

Notiz

Erdbebenüberprüfung Gotthelf- sowie Kirchsulhaus Stufe 3: Detaillierte Überprüfung

Verteiler	Bernhard Mäusli
Dokument	AN_utzen_eqsch_stufe3_ks_20230816.docx
Verfasser	Andreas Gemperle, Nicholas Keller-Rordorf Risk&Safety AG, Bahnhofstrasse 92, Postfach, 5001 Aarau
Datum	16. August 2023 / Version 1.1

1 Ausgangslage und Auftrag

Beim Kirchsulhaus in Utzenstorf sind kleinere Bauvorhaben geplant (Einbau eines Lifts und zusätzlicher Türen). 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 zwei Gebäudeteile des Kirchsulhauses (Altbau und Anbau) eine weiterführende, detaillierte Überprüfung 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

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.

Am 21. Juni 2023 wurden einzelne Sondagen zur Bestimmung des Wand- und Deckenaufbaus im Altbau und Anbau vorgenommen. Im Altbau wurden anhand je eines Bohrkerns in einer Innen- resp. Aussenwand der Wandaufbau sowie mittels Sondagefenster der Deckenaufbau und die Auflagerausbildung sondiert. Im Anbau wurde zur Bestimmung der Materialisierung der Decke ein Bohrkern entnommen.

3 Beschrieb des Gebäudes und Tragwerkskonzept

Das Kirchsulhaus lässt sich in drei Gebäudeteile unterteilen.

Altbau

Dreigeschossiges, im Grundriss rechteckiges Gebäude in gemischter Bauweise. Die vertikale und horizontale Lastabtragung erfolgt über Holzbalkendecken, welche im EG und OG auf Mauerwerkswänden aufliegen. Im UG sind die Wände betonierte.

Anbau

Dreigeschossiges, im Grundriss quadratisches Gebäude in Massivbauweise. Die vertikale und horizontale Lastabtragung erfolgt über Betondecken, die im EG und OG auf Mauerwerkswänden aufliegen. Im UG sind die Wände betonierte.

Pausenhofdach

Beim Pausenhofdach handelt es sich um ein auf Stahlstützen stehendes Holzgiebeldach. Die vertikale Lastabtragung erfolgt über die Stahlstützen. Die horizontale Lastabtragung erfolgt über vier Verankerungen in den Mauerwerkswänden des Anbaus.

4 Erdbebeneinwirkung

Das Kirchsulhaus 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 der Gebäude wurde auf Stufe 3 mit verformungsbasierten Methoden untersucht. Diese liefern in der Regel günstigere Resultate als die weniger aufwändigen kraftbasierten Verfahren.

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 – Kirchsulhaus Altbau

Nachweise	α_{eff}	Versagensart	Berechnungsverfahren
Aus der Ebene (Querrichtung ¹), tragende Wände	$\approx 1,0$	Kippen über ganze Wandhöhe	Verformungsbasiert
Aus der Ebene (Längsrichtung), tragende Wände	$\approx 1,0$	Kippen über ganze Wandhöhe	Verformungsbasiert
In der Ebene (Längsrichtung), tragende Wände	$\approx 1,0$	Überschreitung Verformungsvermögen der Wände im EG	Verformungsbasiert
Globaler Erfüllungsfaktor	$\approx 1,0$	$> \alpha_{min} = 0,40$	

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

Tabelle 2: Erfüllungsfaktoren – Kirchsulhaus Anbau

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

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

Tabelle 3: Erfüllungsfaktoren – Kirchsulhaus Pausenhofdach (Resultate gemäss genereller Überprüfung)

Nachweise	α_{eff}	Versagensart	Berechnungsverfahren
Verankerung in Mauerwerk	$< 0,25$	Ausziehen Verankerung	Kraftbasiert
Globaler Erfüllungsfaktor	$< 0,25$	$< \alpha_{min} = 0,40$	

6 Beurteilung der geplanten Umbaumaßnahmen

6.1 Altbau

6.1.1 Neue Gruppenräume

Im Altbau ist vorgesehen, dass das mittlere Klassenzimmer im EG wie auch im OG durch eine neue Trennwand in zwei Gruppenräume unterteilt werden soll. Für den Zugang zu den neuen Gruppenräumen sind je zwei neue Türen in den tragenden Wänden vorgesehen (vgl. Abbildung 1).

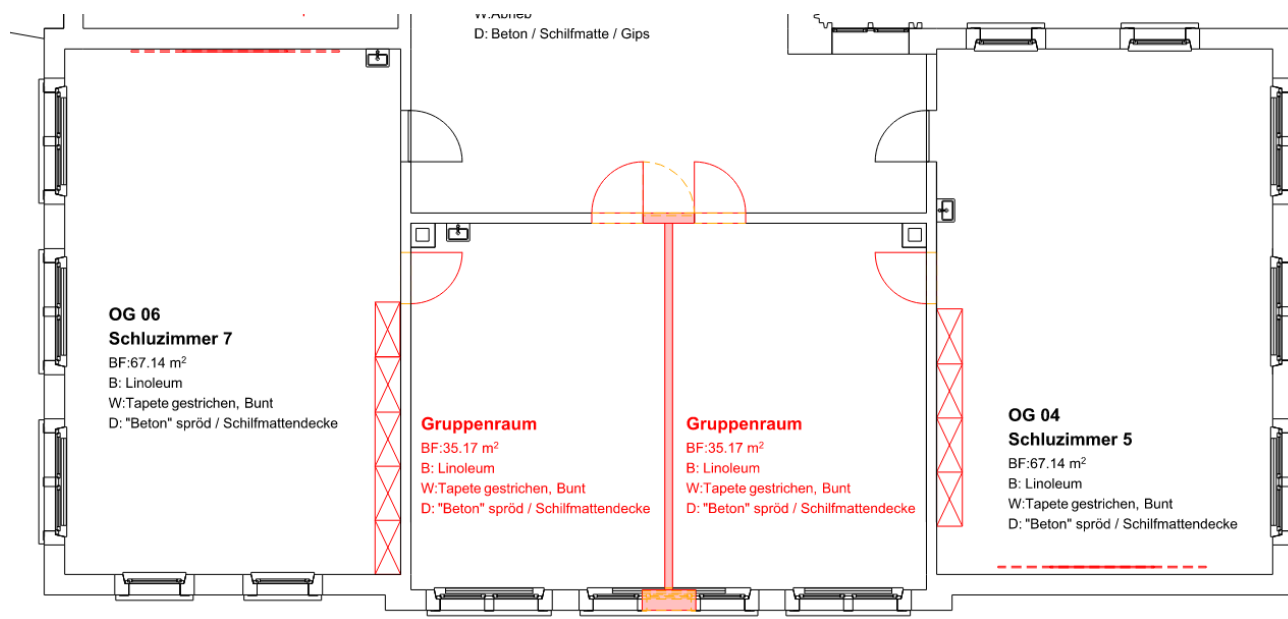


Abbildung 1: Geplante Umbaumaßnahmen

Um das für den im Erdbebenfall knapp ausreichende Tragwerk so wenig wie möglich zu schwächen, schlagen wir vor, die Türen von den Klassenzimmern zu den Gruppenräumen möglichst weit nach aussen, an den Rand der tragenden Wand zu verschieben (vgl. Abbildung 2). Da die neuen Zugänge von der Garderobe zu den Klassenräumen eine tragende Wand schwächen, werden Kompensationsmassnahmen notwendig. Wir schlagen vor, dass die geplanten Türen gemäss Abbildung 2 leicht nach aussen verschoben, die bestehende Türöffnung kraftschlüssig verschlossen und das resultierende Wandstück durch horizontal aufgeklebte CFK-Lamellen verstärkt wird (vgl. Abbildung 3).

Die neue, nicht tragende Trennwand sowie die neuen Wandschränke sind ausreichend gegen ein Umkippen im Erdbebenfall zu befestigen.

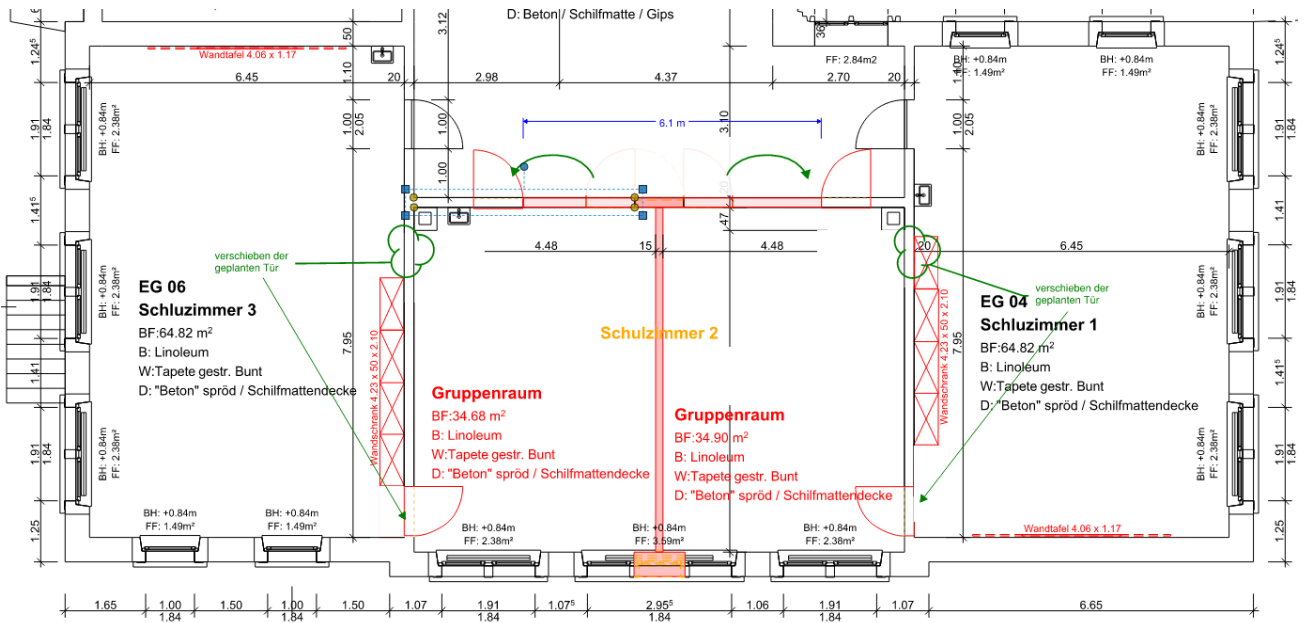


Abbildung 2: Vorschlag Umbaumassnahmen R&S

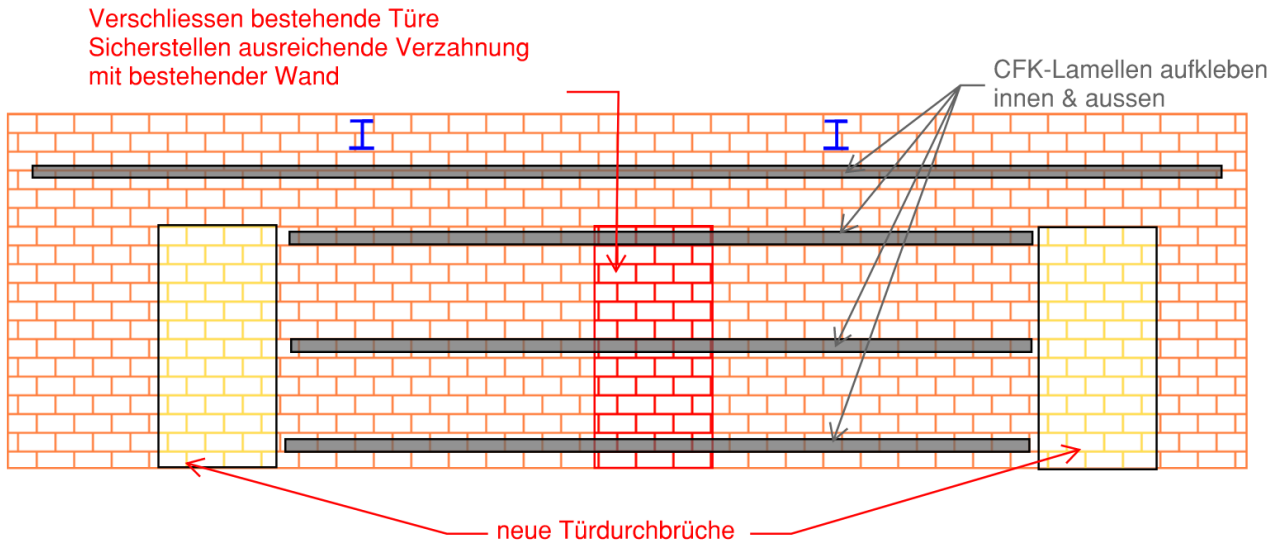


Abbildung 3: Ansicht Verstärkung Wand Gruppenräume/Garderobe

Tabelle 4: Kostenschätzung Verstärkung Wand Gruppenräume/Garderobe - Baumeisterarbeiten

Arbeitsschritt	Geschätzte Kosten [CHF] (± 20%)
Vorbereitungsarbeiten (Staubschutz etc.) ¹⁾	2'000
Türdurchbrüche (EG und OG)	6'000
Aufrauen und Ausmauern der bestehenden Tür (EG und OG)	4'000
Vorbereitung Untergrund für das Aufkleben der CFK-Lamellen (EG und OG)	2'000
Aufkleben und Verankern der CFK-Lamellen (EG und OG, inkl. Materialkosten)	10'000
Total ²⁾	24'000

¹ Kosten für eine allfällige Asbestsanierung sind nicht eingerechnet

² Exkl. Kosten für Wiederherstellungsarbeiten (Maler, Gipser, HLKSE etc.)

6.1.2 Akustikmassnahmen

Zur Verbesserung des Schallschutzes in den Klassenzimmern soll gemäss Angaben des Bauphysikers zwischen den Holzbalken eine Schicht von 6 cm Sand (Masse für Trittschall) sowie abgehängte Schallschluckelemente verbaut werden.

Die Nachrechnungen zeigen, dass die geplanten Massnahmen zur Verbesserung des Schallschutzes durch das bestehende Tragwerk nicht ohne Verstärkungsmassnahmen aufgenommen werden können. Mit den getroffenen Annahmen zum Deckenaufbau und den Stahlprofilen können die Nachweise für den Ist-Zustand nicht (Schulzimmer 2) oder nur knapp erbracht werden. Die Annahmen zum Deckenaufbau sowie den verbauten Stahlträgern basieren dabei auf einer kleinen lokalen Sondageöffnung im Klassenzimmer 1. Die dabei als C-Profile aus Stahl erkennbaren Träger können die zusätzliche Last nicht aufnehmen.

Als Verstärkungsmassnahme empfehlen wir, sofern die Schweisseignung des C-Profiles gegeben ist, das Aufschweissen einer Stahllamelle auf den Unterflansch. Zur Verifizierung der Schweisseignung empfehlen wir eine visuelle Beurteilung durch einen Experten oder aber eine Probeentnahme.

Falls die Schweisseignung nicht gegeben ist, empfehlen wir, die vorhandenen C-Profile durch einen auf zwei neuen Stützen liegenden Stahlträger (z.B. HEB 180) zu verstärken.

Für die beiden Varianten zur Verstärkung der Decke wird mit folgenden Kosten gerechnet.

Tabelle 5: Kostenschätzung Variante: Stahllamelle

Arbeitsschritt	Geschätzte Kosten [CHF] (± 20%)
Überprüfung Schweisseignung ¹⁾	2'000
Vorbereitung bestehende Stahlprofile (Reinigung etc.)	6'000
Lieferung und Aufschweissen der Stahllamellen (12x Stahllamellen)	18'000
Korrosionsschutzmassnahmen ²⁾	5'000
Total	31'000

¹ Die Kosten für Vorbereitungsarbeiten (Staubschutz etc.), das Entfernen der heruntergehängten Decke usw. werden nicht berücksichtigt, da diese für das Anbringen der Schallschutzmassnahmen sowieso erforderlich sind.

² Kosten für Brandschutzmassnahmen sind nicht eingerechnet

Tabelle 6: Kostenschätzung Variante: Stahlträger

Arbeitsschritt	Geschätzte Kosten [CHF] (± 20%)
Vorbereitungsarbeiten (Reinigung Deckenuntersicht, Vorbereitung Bereich Stützenfuss etc.) ¹⁾	3'000
Lieferung und Einbau Stützen (24 Stk.)	12'000
Lieferung und Einbau Stahlträger (12 Stk.)	30'000
Bodenausgleich erstellen	12'000
Total ²⁾	57'000

¹ Die Kosten für Vorbereitungsarbeiten (Staubschutz etc.), das Entfernen der heruntergehängten Decke usw. werden nicht berücksichtigt, da diese für das Anbringen der Schallschutzmassnahmen sowieso erforderlich sind.

² Kosten für Brandschutzmassnahmen sind nicht eingerechnet

6.2 Anbau

Im Obergeschoss des Anbaus soll das bestehende Lehrerzimmer zum Gruppenraum umgenutzt und neu durch das Klassenzimmer mit einer Tür erschlossen werden (vgl. Abbildung 4).

Analog zum Altbau, schlagen wir vor, dass die geplante Durchgangstür vom Klassenzimmer in den Gruppenraum möglichst an den Rand der tragenden Trennwand verschoben wird (vgl. Abbildung 5). Damit wird die tragende Wand so wenig wie möglich geschwächt und es kann auf kompensatorische Massnahmen verzichtet werden.

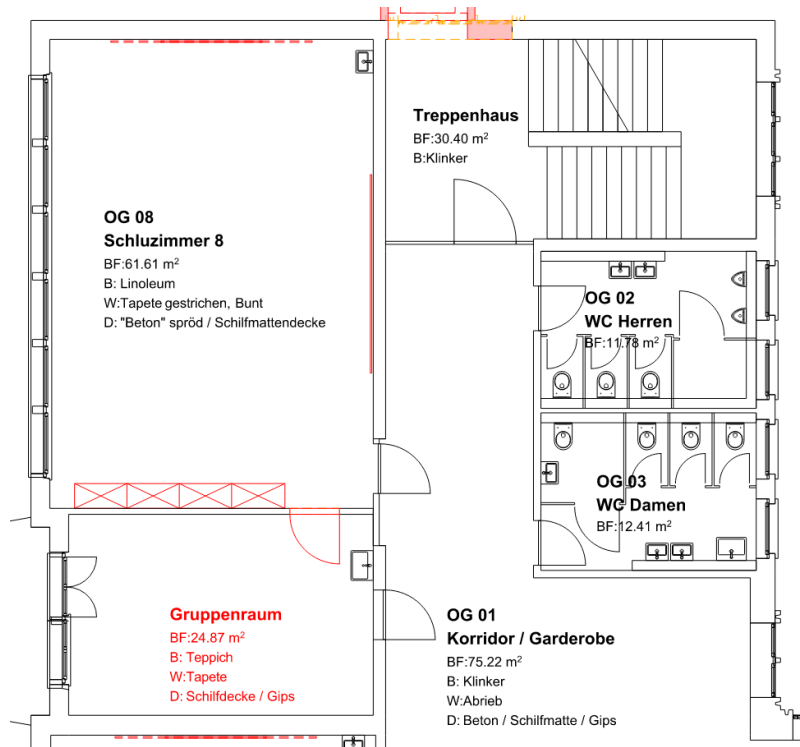


Abbildung 4: Geplante Umbaumassnahmen im OG des Anbaus

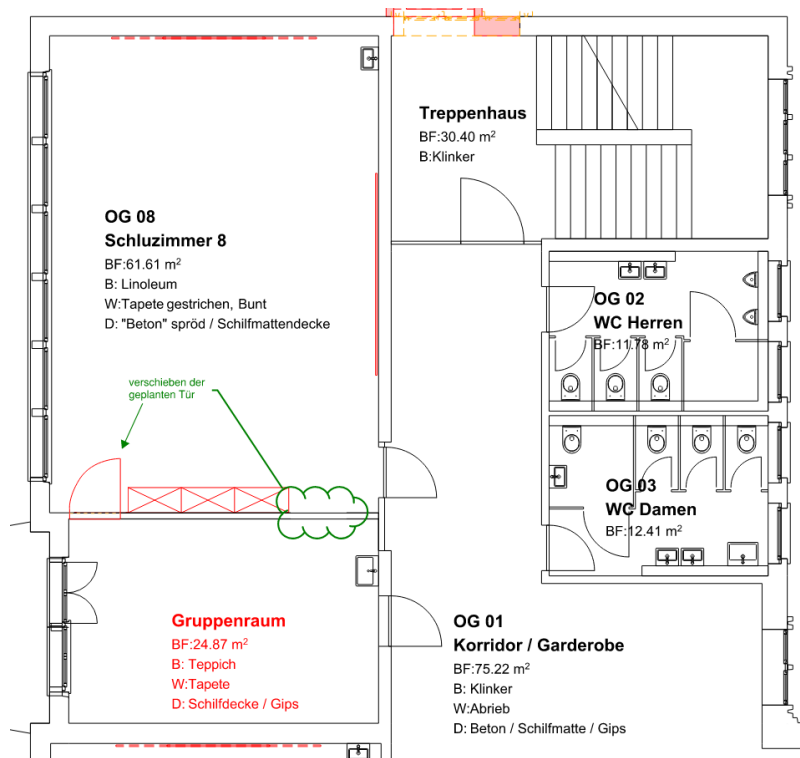


Abbildung 5: Vorschlag Umbaumassnahmen R&S

7 Fazit

7.1 Altbau

Mit den in der detaillierten Überprüfung verformungsbasiert geführten Nachweisen kann gezeigt werden, dass der Erfüllungsfaktor $\alpha_{\text{eff}} \approx 1,0$ knapp erreicht wird. Die Berechnungen zeigen, dass die von uns skizzierten zusätzlichen Durchbrüche und somit Schwächungen der tragenden Wände mit den begleitenden kompensatorischen Massnahmen ausgeführt werden können.

Aufgrund des heutigen, sehr lokalen Kenntnisstands des Deckenaufbaus muss davon ausgegangen werden, dass die zusätzlichen Massnahmen zur Verbesserung des Schallschutzes nicht ohne Verstärkungsmassnahmen ausgeführt werden können. Bereits im Ist-Zustand können die Nachweise der Tragsicherheit nicht oder nur knapp erreicht werden. Wir empfehlen in einem ersten Schritt eine genauere Sondage zur Bestimmung des Deckenaufbaus und der effektiv verwendeten Stahlträger, insbesondere im mittleren Klassenzimmer, sowie die Überprüfung der Schweisseignung der verwendeten Stahlträger. Die Verstärkung der Decke kann, sofern die Schweisseignung der Stahlprofile gegeben ist, über aufgeschweisste Stahllamellen erfolgen. Es ist mit Kosten in der Höhe von ungefähr Fr. 31'000.- zu rechnen. Alternativ oder falls bei der Überprüfung eine ungenügende Schweisseignung resultieren sollte, kann eine Verstärkung durch zusätzliche an der Unterseite der bestehenden Träger aufgebrachte Stahlträger erfolgen. Die Stahlträger müssen jeweils links und rechts über neue Stützen abgefangen werden. Bei dieser Variante muss von Kosten von ungefähr Fr. 57'000.- ausgegangen werden.

Da die bestehenden Stahlträger die Anforderungen an die Tragsicherheit im Brandfall höchstwahrscheinlich nicht erfüllen, empfehlen wir Brandschutzmassnahmen zu ergreifen.

7.2 Anbau

Mit den in der detaillierten Überprüfung verformungsbasiert geführten Nachweisen kann gezeigt werden, dass der Erfüllungsfaktor $\alpha_{\text{eff}} \approx 1,0$ knapp erreicht wird. Die Berechnungen zeigen, dass die von uns skizzierten zusätzlichen Durchbrüche und somit Schwächungen der tragenden Wände ohne kompensatorische Massnahmen ausgeführt werden können. Im Fall einer anderweitigen Anordnung der Wanddurchbrüche sind kompensatorische Massnahmen zu prüfen.

7.3 Pausenhofdach

Wir empfehlen eine Anbindung des Pausenhofdachs an den neu geplanten Lift sowie eine Verbesserung der Aussteifung in der Dachebene durch Ergänzung von Stahlkreuzen (z.B. mittels Stahlseilen). Zur Verbesserung der Aussteifung in den Stützebenen empfehlen wir die Prüfung des Einbaus eines Windverbands.

A Übersicht Kirchschulhaus

