

Ulrich Finsterwalder (1897–1988) – Doyen des Brückenbaus

Prof. Cengiz Dicleli

Hochschule Konstanz HTWG,
Institut für Angewandte Forschung

1 Einleitung

Es ist leider eine Seltenheit, dass bei Vortragsveranstaltungen von Bauingenieuren auch ein Beitrag über deren Geschichte vorgesehen wird. Die Bautechnikgeschichte gehört noch nicht zum anerkannten Repertoire der Ingenieure. Während jeder Architekt im Studium Kenntnisse in der Baugeschichte erwerben muss, ist dieses Fach in deutschen Hochschulen für Studierende des Bauingenieurwesens immer noch ein Fremdwort. Über die Gründe für diesen Missstand muss an anderer Stelle diskutiert werden. Inzwischen hat es sich herumgesprochen, dass Bauingenieure nicht nur für Sicherheit und Wirtschaftlichkeit ihrer Bauwerke zuständig sind, sondern auch für deren gestalterische Qualität, insbesondere was den Ingenieurbau betrifft. Gestaltung und Geschichtsbewusstsein sind Aspekte, die den Beruf des Bauingenieurs noch attraktiver machen können. Sie tragen zum Selbstverständnis und Selbstbewusstsein der Bauingenieure bei und fördern das gegenseitige Verständnis von Ingenieur und Architekt.



Bild 1: Ulrich Finsterwalder

Beim Dresdner Brückenbausymposium gehört ein historischer Vortrag schon lange zur Tradition. 2015 wurde über den Spannbetonpionier Gustave Magnel berichtet. 2014 ging es um die Anfänge des ingenieurmäßigen Holzbaus. Ein Jahr davor war Franz Dischinger als Visionär des Brückenbaus an der Reihe. So ist es folgerichtig, dass in diesem Jahr Ulrich Finsterwalder (Bild 1), ein Altmeister des Brückenbaus, vorgestellt wird, der zu den bedeutendsten Ingenieuren des Stahl- und Spannbetonbaus im 20. Jahrhundert gehört.

Auch wenn Finsterwalder hier in erster Linie als Brückenbauer gewürdigt werden soll, ist sein Name mit unzähligen Meilensteinen des Stahl- und Spannbetonbaus verbunden. Von der Entwicklung von Tonnenschalen und des freien Vorbaus bis hin zum Bau von Schiffen und schwimmenden Häfen aus Spannbeton gehen viele Erfindungen des 20. Jahrhunderts auf ihn zurück.

Ulrich Finsterwalder trat 1923 in die Firma Dyckerhoff & Widmann ein und gestaltete sie rund 50 Jahre lang als Chefindingenieur, Mitglied der Geschäftsleitung und persönlich haftender Gesellschafter mit, z. B. [1]. Er gehört zu einem besonderen Typus von Firmeningenieurern, die auf eine Hochschulkarriere und ein eigenes Ingenieurbüro verzichtet haben, weil sie mit Leib und Seele vor allem bauen wollten. Aus Ulrich Finsterwalders Schule gingen zahlreiche spätere Professoren für Stahlbetonbau und Statik sowie Gründer weltweit bedeutender Ingenieurbüros hervor.

Von wenigen Ausnahmen abgesehen, gibt es kaum einen Bauingenieur, auf den der Ausdruck *genial* so sehr zutrifft, wie viele Autoren Finsterwalder übereinstimmend charakterisiert haben. Was ihn besonders auszeichnet, ist seine Auffassung von Theorie und Praxis als konsequente Einheit, wobei er Forschung in erster Linie zielgerichtet zur Lösung von Bauaufgaben betrieben hat. Gepaart mit Innovationskraft und Mut zum Wagnis hat ihm diese Haltung ermöglicht, zusammen mit seiner Firma nicht nur zwei Weltkriege und eine Weltwirtschaftskrise zu überstehen, sondern auch Jahrzehnte lang eine internationale Spitzenposition beim Konstruktiven Ingenieurbau zu behaupten.

Die Vereinigung von Entwurf, Konstruktion und Bauausführung in einer Person, gepaart mit kaufmännischem und organisatorischem Geschick, sowie Mut zum kalkulierten Wagnis und die Bereitschaft, Grenzen zu überschreiten, waren die Grundlagen für Finsterwalders jahrzehntelange Erfolge und für seinen großen Einfluss. Finsterwalder hatte das Glück, in einer Firma tätig zu sein, bei der Konstruktion und Ausführung als eine Synthese betrachtet wurde und die bereit war, Mittel für Entwicklungen auch dann bereitzustellen, wenn zunächst noch kein wirtschaftlicher Erfolg abzusehen war [1]. Er war bereit, fähigen und leistungswilligen Mitarbeitern sein Vertrauen zu schenken und ihnen so viel Freiheit und Selbstständigkeit zu gewähren, wie sie sich selbst zutrauten.

Auf eine wichtige Tatsache soll noch hingewiesen werden. Um die wahre Größe und Bedeutung von Pionierleistungen zu würdigen, muss man sich vergegenwärtigen, dass es sich bei diesen aus der heutigen Sicht möglicherweise einfach erscheinenden Bauten eben um Pionierleistungen handelte. Finsterwalder hat bei vielen seinen Bauten und Projekte bedeutende Grenzen überschritten, auch wenn sie nach dem aktuellen Stand der Technik nicht mehr so spektakulär erscheinen mögen.

2 Vom Werden eines Ausnahmeingenieurs

2.1 Familie Finsterwalder

Ulrich Finsterwalder wurde am 25. Dezember 1897 in München geboren (s. z. B. [1], [2], [3], [4]). Er gehörte einer gutbürgerlichen Akademikerfamilie an, die väterlicherseits aus Rosenheim stammte. Seine mathematische Begabung und sein spielerischer Umgang mit Differentialgleichungen waren ihm bereits in die Wiege gelegt: Sein Vater Sebastian Finsterwalder (1862–1951) war ein weitbekannter Mathematiker und Professor an der TH München. Er hatte zunächst mit dem Architekturstudium begonnen, wechselte jedoch aufgrund seiner außerordentlichen mathematischen Begabung zum Studium der Mathematik und Physik. Er war erst 29 Jahre alt, als er den Lehrstuhl für Mathematik in München übernahm. Nach 20 Jahren wechselte er auf den Lehrstuhl für Geometrie. Sebastian Finsterwalder gilt als einer der Begründer der Photogrammetrie und der Rekonstruktion räumlicher Objekte aus Fotoaufnahmen. Diese Verfahren setzte er auch für die geodätische Vermessung der Alpen und der Gletscher ein, wofür er Luftbildaufnahmen von einem Ballon aus machte [5]. Nicht zuletzt



Bild 2: Finsterwalder als junger Rekrut

zählt er zu den Mitbegründern des Deutschen Museums München.

Ulrich Finsterwalders vier Jahre älterer Bruder Eberhard war Architekt in München. Sein zwei Jahre jüngerer Bruder Richard Finsterwalder war Professor für Kartografie und Photogrammetrie an der TH München wie auch sein Neffe Rüdiger Finsterwalder Ordinarius für Kartografie an der TU München war. Die Begabung für Mathematik und der Hang zum Ingenieurwesen setzten sich bei den drei Söhnen von Ulrich Finsterwalder fort. Klemens und Thomas Finsterwalder sind Bauingenieure, Lorenz Finsterwalder ist Physiker.

Schon als sechzehnjähriger Schüler soll Ulrich Finsterwalder zusammen mit einem Freund den Schlosspark Nymphenburg mittels mehrerer Polygonzüge ausgemessen haben, um eine maßstäbliche Karte als Geburtstagsgeschenk für seinen Vater anzufertigen. Diese Karte sollte später von der TU München als Studienarbeit für Vermessungskunde anerkannt werden [2].

Während des Ersten Weltkriegs machte er 1916 sein Abitur und musste anschließend in den Krieg ziehen; er diente als Leutnant an der Westfront (Bild 2). Die Jahre 1918 bis 1920 in französischer Kriegsgefangenschaft nutzte er zum Teil für seine Weiterbildung in Mathematik.

2.2 Das Studium

Wieder daheim schrieb sich der Dreiundzwanzigjährige nach Anraten seines Vaters zum Wintersemester 1920/21 an der TH München zunächst in der Fachrichtung Maschinenbau ein. Einige Kollegen seines Vaters hatten wohl die Meinung vertreten, dass es auf dem Gebiet des Bauwesens nichts Neues mehr zu entwickeln gäbe. In guter akademischer Tradition legte sein Vater für die Berufswahl seines Sohnes Wert auf die Möglichkeit, im Berufsleben Neues erfinden und entwickeln zu können. Finsterwalder wechselte jedoch zum Sommersemester 1921 glücklicherweise zum Bauingenieurwesen [6]. Weil die Fächer im ersten Semester praktisch gleich waren, hatte er dadurch keinen Zeitverlust zu beklagen.

Die Anfänge des Schalenbaus lagen zu Beginn der 1920er Jahre förmlich in der Luft. Walter Bauersfeld und der Dywidag-Ingenieur Franz Dischinger arbeiteten in Jena an der Entwicklung von Planetariumskuppeln. Und Finsterwalders Mechanik-Professor an der TH München war Ludwig Föppl, der sich mit freitragenden Kreiszyylindersegmenten befasste. Das brachte den jungen Studenten dazu, seine Diplomarbeit über die Theorie der Netzwerkschalen anzufertigen. Gleichzeitig arbeitete er an der Theorie der querversteiften Zylinderschalen.

2.3 Anfänge bei der Firma Dyckerhoff & Widmann

1923 beendete Finsterwalder sein Studium in sechs Semestern und beschloss, eine Tätigkeit bei der bereits sehr renommierten Firma Dyckerhoff

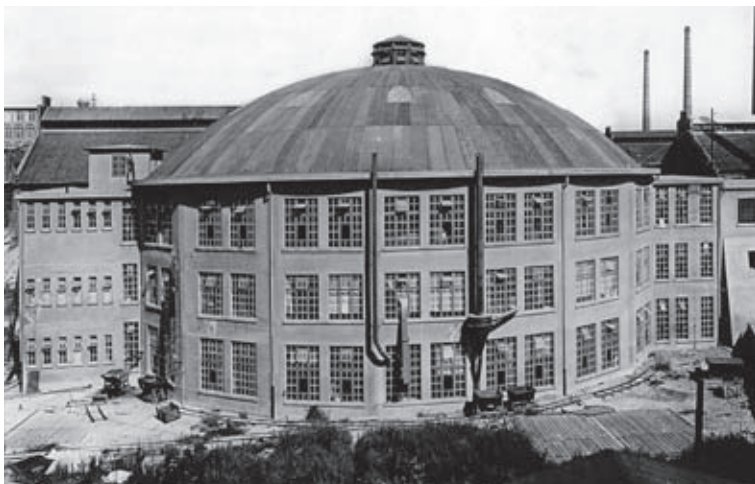


Bild 4: Schottkuppel

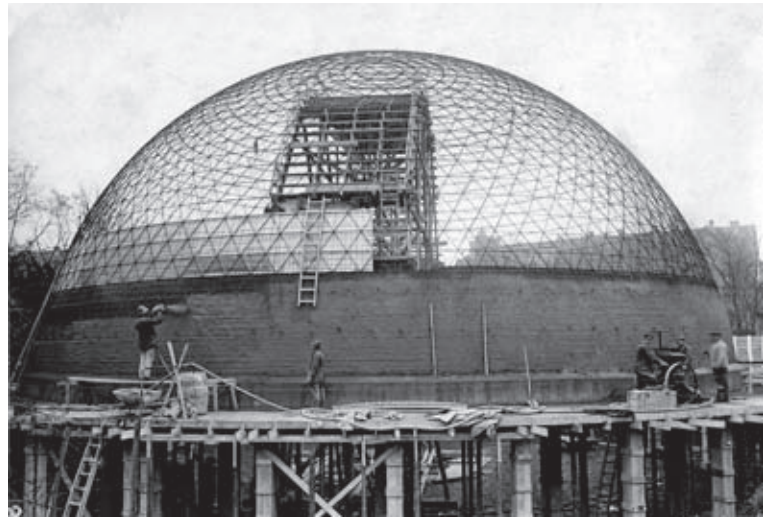


Bild 3: Zeiss-Planetarium in Jena

& Widmann aufzunehmen [7]. Von einem ehemaligen Schulfreund, der im Zeisswerk in Jena tätig war, hatte er bereits erfahren, dass Dywidag dort dabei war, Planetariumskuppeln unter Verwendung von filigranen Netzwerken zu entwickeln. Das Netzwerk wurde nach dem Torkretverfahren einbetoniert, um sowohl einen Projektionsschirm für die Darstellung des Sternenhimmels als auch einen Raum für die Zuschauer zu bieten (Bild 3). Mit seiner einschlägigen Diplomarbeit über Netzwerkschalen muss der junge Absolvent passgenau der richtige Mitarbeiter für Franz Dischinger gewesen sein, der in Jena zusammen mit Walter Bauersfeld, dem bekannten Physiker und Forschungsleiter der Firma Zeiss, an der Theorie und Herstellung von dünnwandigen Kugelschalen arbeitete. Anlass war das Planetariums-Projekt der Zeisswerke, bei dem die halbkugelförmigen Kuppeln aus entsprechend geformten Netzwerkschalen durch Torkretieren hergestellt wurden.

Der junge Absolvent muss den beiden älteren Kollegen imponiert haben, betrauten sie ihn doch mit der Bearbeitung der 40 m weit gespannten und mit 7,9 m Pfeilhöhe sehr flachen Schalenkuppel der Glaswerke Schott [8], einer Schwesterfirma der Zeisswerke. Die Schale hatte eine Dicke von nur 6 cm. Von ihrer Realisierung rieten etliche Fachleute dringend ab (Bild 4).

1925 kam Finsterwalder in das Konstruktionsbüro der Hauptverwaltung nach Wiesbaden-Biebrich, wo auch Dischinger als Oberingenieur tätig war [3]. Dyckerhoff & Widmann war eine Firma, bei der eigene Forschung gepflegt und gefördert wurde. So konnte



Bild 5: Dywidag-Halle auf der GeSoLei in Düsseldorf, Handzeichnung (Signatur nicht eindeutig lesbar)

sich Finsterwalder theoretisch und experimentell mit der Membrantheorie der Zylinderschalen beschäftigen. 1926 baute er zusammen mit Dischinger eine Halle mit Tonnenschalen für die Ausstellung GeSoLei (Gesundheit, Soziale Fürsorge und Leibesübungen) in Düsseldorf (Bild 5). Allen weiteren zylindrischen Schalenbauten im System Zeiss-Dywidag lag Ulrich Finsterwalders Theorie der querversteiften zy-

lindrischen Schalengewölbe zugrunde [4]. 1928 folgten das Elektrizitätswerk und die Großmarkthalle in Frankfurt a.M., ein Jahr später die Markthalle in Basel und weitere. Einen besonderen Platz nimmt dabei die Großmarkthalle in Budapest mit ihren rund 41 m frei spannenden Tonnenschalen ein, während die Spannweite der Tonnen in der Großmarkthalle in Frankfurt 36,70 m beträgt (Bild 6).



Bild 6: Großmarkthalle Budapest



Bild 7: Flugzeughalle in Werneuchen

1930 promovierte er mit seiner Biegetheorie der freitragenden Kreiszyylindersegmentschale bei Ludwig Föppl in München [2]. Im gleichen Jahr heiratete er Eva Habild, die Tochter eines Dywidag-Ingenieurs.

2.4 Die Berliner Jahre 1933–1945

1932 nahm Dischinger den Ruf an die Technische Hochschule Berlin-Charlottenburg an. Somit konnte Finsterwalder dessen Stelle als Chefkonstrukteur übernehmen. Ein Jahr später musste er jedoch als Leiter des Konstruktionsbüros der Hauptverwaltung mit seiner Familie ebenfalls nach Berlin ziehen, weil die Firma ihren Sitz dahin verlegte bzw. verlegen musste.

Wie die meisten deutschen Baufirmen wurde auch Dyckerhoff & Widmann für die Bauten der NS-Herrschaft herangezogen, was wirtschaftlich zunächst ein einträgliches Geschäft wurde (s. z. B. [9]). Auch Finsterwalder war sehr erfolgreich und wurde 1941 Mitglied der Geschäftsleitung. In dieser Zeit wirkte die Firma an vielen renommierten Bauten mit, wie z. B. am Flughafen Tempelhof, an den Olympischen Bauten, an mehreren Flugzeug-

hallen im Umland von Berlin, u. a. in Werneuchen (Bild 7) und Döberitz, an vielen Bunkern und Schutzbauten, an U-Boot-Bunkern wie in Kiel und in Lorient (Bild 8) in der Bretagne, aber auch an der Festhalle in Weimar. Finsterwalder entwickelte eine besondere stahlsparende, spiralartige Bewehrung für Bunkerbauten und arbeitete an einem Entwurf für den geplanten, jedoch wie die Kongresshalle von Dischinger nicht ausgeführten Münchner Hauptbahnhof, einer Flechtwerkkuppel mit 280 m Durchmesser und 100 m Höhe. Zeiss-Dywidag-Schalen wurden in dieser Zeit vermehrt für Kasernen- und Wohnungsdächer eingesetzt. Auch die Entwicklung von Betonschiffen im Auftrag der Organisation Todt, wofür Finsterwalder eine Auszeichnung bekam, fiel in diese Zeit. Im Juli 1942 wurde im Rahmen des Hauptausschusses Schiffsbau ein Sonderausschuss Betonschiffbau eingerichtet, dessen Leitung Finsterwalder übertragen wurde, z. B. [10]. Ausschlaggebend für die materialsparende wirtschaftliche Herstellung war die Anwendung der Schalentheorie an Stelle der tradierten Spantenbauweise.

Ein politisches Engagement oder ein über das geschäftlich Notwendige hinausgehende Interesse am NS-Regime ist von Finsterwalder nicht

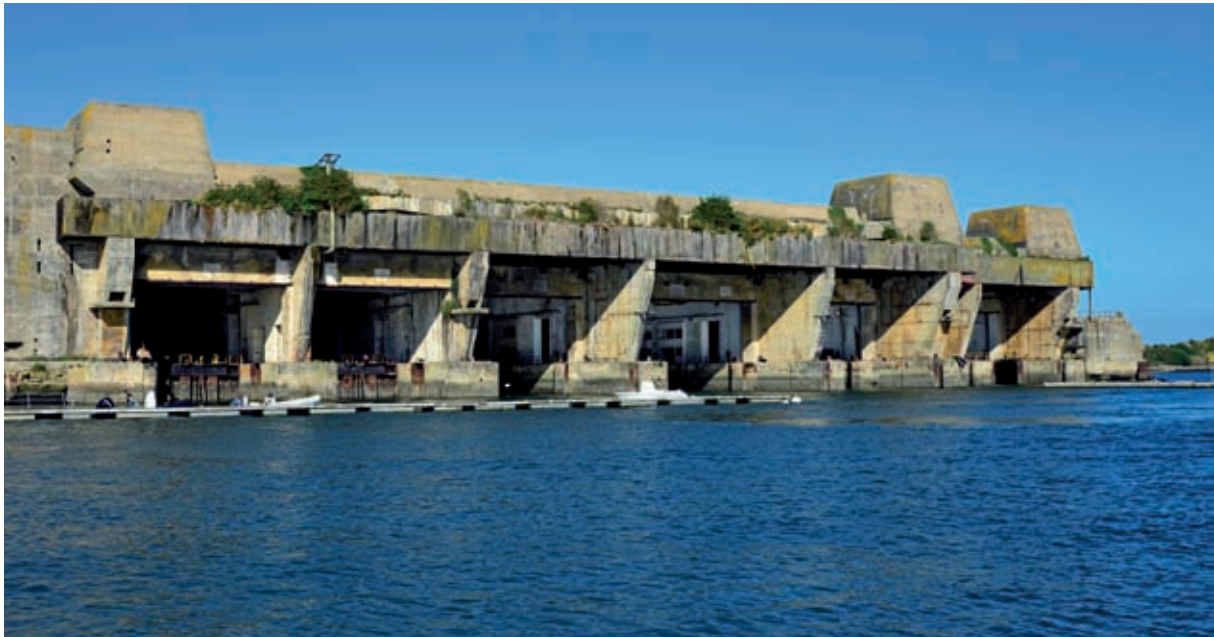


Bild 8: U-Boot-Bunker Lorient

überliefert [10]. Allerdings ist, ähnlich wie bei den meisten seiner Kollegen, auch keine nachträgliche Distanzierung z. B. im Hinblick auf die Zwangsarbeiter, die selbstverständlich auch seine Firma beschäftigt hatte, bekannt geworden. Zur Haltung und Tätigkeit der Bauingenieure und Baufirmen unter der Nazi-Herrschaft besteht noch viel Forschungsbedarf.



Bild 9: Schwimmender LNG-Behälter (LNG = Liquid Naturell Gas) aus Stahlbeton (Projekt)

2.5 Ein Großmeister des Betonbaus

Das Ende des Kriegs erreichte Dywidag mit großen Verlusten an Kapital, Bauten, Maschinenpark und Personal. 1945 wurde der Firmensitz zuerst nach Hamburg, dann nach München verlagert. Finsterwalder übernahm die Aufgabe, die Konstruktionsbüros der Firma wieder aufzubauen, was er mit großem Engagement betrieb. 1948 wurde er persönlich haftender Gesellschafter.

Die Zeit ab den Fünfzigerjahren des 20. Jahrhunderts ist Finsterwalders meisterliche Schaffensperiode, wo er sich insbesondere beim Betonbrückenbau zu einem weltweit anerkannten Großmeister profilierte [11]. Bahnbrechendes leistete er jedoch nicht nur beim Brückenbau. Vielmehr gab es kaum einen Bereich des Stahlbetonbaus, wo Finsterwalder nicht erfolgreich tätig war: Stahlbetonfachwerkträger mit Vorspannung durch Eigengewicht, Tanker und schwimmende Häfen (Bild 9) aus Stahlbeton, Spannbetonbrückenbau, insbesondere die Entwicklung des Dywidag-Spannverfahrens und des Freivorbau, städtische Hochstraßen wie der Tausendfüßler in Düsseldorf sowie Hängedächer wie bei der Schwarzwaldhalle (Bild 10) in Karlsruhe und der sog. Schwimmoper in Wuppertal, vorgespannte Eisenbahnschwellen und Wasser- und Faulbehälter. Besonders reizvoll ist die Großmarkthalle in Hamburg, die er 1957 mit dem Architekten Bernhard Hermkes realisierte.

In über 80 Aufsätzen und Vorträgen veröffentlichte Finsterwalder sehr eingehend und verständlich seine Erfindungen und Entwürfe, die den Inge-

neurbau nicht nur in Deutschland, sondern weltweit beeinflussten und weiterbrachten.

Für sein Lebenswerk wurde er mehrfach geehrt, z. B. [3]. Unter anderem erhielt er 1950 die Ehrendoktorwürde der TH Darmstadt, 1968 die der TH München. 1953 wurde ihm die Emil-Mörsch-Denkmünze des Deutschen Beton-Vereins, 1963 das Große Verdienstkreuz der Bundesrepublik Deutschland, 1967 die Charles S. Whitney Medal des American Concrete Instituts verliehen. 1968 wurde er außerordentliches Mitglied der Akademie der Künste Berlin. 1976 wurde er als erster Ausländer Mitglied der National Academy of Engineering der Vereinigten Staaten. Ein Jahr später erhielt er als erster Brückenbauer den Preis der Internationalen Vereinigung für Brückenbau und Hochbau IVBH.

Finsterwalder bildete mehrere Generationen von hervorragenden Ingenieuren in „seiner“ Firma aus. Durch seine Schule gingen zahlreiche spätere Professoren für Stahlbetonbau und Statik sowie Inhaber und Leiter weltweit bedeutender Ingenieurbüros und Firmen, wie z. B. Leonhardt Obermeyer, Anton Tedesco, Georg Knittel, Herbert Kupfer (Bild 11), Helmut Bomhard, Herbert Schambeck und Dieter Jungwirth.

Mit 76 Jahren und nach 50-jähriger Berufstätigkeit schied Finsterwalder 1973 aus dem aktiven Firmendienst aus und war noch weitere 15 Jahre als unabhängiger beratender Ingenieur tätig. Seinen Arbeitsraum bei Dywidag behielt er jedoch bei. U. a. wurde er bei Großprojekten wie der Brücke über die Meerenge von Messina, dem Ärmelkanaltunnel und dem Brenner Basistunnel selbst noch mit 90 Jahren als Berater hinzugezogen.



Bild 11: Herbert Kupfer und Georg Knittel bei der Ulrich-Finsterwalder-Tagung 2013



Bild 10: Schwarzwaldhalle

Am 5. Dezember 1988 starb er in München im Kreise seiner Familie.

3 Finsterwalders Brücken

Der Brückenbau war für Dyckerhoff & Widmann immer eine besondere Herausforderung. Finsterwalder konnte gerade auf diesem Gebiet ganz entscheidend zum Erfolg der Firma beitragen. Insbesondere das Verfahren des freien Vorbaus in Spannbeton wurde von ihm entwickelt. Ab 1950 bis Ende der 1980er Jahre wurden von Dyckerhoff & Widmann allein oder in Arbeitsgemeinschaften ca. 525 Spannbetonbrücken erstellt, davon die meisten im freien Vorbau. Im gleichen Zeitraum wurden von Lizenznehmern in aller Welt, insbesondere in Japan und Skandinavien, aber auch in den USA, ca. 1235 Spannbetonbrücken mit DYWIDAG-Spannverfahren ausgeführt ([12], S. 19/20). Die bei vielen Freivorbaubrücken aus den 1960er und 1970er Jahren entstandenen Schäden und deren Ursachen sind inzwischen allgemein bekannt. Viele davon konnten erfolgreich saniert werden.

Fast alle von Dyckerhoff & Widmann gebauten Brücken waren auf Wettbewerbserfolge zurückzuführen. Finsterwalder begnügte sich meistens nicht mit den vorgegebenen Amtslösungen und entwickelte gerne eigene Sondervorschläge, womit er oft in Stahl ausgeschriebene Brücken als Betonkonstruktionen durchsetzen konnte. Insbesondere war die Vorspanntechnik, die von Finsterwalder maßgeblich mitentwickelt wurde, im Wettbewerb mit Stahlbrücken von entscheidender Bedeutung. In diesem Zusammenhang hat Fritz Leonhardt auf eine besondere Eigenschaft von Finsterwalder hingewiesen [13]:

„Hervorheben möchte ich noch seine eindringliche Überredungskunst, mit der er seine wohlgegründete Überzeugung von seinen Lösungen auf andere übertragen kann. So hat er in der Anfangszeit des Spannbetons anlässlich eines Brückenwettbewerbes einmal einen verdienten alten Stahlbrückenbauer in einer einzigen Unterredung davon überzeugt, dass bei dem Wettbewerb nur eine Spannbetonbrücke die richtige Lösung sei, so dass dieser Stahlbauer sich zum großen Erstaunen seiner Kollegen am anderen Tag für den Betonentwurf eingesetzt hat.“

3.1 Eisenbetonträger mit selbsttätiger Vorspannung durch Wirkung des Eigengewichts

Die erste Spannbetonbrücke wurde von Franz Dischinger mit einer Hauptöffnung von 69 m 1936/37 in Aue/Sachsen gebaut. Die St-52-Stähle zur Aufbringung der Vorspannung mit 70 mm Durchmesser wurden dabei frei im Inneren der Konstruktion in Form eines unterspannten Trägers geführt, eine externe Vorspannung ohne Verbund. Die Zugbänder wurden mittels hydraulischer Pressen gegen den erhärteten Betonträger gespannt. Um die Kriechverluste auszugleichen, mussten die Stäbe jedoch mehrmals nachgespannt werden. Das Bauwerk überstand den Krieg, wurde 1962 generalüberholt, musste aber 1995 doch abgebrochen werden. Da es unter Denkmalschutz stand, wurde es äußerlich originalgetreu wieder aufgebaut [14]. Leonhardt berichtet, dass die Brücke schon nach wenigen Jahren starke Schäden zeigte. „Es hat mancher Diskussion bedurft, bis Dischinger den Wert des Verbundes zwischen Spann Stahl und dem Betontragwerk anerkannt hat, und man kann den Zeitpunkt dieser Erkenntnis an seinen darauffolgenden Patentanmeldungen für Spannbeton mit Verbund ablesen“ [13]. Dank des hochwertigen Korrosionsschutzes ist dieses wichtige Problem heute gelöst. Die großen Vorteile dieser Bauweise haben in den vergangenen Jahrzehnten bekannter Weise zu einer Renaissance der extern vorgespannten Brückenkonstruktionen geführt.

1938 wurde von der Firma Wayss & Freytag nach dem Patent von Freyssinet eine Brücke über die

Autobahn in Oelde gebaut. Hier wurden die Vorspannelemente erstmalig innerhalb des Betonquerschnitts angeordnet.

Im gleichen Jahr führte Finsterwalder in der Nähe von Wiedenbrück eine Autobahnüberführung mit einer Spannweite von 34,5 m ebenfalls in Spannbeton aus (Bild 12). Zeitgleich veröffentlichte er seine Konstruktion unter der Bezeichnung „Eisenbetonträger Bauart Finsterwalder“ in zwei Fachzeitschriften [15], [16] und begründete sie als eine stahlsparende Bauweise, die das „tote Gewicht“ zu vermeiden hilft. Der Grundgedanke bestand, wie auch bei Dischinger, darin, die Haupttragereisen wie bei einer Unterspannung aus dem eigentlichen Träger herauszunehmen. Jedoch hatte er eine andere geniale Idee für die Erzeugung der Vorspannung. In Feldmitte ordnete er eine Fuge mit einem Bleigelenk in der Druckzone an, wodurch der Träger auch statisch bestimmt und die auftretenden Kräfte von den Formänderungen unabhängig wurden. Die Größe der Vorspannung regelte sich somit nach der Größe der auftretenden Spannung selbsttätig. Die beiden Träerteile wurden zur Mitte hin mit einer leichten Steigung betoniert. Bei der Belastung des Trägers durch sein Eigengewicht beim Absenken des Lehrgerüsts wurde der Spann Stahl gespannt, der Beton dadurch vorgespannt. Der Eisenbetonträger erhielt eine mittige Vorspannung, wodurch Biegespannungen weitgehend vermieden werden konnten. Die Zugbewehrung wurde erst nach Eintritt der Dehnung einbetoniert, wodurch ein Verbund hergestellt wurde, was der zweite Unterschied zur Lösung von Dischinger war.

Diese Brücke wurde 1987, d. h. 50 Jahre nach ihrer Erstellung, von Herbert Schambeck, dem damaligen Direktor von Dyckerhoff & Widmann, eingehend untersucht. Es hat sich gezeigt, dass die Konstruktion sich in einem einwandfreien Zustand befand und die neueren Berechnungen und Messungen hinsichtlich der Formänderung und des Kriechverhaltens mit den ursprünglichen gut übereinstimmten [17].

Finsterwalder wendete dieses Prinzip auch bei Fachwerkträgern aus Stahlbeton an (Bild 13), [13]. Die Druckstäbe wurden aus normal bewehrtem Beton hergestellt, die Zugstäbe aus Stabstahlbündeln, die erst nach Einstellen der Dehnung bei Be-

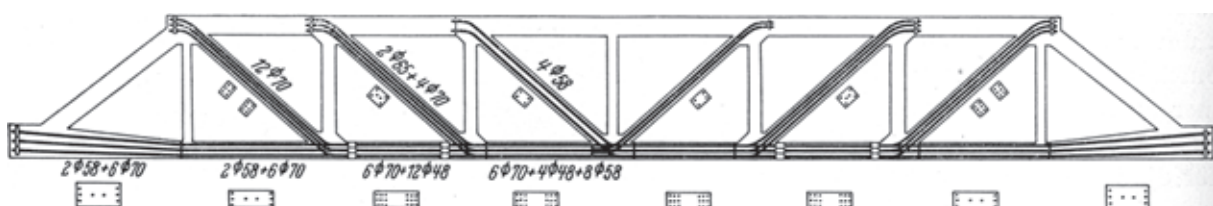


Bild 13: Fachwerkträger System Finsterwalder

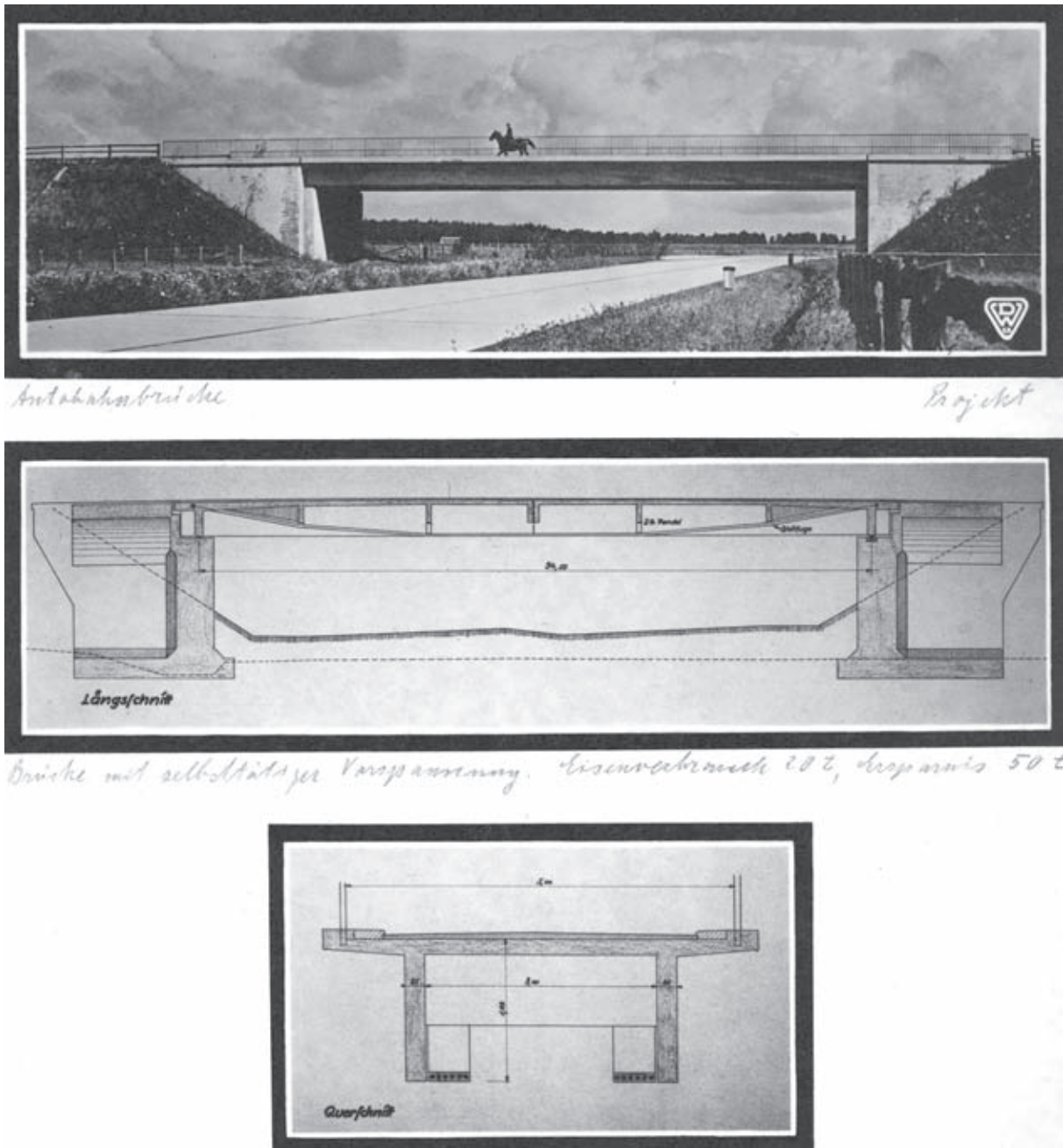


Bild 12: Eisenbetonträger Bauart Finsterwalder

lastung durch ständige Lasten einbetoniert wurden. Dadurch blieb der Beton der Zugelemente rissfrei. Durch Anbringen von Gewichten an den Knoten ließen sich die Zugelemente sogar weiter vorspannen. Diese Konstruktion wurde unter anderem als Torträger bei Flugzeughallen und beim Dach der Festhalle in Weimar angewandt. Auch die Decke der Empfangshalle des Flughafens Berlin-Tempelhof wurde mit diesem System erstellt. Finsterwalder wies nach, dass sich dabei 40 bis 60 % Eisenersparnis im Vergleich zu konventionellen Trägerkonstruktionen erzielen lassen.

Bei all diesen frühen vorgespannten Konstruktionen in den 1930er Jahren wurden bei den Brü-

cken und Hallenkonstruktionen im Unterschied zum Dywidag-Spannverfahren, das ab den Fünfzigerjahren zum Einsatz gekommen ist, als vorgespannte Zugglieder dicke Rundeißen aus St 52 mit einem Durchmesser von 40 bis 80 mm eingesetzt [18].

3.2 Dywidag-Spannverfahren mit beschränkter Vorspannung

Finsterwalders größter Beitrag war wohl die Entwicklung des Dywidag-Spannverfahrens und die dadurch möglich gewordene Erfindung des freien Vorbaus von Spannbetonbrücken [19].



Bild 14: Freyssinet-Brücke in Changis-sur-Marne, erbaut 1950

Nachdem Dischingers Versuch mit der externen Vorspannung bei der Stadtbrücke in Aue kein nachhaltiger Erfolg beschieden war, weil die zu geringe Vorspannung in den Stahlseilen einen dauernden Unterhalt erforderte [20], wendete sich das Interesse der Fachwelt dem Spannbeton mit Verbund zu. Die Entwicklung begann mit den Marne-Brücken von Freyssinet. Die wichtigste Neuerung dabei war, dass die Vorspannkabel in den Trägern zunächst längsbeweglich frei angeordnet waren, um diese gegen den erhärteten Beton vorzuspannen und durch Ausgießen nachträglich mit der Konstruktion zu verbinden. In seinem Buch „Triumph der Spannweiten“ [21] berichtet Hans Wittfoht, dass R. Färber aus Breslau bereits 1927 ein ähnliches Patent angemeldet hatte, bei dem im Beton liegende Spannglieder durch Isolierung mittels Blech- oder Papphülsen am Verbund gehindert und nachträglich mit Spannpressen gegen den erhärteten Beton vorgespannt wurden. Freyssinet wendete dieses Verfahren nun im Brückenbau an (Bild 14). Ab diesem Zeitpunkt wurde es in Abwandlungen weltweit das beherrschende Verfahren im Spannbetonbrückenbau.

Finsterwalder führte im Vergleich zu Freyssinet gleich mehrere Neuerungen ein und ließ sie als Dywidag-Spannverfahren patentieren. Freyssinet und alle, die sein Verfahren angewendet haben, wählten die volle Vorspannung der Spanneinlagen, sodass im Beton gar keine Zugspannungen

und dadurch bedingte Risse entstehen konnten. Die Spannelemente bestanden aus Kabeln, Seilen oder Drähten, deren Verankerung mittels Keilen vorgenommen wurde. Finsterwalder erläuterte scharfsinnig [19]:

„Es ging ohne Frage zu weit, allgemein eine so hohe Druckvorspannung des Betons zu verlangen, dass diese bei der Belastung höchstens bis auf null abgebaut wird. [...] Ein solches Verlangen würde logisch zu der Konsequenz führen, dass der klassische Stahlbeton mit nicht vorgespannter Bewehrung, bei dem die Dehnfähigkeit und die Zugfestigkeit des Betons stets in Anspruch genommen werden, [...], in Zukunft grundsätzlich überhaupt nicht mehr zugelassen werden dürfte. Daran ist natürlich überhaupt nicht zu denken [...]. Aufgrund dieser Überlegungen entspricht die „beschränkte Vorspannung“, bei welcher die Dehnfähigkeit des Betons in Anspruch genommen wird, den Eigenschaften des Baustoffs.“

Die geringere Vorspannung hatte auch den Vorteil, dass Beton nicht dauernd unter hoher Spannung stand und somit auch die Kriechverluste reduziert wurden. Trotz zum Teil heftiger Kritik blieb Finsterwalder seiner Lösung treu, die sich mit der Zeit ebenfalls weltweit durchsetzen konnte.

Das Dywidag-Spannverfahren (z. B. [19]) ist gekennzeichnet durch die Verwendung von Einzel-

spanngliedern aus einem robusten, mittelfesten Spezial-Rundstahl mit Durchmesser 26 bis 36 mm anstelle eher empfindlicher Drähte, Litzen oder Seile (Bild 15).

Der vom Hüttenwerk Krupp Rheinhausen entwickelte naturharte Spezialstahl mit der Bezeichnung „Stahl 90“ besaß eine Bruchfestigkeit von 9.000 kg/cm^2 und war sehr korrosions- und feuerfest. Da er nicht schweißbar war, entwickelte Finsterwalder ein Gewinde, das nicht eingeschnitten, sondern durch Aufrollen hergestellt wurde. So wurde kein Material abgetragen und die Tragfähigkeit des Gewindes entsprach der des vollen Stabes. Die geringfügige Einbuße an Querschnitt beim Einpressen der Gewinde wurde dabei durch die Vergütung des Materials als Folge der Kaltverformung mehr als ausgeglichen. Die Hüttenleute waren damals der Meinung, dass Finsterwalder sich dieses Vorhaben aus dem Kopf schlagen solle. Die Walzen könnten niemals so geführt werden, dass dabei ein Gewinde entstehen kann. Mit einem praktikablen Vorschlag zur Walzenführung konnte Finsterwalder auch dieses Problem lösen [22]. Für die zuverlässige Verankerung der Spannstäbe an deren Enden wurde die sog. Glockenverankerung entwickelt, die aus einem Gewinde mit Sechskantmutter bestand. Diese stützte sich auf eine Verankerungsglocke ab. Der äußere Ring dieser Glocke nahm die von der Mutter abstrahlenden Spaltzugkräfte auf. Das Gewinde bot außerdem den Vorteil, über eine Muffen-Verbindung Spannlieder zu einer beliebigen Länge zugfest zusammenschließen zu können. Nach diesem Verfahren entstanden neben Brücken auch unzählige Überdachungen, Hallen, Faul- und Wasserbehälter, ja sogar Eisenbahnschwellen und vieles mehr, z. B. [18].

Zusätzlich zum glatten Stahl mit aufgerolltem Gewinde wurde bei Dywidag auch der doppelseitig

gerippte Gewindestahl in der Stahlgüte St 85/105 mit durchgehenden Gewinderippen entwickelt, der als DYWIDAG-Spannstahl bekannt wurde. Das durchgehende Gewinde wendete Finsterwalder auch beim normalen Baustahl an, um den viel Platz einnehmenden Überdeckungsstoß beim Bewehren durch Muffen-Verbindungen ersetzen zu können. So entstand der bekannte GEWI-Stahl in der Stahlgüte BSt 42/50 RU, der große konstruktive und wirtschaftliche Vorteile bietet. Der GEWI-Muffenstoß erlaubt zug- und druckfeste Verbindungen und ist auch bei dynamischen Belastungen einsetzbar [23].

Schon ab 1950, also bereits fünf Jahre nach Kriegsende, stieg Dywidag mit seinen Spannverfahren und -produkten ins internationale Lizenzgeschäft ein, woraufhin in den Fünfzigerjahren eine Reihe von vorgespannten Brücken in Österreich und in den skandinavischen Ländern entstanden.

3.3 Die gelenklosen Rahmenbrücken

Das Dywidag-Spannverfahren nahm im Brückenbau ab 1949 eine stürmische Entwicklung und wurde zunächst bei frei aufliegenden oder durchlaufenden Balkenbrücken mit Plattenbalkenquerschnitt eingesetzt. Mit diesem Spannverfahren wurde im Jahre 1949 als erstes Bauwerk die 21 m weit gespannte Würmbrücke in Percha bei Starnberg vorgespannt [24]. Weitere Beispiele dafür sind die Brücken in Lindau, Berchtesgaden und die Isarbrücke in Landshut.

Um die Balkenhöhe zu minimieren, wurden verschiedene Rahmensysteme ausprobiert. Freyssinet hatte 1946 bis 1950 mit seiner „Serie Esbly“ mehrere bemerkenswerte vorgespannte Rah-

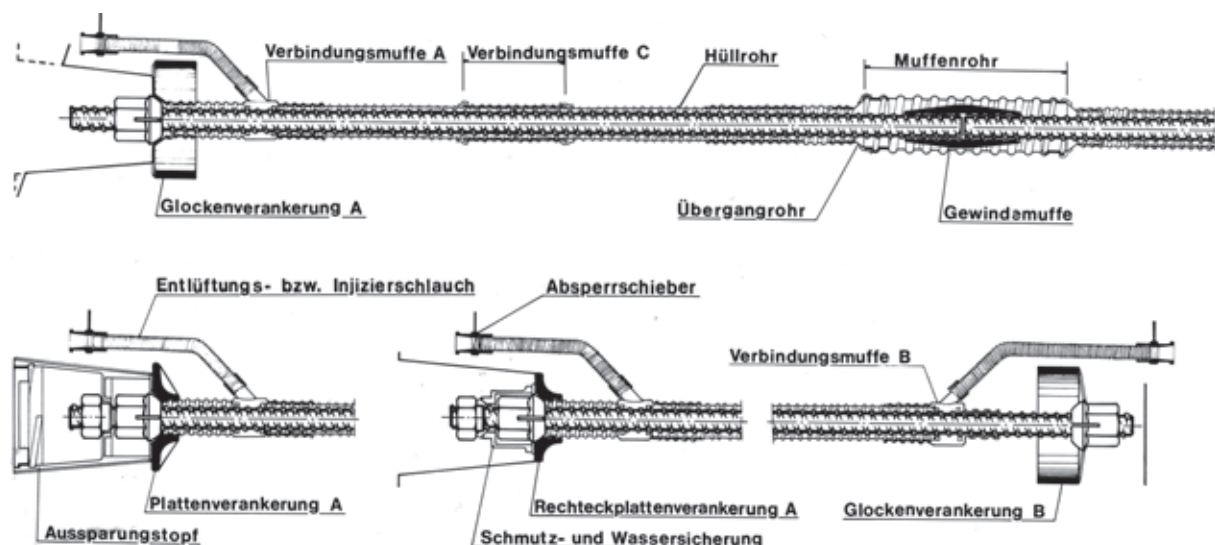


Bild 15: Dywidag-Einzelspannglied

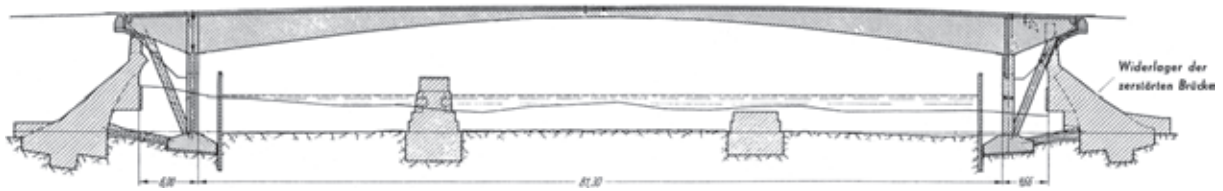


Bild 16: Gänstorbrücke Ulm, Längsschnitt

menbrücken über die Marne nordöstlich von Paris errichtet (vgl. Ziff. 3.2).

Bei der **Gänstorbrücke** in Ulm überbrückte Finsterwalder 1950 die Donau mit einer neuen Art von vorgespannter Rahmenbrücke, die bei der Ausbildung ihrer Stiele an die Marne-Brücken von Freyssinet erinnert. Der Riegel des Rahmens besteht aus einem Plattenbalken, die Stiele sind als Dreiecksbock mit vertikaler Druckstrebe und schrägem vorgespanntem Zugstab ausgebildet. Der Scheitel und die Kämpfer des Rahmens sind so elastisch und die Mitte des Rahmenriegels so schlank, dass die Stützlinie durch den Kern des Scheitelquerschnitts und die Mitte der Fundamentfuge verläuft. Somit musste dort kein tatsächliches Gelenk ausgebildet werden ([19], S. 148). D. h. es entstand praktisch ein Dreigelenkrahmen, ohne dass bauseits tatsächliche Gelenke ausgebildet werden mussten. Daher rührt auch die heute kaum noch bekannte Bezeichnung „gelenklose Rahmenbrücke“. Da die Stiele zum Fluss hin mit Wänden abgeschlossen wurden

und teilweise sich im Wasser bzw. im Boden befinden, sind die Dreiecksböcke nicht sichtbar (Bilder 16, 17).

Dieses System des gelenklosen Rahmens wurde von Dywidag auch bei weiteren Brückenbauten gewählt, wie z. B. bei der **II. Lombards-Brücke** in Hamburg (1952), die 1963 in Kennedy-Brücke umbenannt wurde, sowie bei der **Rohrdammbrücke** (1953) und der sehr ähnlichen **Dischingerbrücke** (1956) in Berlin.

3.4 Der freie Vorbau

An den Kosten einer Stahlbetonbrücke hat das Lehrgerüst einen großen Anteil. Das Aufstellen eines großen Lehrgerüsts und das Einschalen der gesamten Brücke wirken sich arbeitstechnisch und finanziell ungünstig aus. Finsterwalder erkannte, dass große Spannweiten dem Spannbeton nur dann erschlossen werden können,



Bild 17: Gänstorbrücke Ulm

wenn anstelle des Lehrgerüsts eine sicherere und arbeitstechnisch bessere Methode der Rüstung gefunden wird. Dywidag-Spannbeton erlaubt sowohl die einfache Verankerung als auch das Zusammenfügen von Spannstählen mit Hilfe von Gewindemuffen zu beliebiger Länge. Dies war zusammen mit einem an das jeweilige Kragende montierten Arbeitsplattform (Vorbauwagen) die Grundlage für den freien Vorbau ohne feste Gerüste.

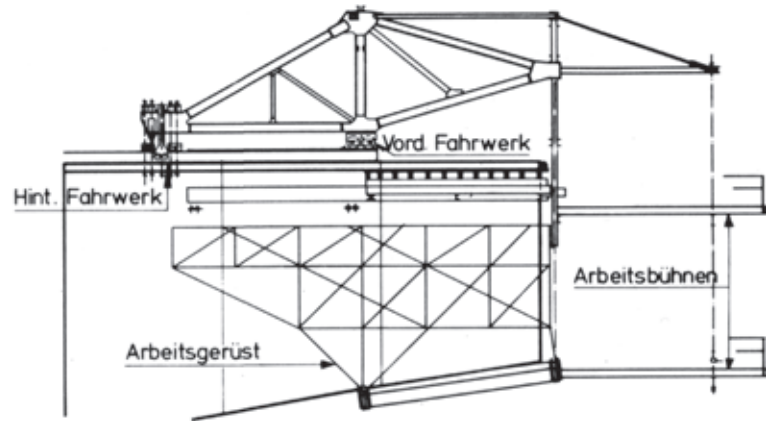


Bild 18: Vorbauwagen

Finsterwalder war bekannt, dass eine 60 m weit gespannte, schlaff bewehrte Stahlbetonbrücke im Jahre 1930 in Südbrasilien schon einmal frei vorgebaut wurde ([24], S. 152). Not macht eben erfinderrisch! Es war die unberechenbare Strömung des Rio do Peixe bei Herval, die den deutschstämmigen Ingenieur Baumgarten dazu gezwungen hatte, den ersten Freivorbau bei einem Dreifeldbalken mit schlaffer Bewehrung zu wagen. Er betonerte die beiden 23,0 m langen Seitenfelder und je ein 9,10 m langes Stück der Hauptöffnung konventionell, verankerte die beiden äußeren Auflager mit Gewichten und baute den Rest der 68,0 m langen Mittelöffnung im freien Vorbau in Betonierabschnitten von 1,5 m, wobei die einzelnen Schalbretter 4,5 m lang waren und versetzt gestoßen wurden. Interessant ist, dass die jeweils auch 1,5 m lange Bewehrung mit dem Durchmesser 45 mm ebenfalls durch Muffen verbunden wurde [25]. Wittfoht schreibt dazu, dass diese Bauweise im Jahre 1937 in England wiederholt wurde, gibt dazu jedoch weder weitere Einzelheiten noch Quellen an ([22], S. 208). Bei der Montage von Stahlbrücken war der freie Vorbau ohnehin längst üblich. So entstand 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 (Bild 18).

Finsterwalders Wettbewerbsentwurf von 1930 für die **Dreirosenbrücke** in Basel hatte bereits eine der wesentlichen Ideen für das neue Verfahren des freien Vorbaus enthalten (Bild 19). Er hatte vorgeschlagen, von zwei Pfeilern in Flussmitte aus mit 60 mm dicken verschlossenen Drahtseilen vorgespannte, sich verjüngende Hohlkästen nach beiden Richtungen auskragen zu lassen, um die Kragarme in Feldmitte mit einem Gelenk zusammenzuschließen. Das Preisgericht hatte seinen Entwurf damals abgelehnt.

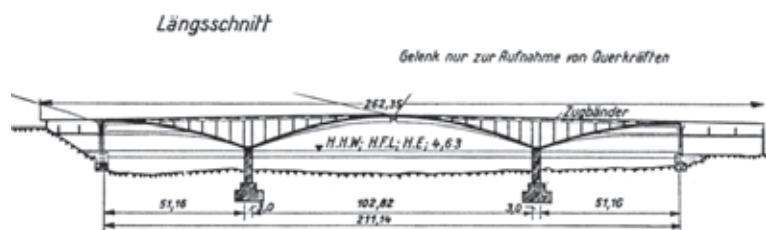


Bild 19: Wettbewerbsentwurf Dreirosenbrücke Basel 1930

Selbstbewusst deutete Finsterwalder diese Ablehnung dahingehend, dass er seiner Zeit wohl voraus war. 1965 schrieb er: „Der Entwurf wurde damals vom Preisgericht abgelehnt, da die Zeit für eine derartige Lösung noch nicht reif war“ ([24], S. 85). Dass er nach 35 Jahren immer noch davon erzählte, zeigt allerdings, wie sehr ihn diese Ablehnung doch getroffen haben muss. Ein ähnliches Erlebnis hatte er auch 1960 mit seinem Vorschlag einer Spannbandbrücke über den Bosphorus, der aus diversen Gründen nicht zur Ausführung kam (vgl. Ziff. 3.15). Übrigens beteiligte sich auch Dischinger an dem Wettbewerb für die Dreirosenbrücke mit einem eigenen Entwurf einer dreifeldrigen Bogenbrücke, womit auch er kein Glück hatte [26].

3.5 Die ersten Brücken im freien Vorbau

Die Einführung seines neuen, bisher unerprobten Verfahrens des freien Vorbaus mit Spannbeton plante Finsterwalder sorgfältig und wählte für den Anfang eine Brücke mit einer relativ kleinen Spannweite, um diese bei weiteren Bauten sukzessive zu steigern [27]. Das entsprach auch dem Wunsch der Verwaltung, die von Dywidag ein Gesellenstück verlangt hatte, um die Brauchbarkeit des Freivorbau-Verfahrens nachzuweisen.



Bild 20: Modell Lahnbrücke Balduinstein

Die erste frei vorgebaute Brücke ist die idyllische **Lahnbrücke bei Balduinstein** mit einer Spannweite von 62 m, die 1950 in Absprache mit dem Bauherrn auf eigene Verantwortung der Firma fertiggestellt wurde. 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 handelte es sich um zwei Kragarme, die durch die Betongewichte stabilisiert wurden. Die Bewehrung des Trägers wurde ebenfalls nach diesen beiden Systemen des Einfeldbalkens und des Kragarms ausgebildet ([19], S. 23). Ein Modell dieser Brücke mit den Vorbauwagen im Bauzustand befindet sich im Deutschen Museum München (Bild 20).

Ihr folgte bereits ein Jahr später die **Brücke in Neckarrems** mit 71 m Spannweite, die im Vergleich zu Balduinstein viel schlanker und eleganter ausfiel. Weil sie auf den noch vorhandenen Fundamenten der früheren Dreigelenkrahnbrücke aufgebaut werden musste, musste auch die neue Brücke geneigte Auflagerkräfte besitzen. Finsterwalder wählte, ähnlich wie bei der Gänstorbrücke, einen gelenklosen Rahmen, der in den Auflagerbereichen in eine lotrechte Druck- und eine schräge, vorgespannte Zugstütze aufgeteilt wurde [19].

Wie die meisten seiner Erfindungen ließ Finsterwalder die Methode des freien Vorbaus patentieren. Das Patent wurde am 23. August 1951 eingereicht und 1960 endgültig erteilt und veröffentlicht.

3.6 Die Nibelungenbrücke in Worms (1951–1953)

Die Nibelungenbrücke hatte für Finsterwalder und für Dywidag eine ganz besondere Bedeutung in Bezug auf die Entwicklung der neuen Bauweise, die hier erstmals für eine Brücke mit drei Öffnungen mit jeweils mehr als 100 m angewendet wurde. Die Spannweite der Mittelöffnung betrug 114,20 m, die Gesamtlänge 351,80 m. Zum ers-

ten Mal konnte von einem Mittelpfeiler aus nach beiden Richtungen gleichzeitig frei vorgespannt werden, sodass die Bauweise ihre Vorzüge voll entfalten konnte.

Für die Stadt Worms war der Neubau absolut lebenswichtig, weil er die einzige Straßenverbindung über den Rhein wieder ermöglichen sollte. Die an dieser Stelle im Jahre 1900 fertiggestellte stählerne Fachwerkbogenbrücke war von der Bevölkerung wegen „fehlender Monumentalität“ nie richtig angenommen worden, obwohl sie mit gewaltigen Tortürmen, mittelalterlichen Bastionen und Erkern geschmückt worden war. Sie wurde im März 1945 von der Wehrmacht zerstört und die Verbindung nach Bensheim konnte seitdem mit einer Fähre nur unzureichend aufrechterhalten werden [28].

Beim Wettbewerb für den Neubau standen Stahlbau und Stahlbetonbau im schärfsten Wettbewerb, da es als eine Prestigefrage galt, ob diesmal die erste weitgespannte Stahlbetonbrücke den Rhein überqueren wird [29]. Alle Firmen hatten sich viel Mühe gegeben und in beiden Materialien preislich und konstruktiv hervorragende Entwürfe eingereicht. Die Straßenbauverwaltung des Landes Hessen hatte eine Stahlbogenbrücke von MAN favorisiert, während die Kollegen von Rheinland-Pfalz dem Stahlbeton-Entwurf von „Dywidag-Finsterwalder“ den Vorzug gaben. Dass in den entsprechenden Veröffentlichungen der Name Finsterwalders neben dem Firmennamen mitgenannt wurde, ist bemerkenswert und unterstreicht das große Ansehen, das der Dywidag-Ingenieur bereits in den Fünfzigerjahren in der Öffentlichkeit genoss.

Da der Bund 50 % der Baukosten trug, während die beiden Bundesländer jeweils für 25 % aufkommen mussten, wurde die Entscheidung von Christoph Seeböhm, Bundesverkehrsminister von 1949 bis 1966, getroffen, der sich zugunsten des freien Vorbaus entschied. Ausschlaggebend waren die immer noch herrschende Stahlknappheit und „die Förderung des bautechnischen Fort-

schritts durch die Errichtung der ersten und größten Stahlbetonbrücke in Stahlbeton mit Freivorbau über den Rhein in Deutschland“ [28]. Somit erlitten die traditionsreichen deutschen Stahlbauunternehmen bei einem so wichtigen Brückenwettbewerb ihre erste Niederlage.

Die Bauausführung verlief ohne jeden Zwischenfall und erregte in der gesamten Fachwelt des In- und Auslandes großes Aufsehen. Die Firma Dyckerhoff & Widmann, die die Bauausführung alleine übernommen hatte, war überaus zufrieden und stolz auf ihren Chefingenieur: *„Tausende von Besuchern kamen nach Worms; die Baustelle war das „Mekka“ der Bauingenieure wie ein Altmeister des Brückenbaus sich ausdrückte“ [30].*

Die untere Leibung der kastenförmigen Stege in Brückenlängsrichtung wurde nach einer ganz bestimmten Kurve geformt. Sie verlief so, dass die Biegemomente des Kragarms bzw. die Zug- und Druckkräfte in Ober- und Untergurt von der Kragarmspitze zum Pfeiler hin nahezu linear zunehmen. Dies bewirkt, dass die Schubkräfte in den Stegen auf der ganzen Kragarmlänge nahezu konstant sind. Somit konnten auch die Stegstärke und die Schubbewehrung in den Stegen konstant bleiben. Auch bei späteren Brückenentwürfen wurden die Kragarme nach diesen Prinzipien ausgeformt.



Bild 22: Nibelungenbrücke Worms

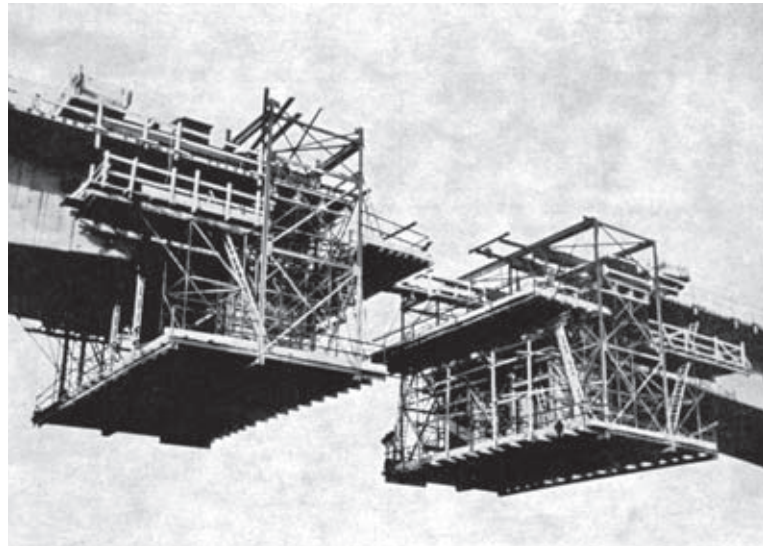


Bild 21: Nibelungenbrücke, der Zusammenschluss

Es muss eindrucksvoll gewesen sein, eine Betonbrücke von den Pfeilern ausgehend in zwei Richtungen stetig wachsen zu sehen, bis beide Vorbauwagen sich in der Mitte trafen (Bild 21). Diese waren aus kräftigen Stahlprofilen hergestellt und besaßen je 16 Räder aus Stahlguss ([28], S. 8). Sie trugen die Arbeitsbühnen, Rohrgerüste für die Schalung und die Schalung selbst sowie den Frischbeton für den jeweiligen Abschnitt, insgesamt 204 t vom Pfeiler zur Mitte abnehmend. Die Vorbauwagen konnten bei der neuen Moselbrücke in Koblenz wieder verwendet werden. Die Oberflächen konnten so glatt hergestellt werden, dass nach der Entscheidung des Bauherrn auf die steinmetzmäßige Bearbeitung der Ansichtsflächen verzichtet werden konnte (Bild 22).

Der Bedeutung der Brücke entsprechend wurde auf deren Gestaltung großer Wert gelegt. Die Straßenbauverwaltung Rheinland-Pfalz beauftragte den bereits als Brückenarchitekt bekannten Gerd Lohmer, *„um eine harmonische Einpassung der neuen Bauteile in die verbliebenen Reste der alten Brücke“ zu gewährleisten. Und „das Wesentliche der Konstruktion im Spiel von Licht und Schatten“ sollte „frei von modischem Beiwerk klar zum Ausdruck kommen“ [28].* Die hier begonnene Zusammenarbeit zwischen Finsterwalder und Lohmer wurde zur Grundlage für eine lange Freundschaft und trug in vielen Wettbewerben ihre Früchte.

Der wichtigste Mitarbeiter von Finsterwalder bei dieser Brücke war Georg Knittel, der spätere Professor für Baustatik an der Technischen Universität München, der seit 1949 bei Dywidag an der Seite Finsterwalders maßgeblich bei der Entwicklung des Dywidag-Spannverfahrens und des Freivorbauverfahrens mitgewirkt hatte.

Franz Dischinger, der seit seinem Ausscheiden von Dywidag 1932 mehrfach als Gutachter und Prüfer bei Bauten der Firma tätig war, und Alfred Mehmel aus Darmstadt hatten die Prüfung der statischen Berechnungen und der Konstruktion übernommen.

3.7 Die neue Moselbrücke (Europabrücke) in Koblenz (1952–1954)

Nach dem großen Erfolg Finsterwalders mit der Rheinbrücke Worms war der Weg für größere Spannweiten im freien Vorbau im In- und Ausland geebnet. Noch vor Fertigstellung der Nibelungenbrücke konnte das bewehrte Dywidag-Gespann Finsterwalder und Knittel am 1. August 1952 mit dem Bau der neuen Moselbrücke in Koblenz beginnen. Sie musste in Flussmitte auf den beiden Senkkasten der im Krieg zerstörten dreifeldrigen Bogenbrücke (Adolf-Hitler-Brücke) errichtet werden, die 1932 bis 1934 unter der Leitung von Dischinger gebaut worden war [31], und sollte auf vier Spuren erweitert werden. Ihre größte Spannweite beträgt 122,85 m (Bild 23).

Gewählt wurde praktisch das gleiche Freivorbau-System wie bei der Wormser Rheinbrücke. Es gab auch Vorschläge von anderen Firmen, die alte Bogenbrücke wieder aufzubauen. Es stellte sich jedoch eindeutig heraus, dass diese Lösungen verglichen mit dem neuen Freivorbau-System wirtschaftlich nicht konkurrenzfähig sind. Finsterwalder beschrieb das System wie folgt: „Die in den beiden Mittelfeldern eingespannten Träger sind in bezug auf diese symmetrisch ausgebildet, während die beiden Seitenträger land-

seitige Ausleger als Gegengewicht erhalten haben. Diese stellen gleichzeitig den Anschluss an die bestehenden Rampenbauwerke dar. In den Mitten der drei Öffnungen sind je zwei gegenüberliegende Träger durch Pendelgelenke miteinander verbunden. Sie ermöglichen die Übertragung von Querkräften von einem Träger zum anderen, gestatten aber gleichzeitig gegenseitige Längsverschiebungen der beider Träger, z. B. bei Temperaturänderungen“ [32].

Ein Wermutstropfen bei diesen Brücken aus heutiger Sicht sind eben diese Gelenke in Feldmitte. Eine eingehende Bestandsaufnahme etwa 30 Jahre nach Inbetriebnahme der Moselbrücke bei Koblenz ergab: Die Gradienten hat, wie bei fast allen Kragträgerbrücken, so steif die Kragbalken durch die Vorspannung auch waren, in Feldmitte einen Knick, da damals die Größe des Kriechens unterschätzt wurde. Fahrkomfort und Tragvermögen der Brücken werden allerdings dadurch nicht beeinträchtigt. Seitdem werden Gelenke im Feld jedoch nicht mehr gebaut. Auf Querträger, die normalerweise zur Lastverteilung zwischen den beiden Stegen angeordnet werden, wurde mit Ausnahme der Gelenkstellen verzichtet, weil sie das Verfahren der Vorschubgerüste verhinderten. Die ungünstigen Auswirkungen dieser Entscheidung auf die Fahrbahnplatte und geeignete Maßnahmen waren Gegenstand zusätzlicher Untersuchungen ([32], S. 284). Es wurden Beton in den Güten B 80 bis B 450, 644 t Spannstahl St 60/90 und Betonstahl I bis IV verwendet.

Auch bei der Koblenzer Brücke wurde vom Bauherrn der Architekt Gerd Lohmer als gestalterischer Berater verpflichtet. Zusammen mit Fins-

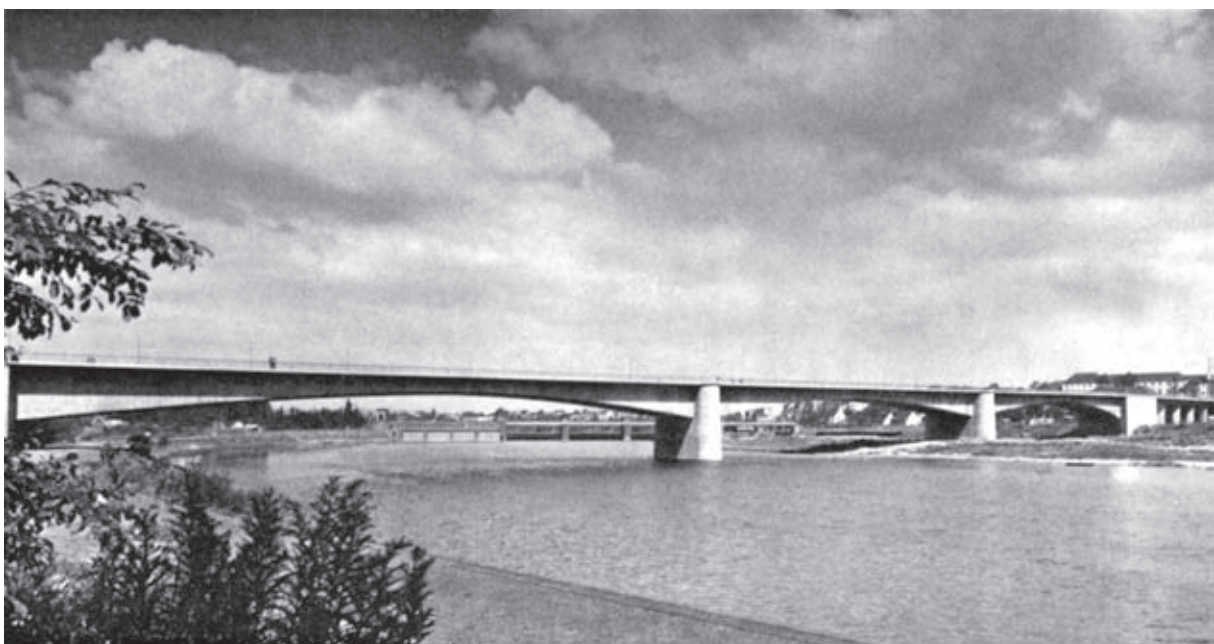


Bild 23: Neue Moselbrücke (Europabrücke) in Koblenz

terwalder und Knittel veröffentlichte er in der Zeitschrift Bauingenieur einen Artikel über die Gestaltung der Brücke [33]. Er verglich sie mit der Bogenbrücke von Dischinger, die bis vor sieben Jahren an der gleichen Stelle stand, und erklärte, welche Konsequenzen die neuen Bauweisen bezüglich der Gestaltung einer solchen Brücke hatten. Finsterwalder kam Lohmers Wunsch entgegen und nahm gewisse Erschwernisse im Freivorbau in Kauf, um als „*Verschneidungslinie zwischen unterer Leibung und Pfeilerwand eine waagerechte Gerade zu erhalten*“. Er vermerkte dazu: „*Dies war bei der alten Bogenbrücke, ..., nicht der Fall und, wie man aus den Abbildungen sehen kann, ästhetisch nicht befriedigend*“ ([32], S. 279). Dass ein Architekt in einer Zeitschrift für Bauingenieure einen Artikel über die Gestaltung einer Brücke veröffentlicht, ist auch für heutige Verhältnisse recht ungewöhnlich und dürfte als ein gutes Beispiel für eine Zusammenarbeit zwischen Ingenieur und Architekt gelten.

1972 konnte die Brücke das hohe Verkehrsaufkommen nicht mehr bewältigen, und bekam eine Verbreiterung um vier zusätzlichen Fahrbahnen in Form einer angebauten, fast baugleichen Brücke, jedoch ohne Mittelgelenke [34]. 1990, nach der Fertigstellung der dritten Moselbrücke, der Kurt-Schuhmacher-Brücke, wurde der Name „*Neue Moselbrücke*“ irreführend. Daher wurde sie 1991 nach Vorschlag des Koblenzer Stadtrates und mit Zustimmung des Bundesverkehrsministeriums in „*Europabrücke*“ umbenannt [35].

3.8 Weitere Balkenbrücken

Auf die Moselbrücke in Koblenz folgten rasch weitere vorgespannte Balkenbrücken im Freivorbau im In- und Ausland. Die wichtigsten bis 1964 im freien Vorbau hergestellten Spannbetonbrücken in Deutschland mit Angabe des Baubeginns und der maximalen Spannweite [25] sind:

1950	Lahnbrücke Balduinstein	62,1 m
1951	Neckarbrücke Neckarrems	71,0 m
1952	Nibelungenbrücke Worms	114,2 m
1952	Mainbrücke Karlstadt	39,7 m
1952	Moselbrücke Koblenz	122,9 m
1953	Rohrdammbrücke Berlin	72,0 m
1954	Ringbrücke Ulm	78,0 m
1956	Dischingerbrücke Berlin	94,0 m
1957	Weserbrücke Bremen	86,0 m
1958	Mangfallbrücke Weyarn	108,0 m
1959	Mainbrücke Hoechst	130,0 m
1960	Lahnbrücke Limburg	68,0 m
1962	Rheinbrücke Bendorf	208,0 m

Auch wenn alle diese Brücken im freien Vorbau hergestellt wurden, unterscheiden sie sich oft we-

sentlich. Finsterwalder und Herbert Schambeck, lange Zeit zuständig für alle Brückenbauten der Dywidag in der Hauptverwaltung, erläutern diese Besonderheiten sehr kompakt und übersichtlich ([24], S. 88):

„Unter den bisher im freien Vorbau hergestellten Brücken befinden sich sehr verschiedenartige Trägersysteme: Gevoutete Durchlaufträger, die von Pfeilern mit provisorischer Einspannung nach beiden Seiten als Kragarme frei vorgebaut und nachträglich in Feldmitte zusammenbetoniert wurden; Rahmenbrücken, wie die Rohrdammbrücke und die Dischingerbrücke in Berlin bei denen Hilfsjoche zur vorübergehenden Unterstützung dienten; Durchlaufträger, wie die 1952 von der Dyckerhoff & Widmann KG erbaute Mainbrücke bei Karlstadt und der jetzt von der Wayss & Freytag KG errichtete östliche Teil der Bendorfer Rheinbrücke, bei denen der Überbau während des Bauzustandes wie eine Zügelgurt Brücke durch schräge Abspannungen an einem Hilfspylon aus Stahl oder Beton aufgehängt wurde. Auch ein Fachwerk-Parallelträger mit 108 m Spannweite – die Autobahnbrücke über die Mangfall zwischen München und Salzburg – wurde in dieser Bauweise hergestellt. Der Prototyp des frei vorgebauten Brückensystems, der bei der Rheinbrücke bei Bendorf mit seiner Spannweite von 208 m den „Weltrekord“ unter den Balkenbrücken hält, ist jedoch der Kragarm, der vom Pfeiler aus ohne zusätzliche Hilfsmaßnahmen abschnittsweise vorgebaut wird. Bei diesem System wird es durch die Anordnung der Bewegungsfuge am Kragarmende am Pfeiler möglich, den Überbau mit dem Pfeiler zusammenzubetonieren und auf teure und unterhaltungsbedürftige Lager zu verzichten. Über die wirtschaftlichen Vorteile hinaus hat dieser Wegfall der Lager in architektonischer Hinsicht große Bedeutung: Der Überbau und die Pfeiler bilden ein einheitliches Ganzes (integrierte Bauweise! Anm. d. Verf.), das nach Ansicht der Verfasser besser befriedigt als ein gevouteter Träger früherer Bauart, der aus drei verschiedenen Einzelementen, nämlich dem in Beton oder Stahl errichteten Überbau, den Lagern und den meist mit Naturstein verblendeten Pfeilern besteht.“

„Die architektonische Gültigkeit dieser neuen Form dürfte bei Brücken, deren Pfeilerhöhe klein ist im Verhältnis zu Spannweite, heute unbestritten sein. Die Brücken in Worms, Koblenz, Hoechst und Bendorf sind Beispiele dafür. Bei hohen Talbrücken dagegen werden bei dem Gedanken an einen gevouteten Träger auf hohen Pfeilern verschiedentlich Bedenken laut. Diese Bedenken sind verständlich bei dem erwähnten alten Typ des Durchlaufträgers, der dem Augenschein nach mit seinen Lagern zu wenig stabil auf den Pfei-

lern sitzt. Dagegen zeigt der aus dem Pfeiler herauswachsende, richtig geformte Spannbetonkragträger das Kräftespiel und das Wesen des Baustoffes Spannbeton so überzeugend, wie es nur eine aus einer richtigen Idee entwickelte ausgereifte Form vermag.“

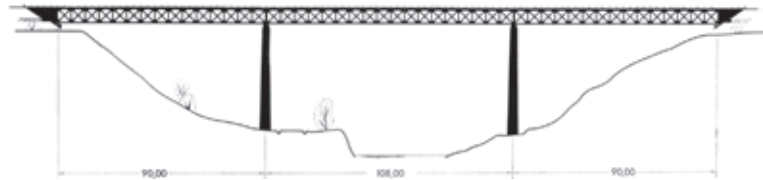


Bild 24: Mangfallbrücke

Unter den oben aufgelisteten Brücken sind zwei besonders interessant, die nun noch näher vorgestellt werden sollen.

3.9 Die Mangfallbrücke (1958–1959)

Die 1959 im freien Vorbau in Spannbeton fertiggestellte Mangfallbrücke ist ein doppelstöckiger parallelgurtiger Fachwerk-Durchlaufträger (Bild 24). Auch dieser Wettbewerb wurde von der Bauverwaltung ursprünglich als Stahlfachwerkbrücke ausgeschrieben, um die alte, im Krieg beschädigte Stahl-Fachwerkbrücke zu ersetzen. Finsterwalder gelang es hier, den Stahlbau, der mit sieben Vorschlägen vertreten war, in seiner typischsten Disziplin, dem Fachwerkbrückenbau, zu übertrumpfen, auch wenn er in Kauf nehmen musste, dass Dywidag bei diesem komplexen Projekt nicht nur nichts verdiente, sondern sogar drauf zahlen musste [22].

Beim Entwurf wirkte auch hier der Architekt Gerd Lohmer, mit dem Finsterwalder schon vor sieben Jahren bei der Nibelungenbrücke und bei der Moselbrücke in Koblenz beste Erfahrungen gemacht hatte und mit dem er mittlerweile auch befreundet war. Eine untenliegende Fahrbahn für Fahrräder und Fußgänger wurde bei der Ausschreibung bereits vorgeschrieben (Bild 25). Der Fachwerk-Entwurf bot nicht nur die Möglichkeit einer guten Belichtung. Die Verfasser wählten ein Fachwerk mit sich kreuzenden Diagonalen, was Finsterwalder als „perforierte Wand“ bezeichnete [36]. Damit nahmen sie ein schwierigeres System als mit fallenden und steigenden Diagonalen bewusst in Kauf, um ein technisches Bauwerk zu schaffen, „bei dem auch für die Schönheit etwas getan ist“ [37]. Finsterwalder meinte, dass „dieses System dem Bauwerk eine im Massivbau bisher unbekannte Leichtigkeit und eine ornamentale Wirkung verleiht“.



Bild 25: Mangfallbrücke, Innenansicht



Bild 26: Rheinbrücke Bendorf

3.10 Die Rheinbrücke Bendorf (1962–1965)

Den Höhepunkt seines Bauverfahrens des freien Vorbaus im Inland markierte Finsterwalder 1964 mit der Fertigstellung der Rheinbrücke Bendorf mit einer maximalen Öffnung von 208 m (Bilder 26, 27). Zwölf Jahre nach dem Bau der ersten Freivorbaubrücke erreichte er mit der Rheinbrücke in Bendorf den technisch und gestalterisch sinnvollen Grenzbereich dieser Bauweise. Mit im Team waren der Projektleiter Herbert Schambeck und selbstverständlich wieder der Architekt Gerd Lohmer. Auch dieser Entwurf setzte sich als Sondervorschlag gegenüber dem Verwaltungsentwurf einer Stahlbrücke durch.

In Bendorf ist es nicht nur gelungen, „in einem öffentlichen Wettbewerb wieder erfolgreich gegen den Stahlbau zu konkurrieren“ ([24], S. 89) und eine Rekordspannweite von mehr als 200 m zu erreichen, sondern es konnten auch eine Reihe von technischen Fortschritten erzielt werden ([24], S. 90 ff.):

- ❑ Anstatt der bisher üblichen Praxis, Dywidag-Spannstäbe mit dem Durchmesser 26 mm zu verwenden, wurden zum ersten Mal Stäbe mit einem Durchmesser von 32 mm in St 80/105 eingeführt, wodurch die Konstruktion und das Bewehren auf der Baustelle wesentlich vereinfacht wurden.
- ❑ Ferner wurde die Bodenplatte zur Aufnahme von Druckkräften mit einer schlaffen Bewehrung verstärkt. Dadurch konnte das Betongewicht vermindert werden, wodurch

Spannstahl im Zuggurt eingespart werden konnte.

- ❑ Die Stegdicke konnte durch konsequenten Einsatz von schräger Spannbewehrung, sog. „Schubnadeln“, als Schubbewehrung reduziert werden.
- ❑ Der gestalterisch augenscheinlichste Unterschied ist die Reduzierung der Pfeilerdicke der Hauptöffnung auf 2,80 m im Vergleich zu der Wormser Brücke mit ihren 6,0 m dicken Pfeilern, obwohl die Kragarmlängen sich nahezu verdoppelt hatten. Dies konnte erreicht werden, indem die Kragarme der Mittelöffnung in die deutlich kürzeren Nachbarfelder relativ starr eingespannt werden konnten, was zur Verminderung der Biegemomente der Hauptpfeiler führte.
- ❑ Aufgrund von Laborversuchen konnte festgestellt werden, dass die Temperaturunterschiede in dicken Bauteilen hauptsächlich von der Anfangstemperatur des Frischbetons abhängig sind. Durch eine Vorkühlung des Mischgutes konnte eine Frischbetontemperatur von 15 °C erreicht werden.



Bild 27: Freivorbau der Brücke Bendorf

3.11 Pilzbrücken

In Zusammenarbeit mit Gerd Lohmer versuchte Finsterwalder für sehr unterschiedliche Aufgabenstellungen ansprechende und effektive Lösungen zu finden. So schlug er 1956 für die 358 m lange Hochstraße Unkelstein im Zuge der B 9 parallel zum Rheinufer eine pilzkopfartige Auflagerung vor, die es erlaubt, nur mit einer Stützenreihe auszukommen ([21], S. 181). Die runden Stützen mit einem Durchmesser von 2,5 m tragen die doppelt so großen Pilzköpfe, auf denen der Hohlkastenträger auf vier im Quadrat angeordneten Rollenlagern ruht. Diese neuartige Lösung wurde auch beim Viadukt von Namedy in der Nähe von Andernach im Zuge der B 9 mit achteckigen Stützen und bei vielen städtischen Hochstraßen eingesetzt (Bild 28).



Bild 28: Hochstraße Ludwigshafen

Finsterwalder entwickelte diese Konstruktion weiter, indem er auf die Lager verzichtete und Stütze, Pilzkopf und Überbau miteinander monolithisch verband. Auch die Vorbauwagen der Fünfzigerjahre wurden für bestimmte Brückentypen weiterentwickelt. Insbesondere für lange Talbrücken entstand die Baumethode des feldweisen Betonierens mit freitragenden stählernen Vorschubgerüsten [38] (Bild 29). „Das Vorschubgerüst ist eine auf die Baustelle gerückte Fabrikationshalle, die den Vorteil einer serienmäßigen Herstellung, der sonst nur im Fertigteilbau gegeben ist, mit den größeren Formgebungsmöglichkeiten der Ortbetonbauweise verbindet“ [39]. Finsterwalder und Schambeck gelang wieder einmal, mit Hilfe von Vorschubgerüst und durch Einsatz der neuartigen Pilzkopfausbildung eine spektakuläre Konstruktion entstehen zu lassen, die in der Fachwelt Furore

machte; eine Pilzbrücke. Die 338 m lange **Elztalbrücke** entstand 1964 bis 1967 auf der A 48 in der Nähe der heutigen Raststätte Elztal-Nord auf bis zu 100 m hohen achteckigen Stützen. Sie war quasi der Versuch, wie bei alten gemauerten Bogenbrücken eine Brücke ohne Lager und Fugen als monolithische Einheit von Überbau, Pfeilern und Fundamenten zu erstellen. Durch die Biegeweichheit der langen achteckigen Stützen mit Hohlquerschnitt (4,80 × 5,80 m) im Abstand von 37,5 m konnte sie mit nur einer einzigen Bewegungsfuge in Talmitte verwirklicht werden. Die 30,0 m breite Platte ist vorgespannt und ist im Feld 60 an der Stütze 2,45 m dick.

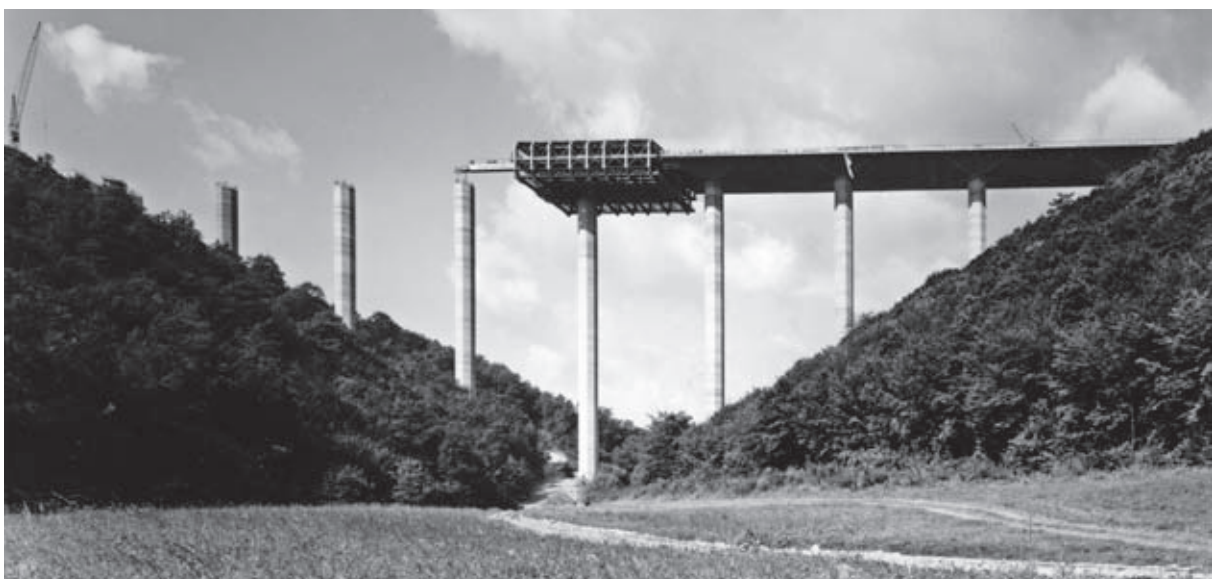


Bild 29: Vorschubgerüst bei der Elztalbrücke

3.12 Städtische Hochstraßen

In den Fünfzigerjahren zwang die Zunahme des Verkehrs viele Städte dazu, eine zweite Verkehrsebene in Form von Hochstraßen anzulegen. Diese sind Brückenstraßen, die im Allgemeinen unmittelbar über dem Verkehrsraum der normalen Straßenebene liegen und beliebig lang sein können. Der Raum unter der Hochstraße kann als Fahrbahn, als Parkplatz und generell als überdeckter Raum verwendet werden. Um diese Bedingungen optimal erfüllen zu können, schlug Finsterwalder Pilzkonstruktionen mit mittig angeordneten Pfeilern vor, die es erlauben, den Raum unter der Brücke bestmöglich zu nutzen [37].

Für Dyckerhoff & Widmann, wie auch für andere Baufirmen, entstand dadurch ein neues Betätigungsfeld. Bundesweit entstanden zahlreiche Beispiele. 1958 baute Dywidag eine **Hochstraße in Ludwigshafen**, wofür Finsterwalder die in Ziff. 3.11 erläuterte Pilzkonstruktion einsetzte. 1963 konnte sie in verbesserter Form auch in Hannover beim Bau der **Hochstraße Stadtfeldamm** ausgeführt werden.

1958 bis 1960 realisierte Dywidag in Berlin eine ganz besondere Hochstraße, das **Kreuzungsbauwerk Schmargendorf** als Teil des Stadtautobahnringes (Bild 30). Es setzte sich aus zwei je dreispurigen, insgesamt 709 m langen Zwillingsbrücken mit gemeinsamen Mittelpfeilern zusammen. Das Neuartige an der vorgespannten Konstruktion war ihr Querschnitt aus dreizelligen Hohlkästen mit halbkreisförmiger Untersicht [25]. Die Spannweiten von 28 bis 62 m wurden von einer sog. Zugschale mit Längszugkräften überbrückt. Offensichtlich wurden hier die Finsterwalderschen Tonnenschalen einfach umgedreht und an den Stützen in Querscheiben aufgelagert.

Dieser neuartige und gestalterisch interessante zweiwellige Querschnitt muss auch Friedrich Tamms, den Baudezernenten der Stadt Düsseldorf, inspiriert haben, der als Mitarbeiter von Albert Speer und Architekt der Düsseldorfer Brückenfamilie bekannt wurde. Um 1960 waren Tamms und eine Beratergruppe bestehend u. a. aus Fritz Leonhardt und Hans Graßl damit beschäftigt, eine Lösung für die Y-förmig anzulegende **Hochstraße Jan-Wellem-Platz** in Düsseldorf zu finden. Das Ergebnis war die elegante, seit 1993 denkmalgeschützte Konstruktion mit einem ein- bzw. „doppelbusigen“ Querschnitt, die unter dem Namen **„Tausendfüßler“** auch dadurch bekannt wurde, weil sie 2013 trotz heftigstem Widerstand der Düsseldorfer Bevölkerung abgerissen wurde [40] (Bild 31). Tamms hatte für dieses städtebaulich extrem dominante Projekt klare Gestaltungsvorstellungen gehabt. Die Brücke sollte möglichst leicht und



Bild 30: Stadtautobahn Schmargendorf, Berlin

transparent wirken. Dafür nahm er sogar die Brückenklasse 30 in Kauf mit der Vorgabe, dass die Bauhöhe bei einem Stützenabstand von 25,0 m noch unter 1,0 m liegen sollte. Weil für die entsprechenden Betonstützen ein Durchmesser von 1,2 m ermittelt wurde, entschied man sich für kompakte, sich nach oben konisch verjüngende Stahlstützen.

Es war sicher kein Zufall, dass Dyckerhoff & Widmann bei diesem Ausnahmebauwerk mit der statischen Berechnung, Konstruktion und der technischen Bearbeitung, sowie der Führung der Arbeitsgemeinschaft der beteiligten Baufirmen beauftragt wurde [30]. Das Bauwerk, dessen Baubeginn im Januar 1961 ebenfalls mit heftigen Protesten begleitet wurde, konnte am 5. Mai 1962 dem Verkehr übergeben werden. Somit ist es nicht zutreffend, wenn Wittfoht schreibt: *„Die Doppelwelle der Hochstraße Jan-Wellem-Platz (Düsseldorf) wurde wiederholt bei einer Hochstraße in Berlin Schmargendorf“* [21]. Das Schmargendorfer Kreuzungsbauwerk war 1959 bereits fertig, als man in Düsseldorf noch an der Linienführung des Tausendfüßlers arbeitete ([40], S. 171).



Bild 31: Hochstraße Jan-Wellem-Platz, Düsseldorf



Bild 32: Wettbewerb Großer Belt, Entwurf Dywidag

3.13 Spannbetonschrägseilbrücken

Die Schrägseilbrücke ist ein altes Konstruktions-system, das nicht zuletzt durch Dischingers Arbeiten, wenn auch nach seinem Tode, wiederbelebt wurde [13]. In seinem Bemühen, dem Stahlbau auf allen Bauweisen die Stirn zu bieten, scheute sich Finsterwalder nicht, auch bei Schrägseilbrücken mit Hilfe von Dywidag-Spannbeton neue Brückentypen zu erproben. Die einleuchtende Idee bestand darin, bei allen druckbeanspruchten Teilen einer Schrägseilbrücke anstelle von Stahl den Baustoff Beton zu verwenden und die Seile und ihre Verankerungen nach den Prinzipien des Spannbetonbaues, d. h. betonummantelt, durchzubilden. Selbstverständlich war die Methode des freien Vorbaus auch hier Mittel der Wahl.

Schambeck beschrieb den sehr geschickt ausgedachten Bauvorgang folgendermaßen [41]: „*Ein Kragarmpaar wird von einem massiven Pfeiler aus mit zwei Vorbauwagen symmetrisch betoniert, dazu wird gleichzeitig mit einer Kletterschalung der Pylon abschnittsweise nach oben gebaut und in jedem Vorbauabschnitt ein neues Schrägseil eingezogen, das die Lasten dieses Abschnittes zum Pylon trägt.*“ 1966 beteiligte sich Dywidag an einem internationalen Ideenwettbewerb für die **Brücke über den großen Belt** in Dänemark, bei der eine 42 m breite Fahrbahn für kombinierten Straßen- und Bahnverkehr und mehrere 350 m breite Schifffahrtsöffnungen vorgesehen werden mussten. Finsterwalder entwarf zusammen mit Herbert Kupfer einen Schrägseildurchlaufträger mit einem auffallend ähnlichen System wie beim Viadukt Millau in Frankreich, das erst 2004 fertiggestellt wurde (Bild 32). Herbert Schambeck bewarb sich mit einem eigenen Entwurf, bei dem er statt schrä-

ger Kabel segelartige massive Wände über den Mittelstützen vorsah (Bild 33). Beide wurden von der Jury jeweils mit 100.000 Kronen Preisgeld bedacht, wobei insgesamt vier gleiche Preise von je 200.000 Kronen und sechs Preise von je 100.000 Kronen vergeben wurden [42]. Beide Ideen wurden 1970 beim Bau der zweiten **Mainbrücke der Farbwerke Hoechst** „zu einer gestalterischen Einheit verbunden“ ([41], S. 190). Der südliche Strompfeiler wurde mit einem doppelten Betonpylon und entsprechenden Schrägseilen, der nördliche mit zwei Betonsegeln versehen (Bild 34). Das System der Schrägseilbrücke wurde hier weltweit zum ersten Mal für Eisenbahnverkehr angewendet.

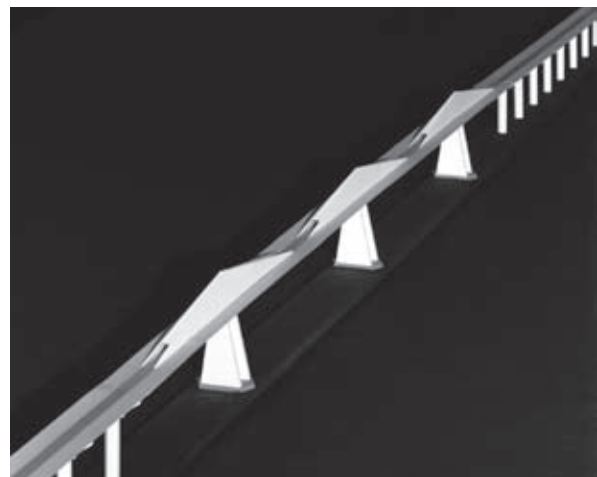


Bild 33: Großer Belt, Entwurf Schambeck

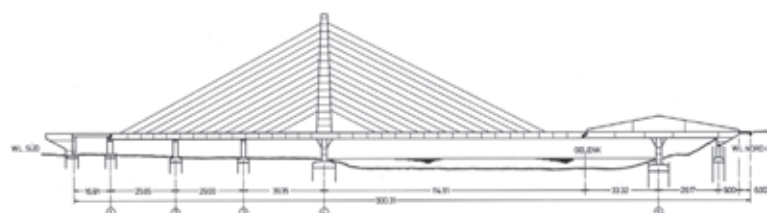


Bild 34: Zweite Mainbrücke Hoechst

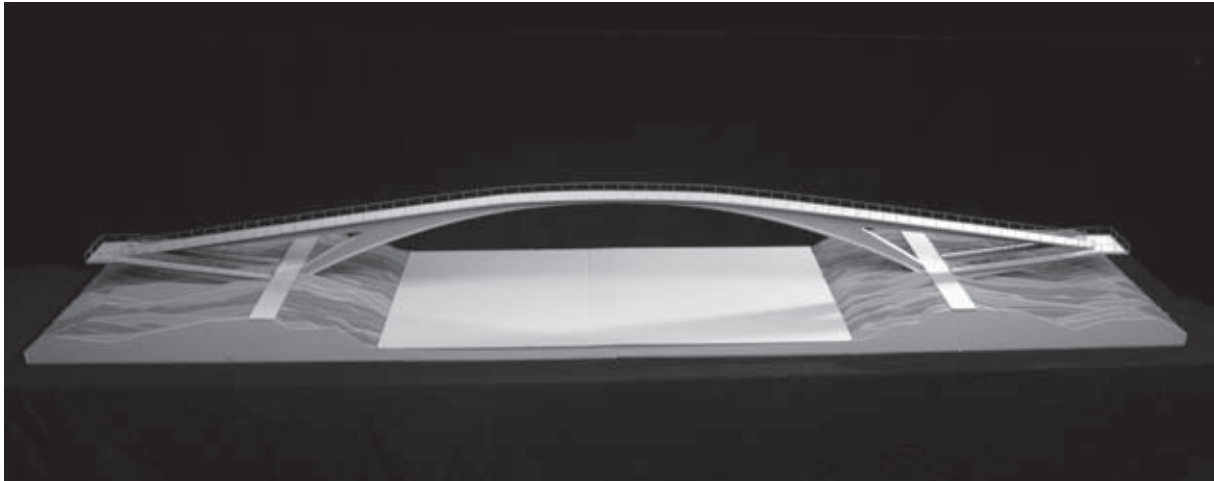


Bild 35: Dyckerhoff-Brücke Schierstein

3.14 Eine Bogenbrücke: Die Dyckerhoff-Brücke Schierstein

Die 1967 erstellte Fußgängerbrücke über die Einfahrt des Schiersteiner Rheinhafens ist eine Leichtbetonkonstruktion und war ein Geschenk, das die Dyckerhoff-Zementwerke sich und der Stadt Wiesbaden zum 100jährigen Firmenjubiläum (1964) machten [43]. Der Schiersteiner Fußgängersteg der Konstrukteure Ulrich Finsterwalder und Gerd Lohmer gilt als bautechnische Pionierleistung (Bild 35).

Drei Jahre dauerten die Planung, Konstruktion und Errichtung des ehrgeizigen Bauvorhabens, das endlich die Lücke im Rheinuferweg schließen sollte. Erstmals fand in Deutschland weißer hochfester Leichtbeton als Spannbeton für ein derartiges Bauwerk Verwendung. Der elegante Steg entstand im Freivorbau, um den Schiffsverkehr während der Bauphase nicht zu behindern. Insbesondere die auskragenden Rampen machten die Verwendung von Spannbeton notwendig. Das Gewicht des Leichtbetons beträgt nur etwa zwei Drittel des

Normalbetons. 100 m Stützweite mit einer 64 m langen Teilstrecke aus Leichtbeton machten den Steg 1967 vermutlich zur am weitesten gespannten Leichtbetonbrücke der Welt. 1972 wurde dieser Rekord durch die Fußgängerbrücke über den Fühlinger See in Köln gebrochen [44].

3.15 Spannbandbrücken

Großes Aufsehen erweckte Finsterwalder mit einem Entwurf einer nur 30 cm dicken **Spannbandbrücke über den Bosphorus** (Bild 36) [45]. Vermutlich aufgrund seiner guten Erfahrungen mit Hängedächern, wie z. B. der Schwarzwaldhalle in Karlsruhe, schlug er erstmalig 1958 beim Projekt Bosphorusbrücke vor, ein extrem flach gespanntes Band mit Straßenfahrzeugen direkt zu befahren und taufte diese Konstruktion „Spannband-Brücke“. Der Grundgedanke war, ein sehr stark armiertes Band aus Spannbeton zwischen zwei Widerlagern so straff zu spannen, dass es unter Einhaltung der im Straßenbau üblichen Ausrundungsradien unmittelbar als Fahrbahn dienen



Bild 36: Spannbandbrücke über den Bosphorus

kann. Die beiden im Wasser stehenden mächtigen Pfeiler haben einen Achsabstand von 408 m. Tragseil, Hängestangen, Versteifungsträger und Fahrbahn einer konventionellen Hängebrücke sind in einem einzigen Bauteil, dem Spannband, vereint. Mit diesem spektakulären Entwurf schlug Finsterwalder quasi den Bogen zurück zu den archaischen hängenden Holzstegen, die seit Jahrhunderten aus dem innerasiatischen Raum bekannt waren (Bild 37).

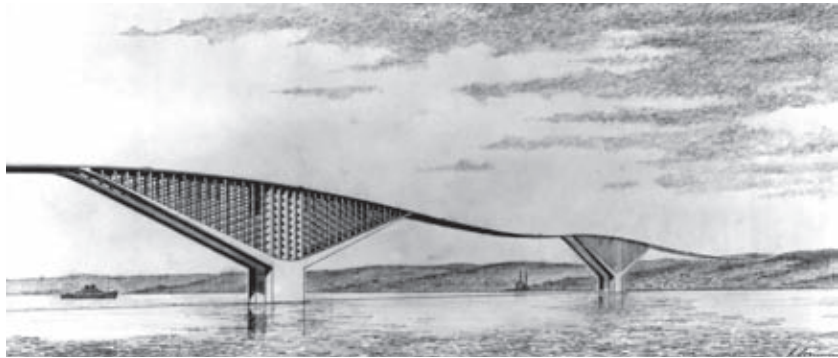


Bild 37: Bosphorusbrücke, Zeichnung Lohmer

Die jeweils 100 m langen Spannbetonausleger sollten im freien Vorbau hergestellt werden. Das 1.200 m lange Spannband war nur 30 cm dick und sollte mit 2.600 Stangen mit dem Durchmesser 26 mm aus St 80/105 bewehrt werden, die zusammen mit 80.000 t vorgespannt werden sollten. Die Kuppenradien von 3.000 m an den Auslegerpylonen und die Wannensradien von 3.300 m in den frei hängenden Teilen des Spannbandes sollten ein Befahren der Brücke mit einer Ausbaugeschwindigkeit von 90 km/h ermöglichen. Dabei würde die 409 m breite Mittelöffnung einen Durchhang von 2,80 m und eine maximale Neigung von nur 3 % aufweisen [45].

In Istanbul wurde bereits seit Jahrzehnten kontrovers über eine Brücke über den Bosphorus diskutiert. Immer wieder hatten verschiedene Fachleute und Firmen Entwürfe, auch für unterschiedliche Standorte, eingereicht; oft aus eigenem Antrieb, aber auch auf Betreiben von Behörden oder einflussreichen Persönlichkeiten. So existierte bereits auch ein Entwurf einer 1.000 m weit gespannten Hängebrücke, den die Firma Krupp zusammen mit dem Architekten Paul Bonatz kurz nach Ende des Zweiten Weltkriegs eingereicht hatte. Er war 1943–1954 als Berater der türkischen Regierung und Hochschullehrer in der Türkei tätig. [46]. Dem Projekt von Finsterwalder vorausgegangen war ein erster Hängebrückenentwurf des renommierten New Yorker Ingenieurbüros Steinmann mit einer Mittelöffnung von 675 m. Weil inzwischen festgestellt worden war, dass die Gründung der Pylone im Wasser wegen unerwartet tief liegendem Fels sich nicht empfiehlt, wollte Steinmann eine zweite, weiter gespannte Variante ausarbeiten. Noch bevor diese fertiggestellt werden konnte, reichte Dyckerhoff & Widmann das Spannbandprojekt ein [47]. Die Firma hatte 1953 das Hilton Hotel in Istanbul fertiggestellt. Es ist gut möglich, dass gute Beziehungen aus dieser Zeit bei diesem Vorstoß eine Rolle gespielt haben.

Der Entwurf wurde von Dywidag in wesentlichen Teilen ausführungsfähig durchgeplant und von dem bekannten Brückenbauer Prof. Stüssi von der ETH Zürich auch überprüft. Finsterwalder fuhr mit Gerd Lohmer und Herbert Kupfer an den Bosphorus, um das Projekt dem damaligen Premier Menderes persönlich vorzustellen. Der Entwurf wurde einige Male konstruktiv und gestalterisch überarbeitet, schließlich aber abgelehnt, obwohl er als kostengünstiger eingeschätzt wurde als die Hängebrücke von Steinmann.

Über die Gründe der Ablehnung existieren unterschiedliche Berichte und Gerüchte. Herzog [47] behauptet, dass eine Architektenkommission den Spannbandentwurf wegen Verunstaltung der Bosphoruslandschaft verworfen hat. Die türkischen Zeitungen berichteten, dass die Bosphorus-Lotsen, die die Aufgabe hatten, die großen Schiffe durch die Meerenge zu begleiten, wegen den mächtigen Pfeilern im Wasser ihr Veto eingelegt hätten. Andere wollten von Intrigen der Stahllobby gehört haben. Auch die angeblichen Bedenken der Verkehrsplaner gegenüber der welligen Trasse wurden als Ablehnungsgrund genannt. Tatsache ist jedenfalls, dass 1960 die Menderes-Regierung durch die Militärs gestürzt und jegliche Großprojekte bis auf weiteres gestoppt wurden.

Erst zehn Jahre später wurde die Bosphorus-Brücke wieder aktuell. Die Englische Firma Freeman, Fox and Partners beteiligte sich an der Ausschreibung mit einer Hängebrücke. Dyckerhoff & Widmanns Entwurf einer Monokabelbrücke als Alternative zum Spannband wurde erst gar nicht zugelassen, weil bei der Submission angeblich die von der türkischen Seite verlangte Bankbürgschaft nicht erbracht werden konnte. Der Vorschlag von Freeman, Fox and Partners wurde durch eine Arbeitsgemeinschaft unter der Federführung von Hochtief mit der britischen Cleveland Bridge & Engineering Co. und der türkischen Baufirma Enka realisiert und konnte am 29. Oktober 1973 eröffnet werden (Bild 38) [48].

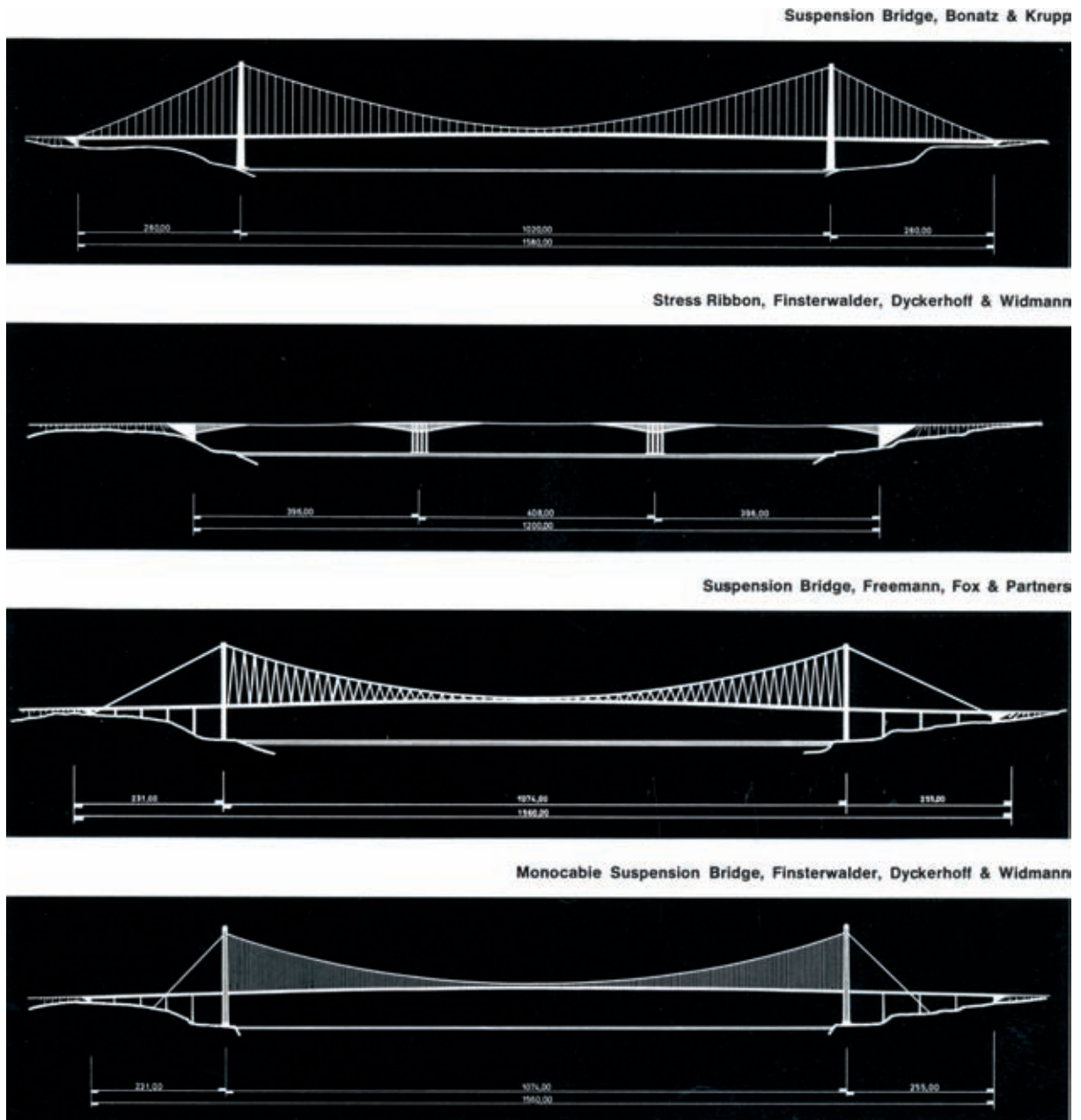


Bild 38: Bosphorusbrücke, Vergleich der Entwürfe

Für Finsterwalder muss es eine seiner größten beruflichen Enttäuschungen gewesen sein, dass er seine große Erfindung der Spannbandbrücke an einem so geschichtsträchtigen Ort mit einer großen Spannweite über tausend Meter nicht realisieren konnte. Immer wieder versuchte er, seine Idee durchzusetzen, so z. B. beim Wettbewerb Zoo-Brücke in Köln (Bild 39), wo sein Entwurf immerhin mit dem 3. Preis bedacht wurde, oder am Genfer See und bei der Naruto-Brücke in Japan [49]. Spannbandbrücken für Fußgänger mit kleineren Spannweiten wurden später in der Schweiz über die N 3 in Bircherweid bei Pfäffikon und über die Rhone bei Genf gebaut, s. z. B. [50]. Die erste deutsche Spannbandbrücke baute Dyckerhoff & Widmann 1970 in Freiburg (Bild 40). Mehrere

Spannbandbrücken für Fußgänger sind in den folgenden Jahren von Jörg Schlaich und Jürg Conzett bekannt geworden. Auch gibt es mehrere interessante Bauwerke jüngerer Datums in der Tschechischen Republik [50].

3.16 Brücken im Ausland

Das Dywidag-Spannverfahren und die Möglichkeit des freien Vorbaus weckten auch im Ausland sehr früh Aufmerksamkeit, und es hat nicht lange auf sich warten lassen, bis die ersten Brücken entweder durch Dywidag selbst oder durch einheimische Firmen in Lizenz in Schweden, Österreich, Japan und England in Angriff genommen

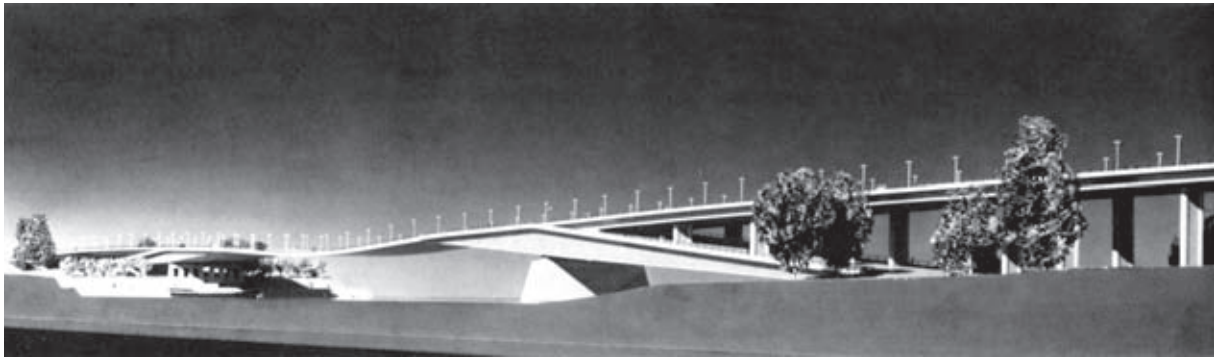


Bild 39: Zoo-Brücke Köln (Projekt)



Bild 40: Fußgängerbrücke Freiburg

wurden [24]. Die Bendorfer Rheinbrücke diente für hunderte von Freivorbaubrücken im Ausland als Vorbild (besonders in Japan (s. u.), mit Spannweiten bis zu 250 m. Auch der Kragträger auf hohen Stützen, der sich zur Überbrückung von tiefen Tälern besonders gut eignet, setzte sich mittlerweile in Skandinavien, Italien und Japan durch, wie z. B. die Brücke San Leonardo, Sizilien oder Brücke Nervi, Italien.

Die wichtigsten im freien Vorbau hergestellten Spannbetonbrücken im Ausland mit Angabe des Baubeginns und der maximalen Spannweite sind unten angegeben. Entwurf und Ausführung erfolgte teilweise durch Dywidag oder Arbeitsgemeinschaften, teilweise auch durch andere Firmen als Lizenzbauten [24]:



Bild 41: Dames Point Bridge Florida

1954 Oesterdalälvenbrücke (Schweden)	106,0 m
1956 Kalixälvenbrücke (Schweden)	94,0 m
1957 Hafenbrücke (Wien-Freudenau)	90,5 m
1957 Källösundbrücke (Schweden)	107,0 m
1958 Tromsöbrücke (Norwegen)	80,0 m
1960 Medway-Brücke (England)	152,5 m
1961 Sörsund-Brücke (Norwegen)	100,0 m
1961 Koshino-Brücke (Japan)	100,0 m
1962 Alnö-Brücke (Schweden)	134,0 m
1964 Nervi-Brücke (Italien)	100,0 m
1964 Bisagno-Brücke (Italien)	116,0 m
1970 Urado-Brücke (Japan)	240,0 m
1973 Pine-Valley-Brücke (USA)	130,0 m
1974 Frey-Bentos-Brücke (Uruguay/Argentinien)	240,0 m

Weitere Brücken folgten weltweit. 1976 wurde Finsterwalder beim Entwurf der Dames Point Bridge über den St.-Johns-Strom bei Jacksonville (Florida), einer Schrägseilbrücke mit einer Mittelöffnung von 396,0 m, vom Büro Howard Needles Tammen & Bergendorf als Berater hinzugezogen (Bild 38). Mit seinen 79 Jahren war er weiterhin ein international geschätzter Fachmann für Brückenbau.

4 Übergeordnetes, Menschliches

4.1 Ästhetik und Gestaltung

Finsterwalder hatte im Unterschied zu manch anderen vergleichbaren Ingenieuren keine Berührungängste oder wesentliche Probleme mit Architekten. Er konnte sie bei Ingenieurbauten nach eigenem Ermessen zur Beratung hinzuziehen. Auch bei Hochbauten arbeitete er mit zahlreichen bedeutenden Architekten seiner Zeit zusammen. In seinen Vorträgen und Veröffentlichungen äußerte sich Finsterwalder oft zu Fragen der Ästhetik und Gestaltung. Über seinen Spannbandbrückenentwurf für den Bosphorus schrieb er:

„Aus den neu geschaffenen konstruktiven Möglichkeiten entstehen neue Formen, die den unveränderlichen Gesetzen der Schönheit unterworfen sind, sich aber an die früheren Formen von Brücken aus Stein oder Beton nicht anlehnen können. 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.“ [45]

Über die Zuständigkeit und Mitverantwortung der Bauingenieure an der gebauten Umwelt gab es für ihn keinen Zweifel. In seinen „Zehn Thesen zur Ästhetik“ definierte er das Entwerfen und Konstruieren gewissermaßen als Kampf gegen die Erdanziehung [51].

Aus These I: „Das ästhetische Erleben, die reine Freude am Kunstwerk, oft gemischt mit Bewunderung und oft auch mit Verehrung, wird umso größer sein, je mehr sich der Beschauer bis zum Vergessen seines Selbst in das Kunstwerk vertiefen kann.“

Aus These II: „Es ist die große Aufgabe des Baumeisters, auch die nützlichen Bauwerke möglichst schön zu bauen, also so zu bauen, dass das Bauwerk seinen Kampf mit der Erdschwere und seinen Sieg über die Erdschwere möglichst rein und erkennbar für den Beschauer verkörpert.“

Aus These III: „Jedes von dem Beschauer als schön oder erhaben bezeichnetes Bauwerk ist ihm also das Denkmal eines Sieges über die Erdschwere.“

Aus These VI: „Bauteile, die für die Überwindung der Erdschwere überflüssig sind, überhaupt alles, was als Bauelement erscheinen soll, ohne es in Wirklichkeit zu sein, verdunkeln dem Beschauer das Verständnis des Bauwerkes als eines Sieges über die Schwere und wirken darum unschön.“

4.2 Seine Kollegen über Finsterwalder

Über Ulrich Finsterwalder haben sehr viele Autoren geschrieben (vgl. [52]); darunter Kollegen und Freunde aus allen seinen Lebensabschnitten. Es dürfte äußerst selten der Fall sein, dass fachliche wie menschliche Qualitäten eines Ingenieurs übereinstimmend so ausführlich und enthusiastisch gewürdigt werden. Einige Beispiele:

Herbert Kupfer [53]

„Schon von jeher hatte er es vermocht, auf junge Ingenieure einzuwirken. CHARISMA! Während seiner fünfzigjährigen Zugehörigkeit zu seiner Firma haben viele Mitarbeiter, aber auch hervorragende Architekten, mit denen er aufgeschlossenen 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. Ich bin sicher, dass eine der Quellen dieser unerschöpflichen Energie sein überaus glückliches Familienleben mit einer großen Kinder- und Enkel-schar waren. Seine Frau Eva stand ihm immer mit sehr viel Verständnis zur Seite, sorgte aber auch dafür, dass er sich gelegentlich Erholung gönnte.“

Hubert Rüsich [54]

„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.“

Heinz Rausch

Sprecher des Vorstandes der Dyckerhoff & Widmann AG, München [12]

„Begegnet man dem fast 90jährigen, 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.“

Für seine Mitarbeiter und für seine Firma war seine fachliche Autorität und Präsenz von großer Wichtigkeit. Auch von Kollegen anderer Firmen wurden ihm großer Respekt und Anerkennung entgegengebracht. Finsterwalder war derjenige, der sich bei kniffligen Problemen, bei denen die Mitarbeiter unsicher wurden, hinstellen und sagen konnte, dass es geht und wie es geht. Durch seine

Persönlichkeit und durch die Qualität seines Denkens hat er einem Kreis junger Mitarbeiter hohe Maßstäbe gesetzt und hat damit eine Voraussetzung für deren eigene Entwicklung gegeben.

4.3 Ulrich Finsterwalder Ingenieurbaupreis

Ab der Auslobung 2015 wurde der Ingenieurbaupreis des Verlags Ernst & Sohn, welcher seit 1988 alle zwei Jahre für herausragende Leistungen im Konstruktiven Ingenieurbau an ein Projektteam für sein ausgezeichnetes Bauwerk vergeben wird, dem großen Bauingenieur gewidmet und in „Ulrich Finsterwalder Ingenieurbaupreis“ umbenannt. Der Verlag Ernst & Sohn und die Familie Finsterwalder wollen auf diese Weise die Gründungsidee des Ingenieurbaupreises fortführen – mit dem Ziel, den Berufsstand der Bauingenieure in der Wahrnehmung der Öffentlichkeit zu stärken. Der Name Finsterwalders steht bei diesem Preis somit nicht nur für den Betonbau, sondern für den gesamten Ingenieurbau.

4.4 Eine Würdigung: Nachruf von Peter v. Seidlein

Ulrich Finsterwalder war Mitglied der Akademie der Künste in Berlin. Die Akademie hatte 1968 ihre Aufnahmeregeln ändern müssen, um den Bauingenieur Finsterwalder als Mitglied aufnehmen zu können [55]. Er war 1968 bis 1979 außerordentliches Mitglied der Akademie der Künste, Berlin (West), Sektion Baukunst. Durch eine erneute Änderung der Statuten wurde er ab 1979 ordentliches Mitglied.

Nach seinem Tode 1988 gab es weltweit sehr viele Nachrufe. Einer der eindrucksvollsten stammt vom Münchner Architekt Peter v. Seidlein. Er ist wahrscheinlich einer der schönsten Würdigungen, die ein Architekt jemals für einen Bauingenieur verfasst hat [55]:

„Ich weiß nicht, wer Ulrich Finsterwalder für eine Berufung in die Akademie vorgeschlagen hat. Sein Tod am 5. Dezember 88, kurz vor seinem 91. Geburtstag, ruft nochmals ins Gedächtnis, wie ungewöhnlich und wie glücklich dieser Vorschlag gewesen ist.

Dass Bauen in seiner ausgeprägtesten, vornehmsten Form, dem Erzeugen von Architektur, eine Kunst ist, mag niemand bestreiten. Dass diese aber auch aus der reinen Form der Logik, der Mathematik, entstehen kann, war denen klar gewesen, die in Ulrich Finsterwalder einen Baukünstler gesehen hatten. [...]

Viel wichtiger aber war die Phantasie, deren es bedarf, Neues zu erfinden. [...] Erfinden bedarf der Phantasie und von ihr beflügelt, hat Finsterwalder das Bauen mit Stahlbeton in wahren Mutations-sprüngen über das hinaus entwickelt, was man noch zu Beginn des Jahrhunderts für möglich gehalten hatte. [...]

Dabei schien er ein seltsam zurückhaltender, ja beinahe scheuer Mensch zu sein. Er sprach leise, weil die Sicherheit, die er hatte, keiner lauten Worte bedurfte - mit einem unverkennbar bayerischen Tonfall – nicht das moderne Münchnerisch der Schickleria, sondern das einer älteren Generation – eher so, wie Heisenberg oder Orff. Und er redete zielsicher und unaufhaltsam von den Dingen, die er verstand, von seinen Ideen, von dem, was er vorhatte. Mit dem Konjunktiv, mit dem Wort „vielleicht“, mit „wenn und aber“ konnte er wenig anfangen.

Was ihn, wenn man ihn länger kannte, charakterisierte, war die Besessenheit, zu bauen. Dass er zu viel zu tun hatte, hat man nie von ihm gehört; aber auch nicht, dass er je zu wenig zu tun gehabt hätte. Er suchte sich seine Aufgaben und er fand sie.

Die Akademie hat sich, als sie 1968 über die Hürde einer selbstauferlegten, eingrenzenden Definition dessen, was Kunst sei, sprang und den Ingenieur Ulrich Finsterwalder berief, selbstgeehrt. Einen der großen Baumeister zu den ihren zu zählen, müsste auch nach seinem Tod Wirkung auf uns haben, die Wirkung, die ungewöhnliche Menschen und ihr Werk als Beispiel, als Vorbild und manchmal – aber das ist nun eine persönliche Überzeugung – als Trost ausüben – Trost der darin liegt, dass heute, wie zu allen Zeiten, Menschen Dinge schaffen, die dem unerfüllbaren Anspruch, vollkommen zu sein, näher kommen, als wir dies für möglich halten.“

Literaturverzeichnis

- [1] Thon, R.: Ulrich Finsterwalder – Seine Bedeutung für die Dyckerhoff & Widmann AG. In: [11], S. 19–22
- [2] Kupfer, H.: Erinnerung an Ulrich Finsterwalder (1897–1988). Bautechnik 74 (1997) 12, S. 857–864
- [3] Rüscher, H.: Ulrich Finsterwalder zu seinem fünfzigsten Dienstjubiläum. In: [11], S. 9–18
- [4] Günschel, G.: Große Konstrukteure 1 – Freyssinet, Maillart, Dischinger, Finsterwalder. Berlin: Ullstein Bauwelt Fundamente, 1966, S. 145
- [5] Baltus, R.: Jubiläumsvortrag an der TH München anlässlich des 80. Geburtstags von Sebastian Finsterwalder. 1942, Privatarchiv Finsterwalder (PAF)
- [6] Finsterwalder, U.: Unveröffentlichtes Vortragsmanuskript. München, 3.12.1981, PAF
- [7] Kubisch, A.; Feuereisen, H.: Über die Technik der Betonschalen. In: [11], S. 76–84
- [8] Schambeck, H.: Ulrich Finsterwalder. In: Stiglat, K. (Hrsg.): Bauingenieure und ihr Werk, Berlin, 2004, S. 145–146
- [9] Gentz, M.: Die Verstrickung von Unternehmen in Unrechtsstaaten. In: Lillteicher, J. (Hrsg.): Profiteure des NS-Systems? – Deutsche Unternehmen und das „Dritte Reich“, Berlin: Nicolaische Verlagsbuchhandlung, 2006, S. 200–215
- [10] Kriewitz, J.: Ulrich Finsterwalder – sein Lebenswerk im gesellschaftspolitischen Kontext. In: Homepage der Gesellschaft für Ingenieurbaukunst: <http://www.ingbaukunst.ch/file/440/UlrichFinsterwalder-GesellschaftspolitischeKontext-April2014.pdf> (geprüft am 10.11.2015)
- [11] Dyckerhoff & Widmann (Hrsg.): Festschrift Ulrich Finsterwalder – 50 Jahre für Dywidag, Karlsruhe: G. Braun, 1973
- [12] Rausch, H.: Ulrich Finsterwalder 90 Jahre. In: VDI-Gesellschaft Bautechnik (Hrsg.): Herausragende Ingenieurleistungen in der Bautechnik, Schriftenreihe der VDI-Gesellschaft Bautechnik, Düsseldorf 1987
- [13] Leonhardt, F.: Vorwort. In: [4], S. 7–14
- [14] Zilch, K.; Weiher, H.: 120 Jahre Spannbetonbau. Beton und Stahlbetonbau 103 (2008) 6, S. 422–430
- [15] Finsterwalder, U.: Eisenbetonträger durch Wirkung des Eigengewichtes. Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure Bd. 82 (1938) 45, S. 1301–1304
- [16] Finsterwalder, U.: Eisenbetonträger mit selbsttätiger Vorspannung. Der Bauingenieur XIX (1938) 35/36, S. 495–499
- [17] Schambeck, H.: Über das Langzeitverhalten einer 50 Jahre alten Spannbetonbrücke. Der Bauingenieur 62 (1987), S. 557–559
- [18] Finsterwalder, U.: Die Anwendung von hochwertigem Stahl im Eisenbeton. IVBH-Abhandlungen Bd. 5 (1937–1938), S. 123–132
- [19] Finsterwalder, U.: Dywidag-Spannbeton. Der Bauingenieur 27 (1952) 5, S. 141–158
- [20] Menn, Chr.: Stahlbeton-Brückenbau der letzten 50 Jahre. In: Symposiumsbericht zum IABSE-Symposium | IABSE bulletin, 20–22.9.1979 in Zürich (Schweiz), 1979, S. 38 (29–40) – auch einsehbar unter <http://dx.doi.org/10.5169/seals-25601> (geprüft am 19.12.2015)
- [21] Wittfoht, H.: Triumph der Spannweiten. Düsseldorf: Bau + Technik, 1972, S. 147
- [22] Finsterwalder, K.: Gesprächsnotiz des Ver-

- fassers beim Gespräch am 26.7.2008 in Hitzenkirchen
- [23] Jungwirth, D.: GEWI-Stahl St III U, GEWI-Muffenstoß. In: [11] S. 65–73
- [24] Finsterwalder, U., Schambeck, H.: Von der Lahnbrücke Baldunstein bis zur Rheinbrücke Bendorf. *Der Bauingenieur* 40 (1965) 3, S. 85–91
- [25] Deinhard, J.-M.: Massiv-Brücken gestern und heute. In: *Vom Caementum zum Spannbeton*, Bd. II, Wiesbaden – Berlin: Bauverlag, 1964, S. 96
- [26] Lorenz, W.; May, R.: Franz Dischinger. In: Curbach, M. (Hrsg.): *Tagungsband zum 23. Dresdner Brückenbausymposium*, 11./12.3.2013 in Dresden, Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden, 2013, S. 101–128
- [27] Bomhard, H.: Aufgezeichnetes Interview, Starnberg, 21.3.2013
- [28] Wahl, E.: Die Nibelungenbrücke bei Worms. *Die Bauverwaltung – Zeitschrift für behördliches Bauwesen* 2 (1953), S. 1–12
- [29] Klöppel, K.; Lossenheimer, H.: Die Vorschläge des Stahlbaues beim Wettbewerb 1951 für die neue Straßenbrücke über den Rhein bei Worms. *Der Stahlbau* 21 (1952) 5, S. 69–77
- [30] Klass, G.: Weit spannt sich der Bogen 1865–1965 – Die Geschichte der Bauunternehmung Dyckerhoff & Widmann. Wiesbaden: Verlag für Wirtschaftspublizistik, 1965
- [31] Dischinger, F.: Die zweite feste Straßenbrücke über die Mosel bei Koblenz. *Bautechnik* 12 (1934) 12, S. 130–134, 15, S. 199–204, 19, S. 246–248, 23, S. 286–291, 36, S. 460–463, 41, S. 554–556, 45, S. 593–595
- [32] Finsterwalder, U.; Knittel, G.: Die neue Moselbrücke in Koblenz. *Der Bauingenieur* 29 (1954) 8, S. 278–295
- [33] Lohmer, G.: Die architektonische Gestaltung der neuen Moselbrücke Koblenz. *Der Bauingenieur* 29 (1954) 8, S. 305–307
- [34] [https://de.wikipedia.org/wiki/Europabrücke_\(Koblenz\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Europabrücke_(Koblenz)) (geprüft am 4.1.2016)
- [35] <http://structurae.de/produkte-services/fahrbahnsanierung-europabruecke-koblenz-dem-optimalen-verkehrsfluss-auf-der-spur> (geprüft am 4.1.2016)
- [36] Finsterwalder, U.: Über das Entwerfen von Spannbetonbrücken. *Baumeister* (1960) 6, S. 369–371
- [37] Finsterwalder, U.: Entwicklungen im Massivbrückenbau. In: *Generalsekretariat der IVBH in Zürich* (Hrsg.): *IABSE congress report | IVBH-Kongressbericht*, Bd. 6, 27.6.–1.7.1960 in Stockholm, IVBH-ETH Zürich, 1960, S. 345–354 – auch einsehbar unter <http://dx.doi.org/10.5169/seals-7058> (geprüft am 19.12.2015)
- [38] Finsterwalder, U.: Konstruktionsformen neuzeitlicher Hochstraßen. In: *Vorträge auf dem Deutschen Betontag 1957*, 24.–25.9.1957 in Berlin, 1957, S. 244–256
- [39] Schambeck, H., Foerst, H.: Brückenbau mit freitragenden Vorschubgerüsten. In: [11], S. 156–171
- [40] Droste, M.; Fischer, H. (Hrsg.): *Der Düsseldorfer Tausendfüßler – Die Auseinandersetzungen um den Erhalt der Hochstraße und um die Kö-Bogen-Planung*. Düsseldorf: Droste Verlag, 2015
- [41] Schambeck, H.; Finsterwalder, K.: Spannbetonschrägseilbrücken. In: [11], S. 184–192
- [42] Kühne, G.: Eine Brücke über den Großen Belt. *Bauwelt* 58 (1967) H. 20, S. 494–497
- [43] Standfuß, F.; Naumann, J.: *Brücken in Deutschland II*. Köln: Deutscher Bundes-Verlag, 2007, S. 86–87
- [44] Baus, U; Schlaich, M.: *Fußgängerbrücken*. Basel: Birkhäuser, 2007, S. 64–65
- [45] Finsterwalder, U.: Über das Entwerfen von Spannbetonbrücken. *Baumeister* (1960) 6, S. 369–371
- [46] Dogramaci, B.: Paul Bonatz in der Türkei. In: Voigt, W.; May, R. (Hrsg.): *Paul Bonatz*, Tübingen: Wasmuth, 2010, S. 170–182
- [47] Herzog, M.: Projekt einer Hängebrücke über den Bosphorus. *Schweizerische Bauzeitung* Bd. 84 (1966) 7, S. 141–142
- [48] Pohl, M.; Siekmann, B.: *Hochtief und seine Geschichte*. München: Pieper, 2000, S. 292 f.
- [49] Schambeck, H.: Über das Entwerfen einer Spannbetonbrücke. In: [11], S. 117–133
- [50] Stritzke, J.: *Spannbandbrücken*. In Mehlhorn, G.; Curbach, M. (Hrsg.): *Handbuch Brücken*, 3. Aufl., Wiesbaden: Springer Vieweg, 2014, S. 611–617
- [51] Finsterwalder, U.: *Zehn Thesen zur Ästhetik*. PAF, ohne Datum
- [52] Diciceli, C.: Ulrich Finsterwalder – Ein Leben für den Betonbau. *Beton- und Stahlbetonbau* 108 (2013) 9, S. 662–673
- [53] Kupfer, H.: Die Betonschalen von Franz Dischinger und Ulrich Finsterwalder. In: *Vorträge auf dem Deutschen Betontag 1997*, 9.–11.4.1997 in Berlin, Wiesbaden: Deutscher Beton-Verein e.V., 1997, S. 454–475
- [54] Rüscher, H.: Ulrich Finsterwalder zu seinem fünfzigsten Dienstjubiläum. In: [11], S. 9–15
- [55] Seidlein, P. v.: *Vortragsmanuskript*. Vortrag in der Akademie der Künste Berlin, 28.10.89, PAF

Bildquellenverzeichnis

Anmerkung: Bei Bildern ohne Angabe des Fotografen handelt es sich um Werkfotos der Firma Dywidag ohne weitere Angaben.

02, 05, 09, 15, 29, 32, 37–39, 41: Privatarchiv Finsterwalder (PAF)
01, 18, 34: Lit. [1]
03, 04, 06, 13: Technische Universität Berlin, Fachgebiet Entwerfen und Konstruieren – Massivbau, Dischinger-Nachlass
07, 08, 10, 11, 14, 17, 22, 25, 26: Privatarchiv Dicleli (Fotos: Cengiz Dicleli)
12: Der Bauingenieur 45/46 (1938) 11

16: Lit. [19]
19: Lit. [18]
20: Deutsches Museum München (DMM), Abteilung Brückenbau (Reinhard Krause)
21: Lit. [28]
23: (H. Schmölz)
24: Firmenprospekt Dywidagbauten 60/61
27, 30: Lit. [21]
28: Firmen Broschüre: Dywidag Bauten 1957/1958
31: Lit. [30]
33: Bauwelt 58 (1967) 20
35: Privatarchiv Oliver Fritz (Oliver Fritz)
36: Baumeister (1960) Juni
40: Lit. [11], S. 175, Abb. 6

Im gedruckten Tagungsband stand hier eine Anzeige. Sie wurde für die Online-Fassung entfernt.