

Bericht: Zustandsanalyse Massivbau Konstruktion
Bauobjekt: Schulhaus Enge, Studerstrasse 56 Bern

1. Baubeschrieb

Das Primarschulhaus Enge wurde 1910-1911 erstellt und 1930-1931 mit einer angebauten Turnhalle erweitert. Das Schulhaus besteht aus einem Untergeschoss, einem Erdgeschoss, drei Obergeschossen und einem Dachgeschoss. Das Untergeschoss ist nur gut zur Hälfte im Erdreich eingebunden. Im Nordostflügel des 3. Obergeschosses reichte das Raumvolumen ursprünglich bis unter das Dach. Die Einbauten im zentrumsnahen Bereich des 3. Obergeschosses wurden nachträglich eingebaut. Im Südwestflügel des 3. Obergeschosses ist eine Wohnung untergebracht. Das Dachgeschoss in diesem Gebäudeteil wird als Lagerraum genutzt und besitzt einen Glockenturm in Holzkonstruktion.

Materialisierung des Schulhauses:

Untergeschoss:	Fundation	Vermutlich Streifenfundamente mit schwimmender Bodenplatte
	Aussenwände	Sandsteinmauerwerk; Wandstärken = 56 cm
	Innenwände	Massives Mauerwerk; Wandstärken = 40 - 56 cm
	Decken	Betonrippendecke
Erdgeschoss, 1. + 2. Obergeschoss:	Aussenwände	Massives Mauerwerk; Wandstärken = 56 cm
	Innenwände	Massives Mauerwerk; Wandstärken = 40 - 56 cm
	Decken	Betonrippendecke
3. Obergeschoss:	Aussenwände	Massives Mauerwerk; Wandstärken = 56 cm
	Innenwände	Massives Mauerwerk; Wandstärken = 40 - 56 cm
	Decken	Holzbalkenlage
Dachgeschoss:	Dacheindeckung	Walmdach bestehend aus Pfetten, Sparren und einer Holzlattung sowie einer Ziegeldoppeldeckung

2. Zustandsaufnahmen

Die Tragstruktur des Schulhauses, bestehend aus Mauerwerkswänden und Betonrippendecken sowie einer Holztragstruktur in den Obergeschossen, befindet sich in einem guten Zustand. Untersucht wurden vorab Schäden an der Tragstruktur, welche einen negativen Einfluss auf die Tragsicherheit und die Gebrauchstauglichkeit des Gebäudes haben. Solche Schäden konnten bei den massiven Bauteilen (Mauerwerkswände, Betonrippendecken) keine festgestellt werden.

Abnützungsschäden an Bodenbelägen, Wand- und Deckenbekleidungen wurden festgestellt, in diesem Bericht aber nicht speziell festgehalten, da diese Schäden einer normalen Abnützung des Gebäudes entsprechen.

Die Zustandsuntersuchung wurde visuell vorgenommen ohne Sondagen. Die Materialisierung wurde ebenfalls mittels visueller Betrachtung sowie durch klopfen an den Wänden und stampfen auf den Boden bestimmt. Tragendes und nicht tragendes Mauerwerk sowie Leichtbauwände können mittels klopfen an den Wänden gut unterschieden werden. Die Decken sind abgesehen vom Untergeschoss in allen Stockwerken mit heruntergehängten Deckenplatten in Gips versehen und somit nicht einsehbar. Bei der Decke über dem Untergeschoss (Boden Erdgeschoss) sind die Betonrippendecken frei einsehbar. Durch das Stampfen am Boden des Erdgeschosses sowie im 1. bis 3. Obergeschoss konnten absolut vergleichbare Vibrationen erzeugt werden. Dies zeigt uns auf, dass Betonrippenplatten nebst der einsehbaren Untergeschossdecke auch bei den Decken über Erdgeschoss sowie dem 1. und 2. Obergeschoss erstellt wurden. Die Decke über dem 3. Obergeschoss ist als Holzbalkenlage ausgebildet. Dies konnte an Hand einer kleinen Deckenöffnung im Dachgeschossboden eruiert werden.

2.1 Zustandsbeurteilung Dachgeschoss

Die Tragstruktur im Dachgeschoss besteht primär aus einer Holzkonstruktion. Die Zustandsuntersuchung dieser Elemente kann dem Bericht von Beer Holzbau im Anhang dieses Dokumentes entnommen werden.

Die tragenden Mauerwerkswände im Kern des Gebäudes befinden sich in einem guten Zustand und weisen keine sichtbaren Schäden auf.

2.2 Zustandsbeurteilung 3. Obergeschoss

Die Tragstruktur im 3. Obergeschoss besteht primär aus einer Holzkonstruktion. Die Zustandsuntersuchung dieser Elemente kann ebenfalls dem Bericht von Beer Holzbau entnommen werden.

Die tragenden Mauerwerkswände im Kern des Gebäudes, sowie die Korridor- und Raumtrennwände befinden sich in einem guten Zustand und weisen keine sichtbaren Schäden auf. Risse sind nur an nachträglich eingebauten Mauerwerks- und Leichtbauwänden feststellbar. Diese sind jedoch nicht Bestandteil der Haupttragstruktur und haben daher keinen Einfluss auf die Tragsicherheit und die Stabilität des Gebäudes.

2.3 Zustandsbeurteilung Untergeschoss, Erdgeschoss sowie 1. und 2. Obergeschoss

Die Tragstruktur vom Untergeschoss, Erdgeschoss sowie dem 1. und 2. Obergeschoss besteht primär aus massiven Aussen- und Innenwänden sowie aus Betonrippendecken. Die Zustandsuntersuchung wurde raumweise durchgeführt. Folgende kleinere Beschädigungen an der Tragstruktur wurden dabei festgestellt:

- Feine Risse und Feuchteschäden an den Fensterbrüstungen raumseitig
- Feine Risse in den Gebäudeecken, in Anschlussbereichen zwischen Wand / Decke und bei Materialwechseln
- Markante Risse und Abplatzungen im Fries, welches sich an der Gebäudehülle auf der Höhe der Decke über dem Erdgeschoss befindet
- Feine Risse in den Betonrippenplatten der Untergeschossdecke, welche keinen Einfluss auf die Tragsicherheit dieser Elemente haben. Wir gehen davon aus, dass gleiche Risse auch in den Betonrippenplatten der oberen Geschosse vorhanden sind, welche durch die heruntergehängten Deckenplatten aber nicht einsehbar sind.

2.4 Verbindungsbau

Die Tragstruktur im Verbindungsbau besteht primär aus massiven Aussen- und Innenwänden sowie aus Betondecken. Die Zustandsuntersuchung wurde raumweise durchgeführt. Folgende kleinere Beschädigungen an der Tragstruktur wurden dabei festgestellt:

- Wenige feine Risse im Mauerwerk sowie bei Materialwechseln und Wandanschlüssen
- Abplatzungen und markante Risse im Treppenhaus

2.5 Turnhalle

Die Tragstruktur in der Turnhalle besteht aus massiven Aussenwänden und einer Dachkonstruktion, welche vermutlich aus Holzfachwerken besteht. Die Dachkonstruktion konnte an Hand der vorhandenen Plangrundlagen und der visuellen Kontrolle nicht eruiert werden. Bei der Zustandsuntersuchung wurden markante Risse in der Südwestecke und der Nordostecke des Gebäudes festgestellt. Zudem ist ein vertikaler Riss im Anschlussbereich an den Verbindungsbau feststellbar. Diese Risse deuten darauf hin, dass sich das Gebäude unter horizontalen Beanspruchungen (z.B. Windlast) verwindet und am angrenzenden Verbindungsbau abstützt. Die Vermutung liegt nahe, dass dieses Verhalten auf eine fehlende horizontale Aussteifung in der Dachebene (Windverbände) zurückzuführen ist.

3. Zustandsanalyse

- Schulhaus:
Die festgestellten Risse im Schulhaus sind bezüglich der Tragsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit des Gebäudes unbedeutend. Es handelt sich hier um Schönheitsfehler. Bei einer Sanierung des Gebäudes und der Erneuerung der Oberflächen (Gipser- und Malerarbeiten) besteht jedoch die Gefahr, dass einzelne Risse später wieder sichtbar werden. Das Fries an der Fassade des Gebäudes, welches in Sandstein erstellt wurde, muss erneuert werden, damit ein wachsender Schaden und damit ein Herabfallen von Sandsteinbrocken vermieden werden kann.
- Turnhalle:
Die markanten Risse im Bereich der Turnhallenwandecken deuten darauf hin, dass die Stabilität des Gebäudes bei grösseren horizontalen Beanspruchungen (grosse Windlasten; Erdbeben) zu bezweifeln ist. Möglicherweise liegt es daran, dass die Dachkonstruktion infolge fehlender oder zu schwacher Windverbände nicht in der Lage ist, das Gebäude zu stabilisieren.
- Verbindungsbau:
Die markanten Risse und Abplatzungen im Treppenhaus sind bezüglich der Tragsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit des Gebäudes unbedeutend. Der Schubriss in der Decke neben dem Treppenabgang könnte durch die zu geringe Stabilität der Turnhalle entstanden sein, indem sich die Turnhalle am wesentlich steiferen Verbindungsbau abstützt.

4. Empfohlene Massnahmen

- Schulhaus:
An der Tragstruktur des Schulhauses sind auf Grund der Zustandsuntersuchung keine Massnahmen erforderlich. Bei den Rissen handelt es sich um Schönheitsfehler, welche saniert werden können. Trotzdem können diese bei zukünftigen Erschütterungen am Gebäude wieder in Erscheinung treten. Einzig das Sandstein-Fries an der Fassade müsste instandgesetzt werden, damit ein wachsender Schaden vermieden und eine Unfallgefahr verhindert werden kann.
- Turnhalle:
Die Risse in der Turnhalle deuten auf Stabilitätsprobleme hin, welche in einer nächsten Phase mittels Deckenöffnungen und Sondagen untersucht werden müssen, damit anschliessend ein Sanierungskonzept ausgearbeitet werden kann.
- Verbindungsbau:
An der Tragstruktur des Verbindungsbaus sind auf Grund der Zustandsuntersuchung keine Massnahmen umzusetzen. Bei den Abplatzungen und Rissen handelt es sich um Schönheitsfehler, welche saniert werden können. Analog dem Schulhaus besteht auch hier die Gefahr, dass sie zu einem späteren Zeitpunkt wieder in Erscheinung treten können.

Bericht: Erdbebenüberprüfung
Bauobjekt: Schulhaus Enge, Studerstrasse 56 Bern

1. Baubeschrieb

Die Tragstruktur des Schulhaus Enge besteht aus einem Untergeschoss, einem Erdgeschoss, drei Obergeschossen und einem Dachgeschoss. Das Untergeschoss ist gut zur Hälfte im Erdreich eingebunden. Der Grundriss des Gebäudes ist regelmässig und die Mauerwerkswände sind durchgehend vom 3. Obergeschoss bis in das Untergeschoss geführt. Das Dachgeschoss besteht aus einer Holzkonstruktion mit eingebautem Zwischenboden. Überdacht besitzt das Gebäude einen Glockenturm und diverse Kamine aus Mauerwerk. Das Gebäude wurde 1910-1911 erstellt und ist schützenswert.



Bild 1: Ansicht Südfassade Schulhaus Enge

Die Turnhalle besteht aus einem Untergeschoss und einer Grossen Halle im Erdgeschoss. Diese ist mit Massiven Mauerwerkswänden umgeben. In Längsrichtung des Gebäudes befinden sich lange Fenster. Die Dachkonstruktion konnte nicht genau sondiert werden. Es wird von einer Holzkonstruktion der Turnhalle ausgegangen, die quer zur Halle gespannt ist.



Bild 2: Innenansicht Turnhalle Schulhaus Enge

2. Grundlagen

2.1 Technische Grundlagen, Normen

- SIA Normen 260 ff, SIA 2018
- SIA Norm 269/8 Erhaltung von Tragwerken Erdbeben
- Beurteilung der Erdbebensicherheit bestehender Gebäude, Konzept und Richtlinien für die Stufe 2, Bundesamt für Wasser und Geologie BWG, Richtlinien des BWG, Ittigen 2006, Zweite Fassung
- Erdbebengerechter Entwurf von Hochbauten – Grundsätze für Ingenieure, Architekten, Bauherren und Behörden, Bundesamt für Wasser und Geologie BWG, Richtlinien des BWG, Hugo Bachmann, Bern 2002

2.2 Plangrundlagen

Von der Bauherrschaft wurden folgende Grundlagen zur Verfügung gestellt:

- Beschrieb Denkmalpflege Studerstrasse 56
- Beschrieb Denkmalpflege Studerstrasse 56b
- Immobilien Stadt Bern, Planarchiv, Grundrisspläne Schulhaus Enge vom 03.11.2003
- Bericht Zustandsanalyse Massivbau Konstruktion

2.3 Aufnahmen vor Ort

Im Zuge der Zustandsaufnahmen des Gebäudes vom 20.07.2018 wurden so weit wie möglich die Dimensionen der Tragstruktur und die Materialisierung aufgenommen.

2.4 Berechnungsmethode

Der Grundriss des Schulgebäudes ist sehr regelmässig und die Tragstruktur ist vom Untergeschoss bis zum Dachaufbau durchgehend vorhanden. Die Berechnungen können mittels der Ersatzkraftmethode von Hand durchgeführt werden. Für einzelne gefährdete Bauteile wie hohe Kamine über Dach werden weitere Handberechnungen durchgeführt.

Die Turnhalle hat auch einen regelmässigen Grundriss. Auch hier werden die Berechnungen mit der Ersatzkraftmethode durchgeführt.

3. Gebäudebeschrieb Schulhaus Enge

3.1 Standort



Bild 3: Schulhaus Enge, Studerstrasse 56, Bern

3.2 Materialisierung

Materialisierung des Schulhauses:

Untergeschoss:	Fundation	Vermutlich Streifenfundamente mit schwimmender Bodenplatte
	Aussenwände	Sandsteinmauerwerk; Wandstärken = 56 cm
	Innenwände	Massives Mauerwerk; Wandstärken = 40 - 56 cm
	Decken	Betonrippendecke
Erdgeschoss:	Aussenwände	Massives Mauerwerk; Wandstärken = 56 cm
	Innenwände	Massives Mauerwerk; Wandstärken = 40 - 56 cm
	Decken	Betonrippendecke
1. + 2. Obergeschoss:	Aussenwände	Massives Mauerwerk; Wandstärken = 56 cm
	Innenwände	Massives Mauerwerk; Wandstärken = 40 - 56 cm
	Decken	Betonrippendecke
3. Obergeschoss:	Aussenwände	Massives Mauerwerk; Wandstärken = 56 cm
	Innenwände	Massives Mauerwerk; Wandstärken = 40 - 56 cm
	Decken	Holzbalkenlage
Dachgeschoss:	Dacheindeckung	Walmdach bestehend aus Pfetten, Sparren und einer Holzlattung sowie einer Ziegeldoppeldeckung

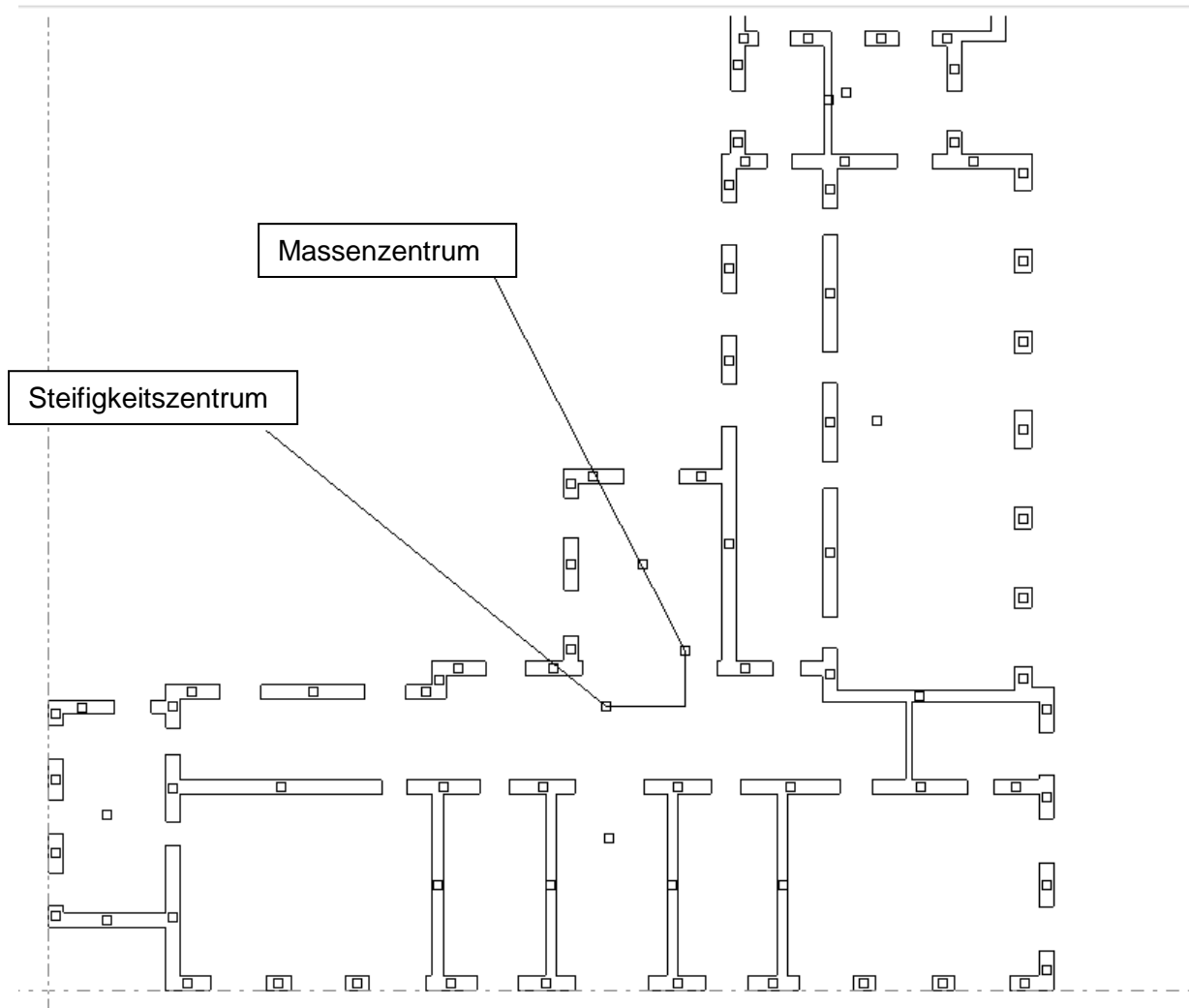


Bild 4: Grundriss EG – Tragende Mauerwerkswände

3.3 Tragwerkkonzept

Das Gebäude weist einen sehr regelmässigen Grundriss über alle Geschosse auf. Es hat viele Massive Mauerwerkswände die vom Untergeschoss bis in das 3. Obergeschoss durchlaufen. Die Decken wurden als schlanke Betonrippendecken erstellt. Das Massenzentrum und das Steifigkeitszentrum des Gebäudes liegen sehr nah beieinander. Somit entstehen aus den Erdbebeneinwirkungen kaum Verdrehungen im Gebäude.

4. Erdbebenparameter und Annahmen

Erdbebenzone Z1:	$a_{gd} = 0.6 \text{ m/s}^2$
Seismische Baugrundklasse:	E
Bauwerksklasse II:	$Y_f = 1.20$
Verhaltensbeiwert:	$q = 1.5$

- Mit der Ersatzkraftmethode wird ein nicht duktiler Tragverhalten angenommen.
- Der Verhaltensbeiwert q berücksichtigt die Überfestigkeit der Materialien und die Dämpfung des Gebäudes.
- Das Untergeschoss wird als steifer Fundamentkasten betrachtet.
- Der Einspannhorizont wird auf der Höhe der UG Decke angesetzt.
- Über die Betonrippendecken werden die Kräfte proportional zur Steifigkeit auf die Wände verteilt.

4.1 Baustoffe und Materialfestigkeiten

In der SIA Norm 269/8 werden in Tabellen die Materialfestigkeiten aus den alten Normgenerationen definiert. Im Schulhaus Enge wurden keine Sondagen durchgeführt. Aus diesem Grund ist nicht bekannt mit welchem Mauerwerksstein gearbeitet wurde. Die Festigkeiten des Mauerwerks werden auf der sicheren Seite angenommen und entsprechen ca. 30% der Festigkeiten eines heutigen Backsteinmauerwerks.

Annahme Steindruckfestigkeit:	$f_k \geq 20 \text{ N/mm}^2$
Annahme Mauerwerksdruckfestigkeit senkrecht:	$f_{xd} = 1.0 \text{ N/mm}^2$
Annahme Mauerwerksdruckfestigkeit waagrecht:	$f_{yd} = 0.3 \times 1.0 \text{ N/mm}^2 = 0.30 \text{ N/mm}^2$
Annahme Elastizitätsmodul:	$E_d = 500 \times f_k = 10000 \text{ N/mm}^2$

4.2 Berechnung der Schwingzeit nach Rayleigh

Die Berechnung der Schwingzeit nach Rayleigh behandelt das Gebäudemodell vereinfacht als Einmassenschwinger. Die Berechnungen sind genauer als die Schätzformel nach der SIA 261. Zusätzlich kann die Steifigkeit des Gebäudes (Gerissener Zustand im Falle eines Erdbebens) beeinflusst und die Auswirkungen auf die Schwingzeit verglichen werden.

Steifigkeit	T	f	S _d
100%	0.47	2.14	0.18
60%	0.60	1.66	0.14
30%	0.85	1.17	0.10

Schwingzeiten nach Rayleigh mit verschiedenen Gebäudesteifigkeiten

4.3 Statische Einwirkungen

Bemessungsspektrum Erdbeben:

Für die Berechnung der Erdbebeneinwirkung wird das Bemessungsspektrum mit folgenden Parametern beigezogen:

$$S = 1.40, T_B = 0.15, T_C = 0.5, T_D = 2.0, I_g = 500$$

Plateauwert Bemessungsspektrum:

$$S_d = 2.5 Y_f a_{gd} S / (g q) = 0.18$$

Wert Bemessungsspektrum bei 60% der Gebäudesteifigkeit

$$S_d = 2.5 Y_f a_{gd} S T_c / (g q T) = 0.14$$

4.3 Lastannahmen

Lastkombination für den Aussergewöhnlichen Lastfall Erdbeben:

$$E_d = E\{G_k, P_k, \psi_{2i} O_{ki}, X_d, a_d\}$$

Eigengewicht Unterzugsdecke (Decke UG, EG, 1.OG, 2.OG)	$g_{k1} = 2.85 \text{ kN/m}^2$
Eigengewicht Dachkonstruktion Annahme	$g_{k2} = 1.60 \text{ kN/m}^2$
Eigengewicht Zwischendecke Dachstock Annahme	$g_{k3} = 1.50 \text{ kN/m}^2$
Eigengewicht Überzug Rippendecke = 5cm	$g_{k4} = 1.00 \text{ kN/m}^2$
Eigengewicht Wände d=40cm	$g_{k5} = 38.70 \text{ kN/m}^2$
Eigengewicht Wände d=56cm	$g_{k6} = 54.20 \text{ kN/m}^2$
Nutzlast A1 (Wohnflächen)	$q_{k1} = 2.00 \text{ kN/m}^2$
Oder Nutzlast C1 (Versammlungsflächen mit Tischen und Bestuhlung)	$q_{k1} = 3.00 \text{ kN/m}^2$
Schneelast Dach	$q_{s1} = 1.20 \text{ kN/m}^2$

A1 = $\psi_2 = 0.3$

C1 = $\psi_2 = 0.6$

Schnee = $\psi_2 = 0.0$

Die Berechnungen der Eigenlasten und Nutzlasten des Gebäudes inkl. den Schwingzeiten und den Nachweisen für die einzelnen Mauerwerkswände wurden mittels Excel Berechnungstools durchgeführt.

5. Beurteilung

5.1 Konzeptionelle Beurteilung Schulhaus

Das Gebäude weist sehr viele und Massive Mauerwerkswände auf. Trotzdem sind reine Mauerwerksgebäude aus dem frühen 20. Jahrhundert aufgrund der eher schlechten Mauerwerkswerte nach Norm sehr verletzlich auf Erdbeben. Die Berechnungen haben aber gezeigt, dass von einem Erfüllungsfaktor $a_{eff} \geq 0.4$ ausgegangen werden kann. Dies wird im Kapitel "Rechnerische Beurteilung Schulhaus" genauer ausgeführt.

Die tragenden Mauerwerkswände sind im Gebäude immer auch seitlich gehalten. Einzig die nichttragenden Raumtrennwände im 3. Obergeschoss mit einer Stärke von 12.5cm sind aufgrund ihrer Höhe von 2.60m zu schlank ausgebildet und im Erdbebenfall kippgefährdet. Im Zuge eines Umbaus sind die nichttragenden Mauerwerkswände im 3.OG seitlich zu sichern.

Das Gebäude weist infolge seiner speziellen Dachkonstruktion keine Giebelwände auf. Giebelwände sind im Erdbebenfall stark gefährdet, da sie Seitlich nicht verankert sind. Da in diesem Gebäude keine solchen vorhanden sind, kann diese Problematik ausgeschlossen werden.

Die Kaminaufbauten sind in einem Erdbebenfall gefährdet. Die bestehenden Aufbauten haben aber bereits massive Stürme wie den Lothar 1999 und die Burglinde 2018 schadlos überstanden. Die Handrechnungen für den höchsten massgebenden Kamin nach der Formel für Sekundäre Bauteile ergeben einen Erfüllungsfaktor von $a_{eff} \geq 0.6$.

5.2 Rechnerische Beurteilung Schulhaus

Die Materialkennwerte und die Modellbildung wurden für die Handrechnung sehr konservativ angenommen. Die Materialkennwerte könnten in einem nächsten Schritt anhand von Kernbohrungen und Versuchen genauer geprüft werden.

Bei der Modellbildung wurden keine Brüstungen berücksichtigt. Die Fassadenfenster sind nicht raumhoch, somit würden die Brüstungen und Stürze einen wesentlichen Teil zur Gebäudesteifigkeit beitragen. In der Handrechnung werden die Horizontalkräfte vor allem durch die langen Wandscheiben aufgenommen. Da diese langen Wandscheiben die grössten Lasten anziehen, sind diese stark überlastet (Wände Nr. 12, 26, 79 siehe Bild 3). In Wirklichkeit werden sich diese Lasten noch mehr auf die Fassaden verteilen und somit die langen Wandscheiben entlasten. Aus diesen Gründen und auf Basis der Berechnungen kann davon ausgegangen werden, dass das Gebäude einen Erfüllungsfaktor von $a_{eff} = 0.4-0.5$ aufweist. Um die Brüstungen in der Berechnung zu berücksichtigen müsste ein 3-D Modell erstellt werden. Dies entspricht einer genaueren Untersuchung und Berechnung im Zuge einer Überprüfung Stufe 3.

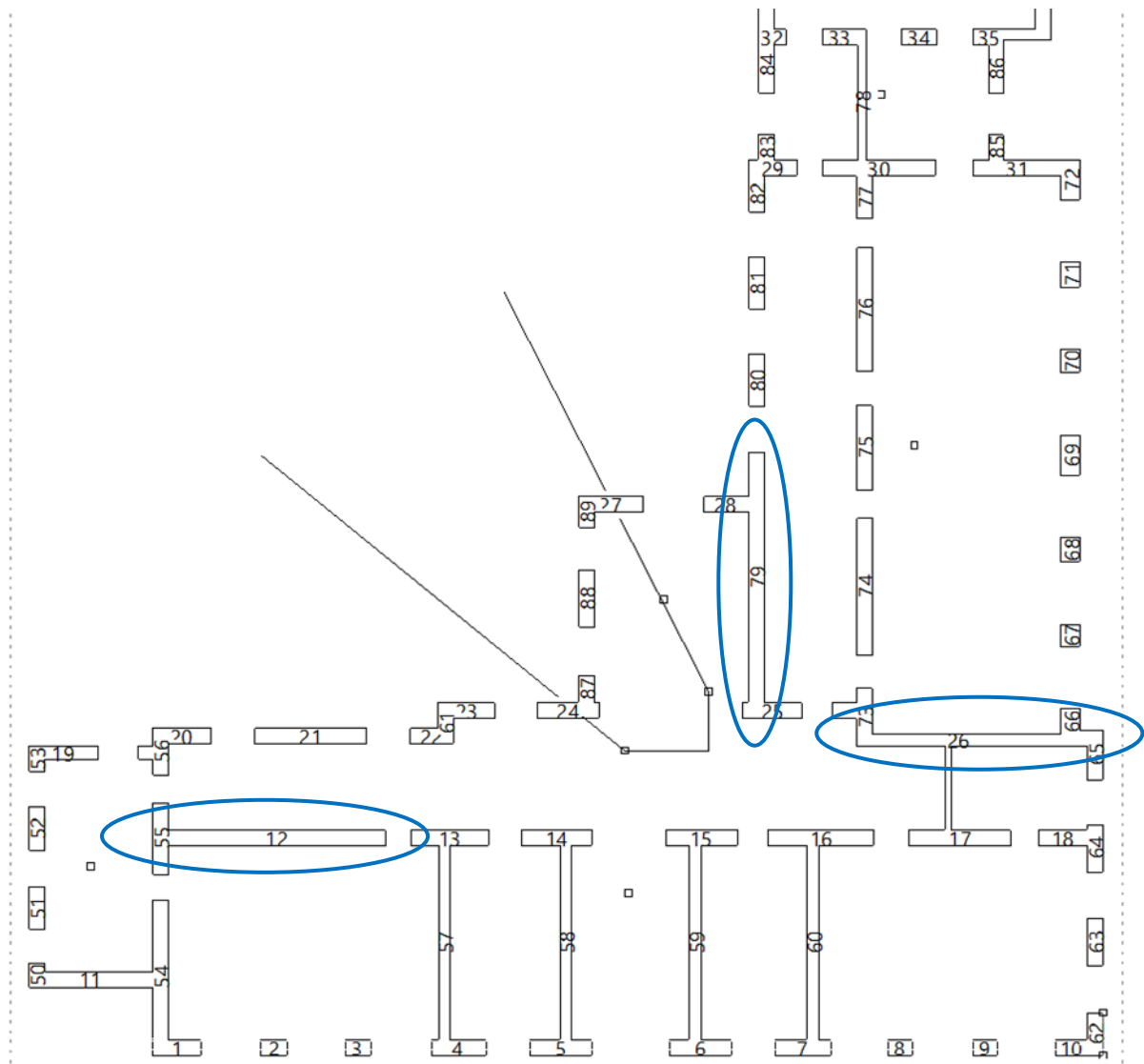


Bild 5: Stark belastete Wände in Handrechnung, ohne Berücksichtigung der Brüstungen.

Auch ohne die Umsetzung von baulichen Massnahmen, ist das Gebäude auf Grund der Bauweise nicht sehr verletzlich. Mit einem Faktor $a_{\text{eff}}=0.4-0.5$ ist es eher unwahrscheinlich das es zu einem Teileinsturz oder zu Personenschäden führen kann. Schäden am Gebäude wie z.B: Risse im Mauerwerk und Abplatzungen an Betonbauteilen sind zu erwarten.

The diagram shows a building layout with 65 numbered rooms. The layout is organized into several sections. At the top, there is a large rectangular area labeled 'Varianten Lifteinbau'. Below this, a central corridor or common area is labeled 'Massenzentrum'. To the left of this central area, a large rectangular area is labeled 'Steifigkeitszentrum'. The rooms are numbered 1 through 65. Two rooms, 16 and 26, are highlighted with red squares. The layout includes various room shapes, including long narrow corridors, rectangular rooms, and L-shaped rooms. The numbering is as follows: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65.

Bild 6: Schulhaus Nummerierung Wände inkl. Varianten Lifteinbau

5.3 Beurteilung Turnhalle

Aufgrund des Schadensbild der Wand 1 an der Westecke der Turnhalle gehen wir davon aus, dass das Gebäude einen schlechten Widerstand gegenüber von Horizontalkräften hat. Um eine regelmäßige Verteilung der Horizontalkräfte der Turnhalle auf die verschiedenen Umfassungswände zu erhalten, ist eine genügende Horizontale Aussteifung in der Deckenebene vom Dach notwendig. Diese ist aus genannten Gründen eher nicht vorhanden. Bei den Aufnahmen und auf Plänen ist die Deckenkonstruktion auch nicht erkennbar. Da die Schäden nicht durch ein bereits erfolgtes Erdbeben entstanden ist, gehen wir davon aus, dass die Turnhalle sogar einen zu geringen Widerstand gegenüber von Windkräften hat. In einem Erdbebenfall droht somit ohne Massnahmen ein Teileinsturz der Halle. Die Aussteifung in der Deckenebene muss unbedingt kontrolliert und allenfalls ergänzt werden.

Die Rechnerischen Nachweise der Turnhalle wurden auf den gleichen Grundlagen (Materialfestigkeiten, Steifigkeit) wie für das Schulhaus durchgeführt. Das Berechnungsmodell geht von einer bestehenden Aussteifung in der Deckenebene aus. Auf Basis dieser Grundlagen sind die Nachweise aller Wände bis auf die Wand Nr. 1 erfüllt. Die Wand Nr. 1 weist einen Erfüllungsfaktor von $a_{eff} \geq 0.7$ auf. Somit ist nach erfolgter Kontrolle bzw. Verstärkung der horizontalen Aussteifung in der Deckenebene die Erdbebensicherheit erfüllt.



Bild 7: Turnhalle Nummerierung Wände

6. Zusammenfassung der Massnahmen

6.1 Massnahmen Schulhaus

Die Erdbebensicherheit des Schulhaus Enge liegt mit einem Erfüllungsfaktor von $a_{eff}=0.4-0.5$ deutlich unter dem Wert für Neubauten und auch unter den Schwellenwert von $a_{adm}=0.75$ (siehe Anhang 1 Beurteilung der Erdbebensicherheit). Der Erfüllungsfaktor liegt in einem Bereich, in welchem die Verhältnismässigkeit von Massnahmen überprüft werden muss. Bei einer geschätzten Personenbelegung von 120 Personen wähen 8h pro Tag, 5 Tagen pro Woche und 48 Wochen pro Jahr, sind gemäss SIA 269/8 ca. 25'000 Franken verhältnismässig, um die Erdbebensicherheit von 0.4 auf 1.0 zu verbessern.

Für diesen Betrag sind keine Massnahmen umsetzbar.

Im Zuge der Variantenstudien für einen geplanten Lifteinbau, kann die Erdbebensicherheit des Gebäudes mit Massnahmen, die geplant sind, verbessert werden. Die Liftwände müssen mit einer entsprechenden Konstruktiven Bewehrung umgesetzt werden. Die zusätzlichen Aufwände für die zusätzliche Bewehrung sind verhältnismässig.

Im Zuge eines Umbaus sind auch die nichttragenden Mauerwerkswände im 3.OG seitlich zu sichern. Diese Massnahmen senken weiter das Risiko von Personenschäden.

6.2 Massnahmen Turnhalle

Ohne genügende horizontale Aussteifung der Deckenebene ist der Widerstand gegen Erdbebenkräfte und sogar Windlasten viel zu gering. Die bestehende Deckenkonstruktion muss genauer geprüft werden. Die Aussteifung in der Deckenebene muss gewährleistet sein, damit die Statik der Turnhalle gegenüber Horizontalkräften funktioniert und somit auch die Erdbebensicherheit erfüllt ist..

7. Anhang

- Beurteilung der Erdbebensicherheit Schulhaus Enge

Mange + Müller AG
Merzenacker 4a
3006 Bern

Bern, 25.09.2018



Joël Jenni

Erdbebenüberprüfung, Beurteilung der Erdbebensicherheit

Untersuchtes Gebäude:	Schulhaus Enge
Bauwerksklasse	II Schulhaus Bauwerksklasse II+
Restnutzungsdauer	30
Erfüllungsfaktor a_{eff}	0.4
Erfüllungsfaktor Ziel a_{eff}	1

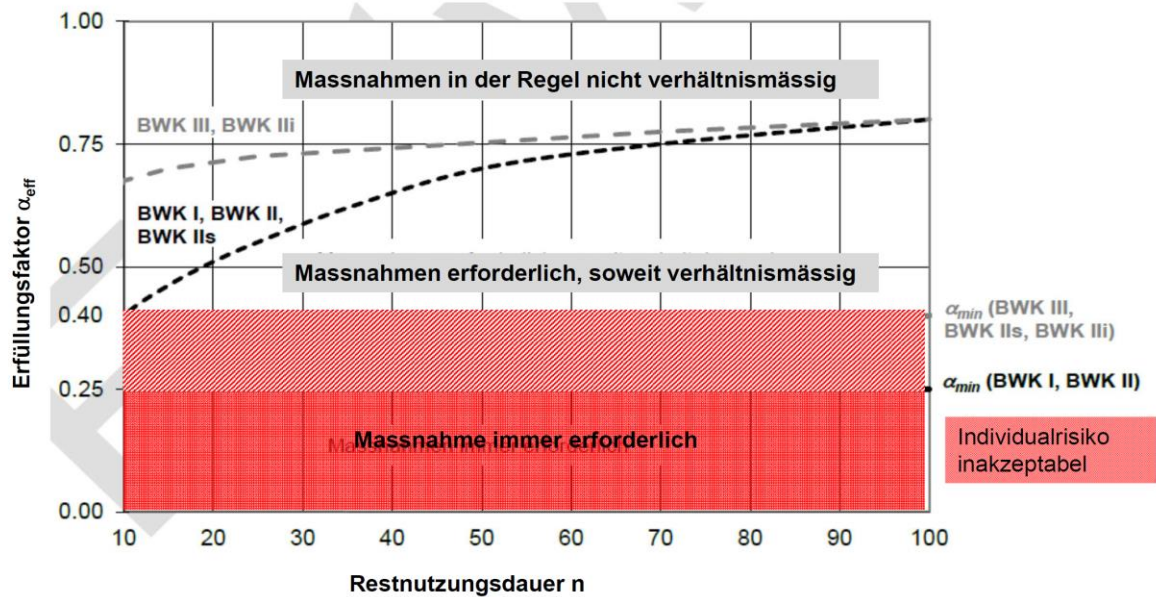
minimaler Erfüllungsfaktor für BWK II+:	
a_{min} :	0.40
a_{adm} :	0.65

Personenbelegung

Personen:	120
Stunden/Tag:	8
Tage/Woche:	5
Wochen/Jahr:	48
Personenbelegung:	26

Sanierungskosten:	
Max. verhältnismässige Kosten:	Fr. 25'000 (10 Mio/ Menschenleben)
Max. zumutbare Kosten:	Fr. 250'000 (100 Mio/ Menschenleben)

SIA 269/8:



Bericht: Zustandsanalyse Turnhalle
Bauobjekt: Schulhaus Enge, Studerstrasse 56 Bern

1. Baubeschrieb

Das Primarschulhaus Enge wurde 1910-1911 erstellt und 1930-1931 mit einer angebauten Turnhalle erweitert. Die Turnhalle besteht aus massiven Mauerwerkswänden mit regelmässigen Fensteröffnungen in den Längswänden sowie einem Blechwalmdach.

2. Zustandsaufnahmen

Im September 2018 wurde eine Zustandsuntersuchung des Schulhauses und der Turnhalle durchgeführt. Bei dieser Zustandsuntersuchung wurden markante Risse in den Wänden der Turnhalle festgestellt. Diese Risse deuten darauf hin, dass sich das Gebäude unter horizontalen Beanspruchungen (z.B. Windlast) verwindet und am angrenzenden Verbindungsbau abstützt. Im Bericht der Zustandsanalyse vom 25.09.2018 wurde die Vermutung geäussert, dass die Risse auf eine fehlende horizontale Aussteifung in der Dachebene (Windverbände) zurückzuführen sind.

Die Tragstruktur in der Turnhalle besteht aus massiven Aussenwänden und einer Dachkonstruktion, welche aus einem Holzfachwerken besteht. Die Dachkonstruktion konnte an Hand der vorhandenen Plangrundlagen und der visuellen Kontrolle anlässlich der Zustandsaufnahmen nicht eruiert werden. Aus diesem Grund wurde eine Sondierung der Dachkonstruktion beauftragt.

3. Zustandsanalyse

Für die Ermittlung der Dachkonstruktion und die Überprüfung von deren Zustand wurde eine Sondieröffnung in der Südwestecke der Turnhalle erstellt. In diesem Bereich wurde die Turnhallendecke geöffnet damit ein freier Einblick in die Dachkonstruktion möglich wurde und die Dachkonstruktion untersucht werden konnte.

Beim Dach der Turnhalle handelt es sich um ein relativ flaches Walmdach, welches durch Holzfachwerke getragen wird. Die Holzfachwerke sind quer zum Gebäude angeordnet sowie zwischen der Traufe und dem Gratsparren im Walmbereich. An der Unterseite der Fachwerkkonstruktion ist ein Bretterboden eingebaut. Die heruntergehängte Lammellendecke der Turnhalle wurde in Elementbauweise erst zu einem späteren Zeitpunkt eingebaut und ist daher neueren Datums.

Die Holztragstruktur befindet sich in einem guten Zustand. Von der Sondierstelle her betrachtet konnten keine sichtbaren Schäden oder Feuchtstellen der Holzkonstruktion festgestellt werden. Die Befestigung der Holzlamellendecke entspricht neueren Standards und befindet sich ebenfalls in einem guten Zustand.

Im Zustandsbericht vom 25.09.2018 wurde behauptet, dass die markanten Risse im Bereich der Turnhallenwände auf eine geringe Stabilität des Gebäudes hindeuten und möglicherweise auf fehlende Windverbände in der Dachebene zurückzuführen sind. Bei der Sondage in der Dachkonstruktion wurde diese Aussage bestätigt. Eine horizontale Aussteifung fehlt, welche das Gebäude an der Dachunterseite stabilisieren würde. Die Holzverschalung an der Unterseite der Fachwerke und in der Dachebene bewirken eine minimale Aussteifung. Diese ist jedoch nicht in der Lage grössere Krafteinwirkungen aufzunehmen, welche zum Beispiel bei Erdbebenstössen auftreten können.

Bei der detaillierten Zustandsuntersuchung wurde zudem die Vertikalität der Aussenwände sowie die Horizontalität vom Boden und der Decke der Turnhalle geprüft.

- Die Toleranzen der Aussenwände betragen gegenüber der Vertikalen ca. $\pm 10\text{mm}$, gemessen auf einer Wandhöhe von ca. 3.50m
- Die Toleranzen von Boden und Decke betragen gegenüber der Horizontalen ca. $\pm 10\text{mm}$ gemessen über der gesamten Fläche der Turnhalle

Diese Toleranzen entsprechen etwa der normalen Bautoleranz und geben keinen Hinweis darauf, dass sich das Gebäude infolge ungleichmässiger Setzungen verdreht oder verschoben hat. Die Risse in den Aussenwänden entstanden daher vermutlich von zeitlich begrenzten Überbeanspruchungen infolge Windlasten oder anderen Erschütterungen.

Die fehlenden stabilisierenden Windverbände in der Dachebene bedeuten für den Nutzer der Turnhalle keine zusätzliche Gefährdung. Die Befestigung der heruntergehängten Holzlamellendecke befindet sich im untersuchten Bereich in einem guten Zustand. Die Holzfachwerke sind an deren Ober- und Untergurten mit einer Holzverschalung stabilisiert und befinden sich in einem guten Zustand. Durch die fehlenden Windverbände in der Dachebene sind die Aussenwände jedoch zu wenig gut gehalten. Daher besteht die Gefahr von markanten Vergrösserungen der bestehenden Risse und weiteren klaffenden Rissen bei zukünftigen grösseren Erschütterungen. Eine Einsturzgefahr der Aussenwände zum Beispiel bei einem Erdbeben ist nicht zu erwarten.

4. Empfohlene Massnahmen

Wie im Erdbebenbericht bereits beschrieben kann die Erdbebensicherheit des Gebäudes durch Windverbände in der Dachebene gewährleistet werden. Zudem können die Stabilitätsprobleme der Turnhallenaussenwänden mit Hilfe eines horizontalen Fachwerkes stark verbessert und damit die Gefahr von weiteren Rissen respektive die Vergrösserung der bestehenden Risse minimiert werden.

Kostenschätzung:

Der Einbau einer Stahlkonstruktion zur Stabilisierung der Dachebene kostet ca. CHF 40'000.

5. Beilagen

- | | |
|---------------------------------------|---------|
| - Fotos der Zustandsaufnahmen | Seite 3 |
| - Grundrisse Erdgeschoss | Seite 5 |
| - Bilder von Denkmalpflege Stadt Bern | Seite 6 |

Mange + Müller AG
Merzenacker 4a
3006 Bern

Bern, 11.02.2019

Rolf Liechti



Abbildung 1: Holzfachwerk



Abbildung 2: Holzfachwerk



Abbildung 3: Anschluss Holzfachwerk an Aussenwand



Abbildung 4: Heruntergehangene Holzlamellendecke

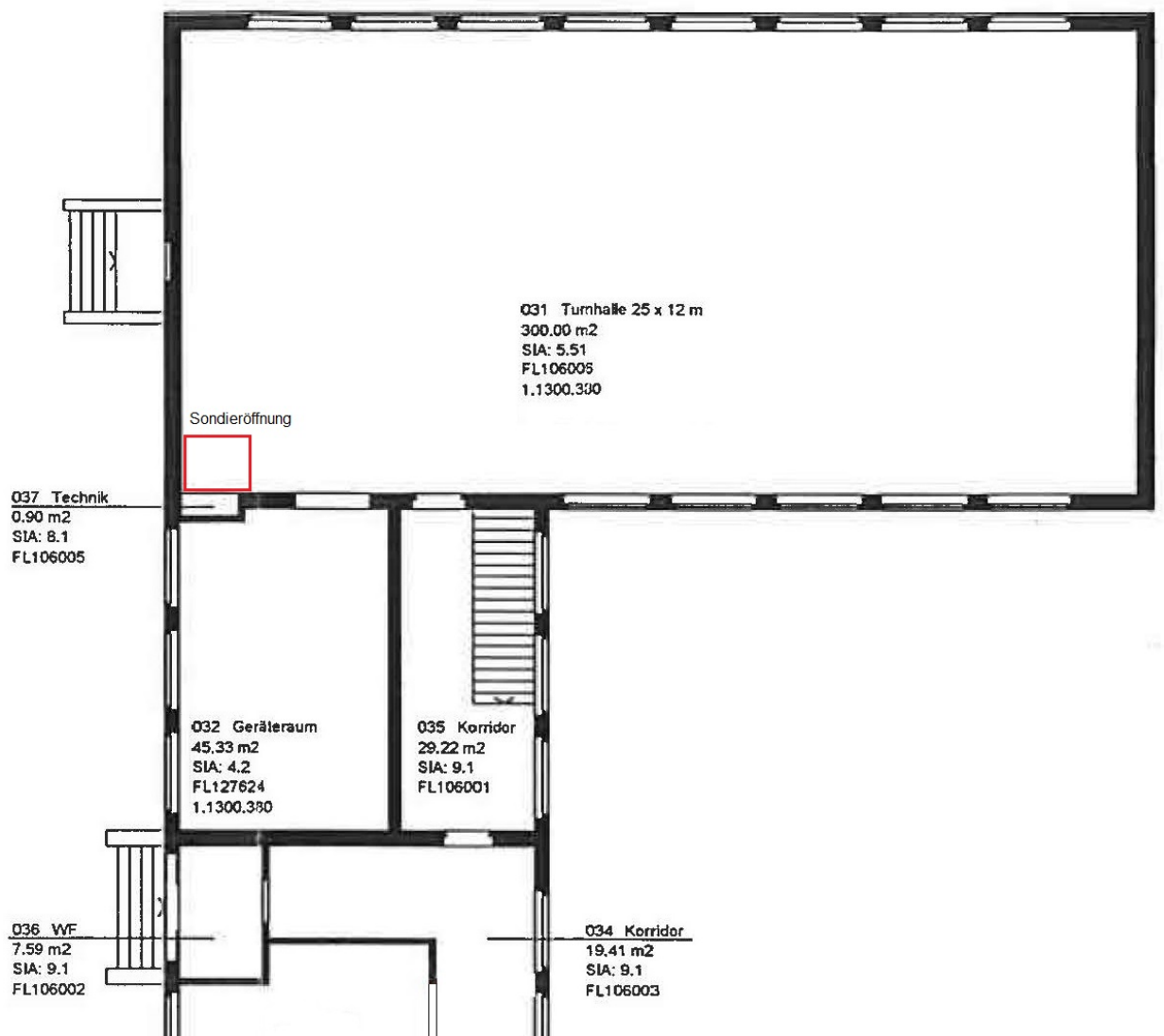


Abbildung 5: Grundriss Turnhalle mit Sondieröffnung

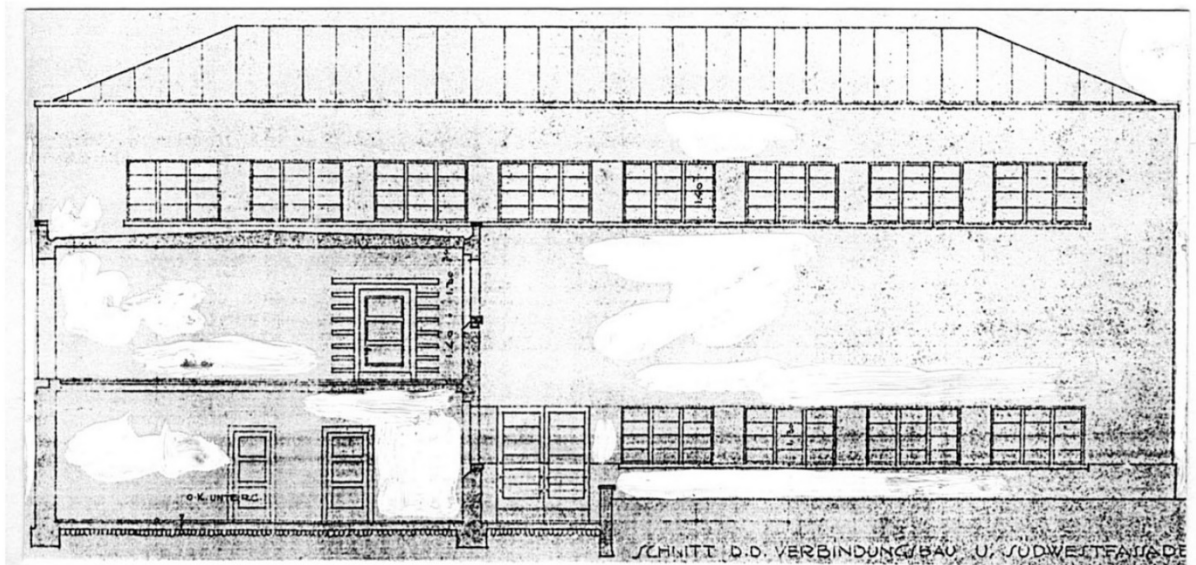


Abbildung 6: Bilder vom Bauinventar der Denkmalpflege Stadt Bern

Hochbau Stadt Bern
Frau Viràg Kiss
Bundesgasse 33
3011 Bern

Ostermundigen, 23. Juli 2018 /hb

Bericht: **Zustandsanalyse Holzbau Konstruktion**
Bauobjekt: **Schule Enge, Studerstrasse 56, Bern**

Sehr geehrte Damen und Herren

In Anlehnung an die Zustandsanalyse des Ingenieurbüros Mange+Müller über das Schulhaus Enge ist in diesem Bericht die Beurteilung der Holzkonstruktion im 3.OG und Dachgeschoss vom Hauptgebäude festgehalten. Die Begehung hat am 28.06.2018 unter Anwesenheit von Frau Viràg Kiss von Immobilien Stadt Bern und Rolf Liechti vom Büro Mange+Müller statt gefunden.

1. Tragkonstruktion

Für die Gesamtstabilität wurden von unserer Seite keine Berechnungen gemacht. Mit der Beurteilung des Zimmermann Auges sind keine gravierenden Fehler an der Gesamtkonstruktion festzustellen. Lediglich die Binder im Mehrzweckraum sind so konstruiert, dass sie statisch nicht ganz formstabil sind. Es fehlen im oberen Teil die Streben, im unteren Teil wurden bei diesen Streben Anordnungen üblicherweise Jagdbügel eingebaut, welche hier auch fehlen. Es ist jedoch zu erwähnen, dass diese auch nicht zu einem statischen, formstabilen Dreieck führen würden.

Aus der Anordnung der Hölzer muss davon ausgegangen werden, dass sich bei hohen Windlasten oder exzentrischen Lasten durch Schnee der Dachstuhl verformen wird, was sich durch Knack Geräusche im Dachstuhl bemerkbar macht. Das Dach ist sehr steil, somit ist die Wahrscheinlichkeit von Schneeansammlungen eher gering. Die heutigen Normen betreffend Durchbiegung und Verformung sind wohl kaum eingehalten, die Tragsicherheit kann jedoch als gewährleistet angenommen werden. Sollten die Dachschrägen einmal anders verkleidet werden, müssten bei Anwendung von Gips, mit Rissbildungen in der Oberfläche auf Grund der Verformung gerechnet werden. Bei den in der Dachschräge bereits heute verkleideten Gipsoberflächen sind diese Risse sichtbar.

Das Konstruktionsholz wurde aus Bauholz mit mehrheitlichem Markanteil verbaut. Viele Bauteile haben das Mark im Querschnitt auf die ganze Länge enthalten. Konstruktionsholz wird aus Rundholz geschnitten mit einer Holzfeuchte von bis gegen 30%. In lufttrockenem

Zustand enthält das Holz schlussendlich noch eine Feuchtigkeit von 10 – 16%. Wenn das Holz trocknet, wird es kleiner und es entstehen Risse. Im Bauholz ist das Mark im Querschnitt zugelassen, die entsprechenden Schwundrisse aus der Austrocknungsphase sind toleriert und in den Bemessungswerten berücksichtigt.

Die Schwundrisse im Dachstuhl sind im normalen Rahmen.

Mehrzweckraum:

An der nordwestseitigen Strebe vom Binder 2 ist ein überdurchschnittlicher Riss zu erkennen, entstanden durch den Holzfehler Abholzigkeit.

Die Holzverbindungen der Streben Anschlüsse auf die Bundriegel im Binder 2+3 sind mit einem rechtwinkligen Versatz gemacht. Die fachmännisch richtige Ausführung wäre ein winkelhalbierender Schnitt. Durch Ungenauigkeiten im Schnitt, verdrehen des Holzes und rechtwinkligem Schnitt sind einige Eindrücke in der Verbindung zu erkennen, was auf eine recht hohe Lasteinleitung schliessen lässt.

Im Bundriegel vom Binder 4 ist ungefähr in der Mitte der Zugzone ein Teilbruch zu erkennen. Dieser könnte jedoch schon von Beginn weg da gewesen sein und auf das Fällen vom Holz oder auf einen Transportschaden zurück zu führen sein. Die Durchbiegung ist nicht grösser als in den anderen Bindern und ist im üblichen Rahmen.

Galerie im Vorraum zu Mehrzweckraum

Die Trennwand vor dem Mehrzweckraum und die Galeriebalkenlage wurden nachträglich eingebaut. Dazu wurde der Binder 5 (in Trennwand integriert) umgebaut. Die fehlenden Streben oberhalb vom Bundriegel wurden eingebaut und der Druckpfosten wurde zu einem Hängepfosten mit Anschluss von Eisenteilen umfunktioniert.

2. Insektenbefall

Im Dachstock wurde an einzelnen Stellen Insektenbefall festgestellt. Die befallenen Konstruktionsteile wurden bereits zu einem früheren Zeitpunkt mit einem bekämpfenden Insektizid mittels Injektionen behandelt. Am Boden war an der Begehung nirgends Frass Mehl von Insekten zu erkennen, somit kann davon ausgegangen werden, dass die Behandlung erfolgreich war und der Befall stabilisiert werden konnte.

3. Schlussbemerkung

Ohne Nutzungsänderung im 3.OG und im DG und ohne bauliche Veränderung der inneren Verkleidungen in den Dachschrägen stehen an der Tragkonstruktion keine dringenden baulichen Massnahmen an. An den Konstruktionsteilen sind keine Abnützungserscheinungen oder Veränderungen festzustellen, aus welchen eine Abnahme ihrer Funktionalität abzuleiten wäre.

BEER HOLZBAU AG

Heinz Beer



Abbildung 1: Mehrzweckraum 3. OG Binder 4, Riss in Bundriegel



Abbildung 2: Mehrzweckraum 3. OG Binder 2, Versatz Ost gestaucht

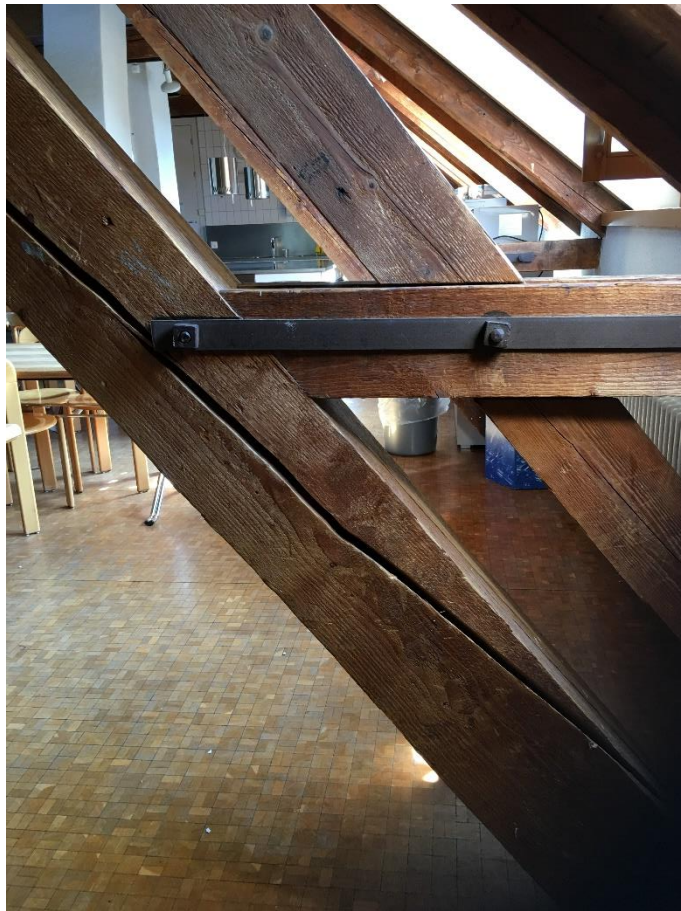


Abbildung 3: Mehrzweckraum 3. OG Binder 2, Riss in Strebe West



Abbildung 4: Dachgeschoss West, Deckenaufbau



Abbildung 5: Dachgeschoss West, Zapfen von Schädlingsbekämpfung



Abbildung 6: Dachgeschoss Mitte, Ventilator Küchenabluft (Brandgefahr)