Militär-Notbrücken für Werkgleis

Autor(en): **Püntener, Peter / Tschumi, Marcel / Meyer, Walter / Roos, Peter**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **112 (1994)**

Heft 32

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-78484

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

Militär-Notbrücken für Werkgleis

Mit der Erneuerung des Kraftwerkes Amsteg fällt eine grosse Menge Ausbruchmaterial an, dessen Abtransport aus Umweltschutzgründen auf dem Schienenweg erfolgen soll. Dazu wurde ein 4 km langes, provisorisches Werkgleis gebaut, welches zweimal die Reuss überquert. Für die Reussbrücken kam Notbrückenmaterial des Militäreisenbahndienstes zur Anwendung.

Werkgleis Erstfeld-Amsteg

Das 1922 in Betrieb genommene Kraftwerk Amsteg der SBB wird in den nächsten Jahren durch einen Neubau ersetzt.

VON PETER PÜNTENER, ALTDORF
MARCEL TSCHUMI, BERN
WALTER MEYER, LUZERN
PETER ROOS, LUZERN

Dadurch kann die Leistung von heute 56 MW auf vorerst 120 MW – mit einer Erweiterungsmöglichkeit auf 160 MW – und die Produktion von 306 GWH auf 463 GWH erhöht werden.

Der neuen Anlage kommt als Regulierwerk ein hoher Stellenwert in der Stromversorgung der Bahn zu, insbesondere im Hinblick auf den Huckepackkorridor, den Taktfahrplan, die Bahn 2000 und die NEAT. Am 15. Juni 1992 gründeten die SBB und der Kanton Uri die Kraftwerk Amsteg AG (KWA). Diese ist für den Bau und späteren Betrieb des neuen Werkes zuständig.

Die Anlagen des neuen Kraftwerkes werden zum grössten Teil untertags erstellt. Von der gesamten Ausbruchmenge von 1,2 Mio. Tonnen sind zirka 1 Mio. Tonnen abzuführen. Die Plangenehmigungsverfügung des Bundesamtes für Verkehr erklärte den Abtransport per Bahn als verbindlich. Das Projekt sah vor, das Ausbruchmaterial per Förderband auf das Areal der Station Amsteg/Silenen zu transportieren und dort in Bahnwagen zu verladen. Im Verlaufe der Projektierung der Verladeanlagen zeigten sich erhebliche technische und andere Schwierigkeiten, die ein solches Vorhaben, wenn nicht unmöglich, so doch als unzweckmässig erscheinen liessen. Damit geriet der Abtransport des Ausbruchmaterials zum zeitkritischen Weg im Bauprogramm.

Neben dem Abtransport des Ausbruchmaterials galt es auch noch nach Möglichkeit, die Bedürfnisse einer künftigen NEAT-Grossbaustelle in Amsteg (Zwischenangriff Gotthard-Basistunnel) abzudecken. Nur eine neue, vom Bahnhof Erstfeld ausgehende und durch den Talboden führende Gleisverbindung konnte alle Ansprüche erfüllen. Es war sehr rasch klar, dass nur eine parallel zur N 2 verlaufende Linienführung eine Chance hatte, innert kürzester Zeit ein Projektgenehmigungsverfahren zu bestehen. Der Preis dafür sind zwei lange Brücken über die Reuss (Bilder 1 und 2).

Militär-Notbrücken

Das neue, 4 km lange provisorische Werkgleis setzt nach dem Bahnhof Erstfeld mit einer 134 m langen Brücke über die Reuss und führt anschliessend über Wiesen einem Auenwald entlang. Nach 1100 m gelangt das Gleis an die Autobahn und zieht sich auf dem Wuhrweg, das heisst, zwischen Reuss und N 2, bis nach Amsteg. In Silenen muss noch auf einer 125 m langen Brücke die Reuss überquert werden.

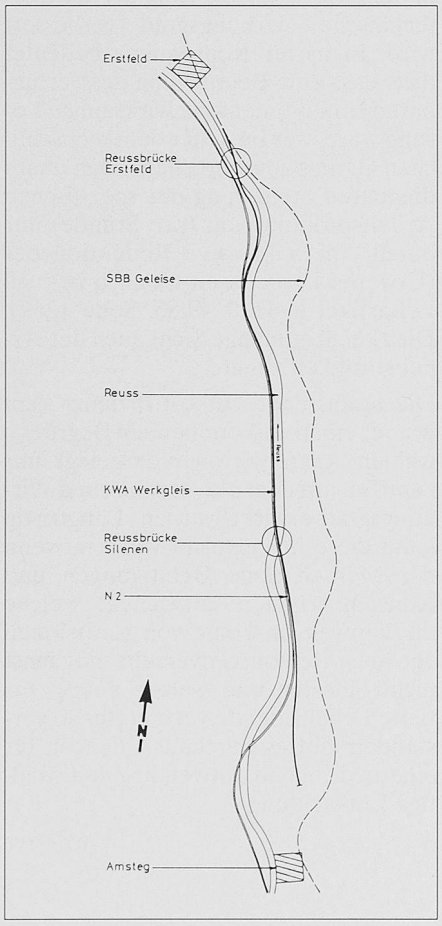


Bild 1. Schema Situation

Bild 2. Blick ins Reusstal Richtung Nord mit Ortschaft Erstfeld

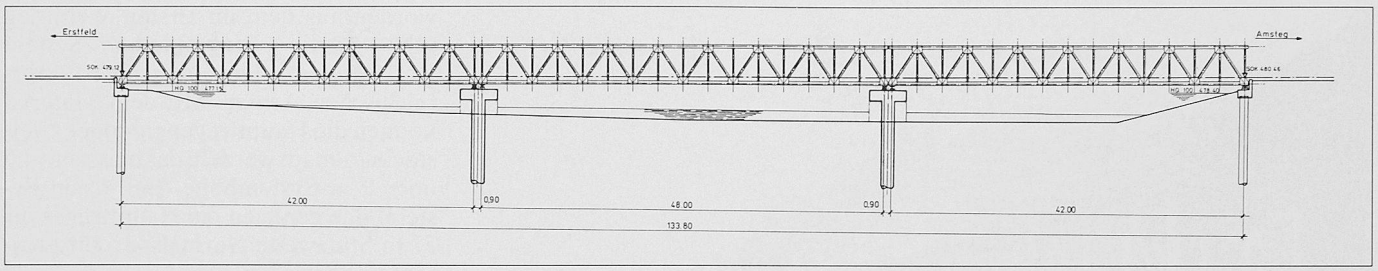


Bild 3. Brücke Erstfeld (Modell 1936)

Aufgrund der kurzen Termine, der Hochwasserrisiken und der eventuell späteren Wiederverwertbarkeit hat man sich für Stahlbrücken entschieden. Im Gespräch mit den SBB bot sich die glückliche und sinnvolle Gelegenheit, bereits vorhandenes Notbrückenmaterial des Militäreisenbahndienstes einzusetzen. Wegen der Verfügbarkeit, den geforderten Spannweiten und des geforderten Durchflussprofils der Reuss bei Hochwasser wurden zwei verschiedene Brückenmodelle gewählt, nämlich:

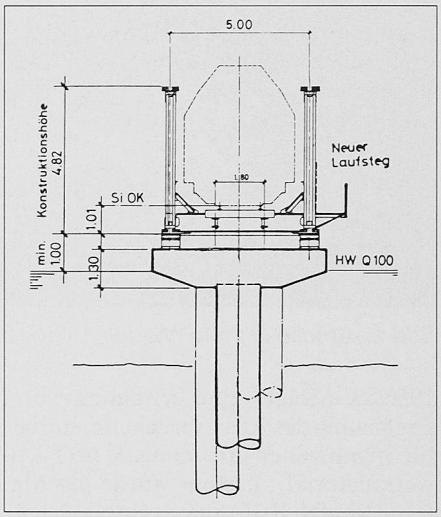
- das Modell 1936 für die Reussbrücke Erstfeld und
- das Modell SKR für die Reussbrücke Silenen.

Der äusserst knappe geforderte Fertigstellungstermin vom 1. Februar 1994 bedingte, dass die Arbeiten für die Brückenpfeiler in der Reuss bereits anfangs März 1993 begonnen und vor Einsetzen der Schneeschmelze, also vor Ende Mai 1993, abgeschlossen sein mussten. Die Baukommission KWA erteilte am 19. November 1992 dem Bauamt Uri, das mit den Örtlichkeiten am besten vertraut war, den Auftrag, im «absoluten Eilverfahren» die Machbarkeit in technischer, rechtlicher und akzeptanzmässiger Hinsicht zu prüfen und ein Projekt zu erstellen. Am 8. März 1993 konnte mit den Bauarbeiten begonnen werden. In knapp vier Monaten galt es, ein Projekt zu erarbeiten, den Landerwerb zu tätigen, das Auflage- und Genehmigungsverfahren durchzuführen, viele Spezialbewilligungen einzuholen, die Submission durchzuführen, die Arbeiten zu vergeben und die Werkverträge auszufertigen und zu unterzeichnen. Alle Arbeiten wurden pauschal vergeben. Sie waren ein höchst willkommener Beitrag zur Verbesserung der Arbeitssituation im Tiefbau und Metallgewerbe. Das Werkgleis mit Gesamtkosten von 12,5 Mio. Franken konnte nach einer Bauzeit von acht Monaten, Mitte November 1993, fertiggestellt werden. Die kurze Realisierungszeit – von der Idee bis zur Fertigstellung von nur einem Jahr – erforderte von allen Beteiligten grosse Disziplin und eine optimale Zusammenarbeit.

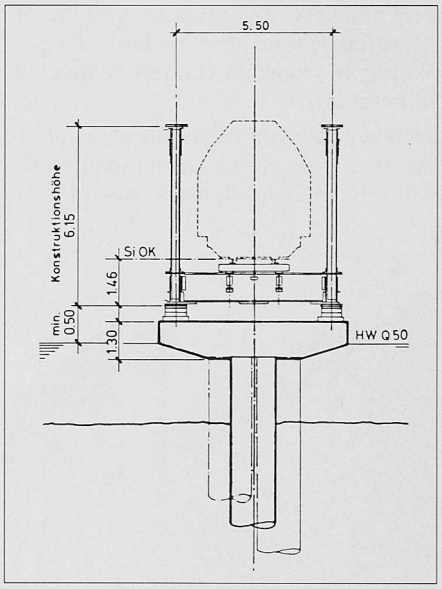
Militär-Notbrückenmaterial

Vor dem Ersten Weltkrieg verfügte die Schweiz über keine Notbrücken für die Bahn. Nach Ausbruch des Ersten Weltkrieges wurden im ersten Kriegswinter (1914/15) 180 m vollwandige Ersatzbahnbrücken, das Modell 1915, angeschafft mit Spannweiten von max. 18 m (eingeschossig) oder 27 m (zweigeschossig). 1917 wurden vier weitere Brücken zu 30 m und fünf zu 20 m Stützweite, das Modell 1917, gekauft. 1935 beschaffte das Eidg. Befestigungsbüro zum Alteisenpreis von 4 Rp./kg 18 Träger DIN 100, woraus neun Brücken zu 14 m Länge entstanden, das Modell 1935. Das erwähnte, durch die Armee erworbene Material war in der Verwendung, wegen der Festlegung auf unveränderbare Stützweiten und der uneinheitlichen Zusammensetzung der Elemente, stark beschränkt.

Mit den vorhandenen, vollwandigen Modellen konnte man nur Brücken mit Öffnungen bis max. 30 m Stützweite bauen. Es drängte sich daher das Bedürfnis nach einem Ersatzbrückensystem für grössere Spannweiten auf, was nur mit einem Fachwerksystem möglich ist. Es entstand das Modell 1936. Während des Zweiten Weltkrieges standen eine totale Länge von 210 m dieses Modells zur Verfügung.



Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde das Kriegsbrückenmaterial mehrmals ergänzt, mit vollwandigen Hilfsbrücken und Spannweiten bis 30 m sowie mit Jochmaterial für Abstützungen.



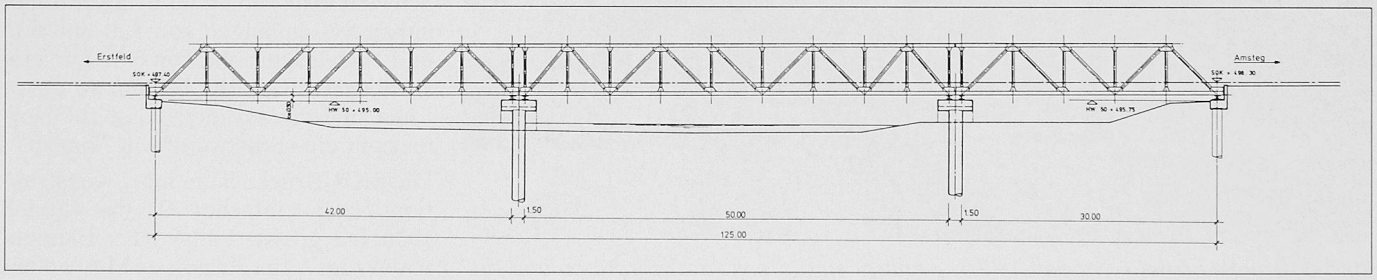


Bild 4. Brücke Silenen (Modell SKR)

Bild 5. Brücke Erstfeld Modell 1936. Blick flussabwärts

1950/53 erfolgte eine erwähnenswerte Ergänzung des Kriegsbrückenmaterials für Spannweiten grösser als 30 m (Fachwerkmaterial): Erstens wurde das Material Modell 1936 ergänzt (totale Länge der aneinandergereihten einstöckigen Brücken = 424,5 m gegenüber vorher 210 m). Einen wesentlichen Fortschritt stellte in den Jahren 1950 bis 1953 zweitens die Beschaffung des Modelles SKR dar, das in Deutschland in grossen Mengen hergestellt und namentlich beim Wiederaufbau der zerstörten Rheinbrücken verwendet wurde. Von diesem Material (Stand der Technik Zweiter Weltkrieg) wurden von der Armee 293 m beschafft.

1989 wurde vom Generalstabschef der Armee sowie vom Kommandanten des Militäreisenbahndienstes beschlossen, all das oben erwähnte Brückenmaterial ohne Ersatz zur Liquidation freizugeben. Deshalb war es möglich, Material der Modelle 1936 und SKR für das Werkgleis Erstfeld-Amsteg einzusetzen. Das Material stammt von den militärischen Lagerplätzen Frutigen und Gurtnellen.

Brückenmodell 1936: Fritz-Stüssi-Eisenbahnbrücke

Es ist bestimmt für die Überbrückung grösserer Spannweiten von 30 bis 78 m ohne Zwischenunterstützung. Es besteht aus zwei fachwerkförmigen Hauptträgern, im Abstand von 5 m, die einen Fahrbahnrost aus Quer- und Längsträgern tragen, der nach Bedarf unten oder oben angeordnet werden kann. Dieser Brückentyp ist entwickelt worden aus dem im Ersten Weltkrieg sehr häufig verwendeten System Roth/Wagner der ehemaligen österreichischen Armee. Mit dem Material können die Hauptträger ein- oder zweistöckig gebaut werden, das heisst mit 4,5 oder 9 m Systemhöhe. Bei 4,5 m Systemhöhe genügen die Hauptträger für 57 m Stützweite Normalspur, für grössere Spannweiten bis 78 m müssen sie zweistöckig gebaut werden. Während alle Streben unter sich gleich lang und vollständig vertauschbar sind, so sind die Gurtelemente in Längen von 3 m und 6 m vorhanden, damit die benötigten Spannweiten von 30 m bis 78 m in 3-m-Stufen variiert werden können. Die Gurtungen können entsprechend den Gurtkräften mit Lamellen verstärkt werden. Die genormten Elemente haben eine Länge von max. 6,4 m (langer Endgurt) und eine Masse von max. 830 kg (Querträger). Ursprünglich ist dieses System vor allem für den Freivorbau konzipiert worden, wozu besondere, auf den Obergurten fahrbare, leichte Derrickkrane vorhanden waren. Während mit einem Kran ein Gegengewichtausleger am Lande zusammengesetzt wird, baut der zweite Kran Element um Element vor sich zusammen, bis er auf dem gegenüberliegenden Widerlager ankommt. Ausserdem ist natürlich auch hier der Einbau auf festem Gerüst mit Bockkran oder der Einbau von grösseren Hauptträgerschreiben mit fahrbaren Drehkranen möglich.

Das Brückenmodell 1936 hatte damals bei der Beschaffung den Vorteil, dass die Elemente sehr leicht waren. Es erfordert aber, insbesondere als zweistöckige Brücke bei grosser Spannweite, sehr viel Material und damit sehr viel Arbeit.

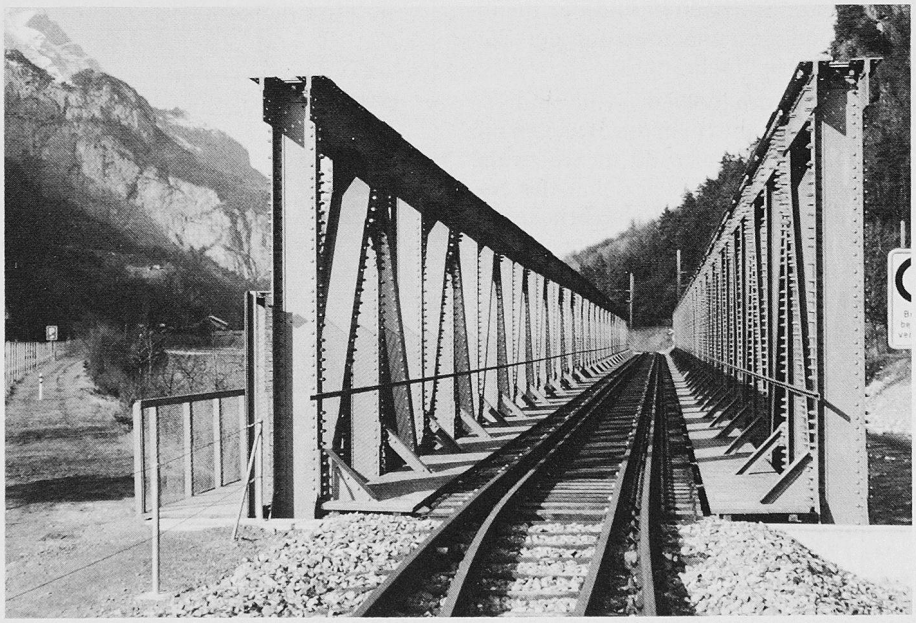


Bild 6. Brücke Erstfeld, Modell 1936. Sichtbar sind die vielen Schrauben und die Fangschienen als Entgleisungsschutz

Brückenmodell SKR: Schaper-Krupp-Reichsbahnbrücke

Im Zusammenhang mit der Aufrüstung des Deutschen Reiches vor dem Zweiten Weltkrieg wurde ein Kriegsbrückensystem für schwere Eisenbahnzüge und für grössere Stützweiten in Zusammenarbeit der Deutschen Reichsbahn und der Firma Krupp ausgearbeitet. Es handelt sich um Fachwerkbrücken aus zwei Hauptträgern mit oben- oder untenliegender Fahrbahn aus Quer- und Längsträgern zur Schwellenlagerung. Die Brückenträger haben Systemlängen von 5 m und 6 m und eine Trägerhöhe von 6 m. Die einstöckige Brücke, die bei uns in erster Linie in Frage kommt, lässt für Normalspur eine Stützweite von 72 m zu.

Die SKR-Brücke ist in ihrer Konstruktion etwas einfacher als das Modell 1936. Die grösste Länge eines Elementes beträgt 7,6 m, die grösste Masse eines Elementes aber 2800 kg, weshalb ent-

sprechend schwerere Hebezeuge erforderlich sind als beim Modell 1936. Die Variation der Feldweiten von 5 m und 6 m erlaubt, die Stützweiten der Brücken von Meter zu Meter zu variieren. Der Hauptträgerabstand beträgt 5,5 m. Entsprechend den Gurtkräften können ebenfalls die Gurtungen verstärkt werden. Entsprechend der Grösse des Bauwerkes und den grösseren Belastungen wurde früher ein schwerer, elektrisch betriebener Derrick-Kran verwendet.

Die Montage dieser Brücken erfolgte bisher grundsätzlich gleich wie beim Modell 1936. Auch bei diesem Modell war das Längseinschieben ursprünglich nicht vorgesehen.

Brücken Erstfeld und Silenen

Die Gleisachse konnte so angelegt werden, dass die beiden rund 2,5 km entfernten Brücken auf je einer Geraden liegen. Aufgrund der Gesamtlänge, der Grenzspannweite der Modelle sowie der Flusseinengung entschloss man sich für je drei Brückenfelder mit zwei Flusspfeilern. Bei der Brücke Silenen musste die Lage der Flusspfeiler denjenigen der bestehenden Autobahnbrücke angepasst werden. Dies führte zu Spannweiten zwischen 30 und 50 m. Beide Brücken sind als Folge von drei aneinandergereihten Fachwerk-Einfeldträgern mit trogförmigem Querschnitt und untenliegender Fahrbahn konzipiert. Jeder Einfeldträger ist einseitig fest und anderseitig längsbeweglich gelagert.

Beide Brücken-Modelle haben im Regelfall eine sogenannte gerade Lagerung, das heisst, die Lager liegen auf einer Senkrechten zur Brückenachse. Da aber die Reuss unter einem spitzen Winkel von rund 25 bis 30 Grad überquert wird und die scheibenförmigen Pfeiler in Fliessrichtung der Reuss stehen müssen, waren tischförmige Pfeilerköpfe notwendig. Durch die aussermittige Auflagerung der Einfeldträger werden Pfeiler und Pfeilerkopf beim Überfahren des Zuges wechselseitig exzentrisch belastet.

Bei der Brücke Erstfeld durfte die Konstruktionshöhe zwischen Oberkante Schiene und Unterkante Brücke nicht grösser als 1,0 m sein. OK Schiene war gegeben durch die maximale Steigung von 10 ‰ ausgehend vom Bahnhof Erstfeld, während UK Brücke mind. 1,0 m über dem 100jährigen Hochwasserspiegel liegen musste. Diese Bedingung erfüllte nur das Modell 1936.

Bei der Brücke Silenen stand genügend Konstruktionshöhe zur Verfügung, so dass sich dort das Modell SKR besser eignete.

Bild 7. Brücke Silenen, Modell SKR, Blick flussabwärts

Reussbrücke Erstfeld, Modell 1936

Merkmale:
- Die Spannweiten von 42 m, 48 m, 42 m sowie die zwei Zwischenabstände von 0,90 m ergeben eine Gesamtlänge der Brücke von 133,80 m
- Brückenbreite bzw. Hauptträgerabstand 5,0 m, Hauptträgerhöhe rund 4,70 m
- Masse der Stahlkonstruktion rund 3 t/m, total 400 t
- Haupt- und Querträger in Stahl St 52 (FeE 355) Längsträger und Verbände in Stahl St 37 (FeE 235)
- Alle Montageverbindungen geschraubt

Besonderheiten:
- Das Brücken-Modell 1936 weist spezielle Schrauben mit hutförmigen Muttern auf, von denen rund 40 000 Stück verwendet wurden. Die Schraubenmasse allein beträgt rund 250 kg/m Brücke.
- An der Aussenseite flussabwärts wurde ein neuer Laufsteg für die öffentliche Benutzung angebaut.
- Auf Dilatationseinrichtungen der Schienen zwischen den Einfeldträgern wurde verzichtet und dafür die Schiene jeweils auf 1/3 der Hauptträgerspannweite (Seite feste Lagerung) unverschieblich und auf 2/3 der Spannweite längsverschieblich befestigt.

Reussbrücke Silenen, Modell SKR

Merkmale:
- Die Spannweiten von 30 m, 50 m, 42 m sowie die zwei Zwischenabstände von 1,50 m ergeben eine Gesamtlänge von 125 m
- Brückenbreite bzw. Hauptträgerabstand 5,50 m, Hauptträgerhöhe rund 6,15 m
- Masse der Stahlkonstruktion rund 4,0 t/m, total 500 t
- Hauptträger in Stahl St 52, Rest in Stahl St 37
- Querträgerabstand 5 m bzw. 6 m
- alle Montageverbindungen geschraubt.

Besonderheiten:
- total rund 25 000 Schrauben für die Montageverbindungen
- keine Dilatationseinrichtungen bei Schienen, analog Brücke Erstfeld.

Brücken-Unterbau

Beide Brücken weisen dieselbe konstruktive Gestaltung des Unterbaues auf. Aus terminlichen Gründen und um die Gefahr einer Gewässerverschmutzung zu vermeiden, wurden für die Fundation der Pfeiler und Widerlager verrohrte Bohrpfähle ø 1,50 m verwendet. Zusätzlich wurden diese Pfähle mit einem strumpfartigen Kunststoffgewebe ausgerüstet, um das Ausfliessen des Frischbetons einzudämmen. Jeder Pfeiler weist 3 in einer Reihe liegende Pfähle auf, die bis rund 18 m unter die Reusssohle reichen. Die aufgehenden Teile der Pfeiler und Widerlager wurden in Ortsbeton hergestellt. Um wiederum eine Gewässerverschmutzung auszuschalten, wurde als verlorene Pfeilerschalung ein geschlossener Stahlkasten über die Pfahlköpfe gestülpt und vorgängig abgedichtet.

Statische Nachrechnung der Überbauten

Überblick

Die eingesetzten Ersatzbahnbrücken Modell 1936 und Modell SKR wurden für die Spannweiten von 48 m und 50 m gemäss den neuen Tragwerksnormen

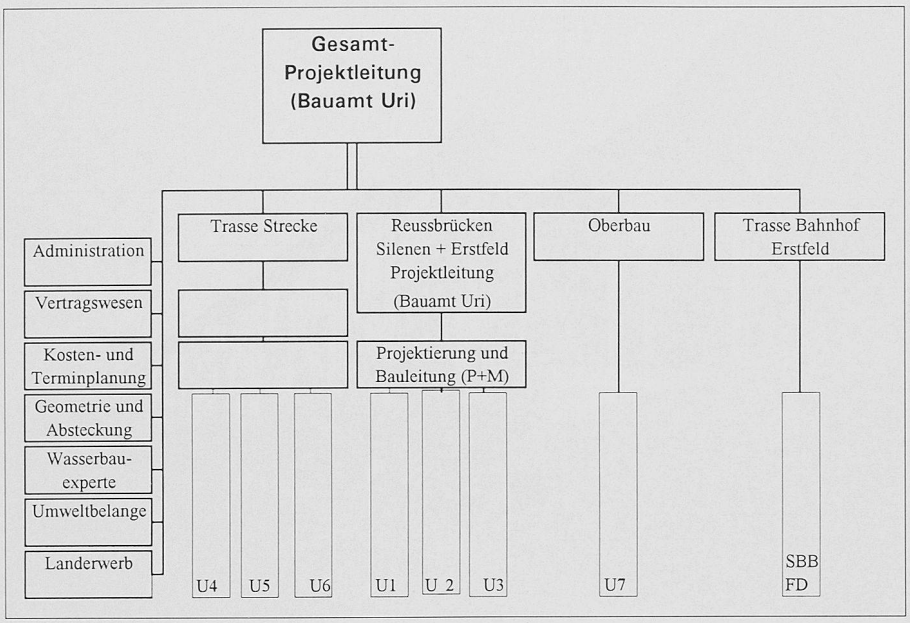


Bild 8. Projektorganisation in Projekt- und Submissionsphase

SIA, mit gewissen Erleichterungen für bestehende und provisorische Brücken, statisch nachgerechnet. Es konnte nachgewiesen werden, dass diese «Vorkriegsbrücken» auch heutzutage noch den aktuellen Anforderungen an Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit zu genügen vermögen.

Ursprüngliche Lastannahmen

Für das Modell 1936 wurde die provisorische Belastungsnorm 1917 der SBB zugrunde gelegt. Das Modell SKR wurde 1942 aufgrund den damals gültigen deutschen «Berechnungsgrundlagen für stählerne Eisenbahnbrücken» (BE, 3. Auflage 1934), für den Lastenzug E entwickelt.

Neue Normen

Überschlägige Vergleichsberechnungen mit heutigen Lastannahmen und dynamischen Beiwerten ergaben bis zu 36 Prozent grössere Schnittkräfte. Andererseits erlauben die neuen Berechnungsweisen höhere Materialausnützungen als früher, und die ursprünglichen Grenzspannweiten sind nicht ausgeschöpft. Eine gemäss neuen Anforderungen genügende Tragsicherheit wurde deshalb vermutet. An Stelle von unübersichtlichen und ebenso aufwendigen Auf- und Abrechnungen der vielen geänderten Einflussfaktoren wurden seitens der Aufsichtsbehörde neue statische Nachrechnungen verlangt. Diese dienten auch als Grundlage für einen optimalen Materialeinsatz.

Erleichterungen

Aufgrund der beschränkten Einsatzdauer dieser Brücken sowie der geringen Zugsgeschwindigkeiten wurden folgende Annahmen getroffen:

- Anwendung der SBB-Weisung Bau GD 27/92 für die Beurteilung von genieteten Eisenbahnbrücken: Lastfaktor für Leiteinwirkung Bahnlasten auf 1,30 reduziert
- Ermüdungsberechnung gemäss des während der Einsatzdauer zu erwartenden Verkehrs
- Berücksichtigung der etwas geringeren dynamischen Beiwerte gemäss Eurocode-Entwürfen (CEN TC 250/ENV 1991, Teil 3, Kapitel 6).

Statische Nachrechnungen

Diese wurden durch den Projektverfasser erstellt und von den SBB als Prüfinstanz mittels unabhängigen Prüfberechnungen verglichen und kontrolliert.

Die Nachrechnungen erfolgten an zwei unabhängigen statischen Systemen, nämlich

- Hauptträger, Querträger, Längsträger und Windverbände als voneinander unabhängige ebene Einzelsysteme (wie bei ursprünglicher statischer Berechnung) und
- räumliches Stabtragwerk als Gesamtsystem

Bei der Berechnung mit Einzelsystemen wurden vorwiegend gelenkige Stabverbindungen zugrundegelegt, während bei der räumlichen Berechnung die Stäbe mehrheitlich biegesteif in den Knoten angefügt wurden.

Die Lasten (Eigenlast, ständige Auflast, Bahnlasten und Wind) wurden aufgrund der erwähnten SBB-Weisung und der SIA-Norm 160 (1989) eingesetzt. Die Nachrechnung erfolgt primär mit dem Bahnlastmodell 1 in ungünstigster Stellung und den unterschiedlichen dynamischen Beiwerten für die Hauptträger, Querträger und Längsträger.

Besondere Ergebnisse

Bei der räumlichen Berechnung des Gesamtsystemes erhalten die Längsträger zusätzliche Zugkräfte, da sie in der Zugzone der Fachwerkhauptträger liegen und durch die Querträger mit dem Fachwerk-Zuggurt verbunden sind. Entsprechend werden die Hauptträgerzuggurte etwas entlastet und die Querträger zusätzlich auf Querbiegung beansprucht. Die grösste Querbiegung tritt am zweitäussersten Querträger auf.

Die rechnerischen maximalen Durchbiegungen unter Bahnlastmodell 1 ergaben für die Mittelfelder:

bei der Brücke Erstfeld, Modell 1936	63 mm
bei der Brücke Silenen, Modell SKR	30 mm

Das leichter konstruierte Brücken-Modell 1936 ist stärker beansprucht. Kritische Punkte sind die Längsträgeranschlüsse an die Querträger im Ermüdungsfall sowie die zweitäussersten Querträger, welche auf «Design-Niveau» eine Teilplastifizierung erleiden würden. Alle anderen Bauteile erfüllen das Rechenverfahren EE (elastisch/elastisch) für Stahlbauten nach SIA-Norm 161.

Belastungsversuche

Gemäss SIA-Empfehlung 169 A2 12 sind bei Brücken über 20 m Stützweite Belastungsversuche anzuordnen. Im Hinblick auf die weitere Verwendung des Restmaterials dieser Brückentypen sowie dem allgemeinen Tragverhalten von älteren stählernen Eisenbahnbrücken mit offener, untenliegender Fahrbahn waren folgende Fragen von Interesse:

- Durchbiegungsverhalten, insbesondere des relativ weichen Modells 1936 (evtl. Schlupf bei Schraubenverbindungen)
- Treten die rechnerischen Querbiegungsbeanspruchungen der Querträger in voller Grösse auf?

Die Messgruppe der SBB-Baudirektion in Bern führte am 12. November 1993 die Belastungsversuche durch. Es wurde ein Lokomotivzug, bestehend aus 2 Lok Ae 4/7 und dazwischen 1 Diesel-Lok Bm 4/4 mit 318 t Gesamtmasse gebildet.

Messresultate

Durchbiegungen		gerechnet	gemessen
Modell 1936	L = 48 m	39,8 mm	37,1 mm
	L = 42 m	27,7 mm	25,6 mm
Modell SKR	L = 50 m	17,3 mm	18,0 mm

Es wurden keine Schlupferscheinungen unter Bahnlast festgestellt.

Stahlspannungen	gerechnet	gemessen
Modell 1936 L = 42 m		
Untergurt Feldmitte	55 N/mm²	55 N/mm²
Untergurt Randbereich	30 N/mm²	23 N/mm²

Die gemessene Spannungsverteilung am zweitäussersten Querträger bestätigte den Einfluss der Querbiegung. Allerdings waren die gemessenen Spannungen zufolge lokaler Einflüsse (Versteifung und Verteilwirkung von Knoten und Anschlussblechen usw.) geringer als die theoretisch gerechneten. Auch im Längsträger wurden kleinere Spannungen gemessen. Dies ist auf die Mitwirkung des Gleisrostes zurückzuführen.

Ausführung und Montage

Beide Modelle bestehen aus vielen stab- und plattenförmigen Elementen, die auf dem Bauplatz (Montageplatz) durch ungezählte Passschrauben zusammengefügt wurden. Die stabförmigen Elemente mit mehrteiligem Aufbau sind genietet.

Das beauftragte Unternehmerkonsortium Marti/ Ebag Altdorf hat sich dafür entschieden, beide Brücken hinter dem rechtsufrigen Widerlager zusammenzubauen und im Taktschiebverfahren längs einzuschieben. Dazu mussten die drei einfeldrigen Brückenträger biegesteif zusammengehängt werden. Das Schieben im Takt ergab sich aus dem beschränkten Montageplatz und dem Korrosionsschutz. Die Brücke glitt in erhöhter Lage auf Teflonplatten («Gleitschuhe»), die jeweils an der Unterseite der Fachwerkknoten befestigt waren, über die Pfeiler zum gegenüberliegenden Widerlager. Bei der Brücke Erstfeld wurden nur die starken Knoten als Auflager verwendet. Um das Schieben über das erste Feld bezüglich Gegengewicht und seitlicher Stabilität bei Wind zu entschärfen, wurde ein Vorbauschnabel von 25 m Länge eingesetzt und an der Brückenspitze befestigt.

Auf den Pfeilern wurden Hilfsträger von rund 7 m Länge montiert, so dass jederzeit mindestens ein Gleitlager der Brücke dort aufsass. Erreichte die Vorbauschnabelspitze diese Hilfsträger, so wurde mit den dort montierten vertikalen Pressen der Durchhang der Spitze wieder angehoben. Die Durchbiegungen betrugen im Mittelfeld bei Brücke Erstfeld rund 14 cm und bei Brücke Silenen rund 7 cm. Das Schieben erfolgte mit einem hydraulischen Pressensystem. Nach dem Einschieben wurden die Brücken wieder in drei Einfeldträger getrennt und dann auf die endgültige Höhe der Lager abgesenkt. Zuletzt wurden die hölzernen Brückenschwellen und die Laufstege montiert.

Um der Brücke einen genügenden Schutz gegen Korrosion und ein gefälliges Aussehen zu verleihen, wurde die gesamte Konstruktion mit neuer Farbbeschichtung, Aufbau 2 x 50 my Alkydharz-Farbe, versehen. Dies erfolgte aus Umweltschutzgründen in einem Schutztunnel.

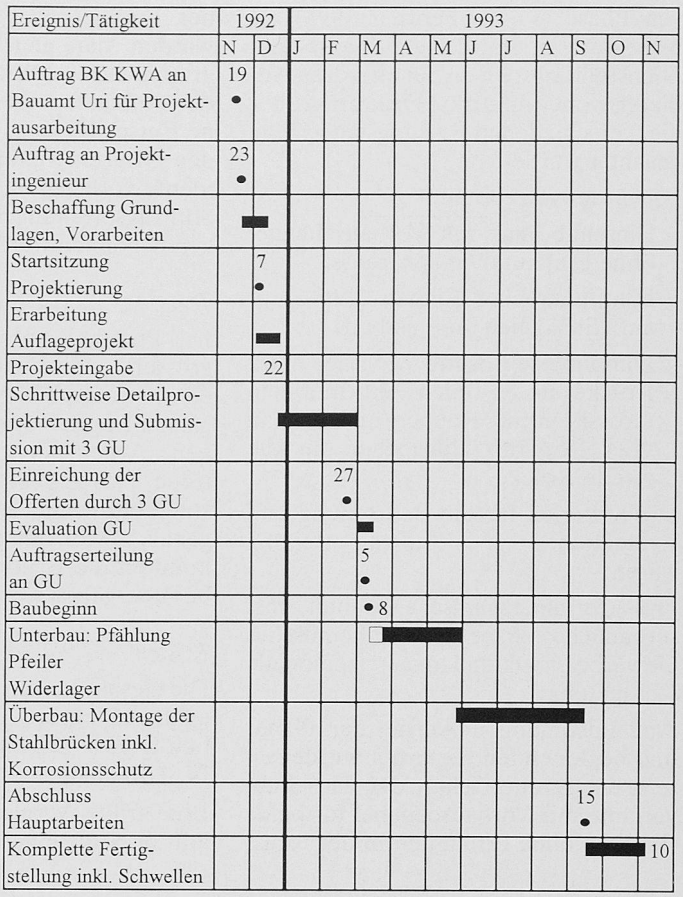


Bild 9. Terminprogramm für Projektierung und Bauausführung

Projektorganisation, Termine und Kosten

Projektierungsablauf:

Aus Termingründen wurde für die Ausarbeitung des Projektes und die Ermittlung des Unternehmers ein eher unkonventionelles Vorgehen gewählt. Gleichzeitig mit Projektierungsbeginn durch den beauftragten Bauingenieur wurden drei erfahrene Brückenbau-Unternehmerkonsortien in ein Submissionsverfahren auf Einladung einbezogen mit dem Ziel, pro Anbieter für beide Brücken verbindliche Angebote mit Festpreisen innert der sehr kurzen Frist von weniger als zwei Monaten zu erhalten.

Hierfür wurden den Unternehmern zu Beginn die Projektierungs- und Offertgrundlagen mit allen Rahmenbedingungen übergeben, wobei das Projekt im Bereich Unterbau praktisch feststand, für den Überbau im Rahmen der zwei vorgesehenen Bausysteme, insbesondere bezüglich Montage, relativ grosser Spielraum für kreative Überlegungen bestand. Als Baubeginn wurde anfangs März 1993 fest vorgegeben; den wasserbaulichen Gegebenheiten im Reussbett (Hochwasserrisiko ca. ab Juni) war besonders Rechnung zu tragen. Die Schnittstellen zum projektierenden Ingenieur (inkl. örtliche Bauleitung) wurden sauber festgelegt. In je fünf Sitzungen der Projektingenieure und Experten mit den Unternehmerkonsortien wurden schrittweise drei Projekte bzw. Angebote bis zur Vertragsreife erarbeitet, die sich insbesonders im Bereich der Montage der Stahlüberbauten deutlich voneinander unterschieden. Der bauherrenseits beauftragte projektierende Ingenieur war in dieser wichtigen und arbeitsintensi-

Die Beteiligten

Bauherrschaft: Kraftwerk Amsteg AG vertreten durch: P. Püntener, Vizepräsident der Baukommission

Generalplaner: IUB, Ingenieurunternehmung AG, Bern

Projektleitung: Bauamt Uri, Altdorf, H. Huber, E. Frei

Oberbauleitung: IUB, c/o Peter Bucher AG, Ingenieurunternehmung, Luzern

Projektierung und Bauleitung: Plüss + Meyer Bauingenieure AG, Luzern

Beratung und Prüfingenieur: Brückendienste SBB

Unternehmer Reussbrücken: Generalunternehmung Marti AG, Altdorf/ E. Baumann AG, Altdorf

Materiallieferung Brücken-Überbau: SBB Brückenrotte Kreisdirektion II, Luzern

ven Phase (Januar/Februar 1993) sowohl Berater, Statiker, Auskunfts- und Dienstleitungsperson für die drei Anbieter, wobei auf strikte Diskretion über die verschiedenen Lösungsvorschläge geachtet wurde.

Es wurden angeboten:

- Einschub längs mit Vorbauschnabel ohne Einbauten in der Reuss.
- kontinuierlicher Einbau über Kopf auf Hilfsjochen im Flussbett.
- kombinierte Lösung: Montage einer Brücke in 3 Teilen mit mobilem Grosskran auf Raupen und Einbau über Kopf ab Hilfsjochen für die zweite Brücke.

Die Kriterien für die Beurteilung und Evaluation zur Auftragserteilung waren:

Preis, Termin, technische Qualität, wasserbauliche Aspekte, einheimisches Gewerbe, Ökobelange, personelle Kompetenz.

Auf einstimmigen Antrag der Planer und begleitenden Experten wurde seitens der Bauherrschaft der Einschubvariante mit Vorbauschnabel für beide Brücken ohne Einbauten in der Reuss der Vorzug gegeben. Beide Brücken wurden der gleichen Unternehmergruppe zugeschlagen. Die andern beiden Anbieter erhielten eine bescheidene Entschädigung. Da mit der Abgabe der Offerten fixfertige Vertragsdokumente vorlagen, konnte am Tage nach Auftragserteilung mit den Vorbereitungen begonnen werden.

Termine

Das Projekt stand von Beginn an unter grossem Zeitdruck. Dies erforderte eine straffe Führung, flexibles und gleichzeitiges Vorgehen in verschiedenen Arbeitsbereichen und Termintreue. Das Ergebnis darf als gute Leistung bezeichnet werden. Innert weniger als 12 Monaten ab erster Projektidee konnten die Brücken dem Auftraggeber übergeben werden.

Kosten

Die Gesamtkosten der beiden Brücken, exkl. Honorare und Nebenkosten, betragen abgerechnet zusammen Fr. 4 898 000.–

Eine frühe Vergleichsrechnung zeigte auf, dass für eine Neubauvariante anstelle der Wiederverwendung des vorhandenen Brückenmaterials Mehrkosten von zirka 4,5 Millionen entstanden wären.

Zusammenfassung

Die beiden Brücken Silenen und Erstfeld konnten im Rahmen des Kostenvoranschlages innerhalb eines Jahres und bautechnisch einwandfrei ohne Zwischenfälle erstellt werden. Darüber dürfen alle am Projekt beteiligten Planer, Ingenieure, Bauleiter, Unternehmer und Arbeiter, aber auch die vielen Experten, Amt- und Fachstellen, Behörden und die Mitarbeiter des Bauamtes Uri und der SBB stolz sein.

Adresse der Verfasser: *Peter Püntener,* dipl. Ing. ETH, Kantonsingenieur Uri und Vizepräsident Baukommission KWA, Klausenstrasse 2, 6460 Altdorf; *Marcel Tschumi,* dipl. Ing. ETH/SIA, Chef Brückenbau, Generaldirektion SBB, Mittelstrasse 43, 3030 Bern; *Peter Roos,* dipl. Ing. ETH/SIA, Ingenieurbau, SBB Kreisdirektion II, Schweizerhofquai 6, 6002 Luzern; *Walter Meyer,* dipl. Ing. ETH/SIA, Mitinhaber Firma Plüss+Meyer Bauingenieure AG, Luzern.

ASIC-Artikelreihe: Neuzeitliche Aufgaben

Raumsimulationsprogramme

Möglichkeiten und Grenzen

Während der Vorstudien- und der Vorprojektphase können die Investitions- und Betriebskosten eines Gebäudes noch stark beeinflusst werden. Zu diesem Zeitpunkt werden wir als beratende Ingenieure oft vor die Aufgabe gestellt, die Auswirkungen von verschiedenen architektonischen Varianten auf die Raumtemperatur sowohl qualitativ als auch quantitativ zu untersuchen.

Statt wie bis anhin bei diesen gestellten Fragen nur auf Erfahrung und Intuition zu vertrauen, setzen wir seit einiger Zeit

VON ROBERT GSCHWEND, ST. GALLEN

mit gutem Erfolg Simulationsprogramme als Hilfsmittel zur Entscheidungsfindung ein.

Der Aufwand für solche Simulationsrechnungen ist recht gross. Wenn diese Berechnungen innerhalb des Planungsprozesses jedoch zur rechten Zeit und mit einer klar umrissenen Fragestellung durchgeführt werden, können damit die Effizienz der Planung erhöht und ein wesentlicher Grundstein für ein umfassendes Energiekonzept gelegt werden.

Nachfolgend wollen wir einige grundlegende Aspekte der Simulationsberechnung betrachten, das Einsatzgebiet und die nötigen Grundlagen erörtern sowie anhand von Beispielen aufzeigen, welche Resultate erwartet werden können.

Wo werden Simulationsrechnungen benötigt?

Für die Berechnung wird das zu bauende Gebäude als mathematisches Modell definiert. Die Raumtemperaturen und deren Schwankungen werden so berechnet, wie sie sich aufgrund der Aussenkonditionen und der Nutzung der Räume einstellen. Durch entsprechende Parameteränderungen können Varianten untersucht werden («was wäre, wenn?»). Simulationsprogramme sind wertvoll, um Fragen der folgenden Art zu klären:

- Wie wirken sich bauliche Massnahmen aus (z.B. schwere oder leichte Bauweise, verschiedene Glasanteile usw.)?
- Welchen Einfluss haben Sonnenschutzmassnahmen auf das Raumklima?
- Ist eine Raumkühlung nötig oder nicht?
- Welche Auswirkungen haben unterschiedliche Lüftungs- und Klimasysteme?
- Wie gross ist der Energieverbrauch der Anlagen?

Mit Simulationsprogrammen lassen sich externe Einflüsse und Speichervorgänge in massiven Bauteilen berechnen.