


WETTBEWERBE: AUSZEICHNUNG FEB 2010 | ALTERSZENTRUM OBERE MÜHLE, LENZBURG

MAGAZIN: HÖHERFESTER BETONSTAHL | BAUFACHLEUTE SIND KONFLIKTBEWÄLTIGER

«FUGENLOS»

BEWEGLICHE LOCHFASSADE | GEGOSSENES VOLUMEN | MODELLIERTER MONOLITH

SIA: «UMSICHT»: «NICHT ÜBERRASCHEND, ABER NÖTIG» | FEUERWEHRÜBUNG ANKAUF



TEC21

sia

NR. 8

18. FEBRUAR 2011

BEWEGLICHE LOCHFASSADE

Seit über fünf Jahren steht das interkantonale Gymnasium der Region Broye auf dem Hügel bei Payerne mit Blick hinunter auf die Kleinstadt. Die Fassadenkonstruktion, die sich fugenlos über eindruckliche 420 m Abwicklung erstreckt, bewährt sich seither. Das von den Bauingenieuren des Büros ZPF entwickelte System funktioniert: Die Lochfassade aus Sichtbeton bewegt sich mit den veränderlichen Temperaturen frei um die an der tragenden Innenschale fixierten Fensterrahmen.

Titelbild

Interkantonales Gymnasium der Region Broye in Payerne (Foto: cvr/Red.)

Am Rande der Kleinstadt Payerne wurde im August 2005 das interkantonale Gymnasium der Region Broye eröffnet. Die fugenlose zweischalige Betonfassade prägt die einheitliche Erscheinung des Gebäudes und unterstützt die Wahrnehmung des Gymnasiums als zusammenhängendes Volumen. Die erdig ocker eingefärbte und mit dunklem Kies angereicherte äussere Betonschale ist gestockt, wodurch das Material weich und einheitlich wirkt – selbst die Bindlöcher wurden ausgebohrt und «unsichtbar» zugestopft. Die Ingenieure von ZPF aus Basel ermöglichten die Umsetzung dieses architektonischen Konzeptes mit speziellen Detailkonstruktionen in den Fassadenecken und Gleitlagern unter der Sichtbetonwand.

FASSADE IN BEWEGUNG

Bei innenliegenden Betontragwerken mit relativ kleinen Temperaturschwankungen können Längenänderungen mit einer gut gewählten konstruktiven Bewehrung aufgenommen werden. Damit entsteht ein kleinformatiges Rissbild – die Rissgrössen um 0.2mm sind normalerweise tolerierbar und beeinträchtigen das Tragwerk nicht. Bauwerksteile im Aussenbereich sind jedoch bedeutend grösseren Temperaturschwankungen ausgesetzt. Bei kleinen Gebäuden sind die absoluten Verformungen infolge Schwinden und Temperaturänderungen dennoch marginal, und eine monolithische Bauweise kann ohne Probleme realisiert werden (vgl. «Gegossenes Volumen», S. 23, und «Modellierter Monolith», S. 28). Bei grösseren Gebäuden aber – insbesondere solchen mit einer langen Fassadenabwicklung – spielen die Verformungen infolge Temperatur eine so grosse Rolle, dass die entstehenden Risse die Gebrauchstauglichkeit beeinträchtigen können.

Infolge Schwindens verkürzt sich der Beton an den Fassaden im Mittel um etwa 0.2–0.3% – unter Berücksichtigung der Erstellungsetappen. Temperaturschwankungen zwischen Sommer und Winter führen zu Längenänderungen von etwa $\pm 0.2\%$. Somit muss mit einer maximalen Verkürzung von 0.5% (0.3% +0.2%) und einer maximalen Verlängerung von 0.2% gerechnet werden – wenn der positive Einfluss des Schwindens vernachlässigt wird. Bei einer Wandlänge von beispielsweise 32m ist somit in den Gebäudeecken mit maximalen Verformungen von +7 bis –16mm zu rechnen. Traditionell werden im Hochbau die Verformungen mit vielen, in regelmässigen Abständen angeordneten Dilatationsfugen aufgenommen. Der Vorteil dieser Technik liegt vor allem darin, dass die Bewegungen klein gehalten werden. Der Nachteil ist die grosse Anzahl direkt bewitterter Fugen, die einen hohen Unterhaltsaufwand verursachen. Soll auf Dilatationsfugen verzichtet werden, muss die Konstruktion imstande sein, die grösseren Verformungen aufzunehmen.

LAGERUNG DER FASSADE – ANALOGIE ZUM BRÜCKENBAU

Kräfte fugenlos in einem monolithischen Betonbau aufzunehmen, ist im Brückenbau längst bekannt und hat sich gut bewährt. Die Ingenieure von ZPF übertrugen diese Technologie in den Hochbau und stellten die Fassade, in Analogie zu Brückenkonstruktionen, auf feste und bewegliche Lagerungspunkte. Da sich die Wände beidseitig der Gebäudeecken infolge Temperaturschwankungen ausdehnen und zusammenziehen würden, mussten die Fassaden-

AM BAU BETEILIGTE

Bauherrschaft: Kantone Freiburg und Waadt vertreten durch Kanton Freiburg, Raumplanungs-, Umwelt- und Baudirektion RUBD – Hochbauamt und Kanton Waadt, Département des infrastructures DINP – Le Service des bâtiments, monuments et archéologie

Architektur und Projektleitung: _Boegli_Kramp Architekten AG, Freiburg

Bauleitung: Bureau d'architecture Dominique Rosset SA, Freiburg

Tragwerk: ZPF Ingenieure AG, Basel

HLKS-Planung: Gruneko AG, Basel

Elektro- / Lichtplanung: EAG Basel AG, Basel

Landschaftsarchitektur: _Boegli_Kramp Architekten AG und W&S Landschaftsarchitekten BSLA, Solothurn

Bauphysik / Akustik: MBJ Bauphysik + Akustik AG, Kirchberg



01



02

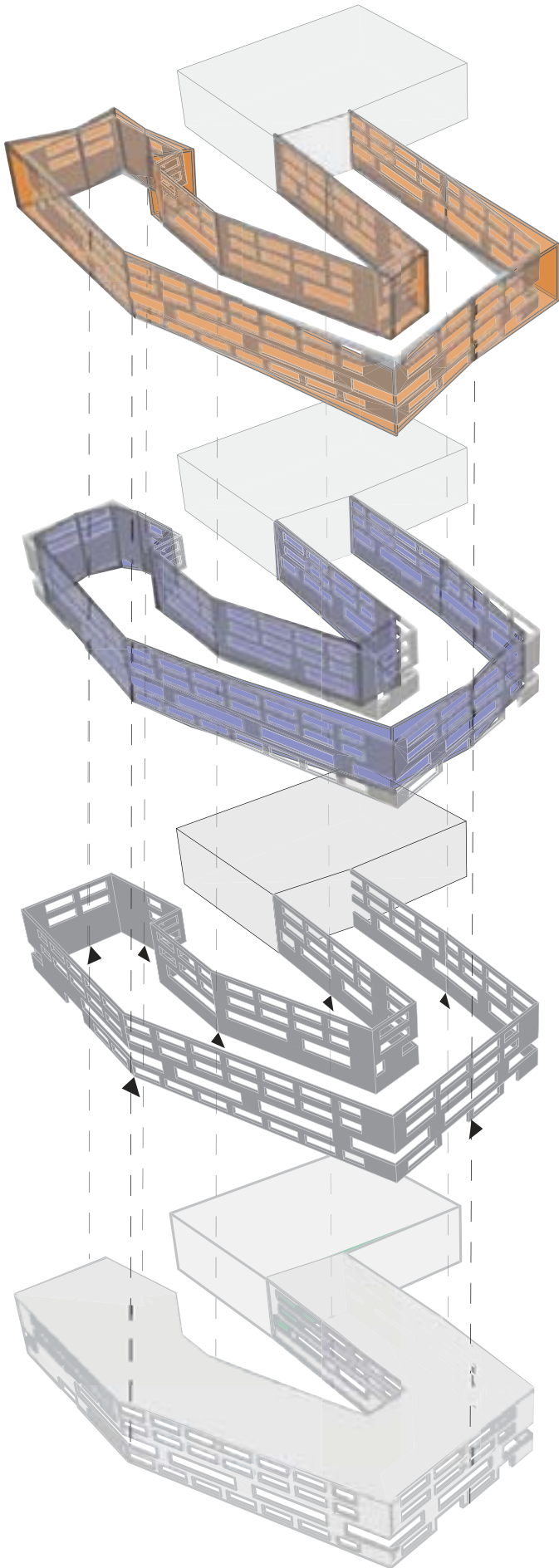
01 Alle Fenster im Bau des Interkantonalen Gymnasiums in Payerne werden jeweils mit einem Metallrahmen gefasst. Sie sind an der inneren Schale befestigt und halten Abstand von der Aussenhülle – die fugenlose Betonaussenhaut bewegt sich frei um die Fensterrahmen. Der Bodenbelag der Umgebung wurde mit einem beweglichen Fugenband an die Sichtbetonwand «angeschlossen» (Foto: Georg Aerni)
02 Fassadenabwicklung mit Lagerungskonzept – ihre Länge beträgt 420 m (Plan: ZPF Ingenieure)

ecken möglichst weich geplant respektive an diesen Stellen das bewegliche Lager und in der Mitte von zwei Eckpunkten das unverschiebliche Lager vorgesehen werden. Dieses Konzept setzten ZPF Ingenieure erstmals beim Schaulager in Münchenstein um (vgl. Kasten S. 22).

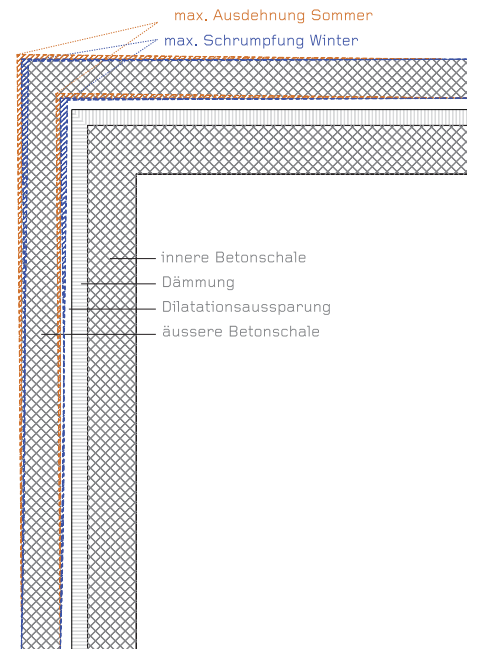
WEITERENTWICKLUNG VON FUGENLOSEN BETONFASSADEN

Das System der mehrheitlich geschlossenen, fugenlosen Sichtbetonfassade wurde beim Interkantonalen Gymnasium in Payerne weiterentwickelt. Hier sah das architektonische Konzept eine Sichtbetonfassade mit gestockter Oberfläche vor.² Die maximale Seitenlänge dieses Bauwerks beträgt 115m und die gesamte Fassadenabwicklung ganze 420m. Da die mehreckige Fassade mit der vorgesehenen Fenstereinteilung keine sinnvolle Anordnung von Dehnungsfugen zuliess, sollten die Bauingenieure auch dieses Bauwerk ohne Fugen konstruieren. Detaillierte Untersuchungen zeigten, dass eine zweischalige Lösung – unter Betrachtung aller Aspekte wie Dämmung, Abdichtung, tragende Verbindungen etc. – für dieses Projekt wirtschaftlich ist.

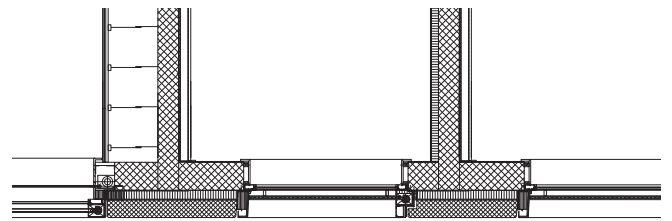
Wie beim Schaulager wurde auch beim Gymnasium ein System mit festen und gleitenden Lagern gewählt. Generell wurden diese unter der Fassadenhaut angeordnet (Abb. 2). Wegen des Fassadenbildes waren teilweise auch Lagerungen im Dachbereich erforderlich. Auch die Ausbildung der Ecken erfolgte nach der gleichen konstruktiven Lösung wie beim



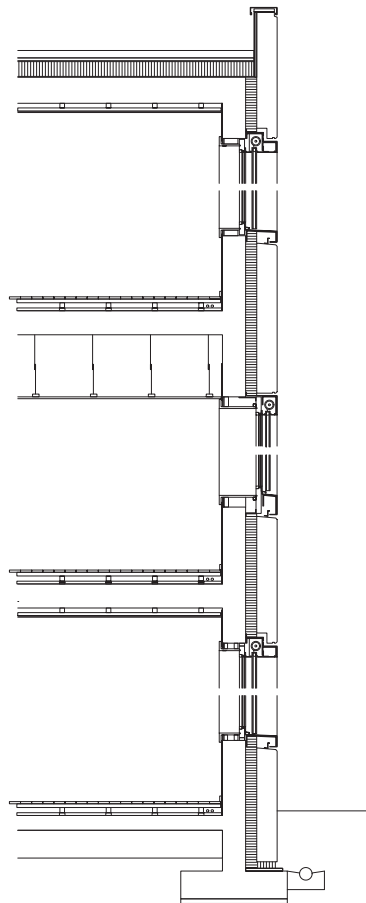
03



04



05



06



07



08



09



10

03 In dieser Isometrie sind die Bewegungen der Fassade veranschaulicht. Zu erkennen sind die Bewegungen der Fassadenknickpunkte:

- orange: Bewegungen nach aussen – z. B. infolge Temperaturerhöhungen im Sommer
- blau: Bewegungen nach innen – z. B. infolge Temperatursenkungen im Winter

(Isometrie: ZPF Ingenieure)

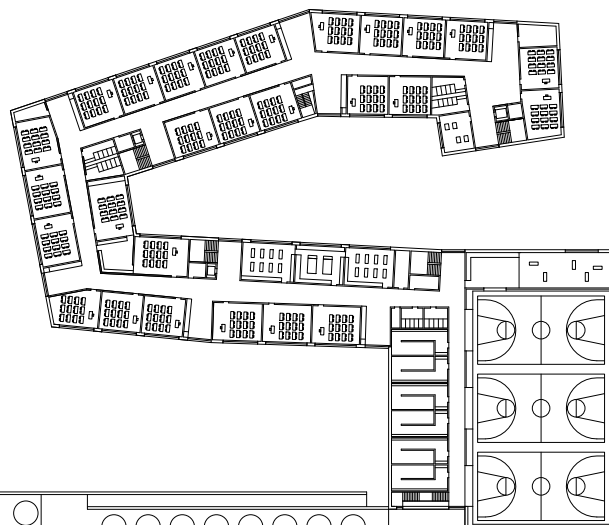
04 Horizontaler Schemaschnitt durch die Fassade bei einer Gebäudeecke: Die Verjüngungen der Wände in den Fassadenecken ermöglichen die Bewegungen. Die Fassadenstärke beträgt im Normalfall 22 cm, in den Eckbereichen ist sie auf 18 cm reduziert (Pläne: ZPF Ingenieure)

05 und 06 Fassadenschnitte horizontal und vertikal. Die vertikale Lastabtragung erfolgt über Lager oben und unten; horizontal ist die Fassade über bewegliche Anker aus Drahtseilen gehalten, Mst. 1:100

07 Die schlaufenartige Fassade ist mit einer vertikalen, gebäudehohen Dilatationsfuge (rechts neben dem langgezogenen Turnhalleneingang in Bildmitte) an das Turnhallenvolumen (links im Bild) angeschlossen – die einzige Fuge in der Aussenhaut (Foto: cvr/Red.)

08 bis 10 Die Lochfassade bewegt sich um die Fensterrahmen, Türöffnungen und Durchgänge (Fotos 08, 10: cvr/Red., Foto 09: Georg Aerni)

11 Grundriss (Plan: ZPF Ingenieure)



11

BEWEGLICHE FASSADE AM SCHAULAGER IN MÜNCHENSTEIN

Das Architekturbüro Herzog & de Meuron sah für das Schaulager (vgl. TEC21 25/2003) ein monolithisches, massives Gebäude vor, das aus der Erde herauswächst. Trennungsfugen waren in diesem Monolith aus Nagelfluhbeton zu vermeiden.¹

Die Abwicklung der zweischaligen Betonfassade beträgt 211 m, dabei ist die Nordseite die längste, sie hat eine Länge von 72 m und weist eine Längenänderung von $-36/+15$ mm auf. Die unter der Fassade angeordneten festen Lager wurden zentrisch angeordnet. Dadurch müssen die Fassadenknickpunkte «nur» die Hälfte dieser Längenänderung aufnehmen – nämlich maximal $-18/+8$ mm.

Die Tragverspannungen verjüngten die Betonwände an den Eckpunkten, um Freiraum für diese Bewegungen zu schaffen. Gleichzeitig reduzierte sich an diesen Stellen die Steifigkeit der Wand. Die Länge des Hohlraums ist so gewählt, dass die Biegespannungen kleiner bleiben als die Betonzugfestigkeit. So entstehen in den Ecken trotz Verformung der Fassade keine Risse.

Hergestellt wurde die fugenlose Fassade wie eine konventionelle zweischalige Betonkonstruktion, indem die Aussenschale gegen die Isolation betoniert wurde. Eine zwischen Isolation und Wand angeordnete Hohlraumschalung – z. B. eine Kartonschalung, die nach dem Betonieren gezogen wird – schafft die Verjüngung.

Die herkömmlichen Rückverankerungen, welche die Fassade an das Gebäude binden, versagen

bei diesen grossen Fassadenbewegungen. Für das Schaulager wurden spezielle Fassadenanker aus rostfreien Stahlteilen entwickelt. Die Typen wurden den verschiedenen Verformungsbildern entsprechend differenziert. Der Aufwand für das Versetzen der beweglichen Fassadenanker und die bauphysikalischen Eigenschaften entsprechen jenen von unbeweglichen Fassadenankern.

12 Das neun Jahre alte Schaulager in Münchenstein der Architekten Herzog & de Meuron ist ohne Dilatationsfugen erstellt worden. Die Fassaden nehmen die entstehenden Längenänderung auf, indem sie sich auf den unter der Wand angeordneten Lagern bewegen (Foto: Ruedi Walti)



12

Schaulager: Die Aussen- wie auch die Innenecken weisen eine 4 cm breite Verjüngung zwischen tragender Innenschale und vorgehängter Aussenhaut auf (Abb. 4). Die Steifigkeit der Wände wird dadurch kleiner, und im Freiraum können die entstehenden Bewegungen stattfinden. Die maximalen Eckverformungen lagen hier deutlich höher als beim Schaulager und betragen $+12$ bis -28 mm. Während die Fassade des Schaulagers kaum Öffnungen aufweist, handelt es sich beim interkantonalen Gymnasium um eine bewegliche Lochfassade mit einzelnen, klar abgegrenzten Fenster- und Türöffnungen. Alle Fensterrahmen und Türen sind dabei an der inneren Schale befestigt (Abb. 5 und Abb. 8).

ERFAHRUNGEN UND BEWÄHRUNGSPROBE

Der Erstellungsaufwand für eine fugenlose Fassade unterscheidet sich kaum von der fugenreichen Konstruktion. Der Aufwand für die Planung hingegen ist grösser. Planende müssen konsequent berücksichtigen, dass sich die Fassade unabhängig bewegt, und die Anschlüsse entsprechend konstruieren.

Die Schaulagerfassade ist inzwischen neun Jahre alt, jene des Gymnasiums fünf Jahre. Die durch die Berechnung vorhergesagten Bewegungen konnten bei beiden Gebäuden überprüft und bestätigt werden – die Fassadenkonstruktion konnte sie schadlos aufnehmen. Unterdessen wurden weitere Gebäude mit fugenlosen Sichtbetonfassaden realisiert oder sind in Planung. Für das Kunstmuseum in Basel beispielsweise wird das System auf Mauerwerkswände übertragen – die 173 m lange und 27 m hohe Mauerwerksfassade soll fugenlos ausgeführt werden. Die aus einem ästhetischen Anspruch heraus entstandene Konstruktion am Interkantonalen Gymnasium der Region Broye bewährt sich neben der konstruktiven also durchaus in wirtschaftlicher Hinsicht – denn der Unterhaltsaufwand der ungerissenen Konstruktion ohne Fugen ist unumstritten kleiner.

Nico Ros, dipl. Ing FH, ZPF Ingenieure AG, n.ros@zpfingag.ch

Andreas Zachmann, dipl. Ing ETH, ZPF Ingenieure AG, a.zachmann@zpfingag.ch

Anmerkungen

1 Für das Schaulager verwendete Betonrezeptur: Beton C25/30, vor Ort hergestellt: Zement 50%, Terrament 50%, Fluvia (CEM II 32.5) + Pigment, Zuschlagsstoffe Aushubmaterial von Baustelle gewaschen, Oberfläche gekratzt, verkieselt und hydrophobiert, Bewehrung Aussenseite verzinkt

2 Für das Interkantonale Gymnasium verwendete Betonrezeptur: Beton C25/30, vor Ort hergestellt: Zement 175 kg, Terrament 175 kg, Fluvia (CEM II 32.5) + Pigment gelb 7 kg, Zuschlagsstoffe 16/32, gebrochener Arvel (dunkel), Oberfläche gestockt, hydrophobiert, Bewehrung konventionell mit entsprechender Überdeckung; im Bereich der Storenaussparungen verzinkte Bewehrungsstäbe