Ganterbrücke

Autor(en): **Menn, Christian / Rigendinger, Hans**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **97 (1979)**

Heft 38

PDF erstellt am: **19.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-85537

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Ganterbrücke

Von Christian Menn, Zürich und Hans Rigendinger, Chur

Ausbau der Simplonstrasse

Der Simplon ist mit 2006 m. ü. M. bei weitem der *niedrigste Pass, der vom Wallis nach Italien* führt. Er war deshalb, trotz der schroffen Schluchten beidseits des Passes, schon sehr früh eine der wichtigsten Verbindungen zwischen West- und Südeuropa (diesbezügliche Literatur: Peter Arnold: «Simplon, die vier Strassen». Rotten-Verlag Brig, 1975 und H-P. Nething: «Der Simplon». Ott Verlag Thun, 1977). An einzelnen Stellen sind noch heute Teile des Römerweges erkennbar. Im 17. Jahrhundert baute *Kaspar Jodok von Stockalper* den Simplonpass zu einem mit Hospiz und Burgen gesicherten, viel begangenen Saumpfad aus. Die erste fahrbare Strasse mit zahlreichen kunstvollen Brücken und Galerien wurde 1801 bis 1804 aus strategischen Gründen im Auftrag Napoleons I erstellt. Mit der Eröffnung des *Simplontunnels* (1906) verlagerte sich der Verkehr von der Strasse auf die Bahn; der Pass verlor damit viel von seiner früheren grossen Bedeutung.

In den letzten Jahren entstanden mit dem Bau der *Strassentunnels durch den Mont-Blanc* und den *Grossen St. Bernhard* neue, kürzere Strassenverbindungen zwischen Frankreich, der Westschweiz und Italien. Die Verkehrsfrequenzen nahmen deshalb am Simplon nicht so stark zu, wie bei anderen Alpenübergängen. Heute gewinnt der Simplon jedoch vor allem *regional* wieder an Bedeutung, da der touristisch ausserordentlich attraktive Pass die *kürzeste wintersichere Verbindung aus Norditalien* und aus dem *Tessin* nach den *Ferienzentren im Wallis* bildet. Die Simplonstrasse wurde deshalb als *Abschluss der N9,* die *von Lausanne über Brig an die Landesgrenze* führt, in das Nationalstrassennetz aufgenommen.

Der 42,5 km lange Abschnitt zwischen *Brig* und *Gondo,* der als *Nationalstrasse 3. Klasse* ausgebaut wird, folgt zum Teil der bestehenden Strasse und wird zum Teil vollständig neu angelegt.

Die Bauarbeiten begannen im Jahre 1960 mit der Erstellung zahlreicher Lawinengalerien, um zunächst die wintersichere Verbindung mit den südlich des Passes gelegenen Dörfern auf schweizerischem Gebiet herzustellen; im Jahre 1975 konnte ein 7,5 km langes, neu angelegtes Teilstück mit mehreren Brükken und Tunnels oberhalb Brig in Betrieb genommen werden.

Etwa auf halber Distanz zwischen Brig und der Passhöhe führt die Simplonstrasse durch das steile, tief eingeschnittene Gantertal. Das neue Trasse erreicht das Tal etwa 250 m über dem Flusslauf und folgt dann, nahezu ohne Steigung, dem rechten Talhang bis der Ganterbach nach 3,5 km mit einer kleinen, zur Zeit Napoleons I gebauten Brücke überquert werden kann. Dann steigt die Strasse, zunächst am linken Hang zurückführend, mit zwei Schleifen stark an und verlässt das Tal Richtung Simplonpass.

Am rechten Talhang ist der Fels auf einer Länge von 1,5 km, unmittelbar vor der Napoleonbrücke, sehr stark verwittert und zerklüftet. Für den Ausbau der Strasse wurden deshalb *zwei Varianten* untersucht. Variante 1 sah auf diesem Abschnitt einen 1,5 km langen *Tunnel in der Talflanke* vor, der direkt auf die bestehende Ganterbrücke mündet. Bei Variante 2 wird dagegen das Tal noch *vor dem felssturzgefährdeten Abschnitt* mit einer ca. 700 m langen und 150 m hohen *Brücke* überquert; eine Variante, die sich in technischer und wirtschaftlicher Beziehung eindeutig der Variante 1 als überlegen erweist. Sie ist etwa 1,7 km kürzer, weist eine nahezu konstante Steigung auf und kostet höchstens 60 Prozent der Variante 1. Die zu erstellende *Brücke* stellt allerdings *sehr hohe Anforderungen,* da die *geologischen Verhältnisse* für ein Bauwerk mit derart ungewöhnlichen Abmessungen *sehr ungünstig* sind.

Projektierungsgrundlagen

Das im Brückenbereich vorgesehene neue Trasse verlässt den rechten Talhang in einer Rechtskurve von 200 m Radius, überquert den Ganterbach in 150 m Höhe mit einem 225 m langen, geraden Mittelabschnitt und mündet in einer Linkskurve von ebenfalls 200 m Radius wieder in die bestehende Strasse. Das Längsgefälle beträgt auf der Brücke ca. 5 Prozent.

Auf dem ganzen, besonders schwierigen Abschnitt durch das Gantertal, weist die neue Strasse nur *zwei Fahrspuren* auf. Die Gesamtbreite auf der Brükke beträgt 10 m; sie besteht aus den beiden 3,75 m breiten Fahrspuren, den beidseitigen 0,75 m breiten Randstreifen und den je 0,5 m breiten Schrammborden.

Der *rechte, felsige Talhang* ist *sehr steil;* die mittlere Neigung beträgt 45°. Der hangeinwärts geschichtete Fels ist nur stellenweise geringfügig überdeckt und weist vor allem an der Oberfläche *starke Verwitterungserscheinungen* und viele *hangauswärts geneigte Klüfte* auf. Schon bei geringen Anschnitten besteht deshalb die Gefahr, dass grössere Felspartien unstabil werden.

Der *linke Talhang* ist mit einer Neigung von etwa 25° bedeutend weniger steil. Umfangreiche Sondierbohrungen zeigten, dass der in ca. 40 m Tiefe angetroffene *Schiefer vollständig zersetzt und verwittert* ist und sich nicht zur Aufnahme hoher Beanspruchungen eignet. Über dem Schiefer liegt eine *Lockergesteinsdecke aus Hangschotter und Moräne.* Die Lockergesteinsschicht enthält sehr viele Feinanteile, ist stark durchnässt und weist eine geringe Wasserdurchlässigkeit auf. Der Hangwasserspiegel liegt nur wenige Meter unter der Oberfläche. Infolge des *hohen Sickerwasserdruckes* und der *Erosion* durch den Ganterbach, zeigt der an sich stabile Hang *Kriecherscheinungen,* die pro Jahr im Mittel 6 bis 10 mm betragen. Diese seit längerer Zeit geodätisch und mit Deflektometern gemessenen Kriechbewegungen sind *nicht einheitlich.* An einigen Stellen nehmen die Kriechbewegungen bis in eine Tiefe von 40 m linear ab, während an anderen Stellen etwa in 10 m Tiefe eine Unstetigkeit im Kriechverlauf festgestellt werden konnte.

Konzept

Spannweiteneinteilung

Im Blick auf die sehr schwierigen Fundationsverhältnisse und die aussergewöhnliche Höhe der Brücke wurde eine im *Freivorbau herzustellende Spannbetonkonstruktion mit grossen Feldweiten* vorgeschlagen. Für die *Spannweiteneinteilung* waren zwei grundsätzliche Überlegungen ausschlaggebend:

- keine Fundation im steilen, sehr schlecht zugänglichen rechten Talhang unterhalb der bestehenden Strasse,
- möglichst wenig Fundationen in der kritischen linken Talflanke.

Ausgangspunkt für die Spannweiteneinteilung war deshalb ein relativ leicht zugänglicher, am Fuss des rechten Talhangs befindlicher Fundationsstandort (für den Pfeiler S3), der nur so weit vom Bach entfernt festgelegt wurde, dass sich das Fundament noch einwandfrei im Fels verankern liess und dass beim Aushub kein zu starker Wasserandrang zu befürchten war.

Die Hauptspannweite (zwischen den Pfeilern S3 und S4) wurde so gewählt, dass sie genau in der Mitte des geraden Strassenabschnittes liegt; d. h. die Pfeiler S3 und S4 weisen den gleichen Abstand zum entsprechenden Kurvenanfang auf.

Für den Pfeiler S2 bot sich unmittelbar bergseits der bestehenden Strasse ein

bezüglich Zugänglichkeit und Stabilität besonders günstiger Standort an. Damit war auch die Spannweite der grossen Aussenfelder (127 m) bzw. die Freivorbauauskragung auf den Nebenpfeilern (40 m) bestimmt und bei «symmetrischer» Spannweiteneinteilung ergaben sich auch für die Pfeiler S6 und S7 unmittelbar talseits bzw. unmittelbar bergseits der bestehenden Strasse günstige Fundationsstandorte. Da beide Endfelder der Brücke auf Gerüst hergestellt werden, liess sich deren Spannweite frei wählen und dem Terrainverlauf anpassen; sie wurde auf 35 m mit 10 m Auskragung ins Nachbarfeld festgelegt. Damit betragen die Spannweiten der 678 m langen Brücke:

bzw.	35 35	50 10+40	127 40+87	174 87+87	127 87+40	80 40+40	50 40+10	35 m 35 m

Tragsystem und Lagerung

Der *Brückenüberbau* ist als *durchlaufendes Rahmensystem* konzipiert. Die Pfeiler S2 ÷ S7 sind im Blick auf den Bauvorgang biegesteif mit dem Brückenträger verbunden. Nur auf dem Pfeiler S1 und auf den Endwiderlagern sind verschiebliche Lager vorgesehen. Die Pfeiler S1, S2 und S3 auf der rechten Talseite sind mit den im Fels verankerten Fundamenten biegesteif verbunden. Auf der linken Talseite musste dagegen, im Hinblick auf die Kriechbewegungen des Talhanges, eine andere Lösung gesucht werden. Hier ist der Fuss der Pfeiler S4, S5, S6 und S7 verschieblich gelagert, wobei aber bei den Pfeilern S4 und S5 die Verschiebung im Betriebszustand blockiert wird. Erst wenn der Kriechweg ca. 15 cm beträgt, wird die Blockierung gelöst und der Pfeilerfuss in die ursprüngliche Lage zurückverschoben.

Die *Lager* bestehen aus *Neotopfgleitlagern* und sind für einen Verschiebungsweg von 50 cm ausgelegt. Unter jedem Pfeiler werden zwei Lager eingebaut. Die Neotopflager unter dem Hauptpfeiler S4 weisen eine Tragkraft von je 10 500 t auf. Bei einem Durchmesser von 2,7 m und einem Lagergewicht von je 24 t handelt es sich hier um die *grössten in der Schweiz verwendeten Lager.* Die Verschiebung des Pfeilerfusses in horizontaler Richtung bereitet keine besonderen Schwierigkeiten, dagegen erfordert ein Anheben des Pfeilerfusses den Einsatz einer Pressenbatterie von ca. 12 000 t Hubkraft.

Fundationen

Das Fundament des Pfeilers S3 besteht aus zwei rechteckigen, vollständig mit bewehrtem Beton ausgefüllten Schächten, die 25 m tief in den Fels eingebunden sind. Diese Lösung, die sich in der Folge als sehr zweckmässig erwiesen hat, wurde gewählt, um einen breiten Anschnitt im stark zerklüfteten Fels zu vermeiden. Der Pfeilerfuss ist zusätzlich mit Spanngliedern im Fels verankert. Diese Verankerung dient vor allem zur Stabilisierung des Hangfusses, sie verbessert aber auch die Stabilität des Pfeilerfundamentes.

Das Fundament des Pfeilers S2 besteht aus einer etwa 12 m tief in den Fels eingebundenen Verlängerung des Pfeilerschachtes. Auch bei diesem Fundament ist der Pfeilerfuss in Längs- und Querrichtung mit Spannkabeln im anstehenden Fels verankert.

Auf der linken Talseite hätten sich mit sehr tiefen Fundationen auf dem völlig zersetzten Schiefer keine Vorteile erzielen lassen. Es wurde deshalb eine *schwimmende Fundation* vorgesehen, die im Prinzip aus einem Zylinder (mit Wandverstärkungen unter den Pfeilerlagern) und einer unteren und oberen Platte besteht. Die Schachtdimensionen wurden so festgelegt, dass das Gewicht des ausgehobenen Materials etwa gleich gross ist, wie die am Pfeilerfuss abgegebene Eigengewichtslast der Brücke. Damit ergab sich für den Pfeiler S4 bei einer Fundationstiefe von nahezu 40 m ein Schachtdurchmesser von 12,4 m; die ca. 25 m tiefen Schächte der Pfeiler S5 und S6 weisen einen Durchmesser von 10 m auf.

Bei der vorgesehenen Schachtfundation verursacht der Bau der Brücke keine Änderung der Gewichtsverhältnisse im Hang. Zur Verbesserung der Hangstabilität und zur Verminderung der Kriechbewegungen wurde dennoch eine umfangreiche *Oberflächen- und Tiefenentwässerung* vorgesehen. Die Oberflächenentwässerung besteht aus der Fassung und Kanalisierung sämtlicher Quellen im Bereich der Brückenstelle. Die Tiefenentwässerung erfolgt durch ein Netz von Drainagebohrungen in jedem Schacht und in einem bereits früher gebauten Sondierstollen. Das in den Schächten anfallende Wasser wird durch eine im Pressvortrieb erstellte Leitung dem Vorfluter zugeführt.

Da der Baugrund viele Feinanteile enthält, die in wassergesättigtem Zustand eine sehr geringe Konsistenz aufweisen, wird der *Grundwasserspiegel* vor der Erstellung der Schächte durch bergseits angeordnete Filterbrunnen *abgesenkt.*

Die Schachtfundamente übertragen die Pfeilerlast zum Teil durch Wandreibung und zum Teil durch die Sohlenpressung der Bodenplatte auf den Baugrund. Die Grösse dieser beiden Anteile lässt sich vor allem wegen den noch längere Zeit zu erwartenden Kriechbewegungen nicht genau ermitteln. Um hierüber Aufschluss zu erhalten, wurden bei der Fundation S4 in den Wänden und unter der Bodenplatte zahlreiche Druckmessdosen eingebaut, mit denen sich der zeitliche Verlauf der Baugrundbelastung ermitteln lässt.

Pfeiler

Die Pfeiler S2 bis S6 weisen einen Hohlkastenquerschnitt auf. Wegen der aussergewöhnlichen Höhe des Bauwerks spielt die *Windbelastung* bei der Bemessung eine entscheidende Rolle. Leider

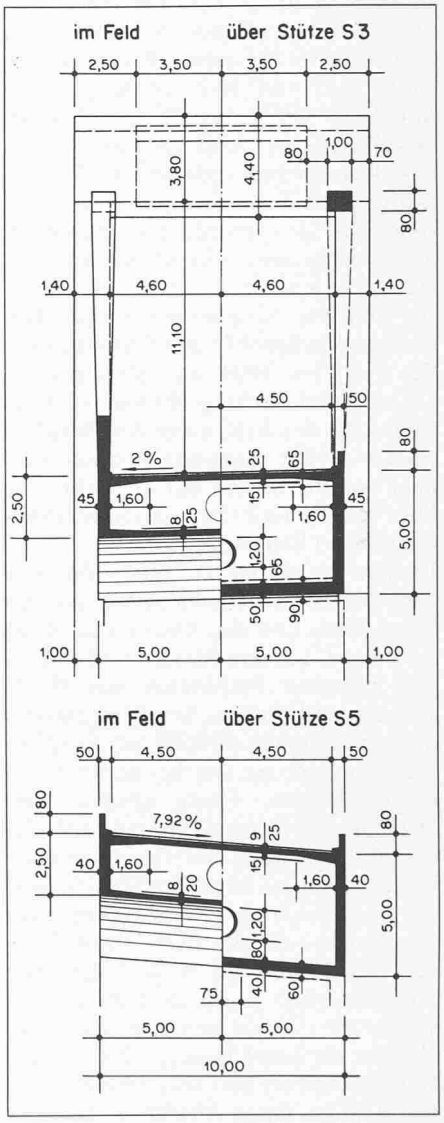


Bild 3. Charakteristische Querschnitte

fehlen zur Zeit noch *wichtige Grundlagen zur Ermittlung der Windeinwirkung auf hohe Bauwerke in einem Gebirgstal.* Insbesondere fehlen Angaben über die mittlere Windgeschwindigkeit, den Böigkeitsfaktor, das Böigkeitsspektrum und die Böenausbreitung. Zur Ermittlung dieser Grundlagen wären ausserordentlich umfangreiche und kostspielige Langzeitmessungen notwendig gewesen. Diesem Unsicherheitsfaktor wurde bei der Ganterbrücke durch die *Wahl sehr grosser Querschnittsabmessungen* für die Pfeiler Rechnung getra-

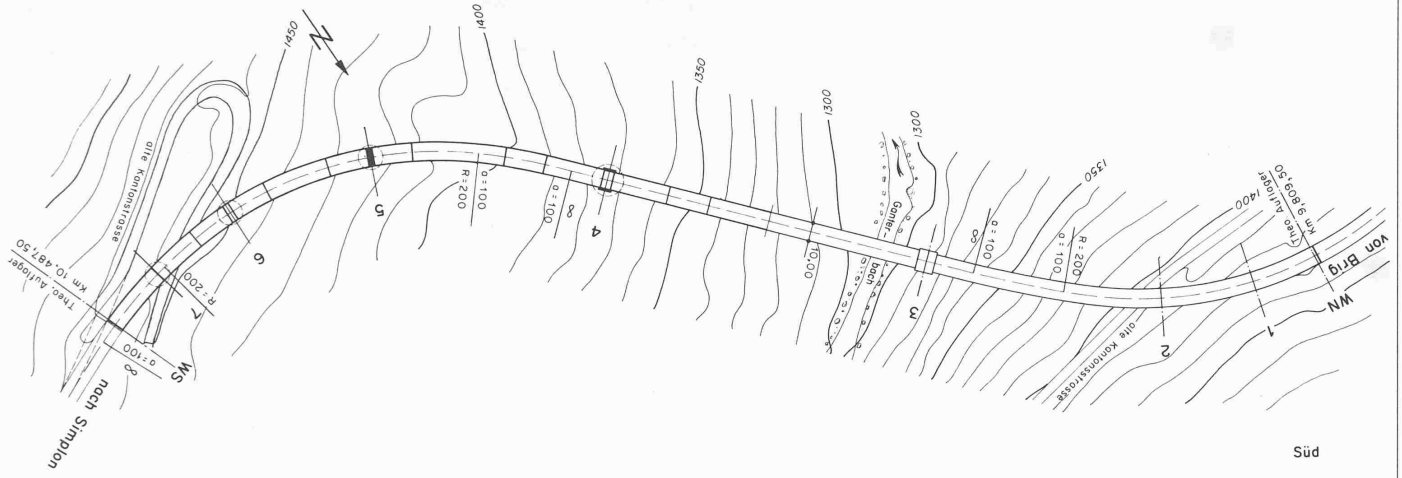


Bild 1. Übersichtsplan

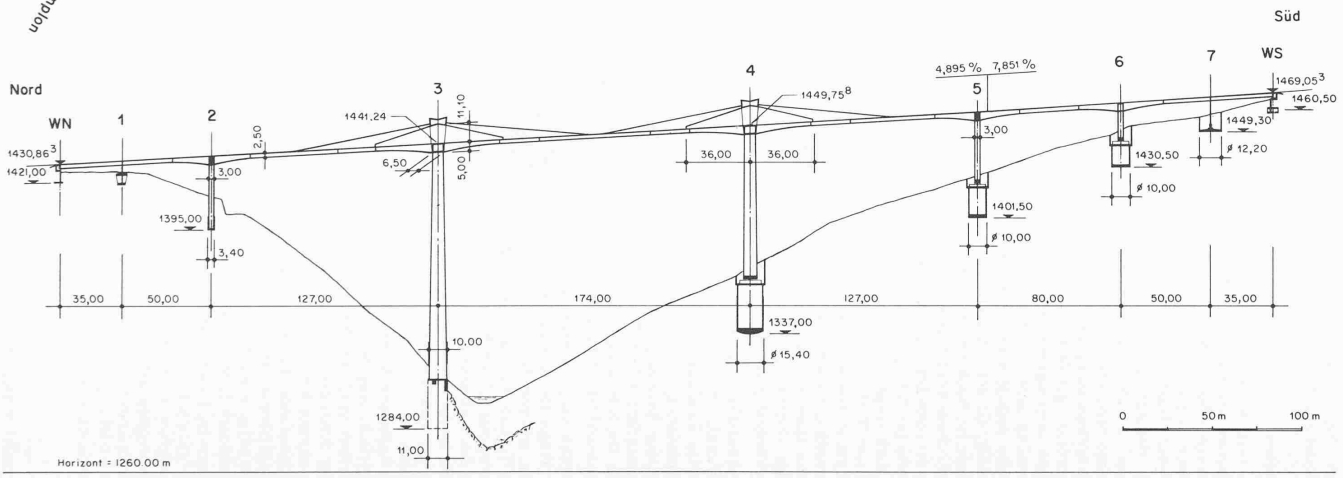


Bild 2. Längsschnitt in Brückenachse

gen, denn damit konnte die Standsicherheit, auch bei den schliesslich sehr hoch festgelegten Windlasten, ohne weiteres gewährleistet werden.

Überbau

Das *extreme Verhältnis zwischen den ausserordentlich massiven Pfeilern* und dem *sehr schmalen Brückenträger* führte zu einer *ungewöhnlichen Ausbildung der Überbau-Tragkonstruktion*. Bei den beiden Hauptpfeilern wurden die Flanschen seitlich neben der Fahrbahn hochgezogen und als Pylone für eine Schrägabspannung verwendet. Die im Grundriss gekrümmten Seitenfelder liessen allerdings eine normale Seilabspannung nicht zu. Die Schrägkabel werden deshalb mit einer Betonscheibe umhüllt, die der Trägerkrümmung angepasst ist. Nach der Fertigstellung des Freivorbaus werden diese Zugscheiben mit der restlichen, noch in den Schrägkabeln zur Verfügung stehenden Kraft so stark vorgespannt, dass auch unter grösster Verkehrslast keine Zugspannungen in den Scheiben auftreten. Die Herstellung der Schrägscheiben ist zwar relativ teuer, das Konzept bietet aber einige *Vorteile gegenüber einer normalen Schrägabspannung:*

- einwandfreier Korrosionsschutz der Spannkabel;
- keine Ermüdungsgefahr, d. h. volle Ausnützung des Spannstahls, da nur geringe Spannungsschwankungen;
- wesentlich höhere Systemsteifigkeit, da die Schrägzugglieder einen sehr grossen Querschnitt aufweisen.

Im Blick auf die Schrägabspannung ist der Träger als rechteckiger Hohlkasten ohne seitliche Konsolen ausgebildet. Die Trägerhöhe beträgt im Feld 2,5 m und wächst bei den Pfeilern auf 5,0 an. Für den Vorbau sämtlicher Felder kann somit immer das gleiche Vorbaugerüst mit der gleichen Schalung verwendet werden.

Zur Aufnahme der Feldmomente infolge Kriechumlagerung, Belag und Verkehrslast wird die Kragarmvorspannung durch eine Feldvorspannung in der unteren Kastenplatte ergänzt. Der durchlaufende, durch Zugscheiben verstärkte Überbau weist deshalb, trotz der zum Teil gelenkigen und zum Teil verschiebbaren Lagerung auf den Fundamenten im linken Talhang, eine hohe Steifigkeit auf.

Die 25 cm starke Fahrbahnplatte ist quer vorgespannt. Die Krümmung des Brückenträgers im Grundriss erfordert zur Einleitung der Drehmomente den Einbau mehrerer Querträger.

Berechnungsgrundlagen

Die Berechnungen des Brückentragwerks beruhen grundsätzlich auf den Belastungsannahmen der Norm SIA 160 (Ausgabe 1970).

Für die Ermittlung der *Windbelastung*, die eine entscheidende Rolle bei der Bemessung der hohen Pfeiler spielt, wurde nach eingehender Diskussion und Prüfung der vorhandenen Unterlagen eine *maximale, mittlere Windgeschwindigkeit von 150 km/h* zugrunde gelegt. Diese maximale Belastung wurde zudem in einem Wirkungsfächer von ± 45° zur Hauptrichtung des Tales unvermindert angenommen. Für die Bemessung der Pfeiler S3 und S4, bei denen die massgebenden Belastungen im Bauzustand auftreten, wurde der dynamische Anteil des Winddruckes wegen der Schwingungsanfälligkeit der Tragkonstruktion mit einem Stosszuschlag von $\Phi = 2{,}4$ vergrössert.

Zur Beurteilung der *Erdbebeneinwirkung* konnte die kürzlich erschienene Studie «Erdbebengefährdung der Schweiz» *(R. Sägesser & D. Mayer-Rosa:* «Erdbebengefährdung in der Schweiz». Schweiz. Bauzeitung, Heft 7, 1978) herangezogen werden. Obwohl die Ganterbrücke im Bereich der *grössten, in der Schweiz vorkommenden Intensitätswerte* liegt, sind die daraus resultierenden Beanspruchungen des Tragwerks im Vergleich zu den angenommenen Windbeanspruchungen nicht massgebend.

Für die *Zwängungsbeanspruchungen im Rahmentragwerk* infolge elastischer Deformationen, Kriechen, Schwinden und Temperaturänderungen wurden die im folgenden Abschnitt beschriebenen, anhand vorgängiger Untersuchungen ermittelten Beton-Kennwerte berücksichtigt.

Um gewisse Unsicherheiten in den Belastungsannahmen *zusätzlich* abzudecken, erfolgte die Bemessung des Tragwerkes unter ungünstigster, voller

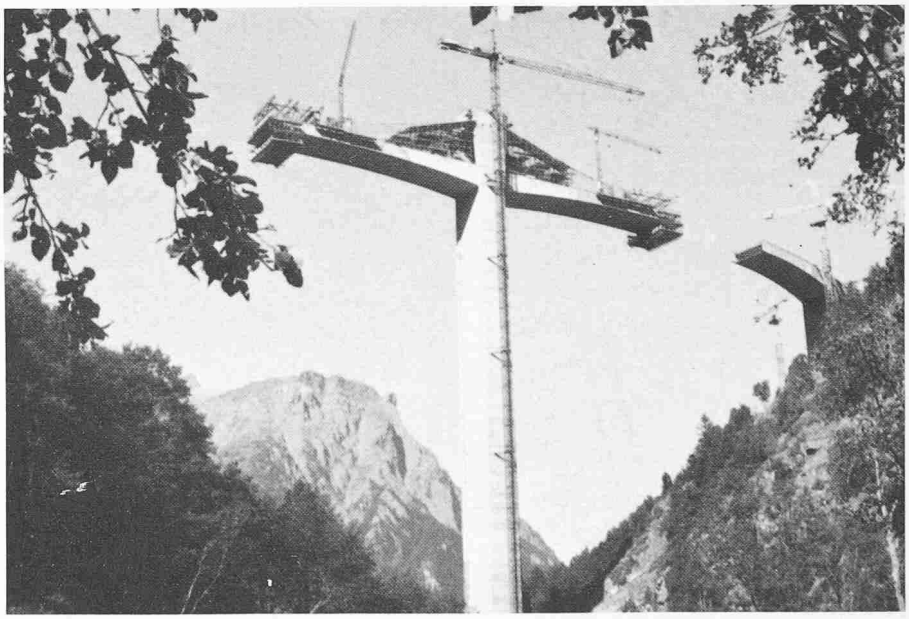


Bild 4. Freivorbau auf Pfeiler S3. Bauzustand August 1979



Bild 5. Übersicht über die Baustelle von der rechten Talseite aus gesehen

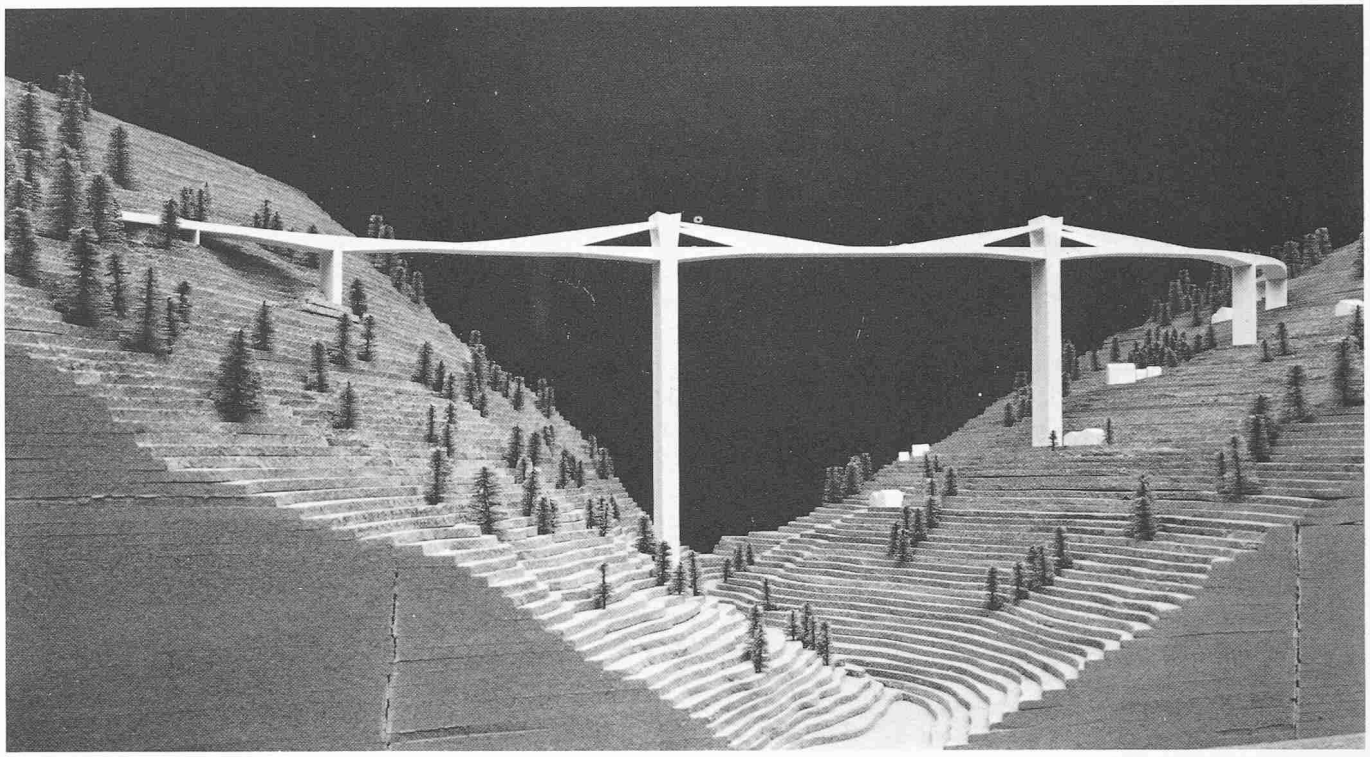


Bild 6. Modell der Ganterbrücke

Überlagerung der einzelnen Einflüsse und Lastfälle. Die erforderlichen Sicherheiten und zulässigen Spannungen entsprechen dabei der Norm SIA 162 (Ausgabe 1968 bis und mit RL 34 und 35).

Baustoffe

Vor Baubeginn wurden umfangreiche Beton-Voruntersuchungen durchgeführt. Sie bezweckten, die notwendigen Rezepte zur Gewährleistung der erforderlichen Betoneigenschaften, speziell der Festigkeit, zu ermitteln, aber auch zuverlässige Beton-Kennwerte für die Berechnungen, insbesondere der Überhöhungen, zu erhalten.

Dabei hat sich gezeigt, dass die geforderten Betonfestigkeiten nach 28 Tagen von über 400 kg/cm², vor allem aber auch die im Freivorbauverfahren notwendige Frühfestigkeit, nur durch die Verwendung von hochwertigem Zement (HPC) mit Sicherheit gewährleistet werden konnte. Ebenso hat sich bei der Ermittlung der übrigen Kennwerte herausgestellt, dass der im *Oberwallis* zur Verfügung stehende Beton gegenüber dem des *Schweizerischen Mittellandes*, auf dem die normgemässen Kennwerte basieren, einige *Merkwürdigkeiten* aufweist. So kann für die Baustelle der Ganterbrücke nur mit einem *E*-Modul von höchstens 250 000 kg/cm² gerechnet werden. Während das Endkriechmass φ_n ungefähr dem der Norm SIA 162 entspricht, beträgt das ermittelte Endschwindmass ε_{sn} annähernd das Doppelte der normgemässen Werte. Vergleichsuntersuchungen haben ergeben, dass diese Abweichungen vorwiegend auf die besondere Zusammensetzung und die Petrographie der zur Verfügung stehenden Zuschlag-Feinanteile zurückzuführen sind.

Für die einzelnen Bauwerksteile wurden folgende *Baustoffqualitäten* verwendet:

Beton

- für Widerlager und Fundamente: BH HPC 300, $\beta w28 \geqq 300$ kg/cm²
- für Pfeiler und Überbau: BS HPC 325, $\beta w28 \geqq 400$ kg/cm²

Armierungsstahl

- für sämtliche Bauteile: hochwertiger Stahl III gem. SIA 162

Spannstahl:

- für die Felsverankerungen: Kabel mit Litzen ∅ 0,6″ (160/180 kg/mm²)
- für die Längsvorspannung des Überbaues: Kabel mit Litzen ∅ 0,5″ (160/180 kg/mm²)
- für die Quervorspannung: Stab-Spannglieder ∅ 36 mm (85/105 kg/mm²)

Bauvorgang und Ausführung

Der Bauvorgang der Ganterbrücke ist grundsätzlich so aufgebaut, dass ein *kontinuierlicher Einsatz der Gerüstungen* möglich ist. Der Überbau kann somit mit je einer Gerüstgarnitur für die konventionell erstellten Randfelder und für die Grundetappen der Freivorbauten sowie total vier Freivorbauwagen erstellt werden. Die Gerüste werden dabei zuerst auf der Nordseite (am rechten Talhang) eingesetzt und nachher auf die Südseite, den linken Talhang, hinübergewechselt. Im einzelnen wurde das Lehrgerüst für das Randfeld Nord nachher im Randfeld Süd eingesetzt, die Vorbauwagen des Freivorbaus S2 werden nachher für die Vorbauten S6 und S5 verwendet, während die des Vorbaus S3 anschliessend für den Vorbau S4 gebraucht werden. Dies erlaubt eine zeitlich gestaffelte Bauausführung für Fundationen, Pfeiler und Überbauten, wobei die Arbeiten auf der rechten Talseite denen auf der linken vorausgehen. Die einzelnen Freivorbauten werden jeweils auf der einen Seite mit dem bereits vorhandenen Brückenträger zusammengeschlossen, so dass der Überbau von beiden Widerlagern her kontinuierlich gegen den Fugenschluss in der Mitte der Hauptspannweite hinwächst.

Das Bauwerk ist für die Bauausführung in sieben voneinander praktisch unabhängige Baustellen aufgegliedert, die je von einem leistungsfähigen Turmdrehkran bedient werden: Neben den für die einzelnen Freivorbauten verwendeten Kranen (total fünf) bedient je einer noch die Baustelle der Randfelder Nord bzw. Süd. Als «Baustrasse» steht für den Abschnitt Widerlager Nord bis Pfeiler S2 und den Abschnitt Widerlager Süd bis Pfeiler S6 die Simplonstrasse zur Verfügung, während für den Pfeiler S3 sowie die Pfeiler S4 und S5 provisorische Zufahrtspisten erstellt wurden.

Für die im Fels liegenden Fundationen am rechten Talhang mussten teilweise

umfangreiche vorgängige Felssicherungsmassnahmen getroffen werden, um die Fundamente, insbesondere die Schachtfundationen der Pfeiler S2 und S3, ansetzen zu können. Bei der Ausführung gestaltete sich vor allem das Abteufen der rund 25 m tiefen Schächten des Pfeilers S3 wegen des Wasserandranges vom benachbarten Ganterbach recht anspruchsvoll.

Die Schachtfundationen im Lockergestein des linken Talhanges konnten demgegenüber dank der vorgängig gebohrten Filterbrunnenschirme leichter als erwartet erstellt werden. Die Schachtwände wurden in Etappen von 1,5 m Höhe im Unterfangungsverfahren erstellt, wobei eine Etappe in zwei Halbkreissegmente aufgeteilt war. Die Wandverstärkungen unter den Lagern konnten anschliessend von unten nach oben mit einer Gleitschalung hochgezogen werden.
Das Betonieren der Pfeiler erfolgte ebenfalls im Gleitschalverfahren. Dabei wurde beim Pfeiler S3 eine mittlere tägliche Betonierleistung von 4,20 m, beim Pfeiler S4 sogar eine solche von 5,00 m erzielt.
Der grösstenteils im Freivorbauverfahren erstellte Überbau kann dank der schlanken Ausbildung mit relativ leichten Vorbaugerüsten erstellt werden. Die Etappenlängen variieren mit der Trägerhöhe und betragen zwischen 2,25 m und 3,0 m. Bei den Pfeilern S2 und S6 wurde ein asymmetrischer Vorbau durchgeführt, beim Pfeiler S5 muss wegen des relativ hohen und schlanken Pfeilers der Vorbau symmetrisch ausgeführt werden. Bei den Vorbauten S3 und S4 wird bis zu einer Auskragung von 36 m ebenfalls asymmetrisch vorgebaut, mit dem Einsetzen der Schrägabspannung wird auf einen symmetrischen Vorbau gewechselt. Der Fugenschluss wird jeweils auf der den entsprechenden Widerlagern zugewandten Seite unmittelbar nach Vorbauende direkt mit dem Vorbauwagen ausgeführt. Während des Bauzustandes sind die im Endzustand gelenkig gelagerten Pfeiler S4 – S6 mit einer provisorischen Fusseinspannung versehen.

Im heutigen Zeitpunkt (Herbst 1979) ist der gesamte Unterbau und rund 60 Prozent des Überbaus erstellt. Die Bauvollendung ist bis zum Winter 1980 vorgesehen.

Baukosten

Die Gesamtkosten der Brücke und der Hangsanierungen werden sich bei Bauvollendung auf ca. 23,5 Mio Fr. belaufen. Sie bestehen aus folgenden Hauptpositionen:

A. *Baukosten der Brücke*		
1. Fundationen	Fr. 4 800 000.–	
2. Pfeiler	Fr. 2 300 000.–	
3. Überbau	Fr. 7 600 000.–	
4. Lager und Fugen	Fr. 800 00.–	
5. Isolation, Belag, Leitplanken	Fr. 600 000.–	
	total	Fr. 16 100 000.–
B. *Felssicherung, Hangentwässerung und Bachverbauung*		
1. Felssicherung	Fr. 1 100 000.–	
2. Hangentwässerungen (Filterbrunnen, Drainagen, Wasserfassungen)	Fr. 1 500 000.–	
3. Bachverbauung	Fr. 300 000.–	
	total	Fr. 2 900 000.–
C. *Projektierung, Bauleitung, Vermessung, Hanginstrumentierung etc.*	total	Fr. 2 700 000.–
D. *Teuerung und Regie*		Fr. 1 800 000.–
Gesamtkosten	total	Fr. 23 500 000.–

Bauwerküberwachung

Neben den beim Freivorbauverfahren erforderlichen intensiven Messungen der verschiedenen Bauzustände ergeben sich bei der Ganterbrücke durch die speziellen Fundationsverhältnisse zusätzliche, umfangreiche Überwachungsaufgaben.
Die aus den langjährigen Voruntersuchungen bekannten Kriechbewegungen der linken Talflanke mussten in bezug auf das Ausführungsprojekt gezielt erfasst und weiterverfolgt werden. Die Grundlage hiefür ist ein *geodätisches Triangulationsnetz*, das aus den Voruntersuchungen übernommen und im Brückenbereich wesentlich verfeinert wurde. Die Basis des Vermessungsnetzes liegt auf der rechten Talflanke im Bereich der Simplonstrasse. Um die bei der Vermessung festgestellten Lage- und Höhenverschiebungen von Pfeilern und Messpunkten vollständig interpretieren zu können und um auch die Wirksamkeit der verschiedenen Hangsanierungsmassnahmen zu überprüfen, werden ebenso kontinuierlich *Ergiebigkeitsmessungen der Drainagen und Entwässerungen* vorgenommen.
Gleichzeitig erlaubt die Installation von einfachen Pendeln in den Fundationsschächten eine direkte Überwachung (ohne umfangreiche Vorarbeiten und Auswertungen) von *Schachtverkippungen* und damit des generellen Hangverhaltens.
Über den genauen Kriechverlauf in der Tiefe geben die *Inklinometermessungen* Aufschluss. Eine dieser Messinstallationen wurde vom Schachtboden S4 aus ca. 40 m abgeteuft, so dass Verschiebungen bis über 70 m ab OK Terrain feststellbar sind.
Die im Kriechhang effektiv vorhandenen Erddruckverhältnisse lassen sich über eingebaute Druckmessdosen an der Schachtaussenseite und der Sohle der Fundation S4 bestimmen.
Die Überwachung der Fundationen auf der linken Talflanke gestaltet sich während der Bauausführung recht umfangreich, um die Auswirkungen der verschiedenen Eingriffe auch zuverlässig überprüfen zu können. Nach Bauvollendung wird sie sich dann auf die bei geologischen Bewegungen üblichen Zeitintervalle beschränken. Dann wird es auch möglich sein, quantitativ den Erfolg der durchgeführten Sanierungsmassnahmen abschliessend festzustellen.

Projektorganisation

Oberaufsicht

Eidg. Amt für Strassenbau, Bern

Bauherr

Baudirektion des Kts. Wallis, vertreten durch das Kant. Bau- und Forstdepartement

Bauleitung

Nationalstrassenbüro Brig, Bauleitung N9 Simplon und Ing.Gemeinschaft Ganterbrükke

Entwurf und Projektexperte

Prof. Dr. C. Menn, ETH, Zürich

Ausführungsprojekt

Ingenieurgemeinschaft Ganterbrücke: Schneller-Schmidhalter-Ritz, Brig; Blötzer + Pfammatter, Visp; H. Rigendinger, Chur (Projektleitung); Mitarbeiter: W. Maag

Bauausführung

Konsortium Ganterbrücke:
Ed. Züblin & Cie. AG, Sitten;
Ulrich Imboden, Visp;
R. Kalbermatten AG, Visp;
Fux & Co., Brig;
Losinger AG, Sitten

Anker- u. Bohrarbeiten
Stump SA, Martigny

Vorspannarbeiten u. Gleitschalungen
Spannbeton AG, Bern

Brückenlager
Nordseite: Mageba SA, Zürich
Südseite: Stöcklin AG, Küsnacht ZH

Fahrbahnübergänge

Honegger AG, Rorbas

Adressen der Verfasser: Prof. Dr. *Chr. Menn*, Institut für Baustatik und Konstruktion, ETH-Hönggerberg, 8093 Zürich; *H. Rigendinger*, dipl. Ing. ETH, Hartbertstr. 11, 7000 Chur

Viadotto della Biaschina

Von Ugo Guzzi und Bernhard Meier, Zürich

Die Verkehrswege in der *Leventina*, dem *Tal zwischen Biasca und Airolo*, haben ihren Erbauern seit jeher Probleme bereitet, da hier mehrmals auf kurze Distanz beträchtliche Höhendifferenzen zu überwinden sind (Bild 1). Eine erste solche Höhenstufe befindet sich oberhalb *Giornico* in der Biaschina. Die Staatsstrasse windet sich hier in mehreren Kehren hinauf auf das nächste Plateau, während die *Gotthardlinie der SBB* mit *zwei Kehrtunnels* die notwendige Höhe gewinnt.

Die geplante Nationalstrasse *Chiasso–San Gottardo* hingegen beginnt ihren Anstieg bereits in der Gegend von Giornico, führt auf einer Länge von 950 m mit einem *Hangviadukt* vorbei an der alten Kirche *San Pellegrino* und überquert mit dem 580 m langen Viadukt della Biaschina das Tal in 100 m Höhe (Bild 2).

Ein *doppelröhriger Tunnel* verbindet den Viadukt mit einem weiteren Brükkenbauwerk, dem *Viadukt Ruina*. Indem der Viadukt Biaschina das Tal in so grosser Höhe überspannt, wird er nicht nur zum dominierenden Bauwerk in der Biaschina, sondern auch zum *markantesten Kunstbau der N2 Südrampe*.

Zur Zeit sind die Projektierungsarbeiten soweit fortgeschritten, dass die Bauarbeiten demnächst begonnen werden können.

Projektwettbewerb

Der Kanton Tessin, als Bauherr dieses Nationalstrassenabschnittes, hat *im Jahre 1976* unter *sieben eingeladenen Ingenieurbüros* einen Projektwettbewerb für den Hangviadukt San Pellegrino und die grosse Talbrücke Biaschina veranstaltet.

Bereits in den Wettbewerbsgrundlagen hat der Bauherr die *wesentlichen Kriterien für die Beurteilung* der Projekte bekanntgegeben:

1. Konzept
2. Statisch – konstruktive Qualität
3. Wirtschaftlichkeit
4. Ästhetik
5. Baurisiko, Dauerhaftigkeit und Unterhalt.

Die Wettbewerbsteilnehmer wurden speziell auf den Faktor *Ästhetik* hingewiesen, indem ein harmonisches Einfügen des Bauwerks in die Landschaft, sowie eine möglichst grosse Transparenz im Bereich, wo die Brücke das Tal überquert, verlangt war.

Mit dem 1. Preis für beide Brücken wurden die Projekte des Ingenieurbüros Guzzi AG ausgezeichnet. Das Büro erhielt auch den Auftrag zur Weiterbearbeitung des «Viadotto Biaschina».

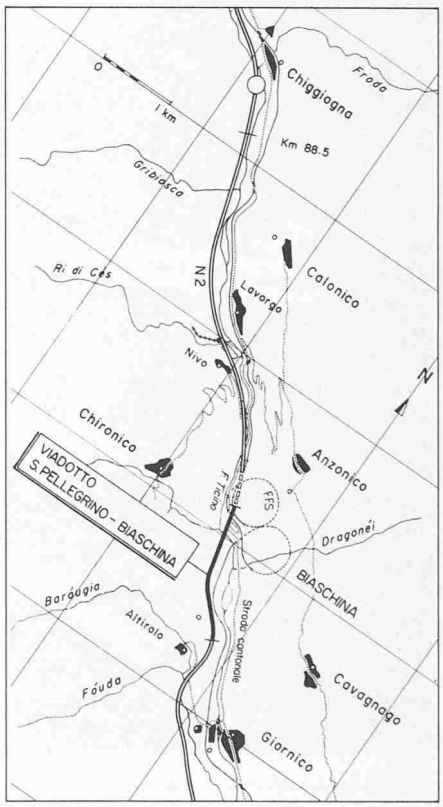


Bild 1. Situation innerhalb der N2 südlich des Gotthards

Geologie des Baugrundes

Von Ezio Dal Vesco, Zürich

Für das Verständnis der verschiedenen Baugrundverhältnisse in der Biaschina ist eine knappe Schilderung des geologischen Geschehens unumgänglich (vgl. Bild 4).

Im Längsprofil des Leventinatales wird die Stufe der Biaschina durch die *Ablagerung einer sehr grossen Bergsturzmasse* verursacht, die eine Mächtigkeit von mindestens 750 m erreicht. Es handelt sich um eine Anhäufung von Material, das in der *Korngrösse von 10 m mächtigen Blöcken bis zu Silt* variiert und total *chaotisch* angeordnet ist. Doch kann man schon an der Oberfläche erkennen, dass südlich des *Ticinetto* die Häufigkeit der grossen Blöcke deutlich kleiner ist als nördlich davon, dass also die ganze Bergsturzmasse sich in *zwei Bereiche* differenziert, obwohl sämtliches