

## Geraldine Buchenau, Landesamt für Denkmalpflege Baden-Württemberg, Esslingen

Der Architekt Erich Schelling gewann den Ideenwettbewerb, den die Stadt Karlsruhe im Oktober 1952 zur Bebauung des Geländes südlich des Festplatzes ausgeschrieben hatte. Hauptbestandteil seines Entwurfs war eine im Grundriss ellipsenförmige Halle für Ausstellungen, Sport- und festliche Veranstaltungen, deren zweifach gekrümmte Hängeschale auf 36 leicht nach innen geneigten Stützen ruht. Die außergewöhnlichen Reize seines Entwurfs für die neue Kongresshalle machen die Leichtigkeit und die Durchsichtigkeit der vorgeschlagenen Konstruktion aus (Bild 1). Mit der Zusicherung durch das damals größte deutsche Bauunternehmen Dyckerhoff & Widmann AG, die Halle sei in ihrer Form technisch und statisch ausführbar, gab der damalige Oberbürgermeister Günther Klotz den Zuschlag. Der Gesellschafter und Chefkonstrukteur von DYWIDAG, Ulrich Finsterwalder, wurde im Februar 1953 mit der Durcharbeitung der Ausführungsunterlagen betraut. Auf der Basis seiner Prämissen: „Architekt und Ingenieur arbeiten gemeinsam unter Wahrung der konstruktiven Grundgedanken und zu deren Ausformung. Beide müssen von dem Bestreben durchdrungen sein, ein Kunstwerk zu schaffen.“ konnte die überaus kühne Dachkonstruktion entstehen. Für die konstruktive Umsetzung des sattelförmigen Schalendaches nutze Finsterwalder sein 1949 entwickeltes DYWIDAG-Spannverfahren – sein wohl größter Beitrag im Betonbau der Nachkriegszeit.

Am 13. Januar 1953 wurde mit dem Bau der Kongresshalle in Karlsruhe begonnen. Bis dahin hatte die Firma Dyckerhoff & Widmann Erfahrungen im Bau von Spannbetonbrücken gesammelt. Nun sollten die Vorspannstäbe aus hochwertigem Stahl (St 60/90) zu Haupttragteilen des Karlsruher Hallendaches werden. Bereits am 22. August 1953 wurde die Halle, wie gewünscht, zur 5. Deutschen Heilmittelmesse eröffnet und eingeweiht. Entstanden war Europas erstes selbsttragendes Hängedach aus Spannbeton. Günther Klotz taufte die Halle auf den Namen Schwarzwaldhalle.

Das Hängedach der Schwarzwaldhalle spannt über eine annähernd elliptische Grundfläche mit Hauptachsen von 74 m in Längs- und 48 m in Querrichtung. Die dünne Schale, die aufgrund ihres Durchhangs unter Zug steht, wurde gegen Verformung und Rissbildung vorgespannt. Dazu wurden in Tragrichtung in Abständen von 40 cm in Hüllrohren verlaufende Rundspannstäbe verwendet. Die Dicke der Schale resultiert aus der Unterbringung der Hüllrohre zusammen mit einer Lage schlaffer Mattenbewehrung. So ergab sich eine Schalendicke von lediglich 5,8 cm. Die dünne Schale verdickt sich in den Endbereichen infolge eines dort höheren Bewehrungsgehaltes auf 13,8 cm.

In Querrichtung gibt die doppeltgekrümmte Schale, ihre Kräfte in ebenfalls vorgespannte Querstäbe ab. Im Abstand von 5 m wurden jeweils vier Spannstäbe angeordnet, die aufgrund ihres Platzbedarfs die Schale alle 5 m um eine 4 cm dicke Querrippe verstärken. Um der Deckenunterseite eine angenehme Struktur zu geben, wurden die Querrippen um Längsrippen ergänzt, so dass sich eine Kassettierung mit Feldern von ca. 5 m x 5 m ergab (Bild 2).

Finsterwalder verankerte den druckvorgespannten Betonteppeich, wie Frei Otto ihn beschrieb, in einem der Gesimslinieentsprechend gekrümmten, umlaufenden Stahlbetondruckring. Dergeschlossene Randbalken übernimmt die Lasten, gleicht die Horizontalkräfte aus und leitet die Vertikalkomponenten über die Stützen ab. Die Felder zwischen den 12 bis 18 m hohen Stützen wurden im unteren Bereich mit Kristallspiegelglas und im oberen Bereich mit bis zu 60 m<sup>2</sup> großen Dickglasflächen ausgefacht (vgl. Bild 2). Durch ihre feingliedrige durchsichtige Fassade und zusammen mit dem leichten Satteldach steht die Schwarzwaldhalle im Kontrast zu schweren Fassaden repräsentativer NS-Bauten und ist damit ein früher Stellvertreter der Entwicklung der Moderne. 1998 wurde sie zum Kulturdenkmal ernannt. Sie gilt

als Meilenstein der technischen Entwicklung und als Dokument der baulichen Tendenz in den 1950er Jahren. Ihre exemplarischen und dokumentarischen Werte sind von besonderem öffentlichem Interesse, weshalb die Schwarzwaldhalle 2000 zu einem Kulturdenkmal von besonderer Bedeutung erhoben wurde. Bis heute gehört die Schwarzwaldhalle zu den glücklichen Bauten: keine Unfälle, keine Katastrophen und keine Materialermüdung. Um den Zustand des filigranen Daches zur Sicherheit zu überwachen, wurden die Spannglieder 1993 erstmals durch das Institut für Massivbau und Baustofftechnologie der Uni Karlsruhe (heute KIT – Karlsruher Institut für Technologie) untersucht. Im Zuge der jüngsten Sanierung des Daches im Jahre 2006 war die gesamte Dacheindeckung zu entfernen, wodurch sich die Gelegenheit bot, Untersuchungen für zusätzlich Aussagen über den Gesamtzustand des Daches durchzuführen. Die Stadt Karlsruhe beauftragte das KIT, die Spannglieder und die Spanngliedverankerungen des Daches zu untersuchen und ein Überwachungskonzept wurde entwickelt.

Aufgrund der Untersuchungen wurde eine Realkalisierungsmaßnahme vorgeschlagen und als komplette Dacheindeckung eine Polyurethan-Abdichtung verwendet. Infolge einer grenzwertigen Chloridbelastung des Betons zeigten die Hüllrohre der Spannglieder deutliche Korrosionsspuren. Der Einpressmörtel wies große alkalische Reserven auf und auch der Zustand der Spanngliedverankerungen wurde als gut und unbedenklich eingestuft.

Das Überwachungskonzept schließt ein Monitoring unter der Einwirkung verschiedener Lasten sowie unter Berücksichtigung des Alters der Baustoffe ein. Auf der Dachoberfläche sind seit 2006 Dehnungs- und Temperaturlaufnehmer angeordnet. Die installierte Messanlage liefert stündlich Daten zur Beurteilung des Hallendachzustandes. Begleitet werden die Messungen durch Finite-Elemente-Berechnungen, die auf Basis von Schwingungsmessungen regelmäßig kalibriert werden. Mit einem für das Tragwerk geeigneten Finite-Elemente-Modell wurden Szenarien für den Ausfall einzelner Spannglieder simuliert. Durch die rechnerische Vorhersage der Auswirkungen von Schädigungen konnte wiederum die Lage der Sensoren zur Bauwerksüberwachung optimiert werden. Aktuell ist eine Erweiterung des Monitorings im Frühjahr 2019 geplant.

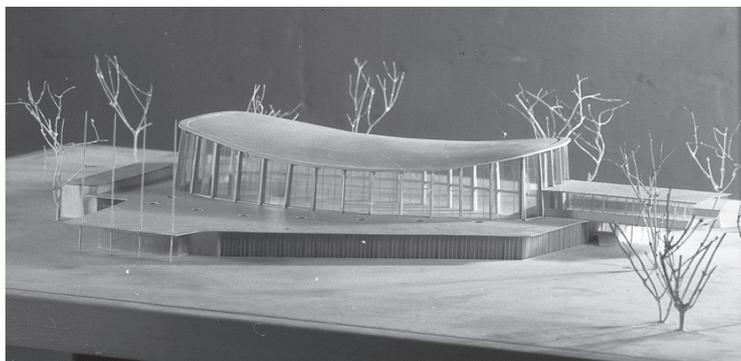


Abb. 1: Erich Schellings Entwurfsmodell, 1952

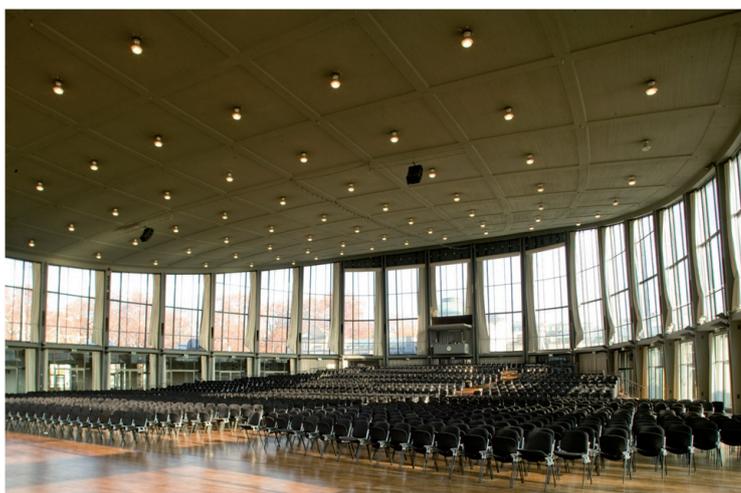


Bild 2: Deckenuntersicht mit schalungsrauer Kassettierung (Foto: LAD im RPS, Dienstsitz KA, Bernd Hausner)