

Keine Angst vor Karbonatisierung

Was braucht es, um ein über hundertjähriges Silo in Ateliers, Wohnungen und ein Restaurant umzugestalten? Einen Sinn der Beteiligten für einen besonderen Bau, clevere Lösungen für den Lastabtrag, eine fundierte Einschätzung der Schäden und auch den Mut, diese zuzulassen, ebenso aber Glück. Beim Silo Erlenmatt kam dies alles zusammen.

Text: Peter Seitz



Die historische Bausubstanz des Silogebäudes bleibt grösstenteils erhalten. Eine neue Fassade wurde allerdings umgesetzt.

Beginnen wir beim Glück. Dass ein Silogebäude aus dem Jahr 1912, das der schweizweit erste Getreidespeicher in Eisenbetonbauweise war, heute noch steht – am Badischen Bahnhof in Basel – und auf Eigentümer trifft, die es erhalten wollen, kann man als glücklichen Umstand ansehen. Dass es mit relativ wenigen Eingriffen sogar noch instand gesetzt und umgebaut werden kann, ist eine glückliche Fügung. Spielte hier die damals noch geringe Erfahrung der Erbauer mit dem neuen Werkstoff den heutigen Ingenieuren gar in die Hände?

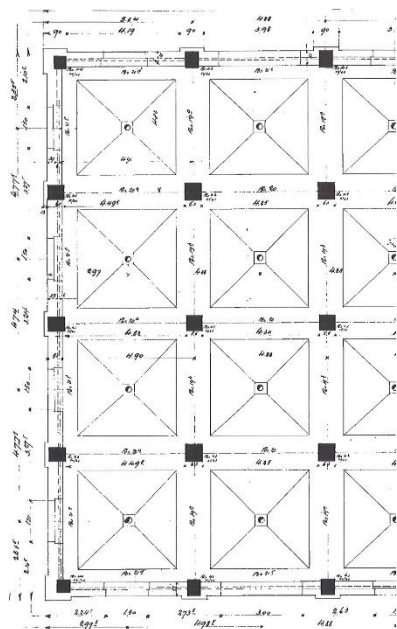
Der Eisenbetonbau steckte Anfang des 20. Jahrhunderts noch in den Kinderschuhen. Die Eigentümerin des Silogebäudes, die Basler Lagerungsgesellschaft BLG, warb in ihrem Prospekt sogar mit der neuen Bauweise: «Moderner Massivbau aus Beton mit Becherwerk», liest man da. Ein Becherwerk ist ein Aufzugsystem, das das Schüttgut vom Keller – hierher wurde es aus den Eisenbahnwaggons abgeschüttet – unter das Dach beförderte, von wo es in die einzelnen Silobehälter mit Förderbändern gebracht wurde. Da die Erfahrung mit dem bewehrten Beton – bewährt hatte er sich in seiner kurzen Entstehungsgeschichte bis dahin noch nicht – also noch gering war, gingen gemäss einer Schrift zum 100-jährigen Bestehen der BLG 1978 die Konstrukteure eher auf Nummer sicher. Dort heisst es: «Eine weitere wichtige (Premiere) fiel ins Jahr 1912, als die BLG als erstes Unternehmen der Schweiz ein Getreidesilo erstellen liess, das zu den ältesten Eisenbetonbauten der Schweiz zählt. An die Stelle der Erfahrung, an der es den Bauleuten mit dieser neuen Bauweise damals noch mangelte, trat die Vorsicht: Die Konstruktion wurde mit bedeutend mehr Eisen verstärkt, als uns dies heute als notwendig erscheint. Dafür steht das Getreidesilo im Jahr des 100-jährigen Firmenjubiläums immer noch, und zwar so massiv (festgemauert in der Erden), dass es bestens erhalten ist und keinerlei Risse aufweist.»¹

Laut Heinrich Schnetzer von Schnetzer Puskas Ingenieure ist diese Aussage so nicht haltbar. Vielmehr war das Gebäude natürlich auf gefüllte Silobehälter bemessen. Heute sind diese leer, so dass das Tragsystem genügend Reserven für die neue Nutzung aufwies. Der gesamte vertikale Lastabtrag des Gebäudes erfolgt heute daher nur über die bestehenden Stützen.

Neue Decken auf alten Stützen

Sind die vertikalen Lasten einmal abgetragen, ist man aus der Sicht des Ingenieurs schon einen bedeutenden Schritt weiter. Allerdings bleibt noch das Auftreten von Erdbeben zu berücksichtigen – das fordert heute die Sicherheit, früher behandelte man diesen Spielverderber stiefmütterlich, obwohl Basel bekanntlich schon im tektonischen Gefährdungsgebiet des Oberrheingrabens liegt.

Die Ingenieure konzipierten zusammen mit den Architekten zwei neue, an den Gebäudeenden angeordnete Treppenhäuser. Auch den übrigen horizon-



Das Stützraster des Silogebäudes blieb erhalten. Die Stützen tragen sämtliche vertikalen Lasten ab. Die alten Silowände sind nicht tragend ausgebildet.

talenen Lasten stemmen sich diese Erschliessungskerne entgegen. Zwei neue Decken über dem Erdgeschoss und dem 1. Stock – das Silogebäude hatte diese noch nicht, da die Speicher durchgängig waren – stabilisieren zusätzlich die Stützen in horizontaler Ebene und den gesamten Bau.

Silowände im Austrag

Die verbleibenden Silowände – einige mussten für den Bau der Treppenhäuser entfernt werden – haben im wahrsten Sinn des Wortes ausgetragen. Sie werden nicht mehr für den Lastabtrag des Gebäudes verwendet. Die Betonüberdeckung der Bewehrung ist zu gering – bei älteren Bauten ein häufiges Problem. Dies kann nicht nur zu problematischen Korrosionserscheinungen führen, auch im Brandfall hätten die Wände nicht genügend Widerstand. Die Silowände sind im heutigen Bau nur noch als nicht tragende Wände definiert.



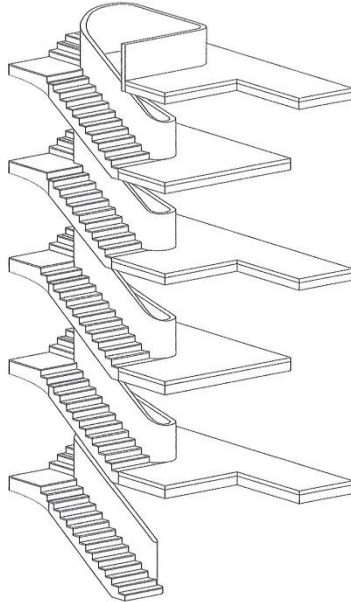
Das Dachgeschoss des Silogebäudes Erlenmatt mit den Betonelementen, die an Holzbauweise erinnern.



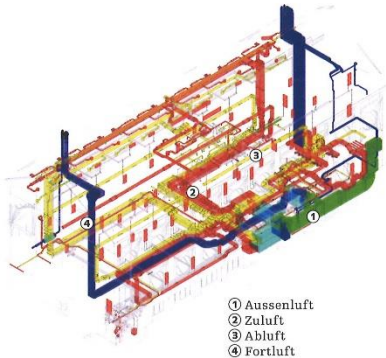
Auffüllung der pyramidenförmigen Silotrichter mit einer Leichtschüttung, die zugleich als Schalung für den Fussboden fungiert.



Schalungsarbeiten an einem der neuen Erschliessungskerne.



Eines der beiden neuen Treppenhäuser, die horizontale Lasten aufnehmen und zur Erdbbensicherheit beitragen.

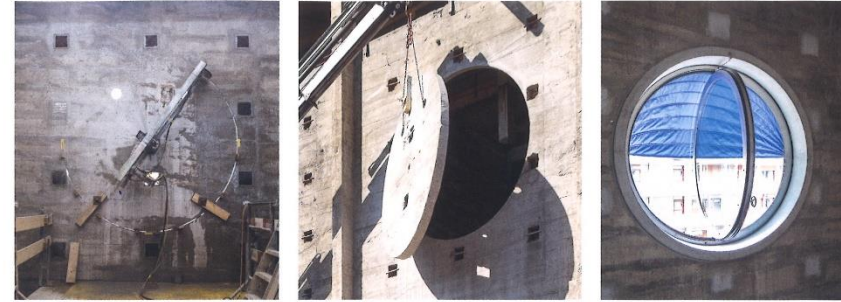


Die Erschliessung des Gebäudes erfolgt über Schächte an den Gebäudeenden, im Bereich der neuen Treppenhäuser. Von dort führen die Leitungen sichtbar und von der Primärstruktur getrennt durch das Gebäude. Das Haus ist mechanisch be- und entlüftet. Eine Wärmepumpe mit Anschluss an das Arealnetz sorgt für die Wärmezufuhr, beheizt wird über Radiatoren.

Beton-Karbonatisierung

Der die Bewehrung umhüllende Zementstein besitzt eine hohe Alkalität und einen pH-Wert von über 12 (zum Vergleich: Ein pH-Wert von 7 entspricht einer neutralen Lösung; darunter beginnt die Säure, darüber ist basisches Milieu). Verantwortlich für diesen hohen pH-Wert ist das bei der Hydratation des Zements entstehende Calciumhydroxid $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Durch Aufnahme von Kohlendioxid CO_2 aus der Luft entsteht aus dem Calciumhydroxid im Lauf der Zeit CaCO_3 , was als Karbonatisierung bezeichnet wird. Dies geht mit einem Absinken des pH-Werts auf etwa 9 einher. Der basische Schutz durch das Calciumhydroxid für die Bewehrung nimmt also ab. Die Bewehrung kann, vor allem im feuchten Milieu, korrodieren. Durch eine Volumenzunahme bei dieser Art der Korrosion kommt es zu Absprengungen des die Bewehrung überdeckenden Betons. Das Eindringen der Karbonatisierung kann einige Zentimeter betragen und vor allem bei einer zu geringen Bewehrungsüberdeckung fatale Folgen haben. Mit dem Aufsprühen eines Indikators (Phenolphthalein) auf einem Bohrkern respektive einer Bruchstelle des Betons kann man die Karbonatisierungstiefe erkennen. Färbt sich die Stelle violett, ist alles im grünen Bereich. Ein Ausbleiben der Verfärbung zeigt einen zu niedrigen pH-Wert im Beton an – die Bewehrung kann korrodieren. • (ps)

Fotos: Harry Guggler Studio; Leon Foost; Christian Kuhn; Pläne: Schweizer Pustas Ingenieure, Wädchäuser + Hermann



Ausschneiden des Bullauges mittels diamantbesetzter Kreissägen, Herausnahme des Schnitts und Durchsicht von innen durch das Fenster.

Zunehmende Probleme mit sinkendem pH-Wert

Die verbaute Eisenmenge macht ein Tragwerk stabil – wenn das Material in Ordnung ist. Vor allem bei älteren Bauelementen und dort, wo diese mit feuchtem Klima in Berührung kommen, kann das Schreckgespenst der Karbonatisierung auftreten (vgl. «Beton-Karbonatisierung», S. 34). Da der Fortschritt der Karbonatisierung von Zeit, Umgebungsklima und der Qualität des Betons und dessen Einbau abhängt, war das Silo prädestiniert für das Auftreten dieser Problematik. In über 100 Jahren und praktisch überall auftretendem feuchtem Ausklima – als Lager war das Gebäude nicht beheizt – hatte die Karbonatisierung viel Zeit und gute Randbedingungen, voranzuschreiten. Hinzu kam noch die frühere Einbauweise des Betons. Betonvibratoren waren 1912 noch unbekannt, damals stampfte man den Beton noch in seine Form. Dass sich hierbei leichter Risse und Fehlstellen bildeten, durch die die Korrosionstreiber Luftsauerstoff und Feuchte an den Stahl gelangen konnten, liegt auf der Hand.

Wie befürchtet, traten beim Silo tatsächlich Bereiche mit Karbonatisierung auf. Lokale Bewehrungskorrosion war daher nicht auszuschliessen. Was also tun? Eine Instandsetzung ist teuer und aufwendig. Die Planer entschieden sich, die Problematik ruhenden Auges zu betrachten. Das Gebäude bekam ja eine neue Fassade und wird zukünftig beheizt werden. Im dadurch entstehenden Innenklima sinkt die Luftfeuchtigkeit; mit einer schnell fortschreitenden Korrosion ist nun nicht mehr zu rechnen. Falls Korrosionserscheinungen weiterhin auftreten, würden diese langsam vorstatten gehen. Einzig in Räumen mit höherer Luftfeuchtigkeit – den Küchen und Nassräumen – wurden die Betonelemente mit einer Versiegelung versehen, um Feuchteintrag vorzubeugen.

Gemäss Heinrich Schnetzer kann man das Gebäude so ruhigem Gewissens der Zukunft übergeben: «Die unversiegelten Betonflächen sind alle sichtbar. Bei einer weitergehenden Korrosion würde es zu Beton-

abplatzungen oder Rostflecken kommen. Im vorhandenen Milieu ist die Korrosionsgeschwindigkeit grundsätzlich klein. Eine allfällig erforderliche, lokale Sanierung wäre zeitlich problemlos möglich. Weil kein Salz vorhanden ist, ist das Korrosionsverhalten (gut-mütig). Es findet keine Lochfrasskorrosion mit grosser Querschnittsreduktion während kurzer Zeit statt.»

Bewahren, um zu nutzen

Bewahrte das Silo früher Lebensmittel vor dem Verderben, konnten heute die Planer das Silogebäude selbst für die kommenden Generationen retten. Sie konservierten und ertüchtigten, was statisch nutzbar war, und liessen den Rest im Originalzustand. So konnten auch die pyramidenförmigen Silotrichter im Gebäude bleiben und bilden nun das Schaustück der Erdgeschossdecke. Die konischen Formen wurden mit einer Leichtschüttung, die gleich als Schalung fungierte, aufgefüllt, sodass der neu eingebaute Boden des ersten Stocks auf Höhe der geraden Silowände zu liegen kam.

Dieses anerkennenswerte Konzept, den Bestand zu belassen, erfordert natürlich ein gewisses Arrangement der heutigen Nutzer mit der alten Substanz – der Stahlbetonskelettbau basiert immerhin auf einem Achsraster von nur 4.74 m × 4.88 m. Dass damit aber dank der Erfahrung und dem Augenmass der Planenden ein interessantes Objekt entsteht, ist nicht nur begrüssenswert, sondern auch fair – schliesslich war das Silogebäude als Erstes da. •

Peter Seitz, Redaktor Bauingenieurwesen

Der Artikel beruht auf einem Text von Clementine Hegner-van Rooden aus «Schweizer Ingenieurbaukunst 2019/2020», Band 3, 128 Seiten, dreisprachig deutsch, französisch, italienisch, ISBN 978-3-9525101-0-0; vgl. S. 16 und S. 39.

Anmerkung

1 Hans Peter Rittmann, «100 Jahre Partner Ihrer Ware» in: Basler Stadtbuch, 1978, Ausgabe 1979, 99. Jahr, Christoph Merian Stiftung, Basel