

Umbau und Instandsetzung der Markthalle Basel

Transformation and repair of the Basel market hall

Tomaž Ulaga, Domink Weiss

Einleitung

Die 1929 fertiggestellte Anlage der Markthalle Basel besteht aus drei strukturell unterschiedlichen Bereichen. Die zentrale Stahlbetonkuppel hat einen Durchmesser von 60m und eine Höhe von 25,7m. Es handelt sich um eine Rippenschale mit polygonalem Grundriss und einer Wandstärke von im Allgemeinen 8,5 cm. Zur Zeit der Erstellung war sie die drittgrösste Massivkuppel der Welt [1]. Sie wird von acht Betonstützen getragen, die die Bodenebene und das Untergeschoss durchdringen und auf Einzelfundamenten von 4,8 x 4,8 m² abgestellt sind. Um die Kuppel herum wurden pragmatische und zweckdienliche Randbauten mit Mauerwerkstragwänden und Hourdisdecken erstellt. Der Zwischenbereich zur Kuppel wurde mit einer Flachdachkonstruktion gedeckt. Die maximale Spannweite dieser dreistufigen Stahlkonstruktion liegt bei 29 m.

Während 75 Jahren wurde der Kuppel- und Flachdachraum für Marktzwecke genutzt [2]. Da sich in dieser Zeit die Strukturen der Konsumgüterverteilung wandelten, wurde 2004 im Rahmen eines Investorenwettbewerbs eine neue Nutzung für die Anlage gesucht.

Introduction

The Basel market hall complex from 1929 consists of three different structural systems. The central dome has a diameter of 60 m and a height of 25.7 m. The thickness of the shell between the ribs is 8.5 cm. At the time of completion it was the third largest concrete dome in the world [1]. The dome is supported by eight reinforced concrete columns, which penetrate the floor slab and the basement before they are founded on eight 4.8 x 4.8 m² pad footings. Very functional and pragmatic annex buildings with brickwork walls and hollow brick floors surrounds the dome. The space between the dome and the annex buildings is covered by a flat roof. The flat roof consists of a three-level steel construction with a maximum span of 29 m. For 75 years the dome and the flat roof area were used for market purposes until, due to changes in the consumer goods distribution system, a new use had to be found for the complex [2]. For this purpose an investor competition took place in 2004. The successful project of Allreal and Blaser Architekten AG consisted of adding a residential building and extending the basement areas to

Das erfolgreiche Projekt von Allreal und Blaser Architekten AG sah nebst der Instandsetzung der denkmalgeschützten Kuppel die Ergänzung des Ensembles mit einem Wohnhochhaus vor sowie die umfangreiche Erweiterung der Untergeschossbereiche für die Schaffung von Parking- und Nebenräumen für die künftige Event-, Einkaufs-, Wohn- und Büronutzung.

Statik der Kuppel

Der Entwurf der Kuppel basiert auf Grundlagen, die von Franz Dischinger (1887–1953) erarbeitet wurden. Dischinger hat in verschiedenen Bereichen des Stahlbetonbaus herausragende Leistungen erbracht. Besonders intensiv beschäftigte er sich mit der Theorie und Herstellung von Schalenkonstruktionen [3, 4, 5]. Seine Überlegungen zur Ermittlung des Kräfteflusses konnten mit den damals verfügbaren Berechnungshilfsmitteln ausgewertet werden und führten zu Resultaten, die die Umsetzung in der Praxis ermöglichten.

Die Grundüberlegungen sind einfach. Mit den Gleichgewichtsbedingungen am Schnittkörper und den zugehörigen Randbedingungen kann die Statik eines Tonnen-

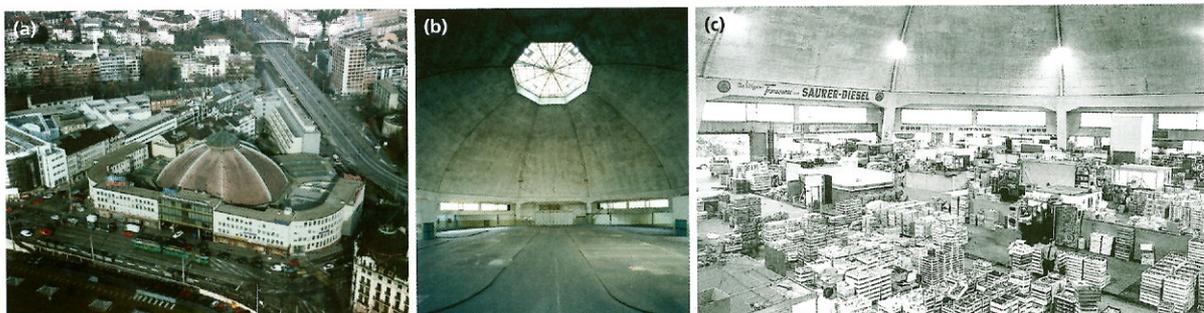


Fig. 1

a) Luftbild der Anlage und b) und c) Innenansicht der Kuppel vor Umbau und Instandsetzung.

a) Aerial photo of building and b) and c) interior view of the dome before reconstruction and rehabilitation.

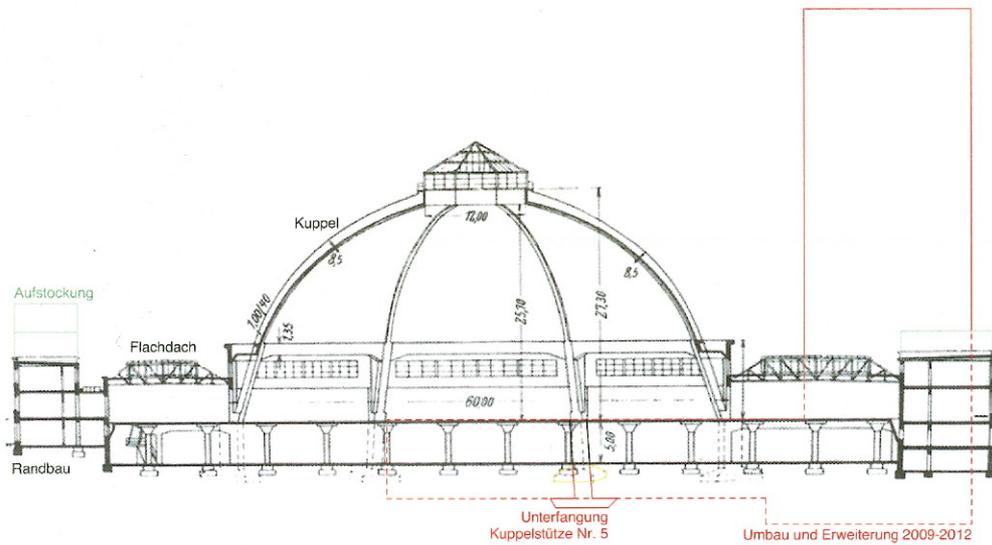


Fig. 2
Anlage der Markthalle Basel. Ursprüngliche Bausubstanz von 1928/29, spätere Aufstockungen und Umbau- und Erweiterung 2009–2012.
Market hall complex. Original structure from 1928/29; added stories and extensions during the reconstruction work from 2009–2012.

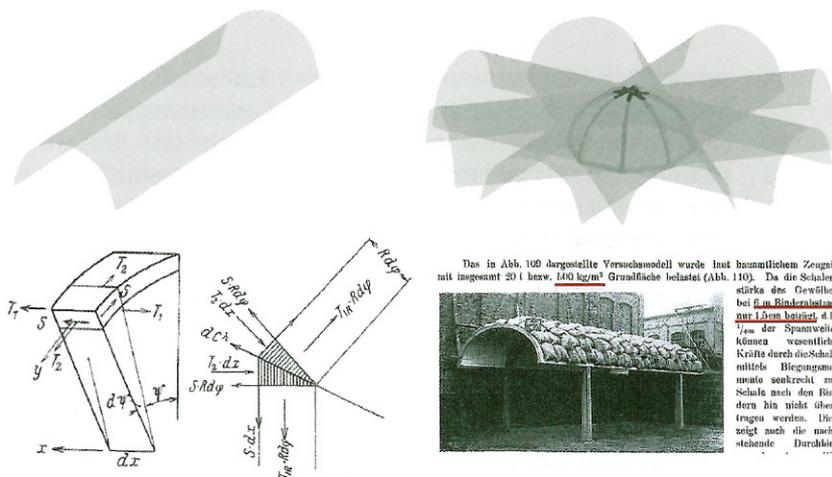


Fig. 3
Grundlagen der Rippenschalenstatik und Versuch am Tonnengewölbe.
Basics of the structural analysis of the ribbed shell and test on barrel vault.

provide more space for car parking and side rooms for events, shopping, apartments and offices. Extensive maintenance works were suggested to renew and preserve the complex with its historically protected dome construction.

Structural analysis of the dome

The design of the dome construction is based on the principles established by Fanz Dischinger (1887–1953). Dischinger provided outstanding contributions in

gewölbes erfasst werden. Die so erkannte Leistungsfähigkeit dieses einfachen Schalensystems hat Dischinger im Versuch demonstriert: Das Tonnengewölbe mit Spannweite 6 m und Wandstärke 15 mm ist mit dünnen Drähten bewehrt und trägt eine verteilte Last von 500 kg/m².

Wenn man das Tonnengewölbe mehrmals im Grundriss verdreht, entsteht eine Schnittfigur, die der Rippenkuppel entspricht. Aus dieser Verwandtschaft folgt auch eine Analogie in der Statik: der Kräftefluss in der Rippenkuppel

various fields of reinforced concrete applications. However, his main focus was on the theory and production of shell structures [3, 4, 5]. His approach for analyzing the force flow could be evaluated with the calculations available of that time. This allowed him to derive useful results for real applications. The basic principles of the approach are simple. Equilibrium of the forces in a free body diagram and the corresponding boundary conditions are used to describe the structural behaviour of a barrel vault. Dischinger de-

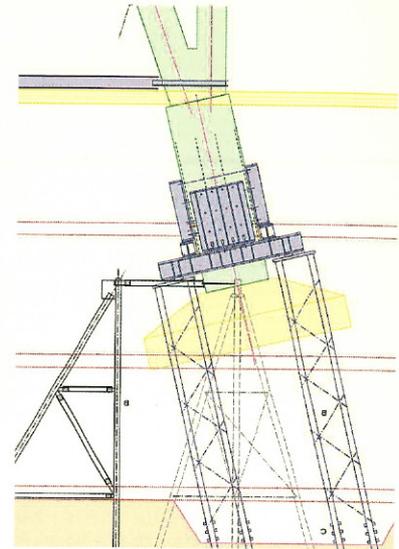


Fig. 4

Bauzustand für die Erstellung neuer Kellerräume. Abfangung der Hauptstütze Nr. 5.

Construction site during the construction of new basement levels. Temporary support of the main column No. 5.

folgt aus den Überlegungen am Tonnengewölbe, wenn dazu noch die Umlenkkräfte in den Schnittgraten berücksichtigt werden.

Umbau und Erweiterung

Die Bestandteile der alten Anlage folgen einem polaren System, unterschiedlich gerichteten orthogonalen Rastern sowie ergänzen-

monstrated the resulting load-bearing capacity of this simple shell system experimentally by showing that a 15 mm thick barrel vault with a span of 6 m and a thin wire reinforcement was able to carry a load of 500 kg/m².

By repeatedly rotating the vault barrel in the ground plan, an intersection figure, which corresponds to a regular ribbed shell, is obtained. Therefore, the simple static principles of a vault can be used to analyze such a dome, if additional deviation forces in the ribs are considered.

Reconstruction and Extensions

The different parts of the old complex follow a polar system with variously-orientated orthogonal grids and some additional freehand lines. The extension project aimed at maximizing the gain of new useable areas. Embedment in the existing structure caused complex three-dimensional situations and demanding interactions between excavation, demolition and new structures. In the northern part of the site four new basement levels were built under the floor of the hall. One of the main dome columns was

den Freihandformen. Im Rahmen der Erweiterung wurde eine Maximierung des Nutzflächengewinns angestrebt. Die Einbettung in die bestehende Substanz führte zu komplexen räumlichen Verhältnissen und zu anspruchsvollen Verflechtungen zwischen Aushub, Abbruch und Neubau.

Im nördlichen Bereich der Anlage wurden vier neue Kellergeschosse in den Boden unter der Halle eingelassen. Da eine der bestehenden Hauptstützen in dieser Zone stand und sich deren Fundamentsohle ca. 4,5 m über der neuen Bodenplatte befand, musste die Stütze abgefangen, verlängert und auf tieferem Niveau neu fundiert werden. Die Abfangung war so zu konstruieren, dass eine direkte Abtragung (d.h. in Stützenrichtung in den Baugrund) der Gebrauchskraft von 3,8 MN stets gewährleistet war. Seitliche Stützkonstruktionen besorgten die Stabilisierung des Gebildes gegen Einwirkungen aus toleranzbedingtem exzentrischem Lastfluss, Wind und Erdbeben. Zur Minimierung der lokalen Kuppelsetzung wurde die Abfangkonstruktion mit hydraulischen Pressen um den Betrag der errechneten Stützenkraft vorbelastet.

Projektdaten/Project data

Bauherr/Owner

Allreal, Zürich

Bauingenieure/Structural engineers

Walt+Galmarini AG, Zürich,
Ulaga Partner AG, Basel

Architekten/Architects

Blaser Architekten AG, Basel

Kenndaten

Gesamte Grundfläche: 9300 m²

Kuppelraum: 3000 m²

Höhe Kuppel: 25,7m

Tragwerk Kuppel: Achteckige Rippen-

schale aus Stahlbeton

Erstellung: 1928–1929

Umbau und Instandsetzung:

2009–2012

Specifications

Total area: 9300 m²

Dome area: 3000 m²

Dome height: 25.7 m

Dome structure: Octagonal rib shell
made of reinforced concrete

Construction phase: 1928–1929

Reconstruction and rehabilitation:
2009–2012

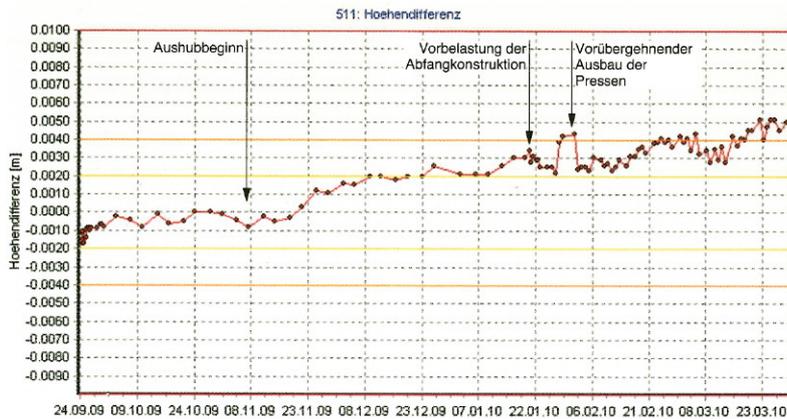


Fig. 5
Deformationsüberwachung. Messreihe der Vertikalbewegung von Stütze Nr. 5.
Deformation monitoring. Measured vertical displacement of main column No. 5.



located in this area. Its footing was 4.5 m above the future base slab. This meant that the column had to be lengthened and founded again on a new lower level. A temporary support construction had to be built to ensure the transfer of the 3.8 MN service load into the ground during the entire construction period. Additional side structures were constructed to stabilize the system for lateral loads caused by eccentric loads, earthquakes or wind. To minimize local dome settlements, hydraulic jacks were installed to preload the temporary support structure according to the estimated column force. The column was approximately five months in this "hovering" state. During this period, the dome deformations were monitored permanently. For this purpose, the x-, y- and z-movements of 33 measurement points were registered, evaluated and displayed daily on an Internet platform. The data shows that the loading of the temporary support construction caused displacements of less than 1 mm. Much larger displacements were caused by the seasonal "breathing" of the dome due to temperature-induced deformations and ground heave

Der «Schwebezustand» dauerte – bauablaufbedingt – etwa fünf Monate. In dieser Zeit wurden die Kuppeldeformationen permanent überwacht. Zu diesem Zweck wurden täglich die x-, y- und z-Verschiebungen von 33 Punkten gemessen, ausgewertet und über das Internet bereitgestellt. Die Messreihe zeigt, dass beim Anheben der Stütze eine Bewegung von weniger als 1 mm stattfand. Viel stärkere Verschiebungen der Punkte verursachten das «Atmen» der Kuppel infolge temperaturbedingter Formänderungsvorgänge sowie eine Geländehebung im Bereich grosser Aushubarbeiten [6].

Instandsetzung

Die Anlage wurde seit der Erstellung genutzt und war in dieser Zeit einer Serie von Schädigungsmechanismen ausgesetzt. Der Marktbetrieb brachte auch feuchte bis nasse Güter ein und die aufsteigende Feuchtigkeit kondensierte an der minimal gedämmten Betonschale. Die in die Halle einfahrenden Fahrzeuge schleppten in der kalten Jahreszeit taumittelhaltiges Wasser ein, das seinen Weg zu den Hauptstützen der Kuppel fand. Wind-

due to neighboring excavation work [6].

Rehabilitation

After its completion in 1929, the complex was in permanent use. It was exposed to a series of deteriorating mechanisms. Due to its use as a food market moist and wet goods were stored in the hall. The rising moisture condensed on the surface of the poorly insulated concrete dome shell. During cold periods, transport vehicles brought in water contain-

Referenzen/References

- [1] J. Braun; Denkschrift anlässlich der Vollendung und Einweihung der Gross-Markthalle Basel. Basel. Oktober 1992, 45 S.
- [2] Finanzdepartement des Kantons Basel-Stadt; Markthalle Basel, September 2005.
- [3] H.J. Kraus, F. Dischinger; Handbuch für Eisenbetonbau, Hochbau, II. Verlag Wilhelm Ernst&Sohn, Berlin, 1928, 389 S.
- [4] M. Specht; Spannweite der Gedanken. Springer-Verlag, Berlin, 1987, 220S.
- [5] F. Dischinger, U. Finsterwalder; Die weitere Entwicklung der Schalenbauweise. Zeiss-Dywidag, Wiesbaden, 1929.
- [6] D. Weiss, T. Ulaga; Auf Zahnstochern. TEC21 35/2010.



Fig. 6

a) Kuppelschale vor und nach der Betonreparatur. b) Hauptstütze Nr. 4 mit ergänzter Bewehrung vor der Reprofilierung.
 a) Dome shell before and after the concrete renewal. b) Main column No. 4 with additional reinforcement before cover concrete was reapplied.

ereignisse verursachten hin und wieder Schäden an der Dachhaut aus Faserzementplatten. Wasser-schnäuze zeugen von vermutlich anhaltend undichten Stellen.

Auf diese Weise entstanden viele klein- bis grossflächige Zonen mit stark korrosionsförderndem Milieu. Der nur moderat verdichtete, teilweise sehr filigrane und tiefgründig karbonatisierte Beton konnte die innere Bewehrung nur noch bedingt schützen. Risse, Abplatzungen und Hohlstellen wiesen auf ausgeprägte Korrosionsvorgänge hin. Bis zum Umbau hatte nie eine vollumfängliche Instandsetzung stattgefunden, sodass ein aufgestauter Massnahmenbedarf vorlag.

Die mangelhaften Beton-zonen wurden von losem und bröckeligem und ebenso von chloridhaltigem Material befreit. Bewehrungen wurden wo nötig ergänzt. Der neue Überbeton wurde unter konsequenter Einhaltung der ursprünglichen Geometrie aufgebracht. Damit künftig keine Korrosionsprozesse mehr stattfinden, wurde grosser Wert auf die Trockenlegung der Betonbauteile gelegt. Durch die künftige Nutzung war das ohnehin in den meisten Bereichen gegeben. Nur auf aus-

ing de-icing salt, which found its way to the main columns. Windstorms damaged the roof skin and water traces on the inside of the shell indicated leakages. Hence, there was a multitude of small and large areas with corrosive environments. The existing poorly compacted concrete with rather delicate components was excessively carbonated and therefore it could not protect the internal steel reinforcement sufficiently. Cracks, concrete spalling and voids indicated the presence of intensive corrosion. As no previous comprehensive maintenance projects had been carried out, all these accumulated deficiencies required extensive repair works. Loose and chloride-containing material was removed from damaged concrete zones. The reinforcement was replaced where necessary. The new concrete cover was applied strictly, maintaining the former geometry. In order to preserve the structure it was necessary to ensure that all members remain dry. The future use generally supports this requirement. Thus, highly exposed areas are fitted with water-repellent systems and sealings.

gewählten Stellen wurde mit Hydrophobierung oder Beschichtung ein zusätzlicher Schutz vor flüssigem oder dampfförmigem Wasser realisiert.

Autoren/Authors

Tomaž Ulaga
 Dr. sc. techn., dipl. Bauing. ETH SIA
 tomaz.ulaga@ulagapartner.ch

Dominik Weiss
 dipl. Bauing. ETH HTL SIA
 dominik.weiss@ulagapartner.ch

Uлага Partner AG
 CH-4051 Basel