



A28a Prättigauerstrasse, Umfahrung Klosters:

Sunnibergbrücke fertiggestellt

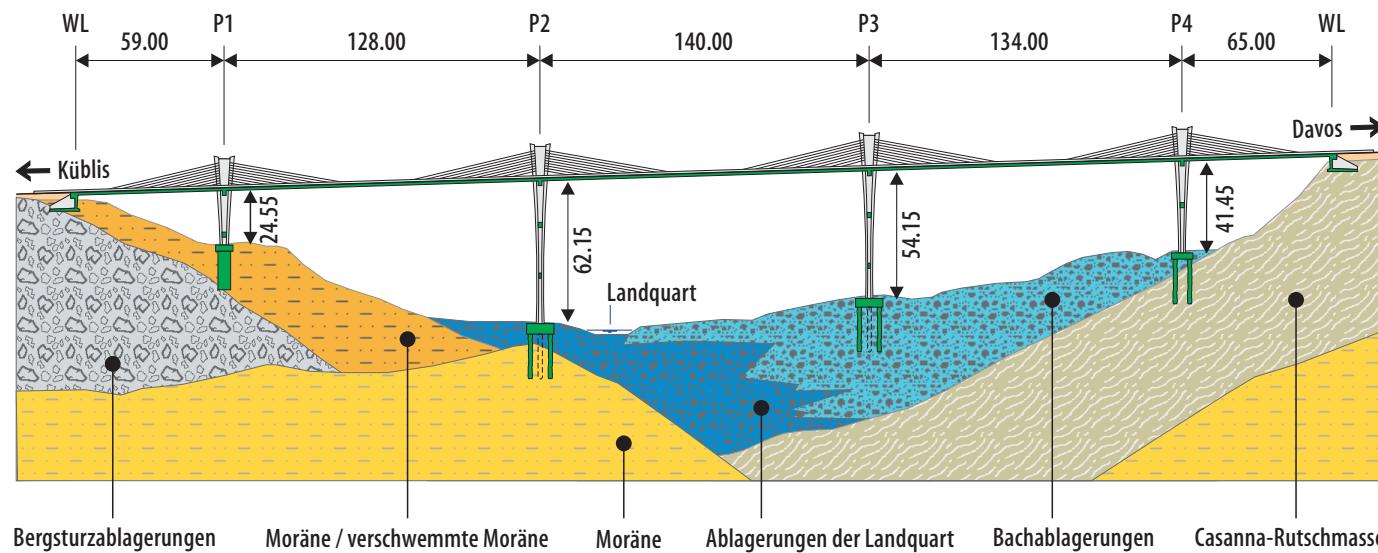
Nach nur knapp 2½ Jahren Bauzeit ist das markanteste Bauwerk der Umfahrung Klosters, die Sunnibergbrücke vollendet und kann dem Verkehr übergeben werden, wenn auch für die nächsten Jahre erst dem Bauverkehr. Alle Beteiligten, vom planenden Ingenieur bis zum Eisenleger auf dem luftigen Vorbaugerüst können stolz auf dieses Werk sein. Wohl selten sind 8500 m³ Beton so schwere los über ein Tal gespannt worden. Die Anwohner wie auch die vielen Baustellenbesucher aus der ganzen Welt sind überwältigt von der Leichtigkeit und Eleganz der Sunnibergbrücke.

Die Brücke überquert das Tal in etwa 60 m Höhe über dem Fluss Landquart von der Geländeterrasse Büel zum Gotschnahang im Bereich des Drosbaches. Das als fünffeldrige Schrägseilbrücke ausgebildete Tragwerk mit einer Gesamtlänge von 526 m stellt das augenfälligste Bauwerk der ganzen Umfahrung dar. Es wurden deshalb höchste Anforderungen gestellt an die Gestaltung, die Einpassung in die Landschaft, an eine hohe Dauerhaftigkeit im rauen Gebirgsklima und auf eine möglichst umweltschonende Bauausführung. Das Schrägseilbrückenkonzept beeindruckt aufgrund der grossen technischen Innovation und der überzeugenden Ästhetik überdurchschnittlich. Die Brücke dominiert nicht, sie fügt sich schlank und transparent in das teils bewaldete, teils landwirtschaftlich kultivierte Prättigau ein. Für die Benutzer bei der Überfahrt wie auch für den aussenstehenden Betrachter ergibt sich ein faszinierendes Brückenerlebnis. Das Wahrzeichen der Umfahrung Klosters ist gesetzt: Innovative Schrägseiltechnik und bewährtes Bauhandwerk haben dem Baustoff Beton ein neues Denkmal gesetzt.



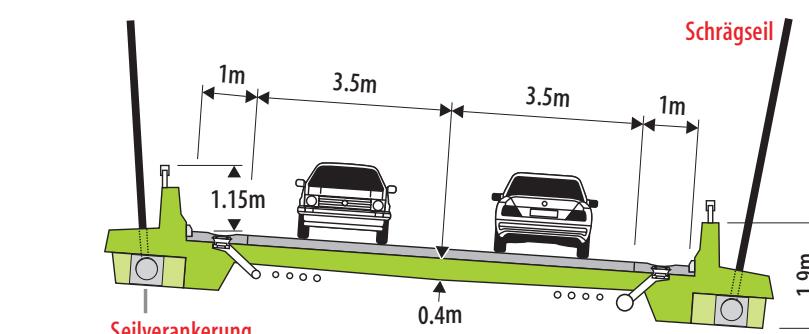
Pfeiler P3 aus der Vogelperspektive

526 Meter lang und 40 cm dick



Längsschnitt mit Geologie

Die Brücke weist mit vier Pylonen drei grosse Hauptfelder und zwei kleinere Randfelder auf. Wegen der starken Krümmung im Grundriss ($R = 503\text{ m}$) kann der Brückenträger an beiden Enden ohne Dilatationsfugen fest mit den Widerlagern verbunden werden. Dadurch sind die aufgelösten Brückenpfeiler auf Fahrbahnhöhe längs und quer fast unverschiebbar gehalten. Wegen dieser Fixierung nimmt die Pfeilerbeanspruchung infolge feldweiser Trägerbelastung nach unten ab. Die Pfeilerform reflektiert diesen Kräfteverlauf. Die Pylone über der Fahrbahn sind mit 14 bis 16 m Höhe relativ kurz; sie sind wegen der Lichtraumverhältnisse in der Kurve leicht nach aussen geneigt und bilden mit den Pfeilern eine statische und formale Einheit. Die Längenänderungen des Überbaus werden durch horizontale Radiusveränderungen aufgenommen. Die flachgeneigten Schräggabel sind in klarer Harfenform angeordnet. Der Trägerquerschnitt besteht aus einer Platte mit schlanken Randverstärkungen. Die gegenüber einer traditionellen Freivorbaubrücke höheren Kosten sind wegen der ungewöhnlichen Eleganz dieser weithin sichtbaren, architektonisch ausdrucksvollen Brücke unbedingt gerechtfertigt. Die Baukosten betragen total 20 Millionen Franken.



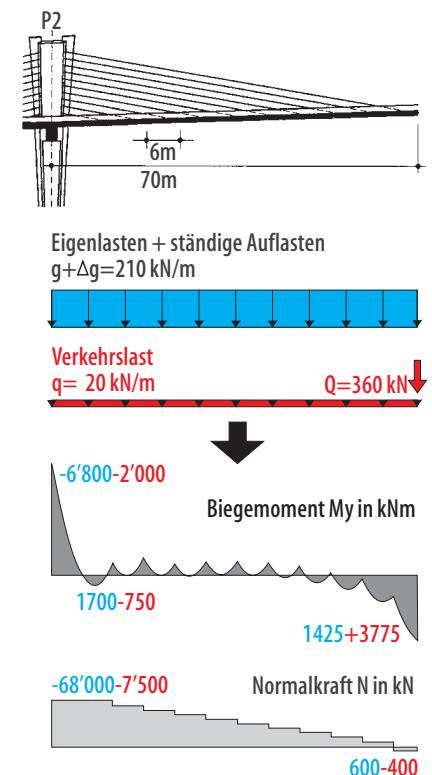
Querschnitt



Die Brücke aus der Sicht des Bauingenieurs

Die Berechnung der Schnittkräfte wurde an einem dreidimensionalen Trägermodell mit finiten Stabelementen und linear-elastischem Materialverhalten durchgeführt. Die Geometrie der Stabachsen entspricht den Schwerachsen des effektiven Tragsystems. Die Lagerung wurde vereinfacht angesetzt als vollständig eingespannt für die Pfahlbankette bzw. als elastisch gehalten bei den Widerlagern.

Bei der Sunnibergbrücke bewirken die Ablenkkräfte aus der Krümmung des Überbaus sehr grosse Querbiegebeanspruchungen im unteren Bereich der Pylonscheiben. Bei der kurvenaußenseitigen Pylonscheibe erreicht das Biegemoment auf dem



Beanspruchungen im Brückenträger

Bemessungsniveau rund 50 MNm. Dieses Moment wird durch den massiven, vorgespannten Querträger in unterschiedliche Normalkräfte der beiden Pfeilerstiele umgewandelt.

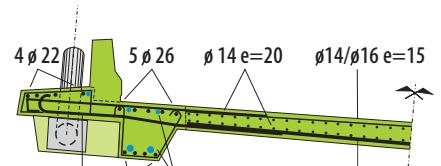


Spannen der Schrägseile mit einer hydraulischen Presse



Belagseinbau auf der fertigen Brücke

Gleichzeitig treten im Einspannquerschnitt des Pylonflügels die grössten Längsbiegemomente auf. Sie erreichen bei feldweiser Belastung rund 75 MNm auf Bemessungsniveau. Diese hohen Beanspruchungen führen trotz massiver Vorspannung (zentrische Normalspannung aus Vorspannung = $3,4 \text{ N/mm}^2$) zu Bewehrungsgehalten von über 200 kg/m^3 .



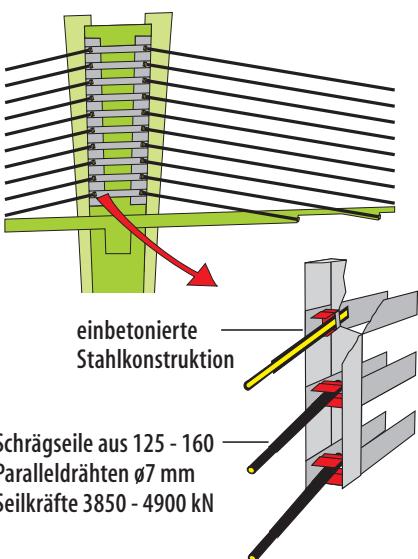
Hauptarmierung der Fahrbahplatte und des Randträgers

235 mm Durchbiegung

Die vertikalen Verformungen infolge feldweiser Verkehrslast stellen bei der Sunnibergbrücke ein massgebendes Bemessungskriterium dar. Sie wurden auf 1/400 der Spannweite begrenzt. Die angesetzte Verkehrslast besteht aus der verteilten Last von 2 kN/m^2 und der stark ins Gewicht fallenden Einzellast Q von 360 kN. Die Einsenkung wurde am ungerissenen System mit einem E-Modul von $35'000 \text{ N/mm}^2$ ermittelt. Im Feld mit der grössten Spannweite von 140 m beträgt die so berechnete Einsenkung 235 mm und entspricht somit 1/600 der Spannweite. Rund 40% der Verformung stammen aus der Verdrehung des Pfeilerkopfs und 60% aus der elastischen Verlängerung der Seile. Die beiden Nachbarfelder weisen nach oben gerichtete Verschiebungen von 60 mm, d. h. etwa 25 % der Verformung im Hauptfeld auf.

Jede Woche 6 Meter Brücke

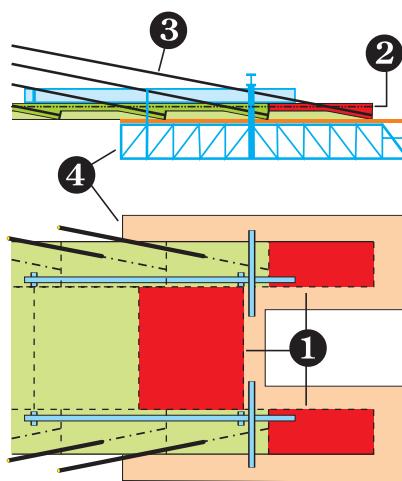
Mitentscheidend für die Bauqualität einer solch filigranen Konstruktion wie der Sunnibergbrücke ist eine genaue Vermessung. Die Pfeiler und Brückenachsen wurden durch einen Geometer abgesteckt, der eine Genauigkeit von 15 mm einzuhalten hatte. Die eigentliche Bauvermessung erfolgte dann durch den Polier. Beim Pfeiler P2 beispielsweise ergab sich auf einer Höhe von 60 m ab Boden eine Abweichung vom Sollwert von lediglich 13 mm! Die Vermessungsarbeiten mussten frühmorgens ausgeführt werden, da allein durch die Sonneneinstrahlung die Erwärmung des Betons und der Schrägseile an der Auskragung von 50 m zu einer Einsenkung von 40 mm führt.



Verankerung der Schrägseile im Pylon

Die in zwei schlanken Stiele aufgelösten Pfeiler weisen komplizierte Querschnitte auf, die in Abhängigkeit von der Pfeilerhöhe variieren. Entsprechend anspruchsvoll war das Schalen der elegant geschwungenen Formen in 4-Meter-Etappen. Die Schalung für die Stiele und Pylone bestand im wesentlichen aus vier rechteckig angeordneten Schaltafeln mit Schalungseinlagen für die eigentliche Querschnittsform. Die Anpassung der Schalung an die zunehmenden Abmessungen erfolgte durch das Verschieben der Einlagen.

Wegen der grösseren Flexibilität und Effizienz entschied sich der Unternehmer, den Beton in der Qualität B45/35 in einer eigenen Anlage direkt auf der Baustelle herzustellen. Für die Pylone und den Brückenträger wurde dem Beton Microsilicat zugegeben, um die Verarbeitbarkeit und die Entwicklung der Frühfestigkeit zu verbessern. Entsprechend betrug die durchschnittliche Betonfestigkeit nach drei Tagen bereits 43 und nach 28 Tagen 64 N/mm²! Diese verlässliche und schnelle Festigkeitsentwicklung war eine wesentliche Voraussetzung für den Freivorbau im Einwochentakt.



- ① Armieren und Betonieren der beiden Randträger und der Fahrbahnplatte
- ② Spannen der Längskabel in den Randträgern
- ③ Schrägseile einziehen und stufenweise spannen, bei Etappe 1 ca. 4'000 kN, letzte Etappe ca. 2'100 kN
- ④ Verschieben des 37 Tonnen schweren Vorbauwagens um 6 m für die nächste Etappe

Schema des Freivorbaus



Pfeiler 4 mit Vorbauwagen



Stahlkonstruktion für Seilverankerung in der Pylonschalung



Randträger mit Abspannstelle Schrägseil und Armieren der Brüstung

Hauptkubaturen:

Baustahl	240 Tonnen
Stahl Schrägseile	320 Tonnen
Stahl Vorspannung	50 Tonnen
Armierungsstahl	1'350 Tonnen
Beton	8'500 m ³
Beton Bohrpfähle	500 m ³
Schalung	17'500 m ²

Impressum:

Text, Grafik und Gestaltung: *Tiefbauamt Graubünden*. Text Seite 3 K. Baumann, Chur. Die Weiterverwendung von Bild und Text mit Quellenangabe ist erwünscht. Weitere Exemplare und frühere Ausgaben zur Umfahrung Klosters und zur Sunnibergbrücke können bestellt werden unter Tel. 081 257 37 15.