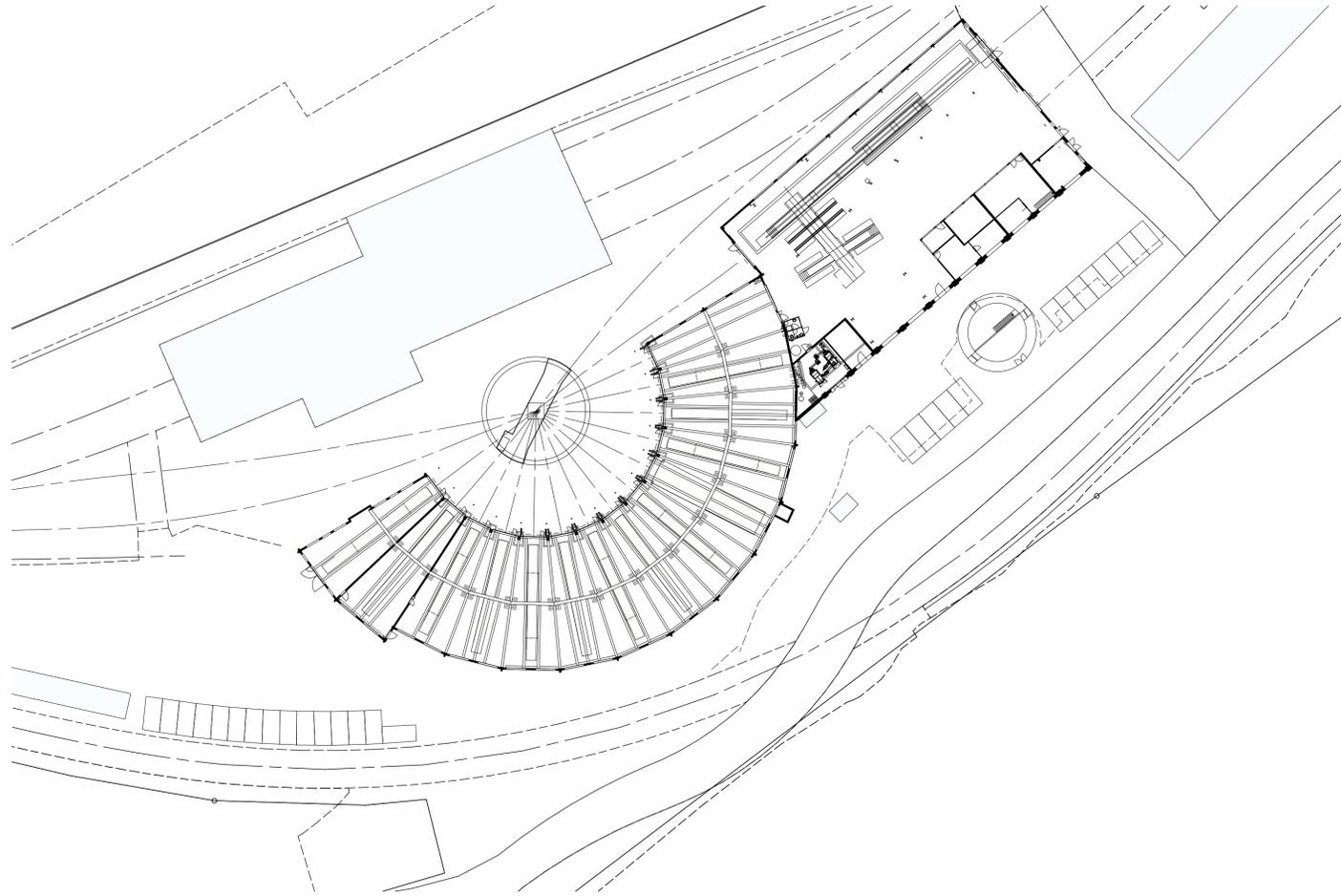
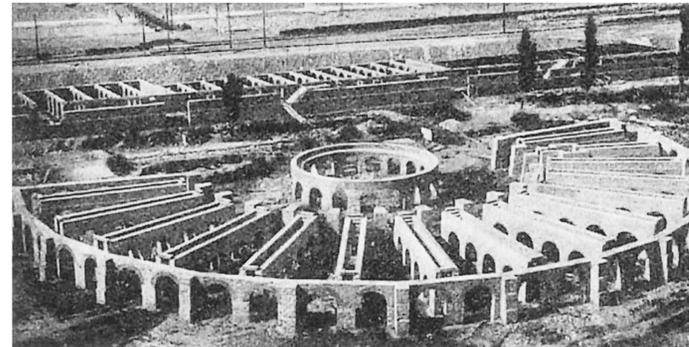


SEISMIC AWARD 2024

Restaurierung und Erdbebenertüchtigung SBB Roteunde Brig



Situation 1:500



Arcaden der Unterkonstruktion vor der Aufschüttung des Terrains, ca 1900



Depot- und Güterbahnhofsareal Brig mit Wasserturm, Kreissegmentremise, Werkstattanbau und Transitzugerschuppen. (Sammlung SBB Historic)

Das Bauwerk

Im 19. Jahrhundert legten Postkutschen und Reisende den Weg vom Wallis ins italienische Domodossola noch über den Simplonpass zurück. Mit der Eröffnung des Eisenbahntunnels 1906 wurde die Alpenquerung komfortabler, und am Schweizer Grenzbahnhof in Brig herrschte bald reger Personen- und Warenverkehr. Ein Zeuge des damaligen Ausbaus der Bahninfrastruktur ist die Lokomotivremise von 1904. Sie steht, wie das ganze Güterbahnhofsareal, auf aufgeschüttetem Ausbruchmaterial des Tunnels. Als Rundbauremise hat sie in der Schweiz Seltenheitswert - nur 16 davon gab es hierzulande. Die meisten sind verschwunden oder dienen musealen Zwecken, doch in der Kressegmentremise Brig deponiert und wartet SBB Cargo bis heute Lokomotiven.

Wie sich im Inneren zeigt, ist die Remise nicht nur eine typologische Besonderheit, sondern auch eine bautechnische. Im Untergrund nimmt eine gemauerte Rundbogenkonstruktion die Lasten auf. Die schlanke Tragkonstruktion aus Stahlbetonstützen und Rippendecken darüber ist ein frühes Schweizer Beispiel für das «System Hennebique», das der französische Ingenieur François Hennebique 1892 patentieren liess.

Massnahmen

VWARCH Architekten aus Visp konnten vor wenigen Jahren die angebaute Werkstatt und jüngst das Depot sanieren und ertüchtigen. Die äusseren Erneuerungen sind die augenfälligsten: Die zuletzt weiss gestrichene Fassade erhielt ihr ursprüngliches Ockergelb zurück, Sockel, Lisenen und Fenstereinfassungen sind dunkelgrau gestrichen. Die schadstoffbelastete Dachabdichtung wich einem leicht gedämmten Dachaufbau und für die maroden Oblichter fand man gleichartigen Ersatz. Auch die Falltore, durch die die Lokomotiven von der zentralen Drehscheibe in der Remise fahren, sind neu. Ungleich ihren Vorgängern sind sie aussen angeschlagen. Dank der wenigen Zentimeter Raumgewinn passen nun auch längere Lokomotiven auf die 14 Abstellplätze.

Die rohe Betonstruktur ist frisch gereinigt und repariert. Im Bereich von zwei Fassadensegmenten gewährleisteten Windverbände aus rohem Stahl die heutigen Anforderungen an die Erdbebensicherheit - eine Lösung, die Architekten und Bauingenieur gemeinsam entwickelten.

Grundriss

Schnitt 1-1

Schnitt A1-A1

Schnitt B1-B1

Schnitt C1-C1

Etappenübergang

Vorgesehene Massnahmen

5.1 Erdbeben

- Einbau Erdbebenverbinderungen
- 2 Verankerungen aus Stahl
- 1 neue Betonwand als Ersatz einer bestehenden Mauerwerkswand

5.2 Tragkonstruktion

Die Wasseraufnahmefähigkeit (Saugermögen) und damit die Karbonatisierung des Betons (Wechselwirkung feucht - trocken) soll stark reduziert werden.

Für eine schnelle und qualitativ hochwertige Arbeit sehen wir ein Flächengerüst auf ca. 4.50 m Höhe (unterhalb der Fahrlängung) vor. Die Gesamtlänge der Decke beträgt rund 1730 m². Die Abstellplätze in 2 Etappen ausgeführt werden. Die Fahrlängungen sind in dieser Zeit abgeschlossen, aber noch vor OC.

Bearbeitung Oberflächen Verriegelung

- Prüfung der Haftzugfestigkeit (muss >1.0 N/mm² sein) mittels Gitterschritt
- Anstrich: Ken-Fabrischutz auf der Betonoberfläche

MC Baucheemie Produkt

- Transparente Imprägnierung
- Hydrophobierung Emcothol VM oder Emcothol HC, 1x ca. 100-150 g/m², je nach Saugfähigkeit
- Aufbringen der transparenten Imprägnierung MC-Color Proof pure in 1-2 Arbeitsschritten (je nach Saugfähigkeit), 150000 g/m² pro Arbeitsschritt

oder

Transparente Verriegelung

- Hydrophobierung Emcothol VM, 1x ca. 100-150 g/m², je nach Saugfähigkeit
- Verriegelung MC-Color Proof pro, 2x ca. 150-180 g/m²

Sika Produkt

- Transparente Verriegelung
- Aufbringen der Lasuren Skagard 674 Latur W, matt in 2-3 Arbeitsschritten
- Bei zu glatter oder dichter Oberfläche muss mit Wasserstrahl ca. 250 bar die Oberfläche vorbereitet werden und ein Primer aufgebracht werden (z.B. Skagard 620W Aquaprem).

Instandsetzung Betonoberfläche

- Abschaltung der Fehlleitung
- Erstellung Flächengerüst auf ca. 4.50 m Höhe (unterhalb Fahrlängung)
- Erstellung Staub- und Trennwand
- Reinigung der Oberfläche mit Dampfdruck / Wasserhochdruck
- Abkleben der Oberflächen auf lose Stellen
- Abtrag der losen oder bereits getrennten Betonanteile
- Bei Abklebungen: Betontragmasse maschinell ökonomisch bis 1-2 cm hinter Bewehrungsstellen, mindestens jedoch 10 des Durchmessers freilegen
- Entlasten der Bewehrungsstellen von Hand / maschinell, Reinheitsgrad Sa 2 bis Sa 2.5
- Aufbringen des Korrosionsschutzes in mehreren Arbeitsschritten
- Warte- und Ausführungszeit
- Aussparungen von Rissen (haftschlüssig) bei Betonstützen

Verriegelung/Lasuren der gesamten Oberfläche
(Erhöhung des Karbonatisierungsschutzes Steigerung der CO₂Dichtigkeit)

- Prüfung der Haftzugfestigkeit (muss >1.0 N/mm² sein) mittels Gitterschritt
- Aufbringen der Lasuren in 2-3 Arbeitsschritten gem. Ergebnissen aus Bearbeitung

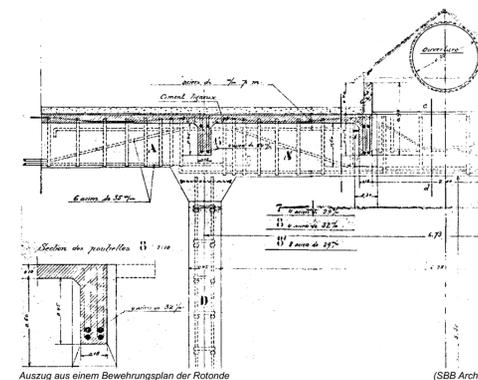
Beton	Erdbetten	Betonriegel
gemäss SN EN 12620	Wände	Bodenplatte
C20/20	C20/20	C20/20
Druckfestigkeitsklasse	XC1/SG2	XC1/SG2
Expositionsklasse	CL 0.10	CL 0.10
Chloridgehaltklasse	30 mm	32 mm
Gründeltiefe in Mass	C3	C3
Konkretionsklasse	Seite A	Seite A
Bemerkung		

Legende	Bewehrung	Ueberdeckung
Ortbeton	Stabstahl	ungeschützte Flächen
Ortbeton Sicht Typ 4.1.4	B 500B	Witterung ausgesetzt
Ortbeton Ansicht		Witterung entzogen
Obere Wände Beton		
Beton Vorlängert	Schalungstyp	
Beton Vorlängert Ansicht	generell	Typ 2
Beton bestehend		
Mauerwerk bestehend		

SBB Brig, Roteunde			
Übersichtsplan / Oberflächenbehandlung			
Ausführung			
Plan-Nr.	2998.19-003D	Messstab:	Dat. 03.08.2020
Rev. A	27.11.20: Arbeitsplattform geneigt	Gez. SD	Kont. T.H.C.
Rev. B	02.12.20: Arbeitsplattform geneigt	Format:	6570
Rev. C	01.04.21: Ausführungsplan		

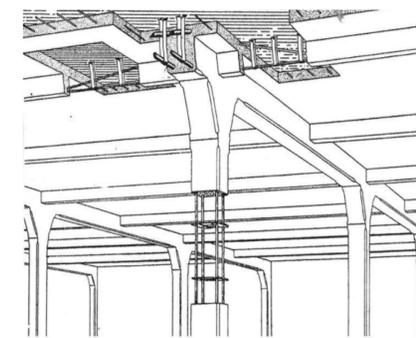
Übersichtsplan

Borgogno Eggenberger Bauingenieure



Auszug aus einem Bewehrungsplan der Roteunde

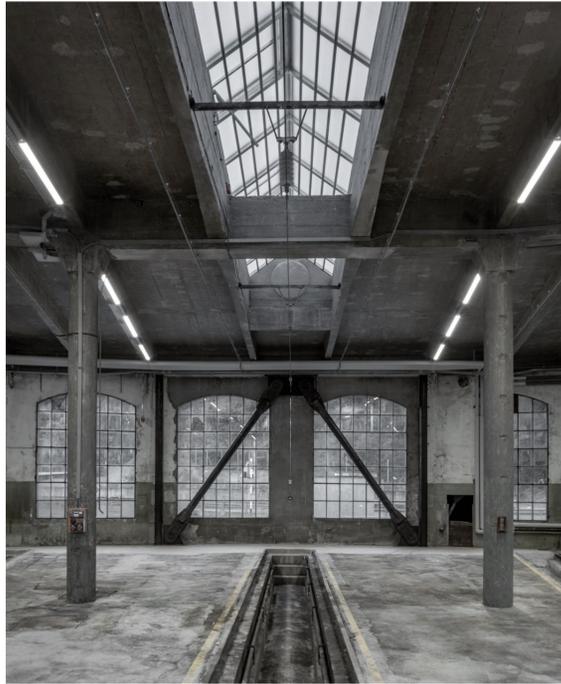
(SBB Archiv)



Systemskizze Typ Hennebique. Säulen, Balken und Deckenplatte werden als Ganzes bewehrt. Die Anschlüsse werden durch sogenannte Vouten verstärkt.

Architektur

Die Roteunde in Brig ist die einzige mit dieser Typologie in der Schweiz, welche noch in regulärer Funktion ist. Entsprechend wurde auf eine sorgfältig schonende Sanierung und Restaurierung geachtet. Im Inneren wurden die Wände absichtlich nicht bearbeitet und die Fenster nicht ersetzt um die Spuren der Zeit erkennbar zu behalten. Die Eingriffe für die Erdbebenertüchtigung sollten wie möglich nicht nutzungseinschränkend und möglichst zurückhaltend sein, jedoch bei näherer Betrachtung erkennbar. Aus diesem Grund wurden die Stahlverstreben in rohem Stahl belassen und der Ersatz einer Zwischenwand in Sichtbeton ausgeführt. Die Fassade hat nun ihre ockerfarbene Originalfarbe wieder erhalten und die voll verglasten Tore bringen viel Licht in das Innere und lassen so von aussen die Typologie besser erkennen.



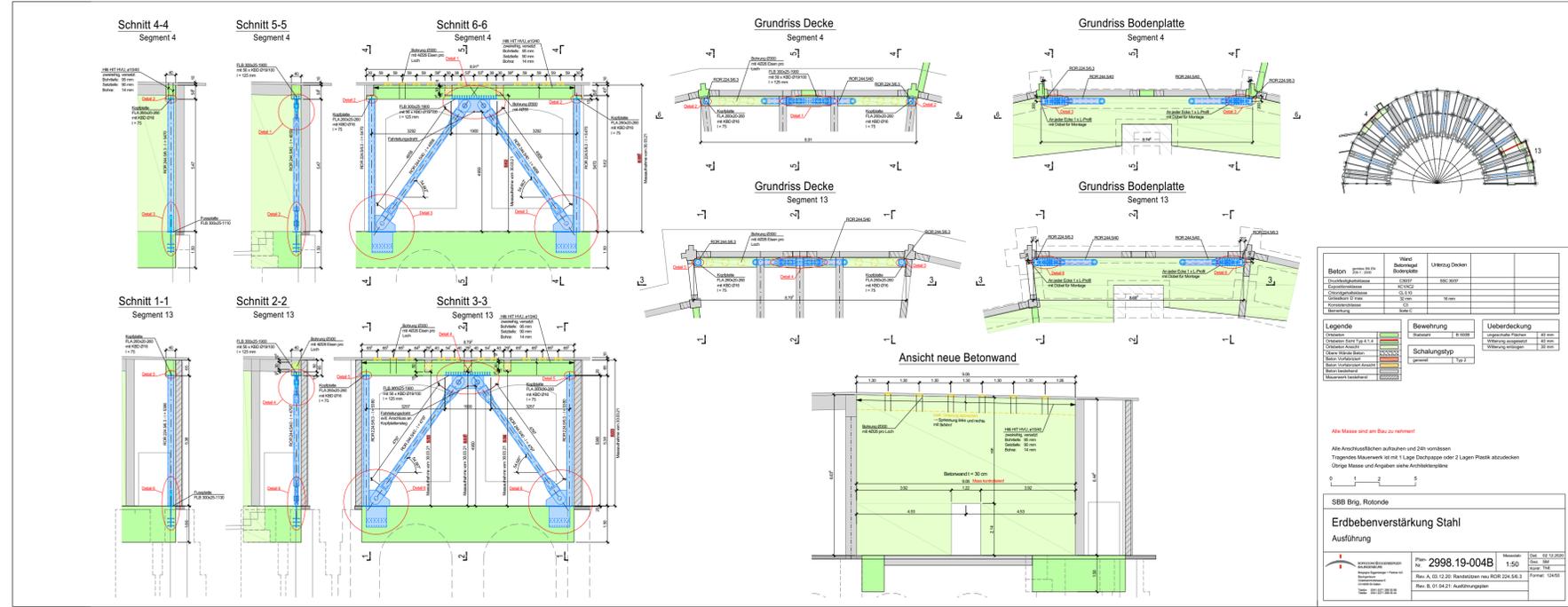
Erdbebensicherung nach der Restaurierung 2022 (Thomas Andenmatten)



Innenraum Rotonde nach der Restaurierung 2022 (Thomas Andenmatten)



Innenraum Rotonde nach der Restaurierung 2022 (Thomas Andenmatten)



Erdbebenverstärkung Stahl

Borgogno Eggenberger Bauingenieure



Aussenansicht Rotonde mit neuen Toren 2022 (Thomas Andenmatten)



Aussenansicht Rotonde 2022 (Thomas Andenmatten)



Die Rotonde während dem Rohbau um 1904. Die Arkaden sind bereits zugeschüttet. (Sammlung: SBB Historik)



Erdbebenertüchtigung Segment 13 (Gerold Vomsattel)

Statischer Lösungsansatz

Im Rahmen der statischen Überprüfung der Rotonde hat sich gezeigt, dass die Erdbebensicherheit nicht gegeben ist. Für die Bauwerksklasse BWK II-i ist ein Erfüllungsfaktor von $\alpha_{\min} \geq 0.40$ gefordert. Die Rotonde hat einen Wert von $\alpha_{\text{eff}} = 0.12$. Massnahmen waren zwingend notwendig (SIA 269/8). Die Notwendigkeit der Verstärkungen war somit unbestritten.

Anhand der statischen Analyse (Kraftbasiertes Verfahren mit Antwortspektren, Pushover Methode) wurde klar, dass sich mit verhältnismässig geringem Aufwand ein Erfüllungsgrad von $\alpha_{\text{eff}} = 1$ erreichen lässt. Es wurden 7 möglichen Verstärkungsvarianten ausgearbeitet.

In Gesprächen vor Ort mit allen Beteiligten (Bauherr, Architekt, Nutzer, Denkmalpflege Kanton Wallis, Denkmalpflege SBB und Bauingenieur) wurde nachfolgende Variante zur Weiterverfolgung bestimmt. Die Verstärkungen sollten filigran (Denkmalpflege), wirtschaftlich und möglichst nachhaltig erfolgen.

- Als am optimalsten hat sich folgende Variante herauskristallisiert:
- 2 A-förmige Verstrebrungen mit seitlichen vertikalen Stützen aus Stahl an der Aussenfassade (tangential)
- Ersatz einer gemauerten Zwischenwand durch eine Betonwand (radial)

Die A-förmigen Verstrebrungen bilden zusammen mit den Stahlstützen und dem darüberliegenden Betonriegel eine Scheibe. Dieser dient zur kontinuierlichen Kräfteinleitung am Kopf. Er verläuft parallel zur Fassade und ist in die bestehenden radialen Betonunterzüge integriert. Damit verschmilzt er mit dem bestehenden ursprünglichen Tragwerk. An den Streben- und Stützenfüssen werden die Kräfte in „versenkte“ Betonriegel und folgend in die bestehende, massive Fundation eingeleitet. Grosse einbetonierte Stahlplatten mit seitlichen Kopfbolzenübeln, die mit der Bewehrung umfasst werden, bilden hier das Übergangsstück von Stahl zu Beton.

Die neue Betonwand wird unter der Bodenplatte ebenfalls mit Betonriegeln an die bestehende, durch Arkaden verbundene Pfeilerkonstruktion abgestützt. Der Verbund oben am Wandkopf von neuer Wand und alter Decke wird mit Verbundankern und bewehrten, ausbetonierten Schubnocken (Kernbohrungen, die auch zum Verfüllen der Wand dienen) sichergestellt.

Die Stahlteile wurden roh belassen und nur eingeißelt.



Detailplan Stahlbau

Borgogno Eggenberger Bauingenieure

Alle Masse sind am Bau zu nehmen!

Alle Anschlusflächen aufrauhren und 24h vormissen
Tragendes Mauerwerk ist mit 1 Lage Dachpappe oder 2 Lagen Plastik abdeckend
Übrige Masse und Angaben siehe Anrichtentabelle

0 500 1000 2000

SBB Brig, Rotonde

Detailplan Stahlbau
Ausführung

Proj. Nr.	2998.19-005A	Maßstab	1:20	Dat.	02.10.2020
Rev.	A, 01.04.21: Ausführungen	Gez.	SM	Form.	TSC
Form.	10593				