

## Schulanlage Stägenbuck, Dübendorf - Primarschule

### Bericht zur Überprüfung der Erdbebensicherheit



(Ansicht Primarschulhaus Stägenbuck)

30. August 2019

**Impressum:**

Auftraggeber	Primarschule Dübendorf und Sekundarschule Dübendorf-Schwerzenbach
Architekt	Niedermann Sigg Schwendener Architekten AG Grüngasse 19 8004 Zürich
Bauingenieur	Synaxis AG Zürich Thurgauerstrasse 56, 8050 Zürich Tel.: 044-316 67 77
Verfasser	Thomas Weber, Dr. sc. techn. thomas.weber@synaxis.ch  Corina Heldstab corina.heldstab@synaxis.ch
Dokument-Nr.	2752-02
Revision	-
Datum	30. August 2019

## Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>3</b>
<b>Zusammenfassung</b>	<b>4</b>
<b>1 Ausgangslage und Gegenstand</b>	<b>6</b>
<b>2 Grundlagen</b>	<b>6</b>
2.1 Normen, Richtlinien, Literatur	6
2.2 Projekt- und Plangrundlagen	7
<b>3 Zustandserfassung</b>	<b>8</b>
3.1 Begehung	8
3.2 Strukturaufnahmen	8
3.3 Baustoffe	8
<b>4 Beschreibung der Gebäude</b>	<b>10</b>
4.1 Abmessung und Nutzung	10
4.2 Tragwerkskonzept	11
4.3 Baugrund	14
<b>5 Erdbebeneinwirkung</b>	<b>15</b>
<b>6 Konzeptionelle und konstruktive Beurteilung</b>	<b>16</b>
6.1 Tragwerk	16
6.1.1 Beurteilung des Bestandes	16
6.1.2 Umbauten der Vergangenheit	16
6.1.3 Umbauten im Rahmen des Überarbeitungsprojektes	17
6.2 Installationen und sekundäre Bauteile	17
<b>7 Rechnerische Untersuchung der Erdbebensicherheit</b>	<b>18</b>
7.1 Tragwerksanalyse Primarschulhaus	18
7.1.1 Lastannahmen Primarschulhaus	18
7.1.2 Modellbildung und Berechnung des Primarschulhauses	18
7.1.3 Modale Analyse	20
7.1.4 Nachweisführung	21
7.1.5 Erdbebenberechnung und Ergebnisse	22
7.1.6 Modellprüfung und Vergleichsberechnung	26
7.1.7 Analyse Gebäudezusammenprall der Baukörper	26
7.2 Tragwerksanalyse Einfachturnhalle	27
7.3 Tragwerksanalyse Zweifachsporthalle	29
<b>8 Beurteilung der Erdbebensicherheit</b>	<b>32</b>
<b>9 Massnahmenempfehlung</b>	<b>32</b>
<b>Anhang 1 Ausgewählte Planunterlagen</b>	<b>34</b>
<b>Anhang 2 Tragwerksanalyse</b>	<b>47</b>
<b>Anhang 3 Fotodokumentation</b>	<b>55</b>
<b>Anhang 4 Factsheets</b>	<b>62</b>

## Zusammenfassung

Im Rahmen der Gesamtsanierung und Erweiterung der Schulanlage Stägenbuck in Dübendorf soll die Erdbebensicherheit der Primarschule analysiert werden. Bereits im Jahr 2013 gab es eine Beurteilung der Erdbebensicherheit mit vereinfachten Berechnungsverfahren, die ein Defizit der Tragsicherheit im Erdbebenfall feststellte. Bei den zu untersuchenden Gebäuden handelt es sich um das Primarschulhaus, die Einfachturnhalle Primarschule und die Zweifachsporthalle aus den Jahren 1973 / 74.

Das Primarschulhaus ist ein verschachteltes Gebäude und in drei Baukörper dilatiert. Das Gebäude hat 4 Geschosse, wobei abschnittsweise die Geschossdecken versetzt angeordnet sind. Die Tragstruktur besteht aus einer Mischbauweise aus Mauerwerk und Stahlbeton. Die 3 Baukörper des Gebäudes funktionieren für sich eigenständig. Alle Wände der Obergeschosse sind tragend in Mauerwerk ausgeführt. Die Foundation wurde flach mit einer Bodenplatte erstellt. Die Geschossdecken sind in Stahlbeton ausgeführt. Die Abtragung horizontaler Lasten erfolgt ausschliesslich über Mauerwerkstragwände. Das Primarschulhaus hat eine Vielzahl von Tragwänden in alle Raumrichtungen, die über die gesamte Baukörperhöhen durchgehend sind. Jeder Baukörper für sich hat eine hohe Regelmässigkeit in Grund und Aufriss ohne relevante Unstetigkeiten oder Exzentrizitäten. Ferner gewährleisten die schubsteifen Geschossdecken in Stahlbeton und die durchgehenden Bodenplatten eine hohe Integrität der Baukörper. Ungünstig sind die schmalen Dilatationsfugen und die versetzten Deckenknoten der einzelnen Geschosse.

Die Einfachturnhalle der Primarschule ist ein Hallenbau mit Nebenräumen. Die Nebenräume gehen über 2 Stockwerke, während die Hallenbereich eingeschossig ist. Die Tragstruktur aus Wänden, Stützen und Decken besteht komplett aus Stahlbeton. Die Südseite der Einfachturnhalle ist durch eine Fensterfront aufgelöst. Die Foundation wurde flach mit einer Bodenplatte erstellt. Die Abtragung horizontaler Lasten erfolgt über Stahlbetontragwände in die Foundation. Die Einfachturnhalle zeigt keine offensichtlichen Schwächen der Tragstruktur bezüglich Erdbebenverhalten.

Die Zweifachsporthalle ist ein Hallenbau mit Nebenräumen. Der Hallensaal ist mit Räumen des Zivilschutzes unterkellert. Die Nebenräume zur Umkleide sind eingeschossig. Die Tragstruktur aus Wänden, Stützen und Decke besteht komplett aus Stahlbeton. Die Foundation wurde flach mit einer Bodenplatte erstellt. Die Stirnwände sind durchgehend. Die Längswand nach Süden ist komplett durch eine Fensterfront mit Stützen aufgelöst. Die Nordwand ist oben am Kopfende sowie auf Bodenniveau über die gesamte Wandlänge durch Fensterbänder mit Stützen aufgelöst. Die Abtragung horizontaler Lasten erfolgt in Querrichtung über Stahlbetontragwände. In Längsrichtung werden die Lasten über die Fensterstützen auf Schub und Biegung sowie über die Stirnwände über Plattenbiegung abgetragen. Durch die Auflösung der Längswände durch Fensterbänder ist der Tragwiderstand in Längsrichtung stark reduziert.

Im Rahmen des vorliegenden Umbauprojektes sind keine relevanten Eingriffe bezüglich Erdbebenverhalten in die Tragstrukturen der Primarschulgebäude vorgesehen. Die vorgesehenen Eingriffe sind in der Tragwerksanalyse berücksichtigt.

Am Standort der Primarschule Stägenbuck stehen quartäre Ablagerungen mit Moräne der Würm-Ver-gletscherung an, die einen Moränewall bilden. Der Felshorizont der Molasse des Tertiärs befindet sich in ca. 20 m bis 50 m. Der Standort wird als gut tragfähig eingestuft.

Die Primarschule liegt in der Erdbebenzone 1 gemäss SIA 261. Aufgrund der Lockergesteinsmächtig-keit mit mehr als 20 m und guter Tragfähigkeit wird der Standort der Baugrundklasse C zugeordnet. Die Gebäude sind aufgrund Schulnutzung als Bauwerksklasse II eingestuft. Daraus ergibt sich eine Spitzen-bodenbeschleunigung von  $a_{g,max} = 0.83 \text{ m/s}^2$ . Im schweizweiten Vergleich ist diese Erdbebenanregung gering.

Die Erdbebenüberprüfung des Primarschulhauses erfolgt mit dem nichtlinearen verformungsbasierten Verfahren der Push-Over-Analyse. Die Tragstruktur ist aufgrund der Vielzahl der Wände sehr steif. Der Tragwiderstand jedes einzelnen Baukörpers ist ausreichend, um die Erdbebenlasten abzutragen. Der

verformungsbedarf ist klein und liegt bei wenigen Millimetern. Der Nachweis der Erdbebensicherheit des Schulgebäudes konnte geschlossen erbracht werden. Der Erfüllungsfaktor gemäss SIA 269/8 für das Primarschulhaus liegt weit über  $\alpha_{\text{eff}} \gg 1.0$ . Ein Zusammenprall einzelner Gebäudeteile ist im Fall des Bemessungserdbebens ausgeschlossen. Das Primarschulhaus wird als erdbebensicher beurteilt.

Die Einfachturnhalle wird mit dem Ersatzkraftverfahren analysiert. Aufgrund der robusten Tragstruktur kann der Erdbebennachweis geschlossen erbracht werden. Der Erfüllungsfaktor für die Einfachturnhalle liegt weit über  $\alpha_{\text{eff}} \gg 1.0$ . Die Einfachturnhalle wird als erdbebensicher beurteilt.

Die Zweifachsporthalle wird mit dem Ersatzkraftverfahren analysiert. Trotz der vorhandenen konstruktiven Schwäche bezüglich erdbebengerechtem Entwurf der Tragstruktur und Auflösung der Längswände durch Fenster kann der Nachweis der Erdbebensicherheit gemäss den aktuell gültigen SIA-Tragwerksnormen erbracht werden. Der Erfüllungsfaktor für die Zweifachsporthalle liegt über  $\alpha_{\text{eff}} > 1.0$ . Die Zweifachsporthalle wird als erdbebensicher beurteilt.

Zur Verbesserung der Erdbebensicherheit werden für die untersuchten Gebäude der Schulanlage Stägenbuck keine baulichen Massnahmen zur Verbesserung der Erdbebensicherheit als erforderlich erachtet. Für die Zweifachsporthalle wird empfohlen, die Tragbewehrung der Stützen und die Krafteinleitung in die Wände und Decken zerstörungsfrei durch Sondagen zu verifizieren.

# 1 Ausgangslage und Gegenstand

Im Rahmen der Gesamtsanierung und Erweiterung der Schulanlage Stägenbuck in Dübendorf soll die Erdbebensicherheit der Primarschule detailliert analysiert werden. Bereits im Jahr 2013 gab es eine Beurteilung der Erdbebensicherheit mit vereinfachten Berechnungsverfahren, die ein Defizit der Tragsicherheit im Erdbebenfall aufzeigte.

Bei den untersuchten Gebäuden der Schulanlage Stägenbuck in Dübendorf handelt es sich um das Primarschulhaus, die Einfachturnhalle der Primarschule und die Zweifachsporthalle aus den Jahren 1973 / 74.

Synaxis AG Zürich wurden beauftragt, die Erdbebensicherheit der Gebäude Primarschulhaus, Einfachturnhalle der Primarschule und Zweifachsporthalle, detailliert zu überprüfen sowie allfällige daraus resultierende Ertüchtigungsmassnahmen zu entwickeln.

## 2 Grundlagen

### 2.1 Normen, Richtlinien, Literatur

Normen:

- BAFU (2005) Beurteilung der Erdbebensicherheit bestehender Gebäude - Konzept und Richtlinie für Stufe 3. Bundesamt für Umwelt (ehemals Bundesamt für Wasser und Geologie BWG), Biel 2005.
- NTC (2008) Italien National Technical Code. Section on Masonry Structures of NTC 08.
- NZS (1995) New Zealand Standard: "Concrete Structures. Part 1: The Design of Concrete Structures, Part 2: Commentary". Standards New Zealand, Wellington 1995.
- SIA-Norm 162 (1968) Norm für die Berechnung, Konstruktion und Ausführung von Bauwerken aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton. Regelwerk des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins.
- SIA 260 (2013) Grundlagen der Projektierung von Tragwerken. Regelwerk des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenverein.
- SIA 261 (2014) Einwirkungen auf Tragwerke, Regelwerk des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenverein.
- SIA 261 (2019) Einwirkungen auf Tragwerke - Vernehmlassung des Kapitels 16 - Erdbeben, Regelwerk des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenverein.
- SIA 262 (2013) Betonbau, Regelwerk des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenverein.
- SIA 269/2 (2011) Erhaltung von Tragwerken - Betonbau, Regelwerk des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins.
- SIA 266 (2015) Mauerwerk. Regelwerk des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenverein.
- SIA 269/6-2 (2014) Erhaltung von Tragwerken - Mauerwerksbau, Teil 2: Mauerwerk aus künstlichen Steinen. Regelwerk des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins.
- SIA 269/8 (2017) Erhaltung von Tragwerken - Erdbeben, Regelwerk des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins.
- SIA-Dokumentation D 0237 (2010) Beurteilung von Mauerwerksgebäuden bezüglich Erdbeben. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich.

Literatur:

- 3Muri Version 11.4 Professional, S.T.A. DATA, Torino, Italien.
- Baumann (1972) Zur Frage der Netzbewehrung von Flächentragwerken. Der Bauingenieur 47(10), S. 367-377.
- Baumann (1972) Tragwirkung orthogonaler Bewehrungsnetze beliebiger Richtung in Flächentragwerken aus Stahlbeton. DASTb., Heft 217, Verlag Ernst & Sohn Berlin.

- Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000. Kartenblatt Nr. 90 Zürich. Ausgabejahr 1992.
- Griffith, M.C., Magenes, G., Meils, G. J. & Picci, L. (2003) Evaluation of Out-Of-Plane stability of unreinforced masonry walls subjected to seismic excitation. Journal of Earthquake Engineering, Vol. 7, No. 1: 141-169.
- Schneider, K.-J. (2002) Bautabellen für Ingenieure. 15. Auflage. Werner Verlag.
- Sofistik (2018) BEMESS - Bemessung von Flächentragwerken. BEMESS Manual, Version 2018-8, Softwarehandbuch, Sofistik AG, Oberschleissheim, 2019.
- Wenk, T. (2011) Erdbbensicherung von Bauwerken I. Vorlesungsunterlagen der ETH Zürich.

## 2.2 Projekt- und Plangrundlagen

### Projektberichte:

- Dr. von Moos (1971) Neues Oberstufenschulhaus - Vergleichende Baugrunduntersuchung der Areale Gumpisbuel und Stägenbuck in Dübendorf. Geotechnisches Büro Dr. A. von Moos, Zürich, August 1971.
- Schärli & Oettli (2014) Grobüberprüfung Primarschulhaus Stägenbuck in Dübendorf - Überprüfung der Tragstruktur. Schärli + Oettli AG, Zürich, August 2013.

### Plangrundlagen:

- Architektenpläne Phase Projektüberarbeitung: Niedermann Sigg Schwendener Architekten AG, Zürich, Juni 2019
- Architektenpläne Bestand für das Primarschulhaus und die Zweifachsporthalle: Dipl. Arch. SIA Züger Hess Zimmermann, Dübendorf, 1972 / 1973
- Ingenieurpläne Bestand für das Primarschulhaus, Schalung und Armierung: Ingenieurbüro E. Stucki + H. Hofacker Dipl. Ing. ETH / SIA, Zürich, 1972 / 1973

Für die Einfachturnhalle der Primarschule sind keine detaillierten Pläne vorhanden, weder Architekten- noch Ingenieurpläne.

Für die Zweifachsporthalle sind keine Ingenieurpläne mit detaillierten Bewehrungsangaben vorhanden.

### 3 Zustandserfassung

#### 3.1 Begehung

Eine Begehung der Primärschulanlage erfolgte am 14. März 2019. Bei der Begehung wurde ein grundlegender Eindruck der Tragstrukturen der Schulanlagen gewonnen und der Zustand der Gebäude begutachtet.

Die Tragstruktur der Gebäude befindet sich in einem guten Zustand und zeigt äusserlich keine relevanten Schäden oder Mängel an der tragenden Struktur. Lokal ist eine geringfügige Rissbildung vorhanden. Differentielle Setzungen sind nicht identifiziert.

Es liegt keine relevante Schädigung der Tragstruktur vor, die eine Auswirkung auf die Erdbebensicherheit hätte.

#### 3.2 Strukturaufnahmen

Für die vorliegende Studie wurden keine detaillierten Strukturaufnahmen angefertigt. Es liegen keine Materialprüfungen vor.

#### 3.3 Baustoffe

Das Gebäude mit Baujahr 1973 / 74 wurde wahrscheinlich nach SIA-Norm 162 (1968) geplant und errichtet. Laut Planunterlagen wurde Beton BH 300 verwendet. Die Baustoffkennwerte werden gemäss Norm SIA 162 (1968) bzw. SIA 269/2 (2011) angenommen. Die Bemessungswerte der Festigkeit für Beton können unter Berücksichtigung der Betonalterung nach SIA 269/2 (2011) für Gebäude mit Baujahr vor 1985/1990 entsprechend der Formulierung  $f_{cm}(t) = f_{cm,28} * 0.41[(\log t) + 1]$  erhöht werden. Die Bemessungsfestigkeit  $f_{cd,act}$  erhöht sich entsprechend dem Betonalter.

Der E-Modul des ungerissenen Betons wird überschläglich mit  $E = k_E (f_{cm,act})^{1/3}$  abgeschätzt, wobei  $k_E = 10'000$  und  $f_{cm,act} = 44.5 \text{ N/mm}^2$  angesetzt wird.

Die Art des Bewehrungsstahls auf den Planunterlagen mit Typ III angegeben. Entsprechend wird  $f_{sd} = 390 \text{ N/mm}^2$  angesetzt.

Die Baustoffkennwerte sind nachfolgend zusammengestellt.

##### Beton BN 300 (nach SIA 262, SIA 269/2):

Charakteristische Druckfestigkeit	$f_{ck}$	=	12.8 N/mm <sup>2</sup>
Bemessungswert der Druckfestigkeit	$f_{cd}$	=	8.5 N/mm <sup>2</sup>
Charakteristische Druckfestigkeit (mit Alterung)	$f_{ck,act}$	=	36.5 N/mm <sup>2</sup>
Bemessungswert der Druckfestigkeit (mit Alterung)	$f_{cd,act}$	=	22.8 N/mm <sup>2</sup>
Bemessungswert der Schubfestigkeit	$\tau_{cd}$	=	0.71 N/mm <sup>2</sup>
Bemessungswert der Schubfestigkeit (mit Alterung)	$\tau_{cd,act}$	=	1.21 N/mm <sup>2</sup>
Raumgewicht	$\gamma$	=	25 kN/m <sup>3</sup>
E-Modul (ungerissen charakteristisch)	E	=	35'400 N/mm <sup>2</sup>
G-Modul	G	=	14'750 N/mm <sup>2</sup>
Querdehnzahl	$\nu$	=	0.2

##### Betonstahl IIIb (nach SIA 269):

Charakteristischer Wert der Fließgrenze	$f_{sk}$	=	450 N/mm <sup>2</sup>
Bemessungswert der Fließgrenze	$f_{sd}$	=	390 N/mm <sup>2</sup>
Charakteristischer Wert der Zugfestigkeit	$f_{tk}$	=	550 N/mm <sup>2</sup>

Duktilitätsklasse

B

**Mauerwerk in Backstein guter Qualität SIA 269/6-2 (2014):**

Raumgewicht

$$\gamma = 15 \text{ kN/m}^3$$

vertikale Druckfestigkeit

$$f_{\text{xd}} = 3.5 \text{ N/mm}^2$$

E-Modul des Mauerwerks

$$E_{\text{mw}} = 7'000 \text{ N/mm}^2$$

Die angegebenen Materialkennwerte liegen der Tragwerksanalyse zugrunde.

## 4 Beschreibung der Gebäude

### 4.1 Abmessung und Nutzung

Der Gebäudekomplex der Schulanlage Stägenbuck in Dübendorf ist in mehrere Gebäudeteile gegliedert. In der vorliegenden Untersuchung wurden das Primarschulhaus, die Einfachturnhalle der Primarschule und die Zweifachsporthalle überprüft. Abb. 4.1 gibt eine Übersicht über die Schulanlage Stägenbuck mit den zu untersuchenden Gebäude.

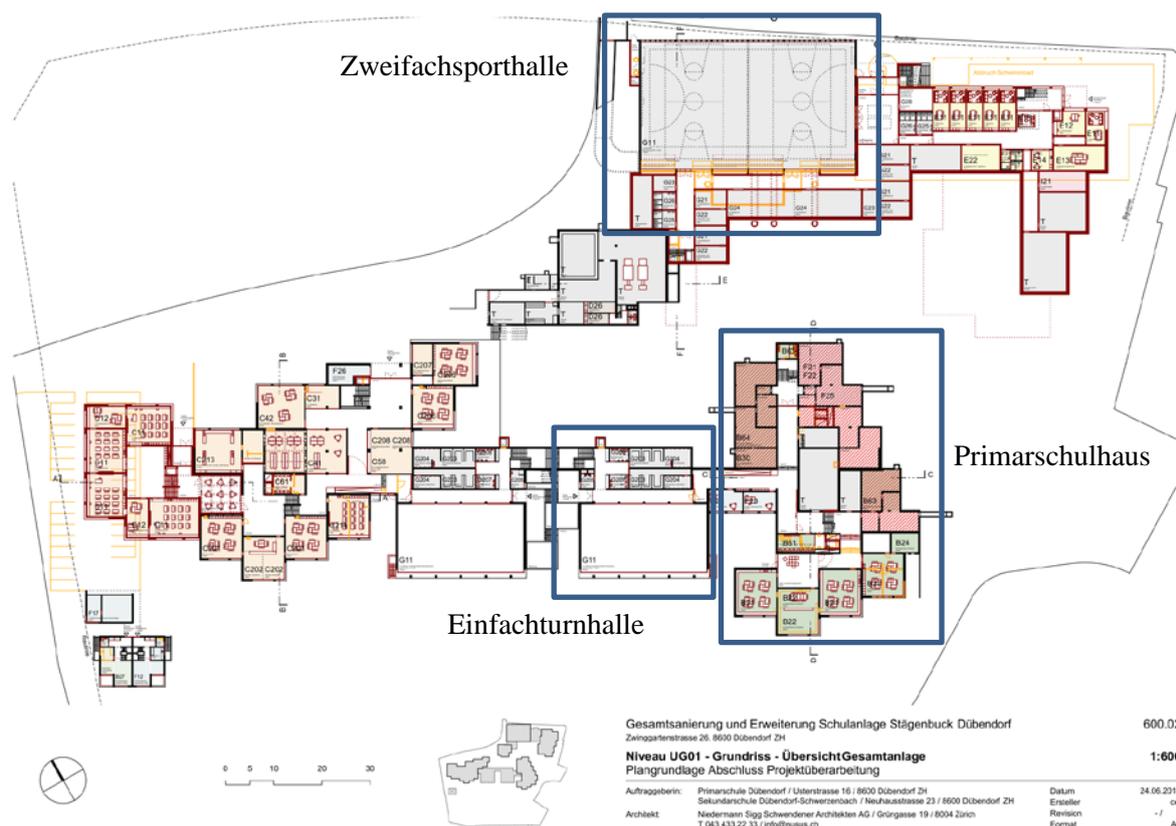


Abb. 4.1: Übersicht der Schulanlage Stägenbuck mit den untersuchten Gebäuden

#### **Primarschulhaus**

Das Primarschulhaus ist ein recht verschachteltes Gebäude und in drei Baukörper dilatiert, Baukörper Nord, Baukörper Mitte und Baukörper Süd. Das Primarschulhaus hat 4 Geschosse, UG, EG, 1. und 2. OG. Aufgrund einer leichten Hanglage sind die Geschossdecken auf halber Geschosshöhe für Baukörper Nord und Baukörper Süd versetzt angeordnet. Der Baukörper Mitte hat ebenfalls ein Deckenversatz. Die Gebäudehöhe beträgt 17.3 m von OK tiefster Bodenplatte bis bis zum Dach. Die Grundrissfläche des Gebäudes beträgt ca. 1'600 m<sup>2</sup>.

Das Gebäude wird als Schulgebäude genutzt. Im Nordteil sind im UG Schutzräume untergebracht.

Die Personenbelegung des Schulhauses wird nach SIA 269/8 für Schulgebäude mit einer spezifischen Personenbelegung von PB 5 / Klassenzimmer bestimmt. Daraus ergibt sich bei 30 genutzten Klassenzimmern eine gesamthafte mittlere Personenbelegung von ca. 150 Personen. Aufgrund der Nutzung als Schule und Grösse des Gebäudes wird die Bauwerksklasse II gemäss SIA 261 angesetzt.

### ***Einfachturnhalle***

Die Einfachturnhalle ist ein Hallenbau mit Nebenräumen. Die Nebenräume gehen über 2 Stockwerke, während die Hallenbereich eingeschossig ist. Die Gebäudehöhe beträgt 7.4 m über Bodenplatte. Die Grundrissfläche der Einfachturnhalle mit Nebenräumen beträgt ca. 730 m<sup>2</sup>, wobei nur die Hallenfläche 370 m<sup>2</sup> beträgt.

Die Einfachturnhalle wird als Turnhalle mit Nebenräumen zum Umkleiden genutzt. Auf dem Dach befindet sich der Pausenplatz.

Die Personenbelegung der Einfachturnhalle wird mit ca. PB 1.5 / 100 m<sup>2</sup> Nutzfläche abgeschätzt. Bei ca. 1'460 m<sup>2</sup> genutzter Fläche ergibt sich daraus eine mittlere Personenbelegung von ca. 22 Personen. Aufgrund der Nutzung sind grössere Menschenansammlungen möglich. Das Gebäude als Turnhalle und Pausenplatz einer Schule wird der Bauwerksklasse II gemäss SIA 261 zugeordnet.

### ***Zweifachsporthalle***

Die Zweifachsporthalle ist ein Hallenbau mit Nebenräumen. Die Halle ist mit Räumen des Zivilschutzes unterkellert. Die angeschlossenen Nebenräume sind eingeschossig. Die Gebäudehöhe beträgt 13.6 m über OK Bodenplatte. Die Grundrissfläche des Gebäudes beträgt ca. 2'170 m<sup>2</sup>, wobei nur die Hallenfläche ca. 1'180 m<sup>2</sup> beträgt.

Die Zweifachsporthalle wird als Sporthalle mit Nebenräumen und für Zivilschutzzwecke genutzt.

Die Personenbelegung der Zweifachsporthalle wird mit ca. PB 1.5 / 100 m<sup>2</sup> Nutzfläche abgeschätzt. Bei ca. 2'170 m<sup>2</sup> genutzter Fläche ergibt sich daraus eine mittlere Personenbelegung von ca. 33 Personen. Aufgrund der Nutzung sind grössere Menschenansammlungen möglich. Das Gebäude als Turnhalle einer Schule wird der Bauwerksklasse II gemäss SIA 261 zugeordnet.

## **4.2 Tragwerkskonzept**

### ***Primarschulhaus***

Die Tragstruktur des Primarschulhauses besteht aus einer Mischbauweise aus Mauerwerk und Stahlbeton. Das Gebäude ist in 3 Baukörper dilatiert, die für sich eigenständig funktionieren. Die Tragstruktur des Primarschulhauses ist in Abb. 4.2 für das Erdgeschoss dargestellt.

Das Untergeschoss im Nordbereich mit Schutzräumen wurde komplett in Stahlbeton erstellt. Alle Wände der Obergeschosse sind tragend in Mauerwerk ausgeführt. Im Bereich der Dilatationsfugen wurden angrenzende Mauerwerkswände zweischalig erstellt. In aufgelösten Fassadenbereichen sind Stützen in Stahlbeton angeordnet. Die Brüstungen unter den Fenstern sind in Stahlbeton ausgeführt. Die Aussenwände sind 38 cm dick, während die Innenwände 25 cm stark sind. Im Bereich der zweischaligen Wände ist die Wandstärke 18 cm.

Die Foundation wurde flach mit einer im Mittel 25 cm starken Bodenplatte erstellt. Lokal sind Fundamentvertiefungen angeordnet. Die Geschossdecken sind in Stahlbeton mit mehrheitlich 25 cm Dicke ausgeführt. Das Dach hat ein 30 cm starke Deckenplatte.

Die vertikale Lastabtragung erfolgt über die Flachdecken auf die Wände und Stützen in die Foundation.

Die Abtragung horizontaler Lasten erfolgt ausschliesslich über Mauerwerkstragwände in die Foundation bzw. im Nordbereich über die Stahlbetonwände des UG in die Foundation. Die Lastabtragung erfolgt kleinräumig über die angrenzenden tragenden Wände.

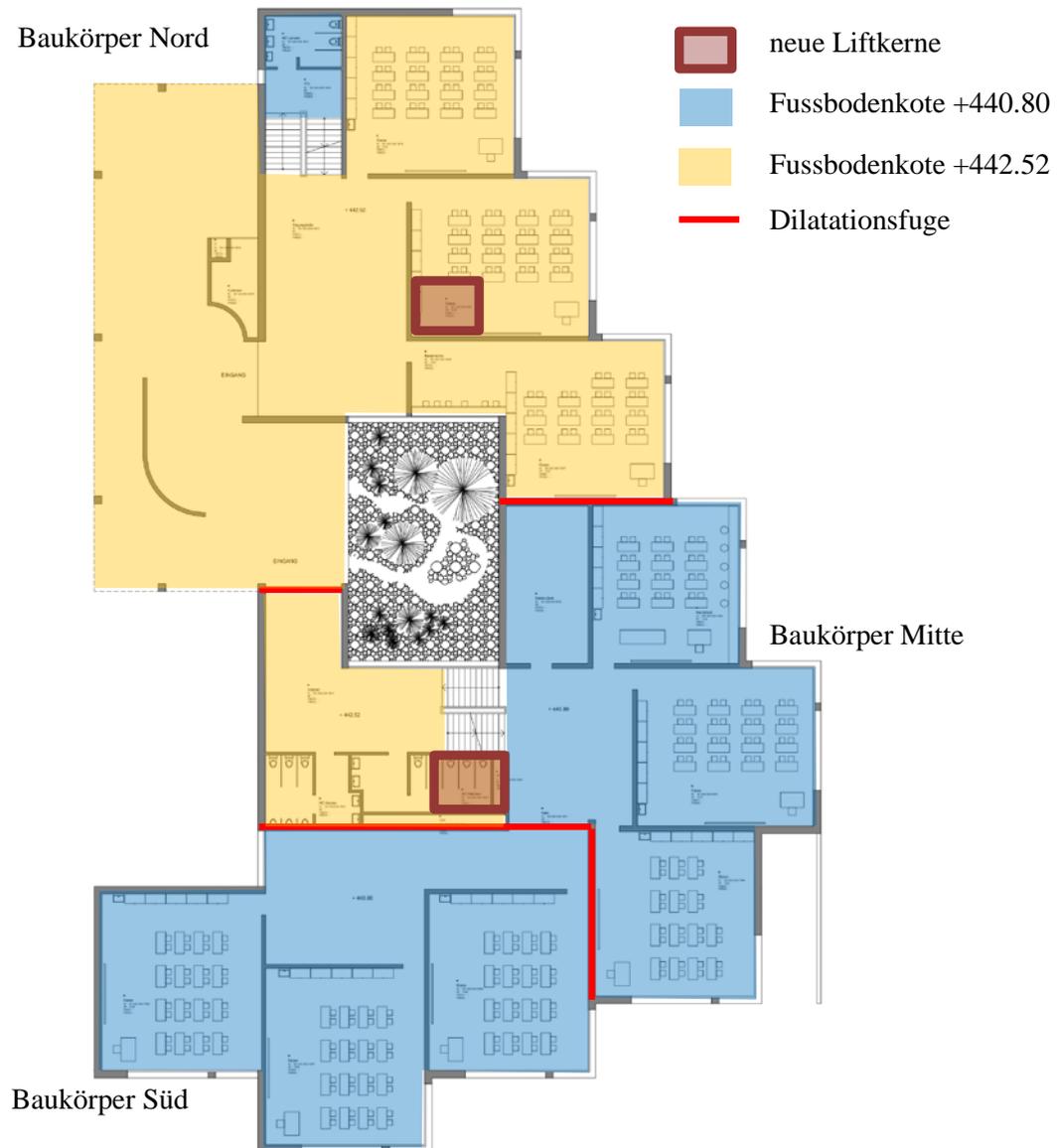


Abb. 4.2: Grundriss des Erdgeschosses des Bestandes mit Mauerwerkswänden, Dilatationsfugen und verschiedene Deckenkoten

### ***Einfachturnhalle***

Die Tragstruktur der Einfachturnhalle besteht in massiver Bauweise komplett aus Stahlbeton (siehe Abb. 4.3). Alle relevanten Tragwände und Decken sind in Stahlbeton ausgeführt. Die Südseite der Einfachturnhalle ist durcheinne Fensterfront aufgelöst. Die Fundation wurde flach mit einer Bodenplatte erstellt.

Die vertikale Lastabtragung erfolgt über die Flachdecken auf die Tragwände und Stützen auf die Fundation.

Die Abtragung horizontaler Lasten erfolgt über Stahlbetontragwände in die Fundation.

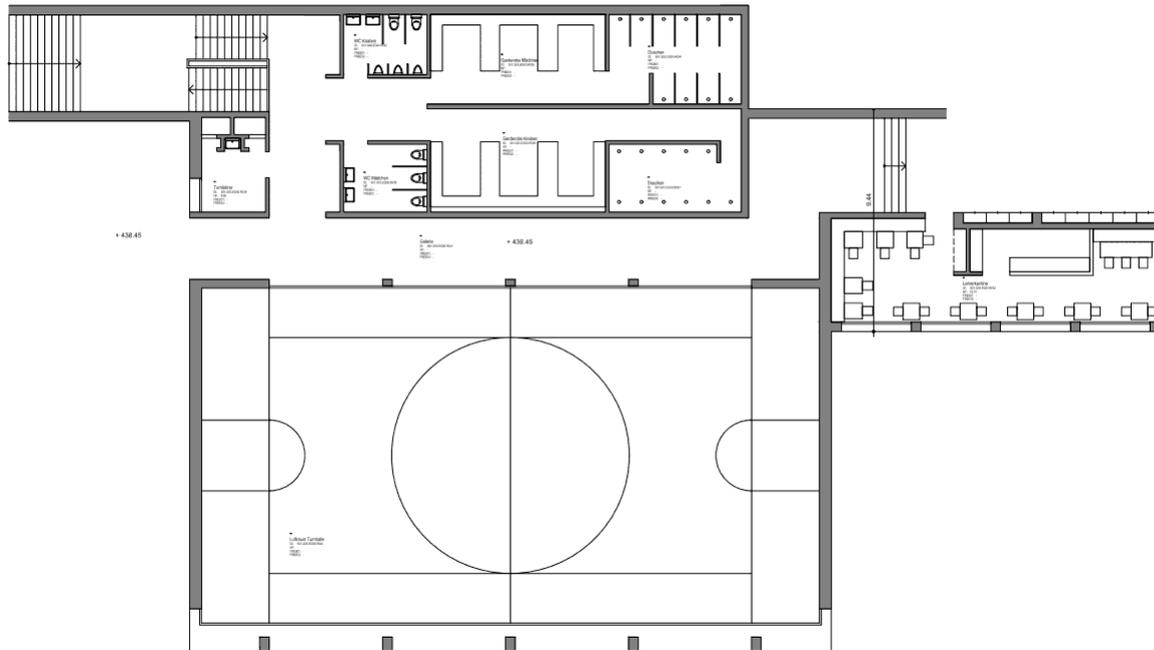


Abb. 4.3: Grundriss Bestand im 1. UG der Einfachturnhalle mit allen tagenden Wände in Stahlbeton

### ***Zweifachsporthalle***

Die Tragstruktur der Zweifachsporthalle besteht in massiver Bauweise komplett aus Stahlbeton (siehe Abb. 4.4). Alle Tragwände und Decken sind in Stahlbeton ausgeführt. Die Fundation wurde flach mit einer Bodenplatte erstellt. Die Stirnwände sind durchgehend mit lokalen Öffnungen. Die Längswand nach Süden ist komplett durch eine Fensterfront mit Stützen aufgelöst. Die Nordwand ist oben am Kopfende sowie auf Bodenniveau über die gesamte Wandlänge durch Fensterbänder mit Stützen aufgelöst.

Die vertikale Lastabtragung erfolgt über die Flachdecken auf die Stützen und Tragwände aus die Fundation.

Die Abtragung horizontaler Lasten erfolgt in Querrichtung über Stahlbetontragwände in die Fundation. In Längsrichtung werden die Lasten über die Fensterstützen auf Schub und Biegung sowie über die Stirnwände über Plattenbiegung abgetragen.

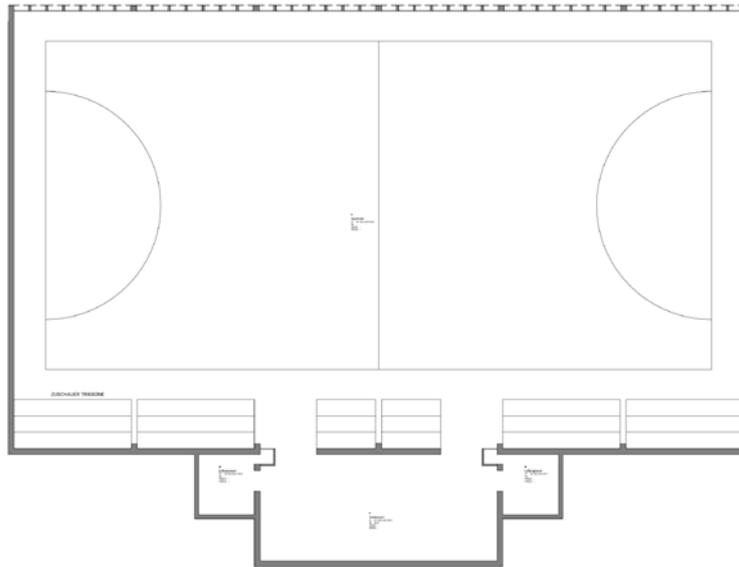


Abb. 4.4: Grundriss Bestand im 1. UG der Zweifachsporthalle mit allen tragenden Wände in Stahlbeton

### 4.3 Baugrund

Der Standort der Primarschule Stägenbuck befindet sich im Zentrum von Dübendorf. Laut geologischer Karte stehen am Standort quartäre Ablagerungen mit Moräne der Würm-Vergletscherung an, die einen Moränewall bilden (siehe Abb. 4.5). Der Felshorizont der Molasse des Tertiärs befindet sich in ca. 20 m bis 50 m Tiefe gemäss GIS-Karte der Mächtigkeit des Lockergesteins des Bundesamtes für Landestopographie. Der Standort wird als gut tragfähig eingestuft.

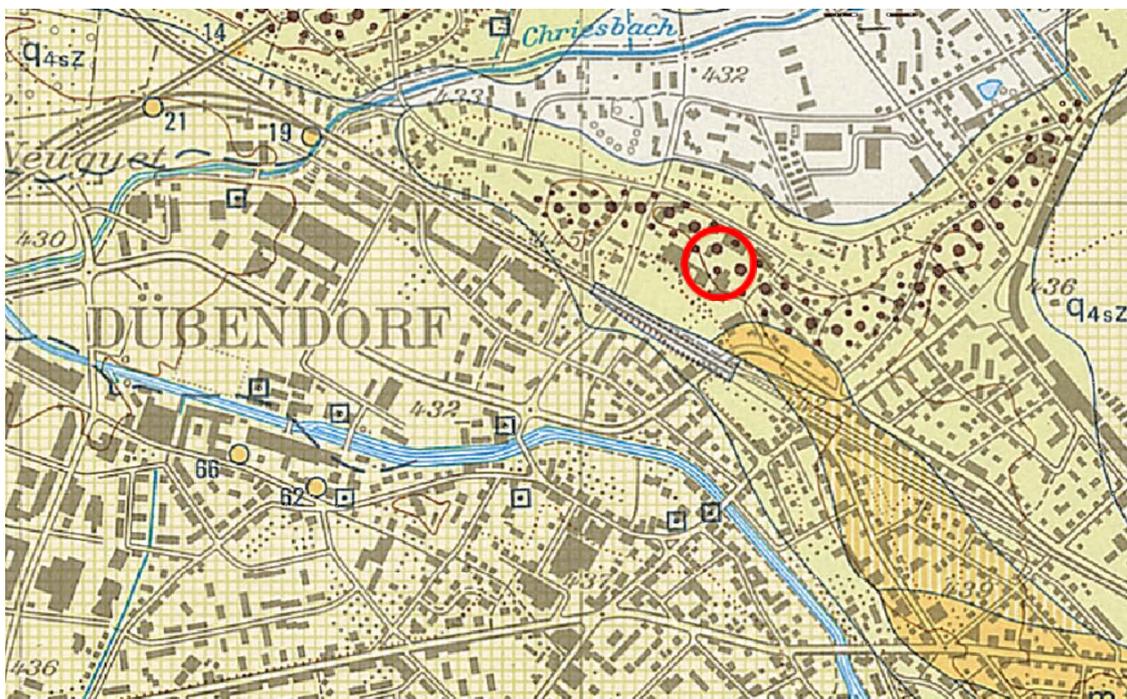


Abb. 4.5: Auszug aus der geologischen Karte 1:25'000, Kartenblatt Zürich, mit Markierung des Standortes Freigutstrasse 16, Geologie: Moränewall der Würm-Vergletscherung

## 5 Erdbebeneinwirkung

Erdbebenzone:

Gemäss SIA 261 gehört der Standort der Primarschule Stägenbuck der Erdbebenzone 1 an. Der Grundwert der Bodenbeschleunigung beträgt gemäss der SIA 261  $a_{gd} = 0.6 \text{ m/s}^2$ .

Baugrundklasse:

Basierend auf der Geologie des Standortortes wird die Baugrundklasse C angesetzt, mächtige Lockergesteinsschichten > 20 m mit guter Tragfähigkeit.

Bauwerksklasse:

Bei den Gebäuden handelt es sich um eine Schulanlage. Aufgrund der Nutzung und Personenbelegung werden die Gebäude der BWK II zugeordnet. Der Bedeutungsbeiwert beträgt  $\gamma_f = 1.2$ .

Verhaltensbeiwert:

Die Tragstruktur ist eine Konstruktion überwiegend aus Mauerwerk. Der Verhaltensbeiwert wird entsprechend mit  $q = 1.5$  für Mauerwerk und  $q = 2.0$  für konventionelle Stahlbetonstrukturen angesetzt.

Die Kennwerte des Antwortspektrums sowie des Bemessungsspektrums gemäss Norm SIA 261 sind in nachfolgender Tab. 5.1 zusammengefasst. Das Bemessungsspektrum, welches der Tragwerksanalyse zugrunde liegt, ist in Abb. 5.1 dargestellt.

Tab. 5.1: Kennwerte des Bemessungsspektrums auf Grundlage der Mikrozonierung

Kennwert	Grösse	
Erdbebenzone	1	
Bodenbeschleunigung $a_{gd}$	$0.6 \text{ m/s}^2$	
Baugrundklasse BGK	C	
Baugrundfaktor S	1.15	
Eckperioden des Spektrums	$T_B$	0.2 s
	$T_C$	0.6 s
	$T_D$	2.0 s
Bauwerksklasse	II	
Bedeutungsbeiwert $\gamma_f$	1.2	

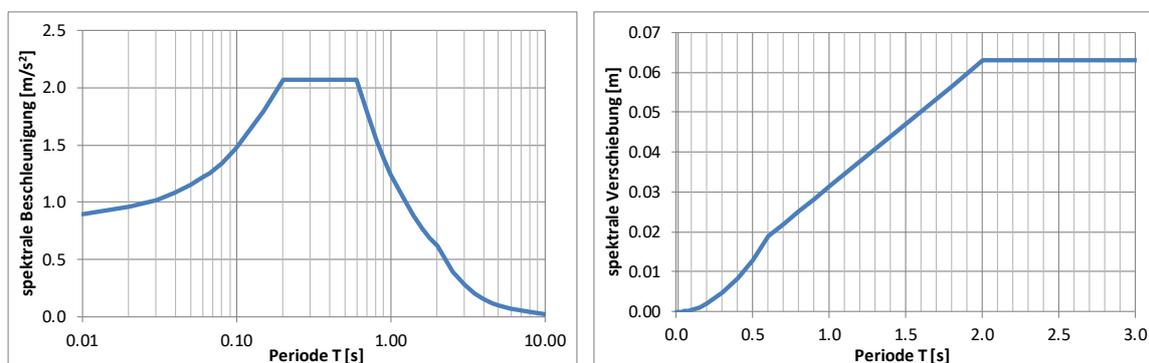


Abb. 5.1: elastische Antwortspektren: links der horizontalen Beschleunigung und rechts der Verschiebung recht ( $a_{gd} = 0.6 \text{ m/s}^2$ ), BGK C ( $S = 1.15$ ), BWK II ( $\gamma_f = 1.2$ )

## 6 Konzeptionelle und konstruktive Beurteilung

### 6.1 Tragwerk

#### 6.1.1 Beurteilung des Bestandes

##### ***Primarschulhaus:***

Die Stärken der Tragstruktur der Baukörper des Primarschulhauses liegen in der Vielzahl der Tragwänden in alle Raumrichtungen, die über die gesamte Baukörperhöhen durchgehend sind. Jeder Baukörper für sich hat eine hohe Regelmässigkeit in Grund und Aufriss ohne relevante Unstetigkeiten oder Exzentrizitäten. Ferner gewährleisten die schubsteifen Geschossdecken in Stahlbeton und die durchgehenden Bodenplatten eine hohe Integrität der Baukörper.

Ferner ist die Erdbebengefährdung am Standort mit einer Spitzenbodenbeschleunigung von  $a_{g,max} = 0.83 \text{ m/s}^2$  im schweizweiten Vergleich relativ gering.

Die Schwäche der Tragstruktur der Baukörper des Primarschulhauses liegt in der Dilatation des Gebäudes in einzelne Baukörper mit einer schmalen Ausbildung der Fugen und unterschiedlichen Koten der Geschossdecken. Im Fall eines Zusammenpralls der Baukörper ist eine erhöhte Schadensauswirkung nicht ausgeschlossen.

##### ***Einfachturnhalle:***

Die Stärken der Einfachturnhalle bestehen in der Stahlbetonkonstruktion der Decken und Wände. Es hat tragende Wände in alle Raumrichtungen und die Halle mit Nebenräumen ist recht stetig im Grund und Aufriss. Durch die Auflösung der Südfassade als Fensterfläche entsteht eine Exzentrizität in der Lastabtragung. Die daraus resultierenden Torsionseffekte können aber durch die massiven Stirnwände gut aufgenommen werden. Die seismische Gefährdung am Standort ist gering.

Geringfügige Schwäche der Tragstruktur ist die Ausbildung einer grossen Deckenöffnung als Oberlicht über dem Hallenbereich.

##### ***Zweifachsporthalle:***

Die Stärke der Zweifachsporthalle liegt in der Materialisierung in Stahlbeton. In Querrichtung stehen massive Tragwände zu Lastabtragung zur Verfügung. Die seismische Gefährdung am Standort ist gering.

Schwerwiegende Schwäche der Zweifachsporthalle ist die komplette Auflösung der Längswände auf Süd- und Nordseite durch Fensterfassaden und Fensterbänder. In Längsrichtung der Halle ist kein massives Tragelement vorhanden. Kurze Stützen werden hochgradig auf Schub belastet, und lange Stützen werden auf Biegung beansprucht. Der Tragwiderstand ist entsprechend gering im Verhältnis zu massiven Wandscheiben. Wie schwerwiegend das Defizit des Erdbebenverhaltens aufgrund aufgelöster Längswände ist, wird anhand der rechnerischen Überprüfung festgestellt (siehe Kapitel 7). Grundsätzlich verletzt diese Art der Wandausführung und Fensteranordnung schwerwiegend die Prinzipien des erdbebengerechten Entwurfes.

#### 6.1.2 Umbauten der Vergangenheit

In der Vergangenheit wurden am Primarschulhaus, an der Einfachturnhalle und der Zweifachsporthalle keine relevanten Eingriffe vorgenommen, bzw. sind nicht bekannt.

### 6.1.3 Umbauten im Rahmen des Überarbeitungsprojektes

Im Rahmen des Überarbeitungsprojektes sind allgemein relativ geringfügige Eingriffe in die Tragstruktur vorgesehen. Lokal sind im Primarschulhaus wenige neue Türrdurchbrüche und Fensteröffnungen geplant. Diese werden im Berechnungsmodell der Erdbebenüberprüfung mitberücksichtigt. Ferner sind zwei Liftanlagen vorgesehen.

Bei der Einfachturnhalle sind keine relevante Eingriffe in die Tragstruktur vorgesehen.

Bei der Zweifachsporthalle ist der Abbruch des bestehenden Anbaus vorgesehen. Dieser wird durch einen neuen eingeschossigen Anbau ersetzt. Der Anbau hat keine relevanten Auswirkungen auf das Erdbebenverhalten der Zweifachsporthalle.

## 6.2 Installationen und sekundäre Bauteile

Relevante sekundäre Bauteile in Bezug auf Personensicherheit wären vor allem nichttragende Trennwände. Beim Umbau werden fast alle bestehenden nichttragenden Wände entfernt. Neue Wände werden in Leichtbauweise erstellt und entsprechend erdbebensicher ausgeführt.

Die Hallenbauten haben keine relevanten nichttragenden Trennwände.

Weitere Installationen und Einrichtungen, wie z.B. Bücherregale, Schränke etc., werden nicht im Kontext der vorliegenden Erdbebenüberprüfung analysiert und beurteilt. Dies kann im Bedarfsfall separat durchgeführt werden.

## 7 Rechnerische Untersuchung der Erdbebensicherheit

### 7.1 Tragwerksanalyse Primarschulhaus

#### 7.1.1 Lastannahmen Primarschulhaus

In Tab. 7.1 sind die Lastannahmen für ständige und veränderliche Einwirkungen zusammengefasst. Die Mauerwerkswände werden in der numerischen Berechnung einzeln im Modell abgebildet und gehen mit ihrem Eigengewicht direkt in die Berechnung ein. Wind- und Schneelasten werden gemäss SIA 261 für den Erdbebennachweis vernachlässigt. Das Gebäude liegt auf rund 440 m ü. M.

Tab. 7.1: Lastannahmen

LF	Lastart	Wert	Beiwert $\psi_2$
1	Ständige Lasten:		
	Eigengewicht der Stahlbetonstruktur	25.0 kN/m <sup>3</sup>	
	Geschossdecken d = 0.25 m	6.25 kN/m <sup>2</sup>	
	Dachgeschossdecke d = 0.30 m	7.5 kN/m <sup>2</sup>	
	Eigengewicht Mauerwerk	15.0 kN/m <sup>3</sup>	
2	Auflast Fussbodenaufbau	1.0 kN/m <sup>2</sup>	
3	Auflast Dachaufbau Kiesdeckung Primarschulhaus	1.5 kN/m <sup>2</sup>	
4	Veränderliche Lasten:		
	Klassenzimmer	3.0 kN/m <sup>2</sup>	0.6

#### 7.1.2 Modellbildung und Berechnung des Primarschulhauses

Die Tragwerksanalyse des Schulgebäudes erfolgt mit dem Push-Over-Verfahren an einem räumlichen Tragwerksmodell. Das Push-Over-Verfahren ist eine verformungsbasierte nicht-lineare Berechnungsmethode, welche in der Lage ist, das nicht-lineare Verhalten von Mauerwerk abzubilden. Als Software wird das Programmsystem 3Muri 11.4. Professional verwendet. Für die Modellierung werden folgende Annahmen getroffen:

- Die Push-Over Berechnung erfolgt mit Makro-Elementen, die spezifisch das Mauerwerks-Materialverhalten abbilden können.
- Erdbebenlastfälle:  
In der Erbebenanalyse werden 24 Lastfallkombinationen berechnet. Dabei werden vier Raumrichtungen (+/- X, +/- Y), 3 Exzentrizitätsfälle im Grundriss (0, +e, -e) und 2 vertikale Lastverteilungen (masseproportional, linear zur 1. Eigenform) kombiniert.
- Die Torsion wird gemäss Norm SIA 261 berücksichtigt. Die entsprechenden Lastfälle mit Exzentrizität werden in der Berechnung analysiert.
- Die Erdbebenanregung ist gemäss SIA 261 festgelegt (siehe Kapitel 5). Die vertikale Komponente der Erdbebenanregung wird gemäss SIA 261 für den Normalfall vernachlässigt und wird bei der Erdbebenanalyse nicht berücksichtigt, da keine massgebende Irregularität im Aufriss besteht.
- Die benachbarten Baukörper werden in der Modellierung und Berechnung vernachlässigt. Es wird jeweils nur ein Baukörper des Primarschulhauses betrachtet. Die Wandstärken werden gemäss den Planunterlagen des Gebäudes angenommen.
- Der Einspannhorizont des Gebäudes wird auf Höhe der Foundationsebene des Untergeschosses festgelegt. Für den nördlichen Baukörper wird der Einspannhorizont auf Kote Decke UG oberhalb der Zivilschutzräume in Stahlbetonbauweise angesetzt. Die Bauwerks-Boden-Interaktion wird vernachlässigt.

- Das Eigengewicht der Decken, die Auflasten sowie die Nutzlasten der Stockwerke werden als verteilte Lasten auf die Deckenscheiben eingegeben.
- Eine direkte Steifigkeits-Abminderung der Tragwände infolge Rissbildung durch Erdbebeneinwirkung wird nicht vorgenommen, da sie implizit in der Berechnung erfolgt. Entsprechend werden anfänglich ungerissene Materialsteifigkeiten angesetzt.
- Die im Projekt angedachten Baumassnahmen an der Tragstruktur, Öffnungen und Liftkerneinbau, sind im Modell implementiert.

In der vorliegenden Erdbebenanalyse werden nur die beiden Baukörper Nord und Baukörper Mitte rechnerisch untersucht. Der Baukörper Süd ist durchaus vergleichbar zu den beiden anderen Baukörpern. Der Baukörper Süd ist sogar eher regelmässiger und kompakter aufgebaut, mit mehr Tragwänden, die gleichmässiger im Grundriss verteilt sind. Auch die Kotten der Geschossdecken haben keine Versätze innerhalb des Baukörpers. Der Tragwiderstand wird höher eingeschätzt, und der Verformungsbedarf ist wahrscheinlich geringer als bei den beiden anderen Baukörpern. Entsprechend wird die Erdbebensicherheit des Baukörpers Süd im Kontext der beiden anderen Baukörper beurteilt.

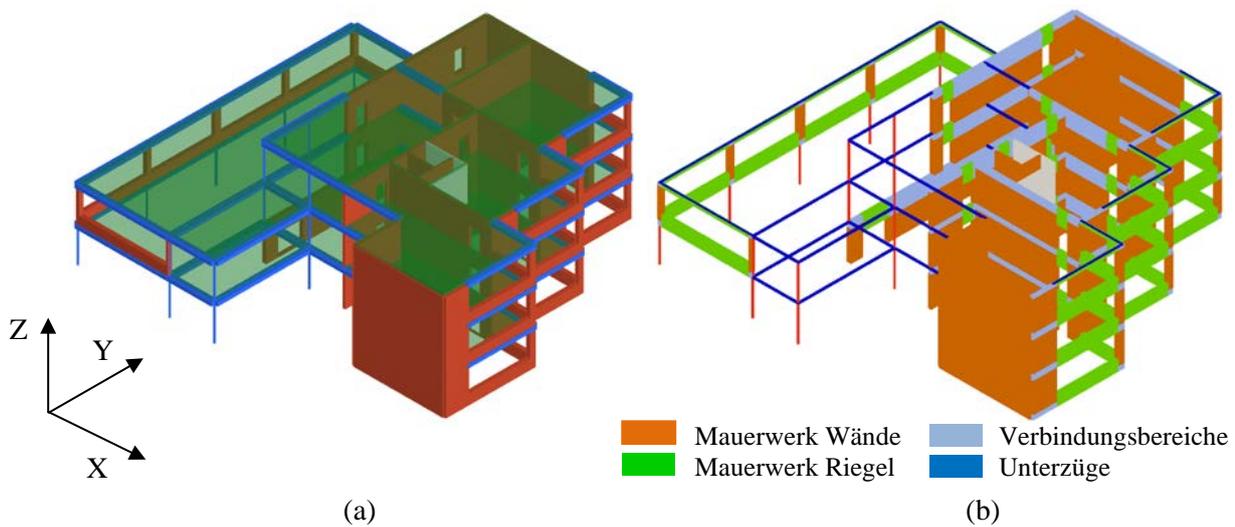


Abb. 7.1: Baukörper Nord: numerisches Modell im Programm 3Muri; a) Ansicht, b) Darstellung der Makroelemente des Tragwerksmodells

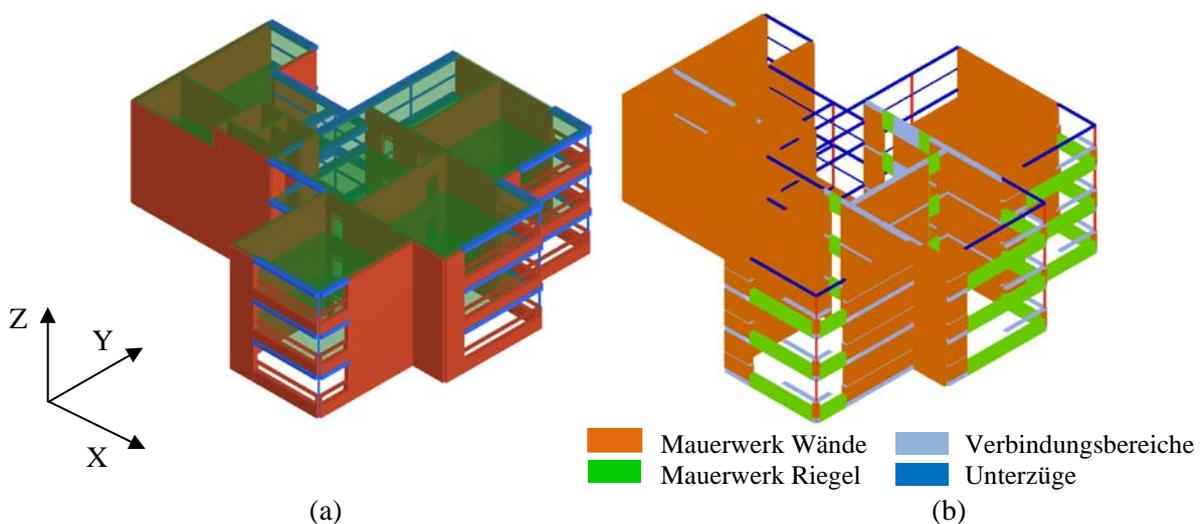


Abb. 7.2: Baukörper Mitte: numerisches Modell im Programm 3Muri; a) Ansicht, b) Darstellung der Makroelemente des Tragwerksmodells

### 7.1.3 Modale Analyse

#### **Primarschulhaus Baukörper Nord:**

In Tab. 7.2 und Abb. 7.3 sind die wesentlichen Ergebnisse der modalen Analyse zur Untersuchung des Eigenschwingverhaltens von Baukörper Nord zusammengefasst. Es werden die ersten vier Eigenschwingformen und die zugehörige Massepartizipation aufgelistet. Die Bewegungen der Grundschwingformen in Längs- und Querrichtung im Grundriss sind in Abb. 7.3 dargestellt. Die ersten beiden Eigenschwingformen sind Bewegungen in Längs- und Querrichtung. Die dritte Eigenschwingform ist eine Torsionsschwingung. Die vierte Eigenschwingform ist eine Oberschwingung. Die Massepartizipation der ersten Eigenschwingformen ist hoch, so dass diese Schwingformen für die Erdbebenberechnung relevant sind. In der Push-Over-Analyse werden die Grundschwingformen für Längs-, Quer- und Torsionsbewegungen berücksichtigt, so dass diese Analyseverfahren die relevanten Gebäudebewegungen abdeckt. Die Eigenschwingperioden des Gebäudes liegen im Erwartungsbereich. Aufgrund der Anordnung der Aussteifungswände haben die Längs- und Querschwingung weitgehend gleiche Schwingperioden und einer verhältnismässig steifes Schwingverhalten.

Tab. 7.2: Baukörper Nord: Eigenformen und Massenpartizipation

Nr.	Eigenform	T [s]	$m_x$ [kg]	$M_x$ [%]	$m_y$ [kg]	$M_y$ [%]
1	Längs	0.18	758'980	37.5	112'593	5.6
2	Quer	0.14	638'321	31.6	909'462	45.0
3	Torsion	0.12	355'884	16.6	579'497	28.7
4	Oberschwingung	0.08	31'909	1.6	948	0.1

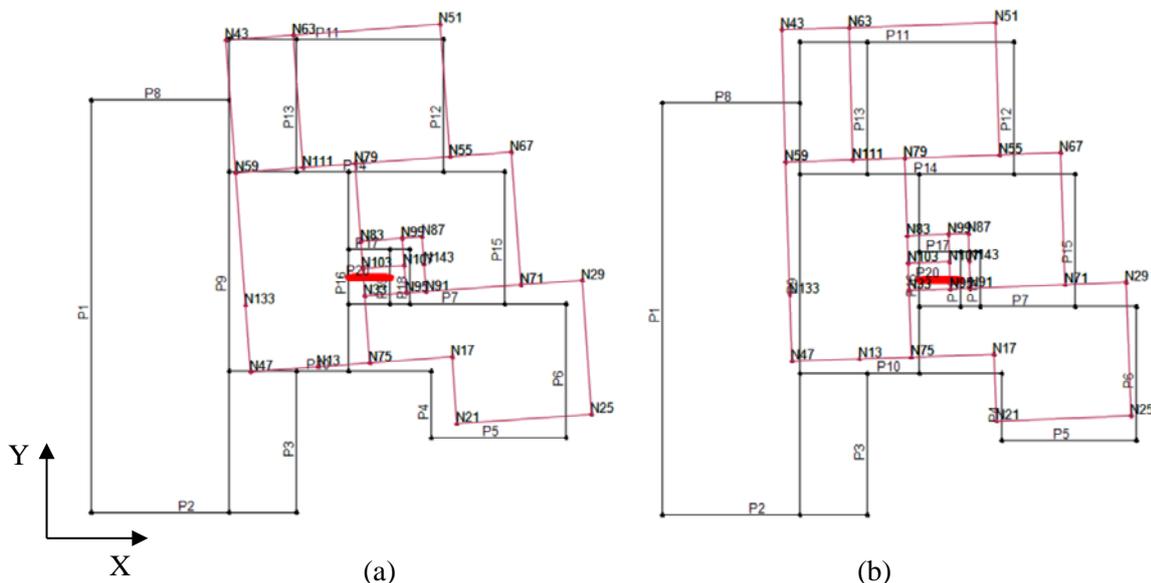


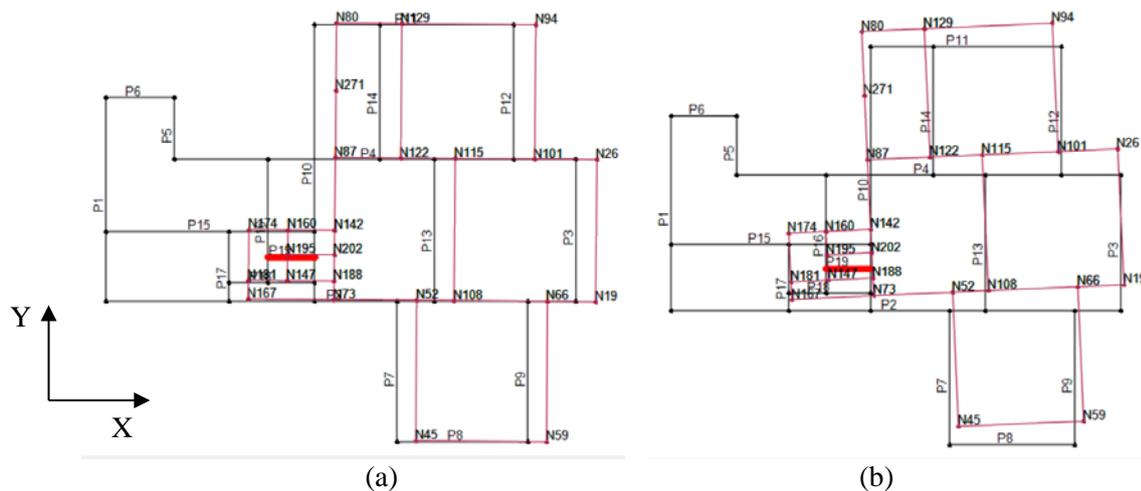
Abb. 7.3: Baukörper Nord: Eigenschwingformen im Grundriss a) 1. Eigenform,  $T_1 = 0.18$  s, Längsschwingung; b) 2. Eigenform,  $T_2 = 0.14$  s, Querschwingung

#### **Primarschulhaus Baukörper Mitte**

In Tab. 7.3 und Abb. 7.4 sind die wesentlichen Ergebnisse der modalen Analyse zur Untersuchung des Eigenschwingverhaltens von Baukörper Mitte zusammengefasst. Das Schwingverhalten des Baukörpers Mitte ist vergleichbar zum Verhalten des Baukörpers Nord.

Tab. 7.3: Baukörper Mitte: Eigenformen und Massenpartizipation

Nr.	Eigenform	T [s]	m <sub>x</sub> [kg]	M <sub>x</sub> [%]	m <sub>y</sub> [kg]	M <sub>y</sub> [%]
1	Längs	0.12	1'379'904	79.8	4'670	0.3
2	Quer	0.12	1'083	0.1	1'155'362	66.8
3	Torsion	0.10	9'681	0.6	198'806	11.5
4	Oberschwingung	0.06	15'329	0.9	37'035	2.1

Abb. 7.4: Baukörper Nord: Eigenschwingformen im Grundriss a) 1. Eigenform,  $T_1 = 0.12$  s, Längsschwingung; b) 2. Eigenform,  $T_3 = 0.12$  s, Querschwingung

#### 7.1.4 Nachweisführung

Der Nachweis der Tragfähigkeit des Gebäudes erfolgt bei einer verformungsbasierten Berechnung über das Verhältnis der zulässigen zu den auftretenden Tragwerksverschiebungen. Gemäss SIA 269/8 (2017) wird der Nachweis über den Erfüllungsfaktor  $\alpha_{\text{eff}}$  des Gebäudes geführt. Dieser berechnet sich wie folgt:

$$\alpha_{\text{eff}} = A_R / A_{\text{d,act}}$$

Dabei ergibt sich die Erdbebeneinwirkung  $A_R$ , die zum Versagen des Tragwerks führt, durch die maximal zulässige Tragwerksverschiebung  $w_{R,d}$ , während  $A_{\text{d,act}}$  die normative Erdbebenanregung gemäss SIA 261 repräsentiert und durch die auftretende Tragwerksverschiebung  $w_d$  aus dem Antwortspektrum bestimmt wird. Folgende Versagenskriterien kommen für die Bestimmung des maximalen Verformungsvermögens  $w_{R,d}$  des Tragwerks zur Anwendung. Die jeweils kleinste Verformung der drei unten angeführten Kriterien bestimmt das massgebende Versagen:

- Stockwerkschiefstellung:  
Es wird eine maximale Stockwerksschiefstellung  $\delta_u$  von 4 ‰ bzw. 8 ‰ bei Versagen auf Schub bzw. Biegung der Mauerwerkstragwände zugelassen. Die maximale Stockwerksschiefstellung wird mit dem Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_D = 2.0$  gemäss SIA 269/8 abgemindert:  $\delta_{u,\text{act}} = \delta_u / \gamma_D$ .
- Duktilität:  
Da es sich um ein Mauerwerksgebäude handelt, muss davon ausgegangen werden, dass das Gebäude nur eine begrenzte Duktilität aufweist. Für Mauerwerk wird daher eine maximale Duktilität von  $q = 3$  zugelassen. Das Verformungsvermögen des Tragwerks wird somit begrenzt auf:

$$D_u = 3 \times D_{el}$$

Dabei stehen  $D_u$  für das maximale Verformungsvermögen aufgrund Duktilität und  $D_{el}$  für die elastische Verformung des Tragwerks.

- **Gebäudeeinsturz:**  
Als kritisch und einsturzgefährdend wird das Versagen von massgebenden Tragwänden eingestuft. Bei Versagen von Riegeln (Sturz- bzw. Brüstungselemente) sowie sehr kurzen Wänden bei Türöffnungen wird lediglich die Einwirkung auf andere Tragwände vergrössert. Dies führt nicht zwingend zu einem Totaleinsturz. Das Versagen einzelner Tragelemente wird individuell pro Rechenschritt beurteilt.

Der Erfüllungsfaktor wird für alle Lastfälle bezüglich des globalen Versagens des Gebäudes berechnet. Ein Erfüllungsfaktor  $\alpha_{eff} \geq 1.0$  zeigt einen normkonformen Zustand des Gebäudes an.

### 7.1.5 Erdbebenberechnung und Ergebnisse

#### **Primarschulhaus Baukörper Nord**

In der Push-Over-Analyse werden die 24 Lastfallkombinationen einzeln analysiert. Tab. 7.4 gibt eine Übersicht der Ergebnisse der relevanten Lastfallkombinationen mit den geringsten Erfüllungsfaktoren. Die massgebende Lastfallkombination ergibt sich für die Erdbebenanregung in X-Richtung für Berechnungs-Nr. 13. Der Erfüllungsfaktor liegt bei  $\alpha_{eff} > 2.0$ . Das Tragwerk hat ausreichend Reserven.

Tab. 7.4: Baukörper Nord: Ergebnisse der 3Muri-Berechnungen am Gesamttragssystem für massgebende Lastfallkombinationen mit Erfüllungsfaktoren nach SIA 269/8

Nr.	Richtung	Exzentr. [m]	$w_d$ [mm]	$D_{el}$ [mm]	$D_u$ [mm]	$d_m$ [mm]	$w_{R,d}$ [mm]	$\alpha_{eff}$ [-]	Massgebendes Kriterium
13	-X	1.6	1.0	1.6	4.7	2.8	2.8	2.9	Wand 14 - Schub
8	-Y	0	1.9	4.0	12.0	5.8	5.8	3.0	Wand 16 - Schub
15	+X	1.6	1.6	2.5	7.4	5.7	5.7	3.5	Wand 7 - Schub
24	-Y	-1.6	1.7	3.4	10.2	5.8	5.8	3.3	Wand 16 - Schub
3	-X	0	1.2	2.2	6.7	5.2	5.2	4.2	Wand 14 - Schub

Legende:

$w_d$  - Verformungsbedarf entsprechend des Antwortspektrums (dt im 3Muri)

$D_{el}$  - elastische Verformung des Tragwerks

$D_u$  - zulässige Verschiebung bei einer Duktilität  $q = 3$  ( $D_u = 3 D_{el}$ )

$d_m$  - maximale Verschiebung des Tragwerks aus 3Muri-Berechnung vor Versagen

$w_{R,d}$  - maximal zulässige Tragwerksverschiebung (kleinerer Wert von  $D_u$  oder  $d_m$ )

$\alpha_{eff}$  - Erfüllungsfaktor ( $\alpha_{eff} = w_{R,d} / w_d$ )

Abb. 7.5 und Abb. 7.6 zeigen die Detailergebnisse aus der 3Muri-Berechnung für den massgebenden Lastfall Nr. 13. Es ist der massgebende Versagenszustand des Gebäudes bzw. der massgebenden Wand mit der zugehörigen Push-Over-Kurve des Gebäudes dargestellt. Abb. 7.7 zeigt eine Zusammenfassung der Push-Over-Kurven im Beschleunigungs-Verschiebungs-Antwortspektrum (ADR-Spektrum) für die massgebenden Lastfälle der Push-Over-Analyse. Die beiden dargestellten Lastfälle mit Erdbebenanregung in X-Richtung und Y-Richtung zeigen ein vergleichbares Verhalten für ein verhältnismässig regelmässigen Tragwerk. Ferner ist an den Kurven ersichtlich, dass die Tragwände genügend Tragwiderstand und Tragreserven haben, so dass keine relevanten plastischen Schnittgrössenumlagerungen stattfinden. Die Mauerwerkswände verhalten sich weitgehend elastisch. Ferner ist das Tragverhalten aufgrund der Vielzahl der Tragwände sehr steif.

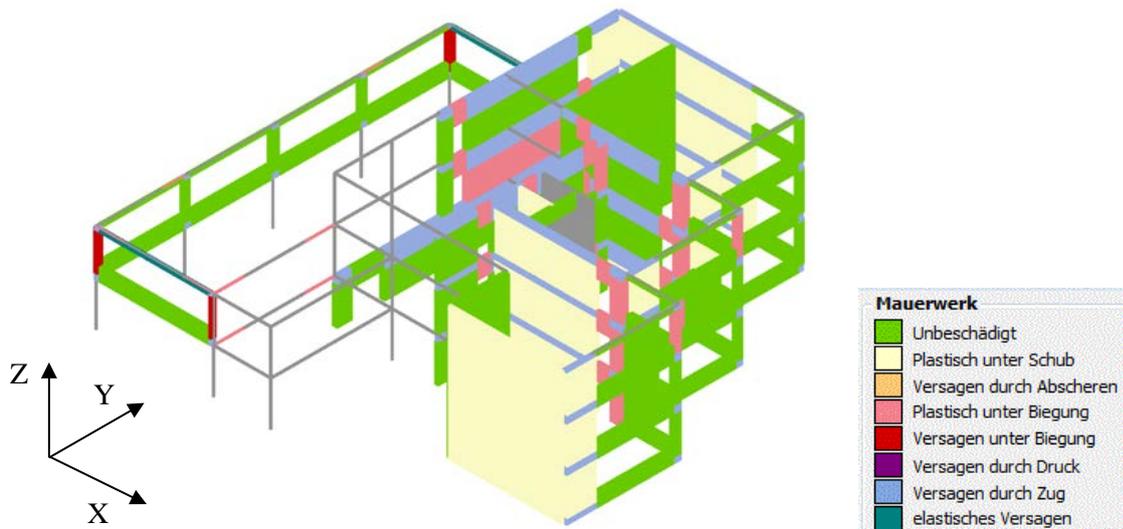


Abb. 7.5: Baukörper Nord: Endzustand des Tragwerks der Push-Over-Berechnung in 3Muri für die massgebende Lastfallkombination Nr. 13 mit Angabe der Versagenszustände

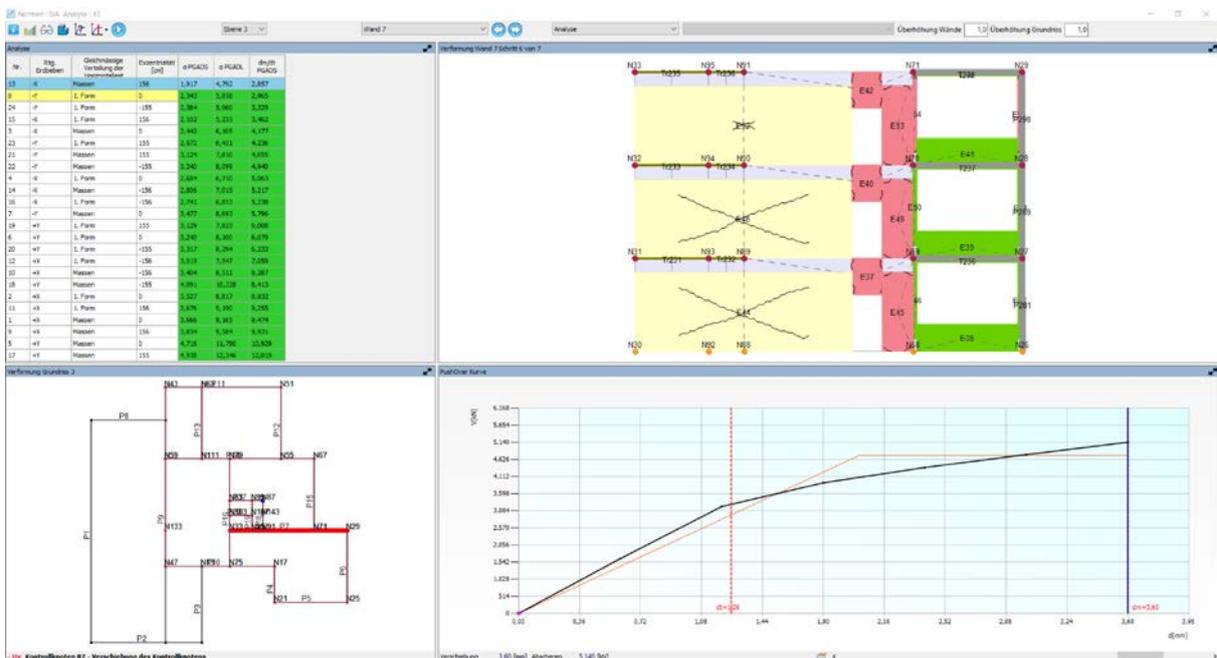


Abb. 7.6: Baukörper Nord: Ergebnis der Push-Over-Berechnung in 3Muri für die massgebende Lastfallkombination Nr. 13, Darstellung rechts oben: Zustand der massgebenden Wand 7, rechts unten: Push-Over-Kurve des Gebäudes

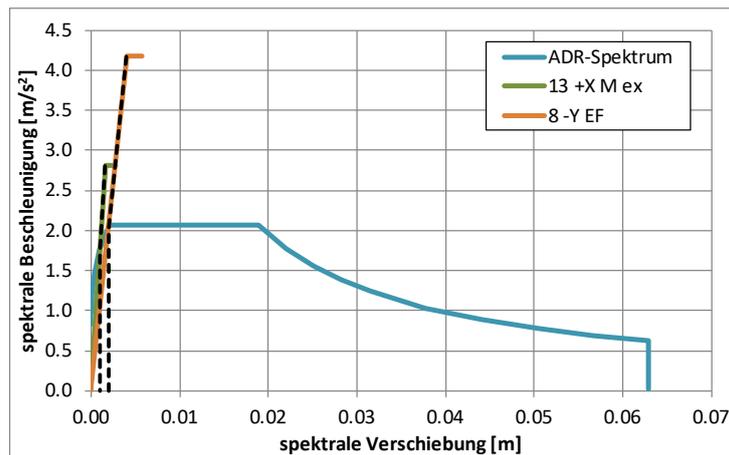


Abb. 7.7: Baukörper Nord: Ergebnis der Push-Over-Berechnung mit 3Muri, Auswertung der Push-Over-Kurven im ADR-Spektrums der massgebenden Lastfallkombinationen in X- und Y-Richtung

### Primarschulhaus Baukörper Mitte

Tab. 7.5 gibt eine Übersicht der Ergebnisse der relevanten Lastfallkombinationen für den Baukörper Mitte. Die massgebende Lastfallkombination ergibt sich für die Erdbebenanregung in X-Richtung für Berechnungs-Nr. 3. Der Erfüllungsfaktor liegt bei  $\alpha_{\text{eff}} > 2.0$ . Das Tragwerk hat ausreichend Reserven.

Tab. 7.5: Baukörper Mitte: Ergebnisse der 3Muri-Berechnungen am Gesamtragssystem für massgebende Lastfallkombinationen mit Erfüllungsfaktoren nach SIA 269/8

Nr.	Richtung	Exzentr. [m]	$w_d$ [mm]	$D_{el}$ [mm]	$D_u$ [mm]	$d_m$ [mm]	$w_{R,d}$ [mm]	$\alpha_{\text{eff}}$ [-]	Massgebendes Kriterium
3	-X	0	0.5	1.4	4.3	2.8	2.8	5.2	Wand 4 - Schub
23	-Y	1.5	0.7	1.8	5.5	5.6	5.5	8.0	Wand 13 - Schub
13	-X	1.4	0.5	1.4	4.2	2.8	2.8	5.5	Wand 4 - Schub
14	-X	-1.4	0.6	1.6	4.9	3.8	3.8	6.1	Wand 4 - Schub
9	+X	1.4	0.5	1.5	4.4	3.8	3.8	6.9	Wand 4 - Schub

Legende:

$w_d$  - Verformungsbedarf entsprechend des Antwortspektrums (dt im 3Muri)

$D_{el}$  - elastische Verformung des Tragwerks

$D_u$  - zulässige Verschiebung bei einer Duktilität  $q = 3$  ( $D_u = 3 D_{el}$ )

$d_m$  - maximale Verschiebung des Tragwerks aus 3Muri-Berechnung vor Versagen

$w_{R,d}$  - maximal zulässige Tragwerksverschiebung (kleinerer Wert von  $D_u$  oder  $d_m$ )

$\alpha_{\text{eff}}$  - Erfüllungsfaktor ( $\alpha_{\text{eff}} = w_{R,d} / w_d$ )

Abb. 7.8 und Abb. 7.9 zeigen die Detailergebnisse aus der 3Muri-Berechnung für den massgebenden Lastfall Nr. 3 für den Baukörper Mitte. Abb. 7.10 zeigt eine Zusammenfassung der Push-Over-Kurven im Beschleunigungs-Verschiebungs-Antwortspektrum (ADR-Spektrum) für die massgebenden Lastfälle in X- und Y-Richtung. Das Erdbebenverhalten ist vergleichbar zu dem des Baukörpers Nord.

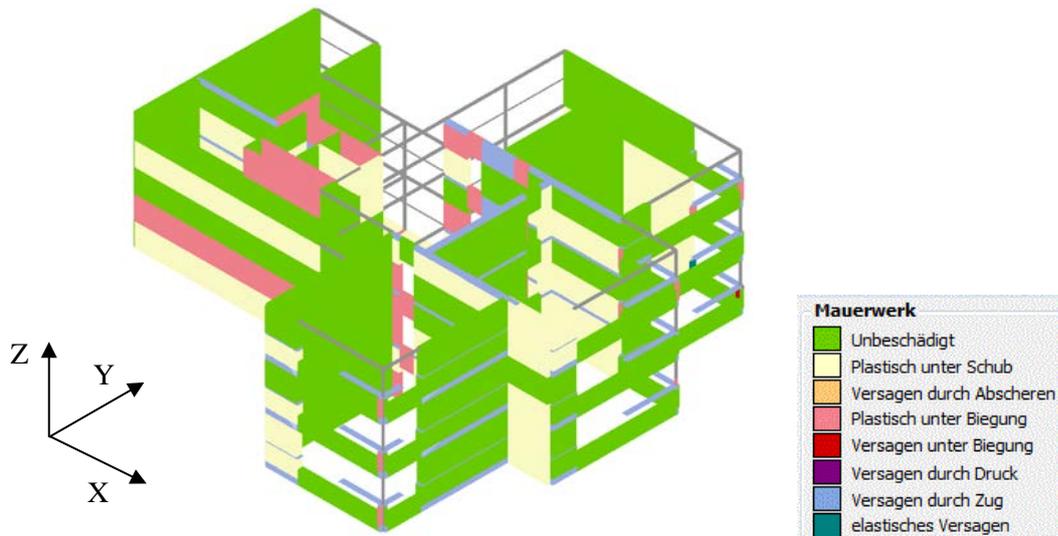


Abb. 7.8: Baukörper Mitte: Endzustand des Tragwerks der Push-Over-Berechnung in 3Muri für die massgebende Lastfallkombination Nr. 13 mit Angabe der Versagenszustände

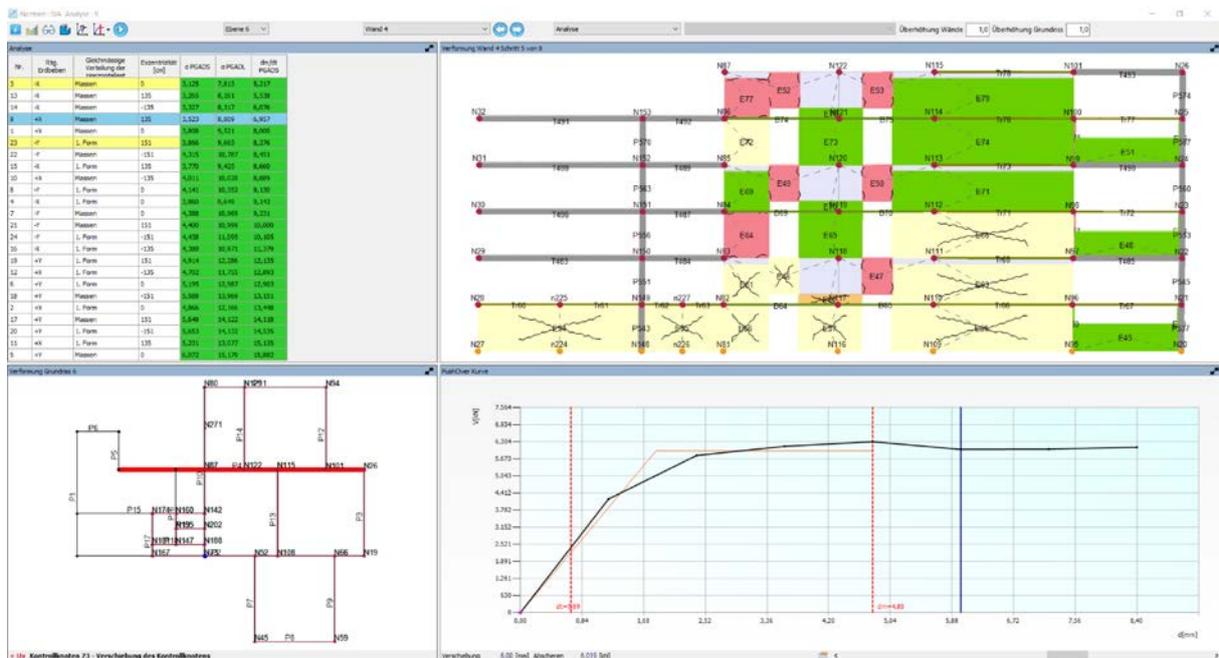


Abb. 7.9: Baukörper Mitte: Ergebnis der Push-Over-Berechnung in 3Muri für die massgebende Lastfallkombination Nr. 3, Darstellung rechts oben: Zustand der massgebenden Wand 4, rechts unten: Push-Over-Kurve des Gebäudes

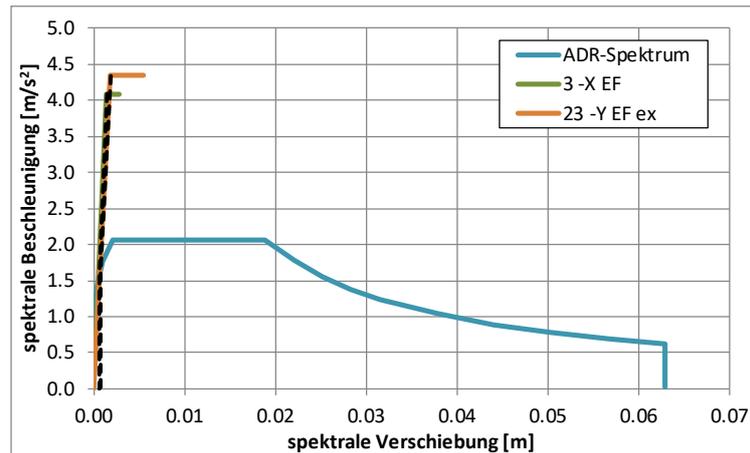


Abb. 7.10: Baukörper Mitte: Ergebnis der Push-Over-Berechnung mit 3Muri, Auswertung der Push-Over-Kurven im ADR-Spektrums der massgebenden Lastfallkombinationen in X- und Y-Richtung

#### 7.1.6 Modellprüfung und Vergleichsberechnung

Zur Prüfung der 3Muri-Berechnung wird eine unabhängige Vergleichsberechnung gemäss dem Verfahren der SIA Dokumentation D 0237 (2010) am Baukörper Nord in X-Richtung durchgeführt. Unter Berücksichtigung der Wandkopfverdrehung im Erdgeschoss und des Eigenschwingverhaltens des Gebäudes ergibt sich ein durchaus vergleichbares Resultat, wie aus der 3Muri-Berechnung. Der Erfüllungsfaktor wird mit  $\alpha_{\text{eff}} > 2.0$  bestimmt. Der Tragwiderstand wird etwas niedriger ermittelt, was vor allem mit der Vernachlässigung positiver Effekte, wie Riegelwirkung der Fensteröffnungen, begründet werden kann. Abb. 7.11 zeigt die Auswertung der Push-Over-Kurve nach dem Verfahren gemäss SIA Dokumentation D 0237 (2010).

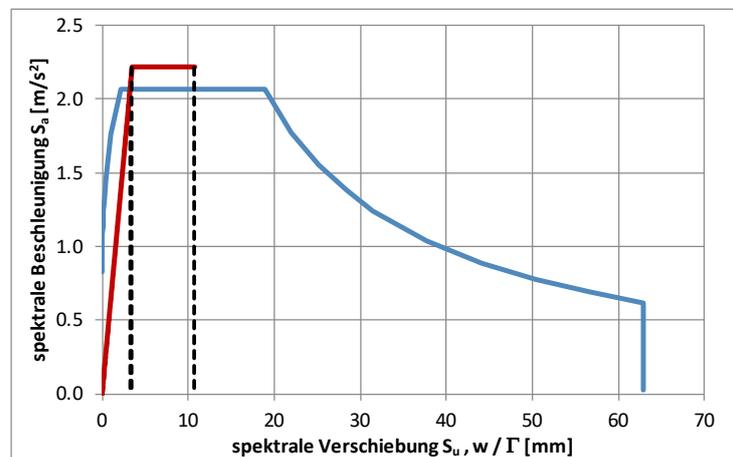


Abb. 7.11: Push-Over-Berechnung gemäss SIA Dokumentation D 0237 (2010) zur Modellprüfung für Baukörper Nord, Auswertung der Push-Over-Kurve im ADR-Spektrums für die massgebende X-Richtung

#### 7.1.7 Analyse Gebäudezusammenprall der Baukörper

Aus der 3Muri-Berechnung kann die Gebäudeverschiebung der Baukörper des Primarschulhauses im Erdbebenfall ausgelesen werden. Folgende Verschiebungswerte liegen für die Baukörper vor:

- Baukörper Nord:  $S_{\text{ud},x} = 1.3 \text{ mm}$   $S_{\text{ud},y} = 3.0 \text{ mm}$
- Baukörper Mitte:  $S_{\text{ud},x} = 1.2 \text{ mm}$   $S_{\text{ud},y} = 1.0 \text{ mm}$

Aufgrund des sehr starren Verhaltens der Baukörper mit vielen vorhandenen Tragwänden sind sehr geringe Verformungen zu erwarten. Die erforderliche Fugenbreite ergibt sich gemäss SIA 261 konservativ durch Addition der maximalen Verschiebungen der angrenzenden Baukörper. Die erforderliche Fugenbreite ergibt sich aufgerundet mit 5 mm. Laut Planunterlagen der Bestandspläne sind die Fugen zwischen den Baukörpern allgemein 10 mm breit ohne wirksame Verfüllung ausgebildet. Der Baukörper Süd wird als eher steifer beurteilt im Vergleich zu den anderen Baukörpern. Entsprechend ist der Verformungsbedarf geringer. Das Verhalten des Baukörpers Süd wird als günstiger im Vergleich zu den anderen beiden Baukörpern beurteilt. Daraus ergibt sich eine für das Primarschulgebäude ausreichende Fugenausbildung. Ein Gebäudezusammenprall mit Folgeschäden ist für den Bemessungserdbebenfall ausgeschlossen.

Tab. 7.6: Übersicht zum Gebäudezusammenprall des Primarschulhauses

Baukörper	max. Gebäudeverschiebung	erforderliche Fugenbreite	vorhandene Fugenbreite	Erfüllung
Primarschulhaus -Nord	3.0 mm	4.2 mm	10 mm	> 2.0
Primarschulhaus -Mitte	1.2 mm	4.2 mm	10 mm	> 2.0

## 7.2 Tragwerksanalyse Einfachturnhalle

Für die Einfachturnhalle der Primarschule liegen keine detaillierten Plangrundlagen vor. Es gibt Übersichtsarchitektenpläne für die Einfachturnhalle der Sekundarschule, die weitgehend baugleich zur Einfachturnhalle der Primarschule ist. Detaillierte Ingenieurpläne mit Bewehrungsangaben liegen nicht vor. Die Beurteilung der Erdbebensicherheit der Einfachturnhalle erfolgt in der vorliegenden Analyse basierend auf qualitativen Kriterien sowie einer vereinfachten rechnerischen Analyse im Ersatzkraftverfahren.

Die Tragstruktur der Einfachturnhalle besteht in massiver Bauweise komplett aus Stahlbeton. Alle relevanten Tragwänden und Decken sind in Stahlbeton ausgeführt. Die Fundation wurde flach mit einer Bodenplatte erstellt. Die Südseite der Einfachturnhalle ist komplett durch eine Fensterfront aufgelöst. Die Nordwand des Hallenraumes ist durch Galerieöffnungen teilweise aufgelöst.

Die Stärken der Einfachturnhalle bestehen in der Stahlbetonkonstruktion der Decken und Wände. Die Einfachturnhalle hat einen recht kompakten Baukörper mit einem Hallenraum und zweigeschossigen Nebenräumen. Es gibt tragende Wände in alle Raumrichtungen und die Halle mit Nebenräumen ist stetig im Grund und Aufriss.

Eine Schwäche der Tragstruktur ist die Auflösung der Hallendecke durch ein langgezogenes in Längsrichtung orientiertes Oberlicht. Dadurch wird die Deckenscheibe geschwächt und nur wenige Meter Randbereich gewährleisten eine Scheibenwirkung.

Durch die Auflösung der Südfassade als Fensterfläche entsteht eine Exzentrizität in der Lastabtragung. Die Auflösung der Nordwand des Hallenraumes führt ebenfalls zu einer gewissen Lastumlagerung. Es gibt aber kurze Tragwände am Ansatz der Nordwand (siehe Abb. 7.12). Aus der Exzentrizität resultierenden Torsionseffekte können aber durch die massiven Stirnwände gut aufgenommen werden. Die Decke über dem Hallenraum und den Nebenräumen ist zwar durch das langgezogene Oberlicht geschwächt, aber die Integrität der Tragstruktur sollte weitgehend gewährleistet sein.

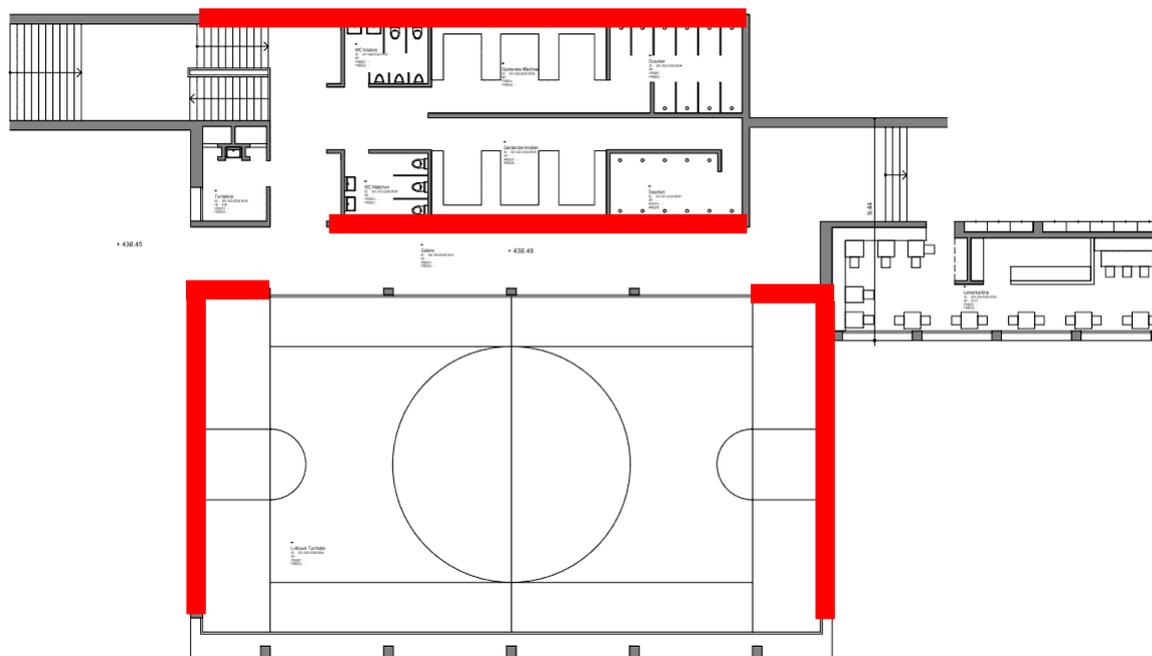


Abb. 7.12: Grundriss Bestand im 1. UG der Einfachturnhalle mit Markierung der tagenden Wände in Stahlbeton

In Tab. 7.7 sind die Lastannahmen für ständige und veränderliche Einwirkungen für die Einfachturnhalle zusammengefasst. Wind- und Schneelasten werden gemäss SIA 261 für die Erdbebenanalyse vernachlässigt.

Tab. 7.7: Lastannahmen Einfachturnhalle

LF	Lastart	Wert	Beiwert $\psi_2$
1	Ständige Lasten:		
	Eigengewicht der Stahlbetonstruktur	25.0 kN/m <sup>3</sup>	
	Decke inkl. Träger, d = 0.35 m (Annahme)	8.8 kN/m <sup>2</sup>	
2	Auflast Fussbodenaufbau	2.0 kN/m <sup>2</sup>	
3	Auflast Dachaufbau	2.5 kN/m <sup>2</sup>	
4	Veränderliche Lasten:		
	Sportflächen / Pausenplatz	5.0 kN/m <sup>2</sup>	0.6

Ein vereinfachte Berechnung der Erdbebensicherheit der Einfachturnhalle im Ersatzkraftverfahren nach SIA 261 zeigt in der massgebenden Längsrichtung, dass die kurzen Tragwände der Nordwand des Hallenraumes bei weitem ausreichend sind die Erdbebenkräfte aus der Halle und dem Dach mit darüberliegenden Pausenaufenthaltsbereich abzutragen. Unter Annahme des Plateauwertes der Erdbebenbeschleunigung mit Ansatz von Mindestbewehrung in den Wänden ( $\varnothing 10$  mit  $s = 15$  cm) ergibt sich ein Erfüllungsfaktor in Längsrichtung mit  $\alpha_{\text{eff}} > 3$ . Die Querrichtung mit massiven Tragwänden an den Stirnseiten der Halle sowie die massiven Tragwände in den Nebenräumen haben grössere Tragwiderstände und lassen entsprechend grössere Erfüllungsfaktoren erwarten.

Basierend auf einer vereinfachten Ersatzkraftberechnung der massgebenden Tragelemente in der massgebenden Längsrichtung und einer qualitativen Beurteilung des Erdbebenverhaltens kann in der vorliegenden Analyse ein normkonformes Erdbebenverhalten der Einfachturnhalle belegt werden. Die aktuellen Anforderungen der SIA Tragwerksnormen sind bezüglich Erdbeben erfüllt. Die Einfachturnhalle wird als erdbebensicher beurteilt.

### 7.3 Tragwerksanalyse Zweifachsporthalle

Für die Zweifachsporthalle der Primarschule liegen keine detaillierten Plangrundlagen vor. Es gibt detaillierte Architektenschnittdarstellungen und ein Architektenübersichtsplan. Detaillierte Ingenieurpläne mit Bewehrungsangaben liegen nicht vor. Die Beurteilung der Erdbebensicherheit der Einfachturnhalle erfolgt in der vorliegenden Analyse basierend auf qualitativen Kriterien sowie einer vereinfachten rechnerischen Analyse im Ersatzkraftverfahren.

Die Tragstruktur der Zweifachsporthalle besteht in massiver Bauweise komplett aus Stahlbeton. Alle relevanten Tragwänden und Decken sind in Stahlbeton ausgeführt. Die Foundation wurde flach mit einer Bodenplatte erstellt. Die Halle ist mit einer Zivilschutzanlage unterkellert, die ein steifes Kellergeschoss mit vielen Schottenwänden bildet.

Die Stirnwände der Halle sind durchgehend mit wenigen kleinen Öffnungen. Die Längswand nach Süden ist komplett durch eine Fensterfront mit Stützen aufgelöst. Die Nordwand ist oben am Kopfende sowie auf Bodenniveau über die gesamte Wandlänge durch Fensterbänder mit Stützen aufgelöst. Die Abtragung horizontaler Erdbebenlasten erfolgt in Querrichtung über Stahlbetontragwände in die Foundation. In Längsrichtung werden die Lasten über die Fensterstützen auf Schub und Biegung sowie über die Stirnwände über Plattenbiegung abgetragen.

Die Stärke der Zweifachsporthalle liegt in der Materialisierung in Stahlbeton. In Querrichtung stehen massive Tragwände an den Stirnenden zu Lastabtragung zur Verfügung. Die seismische Gefährdung am Standort ist gering.

Schwerwiegende Schwäche der Zweifachsporthalle ist die komplette Auflösung der Längswände auf Süd- und Nordseite durch Fensterfassaden und Fensterbänder (siehe Abb. 7.13). In Längsrichtung der Halle ist kein massives Tragelement vorhanden. Kurze Stützen werden vorwiegend auf Schub belastet, und lange Stützen werden auf Biegung beansprucht.



Abb. 7.13: Innenansicht der Zweisportthalle mit in Längsrichtung durchgehenden Fensterbändern auf beiden Hallenseiten

Die rechnerischen Erdbebenüberprüfung erfolgt aufgrund fehlender Plangrundlage, unter vorsichtiger Annahme der vorhandenen Bewehrung, vereinfacht mit dem Ersatzkraftverfahren. Der Einspannhorizont wird auf Oberkante Decke UG angenommen, und das Untergeschoss der Zivilschutzanlagen wird vernachlässigt. Dabei verhält sich die Halle weitgehend wie ein Einmassenschwinger. Die Eigenschwingperiode der Halle wird im Bereich des Plateaus angenommen. In Tab. 7.8 sind die Lastannahmen für ständige und veränderliche Einwirkungen der Zweifachsporthalle zusammengefasst. Wind- und Schneelasten werden gemäss SIA 261 für die Erdbebenanalyse vernachlässigt. Das Dach ist nicht behagbar.

Tab. 7.8: Lastannahmen Zweifachsporthalle

LF	Lastart	Wert	Beiwert $\psi_2$
1	Ständige Lasten:		
	Eigengewicht der Stahlbetonstruktur	25.0 kN/m <sup>3</sup>	
	Decke inkl. Träger, d = 0.25 m	6.25 kN/m <sup>2</sup>	
2	Auflast Fussbodenaufbau	2.0 kN/m <sup>2</sup>	
3	Auflast Dachaufbau / Deckeninstallation	2.0 kN/m <sup>2</sup>	
4	Veränderliche Lasten:		
	Sportflächen in der Halle	5.0 kN/m <sup>2</sup>	0.6

In der Ersatzkraftberechnung wird die Bewehrung vorsichtig gemäss Tab. 7.9 angesetzt. Die Werte sind aus den Bewehrungsplänen des Primar- und Sekundarschulhauses abgeleitet. Für Tragwiderstandsnachweis wird davon ausgegangen, dass in Längsrichtung vor allem die Hallenwand Nord zur Lastabtragung beansprucht wird. Aufgrund der aufgrund der 4.7 m hohen Betonscheibe auf mittlerer Hallenhöhe wird diese Nordwand massgeblich ausgesteift und verhält sich wesentlich steifer, als die Hallensüdwand mit 5 Stützen zu je 6.6 m freier Kraghöhe. Als Berechnungsmodell wird das Stützenraster der Nordwand als eine Art Vierendeel-Träger mit Durchlaufrahmenwirkung betrachtet (siehe Abb. 7.14). Aufgrund der Erdbebenerstarkkraft ergibt sich eine entsprechende massgebende Momentenwirkung in der Stützenreihe des hohen Fensterbandes oberhalb des Fussbodenhorizontes ( $h = 3.0$  m). Das Fensterband unter der Decke ist aufgrund der kleineren Höhe nicht massgebend. Die Querwände der Halle werden je mit einer Einflussbreite von 2 m mit zur Lastabtragung angesetzt.

Tab. 7.9: Bewehrungsannahmen der Zweifachsporthalle

Bauteil	Wert
Stirnwände:	
- stehende Bewehrung	Ø 10, s = 15 cm
- liegende Bewehrung	Ø 10, s = 15 cm
Stützentyp 1 - 70 cm x 43 cm	
- Längsbewehrung	Ø 20, s = 15 cm
- Bügelbewehrung	Ø 10, s = 20 cm
Stützentyp 2 - 43 cm x 12 cm	
- Längsbewehrung	Ø 16, s = 15 cm
- Bügelbewehrung	Ø 10, s = 20 cm

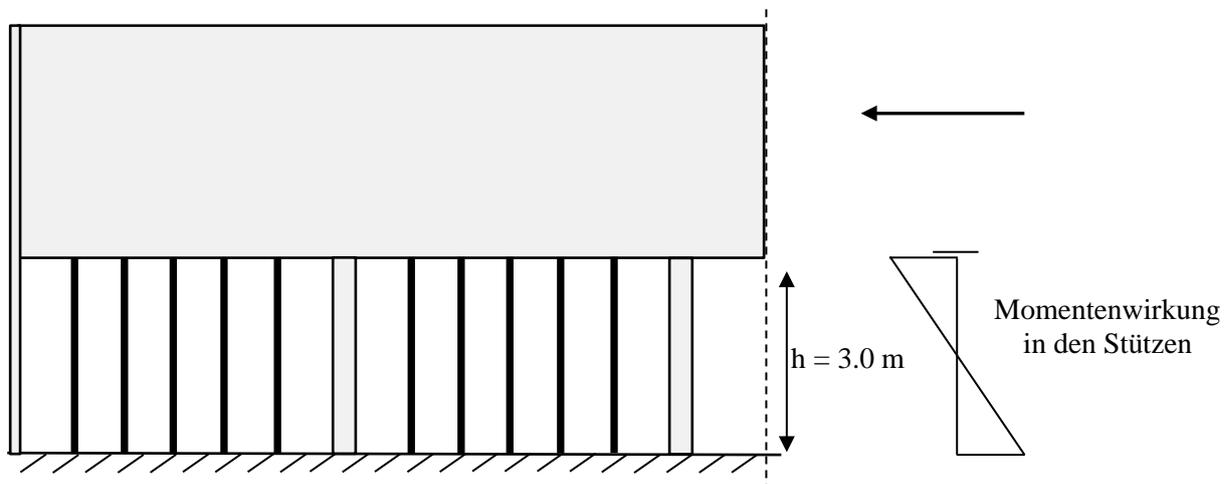


Abb. 7.14: Berechnungsmodell zum Nachweis der Nordwand der Zweifachsporthalle

Tab. 7.10: Übersicht der Tragwiderstände und Einwirkungen auf Hallenwand Nord

Bauteil	Anzahl	Widerstand $R_{\text{einzel}}$	Widerstand $R_{\text{gesamt}}$	Einwirkung $E_{\text{EKV}}$	Erfüllung $\alpha_{\text{eff}}$
Stirnwände:					
- Querkraft	2 x 2 m	112 kN	448 kN		
- Biegung	2 x 4 m	52 kNm	208 kNm		
Stützentyp 1 - 70 cm x 43 cm					
- Querkraft	5	130 kN	650 kN		
- Biegung	5	390 kNm	1'850 kNm		
Stützentyp 2 - 43 cm x 12 cm					
- Querkraft	30	36 kN	1'080 kN		
- Biegung	30	24 kNm	720 kNm		
Summation:					
- Querkraft (Eq-Ersatzkraft)			2'178 kN	1'235 kN	1.8
- Biegung			2'876 kNm	1'853 kNm	1.6

Tab. 7.10 zeigt die Übersicht der Widerstände der Tragstruktur in Längsrichtung der Wand Nord im Kontext der angreifenden Erdbebenersatzkraft. Die Tragwiderstände der Wand Süd werden vernachlässigt, da aufgrund des Verträglichkeitskriterium konsistenter Verformungen der gesamte Tragwiderstand vermutlich nicht mobilisiert werden kann. Massgebend ist die Biegebeanspruchung der Stützen mit Einspannung am Kopf und Fuss. Es zeigt sich, dass die Biegekräfte der Stützen ausreichend sind, die geringe Erdbebenstützkräfte aus der Dachscheibe mit angrenzenden Wandbereichen abzutragen. Der Erfüllungsfaktor wird mit  $\alpha_{\text{eff}} = 1.6$  eingegrenzt. Diese Ergebnis beinhaltet, dass die Querschnitte der Stützen massgebend sind und die Verankerung und Kräfteinleitung ins Untergeschoss gewährleistet ist.

Trotz der vorhanden konstruktiven Schwäche bezüglich erdbebengerechtem Entwurf der Tragstruktur der Zweifachsporthalle kann der Nachweis der Erdbebensicherheit gemäss den aktuell gültigen SIA-Tragwerksnormen erbracht werden. Dieser Umstand ist vor allem der massiven Stützens Ausbildung und der geringen Erdbebenanregung zu verdanken. Die Zweifachsporthalle wird als erdbebensicher beurteilt.

## 8 Beurteilung der Erdbebensicherheit

In der vorliegenden Erdbebenanalyse der Primarschule Stägenbuck in Dübendorf werden die Gebäude des Primarschulhauses, der Einfachturnhalle und der Zweifachsporthalle rechnerisch mit der verformungs-basierten Verfahren der Push-Over-Analyse bzw. dem kraftbasierten Ersatzkraftverfahren untersucht. Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass die Gebäude den aktuellen Anforderungen der SIA-Tragwerksnormen genügen. Die Erfüllungsfaktoren gemäss SIA 269/8 sind in Tab. 8.1 für die einzelnen Gebäude zusammengefasst. Für die Gebäude werden keine baulichen Massnahmen zur Verbesserung der Erdbebensicherheit als erforderlich erachtet.

Tab. 8.1: Zusammenfassung der Erfüllungsfaktoren der Primarschule Stägenbuck

Pos	Lastfall	Erfüllung $\alpha_{eff}$
1.1	Tragwiderstand des Primarschulgebäudes Stägenbuck	> 1.0
1.2	Zusammenprall der Baukörper des Primarschulgebäudes	> 1.0
2	Einfachturnhalle	> 1.0
3	Zweifachsporthalle	> 1.0

### Hinweis:

Aktuell liegt das Kapitel 16 - Erdbeben der SIA-Norm 261 (2019) zur Vernehmlassung vor. Darin wird die Erdbebenanregung über die Baugrundklassen und Erdbebenzonen neu definiert. Für den Standort der Schulanlage Stägenbuck ergibt sich eine Erhöhung der Erdbebenanregung um ca. 26 %. Wann die neue SIA 261 (2019) in Kraft tritt und bindend wird, lässt sich zum jetzigen Zeitpunkt nicht sagen, vermutlich aber erst im Jahr 2020 oder 2021. Die Nachweise zeigen, dass auch bei der Inkraftsetzung der neuen Gefährdungswerte die Erdbebensicherheit für die Gebäude der Primarschule Stägenbuck gewährleistet ist.

## 9 Massnahmenempfehlung

### **Primarschulhaus Stägenbuck:**

Für das Primarschulhaus Stägenbuck werden keine baulichen Massnahmen zur Verbesserung der Erdbebensicherheit als erforderlich erachtet.

### **Einfachturnhalle:**

Für die Einfachturnhalle werden keine baulichen Massnahmen zur Verbesserung der Erdbebensicherheit als erforderlich erachtet.

### **Zweifachsporthalle:**

Für die Einfachturnhalle werden keine baulichen Massnahmen zur Verbesserung der Erdbebensicherheit als erforderlich erachtet.

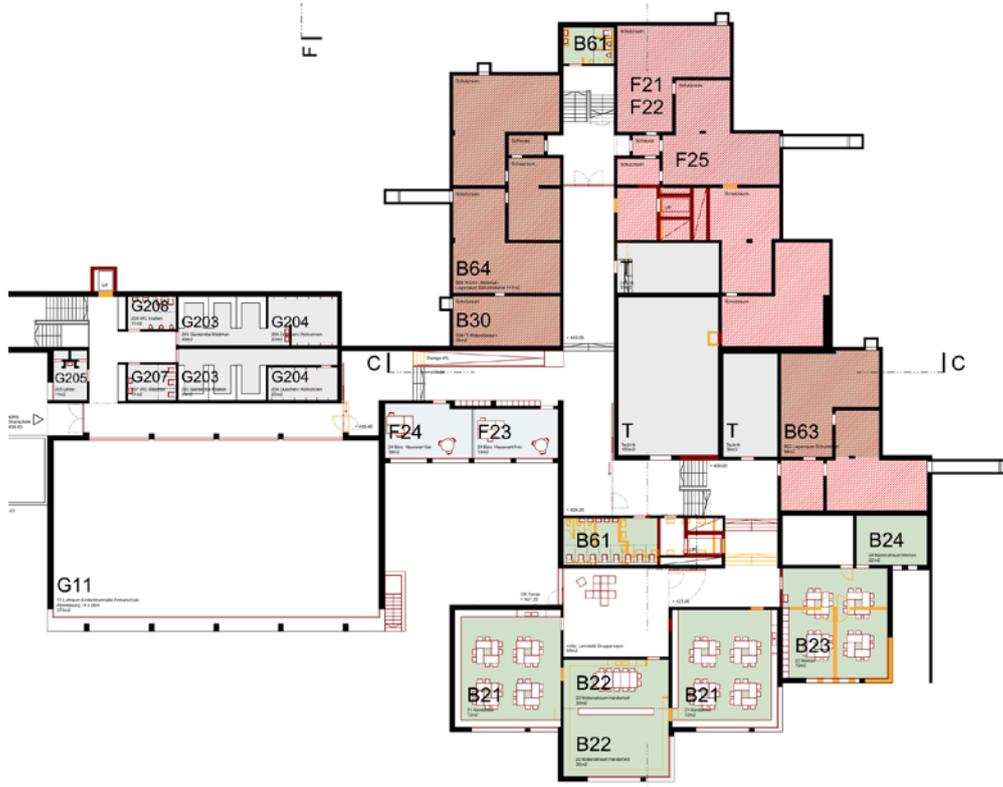
Es wird empfohlen, die vorhandene Bewehrung der Tragstruktur der Zweifachsporthalle an relevanten Orten zerstörungsfrei zu identifizieren, um den in der vorliegenden Berechnung ermittelten Tragwiderstand und die in der Berechnung getätigten Annahmen zu bestätigen.

# Anhang

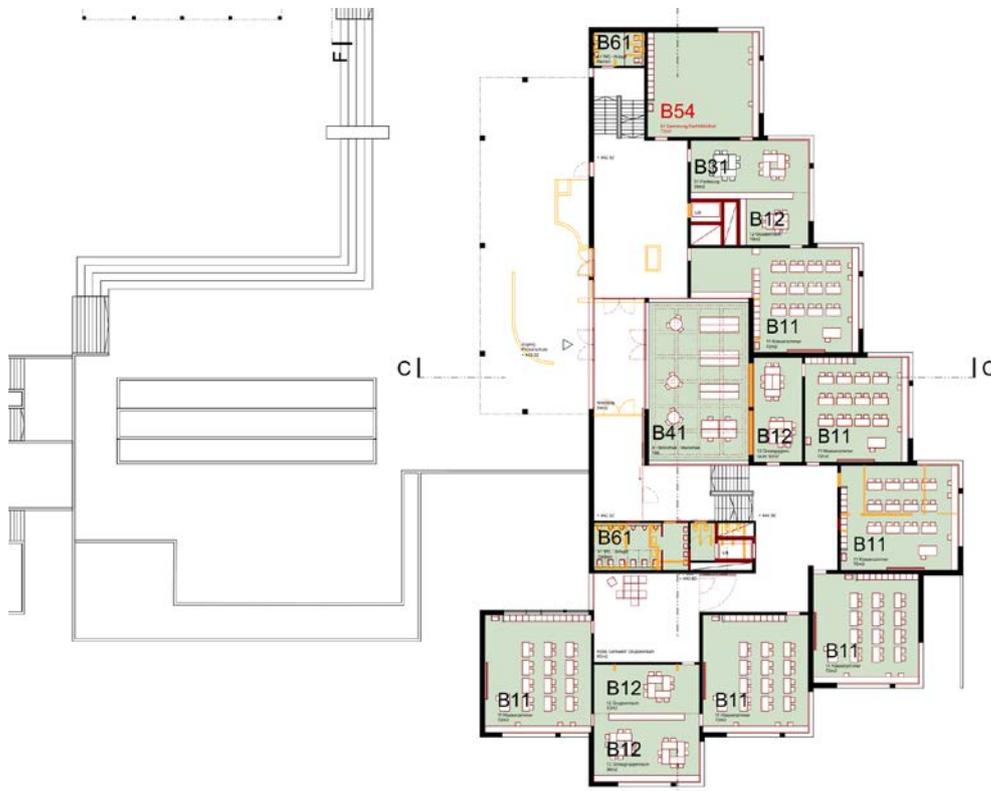
## Inhaltsverzeichnis des Anhangs:

<b>Anhang 1</b>	<b>Ausgewählte Planunterlagen</b>	<b>34</b>
<b>Anhang 2</b>	<b>Tragwerksanalyse</b>	<b>47</b>
Anhang 2.1	Tragwiderstand der Tragelemente der Zweifachsporthalle	47
<b>Anhang 3</b>	<b>Fotodokumentation</b>	<b>55</b>
<b>Anhang 4</b>	<b>Factsheets</b>	<b>62</b>

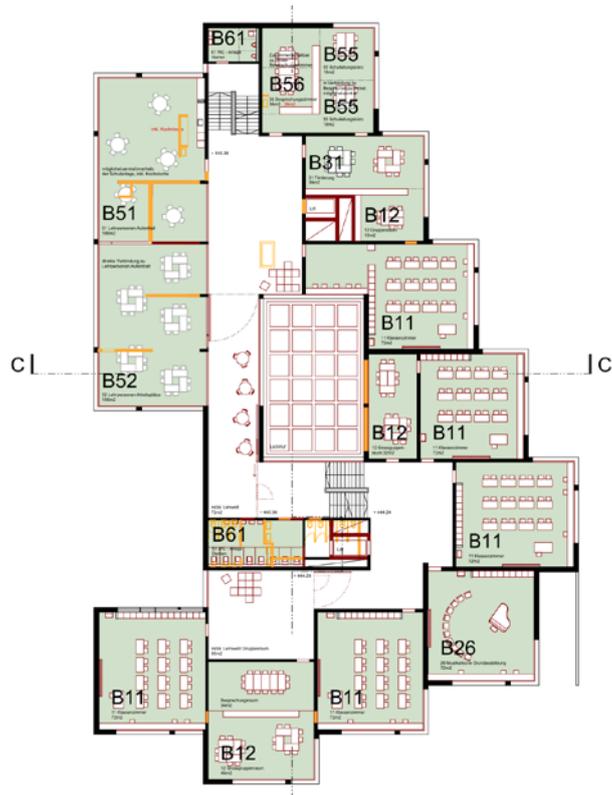
## Anhang 1 Ausgewählte Planunterlagen



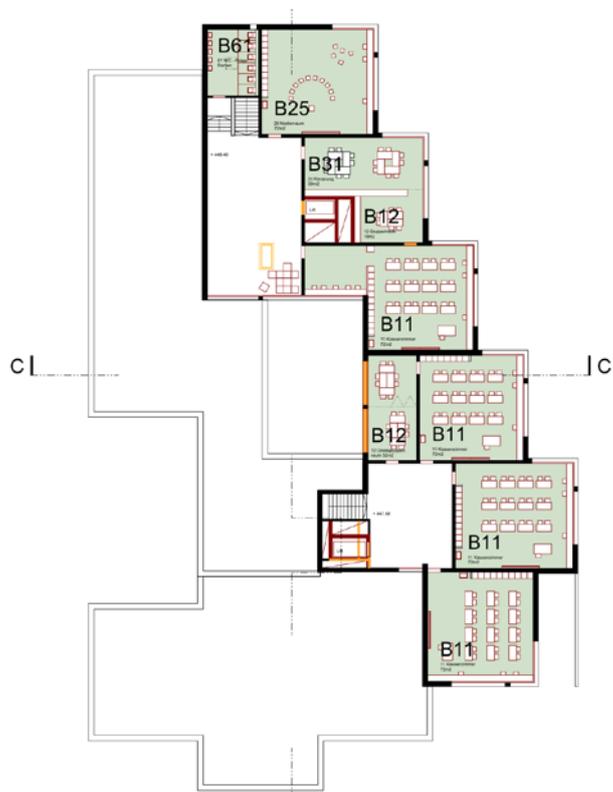
Anhang Abb. 1: Projektüberarbeitung, Primarschulhaus und Einfachturnhalle der Primarschule, Grundriss UG



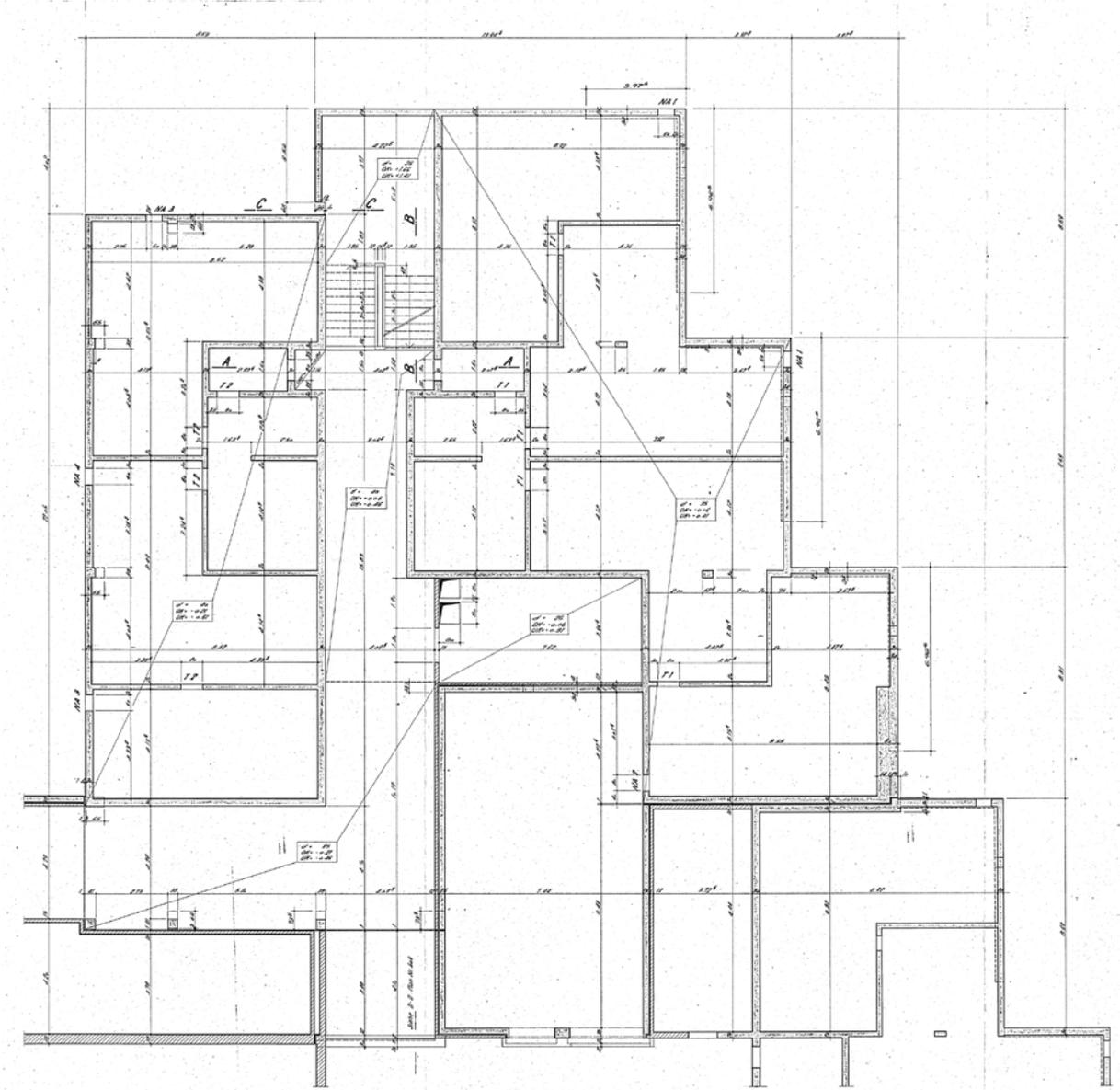
Anhang Abb. 2: Projektüberarbeitung, Primarschulhaus und Einfachturnhalle der Primarschule, Grundriss EG



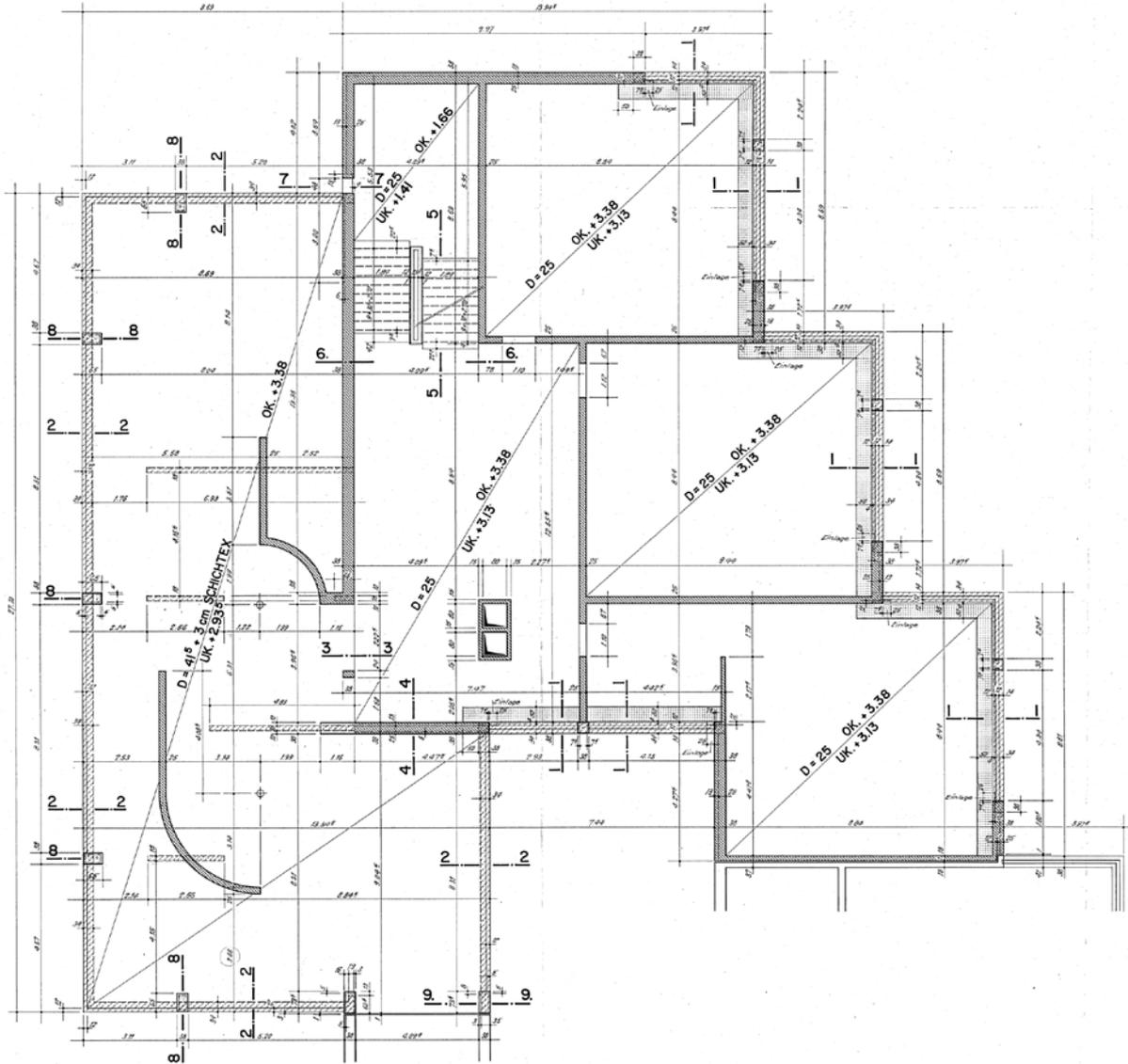
Anhang Abb. 3: Projektüberarbeitung, Primarschulhaus und Einfachturnhalle der Primarschule, Grundriss 1. OG



Anhang Abb. 4: Projektüberarbeitung, Primarschulhaus und Einfachturnhalle der Primarschule, Grundriss 2. OG



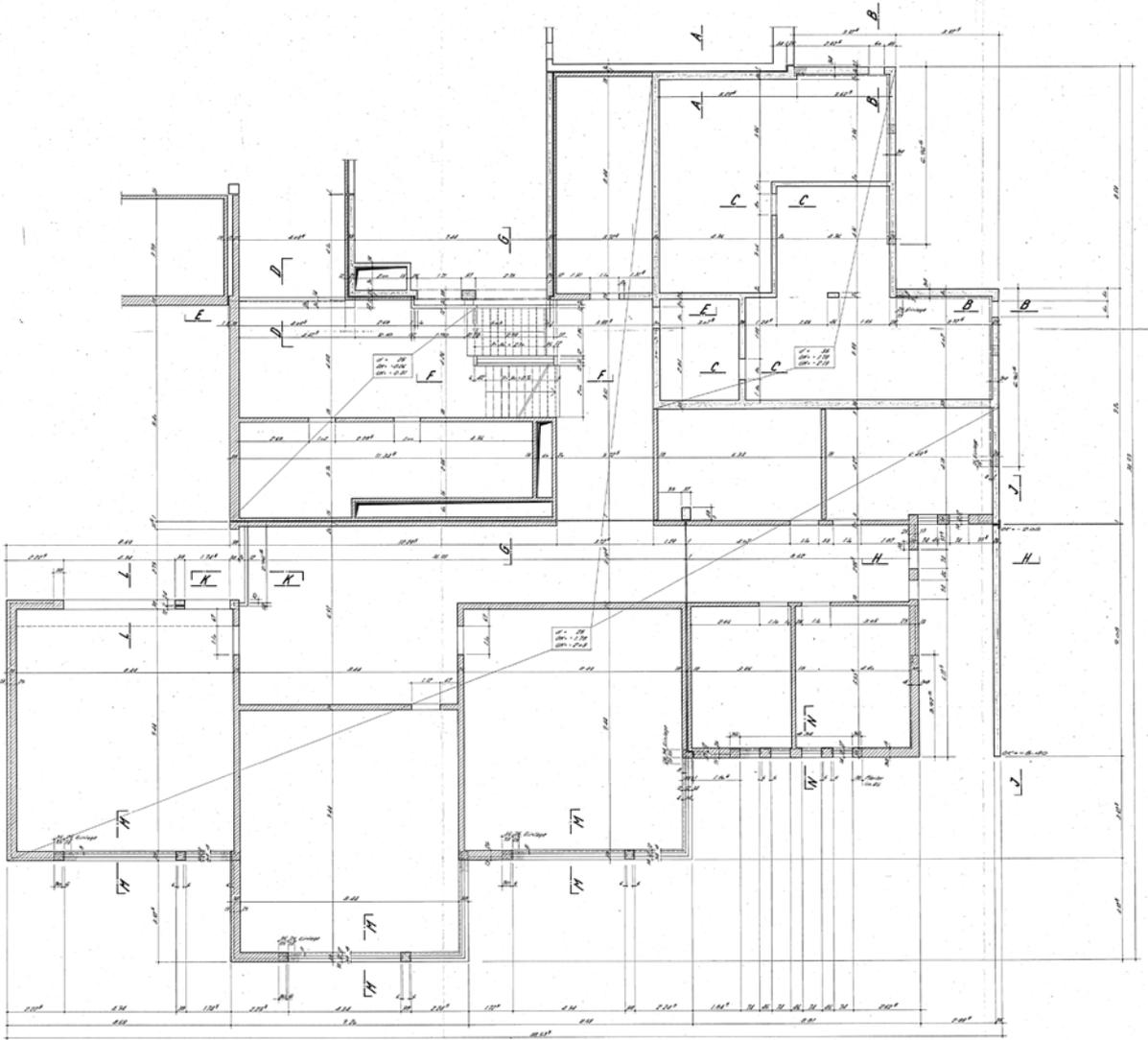
Anhang Abb. 5: Bestandspläne Primarschulhaus Nord, Grundriss UG



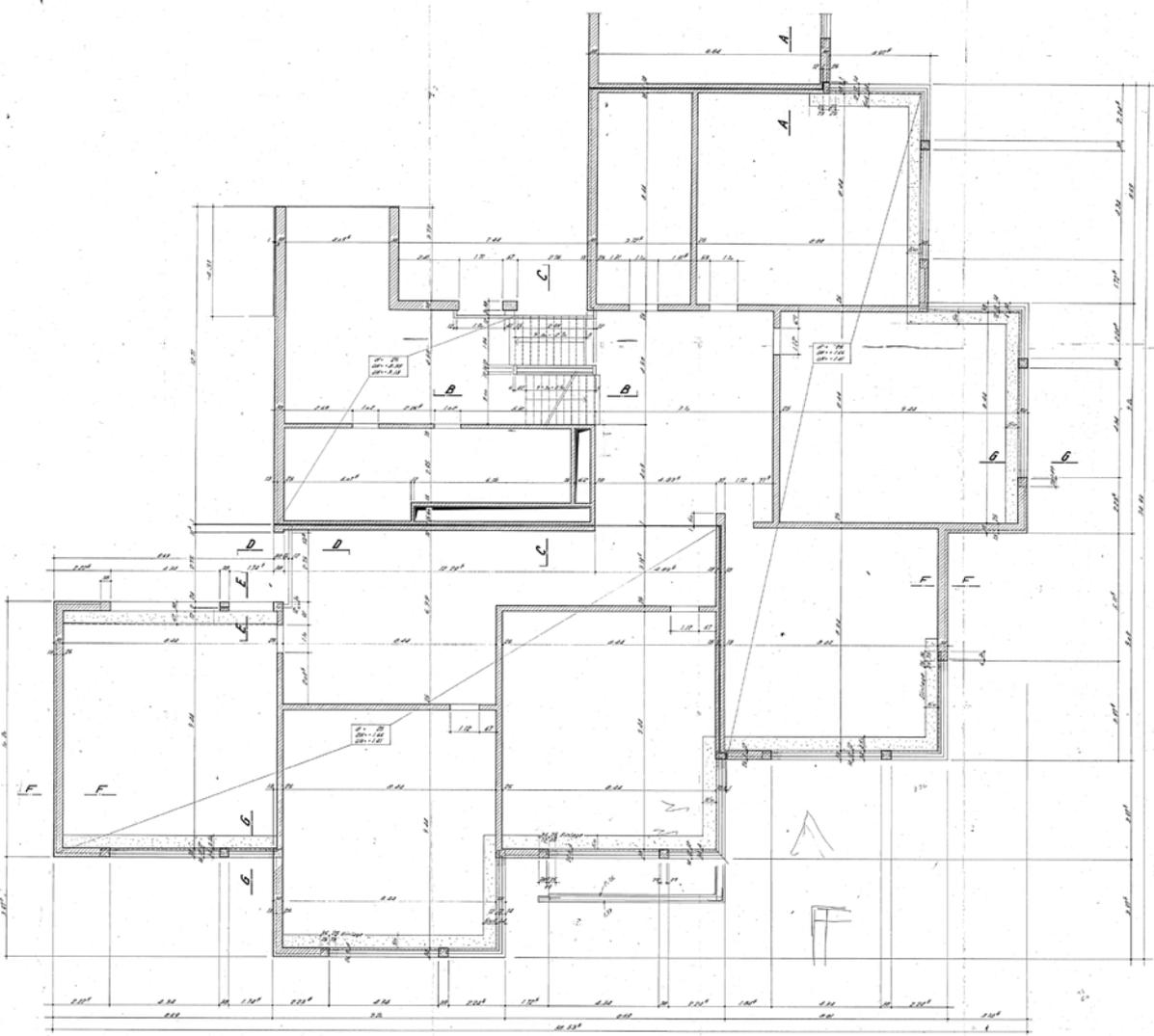
Anhang Abb. 6: Bestandspläne Primarschulhaus Nord, Grundriss EG



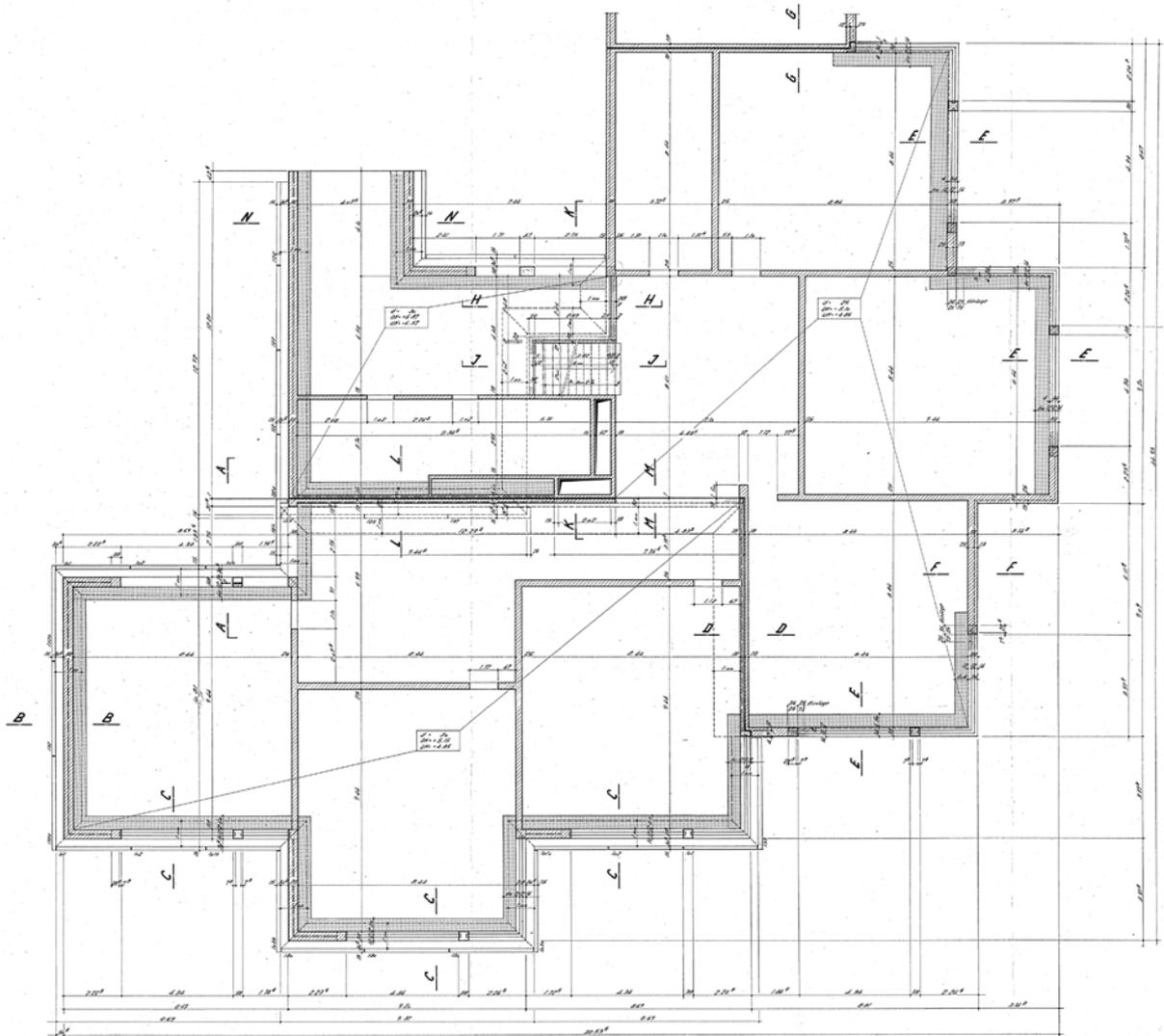




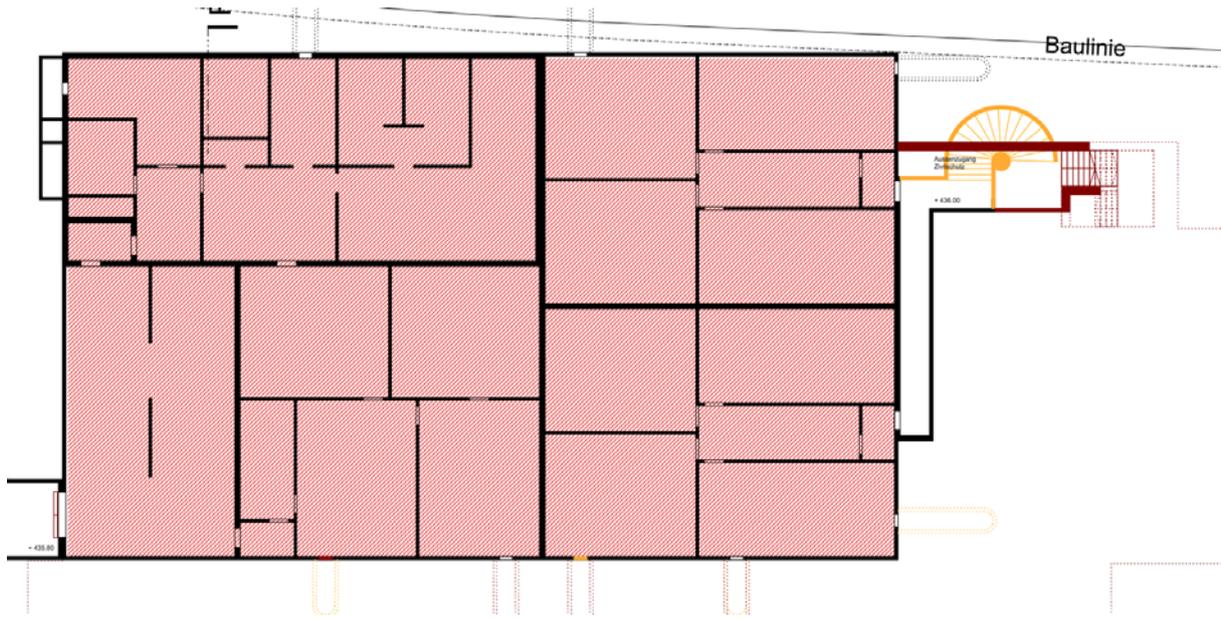
Anhang Abb. 9: Bestandspläne Primarschulhaus Süd, Grundriss UG



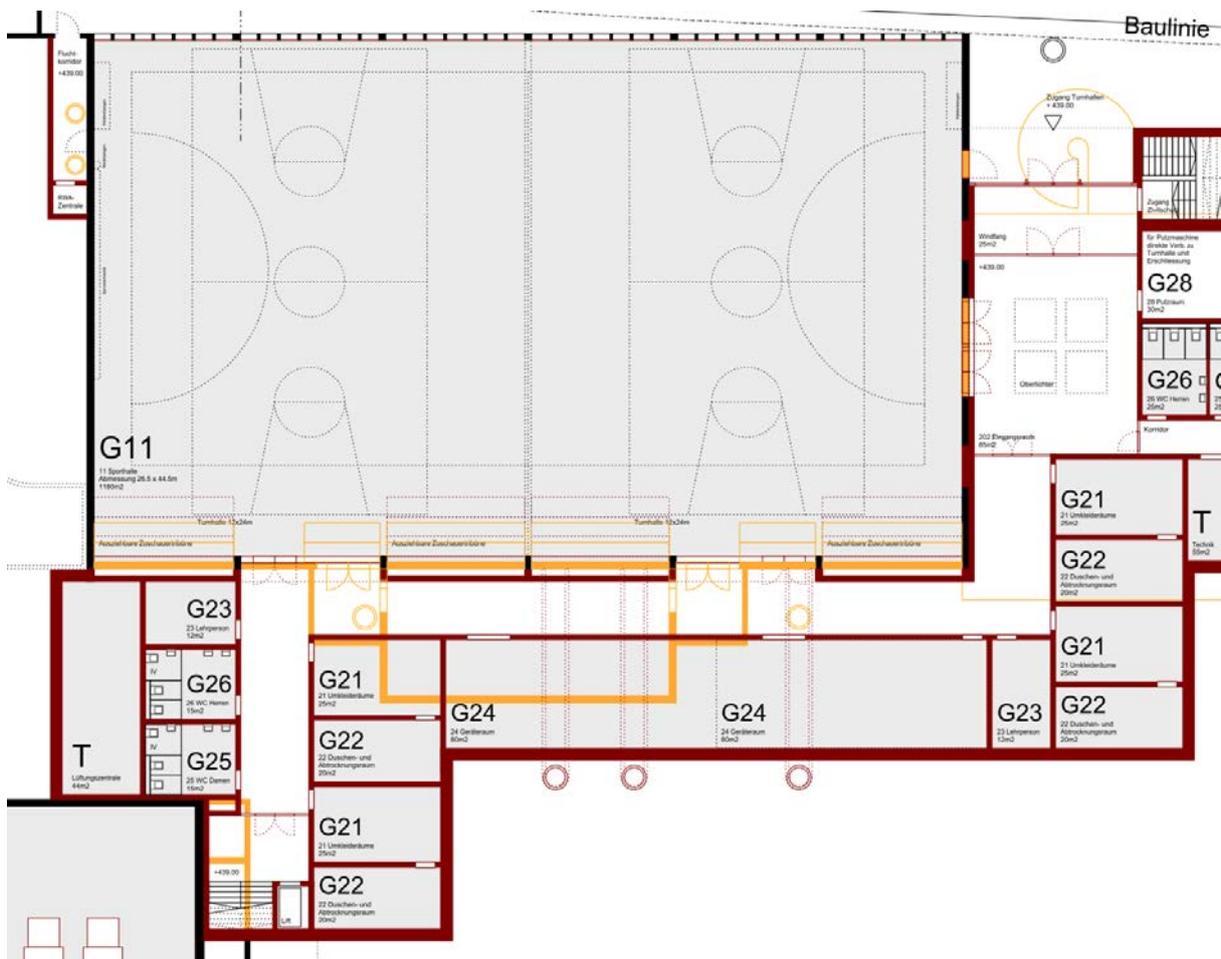
Anhang Abb. 10: Bestandspläne Primarschulhaus Süd, Grundriss EG



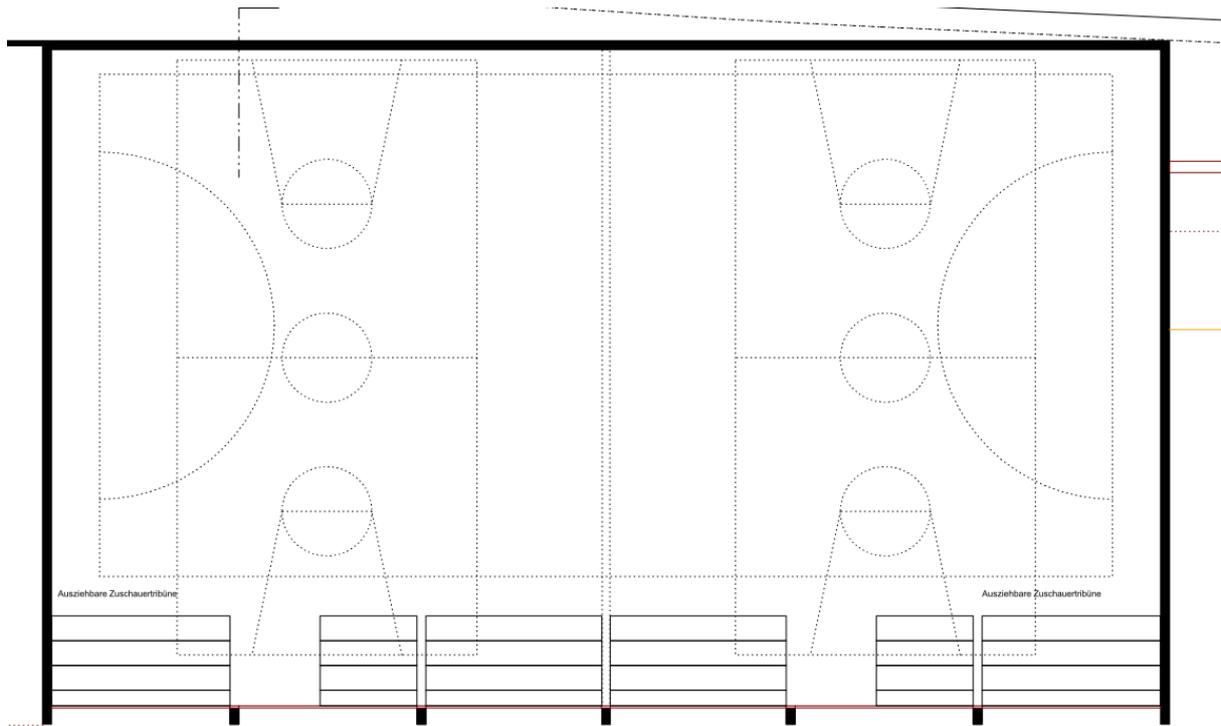
Anhang Abb. 11: Bestandspläne Primarschulhaus Süd, Grundriss 1. OG



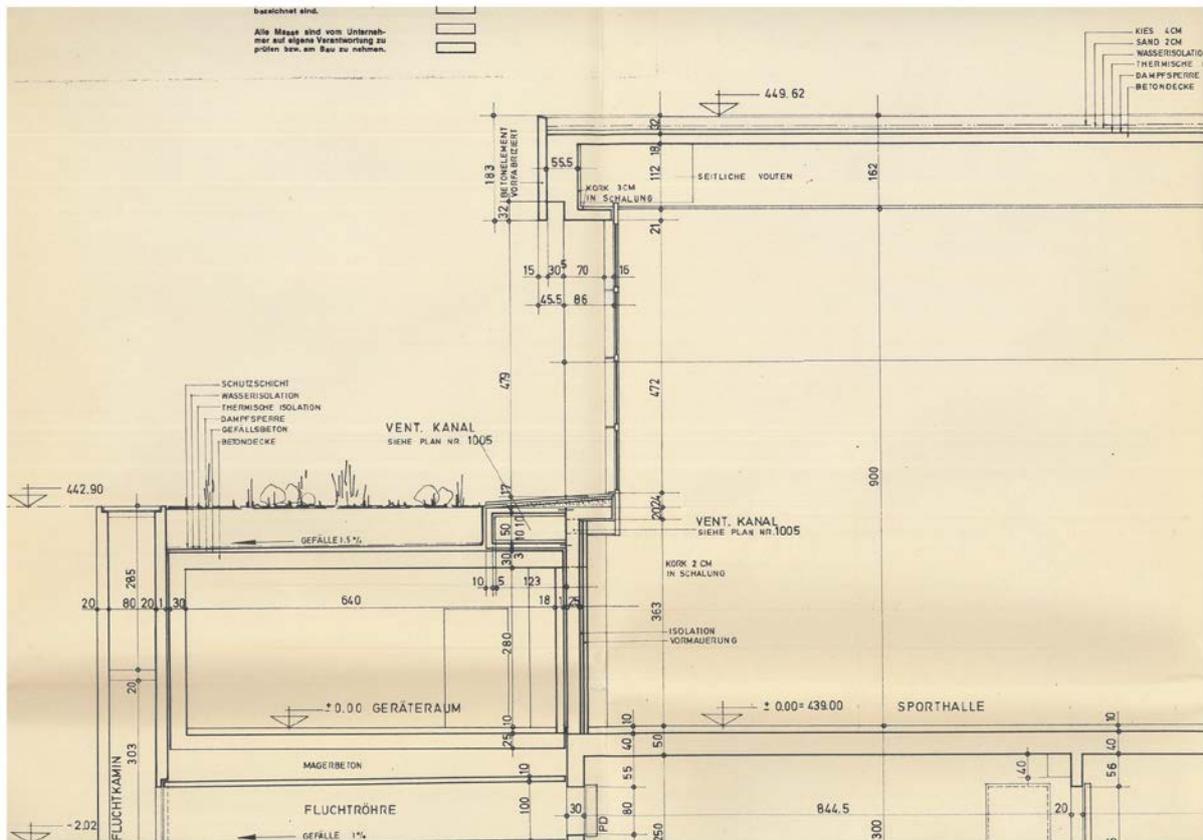
Anhang Abb. 12: Projektüberarbeitung Zweifachsporthalle, Grundriss UG Zivilschutz



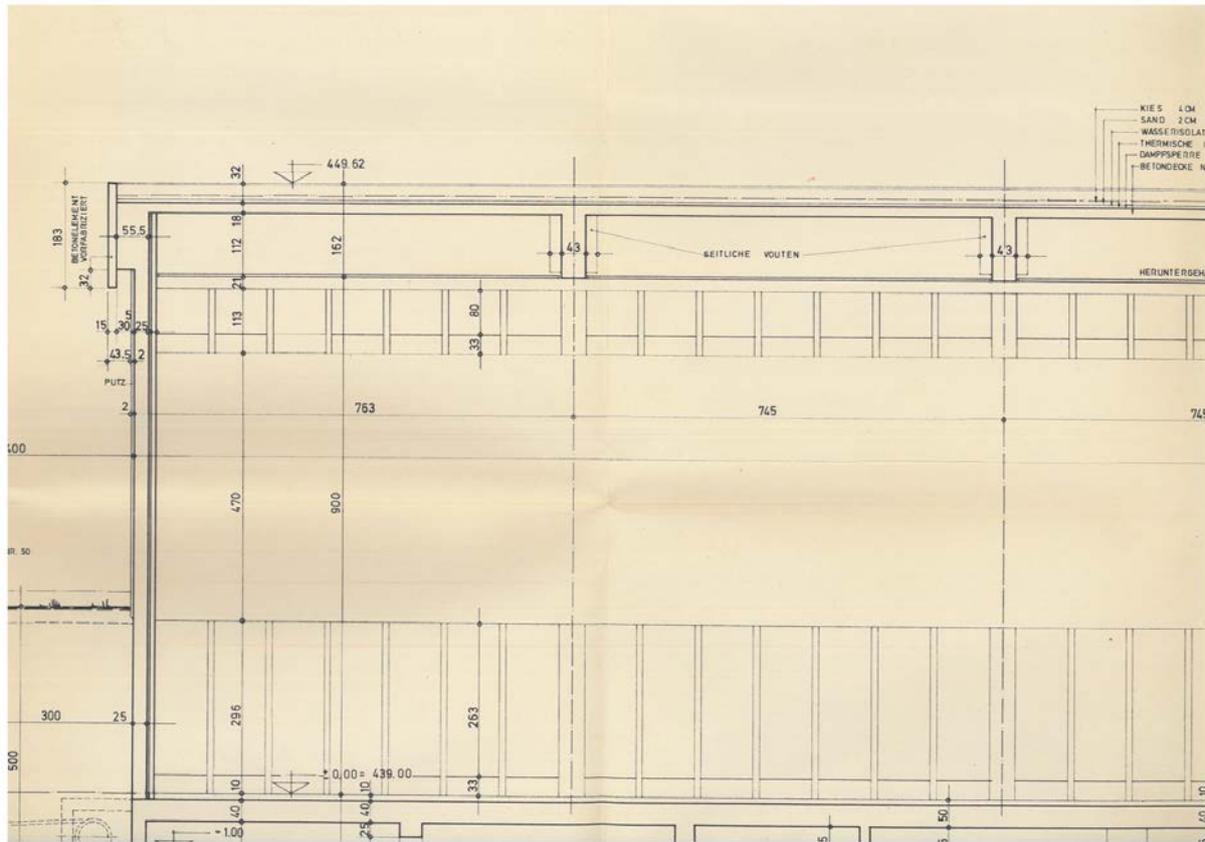
Anhang Abb. 13: Projektüberarbeitung Zweifachsporthalle, Grundriss EG



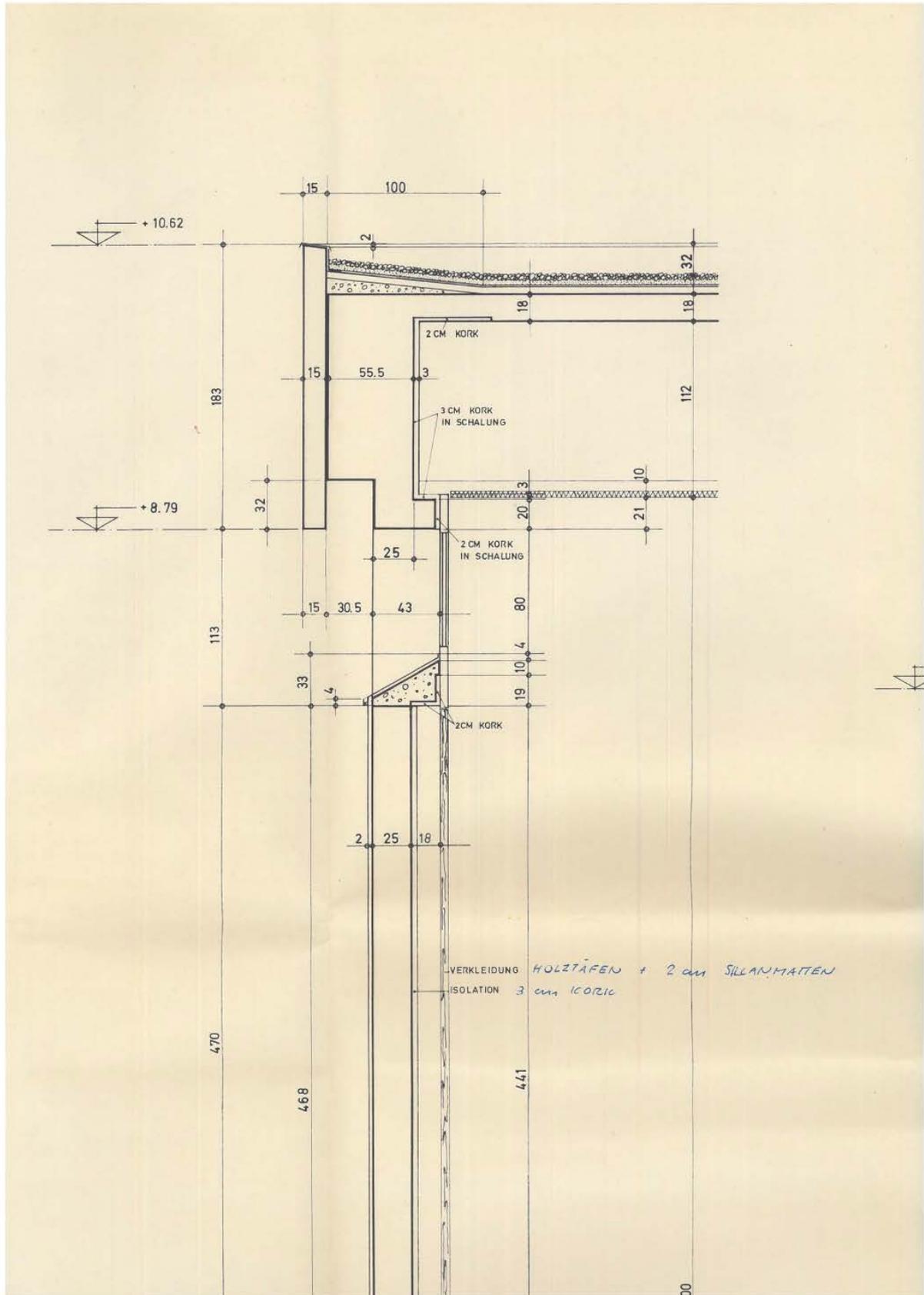
Anhang Abb. 14: Projektüberarbeitung Zweifachsporthalle, Grundriss OG



Anhang Abb. 15: Bestandspläne Zweifachsporthalle, Querschnitt Südassade



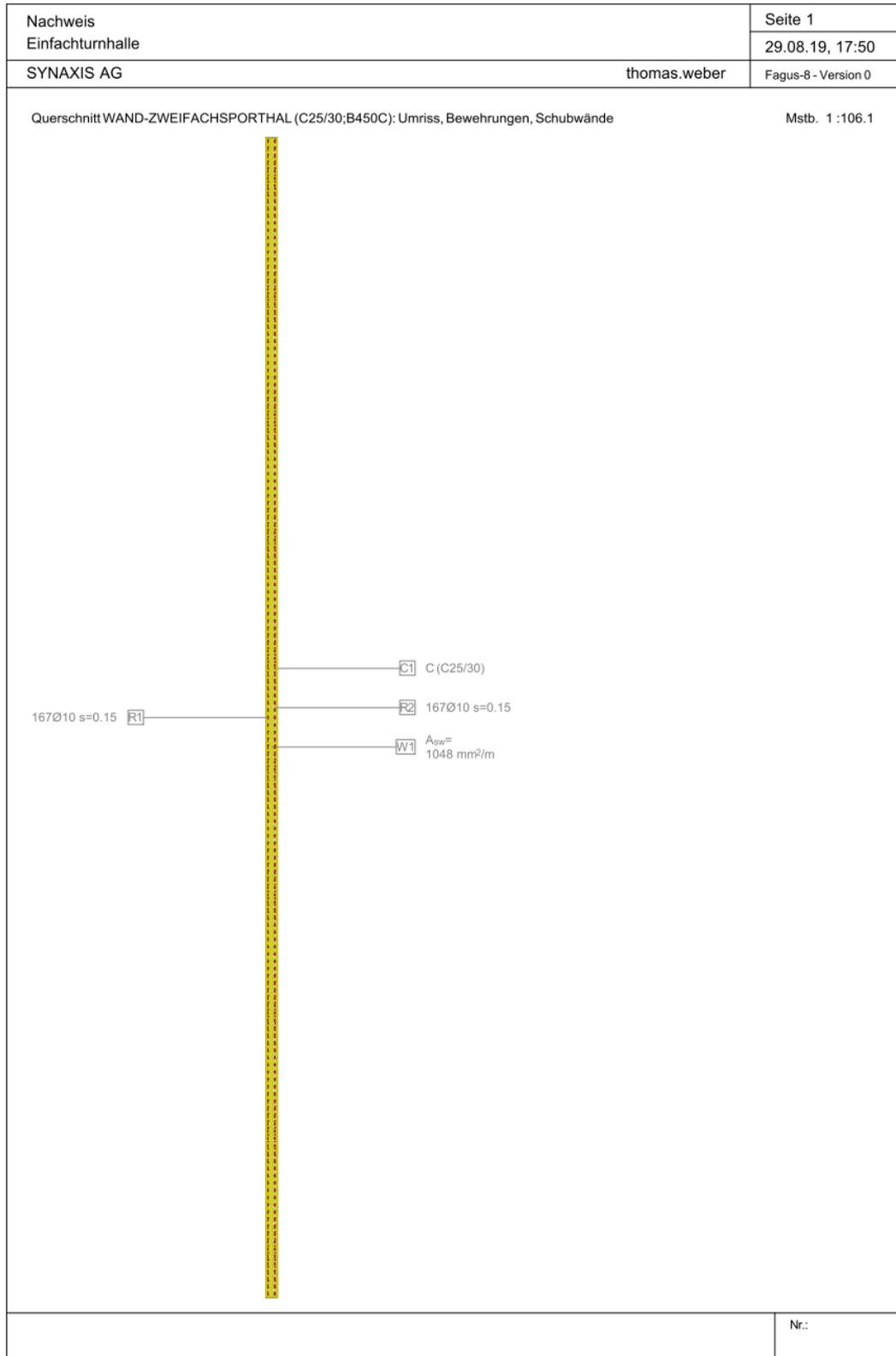
Anhang Abb. 16: Bestandspläne Zweifachsporthalle, Ansicht Nordfassade



Anhang Abb. 17: Projektüberarbeitung Zweifachsporthalle, Schnitt Nordfassade

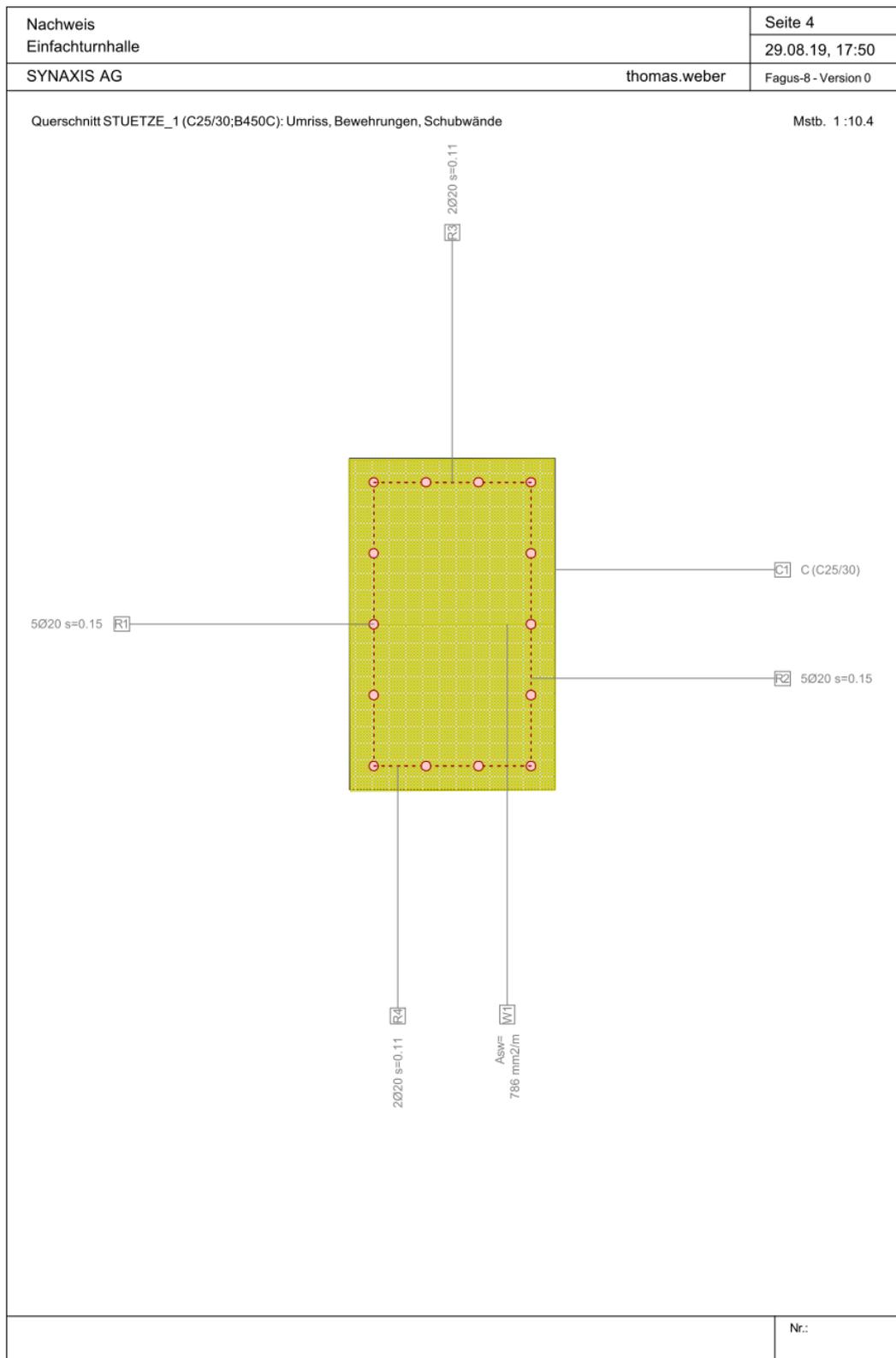
## Anhang 2 Tragwerksanalyse

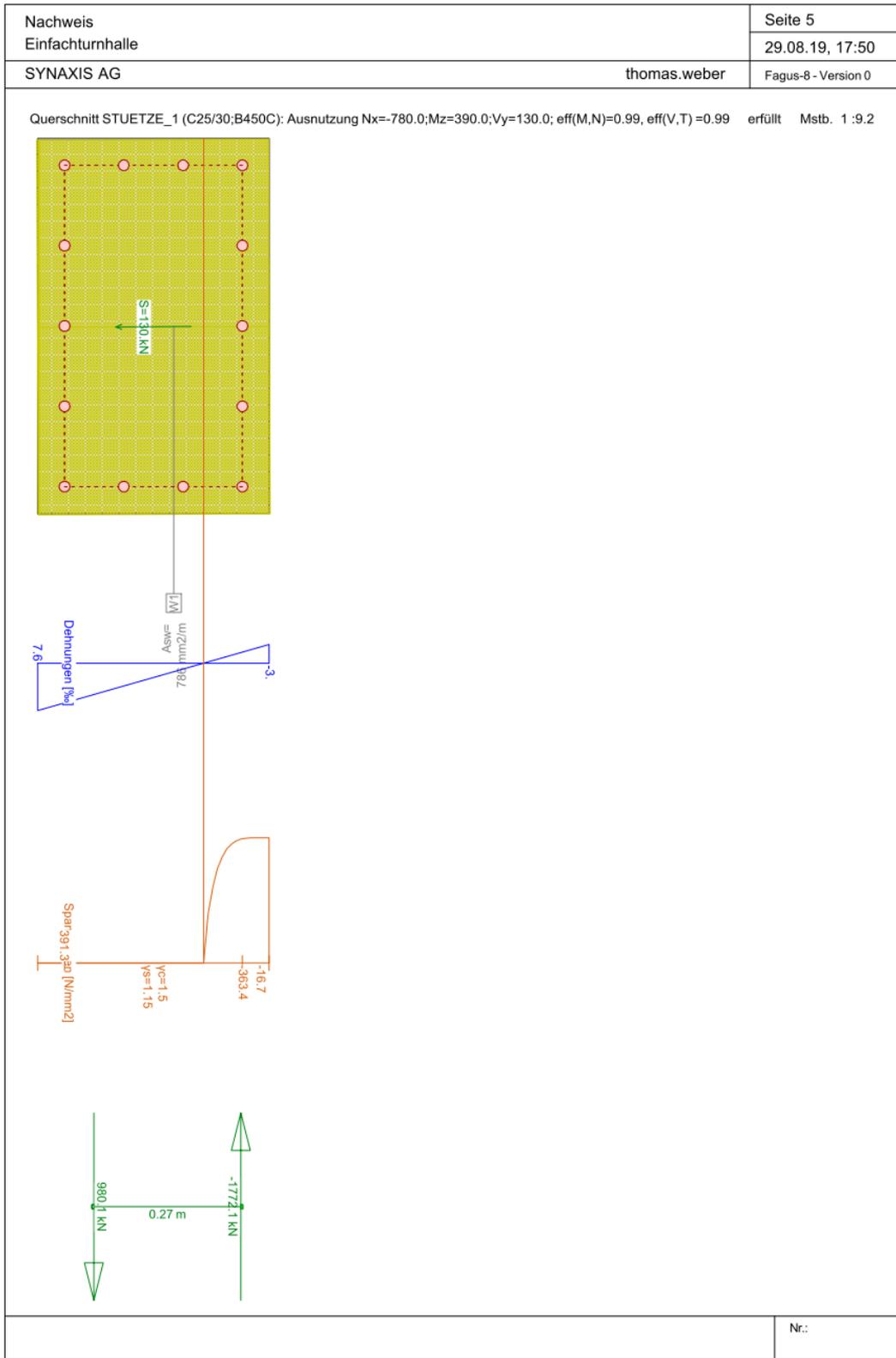
### Anhang 2.1 Tragwiderstand der Tragelemente der Zweifachsporthalle



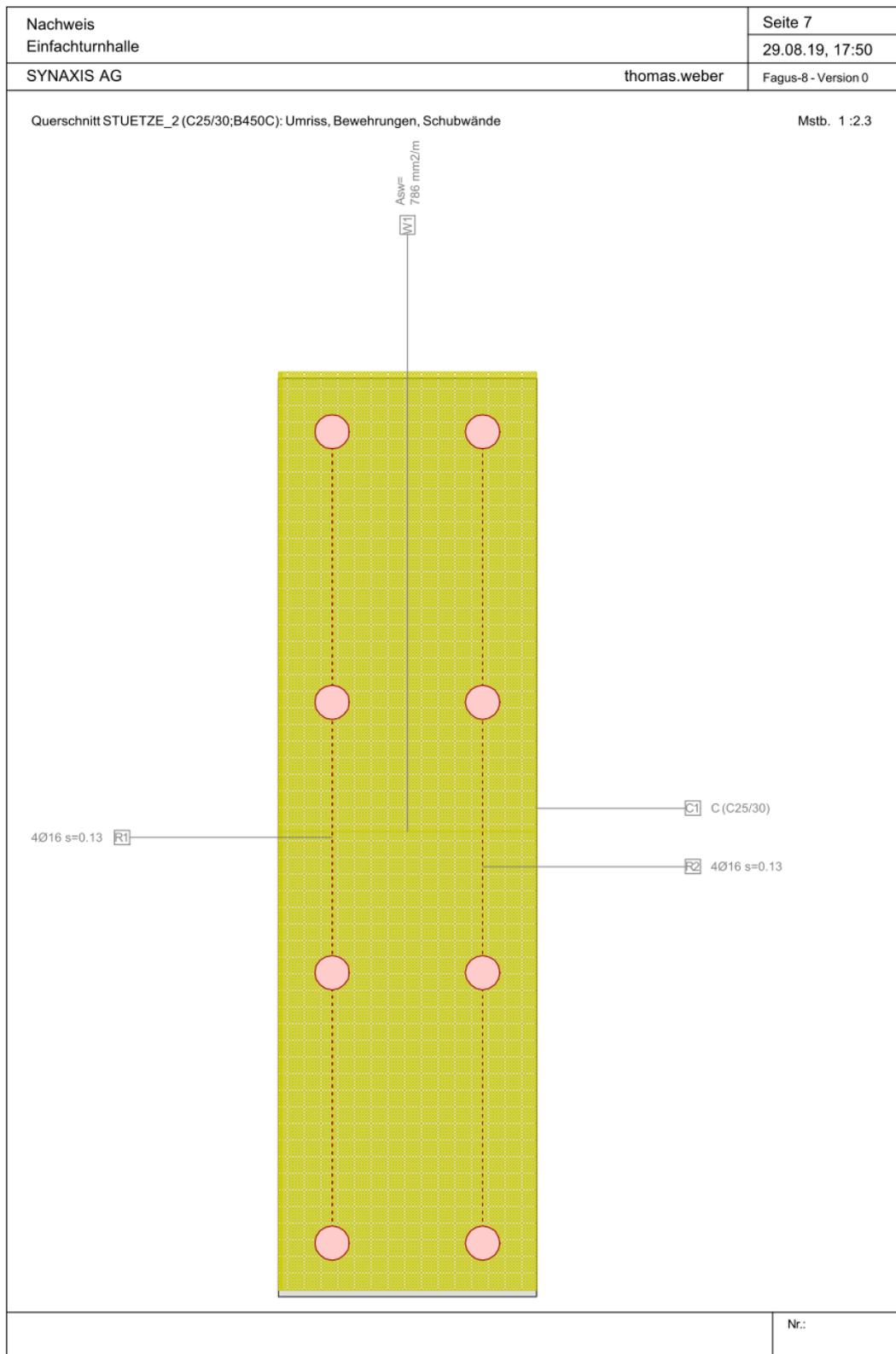
Nachweis Einfachturnhalle	Seite 2
SYNAXIS AG	29.08.19, 17:50
thomas.weber	Fagus-8 - Version 0
<p>Mstb. 1 :329.0                  Querschnitt WAND-ZWEIFACHSPORTHAL (C25/30;B450C): Ausnutzung <math>N_x=-1500.0</math>; <math>M_z=1290.0</math>; <math>V_y=100.0</math>; <math>eff(M,N)=1.</math>, <math>eff(V,T)=0.98</math> erft</p>  <p>Dehnungen [‰]</p> <p>Spannungen [N/mm<sup>2</sup>]</p> <p>9892 kN -11330 kN</p>	
	Nr.:

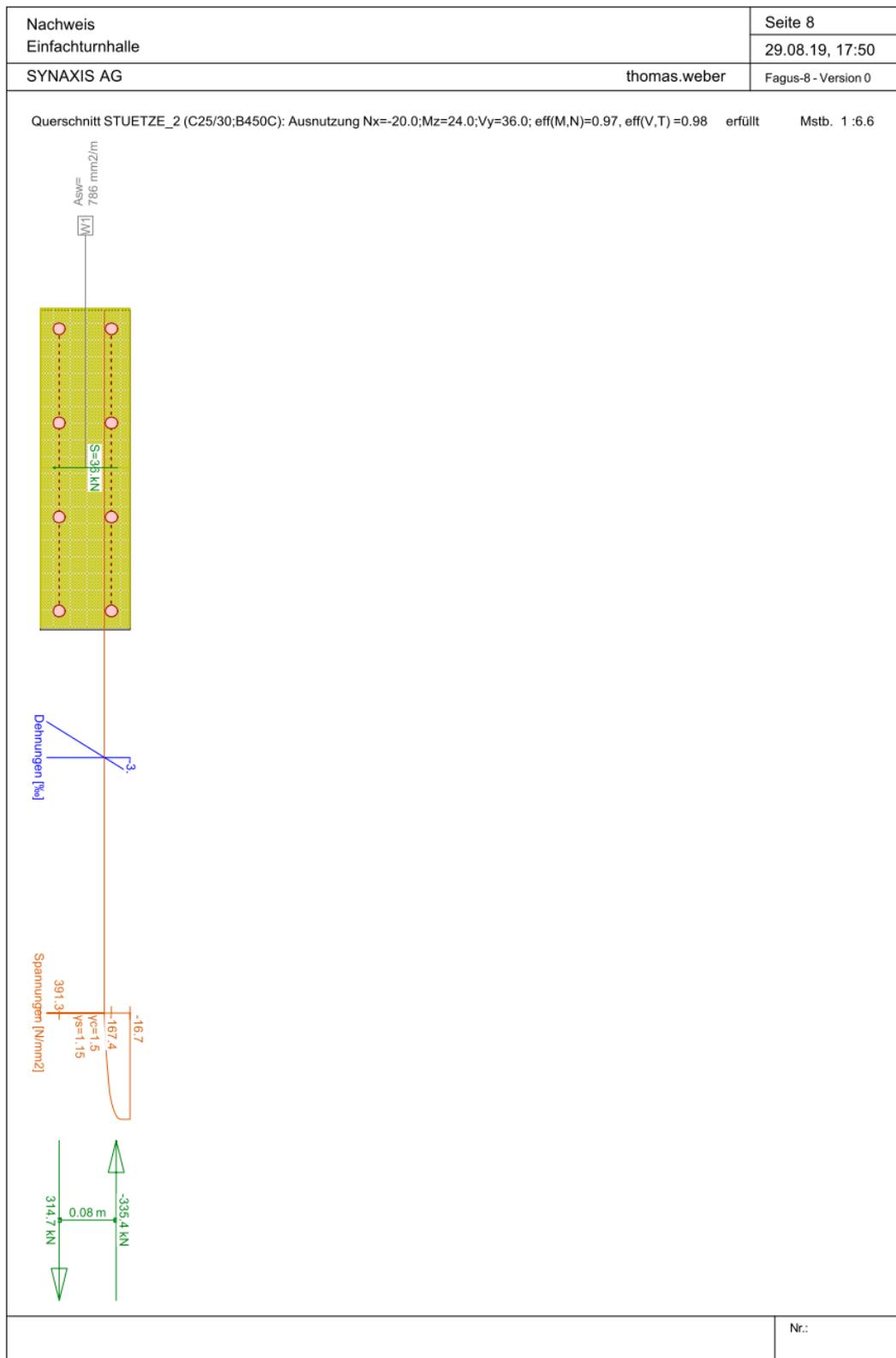
Nachweis Einfachturnhalle										Seite 3			
SYNTAXIS AG										thomas.weber		29.08.19, 17:50	
												Fagus-8 - Version 0	
<b>Traglastanalyse Querschnitt (Träger): WAND-ZWEIFACHSPORTHAL</b>													
<b>Beanspruchung / Ausnutzung: eff(M,N)=1., eff(V,T)=0.98 erfüllt</b>													
Nr.	AP	P	Biegung und Normalkraft				eff(M,N)	Querkraft und Torsion			eff(V,T)	Gesamt QS eff(M,N,V,T)	
			N [kN]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]			V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	T [kNm]			
1	!GZT	M S	-1500.0	0.0	1290.0	1.00	100.0 100.0	0 0	0 0.0	0.98			
<b>Analyseparameter "IGZT" Norm: SIA</b>													
ID	σ-ε-Diagramme		Grenzdehnungen			σ <sub>s</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	Widerstandsbeiwerte			Diverses			
!GZT	c	s	ε <sub>c1d</sub> [%]	ε <sub>c2d</sub> [%]	ε <sub>ud</sub> [%]		γ <sub>c</sub> [-]	γ <sub>s</sub> [-]		α [-]	φ [-]		
4/0	1		-2.	-3.	20.		1.5	1.15		45.	0.		
Sigma-Epsilon : SIA262 Fig 12 + Fig 16													
<b>Maximale Dehnungen und Spannungen</b>													
Name	Klasse		Y <sub>q</sub> [m]	Z <sub>q</sub> [m]	ε [%]	σ <sub>d</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	γ [-]						
C1	C25/30		0.25	0.	-3.	-16.7	1.50						
C1	C25/30		0.	0.	20.7	0.	1.50						
R2	B450C		0.2	0.05	1.7	358.4	1.15						
R1	B450C		0.05	24.95	16.	391.3	1.15						
Bügel (!SIG-ASW)						381.7							
<b>Grenzzustand "!GZT"</b>													
N [kN]	Innere Kräfte			Dehnung und Krümmungen			Steifigkeiten						
	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]		ε <sub>x</sub> [%]	χ <sub>y1</sub> [km <sup>-1</sup> ]	χ <sub>z1</sub> [km <sup>-1</sup> ]	N/ε <sub>x</sub> [kN]	M <sub>y</sub> /χ <sub>y</sub> [kNm <sup>2</sup> ]	M <sub>z</sub> /χ <sub>z</sub> [kNm <sup>2</sup> ]				
-1502.	0.	1291.1		8.9	0.0	95.0	169315.8	222411764.	13595.25				
<b>Details Schubwände</b>													
C25/30;B450C A <sub>k</sub> = 5.4619 [m <sup>2</sup> ] u <sub>k</sub> = 50.38 [m] t <sub>ef</sub> = 0.03 [m] aus Gesamtquerschnitt													
Nr.	Name	V <sub>d</sub> [kN]	b <sub>w</sub> [m]	z [m]	α	eff <sub>c</sub>	a <sub>sw</sub> [mm <sup>2</sup> /m]	eff(V,T)					
1	W1	100.	25.	0.25	45.	0.	1048	0.98					
												Nr.:	





Nachweis		Seite 6								
Einfachturnhalle		29.08.19, 17:50								
SYNTAXIS AG		thomas.weber	Fagus-8 - Version 0							
<b>Traglastanalyse Querschnitt (Träger): STUETZE_1</b>										
<b>Beanspruchung / Ausnutzung: eff(M,N)=0.99, eff(V,T) =0.99 erfüllt</b>										
Nr.	AP	P	Biegung und Normalkraft				Querkraft und Torsion			Gesamt QS eff(M,N,V,T) [-]
			N [kN]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]	eff(M,N) [-]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	T [kNm]	
1	!GZT		-780.0	0	390.0	0.99	130.0	0	0	0.99
<b>Analyseparameter "IGZT" Norm: SIA</b>										
ID	σ-ε-Diagramme		Grenzdehnungen			σ <sub>s</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	Widerstandsbeiwerte		Diverses	
	c	s	ε <sub>c1d</sub> [‰]	ε <sub>c2d</sub> [‰]	ε <sub>td</sub> [‰]		γ <sub>c</sub> [-]	γ <sub>s</sub> [-]	α [-]	φ [-]
!GZT	4/0	1	-2.	-3.	20.		1.5	1.15	45.	0.
Sigma-Epsilon : SIA262 Fig 12 + Fig 16										
<b>Maximale Dehnungen und Spannungen</b>										
Name	Klasse	y <sub>q</sub> [m]	z <sub>q</sub> [m]	ε [‰]	σ <sub>d</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	γ [-]				
C1	C25/30	0.43	0.	-3.	-16.7	1.50				
C1	C25/30	0.	0.	7.6	0.	1.50				
R2	B450C	0.38	0.65	-1.8	-363.4	1.15				
R1	B450C	0.05	0.65	6.3	391.3	1.15				
Bügel (!SIG-ASW)					385.7					
<b>Grenzzustand "IGZT"</b>										
N [kN]	Innere Kräfte		Dehnung und Krümmungen			Steifigkeiten				
	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]	ε <sub>x</sub> [‰]	χ <sub>y1</sub> [km <sup>-1</sup> ]	χ <sub>z</sub> [km <sup>-1</sup> ]	N/ε <sub>x</sub> [kN]	M <sub>y</sub> /χ <sub>y</sub> [kNm <sup>2</sup> ]	M <sub>z</sub> /χ <sub>z</sub> [kNm <sup>2</sup> ]		
-792.	0.	395.9	2.3	0.0	24.6	347357.97	74412.07	16119.82		
<b>Details Schubwände</b>										
C25/30;B450C A <sub>k</sub> = 0.2432 [m <sup>2</sup> ] u <sub>k</sub> = 2.04 [m] t <sub>ef</sub> = 0.05 [m] aus Gesamtquerschnitt										
Nr.	Name	V <sub>d</sub> [kN]	b <sub>w</sub> [m]	z [m]	α	eff <sub>c</sub>	a <sub>syw</sub> [mm <sup>2</sup> /m]	eff(V,T) [-]		
1	W1	130.	0.7	0.43	45.	0.09	786	0.98		
1		T=0.2 kNm Kombinati	t <sub>ef</sub> =0.05		45.	0.		0.		
						0.1		<b>0.99</b>		
								Nr.:		





### Anhang 3 Fotodokumentation



Anhang Abb. 18: Ansicht des Primarschulhauses von aussen



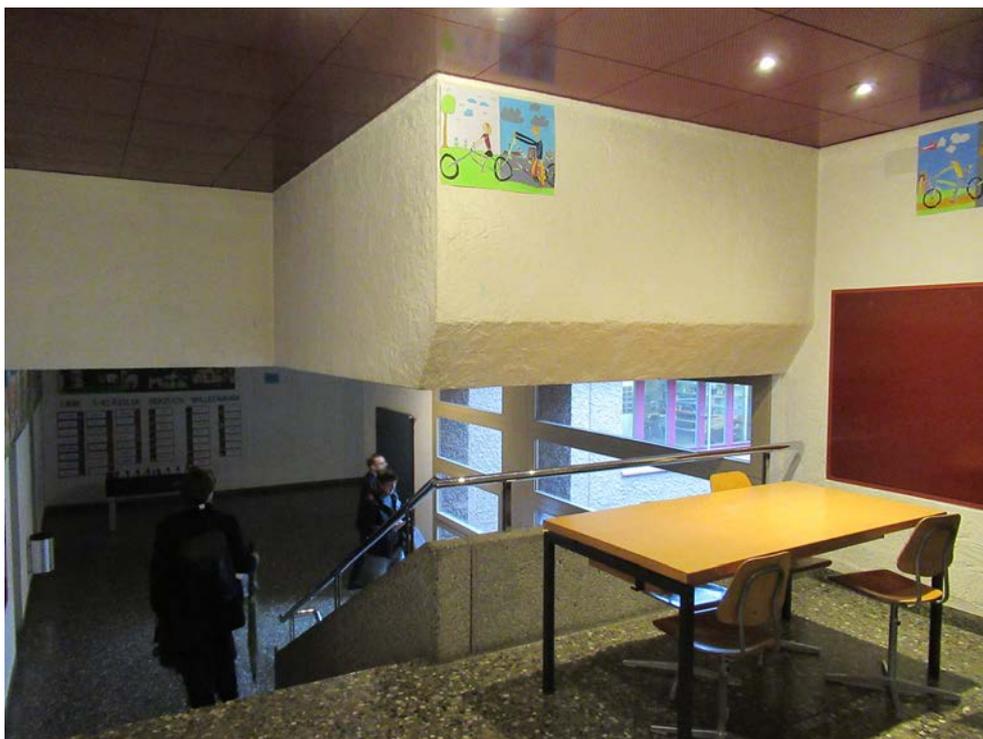
Anhang Abb. 19: Ansicht des Primarschulhauses von aussen



Anhang Abb. 20: Ansicht des Primarschulhauses, Innenhof mit versetzten Deckenknoten



Anhang Abb. 21: Ansicht des Primarschulhauses von innen, Klassenzimmer



Anhang Abb. 22: Ansicht des Primarschulhauses von innen, Treppenhaus



Anhang Abb. 23: Ansicht des Primarschulhauses von innen, Detailansicht Mauerwerksaufschluss



Anhang Abb. 24: Ansicht der Einfachturnhalle der Primarschule von aussen



Anhang Abb. 25: Ansicht der Einfachturnhalle der Sekundarschule von innen (baugleich zur Einfachturnhalle der Primarschule)



Anhang Abb. 26: Ansicht der Einfachturnhalle der Sekundarschule von innen (baugleich zur Einfachturnhalle der Primarschule)



Anhang Abb. 27: Ansicht der Zweifachsporthalle von aussen - Südseite



Anhang Abb. 28: Ansicht der Zweifachsporthalle von aussen - Nordseite



Anhang Abb. 29: Ansicht der Zweifachsporthalle von innen



Anhang Abb. 30: Ansicht der Zweifachsporthalle von innen

## Anhang 4 Factsheets

### Schulanlage Stägenbuck, Dübendorf Primarschulhaus



#### Erdbebenüberprüfung BAFU/BWG Stufe 3 bestehender Gebäude gemäss SIA 269/8

Nutzung und Nutzer	Schulgebäude	Personenbelegung, Bauwerksklasse	PB = 150, BWK II
Gebäude	Baujahr:	1972 / 73	Zustand: <input checked="" type="checkbox"/> Gut rend <input type="checkbox"/> Akzeptabel <input type="checkbox"/> Beschädigt <input type="checkbox"/> Schlecht <input type="checkbox"/> Alarmie-
	Bauweise:	Mauerwerk mit Stahlbetondecken	
	Umbauten:	keine bekannt	
	Geplante Restnutzungsdauer:		50 Jahre
Grundrissfläche: 1600 m <sup>2</sup>		Stockwerke: 1. UG, EG, 1. - 2. OG	

Erdbebensicherheit (konzeptionell)	Kriterium	Beschreibung	Bewertung
	Erdbebenzone	Z1	günstig
	Baugrundklasse (BGK), Bodenverflüssigung (BF), Hangrutschung (HR)	BGK C, keine Bodenverflüssigung, kein Hangrutsch	günstig
	Fundation (Platten-, Einzel-, Streifengründung)	bewehrte Fundamentenplatte	günstig
	Decken der Gebäudeteile liegen auf gleicher Ebene	nein	ungünstig
	Scheibenwirkung Decken (schubsteif, schubweich)	schubsteif	günstig
	Kraftübertragung Decken an Wände Querrichtung	vorhanden, breites Auflager	günstig
	Kraftübertragung Decken an Wände Längsrichtung	vorhanden, breites Auflager	günstig
	Abstand zu Nachbarbau	gering, Anprallgefahr zu Nachbargebäude	ungünstig
	Konzept im Grundriss (kompakt, verwinkelt, länglich)	kompakt regelmässig	günstig
	Art der Aussteifung in Querrichtung (Kern/Wände, Fachwerke, Rahmen mit Mauerwerksausfachung, verstärktes Mauerwerk, bewehrtes Mauerwerk, Mauerwerk, Naturstein, Holz)	Mauerwerkswände	mittel
	Art der Aussteifung in Längsrichtung (Kern/Wände, Fachwerke, Rahmen mit Ausfachung, verstärktes Mauerwerk, bewehrtes Mauerwerk, Mauerwerk, Naturstein, Holz)	Mauerwerk	mittel
	Symmetrie im Grundriss	regelmässig, nicht torsionsanfällig	günstig
	Regelmässigkeit im Aufriss (stetig, unstetig, soft-storey)	stetig mit geringen Unstetigkeiten	günstig
	Out-of-plane	Nicht relevant	günstig
	Für die Erdbebensicherheit relevante nichttragende Elemente	keine	günstig

Erdbebensicherheit (rechnerisch)	Erfüllungsfaktor, massgebende Bauteile im IST-Zustand, Art der Nachweisführung:					
	Querrichtung:	Global: $\alpha_{eff} \geq 1.0$	Lokal: $\alpha_{eff} > 1.0 \rightarrow$	keine, Push-Over-Methode, 3D-Modell		
	Längsrichtung:	Global: $\alpha_{eff} \geq 1.0$	Lokal: $\alpha_{eff} > 0.6 \rightarrow$	keine, Push-Over-Methode, 3D-Modell		
	$\alpha_{eff}$ = Erfüllungsfaktor nach SIA 269/8, $\alpha_{eff} \geq 1$ bedeutet eine gemäss den heutigen Normen ausreichende Erdbebensicherheit					

Beurteilungskriterien für Notwendigkeit von Massnahmen	Ist-Zustand	Ertüchtigungsziel	Grenzkosten (GK)	Interventionszeit $T_{int}$	Priorität
<span style="background-color: red; color: white;">■</span> Handlungsbedarf	$\alpha_{eff} < 0.4$	$\alpha_{int} \geq 0.4$	Keine Beschränkung	20 Jahre	1
<span style="background-color: yellow;">■</span> Handlungsbedarf	$0.4 \leq \alpha_{eff} < 0.7$	$\alpha_{int} \geq 0.7$	RK <sub>M</sub> < 10 Mio. Franken (verhältnismässig)	Bei Umbau- oder Sanierungsprojekt	2
<span style="background-color: green;">■</span> Kein Handlungsbedarf	wenn $\alpha_{eff} \geq 0.7$				3

$\alpha_{min} = 0.25$  (BWK I, BWK II);  $\alpha_{min} = 0.40$  (BWK BWKII-s, III);  $\alpha_{adm}$  gem. SIA 269/8, abhängig von Restnutzungsdauer und BWK

Umsetzung von Massnahmen	Zustand vorher	$T_{int}$	Massnahmen	Geschätzte Baukosten	Zustand nachher	Massnahmenbedarf
	<span style="background-color: green; color: white;">■</span> Ist-Zustand $\alpha_{eff} \geq 1.0$		Umbau oder Massnahmenkonzept Sanierung – keine Massnahmen			

Empfehlung	<input type="checkbox"/> Weitere Untersuchungen	<input type="checkbox"/> Bauliche Ertüchtigung	<input type="checkbox"/> Objekt ersetzen (Neubau, Verkauf, Neumiete)
	<input checked="" type="checkbox"/> Erledigt, IST-Zustand belassen	<input type="checkbox"/> Andere:	
Risiken/Chancen	– keine Anmerkungen		

# Schulanlage Stägenbuck, Dübendorf

## Einfachturnhalle der Primarschule



### Erdbebenüberprüfung BAFU/BWG Stufe 3 bestehender Gebäude gemäss SIA 269/8

Nutzung und Nutzer	Turnhalle einer Schule	Personenbelegung, Bauwerksklasse	PB = 22, BWK II
Gebäude	Baujahr:	1972 / 73	Zustand: <input checked="" type="checkbox"/> Gut <input type="checkbox"/> Akzeptabel <input type="checkbox"/> Beschädigt <input type="checkbox"/> Schlecht <input type="checkbox"/> Alarmierend
	Bauweise:	Stahlbeton	
	Umbauten:	keine bekannt	
	Geplante Restnutzungsdauer:		50 Jahre
Grundrissfläche: 1460 m <sup>2</sup>		Stockwerke: Halle mit Nebenbau EG, 1. OG	

Erdbebensicherheit (konzeptionell)	Kriterium	Beschreibung	Bewertung
	Erdbebenzone	Z1	günstig
	Baugrundklasse (BGK), Bodenverflüssigung (BF), Hangrutschung (HR)	BGK C, keine Bodenverflüssigung, kein Hangrutsch	günstig
	Foundation (Platten-, Einzel-, Streifengründung)	bewehrte Fundamentenplatte	günstig
	Decken der Gebäudeteile liegen auf gleicher Ebene	nein	ungünstig
	Scheibenwirkung Decken (schubsteif, schubweich)	schubsteif	günstig
	Kraftübertragung Decken an Wände Querrichtung	vorhanden, breites Auflager, Anschlussbewehrung	günstig
	Kraftübertragung Decken an Wände Längsrichtung	vorhanden, breites Auflager, Anschlussbewehrung	günstig
	Abstand zu Nachbarbau	gross, keine Anprallgefahr zum Nachbargebäude	günstig
	Konzept im Grundriss (kompakt, verwinkelt, länglich)	kompakt regelmässig	günstig
	Art der Aussteifung in Querrichtung (Kern/Wände, Fachwerke, Rahmen mit Mauerwerksausfachung, verstärktes Mauerwerk, bewehrtes Mauerwerk, Mauerwerk, Naturstein, Holz)	Stahlbetonwände	günstig
	Art der Aussteifung in Längsrichtung (Kern/Wände, Fachwerke, Rahmen mit Ausfachung, verstärktes Mauerwerk, bewehrtes Mauerwerk, Mauerwerk, Naturstein, Holz)	Stahlbetonwände	günstig
	Symmetrie im Grundriss	regelmässig, nicht torsionsanfällig	günstig
	Regelmässigkeit im Aufriss (stetig, unstetig, soft-storey)	stetig mit geringen Unstetigkeiten	günstig
	Out-of-plane	Nicht relevant	günstig
	Für die Erdbebensicherheit relevante nichttragende Elemente	keine	günstig

Erdbebensicherheit (rechnerisch)	Erfüllungsfaktor, massgebende Bauteile im IST-Zustand, Art der Nachweisführung:		
	Querrichtung:	Global: $\alpha_{eff} \geq 1.0$	Lokal: $\alpha_{eff} > 1.0 \rightarrow$ keine, Push-Over-Methode, 3D-Modell
	Längsrichtung:	Global: $\alpha_{eff} \geq 1.0$	Lokal: $\alpha_{eff} > 0.6 \rightarrow$ keine, Push-Over-Methode, 3D-Modell
	$\alpha_{eff}$ = Erfüllungsfaktor nach SIA 269/8, $\alpha_{eff} \geq 1$ bedeutet eine gemäss den heutigen Normen ausreichende Erdbebensicherheit		

Beurteilungskriterien für Notwendigkeit von Massnahmen	Ist-Zustand	Ertüchtigungsziel	Grenzkosten (GK)	Interventionszeit $T_{int}$	Priorität
<span style="background-color: red; color: white;">Handlungsbedarf</span>	$\alpha_{eff} < 0.4$	$\alpha_{int} \geq 0.4$	Keine Beschränkung	20 Jahre	1
<span style="background-color: yellow;">Handlungsbedarf</span>	$0.4 \leq \alpha_{eff} < 0.7$	$\alpha_{int} \geq 0.7$	RK <sub>M</sub> < 10 Mio. Franken (verhältnismässig)	Bei Umbau- oder Sanierungsprojekt	2
<span style="background-color: green;">Kein Handlungsbedarf</span>	wenn $\alpha_{eff} \geq 0.7$				3

$\alpha_{min} = 0.25$  (BWK I, BWK II);  $\alpha_{min} = 0.40$  (BWK BWKII-s, III);  $\alpha_{adm}$  gem. SIA 269/8, abhängig von Restnutzungsdauer und BWK



Empfehlung	<input type="checkbox"/> Weitere Untersuchungen	<input type="checkbox"/> Bauliche Ertüchtigung	<input type="checkbox"/> Objekt ersetzen (Neubau, Verkauf, Neumiete)
	<input checked="" type="checkbox"/> Erledigt, IST-Zustand belassen	<input type="checkbox"/> Andere:	

Risiken/Chancen – keine Anmerkungen

# Schulanlage Stägenbuck, Dübendorf

## Zweifachsporthalle



### Erdbebenüberprüfung BAFU/BWG Stufe 3 bestehender Gebäude gemäss SIA 269/8

Nutzung und Nutzer	Turnhalle einer Schule	Personenbelegung, Bauwerksklasse	PB = 33, BWK II
Gebäude	Baujahr:	1972 / 73	Zustand: <input checked="" type="checkbox"/> Gut rend <input type="checkbox"/> Akzeptabel <input type="checkbox"/> Beschädigt <input type="checkbox"/> Schlecht <input type="checkbox"/> Alarmierend
	Bauweise:	Stahlbeton	
	Umbauten:	keine bekannt	
	Geplante Restnutzungsdauer:		50 Jahre
Grundrissfläche:	2170 m <sup>2</sup>	Stockwerke:	Halle mit Nebenbau EG, UG Zivilschutz

Erdbebensicherheit (konzeptionell)	Kriterium	Beschreibung	Bewertung
	Erdbebenzone	Z1	günstig
	Baugrundklasse (BGK), Bodenverflüssigung (BF), Hangrutschung (HR)	BGK C, keine Bodenverflüssigung, kein Hangrutsch	günstig
	Fundation (Platten-, Einzel-, Streifengründung)	bewehrte Fundamentenplatte	günstig
	Decken der Gebäudeteile liegen auf gleicher Ebene	nein	ungünstig
	Scheibenwirkung Decken (schubsteif, schubweich)	schubsteif	günstig
	Kraftübertragung Decken an Wände Querrichtung	vorhanden, breites Auflager, Anschlussbewehrung	günstig
	Kraftübertragung Decken an Wände Längsrichtung	vorhanden, breites Auflager, Anschlussbewehrung	günstig
	Abstand zu Nachbarbau	gross, keine Anprallgefahr zum Nachbargebäude	günstig
	Konzept im Grundriss (kompakt, verwinkelt, länglich)	kompakt regelmässig	günstig
	Art der Aussteifung in Querrichtung (Kern/Wände, Fachwerke, Rahmen mit Mauerwerksausfachung, verstärktes Mauerwerk, bewehrtes Mauerwerk, Mauerwerk, Naturstein, Holz)	Stahlbetonwände	günstig
	Art der Aussteifung in Längsrichtung (Kern/Wände, Fachwerke, Rahmen mit Ausfachung, verstärktes Mauerwerk, bewehrtes Mauerwerk, Mauerwerk, Naturstein, Holz)	Stützenreihe mit Rahmenwirkung	ungünstig
	Symmetrie im Grundriss	regelmässig, nicht torsionsanfällig	günstig
	Regelmässigkeit im Aufriss (stetig, unstetig, soft-storey)	stetig mit geringen Unstetigkeiten	günstig
	Out-of-plane	Nicht relevant	günstig
	Für die Erdbebensicherheit relevante nichttragende Elemente	keine	günstig

Erdbebensicherheit (rechnerisch)	Erfüllungsfaktor, massgebende Bauteile im IST-Zustand, Art der Nachweisführung:		
	Querrichtung:	Global: $\alpha_{eff} \geq 1.0$	Lokal: $\alpha_{eff} > 1.0 \rightarrow$ keine, Push-Over-Methode, 3D-Modell
	Längsrichtung:	Global: $\alpha_{eff} \geq 1.0$	Lokal: $\alpha_{eff} > 0.6 \rightarrow$ keine, Push-Over-Methode, 3D-Modell
	$\alpha_{eff}$ = Erfüllungsfaktor nach SIA 269/8, $\alpha_{eff} \geq 1$ bedeutet eine gemäss den heutigen Normen ausreichende Erdbebensicherheit		

Beurteilungskriterien für Notwendigkeit von Massnahmen	Ist-Zustand	Ertüchtigungsziel	Grenzkosten (GK)	Interventionszeit $T_{int}$	Priorität
<span style="background-color: red; color: white;">■</span> Handlungsbedarf	$\alpha_{eff} < 0.4$	$\alpha_{int} \geq 0.4$	Keine Beschränkung	20 Jahre	1
<span style="background-color: yellow;">■</span> Handlungsbedarf	$0.4 \leq \alpha_{eff} < 0.7$	$\alpha_{int} \geq 0.7$	RK <sub>M</sub> < 10 Mio. Franken (verhältnismässig)	Bei Umbau- oder Sanierungsprojekt	2
<span style="background-color: green;">■</span> Kein Handlungsbedarf	wenn $\alpha_{eff} \geq 0.7$				3

$\alpha_{min} = 0.25$  (BWK I, BWK II);  $\alpha_{min} = 0.40$  (BWK BWKII-s, III);  $\alpha_{adm}$  gem. SIA 269/8, abhängig von Restnutzungsdauer und BWK

Umsetzung von Massnahmen	Zustand vorher	$T_{int}$	Massnahmen	Geschätzte Baukosten	Zustand nachher	Massnahmenbedarf
	<span style="background-color: green; color: white;">■</span> Ist-Zustand $\alpha_{eff} \geq 1.0$		Umbau oder Massnahmenkonzept Sanierung – keine Massnahmen			

Empfehlung	<input type="checkbox"/> Weitere Untersuchungen	<input type="checkbox"/> Bauliche Ertüchtigung	<input type="checkbox"/> Objekt ersetzen (Neubau, Verkauf, Neumiete)
	<input checked="" type="checkbox"/> Erledigt, IST-Zustand belassen	<input type="checkbox"/> Andere:	
Risiken/Chancen	– keine Anmerkungen		