Bücher

Holger Svensson
Schrägkabelbrücken – 40 Jahre Erfahrung weltweit
Mit DVD, ca. 450 S., ca. 1600 Abbildungen, ungefähr die Hälfte in Farbe

Der Autor kann auf seine, im Laufe von vier Jahrzehnten erworbenen, profunden Kenntnisse auf dem Gebiet der Schrägkabelbrücken im Rahmen des Ingenieurbüros *Leonhardt, Andrä und Partner (LAP)*, zuletzt als Geschäftsführender Gesellschafter, verweisen. Eine Vielzahl von im Ausland abzuwickelnden Projekten boten nicht nur die Gelegenheit, wertvolle einschlägige Erfahrungen zu sammeln, sondern wurden auch dazu genutzt, in einer Reihe von Staaten den Status eines *Professional Engineer*, verbunden mit dem Planungsrecht, zu erwerben.

Mit der gegenständlichen Publikation wird erstmals die Konstruktionsform der Schrägkabelbrücken, thematisch weitestgehend geschlossen und in einer dem Praktiker verständlichen Sprache, in großer fachlicher Breite behandelt. Der Umstand, dass das Buch aus Vorlesungen an der TU Dresden hervorgegangen ist, möge nicht darüber hinwegtäuschen, dass diese umfangreiche Publikation über eine erste Wissensvermittlung weit hinaus geht und auch Praktikern zur Erweiterung ihres Wissens über neue interessante, zugegeben komplexe Zusammenhänge verhelfen kann.

Holger Svensson positioniert die, eine zunehmende Beliebtheit erlangende Struktur innerhalb des, jedem Bauingenieur bekannten Spektrums möglicher Konstruktionsalternativen und nimmt

eingehend Bezug auf typische, systemimmanente Verhaltensweisen, die vor allem durch den Umstand zu begründen sind, dass die maßgebenden Zugglieder außerhalb des Brückenbalkens ihre Wirkung entfalten. Dadurch kommt es zur Interaktion einer Vielzahl statisch aktiver Komponenten eines hohen Komplexitätsgrades.

In sieben, z. T. umfangreichen Kapiteln werden alle relevanten Bereiche abgehandelt: (1) Allgemeine konstruktive Grundlagen und Gestaltungsmöglichkeiten. (2) Geschichtliche Entwicklung der Schrägkabelbrücken. (3) Seile und Kabel. (4) Vorberechnung von Schrägkabelbrücken unter besonderer Berücksichtigung der Brückendynamik. (5) Montage von Schrägkabelbrücken. (6) Ausführungsbeispiele und (7) Ausblick.

Auch für Schrägkabelbrücken bildet die dreifeldrige, historisch gewachsene Flussbrücke, durch ihre Zentrierung auf das eigentliche Hindernis, den Ausgangspunkt für alle statischen, konstruktiven und herstellungsbezogenen Überlegungen. Diese Brückengattung findet somit ihren Platz zwischen dem gevouteten Balken und der Hängebrücke bei einer deutlichen Nähe zu letzterer. Die beiden Pylone mit dem hoch liegenden Kabelumlenkpunkt ersetzen, wegen ihrer im Regelfall großen Schlankheit, ein verschiebliches Lager für die Abspannungen, wobei die Auslenkung durch das zu den Brückenendpunkten führende, sogenannte Rückhaltekabel beschränkt werden. Selbst bei der Anordnung von Schrägkabelbrücken in einer Reihe gibt es Möglichkeiten der Systemstabilisierung durch Vorkehrung von Zwischenpfeilern, Wahl biegesteifer Pylone, Abspannungen zu Festpunkten hin, Rahmenbildung oder sich übergreifende Kabelebenen. Die verschiedenen Formen der eine Kabelebene bildenden Zugkomponenten (Fächer – Harfe – Büschel) in Wirkungseinheit mit einer Vielzahl an möglichen Pylonausbildungen und einer im Bedarfsfall mit dem Haupttragwerk statisch, konstruktiv wie ästhetisch durchaus kompatiblen Fortführung des Streckträgers als biegesteifer Balken über weitere Felder führt zu einer ungleich größeren Variationsvielfalt, verglichen mit den bereits erwähnten Tragwerken gleicher Zweckbestimmung.

Die wenigen konstitutiven Komponenten – Streckträger, Pylon, Abspannung – ermöglichen auf einfachste Weise die Visualisierung einer hohen strukturellen Effizienz und machen den Kraftfluss auch für den Betrachter leicht nachvollziehbar. Eine Verunsicherung ist nur bei Verwendung modischer Attribute, gegenwärtig als Tendenz leider deutlich wahrnehmbar, zu erwarten. Es ist daher zu begrüßen, dass der Autor in einem eigenen Abschnitt – unter Bezugnahme auf die bereits ab 1980 (11. IVBH-Kongress) durch den von ihm hoch geschätzten Mentor *Fritz Leonhardt* eingeforderte Fokussierung auf ästhetische Werte – auch dieser Sichtweise eine für uns große Bedeutung beigemessen hat.

Holger Svensson spannt einen weiten, ein halbes Jahrhundert einschließenden Bogen von den ersten Realisierungen, beginnend mit *Dischingers* Strömsundbrücke und streicht vor allem den entscheidenden Einfluss heraus, den die Objekte der „Düsseldorfer Brückenfamilie“ für die weitere Entwicklung genommen haben.

Die bereits große Variationsbreite der Schrägkabelbrücken fand 1967 noch dadurch eine Erweiterung, dass *Hellmut Homberg* erstmals bei der Rheinbrücke Bonn-Nord eine Verdichtung der Abspannung vornahm und dadurch einen Weg von einer bis dahin gepflogenen diskreten Balkenstützung zu einem Vielseilsystem, mit all den damit verbundenen Vorteilen, wies. Diese Ausführungsart brachte vorerst den Übergang von den Seilpaketen zu den wesentlich einfacher zu handhabenden Einzelseilen und in der Folge zu den Kabeln und ebnete den Weg für die Verwendung von, gegenüber Stahlbrücken mit orthotroper Fahrbahnplatte wesentlich schwereren, jedoch kostengünstigeren Betonbalken und deren Herstellung im Sinne des um die Jahrhundertmitte entwickelten klassischen Freivorbaus. Mit der Einführung der Massivbauweise konnte gleichzeitig das große Potenzial an Erfahrungen auf dem Gebiet der Vorspannverfahren genützt werden.

Nun war es nur eine Frage der Zeit, bis im Streben nach einer Optimierung Hybridbalken Eingang fanden (Mannheim-Ludwigshafen 1971) und man sich der Platte als einfachste Querschnittform für den überwiegend druckorientierten Streckträger besann (*René Walther*: *Diepoldsau* 1985, L = 85 m; *Jörg Schlaich*: Evripos 1993, L = 215 m).

Holger Svensson nimmt auch in seinen Ausführungen Bezug auf eine schon frühzeitig eingetretene Parallelentwicklung, gekennzeichnet durch die Verwendung vorgespannter Betonzugglieder. Solche Konstruktionen konnten in einem eingeschränkten Stützweitenbereich auf eine Reihe von Vorteilen verweisen, wie Materialgleichheit (bei gutem Korrosionsschutz) und somit auch keine Schnittkraftumlagerungen zufolge Kriechen, hohe Systemsteifigkeit sowie Robustheit (Fahrzeuganprall) und weitgehende Wartungsfreiheit. Wird im Gedanken die Pylonhöhe reduziert, kommt man konsequenter Weise zum sogenannten Betonsegel als Gegenstück zur Balkenvoute. Hierfür sei als eine sehr elegante Realisierung die Ganterbrücke von *Christian Menn* aus dem Jahr 1980 erwähnt. Mit der zuletzt genannten Brücke sind die unter extradosed subsumierten, zugversteiften Brücken vergleichbar. Während Schrägkabelbrücken eher als überdimensionierte Fachwerke mit eindeutiger Zuordnung von Zug- und Druckkräften gekennzeichnet sind, liegt bei extradosed Konstruktionen der Schwerpunkt eher bei einer Steigerung der Momentenfähigkeit von bereits biegesteifen Tragwerken durch außerhalb des Querschnitts wirkende Zugkomponenten.

Von besonderer Ausführlichkeit sind, unterstützt durch viele Beispiele, die Verweise auf die Vor- und Nachteile hinsichtlich der statischen, konstruktiven und ausführungsrelevanten Besonderheiten in Verbindung mit der Materialwahl der Streckträger. Nach Maßgabe der jeweiligen spezifischen Verhaltensweisen haben sich bevorzugte Stützweitenbereiche herausgebildet:

Streckträger aus Beton werden heute kostengünstig bis zu Spannweiten um 400 m verwendet und können für sich folgende Vorteile in Anspruch nehmen: Gleiche Technologie für Unterbau und Pylon bei bescheidenem Unterhaltungsaufwand; Kabel und Verankerungen weitgehend identisch mit den bekannten Spannsystemen; eine hohe Grundlast erleichtert die Aufnahme der Momente aus Verkehrslast und führt zu geringer Schwingbreite (Eisenbahnlasten!); plattenähnliche Querschnitte reduzieren Zwängungsmomente, soweit Bedacht auf die Knicksicherheit und lokale Verformungen genommen wird. Die zu berücksichtigenden zeitabhängigen Schnittkraftumlagerungen zufolge einer Systemunverträglichkeit (z. B. bei elastischer Bettung) bedürfen jedoch einer gesonderten Berücksichtigung.

Im Verbund hergestellte Streckträger wiederum – sie decken einen Spannweitenbereich von ungefähr 400 m bis 900 m ab – vereinigen die Vorteile des Stahl- und Betonbalkens, so man durch die Beschränkung auf zwei Kabelebenen dem Umstand, dass es sich um eine stählerne Rostkonstruktion in Verbund mit einer aufliegenden Betonplatte (in Ortbeton- oder Fertigteilausführung) handelt, Rechnung trägt.

Mit stählernen Streckträgern kann man auch Stützweiten jenseits der 1000 m-Marke erreichen. Das in Konstruktionseinheit mit dem Belag besonders geringe Gewicht verdankt man der im 2. Weltkrieg entwickelten orthotropen Platte, die in sich sämtliche erforderlichen statischen Funktionen erfüllt. Da zeitabhängige Einflüsse auf die Schnittkraftverteilung fehlen, gilt als

Zielvorgabe, nach dem letzten Montageschritt, das Erreichen eines Belastungszustandes bei minimalem Materialaufwand.

Als dankenswert wird vermerkt, dass der Autor den Abspannungen und der Montage breiten Raum bietet. Neben den wegen ihrer einfachen Handhabung immer noch in Verwendung stehenden vollverschlossenen Seilen werden die ebenfalls werkgefertigten Paralleldrahtkabel – diese gehen auf eine Entwicklung von LAP aus den 1960er Jahren zurück und führten zu den heute gängigen Kabeln mit PE-Schutzmantel – behandelt. Ihr Vorteil ist in der hohen Dauerfestigkeit und dem deutlich höheren E-Modul zu sehen. Mit dem Einsatz immer größerer Kabeleinheiten wurde es jedoch zunehmend wichtiger, anstelle des Austausches eines ganzen Kabels das Gewicht auf die Auswechselbarkeit einzelner Litzen zu legen, die auch mit den wesentlich handlicheren Einzelpressen gespannt werden können. Ein weiterer Vorteil dieser sogenannten Parallellitzenkabel ist im Aufbau eines Kabels unbeschränkter Länge direkt am Einbauort zu sehen. Mit der Verwendung von Monostrands ist auch der wünschenswerte vierfache Korrosionsschutz verbunden. Von *Reiner Saul* stammen die wesentlichsten Hinweise über die Bemessung der Kabel und von *Imre Kovacs* die sehr detaillierten Ausführungen über die Kabeldynamik. Der Leser wird vertraut gemacht mit den für Schrägkabelbrücken besonders wichtigen Verhaltensweisen, wie beispielsweise der geometrischen Steifigkeit, die wiederum in der mangelnden Eigendämpfung (konstante Spannung) ihre Ursache hat. Es wird auf die von der Kabelprofilierung abhängige Gallopinganfälligkeit, induziert durch Regen, Wind oder Eisbildung eingegangen. Konstruktive Maßnahmen zur Unterdrückung oder Reduzierung von Kabelschwingungen, sei dies mithilfe künstlicher Dämpfer verschiedenster Bauart, durch Oberflächenprofilierung oder Abspannungen, werden anschaulich behandelt.

Besonders erwähnenswert und als für den Praktiker wertvoll stellen sich die Hinweise zur Vorberechnung heraus, die nicht nur zur Abschätzung der wesentlichsten Schnittkräfte und des Einflusses winderregter Schwingungen (*Imre Kovacs*) im Rahmen des Entwurfes dienen, sondern auch zum Nachweis der Plausibilität von Computerberechnungen. Berechnungsbeispiele sollen anhand von Ersatzsystemen die praktische Anwendung und die Grenzen einer noch zulässigen Abstraktion aufzeigen.

Entwurfsingenieure werden die reich bebilderten Ausführungen über die Montage von Schrägkabelbrücken zu würdigen wissen, da in der Literatur an Darstellungen in dieser thematischen Geschlossenheit eher ein Mangel herrscht. Behandelt werden beispielhaft eine Reihe ausgeführter Objekte unterschiedlicher Bauart. Allen gemeinsam ist jedoch der Umstand, dass sich Schrägkabelbrücken von allen anderen konservativen Ausführungen schon durch ihre systemimmanente Komplexität unterscheiden.

Dem Autor ist zu danken, dass er sich der Mühe unterzogen hatte, eine nach modernen Grundsätzen erst seit einem halben Jahrhundert realisierbare Brückengattung mit hohem Gestaltungspotenzial und großer Anwendungsbreite, gleichermaßen, sowohl für eine motivierbare Studentenschaft, vielmehr noch für in Entwurf und Ausführung tätige Praktiker, aufbereitet zu haben.

em. Prof. *Alfred Pauser*, Wien