

Die Parkhaus-Brücke über die Rämistrasse in Zürich

Autor(en): **Liechti, O. / Glanzmann, W. / Schneider, J.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **85 (1967)**

Heft 29

PDF erstellt am: **17.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-69497>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

An unsere Leser

Zu Beginn dieses Monats wurde Masch.-Ing. *Max Künzler* in die Redaktion unserer Zeitschrift aufgenommen, nachdem er sich im Laufe eines Jahres in seine redaktionellen Aufgaben eingearbeitet und sich über reiche Kenntnisse und Erfahrungen auf den Gebieten der Konstruktion und der Betriebsführung bestens ausgewiesen hatte. Ingenieur Künzler absolvierte sein Studium an der Technischen Hochschule in La Plata (Argentinien). In seine alte Heimat zurückgekehrt, war er zunächst in der Firma Gebr. Sulzer AG, Winterthur, tätig. Darnach wirkte er in leitenden Stellungen in der Firma Fichtel & Sachs AG, Schweinfurt. In deren Auftrag baute er sodann in Buenos Aires eine Federnfabrik auf, setzte sie in Betrieb und leitete sie als Geschäftsführer. Daran schloss sich erneut ein Aufenthalt in Deutschland, wo Ing. Künzler im Auftrag von Fichtel & Sachs nochmals eine Federnfabrik baute und führte. Sein beruflicher Werdegang und seine Verbundenheit mit der betrieblichen Praxis werden die Arbeit unseres neuen Redaktionsmitgliedes im Dienste des Lesers wertvoll gestalten.

Verlags-AG der akademischen technischen Vereine:
O. Lardelli, Präsident *W. Jegher*, Delegierter

Die Parkhaus-Brücke über die Rämistrasse in Zürich

DK 624.21:624.012.47

Von **O. Liechti**, **W. Glanzmann** und **J. Schneider**, Bauingenieure, Zürich

Allgemeines und Situation

Die Brücke über die Rämistrasse bildet eine der Zufahrten zu dem auf der Hohen Promenade in Ausführung befindlichen grossen, unterirdischen Parkhaus. Sie beginnt im Hirschengraben mit einer Rampe, überbrückt in schieferm Winkel die verkehrsreiche Rämistrasse und mündet etwa in Kronenhöhe der bestehenden Stützmauer in das Einfahrtsbauwerk des Parkhauses ein (Bild 1).

Vom Bauherrn der Stadt Zürich – vertreten durch das Hochbauamt – wurde entsprechend dem Grundlagenprojekt der «AUPA» (Arbeitsgemeinschaft für unterirdische Parkanlagen) die Brückenklasse (Nebenstrassen gemäss Art. 10 der SIA-Normen Nr. 160), Fahrbahnbreite, Lichtraumprofil, Lage und Höhe der Widerlager und des Zwischenpfeilers sowie die äussere Form des Brückenquerschnittes vorgeschrieben. Einen besonderen Anreiz zur Beschäftigung mit der in Form eines Submissionswettbewerbes ausgeschriebenen Aufgabe bildete die ausserordentlich einschränkende Bedingung, dass durch den Bau der Brücke der Tramverkehr überhaupt nicht und der individuelle Verkehr so wenig wie möglich gestört werden dürfen. Hiermit wurde die Erstellung der Brücke in konventioneller Art und Weise auf einem Lehrgerüst praktisch ausgeschlossen. Die Brücke bot infolge ihrer verkehrsmässig und ästhetisch anspruchsvollen Lage vielmehr eine ausgezeichnete Gelegenheit, die Leistungsfähigkeit moderner Baumethoden unter Beweis zu stellen.

Das grosse Interesse, welches dem Brückenbau von seiten der Öffentlichkeit und der Fachwelt entgegengebracht wurde, erfüllte alle Beteiligten mit Genugtuung und ist der Anlass, hier eingehender über die statisch-konstruktiven und montage-technischen Einzelheiten zu berichten.

Ausführungsentwurf

Bei der Ausführung sollte jede provisorische Abstützung und jede nicht sofort belastbare Verbindung vermieden werden. Nur unter diesen Voraussetzungen ist eine rasche Montage unter weitgehender Aufrechterhaltung des Verkehrs möglich. Beim Entwurf mussten zudem das Gewicht und die Abmessungen der Einzelteile den Bedingungen des Strassentransports angepasst werden. Die Beachtung dieser Voraussetzungen führte fast zwangsläufig zur Aufteilung des Brückentragwerks in Träger und nachträglich aufgelegte und mit

den Trägern verbundene Fahrbahnplatten, ferner zur Trennung des Trägers im Querschnitt in zwei zueinander symmetrische Hälften sowie zur Wahl eines Gerber-Trägers als statisches System im Längsinn.

In der Ansicht ist die Brücke geschwungen und führt nach der 20 m langen Rampe im Hirschengraben in einer Ausrundungskuppe von 500 m Radius und einer maximalen Steigung von 6,4% zum Widerlager auf Seite Töchterschule. Die Gesamtlänge der eigentlichen Brücke beträgt 53,30 m. Die ebenfalls vorfabrizierte Zwischenstütze teilt die Brücke in zwei Felder von 19,60 m und 33,70 m. In der Verlängerung der Rampe spannt sich zunächst ein Brückenteil bis zur Zwischenstütze und krägt 3,40 m über diese aus. Am Ende dieser Auskragung schliesst das die Rämistrasse überspannende Brückenfeld mit einem Gerbergelenk an (Bild 2).

Im Querschnitt betrachtet, liegen zwei zueinander spiegelbildliche, etwa V-förmige Rinnenträger nebeneinander. Deren sich berührende Schenkel stehen vertikal, während die Aussenschänkel in flachem Winkel bis zur Unterkante der Fahrbahnplatte ansteigen. Die Aussenschänkel bilden somit ein oben 3,60 m breit gespreitztes V, dessen Höhe 1,09 m misst. Der Querschnitt wird ergänzt durch anschliessend aufgelegte Fahrbahnplatten, welche beidseitig 1,10 m über die Spreizung des V auskragen und die 5,80 m breite Brückentafel bilden. Die durchgehende Verbindung zwischen Trägerflanschen und Fahrbahnplatten lässt einen sehr torsionssteifen Hohlkastenquerschnitt mit 1,21 m Gesamthöhe in Fahrbahnmitte (entsprechend einem Achtundzwanzigstel der Spannweite) entstehen (Bild 3).

Die Brücke ist in Längsrichtung mit Kabeln System BBRV vorgespannt, und zwar im langen, die Rämistrasse überbrückenden Feld mit total 1636 t, im kürzeren, auskragenden Feld mit total 1284 t Vorspannkraft. Das Widerlager auf der Seite Hirschengraben trägt das feste, dasjenige auf der Seite der Töchterschule das längsverschiebbliche Auflager. Die Zwischenstütze ist pendelnd gelagert.

Die Einlaufkästen der Brückenentwässerung sind in Brückenaxe angeordnet und an eine im Hohlkasten liegende Sammelleitung angeschlossen. Einstiegdeckel gestatten den Zugang zu jedem Hohlkasten-Abschnitt. Die Leitplanken bestehen aus vorfabrizierten Betonelementen.

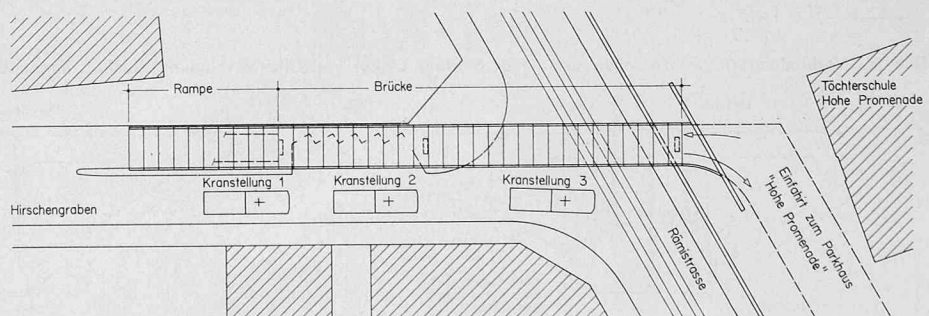


Bild 1. Situation 1:1000 mit Standorten des luftbereiften Krans

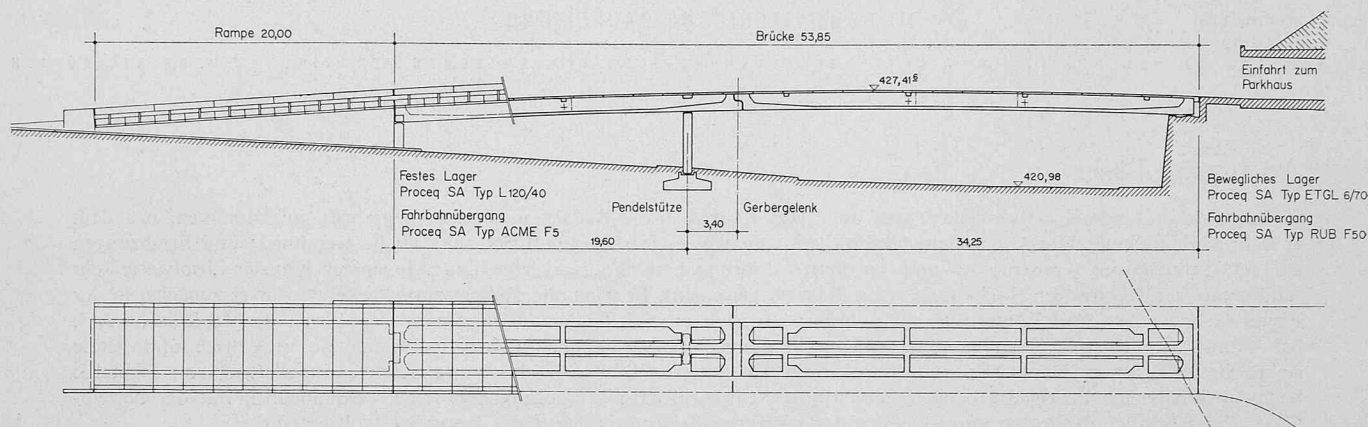


Bild 2. Längsschnitt und Grundriss der Brücke 1:500

Konstruktive Einzelheiten

Eine Reihe von konstruktiven Problemen entstand durch den asymmetrischen Querschnitt jeder einzelnen Trägerhälfte, weil dadurch die Vorspannung auch im Grundriss gesehen exzentrisch zur Stabaxe angeordnet werden muss. Zudem liegen Schwerpunkt und Schubmittelpunkt des Querschnitts nicht übereinander (Bild 4). Als Folge waren neben vertikalen Durchbiegungen der Träger horizontale Ausbiegungen und Torsionsverformungen zu erwarten, welche zu einer Klaffung der beiden nebeneinander gelegten Trägerhälften führten. Die Trägerhälften mussten deshalb im Laufe der Montage mit einigen kurzen Spanngliedern zusammengezogen und zu einem symmetrischen Querschnitt verbunden werden. Dabei waren relative Unterschiede in der Höhenlage der beiden Träger von rd. 4 cm sowie eine horizontale Klaffung von rd. 8 cm zu erwarten, was bei der konstruktiven Durchbildung der Verbindungsstellen zu berücksichtigen war. Zusammengezogen und verbunden wurden die Träger deshalb mit kurzen, relativ flexiblen BBRV-Spanngliedern, welche erst bei der Montage der Träger eingefädelt wurden (Bild 5). Zur Verminderung der erwähnten Klaffung dienten zudem in den äusseren Flanschen der V-Träger angeordnete Hilfskabel, welche die durch die Hauptkabel erzeugte horizontale Ausbiegung teilweise ausglich. Nach dem Zusammenziehen der Trägerhälften wurden diese Hilfskabel entspannt und in schlaffem Zustand injiziert.

Die Fahrbahnplatten-Elemente bestehen aus vier getrennten Betonkörpern, welche während Transport und Montage nur mittels

der durchgehenden Armierung zusammengehalten wurden (Bild 10). Durch das nachträgliche Ausbetonieren der parallel zur Brückenaxe über den Trägerflanschen liegenden Schlitzte wird der Verbund zwischen den Trägern und Platten hergestellt. Die quer zur Brückenaxe verlaufenden Fugen zwischen den einzelnen Fahrbahnplatten-Elementen wurden ebenfalls vergossen, so dass die Fahrbahnplatte als Teil des endgültigen Querschnitts zur Aufnahme von Druckkräften dienen kann (Bild 3). Im Bereich der negativen Momente über der Stütze sorgen nach Herstellung des Verbundes gespannte Vorspannkabel für eine Überdrückung der erwähnten Querfugen.

Um eine relativ aufwendige und fahrtechnisch störende Fugenkonstruktion über dem Gerbergelenk zu vermeiden, wurde die Fahrbahnplatte ohne Unterbruch durchgeführt und das Lager des Einhängeträgers horizontal verschieblich ausgebildet. Der aus Nutzlasten und Kriechverformungen hier entstehende kleine Knickwinkel wird der Fahrbahnplatte als elastisch aufzunehmende Verformung zugemutet. Die Längsarmierung der Fahrbahnplatte wurde in diesem Bereich verstärkt und zur Verkleinerung der entstehenden Zusatzmomente der Verbund zwischen Platte und Träger beidseits des Gerbergelenks auf jeweils 50 cm unterbunden (Bild 12).

In bezug auf die bei allen vorfabrizierten Bauten auftretenden Toleranzprobleme ist die gewählte Konstruktion bemerkenswert unempfindlich. Einzig beim Gerbergelenk ist ein genaues Zusammenpassen der zusammenstossenden vier Trägerhälften unbedingt erforderlich (Bild 12). Um dem Zufall nichts zu überlassen, wurden die

Bild 3 (rechts). Querschnitt der Brücke 1:50

Bild 4 (unten). Einzelquerschnitt 1:50

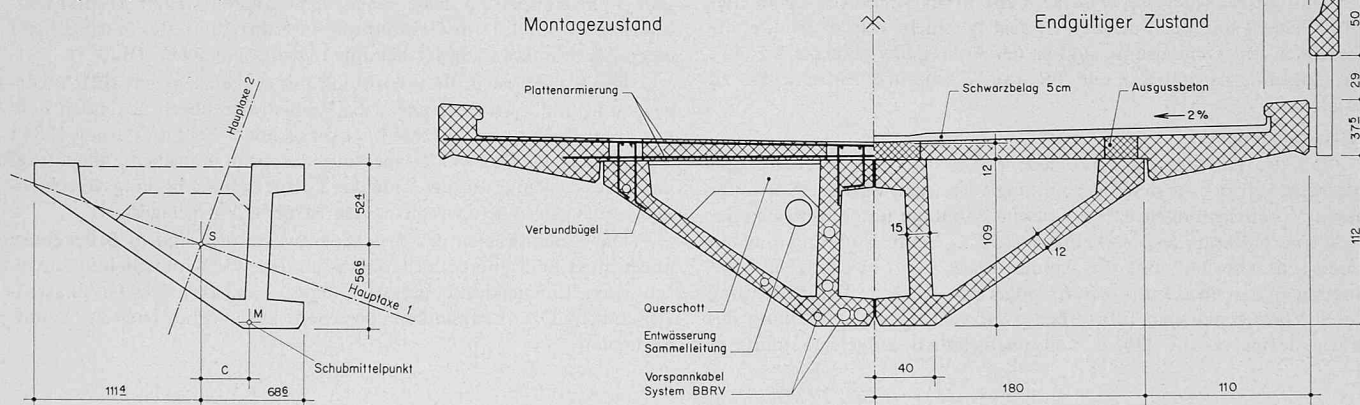
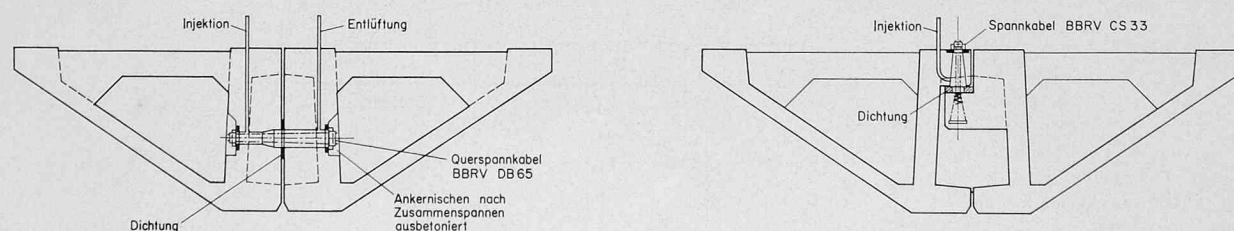


Bild 5. Verbindungsstellen zwischen den Trägerhälften. Links: vertikale Verbindung. Rechts: horizontale Verbindung. Masstab 1:50



Träger in diesem Bereich genau ausgemessen und die nötigen Korrekturen durch Abschleifen der leicht fehlerhaften Lagerflächen vorgenommen.

Ein Versetzen der Lagerteile in die Ortbetonwiderlager kam aus Toleranzgründen nicht in Betracht. Die vollständige Lagerkonstruktion wurde deshalb in die vorfabrizierten Träger einbetoniert und letztere bei der Montage auf provisorische Auflager abgestellt. Nach Abschluss der Montagearbeiten und nach sattem Unterstopfen der definitiven Lager – teilweise unter Verwendung von schnellhärtendem Kunstharzmörtel – konnten die provisorischen Auflager entfernt werden.

Statische Berechnung

Die statische Berechnung hatte eine Reihe von völlig verschiedenen Zuständen zu berücksichtigen: erstens die einzelne, unsymmetrische torsionsweiche Trägerhälfte (Einzelquerschnitt, Bild 4), die transportiert und montiert wurde; zweitens den Vorgang des Zusammenziehens der beiden Trägerhälften, wobei das Mass der aufzubringenden Formänderungen erst während der Montage genau festzustellen war; drittens der durch Zusammenspannen der Trägerhälften entstandene symmetrische torsionsweiche Querschnitt (Nettoquerschnitt), welcher die Fahrbahnplatten-Elemente trägt; sowie viertens der mit der Fahrbahnplatte in Verbund gebrachte symmetrische, torsionssteife Verbundträger (Bruttoquerschnitt), auf welchen letztlich die ständigen Nutzlasten (Belag, Leitplanken) sowie die Verkehrslasten wirken.

Erschwerend kommt hinzu, dass die entsprechenden Beanspruchungen nicht einfach superponierbar sind, da beim Übergang von einem Zustand zum andern gewisse Verformungen blockiert werden und somit die zugehörigen Beanspruchungen mit dem Kriechen des Betons zeitliche Veränderungen erfahren, die ganz beträchtlich sind. So ist z. B. unmittelbar nach dem Herstellen des Verbundes zwischen Fahrbahnplatte und Träger der Beanspruchungszustand der Bauelemente deutlich von der Entstehungsgeschichte geprägt, während sich im Laufe der Zeit die Beanspruchungen derart umlagern, dass das Spannungsbild nicht allzu weit von dem entfernt ist, welches bei konventioneller Herstellung des Bauwerks auf einem Lehrgerüst entstanden wäre. Die dem Baustoff Beton innewohnende Eigenschaft des Kriechens zeigt sich hier einmal von der positiven Seite. Andererseits kann von einem sofort entstehenden, plastischen Abbau örtlicher Überbeanspruchung (wie z. B. im Stahlbau) nicht gesprochen werden. Beton ist ein ausgesprochen spröder Baustoff, und es ist unbedingt erforderlich, alle Beanspruchungszustände innerhalb eines zulässigen Bereiches zu halten, der im Spannbeton für Normalspannungen zum Beispiel zwischen der Zugfestigkeit des Betons und etwa 40% der Würfeldruckfestigkeit liegen mag.

Es ist den Verfassern ein Anliegen, in diesem Zusammenhang darauf hinzuweisen, wie weit in einem Fall wie dem vorliegenden die eigentliche Rechnung hinter der nötigen intensiven, gefühlsmässigen Erfassung des Beanspruchungszustandes zurückzutreten hat. Man muss – fast körperlich, möchte man sagen – erspüren, was dem Bauteil bzw. Bauwerk an welcher Stelle «weh tut», erst dann lässt sich ein solcher Einfluss auch quantitativ untersuchen und ist man in der Lage, die richtigen konstruktiven und montage-technischen Entscheide zu treffen.

Einige bemerkenswerte Einzelheiten der statischen Berechnung seien herausgegriffen:

Der Transport- und Montagebeanspruchungen unterworfenen Einzelquerschnitt besitzt einen sehr geringen Torsionswiderstand, der durch Endschotten und einzelne Querschotten nur wenig über den des offenen V-förmigen Querschnitts angehoben wird. Der Schubmittelpunkt befindet sich deshalb in der Nähe des Schnittpunktes der beiden Stege und hat einen bestimmten Abstand zur Kraftlinie, die durch den Schwerpunkt geht. Die Folge sind relativ hohe Torsionsschubspannungen unter Eigengewicht. Durch den Einbau eines leichten, provisorischen, fachwerkartigen Verbandes, welcher das V an der offenen Seite zu einem geschlossenen Profil ergänzt und nach

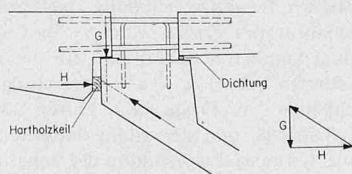


Bild 6. Anordnung der Keile zwischen Oberflansch und Fahrbahnplatte 1:25

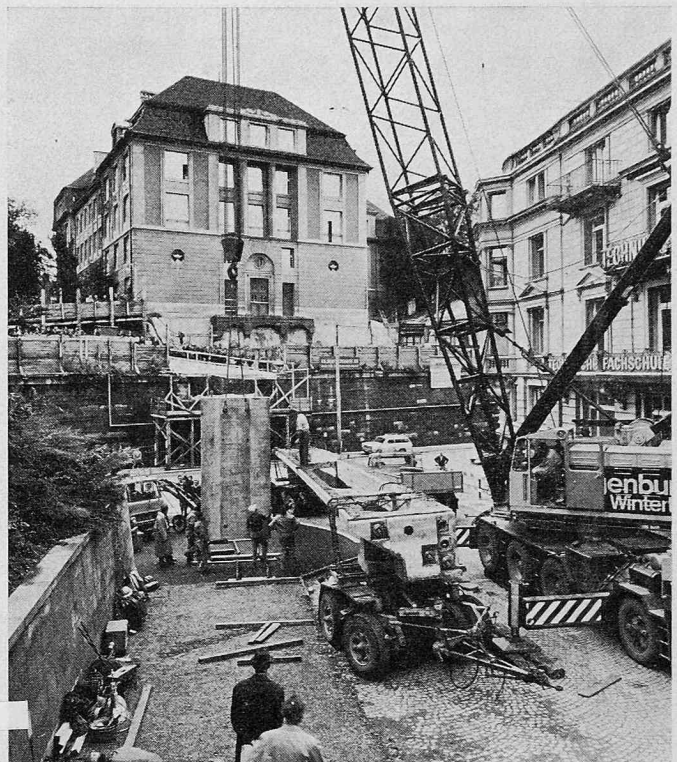


Bild 7. Versetzen der Stütze. Der erste Träger liegt bereit. Blick gegen die Töcherschule

dem Zusammenspannen der Trägerhälften entfernt werden konnte, gestalten sich die Verhältnisse wesentlich günstiger. Einmal wird der Schubmittelpunkt aus seiner extremen Lage in der unteren Ecke in Richtung des Schwerpunktes gezogen, wodurch die Torsionsmomente abnehmen. Zum andern verringert sich die Torsionsbeanspruchung wesentlich, da ein geschlossener, wenn auch über die Stablänge nicht stetig verteilter Schubfluss möglich wird.

Das Gewicht der aufgelegten Fahrbahnplatten wirkt praktisch ausschliesslich auf die äusseren Flansche der Träger. Da dieses Gewicht auch eine Komponente senkrecht zum flach geneigten Steg aufweist, würden dieser und der relativ schwache Oberflansch zwischen den Querschotten zusätzlich auf Querbiegung beansprucht. Es war deshalb auf konstruktivem Wege dafür zu sorgen, dass die eingebrachten Kräfte einigermaßen in der Stegebene wirken. Dieses wurde durch Eintreiben von Hartholzkeilen zwischen Oberflansch und Fahrbahnplatte während der Montage erreicht (Bild 6). Der Ausgussbeton in den Schlitzen über den Trägerflanschen übernimmt später deren Funktion.

Die Beanspruchungen am Einzelquerschnitt wurden unter der Annahme schiefer Haupttaxen nach den Regeln der Stabstatik bestimmt. Da durch Querschotten die Erhaltung der Querschnittsform sichergestellt und der Querschnitt einem einfachen V-Querschnitt sehr ähnlich ist, erschien eine Berechnung nach der sicher zutreffenderen Faltwerktheorie nicht erforderlich. Bei der Berechnung des Bruttoquerschnitts wurde die Wertigkeit der mit Quertugen versehenen Fahrbahnplatte zu $\frac{1}{2}$ angenommen. Dieser Wert liegt zuverlässig auf der sicheren Seite, wie auch die später beschriebene Belastungsprobe ergab.

Die unter den erwähnten Annahmen und unter Schätzung der bis zum jeweiligen Stadium aufgetretenen Schwind-, Kriech- und Relaxationsverluste berechneten Normalspannungen erreichen maximal 210 kg/cm^2 und minimal 8 kg/cm^2 . Beim Zusammenspannen der Trägerhälften war kurzfristig mit höheren Zugspannungen am unteren Rand zu rechnen, welche auf etwa 30 kg/cm^2 geschätzt wurden. Die Schubspannungen betragen maximal 45 kg/cm^2 , die Hauptzugspannungen maximal 24 kg/cm^2 . Alle diese Spannungen stehen in gutem Einklang mit der erreichten Würfeldruckfestigkeit des hochwertigen Werkbetons von über 600 kg/cm^2 nach 28 Tagen. Die Bruchsicherheit ist grösser als 2,08.

Die maximale Durchbiegung für volle Nutzlast berechnet sich unter der oben erwähnten Annahme über den mitwirkenden Querschnitt und unter Voraussetzung eines Elastizitätsmoduls von

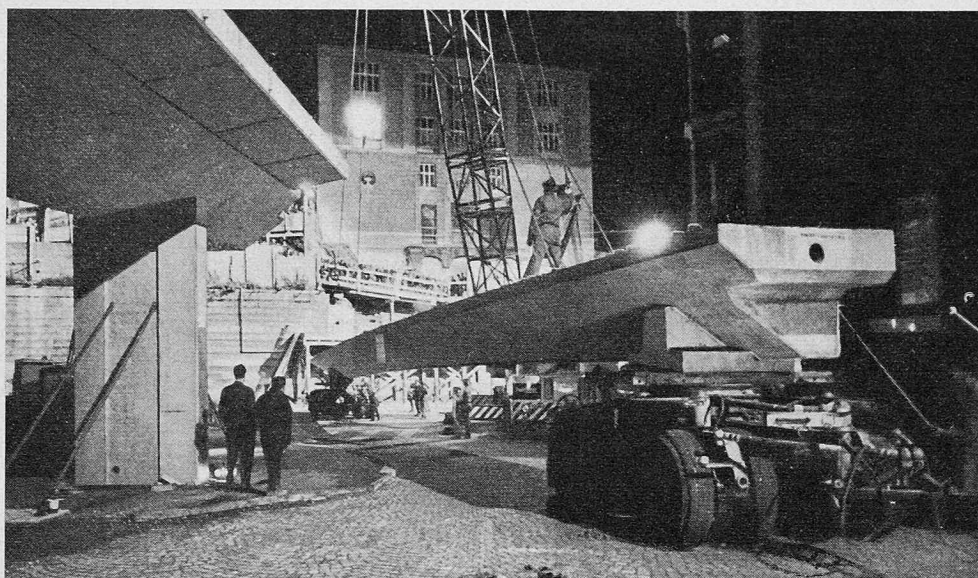


Bild 8. Antransport der ersten, die Rämistrasse überbrückenden Trägerhälfte

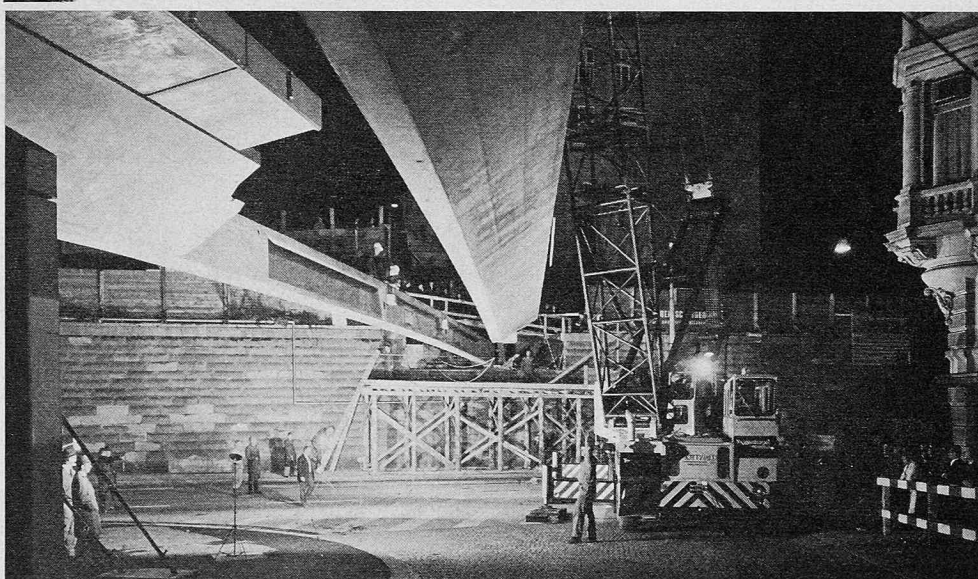


Bild 9. Anfügen der zweiten Trägerhälfte. Die Verbindungsstellen zwischen den Trägerhälften sind deutlich erkennbar

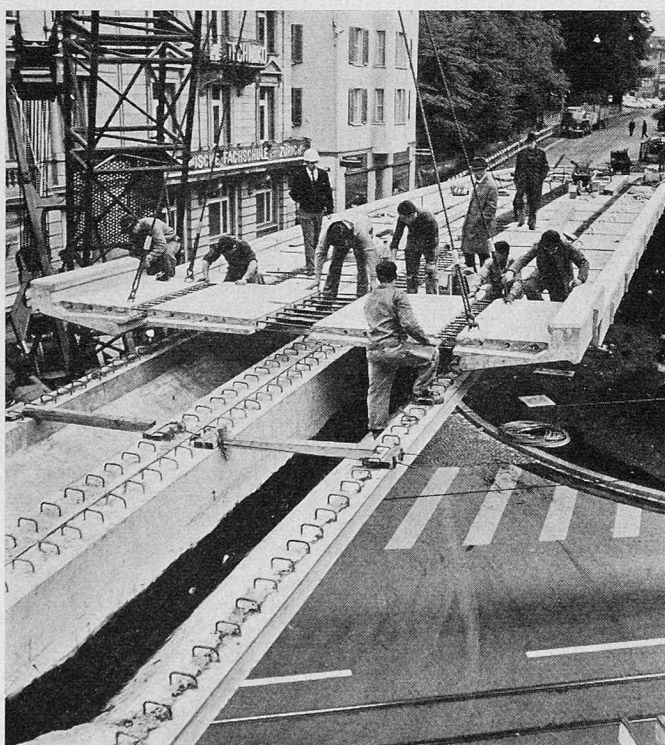


Bild 10. Auflegen der Fahrbahnplatten

$E = 420 \text{ t/cm}^2$ zu 3,2 cm entsprechend einem Tausendstel der Spannweite. Die Eigenfrequenz der unbelasteten Brücke beträgt etwa 2 Schwingungen pro s.

Die Zwischenstütze wurde ihrer verkehrstechnisch exponierten Stellung wegen auf Anprall-Lasten bemessen. Bei einer statisch wirkenden Ersatzlast von 120 t in 1,20 m Höhe über Strassenniveau besteht noch eine 1,3fache Bruchsicherheit. Bei den Leitplanken ergab die Bemessung auf eine massgebende Stosskomponente von 4 t ebenfalls auch im ungünstigsten Fall noch eine Bruchsicherheit von 1,3.

Herstellung der Elemente

Die Herstellung der Brückenfertigteile im Vorfabrikationswerk Frick (AG) der *Stahlton AG*, Zürich, begann im Mai 1966 und wurde kurz vor Beginn der Montage beendet. Sie dauerte gut drei Monate. Während die Herstellung der schlaff armierten Fahrbahnplatten und der Stütze keine besonderen Probleme aufwarf, stellte die Fabrikation der langen, feingliedrigen, im Aufriss gekrümmten, im Querschnitt unsymmetrischen V-Träger hohe Anforderungen an alle Beteiligten. Die Stegärken lagen an der unteren Grenze des ausführungstechnisch Möglichen. An Verdichtung mit Tauchrüttlern war nicht zu denken, sondern die ganze Schalung musste mittels sorgfältig platzierter Ausenvibratoren erregt werden. Dies stellte ebenfalls hohe Anforderungen an den Schalungsbau, für den als Baustoff aus wirtschaftlichen Gründen nur Holz – an den Sichtflächen mit Kunststoffplatten beschichtet – in Frage kam. Durch überlegte Wahl der Herstellungsreihenfolge und der Abmessungen der innern Rinnenschalung war eine vierfache Verwendung der Schalung möglich.

Bild 11 (links). Detail beim Widerlager Hirschengraben

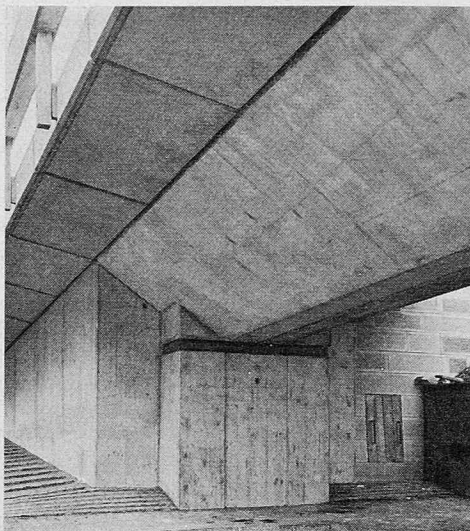


Bild 12 (rechts). Zwischenstütze mit Gerbergelenk

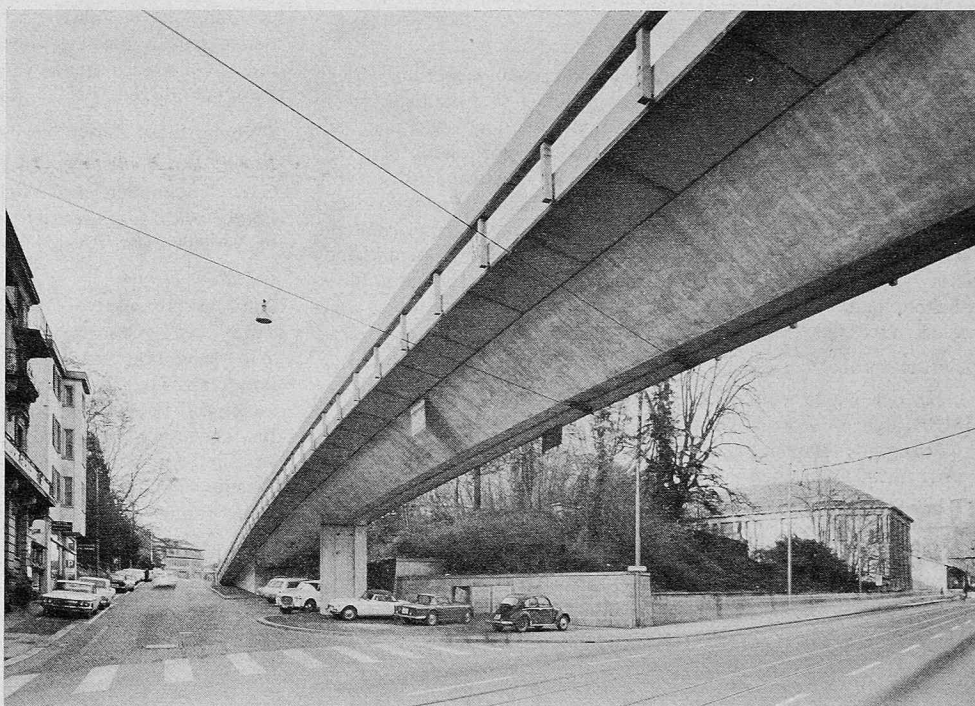
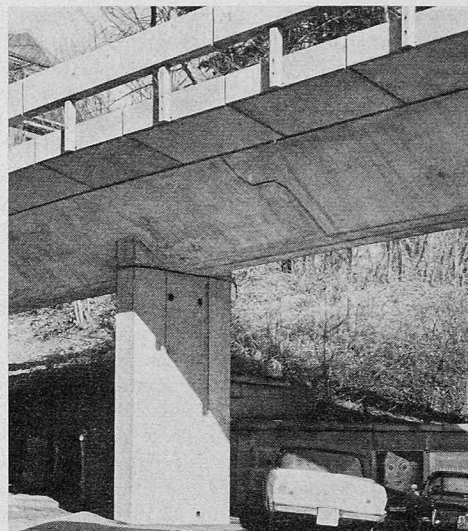


Bild 13. Fertige Brücke. Blick gegen Hirschengraben

Die Festigkeiten des für die V-Träger verwendeten Betons wurden speziell überwacht und ergaben ausserordentlich hohe und gleichmässige Ergebnisse. Für jeden Träger wurden 9 Würfel angefertigt und nach 28 Tagen geprüft. Die mittlere Festigkeit dieser in einem Zeitraum von zwei Monaten hergestellten 36 Würfel betrug 619 kg/cm^2 bei einer Standardabweichung von $\pm 3,5\%$. Die ermittelte Mindestfestigkeit lag bei 577 kg/cm^2 , der Maximalwert bei 667 kg/cm^2 . Die Auswertung der statistischen Prüfung des für alle übrigen Elemente verwendeten Betons ergab eine mittlere Festigkeit von 609 kg/cm^2 bei einer Standardabweichung von $\pm 4,1\%$. Die seit Jahren kontrollierte, unverändert hohe und gleichmässige Festigkeit des Werkbetons gestattete die Annahme hoher zulässiger Spannungen und hat deshalb nicht wenig zur Verwirklichung der schlanken Form der Brücke beigetragen.

Verarbeitet wurden für die V-Träger insgesamt 67 m^3 Spezialbeton, $9,70 \text{ t}$ Betonstahl II und $5,75 \text{ t}$ Vorspannstahl; für Fahrbahnplatten, Stütze und Leitplanken insgesamt 87 m^3 Spezialbeton und $18,00 \text{ t}$ Betonstahl II. Die Leitplanken-Stützen wurden einschliesslich den in die Platte einbetonierten Anschlussstücken aus St. 37 angefertigt; der Materialbedarf hierfür betrug $7,00 \text{ t}$.

Montage der Elemente

Nach einer bis in die letzte Einzelheit gehenden Vorbereitung fand die Montage am 22. August 1966 und in der darauffolgenden Nacht unter starker Anteilnahme der Öffentlichkeit statt. Zur Verfügung stand ein luftbereifter Kran mit 100 t Tragkraft und über 100 t Ei-

gengewicht, dessen Standorte sorgfältig auf die knapp unter der Strassendecke liegenden zahlreichen Leitungskanäle und den mit geringer Überdeckung unter der Baustelle durchführenden SBB-Tunnel Stadelhofen-Letten festzulegen waren (Bild 1). Die Montageequipe setzte sich aus 7 Monteuren für die eigentlichen Montagearbeiten und aus 4 Monteuren für die Vorspannarbeiten zusammen. Die Montage begann um 10 h morgens mit dem Versetzen der Fahrbahnplatten der Rampe auf die vorbereiteten Ortbetonwände. Sodann folgte das Stellen und genaue Ausrichten der Zwischenstütze (Bild 7). In den ersten Nachmittagsstunden traf das 23 m lange Trägerpaar auf zwei Spezial-Lastzügen auf der Baustelle ein. Die je 37 t schweren Elemente wurden an ihren Platz gehoben und miteinander verbunden. Nach dem Aufsetzen der ersten 11 Fahrbahnplatten der eigentlichen Brücke wurde die Montage unterbrochen.

Während diesem Montageabschnitt wurde nur der Hirschengraben für den Fahrzeugverkehr gesperrt, auf der Rämistrasse rollte der Verkehr ungehindert. Nach Mitternacht und der Durchfahrt der letzten Trams wurde auch die Rämistrasse abgesperrt. Die Montageequipe erschien nach einer sechsstündigen Ruhepause wieder auf der Baustelle. Endlich traf um 01.30 h – durch einen Reifendefekt verspätet – der ansehnliche Lastzug mit der ersten, die Rämistrasse überbrückenden Trägerhälfte ein, ein Erlebnis selbst für diejenigen, die sich wochenlang mit den Trägern befasst hatten (Bild 8).

Mit vier Drahtseilstruppen wurde der Träger vom Lastzug abgehoben und – dirigiert durch knappe Zeichen des Chefmonteurs

an den Kranführer – mit erstaunlicher Schnelligkeit und Präzision in die vorgesehene Position gebracht. Nach dem Versetzen des zweiten Trägers (Bild 9) begann die Arbeit des Zusammenziehens und Verbindens der beiden Trägerhälften, wobei durch exakte Aufeinanderfolge der verschiedenen Spannvorgänge eine Überbeanspruchung einzelner Tragwerksteile zu vermeiden war. Unterdessen wurde bereits die Montage der Fahrbahnplatten in Angriff genommen.

«Um 05.34 h» – die Verfasser erlauben sich, die Tagespresse zu zitieren – «kam das erste Tram pünktlich vom Bellevue her. Noch fehlten sechs Fahrbahnplatten auf den beiden Trägern (Bild 10). Doch man konnte weiterarbeiten, denn die Hüter der Ordnung hatten die Weisung erhalten, die Strasse erst für den Verkehr freizugeben, wenn die Brücke vollendet sei. Der Tramführer fuhr seinen «Fünfer» nur vorsichtig näher; er traute seinen Augen wohl noch nicht so recht. Verwundert rieb sich ein Herr den Schlaf aus seinen Augen; aber er sah richtig: über die Rämistrasse spannte sich in fließend weicher Wölbung eine Brücke. Um 06.25 h plazierte man die letzte Platte. Keine 24 Stunden waren seit Arbeitsbeginn verstrichen, die reine Montagearbeit hatte sogar nur etwa 13 Stunden beansprucht.» In dieser Zeit wurden insgesamt 42 Elemente mit einem Gesamtgewicht von 360 t versetzt, eine Leistung, die nur bei äusserster zeitlicher und technischer Präzision aller Arbeiten möglich ist.

Fertigstellungsarbeiten

In den folgenden Tagen wurde die Brückenentwässerung verlegt, die Fugen zwischen den Elementen abgedichtet und die Schlütze mit hochwertigem Beton ausgegossen. Anschliessend erfolgte das Aufbringen der letzten Vorspannetappe, welche vor allem über der Zwischenstütze die nötige Überdrückung der Zugzone besorgte. Sodann wurden die Lager untergossen, die Fahrbahnübergänge versetzt und die Leitplankenpfosten montiert. Im Verlaufe einer weiteren Nacht erfolgte die Montage der Beton-Leitplanken mit einem kleinen Kran von der bereits voll tragfähigen Brücke aus. Anschlussarbeiten, Isolierung und Belagsarbeiten konnten im Oktober abgeschlossen werden (Bild 13).

Belastungsprobe

In der Nacht vom 1. auf den 2. Dezember 1966 unterzog die EMPA, dem Normenentwurf SIA Nr. 160 (1966) entsprechend, auf Anweisung der Bauleitung die Brücke einer Belastungsprobe. Belastet wurde mit 4 Lastwagen von je 11 t Gesamtgewicht. Die bei Aufstellung aller 4 Lastwagen in der Mitte des Einhängeträgers erzeugten Beanspruchungen entsprechen etwa $\frac{3}{4}$ der rechnungsmässigen Nutzlast. Die gemessenen Durchbiegungen in Feldmitte blieben hinter den vorausgerechneten zurück und betrugen nur etwa 75% der letzteren,

was auf die in der Rechnung zu vorsichtig angesetzte Mitwirkung der Druckplatte zurückzuführen ist. Rechnet man mit der vollen Mitwirkung der Fahrbahnplatte, mindestens für Verkehrslasten, so ergibt sich eine praktisch vollständige Übereinstimmung zwischen Messung und Rechnung.

Eine Aufstellung zweier Lastwagen hintereinander auf einer Fahrbahn führte zu einer kleinen Torsionsbewegung der ganzen Brückenkonstruktion, und zwar war die Durchbiegung des Fahrbahnrandes der belasteten Seite um 3 mm grösser als die der unbelasteten. Eine rechnerische Erfassung der Torsionsverformungen des vollständigen Querschnittes erfolgte nicht. Immerhin geben die gemessenen Werte zu keinen Bedenken Anlass.

Anschliessend durchgeführte Fahr- und Sprungversuche liessen das dynamische Verhalten der Brücke erkennen. Die Eigenfrequenz der Brücke stimmt recht genau mit dem vorausgerechneten Wert überein. Die Dämpfung der angefachten Schwingungen lag infolge der vollkommen rissfreien, homogen wirkenden Brückenkonstruktion im Rahmen des üblichen. Eine Untersuchung der ganzen Brückenkonstruktion förderte weder Risse noch andere Unregelmässigkeiten zutage.

Schlussbemerkung

Um das Gelingen des anspruchsvollen Werks haben sich alle Beteiligten in mustergültiger Zusammenarbeit und unter Leistung ihres vollen Einsatzes verdient gemacht. Dass das Werk ohne Zwischenfall gelungen ist, dafür ist allen zu danken.

Bauherr: Stadt Zürich, vertreten durch das Hochbauamt

Projekt und Bauleitung:

G. & C. Schindler, dipl. Arch. und dipl. Ing., Zürich, und Seiler & Barbe, dipl. Ing., Zürich (Arbeitsgemeinschaft für unterirdische Parkanlagen «AUPA»)

Beteiligte Firmen:

Statisch-konstruktive Detailbearbeitung, Herstellung und Montage der Brücke: Stahlton AG, Zürich

Widerlager und Vergussarbeiten: Theodor Bertschinger AG, Zürich

Pneukran: Toggenburger, Winterthur

Lager und Fahrbahnübergänge: Proceq SA, Zürich

Brückenentwässerung: E. Lips, Zürich

Leitplankenpfosten: A. Gubler, Zürich

Fugenisolierung: Isotech AG, Zürich

Isolierung und Belag: Walo Bertschinger, Zürich

Adresse der Verfasser: Stahlton AG, Riesbachstrasse 57, 8034 Zürich, Postfach.

Güterzusammenlegung und Planung

Hierzu Tafeln 7 bis 10

DK 631.12:711.3

Agrarstrukturverbesserung ist zu einem Schlagwort geworden. Wenn etwas verbessert werden soll, muss es offenbar Fehler aufweisen. In der Tat ist nicht zu leugnen, dass weitherum und beileibe nicht nur in der Schweiz Verschiedenes nicht nur verbesserungsfähig, sondern dringend verbesserungsbedürftig ist. Wenn der Landwirt unter bestmöglichen Bedingungen arbeiten und produzieren sowie dadurch sein Einkommen erhöhen oder seine Produkte zu angemessenen Preisen abgeben soll, muss sein Instrument entsprechend gestaltet sein. Dieses Instrument ist allem voran der Boden als Grundlage jeglicher landwirtschaftlicher Erzeugung. Er steht nicht unbegrenzt zur Verfügung und verliert wegen seiner Unentbehrlichkeit für viele nicht landwirtschaftliche Zwecke laufend an Substanz. Um so wichtiger ist es, ihn für die bäuerliche Nutzung in optimaler Form zur Verfügung zu haben.

Unter den Mängeln des Bodens, aus der Sicht des Landwirts beurteilt, stechen neben der für viele Gegenden der Schweiz leider feststellbaren zu geringen Betriebsgrösse vor allem die schlechte Erschliessung und die grosse Zerstückelung hervor. Den Betriebsgrössenproblemen ist mit heutigen Mitteln praktisch kaum beizukommen. Hingegen bietet sich zur Ausschaltung der beiden andern Hauptmängel ein bewährtes Mittel an: Die Güterzusammenlegung. Sie darf mit Fug und Recht als bedeutendster Beitrag des Meliorationswesens zur Agrarstrukturverbesserung bezeichnet werden. Ihre Hauptziele sind die Schaffung eines ausreichenden Wegnetzes und einer Flureinteilung, welche bestmögliche Voraussetzungen für neuzeitliche Bewirtschaftungsmethoden ergibt. Weil tunlichst grosse, regelmässig geformte Grundstücke in optimaler Lage zum Hofe

rationellste Betriebsführung erlauben, bildet eine entsprechende Neuordnung des Grundeigentums einen hervorragenden Zweck der Güterzusammenlegung. Diese Massnahme wird in einzelnen Landesgegenden auch Güterregulierung, in der Westschweiz remaniement parcellaire, in Deutschland Flurbereinigung genannt. Sie bildet mit andern Meliorationsmassnahmen Gegenstand der staatlichen Landwirtschaftsförderung.

Die Bedeutung der Güterzusammenlegung führte vor einigen Jahren zur Schaffung einer eigenen Professur an der Eidg. Technischen Hochschule, bezeichnet als Lehrstuhl für Kulturtechnik, insbesondere kulturtechnische Planung (das Wort Kulturtechnik für das Fremdwort Meliorationswesen entstammt dem deutschen Sprachbereich). Im Bestreben, über die Ausbildung der Studierenden hinaus einem weitem Kreise wieder einmal die Gesamtschau und die aktuellen Probleme der Güterzusammenlegung eindringlich vor Augen zu führen, veranstaltete der Lehrstuhl (Prof. E. Tanner) [5] einen Vortragskurs. Im Zentrum der Ausführungen namhafter Referenten standen dabei das komplexe Problem des Bodenrechtes und der Einsatz der Zusammenlegungsmassnahmen zur Lösung von Entwicklungsaufgaben im ländlichen Raum.

Ein erster Vortrag (Prof. E. Tanner, ETH) umriss die *Hauptaspekte der Güterzusammenlegung in Holland, Frankreich und in andern europäischen Ländern* (Tafel 7). Voraus gilt für die verschiedensten Länder, dass die Güterzusammenlegung

— als wirkungsvollste und zugleich nachhaltigste Massnahme zur Verbesserung der Produktionsgrundlagen in der Landwirtschaft