17'000. Unter Berücksichtigung des Wertes des Bauwerks, gemäss Norm SIA 269/8 nicht zwingend erforderlich, resultieren verhältnismässige Kosten in der Höhe von ca. CHF 50'000. Dabei wurde für den Wert des Bauwerks mit CHF 5,0 Mio. und einer Restlebensdauer von 50 Jahren gerechnet. Die Umsetzung von Verstärkungsmassnahmen des Tragwerks ist unter Berücksichtigung der geplanten Umbaumassnahmen als nicht verhältnismässig zu beurteilen.

