

Ulrich Finsterwalder 1897–1988

Ein Leben für den Betonbau

ULRICH FINSTERWALDER zu seinem 25. Todestag gewidmet

ULRICH FINSTERWALDER zählt neben FRANZ DISCHINGER und FRITZ LEONHARDT zu den größten Ingenieuren des Stahl- und Spannbetonbaus. Von der Entwicklung der Tonnenschalen und des Spannbetonbrückenbaus bis hin zum Bau von Schiffen aus Stahlbeton sind viele bedeutende Meilensteine dieser Bauweise auf ihn zurückzuführen. Der 1897 in München geborene Ausnahmeingenieur formte rund 50 Jahre lang die Firma Dyckerhoff & Widmann als Chefingenieur und Mitglied der Geschäftsleitung. Wie kaum von einem anderen Ingenieur bekannt ist, gelang es ihm, zahlreiche Erfindungen zu machen, die den Stahlbetonbau weiterentwickelten, und Bauwerke jeder Art in einer Qualität und Quantität selber zu bauen oder mittelbar zu beeinflussen. Durch seine Schule gingen zahlreiche spätere Professoren für Stahlbetonbau und Statik sowie Inhaber weltweit bedeutender Ingenieurbüros hervor. Am 5. Dezember 2013 jährt sich der Todestag von ULRICH FINSTERWALDER zum 25. Mal. Zu seinem Gedenken findet im Deutschen Museum in München am 1. Oktober 2013 die Tagung „ULRICH FINSTERWALDER – Ein Leben für den Betonbau“ statt.

A life for concrete construction

Dedicated to the 25th anniversary of the death of ULRICH FINSTERWALDER

ULRICH FINSTERWALDER belongs alongside FRANZ DISCHINGER and FRITZ LEONHARDT to the greatest engineers in the fields of reinforced and prestressed concrete construction. There are many notable milestones in the way he built; from the development of barrel-vaults and prestressed concrete bridge construction, to building of ships with reinforced concrete. Born in 1897 in Munich, this exceptional engineer significantly shaped for about 50 years the Dyckerhoff & Widmann Company as its chief engineer and board member. As hardly any other engineer of his generation, he succeeded in realising numerous inventions, which led to an energetic development of reinforced concrete structures. Amongst them were a wide range of buildings, which he oversaw for their quality and quantity. Through his school passed many engineers who later in their careers became professors for reinforced concrete construction or founders of worldwide acknowledged engineering offices. December the 5th 2013 will be the 25th anniversary of ULRICH FINSTERWALDER's death. On October 1st 2013 a commemorative meeting will be held in the German Museum in Munich titled „ULRICH FINSTERWALDER – A life for concrete construction“.

1 Einleitung

„Alle diese anspruchsvollen Konstruktionen wurden von der Genialität von Dr. FINSTERWALDER begleitet. Seine überragenden Fähigkeiten im Umgang mit dem Spiel der Kräfte und das Umsetzen in die Wirklichkeit versetzten jeden von uns ins Staunen ... Ich durfte auch noch an seinem 90. Geburtstag erleben, wie sehr ihm an der Gestaltung des Querschnitts vom in der Planung befindlichen Brennerbasistunnel gelegen war, und an dem er selbst am Reißbrett arbeitete.“ So schreibt LEONHARD OBERMEYER, ehemaliger Mitarbeiter von FINSTERWALDER und Gründer eines der größten Ingenieurbüros für Bauwesen [1].

Einer seiner Mitarbeiter erinnert sich, dass er halb ehrfurchtsvoll, halb despektierlich „Fi“ genannt wird. *„Der „Fi“ kennt und nutzt Rechenverfahren, von denen die jüngeren Mitarbeiter noch nie gehört haben. In konzentrierten, anstrengenden Gesprächen mit seinen engeren Mitarbeitern, die meist bis in die Nacht hinein dauern, besteht das Handwerkszeug des „Altmeisters“ aus einem 15 cm langen Rechenschieber, einem Bleistift und einem Blatt kariertem Papier. Auf diesem stehen links oben die*

vorgegebenen Zwangspunkte und die Belastung, rechts unten der Preis [2].“

2 Lebensweg eines Pioniers

ULRICH FINSTERWALDER (Bild 1) wird am 25. Dezember 1897 in München geboren. Seine Mutter FRANZISKA (geb. MALEPEL) stammt aus einer Südtiroler Mühle bei Brixen. Ihr werden sein Sinn für unternehmerisches Handeln und seine Ausdauer und Zähigkeit zugeschrieben. Von seinem Vater SEBASTIAN FINSTERWALDER, Professor für Geometrie an der Technischen Hochschule München, soll er die mathematisch-technische Begabung geerbt haben [3].

1916 legt er in München sein Abitur ab, wird gleich zu den Pionieren eingezogen und muss in den Krieg ziehen. Die Jahre 1918 bis 1920 in französischer Kriegsgefangenschaft nutzt er zum Teil für seine Weiterbildung in Mathematik. Der Dreißigjährige schreibt sich nach Anraten seines Vaters zum Wintersemester 1920/21 an der TH München zunächst in der Fachrichtung Maschinenbau ein, wechselt jedoch zum Sommersemester 1921 zum



Bild 1 ULRICH FINSTERWALDER
ULRICH FINSTERWALDER

Bauingenieurwesen; ein Glück für die Entwicklung des Stahlbetonbaus, wie sich herausstellen wird. Er schreibt [4]: „Als ich 1920 nach vierjährigem Kriegsdienst das Studium als Bauingenieur an der TH München beginnen wollte, wurde mir von meinem Vater, der dort den Lehrstuhl für Darstellende Geometrie inne hatte, abgeraten. Seine Fachkollegen meinten, dass auf diesem Gebiet nichts mehr zu entwickeln wäre und ich deshalb ein anderes Fach, nämlich das Maschinenwesen studieren sollte. Ich ließ mich aber nicht abhalten.“

Sein Professor für Mechanik an der TH München ist LUDWIG FÖPPL. Er erweckt in ihm das Interesse für Schalenkonstruktionen, was den ehrgeizigen Studenten dazu führt, seine Diplomarbeit über die Theorie der Netzwerkschalen anzufertigen. Gleichzeitig entwickelt FINSTERWALDER die Theorie der querversteiften Zylinderschalen.

Um 1923 arbeiten zwei wichtige Persönlichkeiten an der Theorie und Herstellung von dünnwandigen Kugelschalen. WALTER BAUERSFELD, Forschungsleiter der Zeiss-Werke in Jena für Planetariumskuppeln und ein bekannter Physiker, und FRANZ DISCHINGER, der führende Statiker und Oberingenieur der Firma Dyckerhoff & Widmann.

Der junge Absolvent FINSTERWALDER bewirbt sich mit Erfolg bei D&W und wird zunächst als Verbindungsmann für die Weiterentwicklung der Schalenbauweise zu CARL ZEISS nach Jena geschickt. FINSTERWALDER schreibt: „Ein Schulfreund, der ... im Zeisswerk in Jena tätig war, hatte mir interessante Dinge vom Bau einer Planetariumskuppel erzählt. Es handelte sich um ein filigranes kugelförmiges Netzwerk von 16 m Durchmesser, mit dem die Form hergestellt wurde. Das Netzwerk wurde nach dem Torkretverfahren einbetoniert, um sowohl einen Pro-

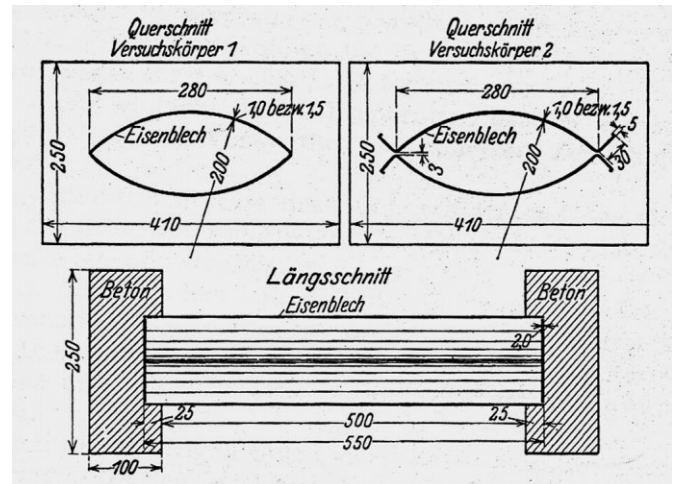


Bild 2 Skizze der mit Blechzylinder angestellten Versuche über die Kreis-segmenttonnen
Sketch of an experiment for circular segment vaults using tin cylinders

jektionsschirm für die Darstellung des Sternenhimmels als auch einen Raum für die Zuschauer zu bieten [4].“

In den folgenden zwei Jahren arbeitet er in Jena an der 40 m weit gespannten und mit 7,9 m Pfeilhöhe sehr flachen Schalenkuppel der Glaswerke Schott, einer Schwes-terfirma der Zeisswerke. Die Schale hat eine Dicke von nur 6 cm, weswegen von ihrem Bau etliche Fachleute dringend abraten [5].

FINSTERWALDER studiert die Wirkungsweise der zylindrischen Schalen an Blechmodellen (Bild 2), um die Richtigkeit der Membrantheorie der Zylinderschale durch Messungen der Formänderung zu überprüfen. Seine Erkenntnisse baut er zur Biegetheorie der freitragenden Kreis-zylindersegmentschale (Bild 3) aus und promoviert damit 1930 bei LUDWIG FÖPPL mit Auszeichnung [3, 6]. Diese Arbeit wird zur theoretischen Grundlage der „Zeiss-Dywidag-Schalenbauweise.“

1925 kommt FINSTERWALDER in das Konstruktionsbüro der Hauptverwaltung nach Wiesbaden-Biebrich, wo er mit dem zehn Jahre älteren FRANZ DISCHINGER zusammenarbeiten kann. Unter seiner Leitung baut er 1926/28 die Großmarkthalle in Frankfurt. Mit 15 zylindrischen Schalenträgern von 7 cm Dicke wird ein Raum von $50 \times 260 \text{ m}^2$ überdacht (Bild 4).

1930, im Jahr seiner Promotion, heiratet er EVA HABILD, die Tochter eines D&W Ingenieurs.

Nach der Berufung von FRANZ DISCHINGER an die Technische Hochschule Berlin Charlottenburg wird Dr. FINSTERWALDER Chefkonstrukteur der Firma Dywidag und formt sie insgesamt 50 Jahre lang. 1933 übernimmt er als Chefkonstrukteur die Leitung des Konstruktionsbüros der Hauptverwaltung in Berlin. 1941, während des Zweiten Weltkriegs, wird er Mitglied der Geschäftsleitung. Nach dem Krieg steigt er 1948 zum persönlich haftenden

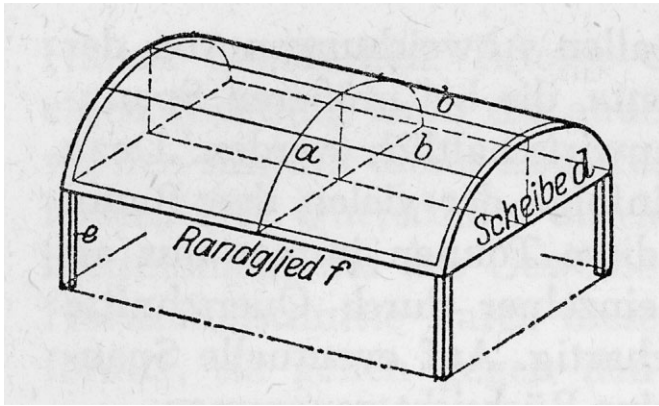


Bild 3 Einfach gekrümmte Zeiss-Dywidag-Schale
Simply curved Zeiss-Dywidag-Shell



Bild 4 Großmarkthalle Frankfurt, 1928
Central Market Hall Frankfurt, 1928

Gesellschafter auf und übernimmt die Aufgabe, die Konstruktionsbüros der Firma wieder aufzubauen.

Die Berufung an den Lehrstuhl für Massivbau der Technischen Hochschule München und an andere Hochschulen lehnt er z. T. selbst ab, z. T. werden die Berufungen durch die Nationalsozialisten verhindert, weil er kein Parteimitglied ist. In erster Linie will FINSTERWALDER seine Vorstellungen unbedingt in die Praxis umsetzen. Als Chefkonstrukteur einer Großfirma stehen ihm ein technisches Büro mit versierten und engagierten Ingenieuren aller im Bau beteiligten Fachrichtungen von Statik bis Kalkulation und Baubetrieb sowie eine materialtechnische Versuchsanstalt zur Verfügung. Es gelingt ihm, zahlreiche Erfindungen zu machen, die den Stahlbetonbau weiterentwickeln und Bauwerke jeder Art in einer Qualität und Quantität selber zu bauen oder mittelbar zu beeinflussen, wie es kaum von einem anderen Ingenieur bekannt ist.

FINSTERWALDER bildet mehrere Generationen von hervorragenden Ingenieuren in „seiner“ Firma aus. Durch seine Schule gehen zahlreiche spätere Professoren für Stahlbetonbau und Statik sowie Inhaber und Leiter weltweit bedeutender Ingenieurbüros und Firmen, wie z. B. HUBERT RÜSCH, ANTON TEDESKO, LEONHARDT OBERMEYER, HERBERT KUPFER, GEORG KNITTEL und DIETER

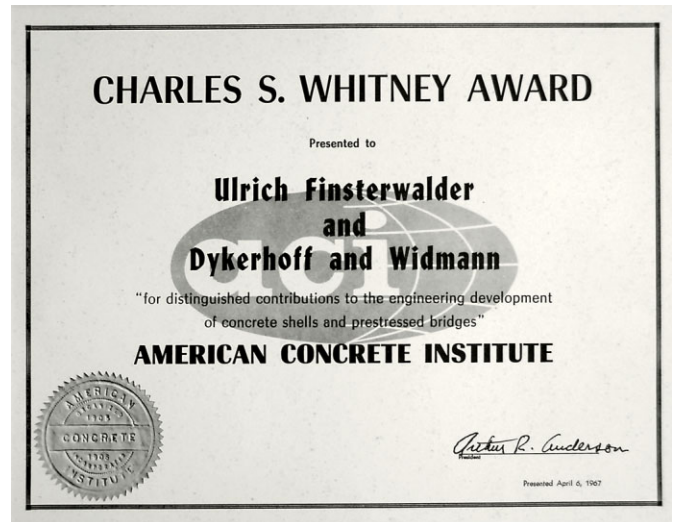


Bild 5 Zertifikat zur Erlangung der CHARLES-WHITNEY-Medaille
Certification for obtaining the CHARLES-WHITNEY-Medal

JUNGWIRTH. Besonders hervorzuheben sind auch der Brückenspezialist HERBERT SCHAMBECK und HELMUT BOMHARD, der für alle „Nichtbrückenbauten“ zuständig ist.

Pionierarbeit leistet er nicht nur bei Schalenbauten und Hallen. Es gibt kaum einen Bereich des Stahlbetonbaus, in dem FINSTERWALDER keine Spuren hinterlässt. Um nur einige zu nennen: Stahlbetonfachwerkträger mit Vorspannung durch Eigengewicht, Boote und Schwimmkörper aus Stahlbeton, Bauten für den Luftschutz und Hochbauten wie die BMW-Verwaltung in München, Spannbetonbrückenbau – insbesondere die Entwicklung des freien Vorbaus – und Hängedächer wie bei der Schwarzwaldhalle in Karlsruhe, bis hin zu vorgespannten Eisenbahnschwellen. Und nicht zu vergessen; seine Entwürfe für den Brenner Basistunnel und für die Unterquerung der Meeresenge von Messina, an denen er noch mit 90 Jahren arbeitet.

Für sein Lebenswerk wird er mehrfach geehrt (Bild 5). Unter anderem erhält er

- 1950 die Ehrendoktorwürde der TH Darmstadt,
- 1968 die Ehrendoktorwürde der TH München,
- 1953 die EMIL-MÖRSCH-Denkmünze des Deutschen Beton-Vereins,
- 1963 das Große Verdienstkreuz der Bundesrepublik Deutschland.
- 1968 wird er zum Außerordentlichen Mitglied der Akademie der Künste Berlin ernannt.
- 1970 erhält er die FREYSSINET-Medaille.
- 1976 wird er als erster Ausländer Mitglied der National Academy of Engineering der Vereinigten Staaten.

Ein Jahr später erhält er als erster Brückenbauer den Preis der Internationalen Vereinigung für Brückenbau und Hochbau IVBH. In über 80 Aufsätzen und Vorträgen veröffentlicht FINSTERWALDER seine Erfindungen und

Entwürfe, die den Ingenieurbau nicht nur in Deutschland, sondern weltweit beeinflussen und weiterentwickeln.

Mit 76 Jahren und nach 50-jähriger Berufstätigkeit scheidet FINSTERWALDER 1973 aus dem aktiven Firmendienst aus und ist noch weitere 15 Jahre als unabhängiger Beratender Ingenieur tätig. Seinen Arbeitsraum bei Dywidag behält er jedoch bei. Unter anderem wird er bei Großprojekten wie bei der Brücke über die Meerenge von Messina und dem Brenner Basistunnel als Berater hinzugezogen.

Am 5. Dezember 1988 stirbt er in München.

3 Sein Lebenswerk

3.1 Anfänge bei Dyckerhoff & Widmann

Die Membrantheorie der querversteiften Zylinderschalen (vgl. Bild 3) entwickelt FINSTERWALDER gleichzeitig mit BAUERSFELD, dem Forschungsleiter der Zeiss-Werke, aber unabhängig von ihm. Er erkennt, dass die Tonnenschale äußerlich wie ein Plattenbalken wirkt, bei welchem die gewölbte Schale die Rolle der Druckplatte übernimmt. Am unteren Tonnendrand entsteht in der Längsrichtung ein starker Zug. Zur Aufnahme dieser Zugkraft ist ein sog. Randglied erforderlich [7].

Nach Versuchen mit Papp- und Blechmodellen wird 1925 eine erste Eisenbeton-Versuchstonne im Fabrikhof der Dywidag in Biebrich erbaut und mit 500 kg/m^2 belastet, ohne dass Risse festgestellt werden.

Während bisher bei der Herstellung der Schalenkuppeln das Zeiss-Netzwerk einbetoniert wurde und damit verloren ging, wird bei den neueren Ausführungen ein doppeltes, dadurch viel steiferes Netzwerk als Gerüst eingesetzt, das wiederverwendet werden kann (Bild 6). Anwendungsbeispiele hierzu sind die Kuppel des Elektrizitätswerks Frankfurt am Main, 1927, die bei 26 m Spannweite und 3,5 m Stich eine Schalenstärke von nur 4 cm besitzt, und das Tonnendach der Großmarkthalle in Frankfurt a. M. mit einer Dicke von 7 cm.

Die beiden Dywidag-Ingenieure DISCHINGER und FINSTERWALDER erkennen, dass die Schalen mit runden und ähnlichen Grundrissen in der Anwendung sehr beschränkt sind und suchen nach Lösungen, mit denen sich auch rechteckige Grundrisse überdachen lassen.

DISCHINGER entwickelt 1923 die Theorie der doppeltgekrümmten Schale, deren genaue Berechnung durch Lösung der Differentialgleichungen 8. Grades jedoch große Schwierigkeiten macht. Da die Verwendung von Zeiss-Netzwerken bei derart doppeltgekrümmten Schalen ebenfalls schwierig ist, wendet man sich endgültig einfach gekrümmten zylindrischen Schalen zu.

Bild 2 zeigt die Blechmodelle, mit deren Hilfe FINSTERWALDER 1926 experimentiert. Der Luftraum zwischen

den beiden Blechschalen konnte luftleer gepumpt werden, so dass der Luftdruck als Belastung benutzt werden konnte [3]. FINSTERWALDER kann nachweisen, dass im Gegensatz zu der bisherigen Lehrmeinung nur kleinere Querbiegemomente entstehen, wenn eine Zylinderschale ohne senkrechte Endtangentialen mit flachem Kreis-Segmentquerschnitt gebaut wird (Bild 7). DISCHINGER jedoch beharrt auf seiner Meinung, wonach die Zylinder-

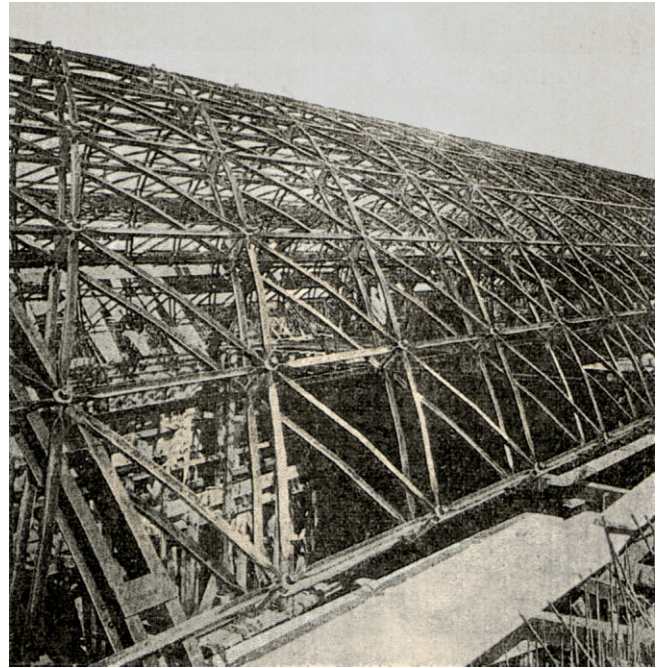


Bild 6 Doppeltes Zeiss-Netzwerk als Gerüst
Double Zeiss-mesh as scaffold

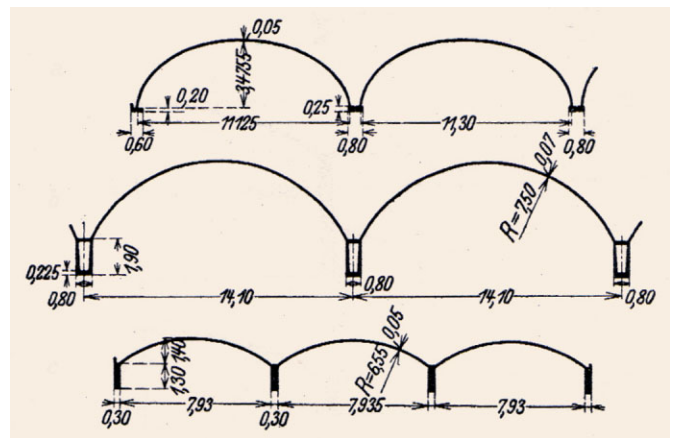


Bild 7 Entwicklung der Querschnitte der Tonnenschalen (von oben nach unten): Dywidaghalle auf der Gesolei¹ mit senkrechten Endtangentialen, Großmarkthalle Frankfurt a. M. mit Kreissegmentquerschnitt, Flugzeughalle Kowno (Kaunas, Litauen)
Development of cross-sections for barrel vaults (top to bottom), Dywidaghall with vertical edge tangents at the „Gesolei“, Central Market Hall in Frankfurt a. M. with circular segment cross-section, Airplane Hall in Kovno (Kaunas, Lithuania)

¹ Ausstellung für Gesundheit, soziale Fürsorge und Leibesübungen, Düsseldorf 1926.

² Health-Social Welfare-Wellbeing Exhibition, Düsseldorf, 1926.

schalen an den Randgliedern senkrechte Tangenten haben müssen. Beim Bau der Großmarkthalle in Frankfurt kommt es dadurch zum Eklat zwischen DISCHINGER und FINSTERWALDER.

3.2 Hallenbau

3.2.1 Großmarkthalle Frankfurt

Mit der Halle in Frankfurt gelingt der neuen Schalenbauweise der Durchbruch. Zusammen mit DISCHINGER als Oberingenieur und mit dem Architekten MARTIN ELSÄSSER baut FINSTERWALDER eine Großmarkthalle in Frankfurt a. M. (1928), die ein Meilenstein in der Entwicklung der Schalenbauweise darstellt.

Der Entwurf siegt bei einem großen Wettbewerb, an dem sich alle großen deutschen Holz-, Stahl- und Stahlbetonbaufirmen beteiligen. Mit 14 m breiten und 37 m langen Tonnenschalen wird eine Fläche von $50 \times 220 \text{ m}^2$ stützenfrei überdacht (Bild 8). FINSTERWALDER wagt während der Bauphase, die Höhe der Schalen von 6 auf 4 m zu reduzieren, ohne DISCHINGER vorher zu informieren. Dies ist der Beginn einer Auseinandersetzung zwischen den beiden Akteuren, die bis zum Eingreifen der Firmenleitung führt (vgl. [5]).

Die Großmarkthalle ist bei ihrer Eröffnung die größte mit einer Stahlbetonkonstruktion überdeckte Halle der Welt. Dieser Fortschritt wurde, wie FINSTERWALDER erklärt, „durch den Übergang von der Statik der Ebene zur Statik des Raumes erzielt“. Für die Rüstung der Tonnen wird ein

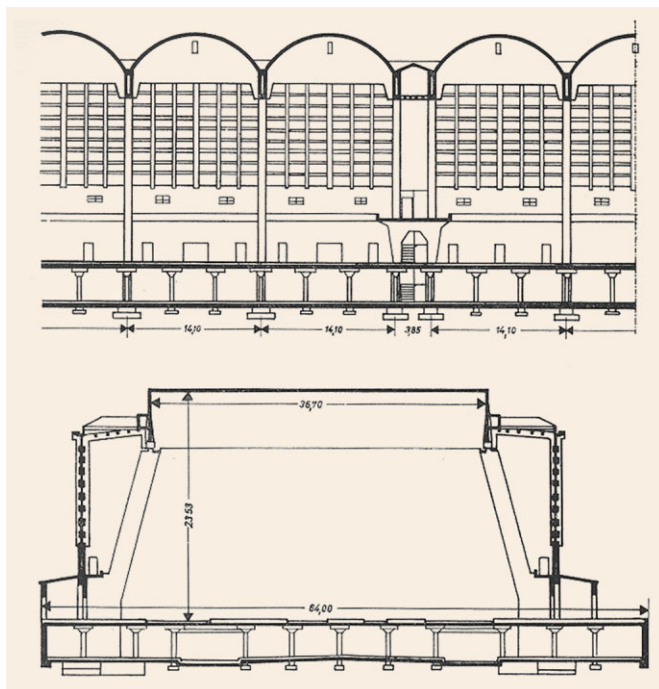


Bild 8 Großmarkthalle Frankfurt a.M., Längs- und Querschnitt
Central Market Hall, Frankfurt, Longitudinal and Cross Sections

doppeltes Zeiss-Netzwerk mit 16 cm Abstand eingesetzt (Bild 6).

Die Gemüsekirche („Gemieskerch“), wie die Frankfurter ihre Halle nennen, wird im Zweiten Weltkrieg schwer beschädigt und durch die Stadt Frankfurt von 1947 bis 1953 in Etappen wieder aufgebaut. Am 5. März 2002 erwirbt die Europäische Zentralbank (EZB) das ganze Areal mit der denkmalgeschützten Halle und lobt einen internationalen Wettbewerb für ihr neues Domizil aus. Im Januar 2005 fällt die Entscheidung zugunsten des Wiener Architekturbüros Coop Himmelb(l)au mit dem Ingenieurbüro Bollinger und Grohmann mit ihrem Entwurf, der aus einem 184 m hohen, in sich verdrehten Hochhaus und einem sog. „Groundscraper“ sowie aus der Großmarkthalle besteht.

Bei der überarbeiteten Version, für die im Mai 2008 die Baugenehmigung erteilt wird, sind die Funktionen des Groundscrapers in der Großmarkthalle untergebracht, sodass der Komplex nunmehr aus zwei Gebäuden besteht. Dass bei diesem neuen Entwurf die denkmalgeschützte Halle [8] durch einen Eingangsbereich durchschnitten wird, führt in der Fachwelt zu nachhaltigen Diskussionen.

3.2.2 Weitere Großmarkthallen

Der Erfolg der Frankfurter Halle führt vor dem Zweiten Weltkrieg zum Bau weiterer Großmarkthallen:

- 1927, Leipzig: DISCHINGER und RÜSCH mit dem Architekten HUBERT RITTER,
- 1928, Basel: FINSTERWALDER mit den Architekten Gönner & Rhyner,
- 1930, Budapest: FINSTERWALDER mit dem Architekten A. v. MÜNNICH,
- 1937, Köln: FINSTERWALDER mit dem Architekten THEODOR TEICHEN (Bild 9) und
- 1957, Hamburg: FINSTERWALDER mit dem Architekten BERNHARD HERMKES (Bild 10).

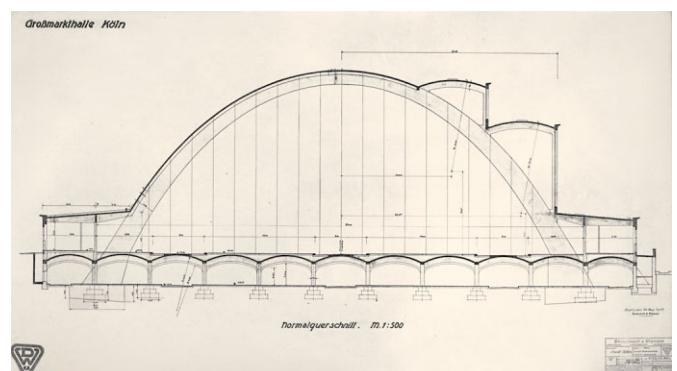


Bild 9 Großmarkthalle Köln
Central Market Hall, Cologne

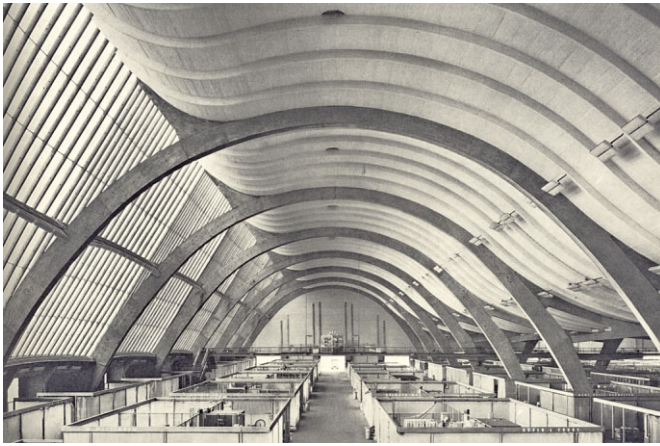


Bild 10 Großmarkthalle Hamburg
Central Market Hall, Hamburg

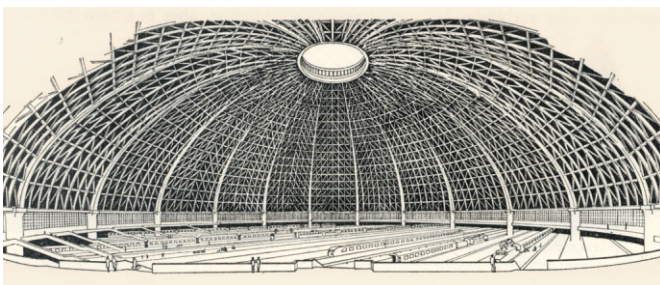


Bild 11 Hauptbahnhof für München, Entwurf
Central Station design for Munich

3.2.3 Hauptbahnhof München (Entwurf)

Der nationalsozialistische Bauwahn geht auch an Dywidag bzw. an FINSTERWALDER und DISCHINGER nicht spurlos vorbei. 1939 entwirft FINSTERWALDER für den Hauptbahnhof München eine, wie er sie nennt, „Flechtwerkkuppel“ aus Stahlbeton mit 280 m Spannweite und 100 m Höhe (Bild 11). Da HITLER Betonbauten als „antivölkische“ Architektur ablehnt, wird sie nicht favorisiert, wie auch DISCHINGERS Kongresshallen-Entwurf von 1934, eine Doppelkuppel, die DISCHINGER nach Plänen von ALBERT SPEER für die Reichshauptstadt Berlin mit 250 m Spannweite geplant hatte [9]. FINSTERWALDER versucht in München offensichtlich die favorisierte Stahlkonstruktion des offiziellen Wettbewerbs zu übertreffen, übersieht bzw. unterschätzt dabei die politischen und ästhetischen Dimensionen eines solch gigantischen Bauwerks.

Später, 1965–69 gelingt Dywidag doch, in München eine Halle mit immerhin 145 m Spannweite zu bauen (Bild 12). Die bekannte Paketposthalle ist damals die größte mit Fertigteilen gebaute Halle der Welt.

3.2.4 Flugzeughallen

Bis zum Zweiten Weltkrieg werden unzählige Industrie-, Sport- und Flugzeughallen mit Kreissegmentschalen un-



Bild 12 Paketposthalle München, Projektleiter HELMUT BOMHARD
Post Parcels Hall, Munich by HELMUT BOMHARD

ter maßgeblicher Mitarbeit von HUBERT RÜSCH überdacht. 1933 stürzt eine Flugzeughalle in Cottbus ein. FINSTERWALDER kommt in Untersuchungshaft, wird verhört und mit der Todesstrafe wegen Sabotage bedroht. Da ein Gutachten von FRANZ DISCHINGER die einwandfreie Qualität der Planung und Ausführung bestätigt, wird er freigelassen. Man sucht und findet den Fehler im Kriechen des Betons, dessen Auswirkungen nach dem damaligen Stand der Technik noch nicht berücksichtigt worden waren [3].

3.2.5 Shedhallen

Für die Anwendung bei Industriehallen entwickelt Dywidag eine besondere Shedkonstruktion, die durch Rationalisierung der Bauvorgänge, vor allem von Gerüst und Schalung, sehr wirtschaftlich ausgeführt werden kann. Dem späteren Professor HUBERT RÜSCH gelingt es, das Volkswagenwerk von den Vorzügen der Schalenkonstruktionen zu überzeugen. So kann Dywidag zahllose Schalen-Shedhallen für das Volkswagenwerk, aber auch für sonstige Industriebetriebe im In- und Ausland bauen.

3.2.6 Hängedächer

Mit dem Architekten ERICH SCHELLING entwickelt FINSTERWALDER ein Hängedach und gewinnt damit 1953 den Wettbewerb für ein Kultur- und Sportzentrum in Karlsruhe. Die Grundfläche von $46 \times 73 \text{ m}^2$ wird von 36 Stahlbetonstützen umsäumt, auf denen ein oval gekrümmter Druckring aus Stahlbeton ruht, in dem wiederum die hängende Schale verankert ist. Auch bei diesem Projekt bleibt in der Fachwelt bis zum Schluss umstritten, ob es so gebaut werden kann. Dazu berichtet LEONHARD OBERMEYER: „Die Stahlindustrie hatte die Stabilität des Dachs angezweifelt. Darauf haben die Studenten der TH Karlsruhe eine Probelastung durchgeführt und ver-

schiedene Lastfälle simuliert. Mit Menschen das Gefühl der Sicherheit zu erhärten, ist nach 45 Jahren noch ein erstaunlicher Zwiespalt, im heutigen Rechtsstaat undenkbar“ [1]. Weitere Hängedächer folgen: Das Auditorium in Jalapa, Mexiko, die Wartungshalle V der Lufthansa im Flughafen Frankfurt a. M. und die FRIEDRICH-EBERT-Halle in Ludwigshafen, alle drei mit HELMUT BOMHARD als Projektleiter.

3.3 Luftschutzbauten

1933 zieht FINSTERWALDER nach Berlin und übernimmt als Chefkonstrukteur die Leitung des Konstruktionsbüros der Hauptverwaltung in Berlin. Etwa um diese Zeit gewinnt der Gedanke des Luftschutzes an Bedeutung. FINSTERWALDER erkennt die Möglichkeiten des Betonbaus für den Luftschutz und macht sich Gedanken, wie man bombensicher bauen kann. Gesucht werden Konstruktionen, die hohem Explosionsdruck standhalten können und feuersicher sind. Für alle Kasernenbauten werden Stahlbetontonnen – „Sargdeckel“ genannt – angeordnet, die zum Teil auch bei Wohnbauten Verwendung finden.

Als während des Zweiten Weltkriegs der Luftkrieg intensiver wird, reicht Dyckerhoff & Widmann am 23. Oktober 1943 Vorschläge für eine sogenannte Luftschutzbewehrung ein. Darin wird eine neue Halbkreisbewehrung für Bunker, Wände und Decken beschrieben, die stahlsparender, aber wirkungsvoller ist als die bis dahin übliche kubische Bewehrung. Sie ist die Weiterentwicklung der zuvor von Dywidag entwickelten Spiralbewehrung (Bild 13). Die neue Halbkreisbewehrung besteht aus halbkreisförmig gebogenen Eisen und einem dichten Geflecht von dünnem Rundeisen, das an der Ausschuss-Seite liegend durch die halbkreisförmigen Bügel umfasst und verankert wird. Diese Bügel sind geeignet, durch ihre Verformungsarbeit die Explosionsenergie zu vernichten, indem sie bis zur Streckgrenze beansprucht werden. Insgesamt werden 100 000 t dieser Bewehrung eingebaut [2].

3.4 Boote und Tanker aus Stahlbeton

Die Stahlknappheit führt 1942 zu einer speziellen, heute kaum mehr bekannten Entwicklung – zu Schiffen aus Stahlbeton. In Frankreich hatte A. LAMBOT schon 1855 ein Patent für ein Boot aus Eisenbeton erworben. Betonschiffe waren auch in den USA, England und Norwegen schon seit dem Ersten Weltkrieg bekannt.

Ausschlaggebend für die materialsparende, wirtschaftliche Herstellung ist aber die Anwendung der Schalentheorie. Das Verlassen der vom Stahlschiffbau übernommenen Spanten-Bauweise ermöglicht erhebliche Gewichtsersparnisse an Beton. Die Boote werden aus einem speziell entwickelten hochfesten Leichtbeton kieloben hergestellt, damit die Außenseite glatt bearbeitet werden kann und strömungsgünstig und algenabweisend ist. An-

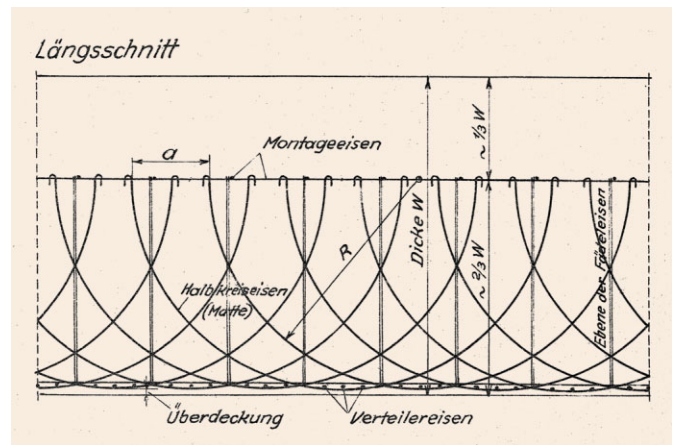


Bild 13 Dyckerhoff & Widmann Luftschutzbewehrung
Dyckerhoff & Widmann air shelter reinforcement

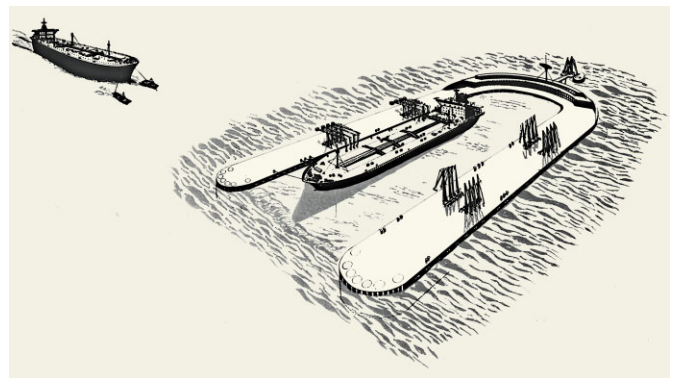


Bild 14 Floating Superport mit L=519 m und B=240 m, Entwurf
Floating Superport design (L=519 m and W=240 m)

schließend werden sie durch einseitiges Fluten aufgerichtet. Bei einem 90 m langen Schiff mit 15 m Breite beträgt die Wanddicke 12 cm. So stellt Dywidag insgesamt um die 300 Schwimmkörper her, darunter viele Pontons und Docks sowie über 60 Schiffe bis zu 6 000 t.

Auch nach dem Krieg verfolgt FINSTERWALDER seine Ideen für meeres-technische Betonkonstruktionen in Schalenbauweise konsequent weiter. Mit seinem Sohn KLEMENS als Gruppenleiter entwickelt er Entwürfe für schwimmende Superhafen und Supertanker für verflüssigtes Erdgas aus Spannbeton: Concrete LNG (Liquid Naturell Gas) Carrier mit 125 000 m³ Ladekapazität, 290 m lang und 44 m breit (Bild 14).

3.5 Dywidag-Spannverfahren

FINSTERWALDERS wohl größter Beitrag zum Betonbau ist die Entwicklung des Dywidag-Spannverfahrens und die dadurch möglich gewordene Erfindung des freien Vorbau von Spannbetonbrücken [10]. Die Basis für sein Spannverfahren sind die aufgerollten, spanlos hergestellten Gewinde bei den Spannstäben, deren einwandfreie

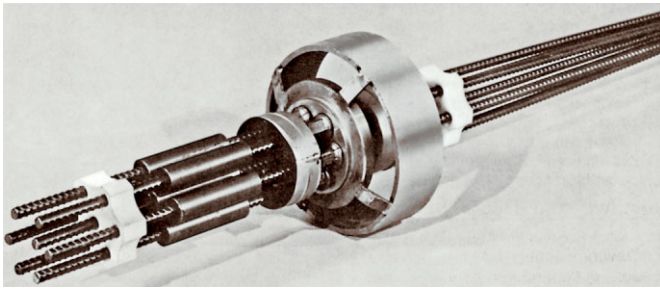


Bild 15 Glockenverankerung und Muffenstoß
Bell anchorage and coupling edge

Verankerung mittels Verankerungsglocken und deren Stoßausbildung mithilfe von Gewindemuffen, die eine praktisch endlose Verlängerung der Spannstäbe ermöglicht (Bild 15).

3.6 Brückenbau

3.6.1 Allgemeines

FINSTERWALDER kann auch, und gerade auf dem Gebiet des Brückenbaus Entscheidendes beitragen. Insbesondere das Verfahren des freien Vorbaus in Spannbeton wird von ihm entwickelt. Ab 1950 werden von D&W allein oder in Arbeitsgemeinschaft ca. 525 Spannbetonbrücken erstellt, davon die meisten im freien Vorbau. Von Lizenznehmern in aller Welt, insbesondere in Japan und Skandinavien, werden ca. 1235 Spannbetonbrücken mit Dywidag-Spannverfahren ausgeführt.

Fast alle von D&W gebauten Brücken sind auf Wettbewerbserfolge zurückzuführen. FINSTERWALDER begnügt sich meistens nicht mit der vorgegebenen Amtslösung und beteiligt sich fast immer mit eigenen Sondervorschlägen.

3.6.2 Der Freie Vorbau

FINSTERWALDERS Wettbewerbsentwurf von 1930 für die Dreirosenbrücke in Basel enthält schon eine der wesentlichen Ideen für das neue Verfahren des freien Vorbaus. Er schlägt vor, von zwei Pfeilern in der Flussmitte aus sich verjüngende Hohlkästen nach beiden Richtungen auskragen zu lassen, um die Kragarme in Feldmitte mit einem Gelenk zusammenzuschließen. Der Entwurf wird vom Preisgericht, das sich aus „sehr bedeutenden Schweizer Professoren“ zusammensetzt, abgelehnt [3].

FINSTERWALDER erkennt, dass große Spannweiten dem Spannbeton nur dann erschlossen werden können, wenn eine sicherere und arbeitstechnisch bessere Methode der Rüstung gefunden werden kann. So entsteht der Gedanke, Brücken nicht auf einem aufwendigen Gerüst in einem Zuge zu betonieren, sondern sie mit sogenannten Vorbauwagen in Abschnitten von 3,0 bis 4,0 m Länge herzustellen. Dywidag-Spannbeton erlaubt das Zusammenfügen von Spannstählen mithilfe von Gewindemuffen zu

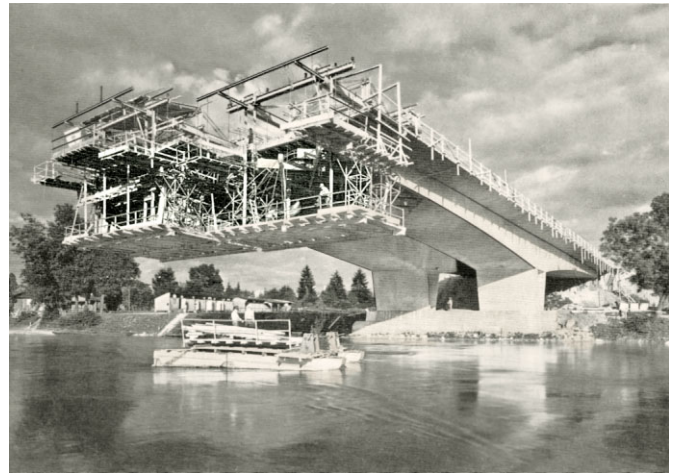


Bild 16 Vorbauwagen Ringbrücke Ulm
Vehicle for the cantilever method of construction Ring Bridge Ulm

beliebiger Länge. Dies ist die Grundlage für den freien Vorbau ohne feste Gerüste (Bild 16).

3.6.3 Wichtige Brücken (Auswahl)

Lahnbrücke Balduinstein 1950

Die erste frei vorgebaute Brücke ist die Lahnbrücke bei Balduinstein mit einer Mittelspannweite von 62 m. Das System der Brücke ist im Endzustand ein frei aufliegender Träger auf zwei Stützen mit überkragenden Enden, die durch Betongewichte belastet sind. Im Bauzustand, während des freien Vorbaus, handelt es sich um zwei Kragarme [3].

Nibelungenbrücke Worms

Zwei Jahre später entsteht 1952 die Wormser Nibelungenbrücke mit der größten Spannweite unter den Balkenbrücken von 114 m (Architekt GERD LOHMER). Die Brücke wird im Fluss auf den Senkkästen der 1945 zerstörten stählernen Bogenbrücke von 1900 gegründet. Aus den beiden Mittelpfeilern und von den beiderseitigen Widerlagern aus wachsenden Kragarmen bis zu einer Ausladung von 57 m heraus.

Rheinbrücke Bendorf

Den Höhepunkt seines Bauverfahrens im Inland erreicht FINSTERWALDER 1964 mit der Brücke in Bendorf mit einer Öffnung von 208 m (Projektleiter HERBERT SCHAMBECK, Architekt GERD LOHMER). Der Entwurf setzt sich als Sondervorschlag gegenüber dem Verwaltungsentwurf einer Stahlbrücke durch (Bild 17).

Mangfallbrücke

1959 entsteht auf der Autobahn München-Salzburg ebenfalls nach diesem Verfahren die Mangfallbrücke; ein doppelstöckiger parallelgurtiger Fachwerk-Durchlaufträger, den FINSTERWALDER als „perforierte Wand“ bezeichnet [11]. Die Brücke wird von der Bauverwaltung ursprünglich als Stahlfachwerkbrücke ausgeschrieben. An der Untergerurtebene ist ein Übergang für Fußgänger und Rad-



Bild 17 Rheinbrücke Bendorf 1964
Rhine Bridge Bendorf 1964



Bild 18 Mangfallbrücke 1959
Mangfall Bridge 1959

fahrer untergebracht. Der Architekt ist auch hier der Brückenarchitekt LOHMER (Bild 18).

Brücke über den Großen Belt

Bei der zweiten Mainbrücke der Farbwerke Hoechst AG wird der Strom mit einem an Seilen aufgehängten Kragarm überbrückt. Das System der Schrägseilbrücke wird weltweit zum ersten Mal für den Eisenbahnverkehr angewendet. 1967 entwirft FINSTERWALDER zusammen mit HERBERT KUPFER beim Wettbewerb für die Brücke über den Großen Belt in Dänemark einen Schrägseildurchlaufträger mit Öffnungen von bis zu 350 m (Bild 19). Es handelt sich hier um ein auffallend ähnliches System wie beim Viadukt Millau in Frankreich, das von MICHAEL VIRLOGEUX 2004 fertiggestellt wurde.

Schiersteiner Steg

Die 1967 erstellte Fußgängerbrücke über die Einfahrt des Schiersteiner Rheinhafens ist eine Leichtbetonkonstruktion. Die Konstrukteure ULRICH FINSTERWALDER und



Bild 19 Brücke über den Großen Belt, Entwurf 1967
Bridge over the Great Belt, design 1967



Bild 20 Schiersteiner Steg 1967
Footbridge in Schierstein



Bild 21 Entwurf einer Spannbandbrücke Bosphorus 1960
Tension Band Bridge, Bosphorus 1960, design

GERD LOHMER planen drei Jahre lang diese bautechnische Pionierleistung, die gleichzeitig ein Geschenk der Dyckerhoff Zementwerke für sich und für die Stadt Wiesbaden zum 100jährigen Firmenjubiläum ist. Erstmals findet in Deutschland weißer hochfester Leichtbeton als Spannbeton für ein derartiges Bauwerk Verwendung. Der Steg entsteht ebenfalls im Freivorbau (Bild 20).

Spannbandbrücke Bosphorus (Entwurf)

Großes Aufsehen erregt FINSTERWALDER 1960 mit einem Entwurf einer nur 30 cm dicken Spannbandbrücke über den Bosphorus in Istanbul. Möglicherweise aufgrund der guten Erfahrungen mit Hängedächern schlägt er hier vor, ein extrem flach gespanntes Band mit Straßenfahrzeugen direkt zu befahren und nennt diese Konstruktion „Spannband-Brücke“ (Bild 21). Die beiden im Wasser stehenden mächtigen Pfeiler haben einen Achsabstand von 408 m. Tragseil, Hängestangen, und Versteifungsträger einer herkömmlichen Hängebrücke sind praktisch in einem Spannband zusammengefasst. Dieser Entwurf, der in

mehreren Varianten vorliegt, erregt großes Aufsehen, wird in wesentlichen Teilen ausführungsfähig durchgeplant und von dem bekannten Brückenbauer FRITZ STÜSSI aus der ETH Zürich auch bestätigt. Er kommt jedoch aus verkehrstechnischen und politischen Gründen, möglicherweise auch aufgrund des Einflusses der Stahllobby, nicht zur Ausführung. Ähnliche Brücken mit kleineren Spannweiten werden später in der Schweiz und in Japan gebaut. Die erste deutsche Spannbandbrücke baut Dyckerhoff & Widmann 1970 in Freiburg.

4 Ästhetik und Gestaltung bei FINSTERWALDER

FINSTERWALDER hat im Unterschied zu manch anderen Ingenieuren keine Berührungängste und keine wesentlichen Probleme mit Architekten. Er zieht sie bei Ingenieurbauten nach eigenem Ermessen zur Beratung hinzu. Bei Hochbauten arbeitet er mit zahlreichen bedeutenden Architekten seiner Zeit zusammen, was auch FRITZ LEONHARDT zu würdigen wusste: „FREYSSINET und DISCHINGER waren den architektonischen Fragen wenig zugeneigt, während FINSTERWALDER die Zusammenarbeit mit guten Architekten mit Gewinn für seine Bauwerke gepflegt hat [13].“ Der wichtigste Architekt für ihn ist GERD LOHMER (1909–1981), der einzige auf Brücken spezialisierte Architekt in Deutschland, der fast bei allen wichtigen Brücken von Dywidag mitwirkt.

In seinen Vorträgen und Veröffentlichungen äußert sich FINSTERWALDER oft zu Fragen der Ästhetik und Gestaltung [11]: „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. Jeder von beiden muss von seinem Standpunkt aus die Arbeit des Partners nach bestem Vermögen zu fördern suchen. So werden beide zusammen Besseres schaffen, als es der einzelne allein vermag.“ Über die Zuständigkeit und Mitverantwortung der Bauingenieure an der gebauten Umwelt gibt es für ihn keinen Zweifel.

5 Der Mensch FINSTERWALDER

5.1 Kollegen berichteten

Über ULRICH FINSTERWALDER haben sehr viele Autoren, Kollegen und Freunde geschrieben. Es ist äußerst selten der Fall, dass fachliche wie menschliche Qualitäten eines Ingenieurs übereinstimmend so enthusiastisch und ausführlich gewürdigt werden.

HEINZ RAUSCH, Sprecher des Vorstandes der Dyckerhoff & Widmann AG, München beschreibt ihn so [2]: „Begegnet man dem fast Neunzigjährigen, so wird man sofort zugedeckt mit einem Feuerwerk von Gedanken und Ideen, die ihn beschäftigen. Schließlich ist er noch keinen Tag in den Ruhestand getreten. ... Seine eher leise Stimme in leicht bayerisch gefärbtem Klang ist auch nach einem Stundengespräch nicht müde oder gar altersbrüchig.“

Noch immer verfolgt er mit hellwachem Geist ein ideenreiches Konzept mit Konsequenz und außerordentlicher Beharrlichkeit. Und wenn einer meint, das sei wohl eine Portion Altersstarrsinn, dann stimmt das nicht: Er war schon immer so! Schließlich steuert er noch immer selbst seinen Wagen. Er fährt damit zum Bergwandern und im Winter zum Skilauf.“

HERBERT KUPFER schildert die Zusammenarbeit mit FINSTERWALDER wie folgt [12]: „Schon von jeher hatte er es vermocht, auf junge Ingenieure einzuwirken. Während seiner fünfzigjährigen Zugehörigkeit zu seiner Firma haben viele Mitarbeiter, aber auch hervorragende Architekten, mit denen er zusammenarbeitete, und Ingenieure, die auf der Bauherrenseite standen, diese persönliche Ausstrahlung erfahren. Nie hatte man bei ihm als Mitarbeiter das Gefühl, Anweisungen erteilt zu bekommen, sondern er versuchte zu überzeugen, wenn es sein musste, auch in langen Diskussionen. Seine unerhörte geistige und körperliche Konstitution und ein Mittagsschlaf ermöglichten es ihm, bis spät abends hellwach zu bleiben. Erstaunlich, dass weder Ehrungen noch Misserfolge sein Verhalten im Geringsten beeinflussen konnten.“

HUBERT RÜSCH schreibt [5]: „Wenn er sich einmal für ein Arbeitsgebiet interessiert hatte, kam er davon nicht los, ehe nicht seine Ideen in allen Details ausgearbeitet waren und sich auch in der Praxis durchgesetzt hatten. So wird verständlich, dass FINSTERWALDER immer noch voll und ganz mit der Weiterentwicklung der zylindrischen Tonnengewölbe beschäftigt war, als DISCHINGER sich schon längst anderen Schalenformen zugewandt hatte. ... Sowohl DISCHINGER als auch FINSTERWALDER zeichneten sich nicht nur durch ihre schöpferische Begabung aus, sondern auch durch eine wahre Besessenheit, die sie oft ihre Umwelt fast völlig vergessen ließ. Selbst auf Paddeltouren ... konnte den jungen FINSTERWALDER die Gesellschaft der hübschesten Mädchen nicht davon abhalten, Probleme der Schalentheorie zu erörtern.“

5.2 Vom Transport eines Holzhauses

1939 ist FINSTERWALDER in Berlin an der Zentrale der Dywidag beschäftigt. Seine Eltern besitzen ein Holzhaus in Niederried in Südtirol. Die Deutschen aus Südtirol sollen in das damalige Deutsche Reich ziehen, wo ihnen eine neue Heimat versprochen wird. Das deutsch-italienische Umsiedlungsabkommen sieht jedoch nur die Umsiedlung von „beweglichem Eigentum“ in die neue Heimat vor. ULRICH FINSTERWALDER beschließt, das Haus trotzdem zu retten, indem er es offiziell zum beweglichen Eigentum erklärt. Zusammen mit seiner Frau schafft er es, alle bürokratischen und technischen Hürden zu meistern. Die Einzelteile werden durchnummeriert. Das Haus wird in fünf Tagen von acht Arbeitern zerlegt und nach Going am Fuß des wilden Kaisers verfrachtet, wo er ein passendes Grundstück ergattern kann. Im Oktober 1941 ist das Haus fertig montiert und die Familie kann aus Berlin nach Going evakuiert werden (Bild 22). FINSTER-



Bild 22 Haus Bergrast in Going, Österreich
House Bergrast in Going, Austria

WALDER kauft seine erste Kuh, um die Familie zu versorgen.

5.3 Vom Bauernhof in Hittenkirchen am Chiemsee

Ein weiteres Zeichen seiner Vielseitigkeit ist der Bauernhof, den er 1971 mit dem Architekten FRANZ RIEPL in Hittenkirchen am Chiemsee baut und selbstverständlich mit Dywidag-Kreissegmentschalen eindeckt [14] (Bild 23). Dadurch gerät das Bauwerk zu einem architektonischen Problem in der ländlichen Idylle. Dafür muss er sich zunächst bei Gerichten durchsetzen, weil er keine Baugenehmigung bekommt. Die Baubehörde besteht auf der üblichen Dachneigung von $23,5^\circ$. Das Verfahren geht bis zum Bundesverwaltungsgericht nach Berlin, das 1978 die Beschwerde des Freistaats Bayern kostenpflichtig zurückweist.

5.4 Vom Streit mit DISCHINGER

1928 wird die Großmarkthalle in Frankfurt fertiggestellt. FINSTERWALDER arbeitet sowohl an der Theorie der Tonnenschalen als auch bei der Großmarkthalle mit dem zehn Jahre älteren Chefkonstrukteur DISCHINGER zusammen. Unter anderem haben sie bezüglich der erforderlichen Neigung der Tonnenschalen große Differenzen. Während DISCHINGER noch am Patent von Zeiss-Dywidag festhält, bei dem eine senkrechte Endtangente bei den Tonnenschalen vorgesehen ist, ist FINSTERWALDER der Meinung, dass dies nicht erforderlich ist und die Tonnen somit flacher gebaut werden können. Er wagt es tatsächlich, die Höhe der Schalen bei der Großmarkthalle um 2 m von 6 auf 4 m zu reduzieren, ohne DISCHINGER zu informieren. Als er darüber einen Vortrag halten will, eskaliert der Konflikt so, dass die Geschäftsleitung eingreifen muss.

DISCHINGER und FINSTERWALDER werden räumlich und von ihren Zuständigkeiten her getrennt, bis DISCHINGER an die TH Berlin-Charlottenburg berufen wird. Immerhin



Bild 23 FINSTERWALDER Hof in Hittenkirchen, 1971
FINSTERWALDER Farm in Hittenkirchen, 1971

schaffen sie 1928 noch eine gemeinsame Veröffentlichung [15, 16]. DISCHINGER arbeitet nach seiner Berufung an die TH Charlottenburg noch lange mit Dywidag und FINSTERWALDER in der Regel als Prüfer oder Gutachter zusammen, was die Professionalität der beiden Kontrahenten unterstreicht.

6 Schlussbemerkungen und Ausblick

Es ist bemerkenswert, dass es selbst Ingenieurgrößen wie ULRICH FINSTERWALDER droht, in Vergessenheit zu geraten. Entscheidend dafür sind mehrere Faktoren: Er hatte keinen Lehrstuhl an einer Hochschule. Es steht also keine Universität hinter ihm, die sich mit ihm schmücken könnte, wie z. B. bei der TU Berlin mit DISCHINGER. Er hatte auch kein Ingenieurbüro, das seinen Namen und seine Tradition fortführt, wie es z. B. bei FRITZ LEONHARDT oder JÖRG SCHLAICH der Fall ist. Hinzu kommt, dass die Firma Dyckerhoff & Widmann auch nicht mehr existiert. Seitdem wird leider auch der FINSTERWALDER-Preis nicht mehr weitergeführt, der von Dywidag jährlich ausgelobt und von der TU München für ihre Studenten durchgeführt wurde. Daher sind solche Veranstaltungen, wie sie zum Gedenken von ULRICH FINSTERWALDER am 1. Oktober 2013 im Deutschen Museum in München stattfindet, für die Ingenieurbaugeschichte von großer Bedeutung.

ULRICH FINSTERWALDER ist vor allem auch ein Sohn der Stadt München, der dort geboren wurde, dort gelebt und gewirkt hat. Daher soll hiermit auch angeregt werden, eine Straße der Stadt nach ihm zu benennen.

Hauptgrund für die allseits beklagte Geschichtslosigkeit der Bauingenieure aber ist, dass die Studierenden des Bauingenieurwesens im Gegensatz zu den Architekten während ihres Studiums über die Geschichte ihres Faches

praktisch nichts erfahren. Deswegen ist die junge „Gesellschaft für Bautechnikgeschichte“, die sich u. a. mit der Erforschung und Verbreitung der Geschichte der Bauingenieurkunst beschäftigen soll, von allergrößter Bedeutung. Sie wurde am 28. Juni 2013 in Berlin gegründet. Alle Bauingenieure und sonstige interessierte Kolleginnen und Kollegen sind eingeladen, der Gesellschaft beizutreten und sie zu unterstützen (siehe dazu auch Bericht in dieser Ausgabe auf S. 676).

Literatur

- [1] OBERMEYER, L. in STIGLAT, K.: *Bauingenieure und ihr Werk*. Ernst & Sohn, Berlin 2004, S. 275–281.
- [2] RAUSCH, H.: *ULRICH FINSTERWALDER 90 Jahre*. Hrsg. VDI-Gesellschaft Bautechnik, Düsseldorf 1987, S. 10.
- [3] KUPFER, H.: *Erinnerung an ULRICH FINSTERWALDER (1897 – 1988)*. Bautechnik 74 (1997), Heft 12, S. 857–864.
- [4] FINSTERWALDER, U.: Unveröffentlichtes Manuskript, München 3.12.1981, Privatarchiv Familie FINSTERWALDER.
- [5] RÜSCH, H.: *ULRICH FINSTERWALDER zu seinem fünfzigsten Dienstjubiläum*. In: Festschrift Ulrich Finsterwalder, Hg. Dyckerhoff & Widmann, Karlsruhe 1973, S. 9–15.
- [6] GÜNSCHEL, G.: *Große Konstrukteure 1*. Ullstein Bauwelt Fundamente 17, Berlin 1966, S. 150–159.
- [7] KLEINLOGEL, A.: *Die Schalengewölbe der Großmarkthalle Frankfurt*. Beton und Eisen 27 (1928), S. 25–28.
- [8] HANKERS, CH.: *Die Großmarkthalle Frankfurt a. M.* Beton- und Stahlbetonbau 107 (2012), Heft 6, S. 414–420.
- [9] WEISCHEDE, D.: *Schalenbauwerke der 50er-Jahre*. Seminarbericht Fachgebiet Entwerfen und Konstruktiver Ingenieurbau, WS 1996/97, TU Darmstadt.
- [10] FINSTERWALDER, U.: *Dywidag-Spannbeton*. Der Bauingenieur (1952), Heft 5, S. 141–158.
- [11] FINSTERWALDER, U.: *Über das Entwerfen von Spannbetonbrücken*. Baumeister (1960), Heft 6, S. 369–371.
- [12] KUPFER, H.: *Die Betonschalen von FRANZ DISCHINGER und ULRICH FINSTERWALDER*. In: Vorträge auf dem Deutschen Betontag 1997 vom 9. bis 11. April 1997 in Berlin. Wiesbaden: Deutscher Beton-Verein e.V. 1997, S. 454–475.
- [13] LEONHARDT, F. in [6], S. 7–14.
- [14] FRÖSCHL, C.: *„FINSTERWALDER-Hof in Bernau-Hittenkirchen*. deutsche bauzeitung 135 (2001), Heft 8, S. 72–76.
- [15] DISCHINGER, F.; FINSTERWALDER, U.: *Eisenbeton-Schalendächer System Zeiss-Dywidag*. Der Bauingenieur 9 (1928), S. 807–812, 823–827 und 842–846.
- [16] MAY, R.: *Schalenkrieg. Ein Bauingenieurdrama in neun Akten*. Beton- und Stahlbetonbau 107 (2012), Heft 10, S. 700–710.

Bildnachweis

Bild 6: Beton und Eisen 27 (1928), Heft 2, S. 25

Bild 9: Dywidag Firmenarchiv

Bild 10: RÜHLE, HERMANN: *„Räumliche Dachtragwerke Konstruktion und Ausführung“* Berlin 1969

Bild 19: FINSTERWALDER, U. und SCHAMBECK, H.: *„Von der Lahnbrücke Balduinstein bis zur Rheinbrücke Bendorf“*, Der Bauingenieur 1965, Heft 3

Bild 22: DEINHARD, JOHANN-MARTIN: *„Von Caementum zum Spannbeton“*, Band II, Wiesbaden-Berlin 1964

Bilder 2, 3, 7: DISCHINGER, F. und FINSTERWALDER, U.: *„Schalenbauweise System Zeiss-Dywidag“*, Sonderdruck aus Der Bauingenieur 1928, Heft 44–46

Bilder 1, 15, 16: *Festschrift ULRICH FINSTERWALDER*, Hrsg. Dyckerhoff & Widmann, G. BRAUN, Karlsruhe, 1973

Bilder 8, 11: HART, FRANZ: *„Kunst und Technik der Wölbung“*, München 1965, S. 103

Bilder 4, 17, 18, 20, 22: CENGIZ DICLELI

Bilder 5, 12, 13, 14, 23: Privatarchiv Familie FINSTERWALDER

Autor



Prof. Dipl.-Ing. Cengiz Dicleli
Institut für Angewandte Forschung IAF
Hochschule Konstanz HTWG
Brauneggerstraße 55
78462 Konstanz
dicleli@htwg-konstanz.de