

**Zeitschrift:** Tec21  
**Herausgeber:** Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein  
**Band:** 129 (2003)  
**Heft:** 6: Lasten auf Umwegen

**Artikel:** Lasten auf Umwegen  
**Autor:** Engler, Daniel  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-108716>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 29.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Lasten auf Umwegen

**Eine Schule am Stadtrand von Zug benötigte mehr Raum. Das siegreiche Wettbewerbsprojekt ist ein in die Höhe entwickelter, sechsgeschossiger Betonbau mit einem durchlässigen, überwiegend freien Erdgeschoss. Stützen wollte man da nur an wenigen, genau definierten Punkten haben. Eine Freude für die Statiker, die in dieser schwierigen Vorgabe eine spannende Herausforderung sahen.**

Zehn Teams wurden 1999 zum Wettbewerb für die Erweiterung der Kantonsschule Luegeten in Zug eingeladen. Die Gewinner hatten als einzige den engeren, an zwei bestehende Schulhausstrakte anknüpfenden Standort (von zwei möglichen) gewählt. Neben den so erzielten städtebaulichen und betrieblichen Vorteilen liess sich die Jury vor allem auch von den räumlich-plastischen Qualitäten des Siegerprojektes überzeugen. Tatsächlich hatten sich die ArchitektInnen unter anderem von den Skulpturen Eduardo Chillidas inspirieren lassen (Bild 1). Aus dem Jurybericht: «Die strenge Beweiskraft des Entwurfes (liegt) in den auf Ordnung bedachten Grundrissen als auch in der Gesamtvolumetrie, die von einem subtraktiven Prinzip ausgeht, in dem Teile eher entfernt als zugefügt werden (...).»

Oft kommen solch ungewöhnliche Entwürfe in der Realisierungsphase unter den Druck von Standardherstellungsverfahren, statischen Problemen und zu hohen Kosten und verlieren dann viel von ihrer ursprünglichen Stärke. Nicht so in diesem Fall, wie man sich am unterdessen fast fertigen Bau überzeugen kann. Wesentlich war, dass schon für den Wettbewerbsentwurf zusammen mit den Bauingenieuren intensive Studien zu Tragwerk und Statik stattgefunden hatten und damit die konzeptionell wichtigen statischen und konstruktiven Fragen bereits geklärt waren.

1

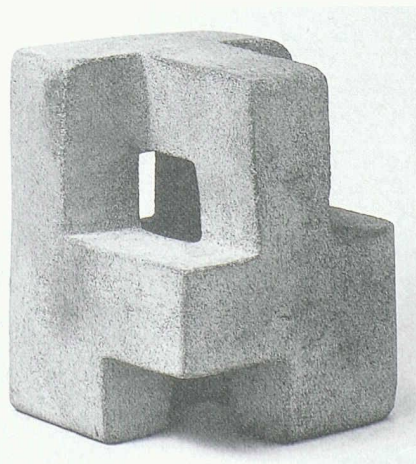
Skulptur Lurra 79, 1982/1983, von Eduardo Chillida  
(Abbildung aus «Eduardo Chillida: Skulpturen aus Ton». Copyright Pro Litteris)

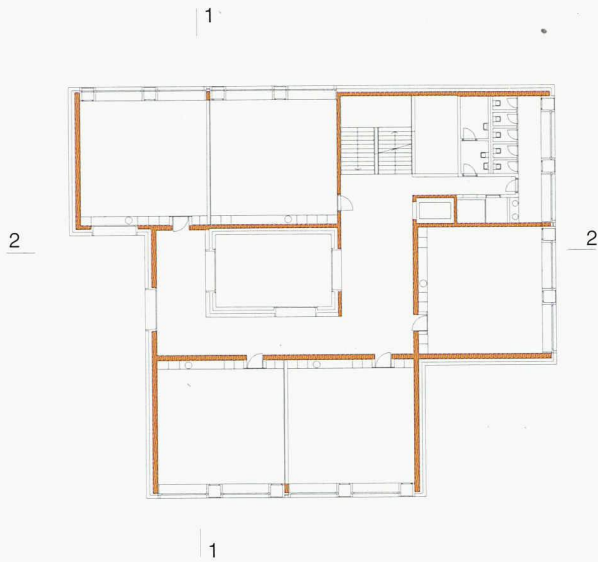
## Konzept

Ein wichtiger städtebaulicher Anspruch bestand in der Integration des Projektes in die bestehende Anlage. Daher wollte man eine existierende öffentliche Fussverbindung durch das Baugelände weiterhin aufrecht erhalten, das Erdgeschoss also möglichst offen gestalten. Ein «subtraktives Prinzip» impliziert die Idee des «Herausschneidens», und diese wollte man spürbar machen – kein in klassisch-modernem Sinne auf «Pilotis» vom Terrain abgehobenes Gebäude also. Das hat zur Konsequenz, dass die hohen Lasten aus den fünf Obergeschossen über teilweise beträchtliche Spannweiten und Auskragungen zu ihren vertikalen Abtragungspunkten transferiert werden müssen.

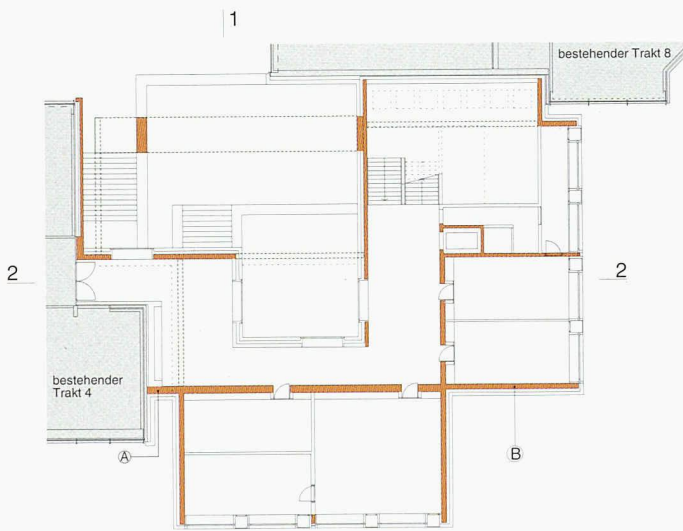
## Statik

Von der Attika (5. OG) bis zum zweiten Obergeschoss gehen die Lasten zuerst einmal auf wenig spektakulären Wegen nach unten. Die Wände stehen schön übereinander, die Spannweiten liegen im üblichen Rahmen, sind betongerecht (Bild 2, tragende Wände rot eingezeichnet). In der Mitte liegt der grosse Ausschnitt mit Aussenklima, oben rechts noch ein zweiter, innen liegender Lichthof. Im 1. Obergeschoss allerdings wird es interessanter: Auf der Nordseite fehlen bereits substan-

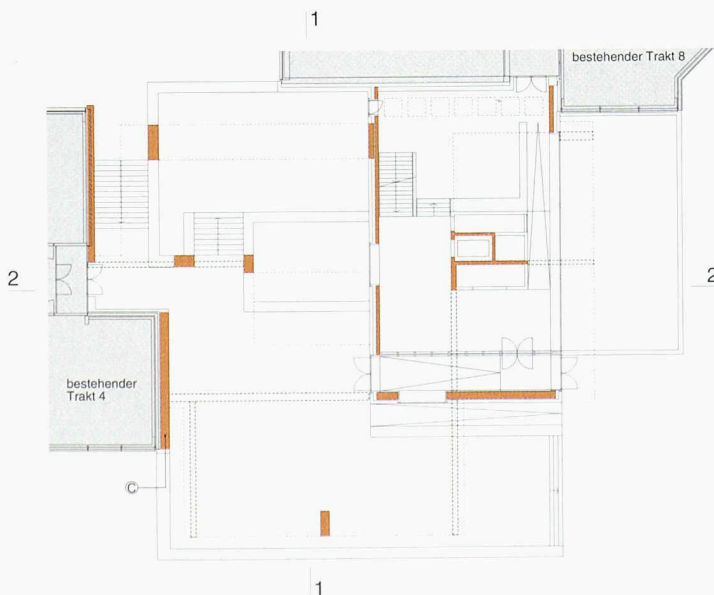




2  
 Grundriss 2.-4. OG. Um den grossen, offenen Licht-  
 hof im Zentrum sind fünf Schulzimmer gruppiert.  
 Die rot eingezeichneten Haupttragwände liegen  
 jeweils übereinander (Plan Architekten, Mst. 1:500)



3  
 Grundriss 1. OG. Tragwände im darüber liegenden  
 2. OG., die hier keine vertikale Fortsetzung finden  
 und abgefangen werden müssen, sind grün ge-  
 strichelt. Links unten das Wandstück A, für das  
 (zum ersten Mal in der Schweiz) hochfester Beton  
 B 70/60 verwendet wurde (Plan Architekten,  
 Mst. 1:500)



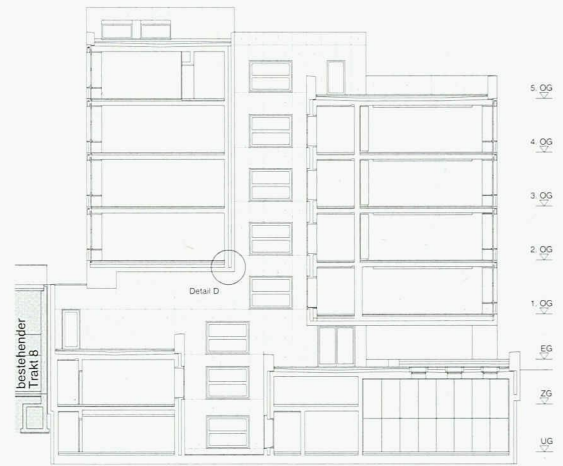
4  
 Grundriss EG. Das Erdgeschoss ist, abgesehen vom  
 Erschliessungsbereich, weitgehend frei. Die grün  
 gestrichelten Linien zeigen die zum Teil weit span-  
 nenden bzw. auskragenden Tragwände des 1. Ober-  
 geschosses. Die Abmessungen der Mittelstütze  
 unter den auskragenden südlichen Klassenzimmern  
 folgen architektonischen Überlegungen. Was die  
 Statik betrifft, könnte sie wesentlich dünner sein  
 (Plan Architekten, Mst. 1:500)

zielle Teile unter den lastabtragenden Wänden und Scheiben (grün gestrichelte Teile in Bild 3). Ein Stockwerk tiefer dann liegt das oben angesprochene, offene Erdgeschoss (Bild 4). Hier reduziert sich die Zahl der tragenden Elemente noch einmal beträchtlich.

Einer der grössten statischen Knackpunkte war die Aufnahme der Lasten der Wandscheibe B (vgl. Bild 7). Diese Scheibe ist das Element, das den grössten Teil der Lasten der südlichen Auskragung über das Erdgeschoss spannt. Während sie auf der östlichen Seite (rechts in Bild 7) bis hinunter ins Fundament reicht, müssen auf der anderen Seite grosse Kräfte über das Wandstück A in die an den Altbau anschliessende Betonmauer C transferiert werden.

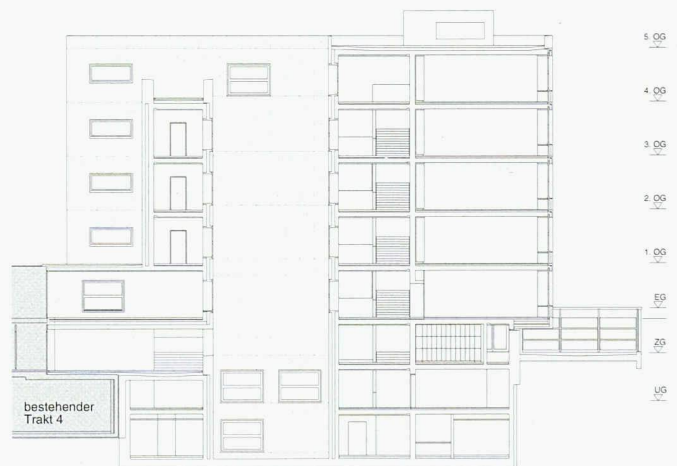
### Iteratives Vorgehen

Für die Bemessung liessen die Bauingenieure den Computer mit finiten Elementen (FE) einen (elastischen) Spannungszustand rechnen. Bild 8 zeigt für die Wandscheibe B das Netz der finiten Elemente, für das in jeder Zelle die Spannungen errechnet wurden. In der Ausschnittvergrösserung sind die Hauptspannungen (maximale, zueinander senkrecht stehende Druck- bzw. Zugspannung) in Grösse und Richtung für das Wandstück A ablesbar. Angesichts der komplexen Verhältnisse wollten sich die Ingenieure allerdings nicht bloss auf die Computerberechnung verlassen, sie wollten das Tragverhalten der Scheibe auch selber nachvollziehen können. Ausgehend vom Verlauf der Hauptspannungstrajektorien (rot-blaue Kreuze in Bild 8) entwickelten sie in einem iterativen Prozess ein Fachwerkmodell. Iterativ deshalb, weil nach der Konstruktion des Modells die Stabkräfte gerechnet und aufgrund des Resultats wiederum Anpassungen vorgenommen werden. Dabei ver-



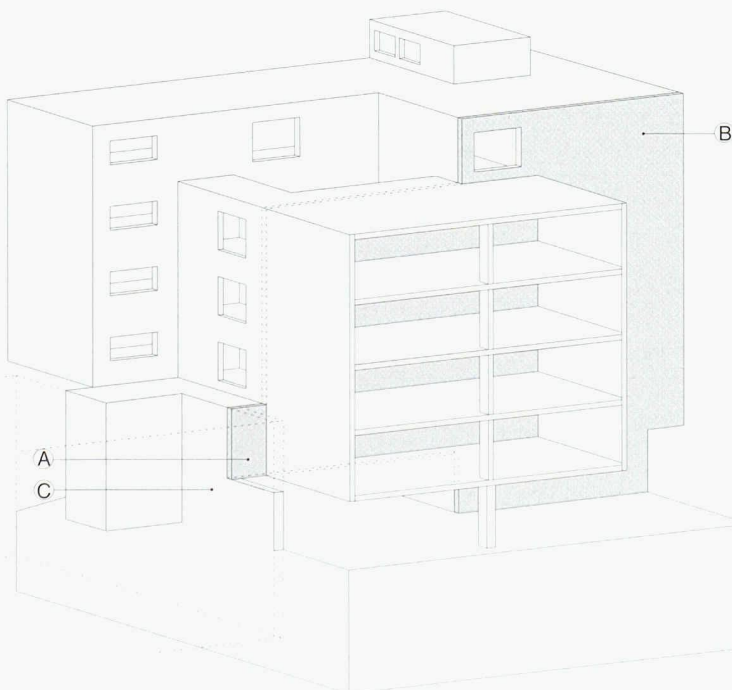
5

**Querschnitt 1-1. Die beheizten Zonen sind grau angelegt. Schnitt durch die offene Eingangshalle und den mit ihr verschränkten Lichthof, der nach oben und in die Untergeschosse greift. Rechts die teilweise auskragenden südlichen Klassenzimmer (Plan Architekten, Mst. 1:500)**



6

**Längsschnitt 2-2. Schnitt durch den offenen Licht-hof. Links die Verbindung zu einem bestehenden Trakt (Plan Architekten, Mst. 1:500)**

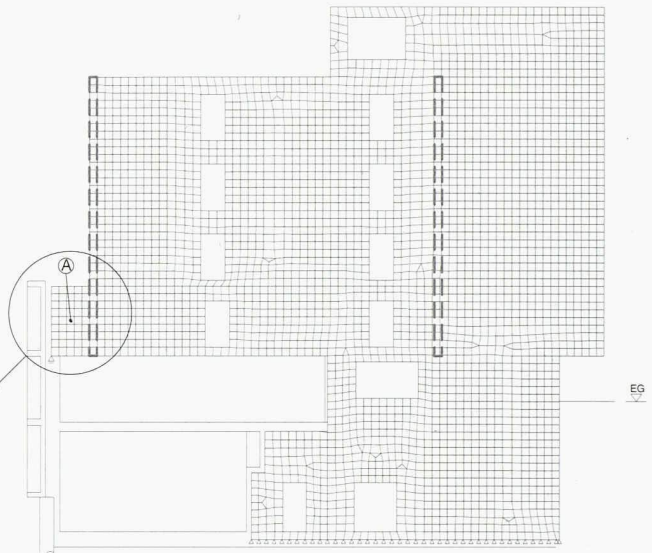
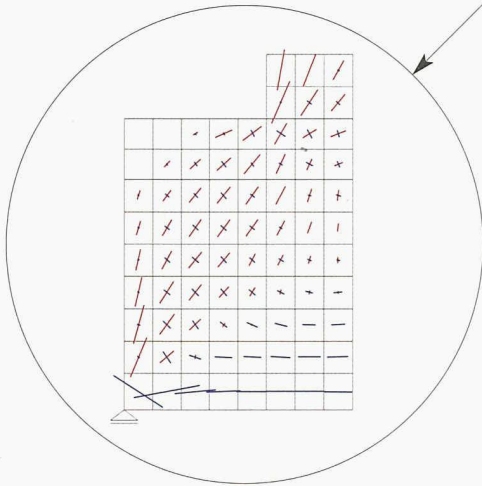


7

**Axonometrie aus Südwesten. Unten links das hochbelastete Wandstück A, das die Lasten des auskragenden Schulzimmerblocks im Vordergrund und der Scheibe B übernehmen muss. Dann wiederum werden sie an die senkrecht dazu stehende Scheibe C abgegeben (Plan Architekten, ohne Mst.)**

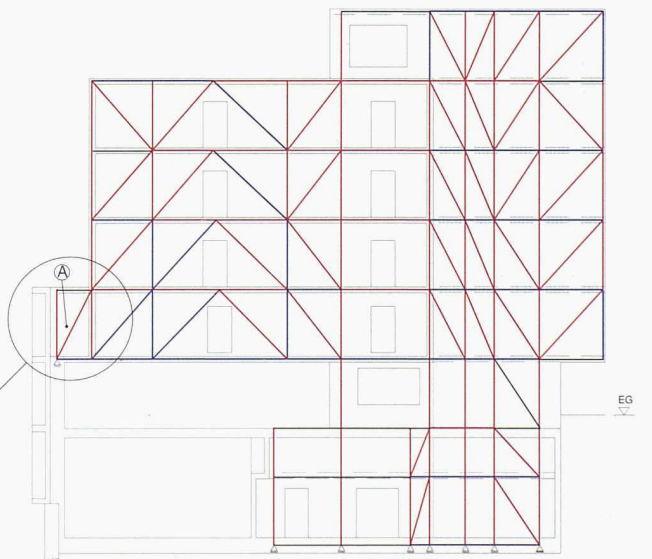
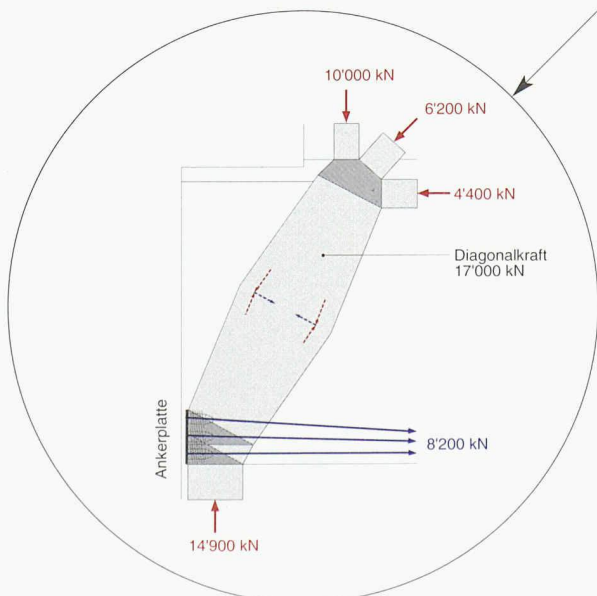
8

Wandscheibe B. Netz für die Berechnung der Spannungen nach der Methode der finiten Elemente. Entlang den gestrichelten vertikalen Linien werden die Lasten der auskragenden südlichen Wandscheiben eingeleitet. Die Ausschnittvergrößerung links zeigt die in jeder Zelle des Netzes berechneten Hauptspannungen in Richtung und relativer Grösse (Länge der Linie). Zu erkennen sind die grossen Druckspannungen in der Diagonalen (rot) sowie am unteren Rand die Zugspannungen (blau) (Mst. 1:400 und 1:100, Plan Bauingenieure)



9

Das iterativ entwickelte Fachwerkmodell erlaubt die Überprüfung der Computerresultate in Bild 8. Im kritischen Bereich über der grossen Öffnung links entwickelt sich ein Druckbogen. Die Ausschnittvergrößerung zeigt das lokale Spannungsfeld der hochbelasteten Diagonalen im Wandstück A (Druckkraft 17 000 kN auf Bemessungsniveau). Zur Aufnahme dieser sehr grossen Kraft musste es 60 cm dick und in hochfestem Beton erstellt werden. Die horizontale Zugkraft wird am unteren Rand der Wandscheibe durch 3×2 Spannkabel aufgenommen (Mst. 1:400 und Mst. 1:100, Plan Bauingenieure)



sucht man z. B. (zu) grosse Stabkräfte zu reduzieren und Zugkräfte in den Diagonalen (erfordert komplizierte Bewehrung) zu vermeiden. Das Modell wird also entsprechend verändert, neu berechnet, wieder verändert usw. Am Ende dieses Prozesses stand das Fachwerkmodell in Bild 9. Dieses stellt einerseits einen Gleichgewichtszustand für eine wirtschaftliche Bemessung der Wandscheibe dar und kommt andererseits dem Tragverhalten unter Gebrauchslasten sehr nahe. Des Weiteren lassen sich aus dem globalen Fachwerk an den Punkten der Krafteinleitung lokale Spannungsfelder entwickeln, die eine richtige konstruktive Ausbildung der Fachwerkknoten sicherstellen. Die Ausschnittvergrößerung des Wandstückes A (Bild 9) zeigt diesen Prozess exemplarisch:

Die Berechnungen ergaben eine Druckkraft (auf Bemessungsniveau) von 17000 kN in diagonaler Richtung. Die Horizontalkomponente dieser Druckkraft wiederum wird durch eine am unteren Rand der Scheibe wirkende Zugkraft von 8200 kN im Gleichgewicht gehalten. Im Wandstück A sind also auf kleinem Raum sehr grosse Kräfte auf die verschiedenen Elemente zu übertragen. Damit die zulässigen Betondruckspannungen nicht überschritten werden, wurde das Wandstück erstens 60 cm dick und zweitens mit (als Schweizer Premiere) hochfestem Beton B 70/60 erstellt. Die horizontale Zugkraft wird von Spannkabeln übernommen und über Ankerplatten in den Beton eingeleitet.

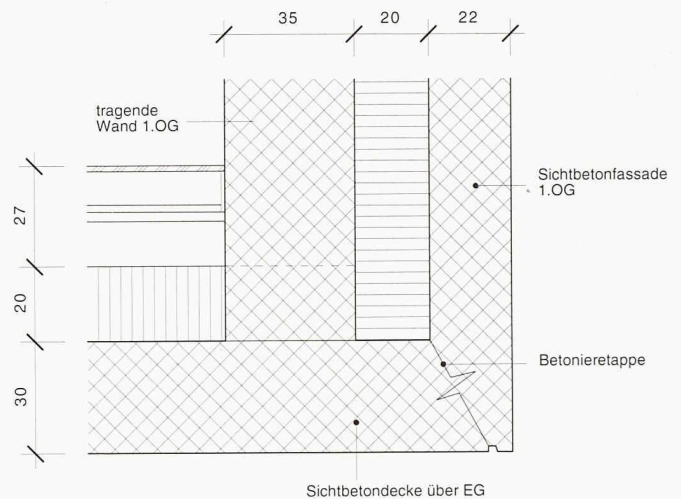
### Konstruktion und Bauvorgang

Das Haus ist vollständig in Beton konstruiert. Eine innere Schale trägt, es folgen 20 cm Isolation, dann eine äussere Schale, ebenfalls in Ortbeton. Hier waren hohe ästhetische Anforderungen zu erfüllen bezüglich Oberflächenqualität wie auch in Bezug auf die Anordnung der Bindlöcher. Diese waren für alle sichtbaren Flächen genau zu positionieren. Bild 10 zeigt den Vertikalschnitt einer freien Ecke im Detail. Auf Wunsch der Projektverfasser sollte keine Betonierfuge sichtbar sein. Der Bauunternehmer schlug vor, diese in einer Ecke der Wassernase zu verstecken. Das hiess, dass die Decke schräg auslaufend betoniert werden musste. Die anschliessende Ausführung der Wand erforderte dann allerdings das ganze Können der Bauleute, musste doch ganz unten in der nur 22 cm breiten, aber 4,40 m hohen Schalung in einer hocharmierten Ecke Beton eingebracht und verdichtet werden.

### Bauunternehmer gefordert

Allgemein war das Projekt für den Bauunternehmer aus Zug eine grosse Herausforderung. Vor allem deshalb, weil ein ehrgeiziges Terminprogramm einzuhalten war. Die komplexe Gebäudegeometrie hatte einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf den Bauablauf. So wurde der gesamte auskragende Gebäudeteil erst mit der Fertigstellung des 4. Obergeschosses tragfähig. Ein beträchtlicher Teil der Lasten musste darum über Schwerlastspresse provisorisch abgefangen werden, wobei sich herausstellte, dass es in der ganzen Schweiz nicht genug davon gab – es wurden zusätzliche in Deutschland beschafft.

Es hat sich auch gezeigt, dass die Verwendung von verschiedenen Betonqualitäten am gleichen Bau relativ aufwändig ist. Kontrollen und Prüfungen sind notwendig, um sicherzustellen, dass der jeweils richtige Beton für die vorgesehenen Tragelemente verwendet wird. Hochfester Beton B 70/60 ist zwar nur etwa 20 % teurer als der normalerweise verwendete. Er bleibt aber, vor allem wenn Sichtqualität gefordert ist, mit einem Wasser/Zement-Faktor von 0,25 trotz Hochleistungsverflüssigern in der Verarbeitung schwierig.



10

**Detail D, Vertikalschnitt an freier Untersicht/Aussenwand. Zweischalige Betonwand mit dazwischen liegender Isolation. Die innere Tragwand steht auf einzelnen Nocken, zwischen denen die Isolation durchgeht (gestrichelte Linie). Um in der Wandsicht (Sichtbeton) eine Betonierfuge zu vermeiden, wurde diese in die Wassernase gelegt (Mst. 1:20, Plan Architekten)**

#### AM BAU BETEILIGTE

##### BAUHERRSCHAFT

Baudirektion des Kantons Zug, vertreten durch das Hochbauamt Kanton Zug

##### ARCHITEKTUR

Enzmann + Fischer AG, Architekt/innen BSA SIA, Zürich  
Projektleitung: Philipp Fischer, Andreas Zimmermann

##### BAUINGENIEURE

Dr. Lüchinger + Meyer, Zürich  
Projektleitung: Dani Meyer + Andreas Gianoli

##### BAULEITUNG UND KOSTENPLANUNG

Ghisleni GmbH, Zug  
Projektleitung: Stefano und Maurizio Ghisleni

##### BAUNTERNEHMUNG

Landis Bau AG, Zug  
Projektleitung: Thomas Stocker  
Poliere: Josef Bachmann, Werner Von Wyl

##### FACHPLANER

Umgebung: Stefan Koepfli, Luzern  
Haustechnik: Alfred Meier, Unterärgeri  
Elektroplanung: ELO-Plan AG, Baar  
Bauphysik: Martinelli + Menti AG, Meggen  
Energieberatung: Urs Steinemann, Wollerau