

# Rheinbrücke Diepoldsau: die Schrägkabel

Autor(en): **Bacchetta, Aldo / Rüst, Markus**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **103 (1985)**

Heft 35

PDF erstellt am: **26.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-75870>

## **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.

ren Wahl. Zwei Projekte aus der dritten Runde wurden zusätzlich nachträglich in die engere Wahl einbezogen.

1. Preis (20 000 Fr. mit Antrag zur Weiterbearbeitung): Atelier WW, W. Wäschle + U. + R. Wüst, Zürich; energietechnische Beratung: Grünberg + Partner AG, E. Schadegg

2. Preis (15 000 Fr.): Georg Gisel, Zürich; energietechnische Beratung: Karl Bösch AG, Unterengstringen

3. Preis (12 000 Fr.): Willy Kladler, Zürich; Mitarbeiter: Christian Wegenstein

4. Preis (10 000 Fr.): Claude Paillard, in Firma Paillard, Leemann und Partner, Zürich; Mitarbeiter: Peter Dutli, Pavel Kasik

5. Preis (9000 Fr.): Rudolf + Esther Guyer, Zürich

6. Preis (7000 Fr.): Niklaus M. Hajnos, Zürich

7. Preis (6000 Fr.): Ueli Keller, Zürich

8. Preis (5000 Fr.): Max Baumann & Georges J. Frey, Zürich; Berater für Energiekonzept: Paul Wiedmer, Effical AG, Stäfa

9. Preis (4000 Fr.): Norbert de Biasio & Tomaso Zanon, Zürich; Markus Scherrer, Zürich; Beratung Energie- und Haustechnik: Künzle + Partner, Luzern; Baustatik: Roger Bacciarini, Lugano; Bildende Kunst: Hans Hunold, Zürich

10. Rang: Andreas Hanck, Zürich

11. Rang: Paul Steger; Mitarbeiter: Ali Ipekoglu

Ankauf (6000 Fr.): Vivere Urbane, Zürich; Energieberatung: Bau-Engineering AG, Zürich

Ankauf (6000 Fr.): Max Keller Office, Zürich; energietechnische Beratung: Urs Gubler, Zürich

Das mit dem 1. Preis ausgezeichnete Projekt weist hohe Qualitäten in städtebaulicher, architektonischer, betrieblicher und energetischer Hinsicht auf. Es stellt eine für eine Weiterentwicklung der Bauaufgabe vielversprechende, unkonventionelle Lösung dar.

### Aus den Schlussfolgerungen des Preisgerichtes

Der Wettbewerb hat gezeigt, dass die Aufgabe wegen zahlreicher Bedingungen besonders anspruchsvoll war, insbesondere was die Form, Grösse und Lage des Grundstücks anbetrifft. Die grosse Vielfalt und das generell gute Niveau der Lösungen ist erfreulich.

Das Grundstück stellt mit seiner Dreiecksform eine typische Restparzelle dar und suggeriert keine eindeutige Bezugnahme auf markante städtebauliche Elemente. Von der Situation her drängt sich eine monumentale Dominante nicht auf. Es erscheint städtebaulich sinnvoller, wenn das Gebäude

EWZ sich als Teil einer «Abschlussfront», welche durch die bestehende Wohnbebauung und dem Tramdepot gebildet wird, einfügt.

Der Wettbewerb hat gezeigt, dass auch aus betrieblicher Sicht niedrige Gebäude mit grossen zusammenhängenden Geschossflächen vorteilhaft sind. Die Qualitäten des Baues können sich nicht spektakulär nach aussen manifestieren, sondern sind zu finden einerseits im subtilen Eingehen auf die unmittelbare Nachbarschaft und andererseits in der Schaffung eines erfreulichen Arbeitsklimas im Innern.

Im Bereich Energiehaushalt haben die Wettbewerbsteilnehmer unterschiedlich reagiert. Bei einigen Projekten wurde auf jede Erläuterung der energetischen Belange verzichtet. Viele Teilnehmer haben sich auf konventionelle energetische Massnahmen beschränkt, wobei z.T. nachgewiesen wurde, dass auch so ein niedriger Energieverbrauch erreicht werden kann. Verschiedene Projekte sind – mehr oder weniger kompromisslos – auf die passive Sonneneenergienutzung ausgerichtet. Interessante Lösungen ergaben sich aus der Kombination der Problembereiche Lärm-schutz/Belichtung/Energiehaushalt.

Gesamthaft darf festgestellt werden, dass durch die energetischen Anforderungen der Wettbewerb und die daraus hervorgegangenen Projektvorschläge wesentlich bereichert wurden.

## Rheinbrücke Diepoldsau

### Die Schrägkabel

Von Aldo Bacchetta und Markus Rüst

Die alte, 1912 bis 1914 erstellte Stahlfachwerkbrücke über den Rhein bei Diepoldsau SG weist vor allem in der Fahrbahnkonstruktion so grosse Schäden auf, dass eine Sanierung unter Verkehr nicht mehr wirtschaftlich gewesen wäre.

Nach eingehenden Studien und Vergleichen hat sich der Kanton St. Gallen für eine moderne Schrägseilbrücke entschieden. Der vorliegende Aufsatz berichtet über Bemessung und Technologie der Schrägkabel an diesem Objekt.

### Chronik des Planungs- und Bauablaufs

Die Ausschreibung zur Submission erfolgte im Dezember 1982. Zur Erlangung wirtschaftlicher Lösungen waren Unternehmervarianten ausdrücklich erwünscht.

Der Auftrag für die Ausführung der Brücke ging im Juli 1983 an die Arbeitsgemeinschaft Rheinbrücke Diepoldsau; diese besteht aus der Unternehmerngemeinschaft Huag AG Diepoldsau/Köppel-Vogel AG Widnau/L. Gantenbein AG Werdenberg/Preiswerk AG Zürich und der Ingenieurgemeinschaft D.J. Bänziger + A.J. Köp-

pel, Buchs SG/Dr. R. Walther + H. Mory, Basel. Der Baubeginn für den Rohbau erfolgte im Oktober 1983, der Fugenschluss der im Freivorbau erstellten Mittelöffnung im Herbst 1984. Die Fertigstellungsarbeiten wurden auf das Frühjahr 1985 verschoben. Die offizielle Eröffnung ist auf den 30. August 1985 festgelegt.

Über den vorgesehenen Belastungsversuch wird zu einem späteren Zeitpunkt ausführlich berichtet.

### Konzept der Brücke

Bei der Rheinbrücke Diepoldsau wurde erstmals eine Vielseillösung mit einem Plattenquerschnitt als Fahrbahnplatte für die Strassenbrücke gewählt (Bilder 1-4). Diese Weiterentwicklung für kleine und mittlere Spannweiten ist gegenüber Lösungen mit wenigen Schrägkabeln und Versteifungsträgern wirtschaftlich. Der relativ weiche Brückenüberbau hat den Vorteil, beträchtliche

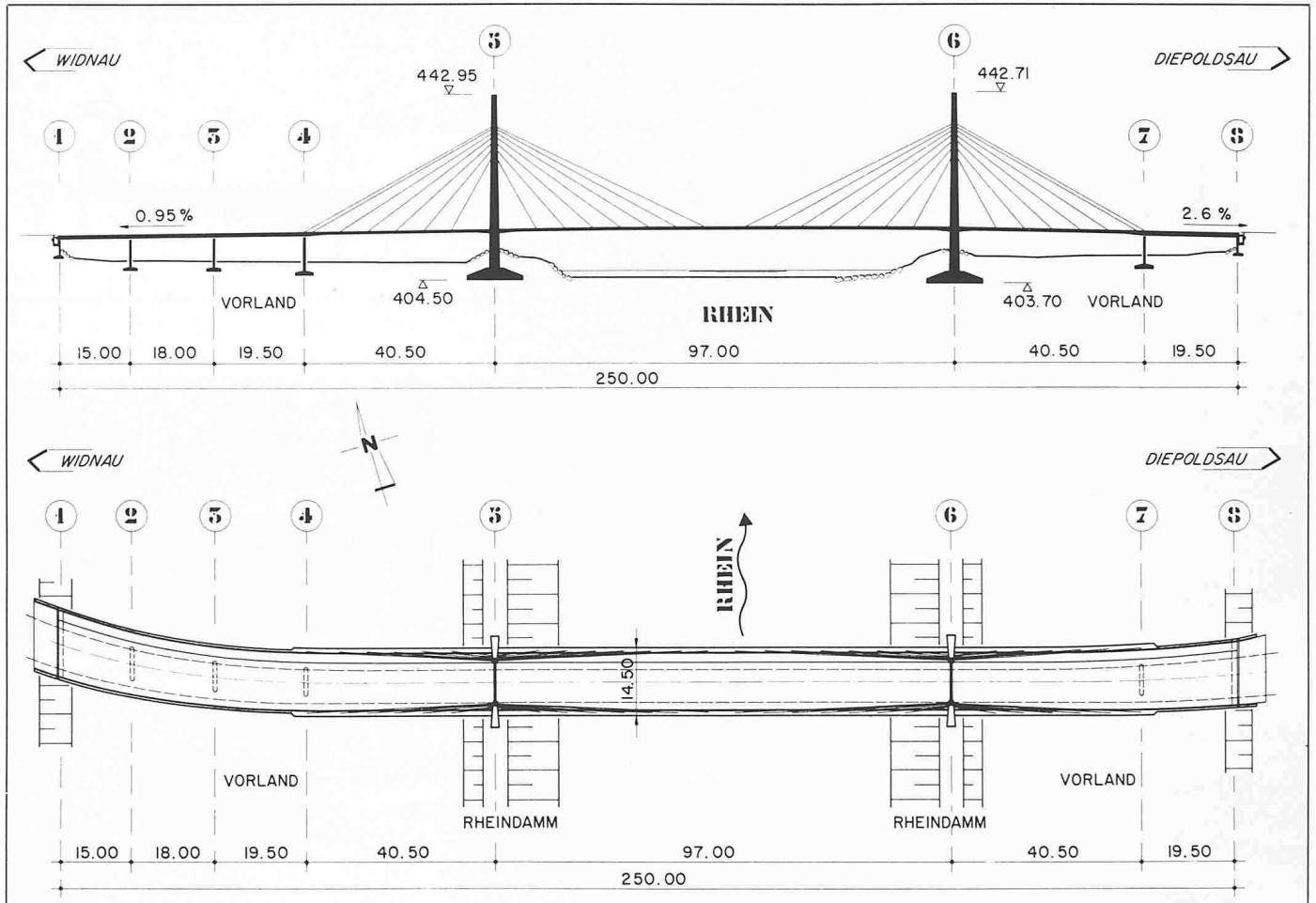


Bild 1. Längsschnitt und Grundriss

Setzungsdifferenzen ohne grosse Zwängungen aufzunehmen. Bei den vorliegenden Baugrundverhältnissen trägt dies erheblich zur Wirtschaftlichkeit der Pfeiler- und Pylonfundation bei [1].

### Dimensionierung der Schrägkabel

Bei einer Vielseilbrücke mit weicher Fahrbahnplatte ist die Vordimensionierung der Schrägkabel einfach. Jedes Kabel stellt für die Fahrbahnplatte im wesentlichen ein Auflager dar, so dass die maximalen Kabelkräfte in den Feldern mit

$$N_{max} = \frac{1}{\sin \alpha} [(g + q) l + Q]$$

vordimensioniert werden können (Bild 5). Auch für die Rückhalte-kabel (Nr. 55 und 56 in Bild 6) können Verbesserungswerte auf der sicheren Seite an einem einfachen, statisch bestimmten Grundsystem ermittelt werden [3]. Dann ist aber schon im Vorprojekt eine genauere Berechnung notwendig, handelt es sich doch bei Berücksichtigung von Seil-, Pylon- und Fahrbahnsteifigkeiten um ein hochgradig statisch unbestimmtes, im Prinzip nichtlineares Sy-

stem. Eine Übersicht über die Berechnung und die verwendeten Computerprogramme wurde in [1] gegeben.

Die Seilverspannung der Brücke besteht aus BBRV-DINA-Paralleldrahtkabeln mit je 37 bis 77 Drähten  $\varnothing 7$  mm, entsprechend den Seillasten von 1100 bis 2250 kN pro Kabel (Tabelle 1).

Der Elastizitätsmodul der BBRV-Kabel beträgt 205 kN/mm<sup>2</sup>. Der hohe, konstante Modul ohne Einfluss von Seil-reck- oder Hystereseeigenschaften ist ein Vorteil von Paralleldrahtkabeln. Bei den hier vorliegenden Grössenverhältnissen bleibt auch der Seildurchhang ohne Einfluss auf die Seilsteifigkeit [4].

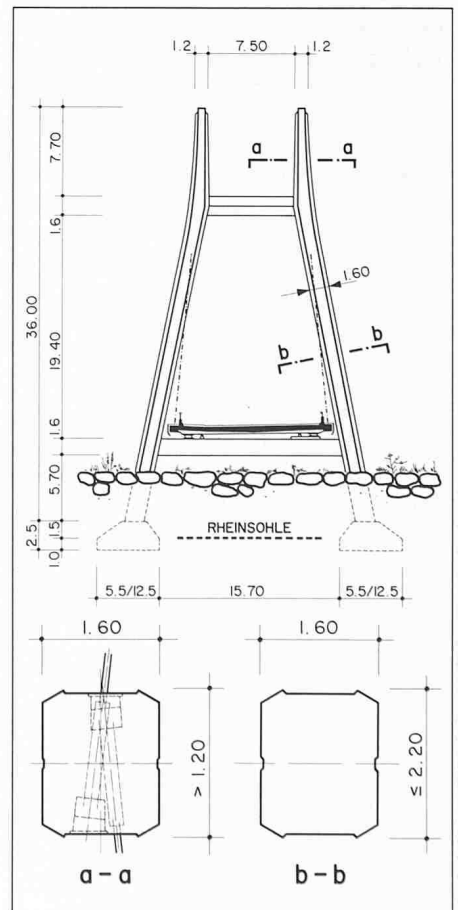
In Anlehnung an die DIN 1073 [5] wurden die zulässigen Spannungen für Haupt- bzw. Haupt- und Zusatzlasten in den Schrägkabeln wie folgt angesetzt:

$$\sigma_{max}^H \leq 0,45 \beta_N = 765 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{max}^{H+2} \leq 0,50 \beta_N = 850 \text{ N/mm}^2$$

Beim Dauerfestigkeitsnachweis schreibt DIN 1073 die Ermittlung der ermüdungswirksamen Spannungsamplituden unter 50% der Nutzlasten vor. Für Paralleldrahtkabel mit entsprechendem Gütenachweis beträgt die zu-

Bild 2. Betonpylon, Ansicht und Querschnitt



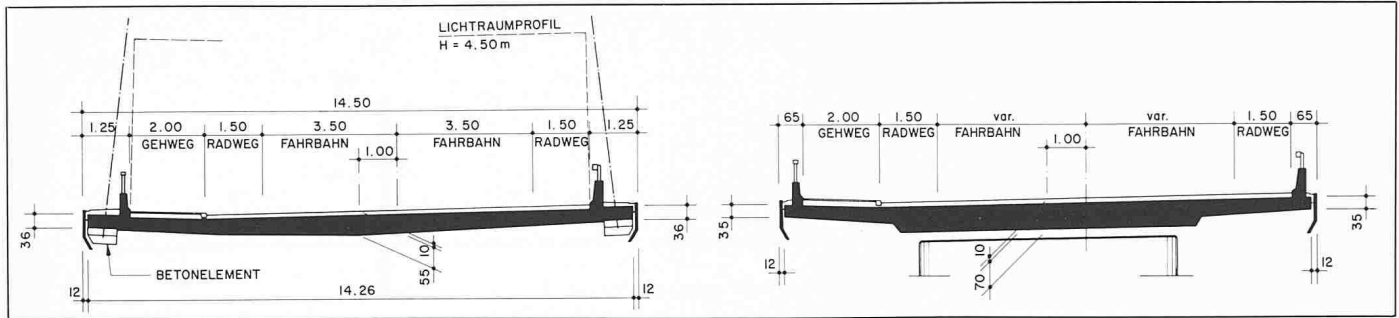
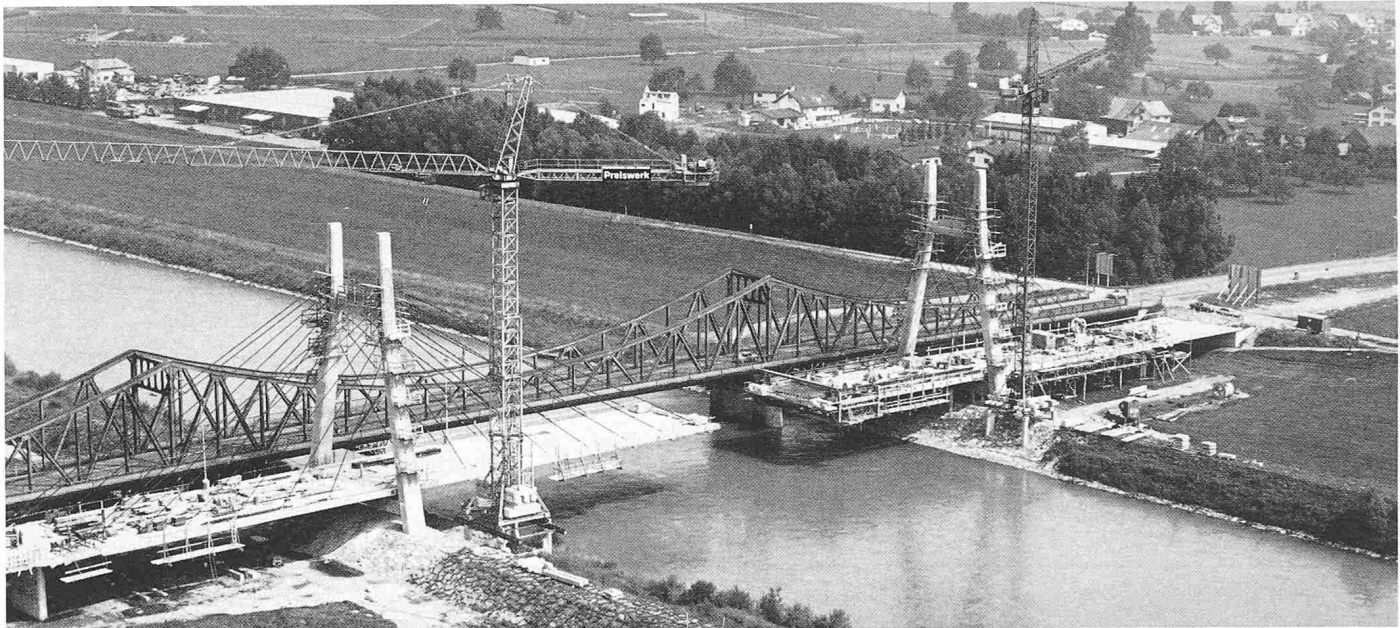


Bild 3. links Flussquerschnitt, rechts Vorlandquerschnitt

Bild 4. Flugaufnahme August 1984 (Comet)



lässige Schwingbreite 200 N/mm<sup>2</sup> bei einer Oberspannung in Höhe der statisch zulässigen Spannung und 250 N/mm<sup>2</sup> bei Ursprungsbelastung. Zwischen diesen Grenzen ist in Funktion der Oberspannung linear zu interpolieren (Bild 7). Diese Regelung kann – für die Bemessung expliziter – dargestellt werden als zulässige Oberspannung in Funktion des Spannungsverhältnisses  $\kappa = \sigma_w / \sigma_0$  (Bild 8)

$$\text{zul } \sigma_0 = \frac{250}{1 - \frac{\beta_N - 555.5}{\beta_N - 444.4} \kappa} \leq 0,45 \beta_N$$

Ein Blick auf die Resultate der statischen Berechnung (Tabelle 1) zeigt,

dass dank der hohen Ermüdungsfestigkeit der BBRV-DINA-Paralleldrahtkabel die Dauerfestigkeitsnachweise im vorliegenden Fall nicht massgebend werden.

### Paralleldrahtkabel

Die eingesetzten Schrägkabel bestehen aus je 2 BBRV-DINA-Verankerungen und einem Bündel von sorgfältig in parallele Lage gekämmten, hochermüdungsfesten Spannstahldrähten  $\varnothing 7$  mm.

Die BBRV-DINA-Verankerungen sind

eine Weiterentwicklung des beim Spannsystem BBRV angewendeten Prinzips. Wie bei normalen BBRV-Verankerungen sind die einzelnen Drähte mit einem Stauchkopf im Ankergrundkörper verankert. Dieser wird speziell bearbeitet. Alle Hohlräume vom Stauchkopf bis zur Austrittsstelle der Drähte aus dem Grundkörper werden mit einer Epoxydmasse vergossen.

Durch diese Massnahmen wird der für die Ermüdungsfestigkeit kritische Übergang von der Verankerung zur freien Kabellänge wesentlich verbessert. Einerseits wird der direkte Kontakt zwischen Verankerungskörper und Spannstahl und damit das Gleiten von

Bild 5. Belastung zur Abschätzung der max. Kabelkraft

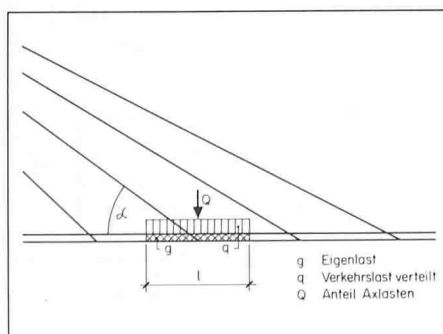
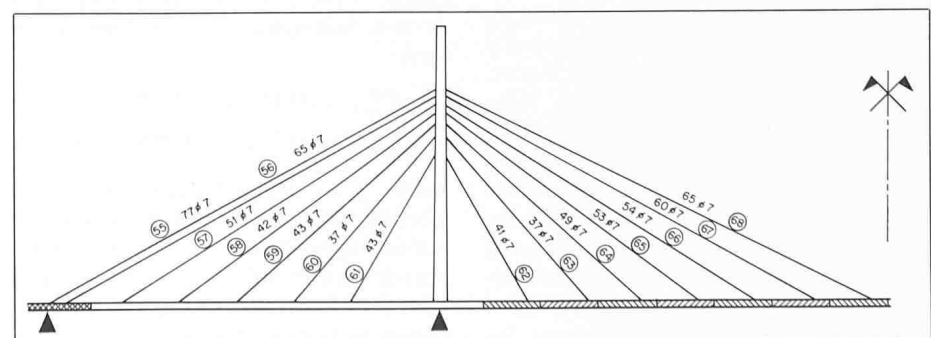


Bild 6. Anordnung und Grösse der Schrägkabel





Stahl auf Stahl ausgeschaltet. Andererseits wird der Zutritt von Sauerstoff und korrosiven Medien zur Verankerungszone verhindert.

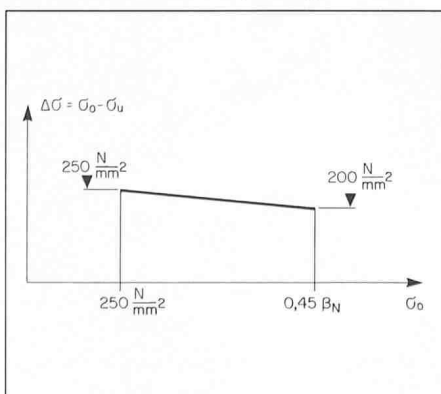
Der Schädigungsgrad von BBRV-DINA-Schräggabeln nach 2 Millionen Lastwechseln mit einer Schwingbreite von 250 N/mm<sup>2</sup> - d. h. der Bruchkraftabfall nach einem Versuch, bei dem diese Ermüdungsbeanspruchung in kurzer Zeit mit einer Oberspannung in Höhe der statisch zulässigen Spannung gefahren wird - beträgt höchstens 5%. Der Gütenachweis nach DIN 1073 erlaubt unter solchen Versuchsbedingungen einen Schädigungsgrad von 20%. Damit sind Paralleldrahtkabel mit BBRV-DINA-Verankerungen vollverschlossenen Seilen, aber auch Schräggabeln aus Litzen oder Stäben deutlich überlegen.

Am Bauwerk wird der Ankerkopf mit einer Stahlhaube abgedeckt. Kabelseitig schliesst ein Stahlrohr an den Grundkörper an. Das Kabelhüllrohr aus Hartpolyäthylen wird mit Teleskoprohren an die Endverankerungen angeschlossen. Diese werden im Stahlrohr eingegossen (Bild 9). Ein Teleskoprohr ist kürzer als die Ankertrompete und bleibt unsichtbar. Das andere Teleskoprohr ist länger als das zugehörige Trompetenrohr, damit die Verbindung Teleskoprohr-Hüllrohr auf der Baustelle hergestellt werden kann. Diese Verbindung mit Schweissung und Schrumpfmuffenabdeckung erfolgt erst, wenn die ständige Last aufgebracht ist, um Spannungen aus Dauerlasten im Hüllrohr zu vermeiden.

### Korrosionsschutz

Bei Schräggabeln für Brücken ist der Korrosionsschutz eine entscheidende Aufgabe. Die Kabel sind der Witterung ohne Betonumhüllung voll ausgesetzt. Man weiss, dass Korrosionsnarben die Ermüdungsfestigkeit erheblich herabsetzen. Deshalb müssen die Kabel im

Bild 7. Zulässige Schwingbreite für Paralleldrahtkabel in Funktion der Oberspannung



Nr.	Kabeltyp	N <sub>min</sub> <sup>H</sup> kN	N <sub>max</sub> <sup>H</sup> kN	N <sub>max</sub> <sup>H+Z</sup> kN	σ <sub>min</sub> <sup>H</sup> N/mm <sup>2</sup>	σ <sub>max</sub> <sup>H</sup> N/mm <sup>2</sup>	σ <sub>max</sub> <sup>H+Z</sup> N/mm <sup>2</sup>	Δτ <sub>fat</sub> = 1/2 (τ <sub>max</sub> <sup>H</sup> - τ <sub>min</sub> <sup>H</sup> ) N/mm <sup>2</sup>
55	2 × 77 σ 7	3015	4527	4670	509	764	788	127
56	2 × 65 σ 7	2626	3814	3909	525	762	781	118
57	2 × 51 σ 7	2923	2923	3004	564	745	765	90
58	2 × 42 σ 7	1839	2314	2387	569	716	738	73
59	2 × 43 σ 7	1842	2468	2545	557	746	769	94
60	2 × 37 σ 7	1491	2180	2243	524	765	787	120
61	2 × 43 σ 7	1673	2527	2624	505	764	793	129
62	2 × 41 σ 7	1629	2409	2516	516	764	797	124
63	2 × 37 σ 7	1380	2089	2145	485	733	755	124
64	2 × 49 σ 7	2087	2889	3023	553	765	801	106
65	2 × 53 σ 7	2168	3062	3160	531	750	775	109
66	2 × 54 σ 7	2202	3169	3268	530	762	786	116
67	2 × 60 σ 7	2330	3500	3597	505	758	779	126
68	2 × 65 σ 7	2647	3788	3880	529	757	775	114

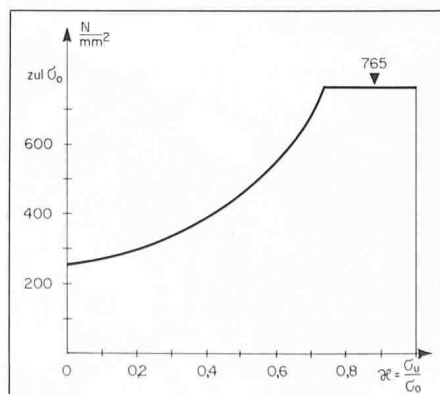
Tabelle 1. Kabel, Kräfte, Spannungen

Werk, beim Transport, während der Montage und im Gebrauch auf Dauer zuverlässig vor Korrosion geschützt werden.

Dieser Schutz beginnt mit der Wahl des Drahtmaterials. Versuche haben gezeigt, dass kaltgezogene patentierte Drähte an sich relativ wenig korrosionsanfällig sind. Der temporäre Korrosionsschutz der BBRV-DINA-Kabel für Transport und Montage wird hergestellt durch Ölen der Einzeldrähte mit einem speziell formulierten, mineralischen Öl sowie durch Schützen des geöhlten Drahtbündels mit dem flexiblen, dichten Hart-PE-Hüllrohr.

Der Korrosionsschutz der Schräggabel wird abgeschlossen durch eine Injektion des Hohlraums zwischen PE-Hüllrohr und Drahtbündel mit kunststoffvergütetem Zementmörtel. Die allseitig ausreichende Überdeckung des Drahtbündels sichert eine spiralförmig darum gewickelte Distanzhalterlitze. Die individuelle Umhüllung jedes Einzeldrahtes mit Zementmörtel gewährleistet den vom Beton bekannten, aktiven Korrosionsschutz des Stahls durch alkalische Passivierung. Das dichte PE-Hüllrohr verhindert eine Karbonatisierung des Mörtels. Das dreistufige Schutzsystem Ölfilm/Zementmörtel/PE-Rohr bleibt jahrzehntelang absolut

Bild 8. Zulässige Oberspannung für Paralleldrahtkabel in Funktion des Spannungsverhältnisses



zuverlässig. Für BBRV-Schräggabel wurde es erstmals beim Schillersteg in Stuttgart (1961) eingesetzt. Kontrollen an diesem Objekt haben gezeigt, dass der Zementmörtel einen pH-Wert über 10 beibehält und dass die Drähte völlig frei von Rost bleiben. Zusammen mit einem analogen, mehrstufigen Schutz der Verankerungsteile liegt somit ein auf Dauer zuverlässig korrosionsschutztes System vor.

Adresse der Verfasser: A. Bacchetta, dipl. Ing. ETH/SIA/ASIC, c/o Ingenieurbüro D.J. Bänziger + Partner, Engimattstrasse 11, 8027 Zürich, und M. Rüst, dipl. Ing. ETH/SIA, c/o Stahlton AG, St. Jakob-Strasse 87, 9008 St. Gallen.

### Literatur

- [1] Köppel, A.J., und Bacchetta, A.: «Rheinbrücke Diepoldsau», SIA 40/1984
- [2] Walther, R.: «Ponts haubanés», Autographie IBAP, EPFL
- [3] Gimsing, Niels J.: «Cable Supported Bridges», John Wiley & Sons, 1983
- [4] Ernst, H.J.: «Der E-Modul von Seilen unter Berücksichtigung des Durchhanges», Der Bauingenieur 40 (1965), S. 52-55
- [5] DIN 1073 «Stählerne Strassenbrücken», Berechnungsgrundlagen mit Beiblatt zu Abschnitt 6.5 (Juli 1974), Beuth-Vertrieb GmbH, Berlin 30 und Köln 1

Bild 9. Seilkopf

