

# Dissertation

Photoelastische und mechanische Untersuchung an Rahmenträgern  
mit besonderer Berücksichtigung der Knotenpunkte

---

Von der

Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich

zur Erlangung der

Würde eines Doktors der technischen Wissenschaften

genehmigte

Promotionsarbeit

vorgelegt von

Dipl.-Ing. Mustafa Inan aus Adana, Türkei

Referent: Herr Prof. Dr. M. Roš

Korreferent: Herr Prof. Dr. F. Stüssi

---

## V. ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNG

Der Zweck der vorliegenden Arbeit bestand einerseits darin, die Gültigkeit der heute üblichen Berechnungsverfahren für Vierendeel-Träger nachzuprüfen und andererseits die Knotenpunkte solcher Träger eingehend experimentell und theoretisch zu untersuchen. Zu diesem Zweck wurden zur Hauptsache polarisationsoptische und Dehnungsmessungen ausgeführt. Diese Messungen wurden durch theoretische Studien ergänzt. In den nachfolgenden Punkten wird versucht, das jeweilige Problem in präziser Form zu stellen und die entsprechende Folgerung zu ziehen.

### Hinsichtlich des Trägers als Ganzes

1. Es wurde ein Modell eines Rahmenträgers hergestellt und photoelastisch ausgemessen. Für das Modell wurde gleichzeitig eine statische Berechnung ausgeführt. Es wurde eine gute Übereinstimmung zwischen Messung und Rechnung festgestellt, mit einer durchschnittlichen Abweichung von 13 Prozent, vergl. Abschnitt 1 und 4, Abb. 25 und 26 und Tabellen 2 und 3.

### Hinsichtlich der Knotenpunkte

2. Auf Grund bisheriger Untersuchungen und entsprechender Überlegungen konnte für zweiachsigen Zug dasjenige (ebene) Profil entworfen werden, welches konstante Randspannung aufweisen sollte. Die polarisationsoptische Überprüfung zeigte, dass nur noch geringe Änderungen notwendig waren, die aber für die Praxis ohne Bedeutung sind, vergl. Abschnitt 5 a), Abb. 32 und 34.
3. Ferner konnte der Beweis erbracht werden, dass das Profil konstanter Randspannung für einen eingespannten, durch Einzelquerkraft beanspruchten Träger den vorangegangenen Überlegungen (mit geringfügigen Abweichungen) tatsächlich entspricht, vergl. Abschnitt 5 a), Abb. 41 und 44.
4. Nachdem die unter 2. und 3. erwähnten Vorstudien beendet waren, wurde eine Serie ebener Knotenpunkte mit kreisförmigen und elliptischen Übergängen untersucht. Es zeigte sich, dass die elliptischen Übergänge wesentlich günstiger sind als die kreisförmigen, das heisst gleichmässiger Randspannungsverteilung aufweisen, vergl. Abschnitt 5 b), c), Abb. 52, 63 bis 66 und 67, 75 bis 77.

5. Sodann wurden erstmalig räumliche, aus einzelnen Stücken zusammengebaute Knotenpunkte photoelastisch untersucht. Das eine Modell stellte eine Nachahmung einer im Stahlbau üblichen Ausführung dar – Abb. 78 –. Ausser der stark ungleichförmigen Randspannungsverteilung und gewissen konstruktiven Einzelheiten zeigt diese Ausführung keine besonders ungünstigen Spannungsverhältnisse. Ein zweites Modell – Abb. 86 – wies sowohl vom konstruktiven als auch vom spannungstechnischen Standpunkt aus gesehen wesentliche Änderungen auf, die sich in der Praxis als wertvoll erweisen dürften. Etwas unbefriedigend ist diese Lösung lediglich für den Knotenpunkt (Gurt), indessen dürfte jedoch hier eine zusätzliche Verstärkung leicht möglich sein, siehe Folgerungen Abschnitt 6 c), Abb. 83 und 84, 90 und 91.
6. Schliesslich wurde ein geschweisster Knotenpunkt aus Stahl mit kreisförmigem Übergang untersucht, wobei Dehnungsmesser (System Huggenberger) von 2 cm Messlänge verwendet wurden – Abb. 94 –. An keiner Messstelle konnten Werte festgestellt werden, die auf übermässige Beanspruchung und Anstrengung hindeuteten, vergl. Abschnitt 7 c), Abb. 96 bis 98 und 101. Es konnte durchweg eine befriedigende Übereinstimmung mit den Ergebnissen des entsprechenden photoelastischen Versuches festgestellt werden, vergl. Abb. 81 bis 84. Daraus kann geschlossen werden, dass die konstruktiven Komplikationen beim Stahlbau (Schweissungen, Querverbindungen und Versteifungen) – wenigstens im vorliegenden Fall –, den Spannungsverlauf, im grossen beurteilt, nicht wesentlich beeinflussen.

### Hinsichtlich der Berechnungsverfahren für Knotenpunkte

7. Parallel zum experimentellen Teil wurden theoretische Studien, die Berechnung von Knotenpunkten betreffend, durchgeführt. Die Ergebnisse wurden mit den entsprechenden experimentellen verglichen, wobei eine befriedigende Übereinstimmung festgestellt werden konnte, vergl. Abschnitte 2 und 3 mit 5 bis 7, Abb. 63, 77, 85 und 90 bis 92. Einige der vorgeschlagenen Verbesserungen der bisher üblichen Berechnungsweise dürften für die Praxis von Bedeutung sein.