

STRUKTUR ALS GEBÄUDE



Schulhaus und Kindergarten Grono: Eine abfallende Rampe führt in den Kindergarten im EG, eine Brücke auf der gegenüberliegenden Gebäudeseite zum Eingang der Schule im 1. OG.

(Foto: Wikimedia / Parpan05)

In der Bündner Gemeinde Grono haben der Churer Architekt Raphael Zuber und Patrick Gartmann vom Ingenieurbüro Conzett Bronzini Gartmann, ebenfalls aus Chur, gemeinsam ein Schulhaus realisiert. Das aussergewöhnliche Tragwerkskonzept resultiert in einem prägnanten architektonischen Ausdruck. Der Bau wurde mit dem Architektur- und Ingenieurpreis erdbebensicheres Bauen 2012 ausgezeichnet.¹

Das Dorf Grono liegt südlich des San Bernardino im Misox, dem italienischsprachigen Teil des Kantons Graubünden. Das einfach gegliederte Volumen des neuen Schulhauses, quadratisch im Grundriss und gleichwertig in alle vier Himmelsrichtungen orientiert, liegt innerhalb einer kreisrunden Umgebungsmauer unterhalb der Hauptstrasse. Die

Hanglage wird genutzt, um Schule und Kindergarten eigene Zugänge und Aussenräume zu ermöglichen. Hangseitig betritt man über eine Brücke das Schulhaus, talseitig ein Geschoss tiefer den Kindergarten.

ENGE ZUSAMMENARBEIT VON ARCHITEKT UND INGENIEUR

Die Zusammenarbeit zwischen Architekt und Ingenieur bereits im frühesten Projektstadium ermöglichte formal ansprechende Strukturen. In seiner Strenge und Konsequenz ist das Tragwerk genauso Teil des Bauwerks wie der ästhetische Ausdruck als Beitrag der Architekten – auch wenn man über die Ingenieurleistung weit weniger liest oder spricht. Die Flexibilität, die Gleichwertigkeit von Kindergarten und Schule sowie die Ökonomie standen bei diesem Bauwerk bereits beim Wettbewerbsentwurf im Vordergrund. Gemeinsam entwickelten Ingenieur und Archi-

tekt den Bau mit den geschwungenen Kragarmscheiben, die auch als überdeck geführte Bogenöffnungen gelesen werden können. Die Fassade ist die formale Umsetzung eines funktionierenden Tragwerks. Der Ingenieur reagiert hier nicht nur auf den Architektenentwurf, sondern beeinflusst und prägt ihn, um seinen Ausdruck sowohl formal wie statisch zu schärfen. Dies ergibt einen Bau mit hoher visueller Präsenz.

TRAGSTRUKTUR

Die gesamte Tragkonstruktion des Bauwerks wurde in Beton mit einem Brandwiderstand von R 60 erstellt. Beton wurde als tragendes und raumbildendes Material eingesetzt. Mit Farbpigmenten liess er sich zudem auf einfache Weise durchfärben. Der Betonmischung wurden 3.0% gelbe und 0.6% schwarze Eisenoxidpigmente in Pulverform beigelegt, um den gewünschten Farbton der Umgebung zu erhalten.

Die kompakte, quadratische Grundform von 25x25 m ist ideal für den Tragwerksentwurf des viergeschossigen Bauwerks, das für eine spätere Aufstockung mit einem fünften Geschoss konzipiert wurde. Die Tragstruktur besteht aus einem Erschliessungskern, einer halbkreisförmigen Treppenwand sowie vier tragenden, vorgespannten Fassaden. Die vertikalen Lasten werden direkt über den Erschliessungskern, die Treppenwand sowie über die Fassaden in das Fundament geleitet. Die Kräfte der Fassade laufen zentrisch auf jeder Seite zusammen und werden somit an nur vier Stellen abgeführt. Dies ermöglicht stützenlose Stockwerke, die je nach Bedürfnis frei eingeteilt werden können, und spielt die Ecken der Geschosse frei.

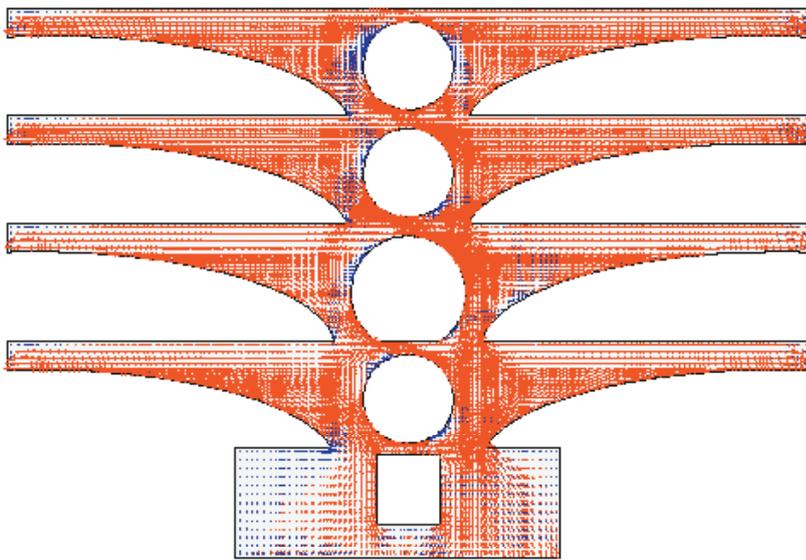
ERDBEBENKRÄFTE

Das Bauwerk befindet sich in der Erdbebengefährdungszone Z1 gemäss Norm SIA 261. Das Baugelände entspricht der Baugrundklasse C. Als Schulgebäude wird es der Bauwerksklasse II zugeordnet.

Mit tragenden Stockwerkrahmen als Fassaden lassen sich die drei Zielsetzungen punkto Stabilität, Torsionsverdrehung und Zwängungen lösen. Die breiter aufsitzenden Fassaden (mit den kreisrunden Aussparungen) übernehmen dank ihrem grossen horizontalen Widerstand die Aussteifung gegen horizontale Einwirkungen wie Erdbeben und Wind in x-Richtung. In y-Richtung



Innere Erschliessung und Klassenzimmer. (Fotos: Javier Miguel Verme)



Beispiel einer FE-Modellierung: Hauptspannungen für die Resultatkombination Erdbeben, nur Druckspannungen beim Fassadenfuss (Zugspannungen sind blau, Druckspannungen sind rot visualisiert). (Plan: Conzett Bronzini Gartmann)

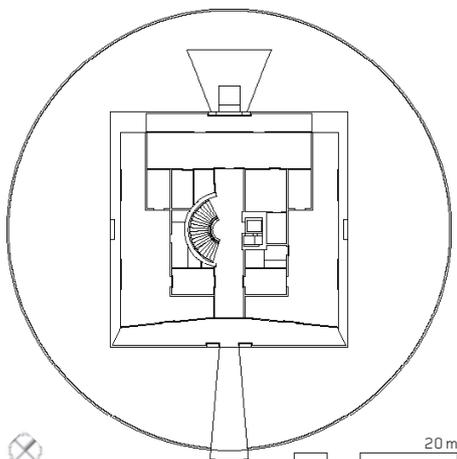
übernehmen dies die Treppenwand und der Erschliessungskern. Diese Anordnung erfüllt die folgenden drei Anforderungen:

- Für die Stabilität müssen mindestens drei vertikale Scheiben vorhanden sein, die Wirkungslinien dürfen sich nicht in einem Punkt schneiden (Torsionssteifigkeit), und es dürfen höchstens zwei der drei Scheiben parallel gerichtet sein.
- Zur Vermeidung grosser Torsionsbeanspruchungen aus Erdbeben (Massenzentrum) und Wind (Windkraftzentrum) ist die quadratische Grundrissform ideal. Die Lage und Querschnitte der Stockwerkrahmen, des Treppenwandsegments und des Liftkerns generieren das Steifigkeitszentrum (Schubmittelpunkt und Drehzentrum). Um eine minimale Beanspruchung der

Rahmen und eine geringe Gebäudetorsion zu erreichen, liegen Windkraft-, Massen- und Steifigkeitszentrum nahe beisammen. Die tatsächlichen Exzentrizitäten betragen in x-Richtung $E_x = 0.17$ m und in y-Richtung $E_y = 2.22$ m.

- Die Fassaden sind so angeordnet, dass Verkürzungen der Decken aufgrund von Schwinden, Temperaturänderung und Vorspannung (elastisch und Kriechen) nicht zu erheblichen Zwangsbeanspruchungen der Letzteren führen.

Das Bauwerk wurde für Erdbeben als nicht duktil mit einem Verhaltensbeiwert $q = 2.0$ berechnet. Die Fassaden verjüngen sich gegen aussen ellipsenförmig zu Kragarmen und zeichnen dadurch die statischen Kräfte des Betonbaus nach. Die grosse vertikale Normalkraft ($N_k = -6600$ kN) aus ständigen Lasten wirkt sich beim Einbeidehorizont über dem Untergeschoss ($M_y = -9300$ kNm) sehr positiv auf den Bewehrungsgehalt der Fassade aus. Durch die Vorspannung der symmetrischen Auskragungen mit 16 Litzen à 150 mm² Querschnittfläche (mit einer gesamten Vorspannkraft $P_o = 3125$ kN) wird der gesamte Fassadenquerschnitt überdrückt. Die Gestaltung der Konstruktion im Aufriss entspricht somit den Beanspruchungen. Durch die Synthese der Elemente zur Abtragung der vertikalen und horizontalen Kräfte als Stockwerkrahmen sind die Mehrkosten für die erdbebengerechte Gestaltung des Gebäudes verschwindend gering.



Grundriss Erdgeschoss. (Plan: Raphael Zuber)

KONSTRUKTIVE EINZELHEITEN

Die Decken werden als schlaff bewehrte Flachdecken in einer Stärke von 36 cm ausgeführt. Die Spannweiten betragen maximal 11 m. Die beweglichen und die festen Verankerungen der Vorspannung benötigen Platz. Die 40 cm starke Fassade wurde im Grundriss jeweils in den Ecken auf einer Länge von 4.90 m linear von 40 cm auf 90 cm nach innen verbreitert. In der Ansicht wurde die ideale Form der kubischen Parabel durch Ellipsen ersetzt, die annähernd deckungsgleich sind. Durch das Verschieben des Scheitelpunkts der Ellipse vom Eck um knapp 2.20 m zum Zentrum entstand die benötigte Mehrhöhe für die Verankerungen.

Die Form und Geometrie der Ellipse bleibt für alle Geschosse immer dieselbe, obwohl die Geschosshöhen unterschiedlich sind. Die Auswirkung lässt sich am jeweiligen Fassadenfuss erkennen. Konstruktiv kann man sich die geschwungenen Kragstiele auch als um 90° über Eck geführten Bogen vorstellen. Der klassische Schluss- oder Scheitelstein bei Bogenkonstruktionen wird durch die beiden über Eck gekreuzten Vorspannkabel ersetzt. Die statische Wirkung im Beton ist dieselbe. Eine andere Besonderheit sind die von innen nach aussen durchlaufenden Geschossdecken. Die monolithische Verbindung von Fassaden und Deckenplatten ist konstruktiv sinnvoll, benötigt keine Kragplattenverbindungen und lässt sich bauphysikalisch mit Randdämmungen lösen.

Patrick Gartmann, dipl. Bauing. FH/SIA und dipl. Arch. FH/SIA, Conzett Bronzini Gartmann AG, p.gartmann@cbg-ing.ch

Anmerkung

1 «Architektur- und Ingenieurpreis erdbebensicheres Bauen 2012». Broschüre, Stiftung für Baudynamik und Erdbebeningenieurwesen. Momentan läuft die Ausschreibung für den «Architektur- und Ingenieurpreis erdbebensicheres Bauen 2014». Projekte können bis zum 31. Januar 2014 eingegeben werden. Infos: www.baudyn.ch

AM BAU BETEILIGTE

Bauherrschaft: Comune politico di Grono

Architektur: Raphael Zuber, Chur

Projektleitung:

Thomas Melliger – Bauplanung, Zürich

Bauleitung: Devis Bruni und Giulio Cereghetti, Mesocco

Bauingenieurwesen: Patrick Gartmann (Conzett Bronzini Gartmann AG, Chur)

Landschaftsarchitektur: 4D AG Landschaftsarchitekten, Bern