

Neubau des Posttunnels im Zürcher Hauptbahnhof

Autor(en): **Stierli, Hans-Rudolf**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **108 (1990)**

Heft 46

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-77558>

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.

ASIC-Serie: Unterirdische Bauwerke

Neubau des Posttunnels im Zürcher Hauptbahnhof

Als fertiges Bauwerk zeichnet sich der neue Posttunnel kaum durch aussergewöhnliche technische Qualitäten aus. Einmal gebaut, erfüllen die konventionellen Stahlbetonkonstruktionen - den Blicken der Öffentlichkeit entzogen - einfach ihren Zweck als grösstenteils unterirdische Verkehrsverbindung für Postkarren zwischen Perrons und Sihlpost. Wenn etwas an diesem Bau interessieren kann, so ist es weniger das «Was» als vielmehr das «Wie». Wie wurde dieses Bauwerk dicht unter den stark befahrenen Gleisen hergestellt?

Einleitung

Der alte, vor rund siebzig Jahren erbaute Posttunnel liegt unmittelbar neben der Personenunterführung West und

VON HANS-RUDOLF STIERLI,
ZÜRICH

verbindet, mit den Liftanlagen in den Gepäckperrons, Hallengleise und Sihlpost.

Die schon heute überlastete Personenunterführung West muss im Hinblick auf die Eröffnung der S-Bahn verbreitert werden. Da die Verbreiterung nur auf der Seite des Posttunnels erfolgen kann und dieser Tunnel im Zuge des Perronbaus (Aufhebung der Gepäckperrons) ohnehin mit neuen Liftverbindungen ausgestattet werden muss, beschlossen die PTT, etwa 75 m weiter westlich einen neuen Posttunnel zu erstellen.

Die neue Anlage besteht aus dem 125 m langen eigentlichen Tunnelabschnitt

unter den Hallengleisen, acht Liftverbindungen zur Perronebene, einer Ladestation für Zugfahrzeuge beim südliche Tunnelende und einer 35 m langen Rampe mit Kettenförderanlage zwischen Tunnel und Gleisebene auf der Seite der Sihlpost.

Aufgabenstellung

Die für den Ingenieur wichtigsten Aspekte der ihm übertragenen Aufgabe sind:

Neubau des Posttunnels in zeitlich begrenztem Rahmen dicht unter den sechzehn Hallengleisen mit der Auflage, durch den Bau weder den Zugsbetrieb noch den Personenverkehr zu behindern.

- Ab Auftragserteilung Anfang 1987 standen bis Inbetriebnahme des neuen Posttunnels zum Fahrplanwechsel 1989 27 Monate zur Verfügung; für die Bauarbeiten einschliesslich Hilfsbrückeneinbau, Liftmontage und Innenausbau musste mit anderthalb Jahren gerechnet

werden. Somit verblieben noch 9 Monate für Vorprojekt, Bauprojekt mit Plangenehmigung und Ausschreibung.

- Die besondere Lage des Posttunnels quer zu den Hallengleisen ist aus den folgenden Überdeckungshöhen ersichtlich: Bei einer lichten Höhe des Tunnels von 2,80 m und einer Deckenstärke (inkl. Isolation) von 0,60 m beträgt der Abstand zur Schienenoberkante zwischen 1,25 m und 1,85 m. Durch den Einbau der für den Bau notwendigen Hilfsbrücken für sämtliche Gleise - grösstenteils SBB-Normbrücken - verringerte sich die zur Verfügung stehende Arbeitshöhe unter den Gleisen auf 0,30 m bis 0,70 m.
- Die Vorschrift, durch die Bauarbeiten den Bahn- und Personenverkehr nicht zu behindern, ist bei der hohen Auslastung des Hauptbahnhofs selbstverständlich, schränkt aber die Auswahl der Bauverfahren ein. Dies gilt vor allem für die Baugrubenabschlüsse im Gleisbereich.

Gewählte Bauverfahren

Baugrubenabschlüsse

Da die geringe Überdeckung des Tunnels im Gleisbereich das Pressvortriebverfahren ausschloss, mussten für den Bau des Tunnelkastens eine Baugrube ausgehoben und für 16 Gleise sowie 13 Perrons Hilfsbrücken bereitgestellt werden. Als Baugrubenabschluss im Normalquerschnitt mit 8 m breiter Baugrubensohle bot sich die vernagelte

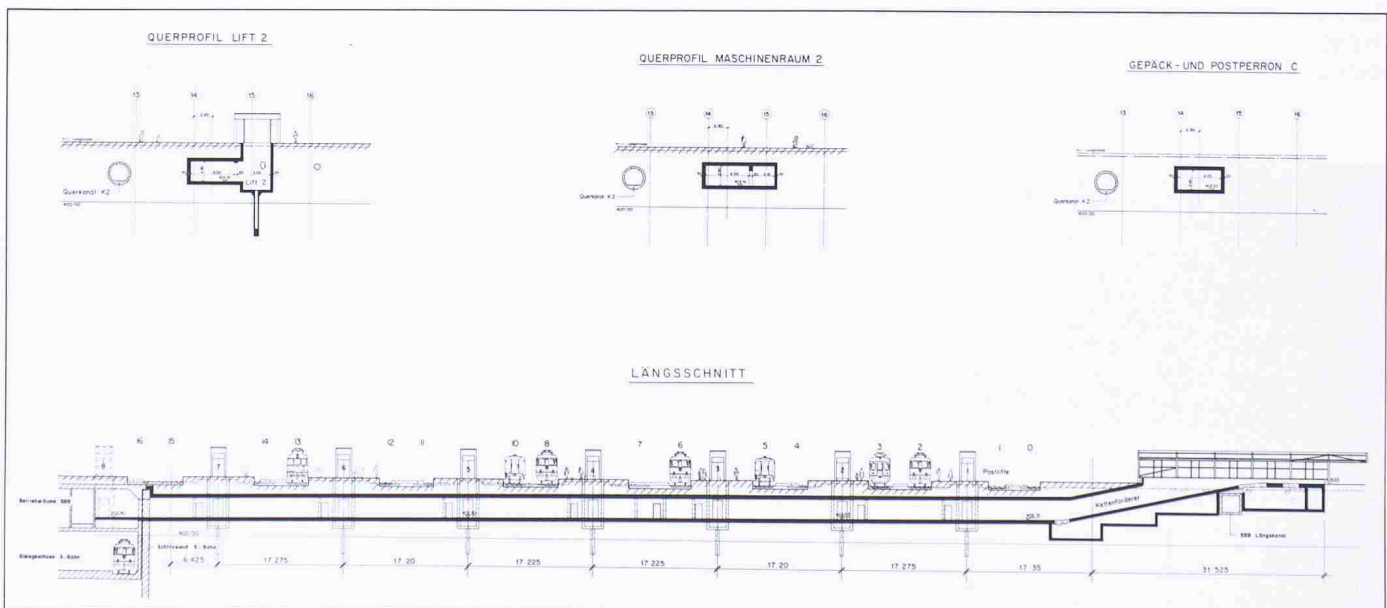


Bild 1. Längsschnitt und Querschnitte

Steilwand (System Bauer) an. Der Bau der vernagelten Wand verlangt im Gegensatz zu den üblichen vertikalen Baugrubenabschlüssen (z.B. Rühlwänden) keine Arbeiten und Geräteeinsätze über den Gleisen. Beim Neubau des Posttunnels wogen der erforderliche Mehraushub und die geringe Vergrößerung der Hilfsbrückenspannweiten bedeutend leichter als die grossen Vorteile der relativ problemfreien vernagelten Böschung.

Bei den in den Perrons angeordneten Liften und den zum Teil unter den Gleisen liegenden Maschinenräumen mit einer auf 11-12 m Breite ausgeweiteten Baugrube sind als Baugrubenabschluss vertikale Jettingsäulen verwendet worden.

Hilfsbrücken

Insgesamt mussten 29 Hilfsbrücken mit Spannweiten von 14,3 bis 19,2 m eingebaut werden. Für 13 gerade Gleise ohne Weichen standen SBB-Normbrücken niedriger Bauhöhe zur Verfügung; drei Hilfsbrücken für Gleise mit Weichen und die 13 Perronhilfsbrücken wurden aus Walzprofilen neu erstellt.

Bau des Tunnelkastens

Die unter den Gleishilfsbrücken stark beschränkte Arbeitshöhe beim Armieren, Betonieren und Isolieren der Tunneldecke liessen einen Bau an Ort mit Rücksicht auf Arbeitsbedingungen und Qualität der Ausführung als nicht ratsam erscheinen. Es war daher naheliegend, für den Bau des Tunnelkastens (ohne Liftschächte usw.) eine Art «Taktchiebverfahren» anzuwenden, bei welchem auf der Seite der Sihlpost ausserhalb der Gleise der Tunnel etappenweise in rund 9 m langen Abschnitten hergestellt und nach Fertigstellung einer Etappe auf Gleitbahnen um die gleiche Länge vorgeschoben wird. Als Bauzeit für einen Abschnitt einschliesslich Isolieren der Decke und Verschieben wurde im Bauprogramm eine Arbeitswoche eingesetzt.



Bild 3. Vernagelte Steilwand und Hilfsbrücken

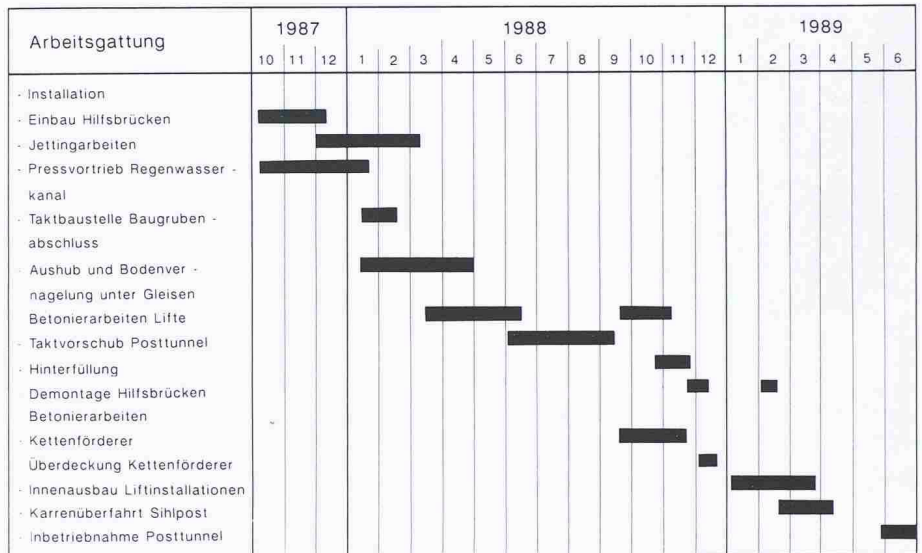


Bild 2. Bauprogramm

Bauprogramm

Nach der Vergabe der Rohbauarbeiten wurde in Absprache mit dem Unternehmer folgendes Bauprogramm aufgestellt:

Wichtigste Aufgaben des Bauingenieurs

Baugrubenabschlüsse im Gleisbereich

Der in der abgeböschten Baugrube anstehende Baugrund setzt sich bis in mindestens 6 m Tiefe aus folgenden zwei Schichten zusammen:

- Ab UK Schotter bis in 1,5-3,0 m Tiefe künstliche Auffüllung (siltig-kiesige und siltig-tonige Schichten mit Mauerresten): $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$, $\phi = \sim 26^\circ$
- Darunter fest gelagerter Sihlschotter: $\gamma = 23 \text{ kN/m}^3$, $\phi = \sim 36^\circ$

Der normale Querschnitt durch die Baugrube weist eine Sohlbreite von 8 m und eine Böschungshöhe von 4,5 m auf

(Böschungneigung 80° zur Horizontalen). Das theoretische Auflager der Gleishilfsbrücken mit einer grössten Auflagerkraft von 1140 kN (ohne Stosszuschlag) liegt 3 m hinter dem Böschungsfuss; der minimale Gleisabstand beträgt 4,2 m. Die Bemessung der vernagelten Steilwand erfolgte in Übereinstimmung mit den bei Fundationen von Bahnbrücken verlangten hohen Anforderungen bezüglich Stabilität und Verformungen. Es sind Stabanker S 430/500, D = 25 mm in drei Reihen mit Abständen von 1,35 m vertikal und 1,25 m horizontal verwendet worden. Die mit 100 mm Durchmesser gebohrten Löcher wurden nachträglich mit Zementmörtel verpresst.

Für die Bestimmung der Nagellänge ist die Verankerung des Stabes im rückwärtigen Untergrund (hinter den kritischen Gleitflächen) wichtig, welche durch die sogenannte Bruchschubkraft T (per Laufmeter) definiert wird. Im oberen Bereich mit künstlicher Auffüllung sind 15 kN/m angenommen worden, für Nägel im Sihlschotter 26 kN/m. Mit einem Sicherheitsfaktor

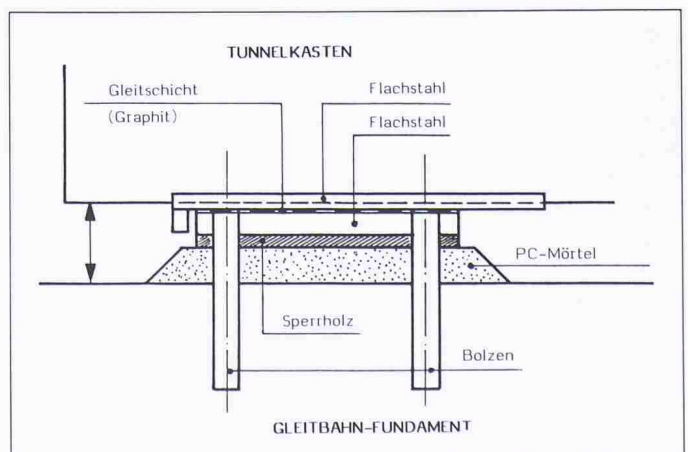
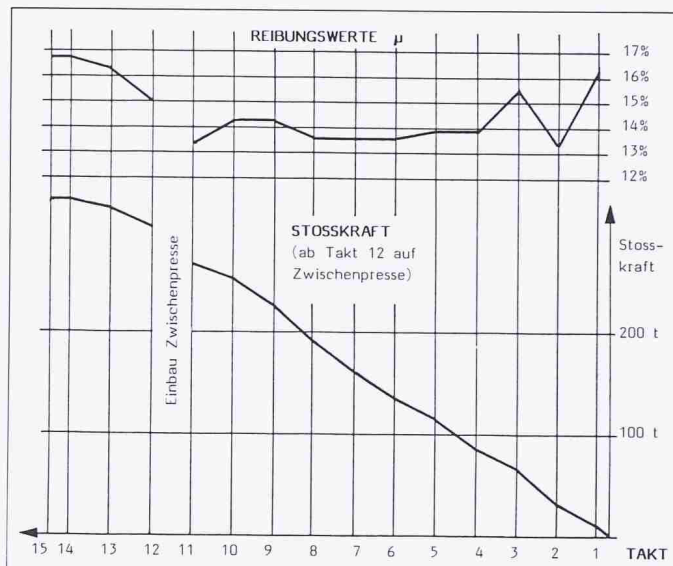


Bild 4. Detail der Gleitbahn



Bild 5. Vorschub des Tunnelkastens

Bild 6. Gleitreibung und Stosskräfte beim Vorschub



von 1,5 ergaben sich Stablängen von 5,5 m für die zwei oberen Ankerreihen und 3,5 m für die unterste Reihe.

Die freigelegte Böschung mit den Nagelkopfplatten ist durch eine 15 cm starke, netzarmierte Spritzbetonschicht geschützt worden. Für das Erstellen der vernagelten Böschung rechnete man mit eventuellen Schwierigkeiten beim Abböschern der Steilwand im rolligen Sihlschotter.

Die auf 11 m Sohlbreite ausgeweitete Baugrube mit vertikaler Jettingwand hinter den Maschinenräumen ist ebenfalls mit drei Reihen von Nägeln gesichert worden. Entsprechend dem ungünstigeren Belastungsbild wurden hier bei einem horizontalen Ankerabstand von 1,0 m Nägel von bis zu 6,6 m Länge eingebaut.

Erstellen des Tunnels im Taktschiebverfahren

Der Bau des Tunnels in fünfzehn, rund 9 Meter langen Abschnitten, welche in wöchentlichen Takten hergestellt, fugenlos aneinandergereiht und um eine Abschnittlänge vorgeschoben werden, brachte den Vorteil optimaler Arbeitsbedingungen für die Bauausführung, stellte aber den projektierenden Ingenieur vor neue Fragen. Im Gegensatz zum bekannten Taktschiebverfahren im Brückenbau, bei dem der relativ biege weiche Überbau über die mit Gleitlagern versehenen Stützen (inkl. evtl. Hilfsstützen) vorgeschoben wird, musste beim Bau des Posttunnels ein sehr steifer Tunnelkasten auf weicher Unterlage vorwärts bewegt werden.

Als Unterbau für die Gleitbahnen wurden direkt unter den Seitenwänden zwei durchgehende Fundamentstreifen von 80 cm Breite und 30 cm Höhe erstellt.

Zur Reduktion der Steifigkeit des Tunnelkastens sind zwischen den einzel-

nen, rund 9 m langen Bauabschnitten in Decke und Wänden Dilatationsfugen angeordnet worden. Trotzdem musste – sowohl bei punktförmiger als auch bei kontinuierlicher Abstützung des Tunnelkastens auf der Gleitbahn – infolge der Inhomogenität des Untergrundes mit stark wechselnden Auflagerdrücken gerechnet werden. Es stellte sich die Frage, ob teflonbeschichtete Gleitlager bei diesen unterschiedlichen Belastungen noch einwandfrei arbeiten würden.

Bauleitung

Zu den üblichen Bauleitungsaufgaben des Tiefbaus kamen beim Neubau des Posttunnels noch folgende Leistungen dazu:

- Ständige Koordination mit den durch dieses Bauvorhaben stark beanspruchten Fachdiensten der SBB (Betriebsabteilung, Bahndienst, Elektrische Anlagen, Brückenbau) und mit den PTT/Sihlpst.
- Setzungsmessungen an den Gleisanlagen während der ganzen Bauzeit.
- Verhandlungen mit der Gewerkschaft über Schicht- und Nacharbeit und mit der Lärmpolizei betr. nächtlicher Lärmemissionen.
- Innenausbau (Liftinstallation, Kettenförderer, Schlosser-, Sanitär-, Plattenleger- und Malerarbeiten).

Erfahrungen am Bau

Baugrubensicherung

Die vernagelten Steilwände sind parallel zu den umfangreichen Aushubarbeiten (rund 7000 m³) erstellt worden. Entsprechend der Anzahl Nagelreihen wurde die 4,5 m hohe Wand in drei Etappen ausgeführt, die Gesamtlänge war in 12 Abschnitte unterteilt.

Die Aushubarbeiten sowie das Armieren und Gunitieren der Steilwand ge-

schahen tagsüber. Nachts arbeiteten die Bohrlafetten, und es wurden die Nägel versetzt und ausgepresst.

Die Arbeit an den vernagelten Steilwänden verlief praktisch reibungslos. Nur an einer eng begrenzten Stelle im Sihlschotter mit lokal reinem Geröll ohne Feinbestandteile rutschte rolliges Material nach. Der oberflächliche Böschungsrutsch konnte durch Injizieren gesichert werden.

Zur Überwachung der Wandverformungen sind 20 Messstangen mit einer freien Gestängelänge von 8–12 m und einer Verankerungslänge von 3 m eingebaut worden. Die Messungen haben die erwarteten geringen Verformungen der Steilwand bestätigt. So konnten an den Hilfsbrückenfundamenten auch keine auf Wandbewegungen zurückzuführenden Setzungen festgestellt werden.

Zusätzlich sind systematische Ausziehversuche an Nägeln D 25 mm von 5 m Länge durchgeführt worden. Die Belastung wurde bis auf eine Zugkraft von 140 kN gesteigert (entsprechend einer mittleren Nagelschubkraft von 28 kN/m), dabei traten am Nagelkopf maximale Verschiebungen von 3–4 mm, ausnahmsweise 5 mm auf; die bleibenden Verschiebungen betragen 0,5–1,5 mm, ausnahmsweise 3 mm.

Die Baugrubenabschlüsse für Lifte und Maschinenräume von den Perrons bzw. unter den Gleisen im Jettingverfahren mussten nachts während der Zugsbetriebspause erstellt werden, da die 4 m hohe Injektionslafette das Abschalten des Fahrleitungsstromes voraussetzt.

Die Verfestigung des Untergrundes im Jettingverfahren (eingepresste Zementsuspension) hat sich beim vorhandenen Baugrund als zweckmässige Baumethode bewährt. Der wirksame Radius der Bodenverfestigung war ohne Mehrver-

brauch an Zementsuspension grösser als angenommen ($R > 0,6$ m).

Erstellen und Verschieben des Tunnels im Taktverfahren

Im Bauprogramm des Projektverfassers war vorgesehen, nach Abschluss der Aushubarbeiten und Erstellen der Baugrubenabschlüsse zuerst den Tunnel zu betonieren und einzuschieben. Erst später sollten die Lifte mit den Maschinenräumen erstellt und mit dem Tunnel verbunden werden.

Nach der Vergabe der Rohbauarbeiten wurde das Bauprogramm zeitlich gestrafft und der Rohbau der Liftanlagen vorverlegt. Da die Unterbauten der Lifte unter die Tunnelsohle reichen, musste als Folge dieser Umstellung mit einer lokalen Auflockerung des Bodens unter der liftseitigen Vorschubbahn gerechnet werden.

Die mit der Verschiebung des Tunnels betraute Spezialfirma (*J. Iten, Oberägeri*) schlug eine kontinuierliche Auflagerung des Tunnels auf der Vorschubbahn mit oberer und unterer Stahlplatte vor. Die Kontaktfläche wurde mit Graphit geschmiert (siehe Zeichnung).

Aufgrund von Erfahrungswerten schätzte die Spezialfirma den mittleren Reibungswert μ auf 0,125 und legte die Einrichtung zum Verschieben auf eine maximale Pressenkraft von 3760 kN aus. Bei einer grössten Verschiebelast von 26 000 kN im letzten Takt entspricht dies einem Grenzwert für die Reibung von $\mu < 0,145$.

Der erste Tunnelabschnitt ist Anfang Juni 1988 erstellt worden. In fünf Arbeitstagen mussten pro Takt rund 225 m² geschalt, bis 13,5 t Armierung verlegt, 80 m³ Beton eingebracht, verdichtet und nachbehandelt sowie 65 m² Deckenisolation aufgebracht werden. Da der Tunnelboden bei späterem Anstieg des Grundwassers unter den Wasserspiegel zu liegen kommt, ist ein

schwindarmer, relativ wasserundurchlässiger Beton vorgeschrieben worden ($W/Z \leq 0,45$).

Für die Bauarbeiten der einzelnen Takte war jeweils Montag bis Freitag vorgesehen, das Verschieben fand am Samstagmorgen statt.

Das erste kürzere Element von 700 kN Gewicht wurde am 11. Juni mit einer Stosskraft von 113 kN verschoben ($\mu = 0,161$). Im Diagramm sind die gemessenen Stosskräfte und die berechneten Reibungswerte μ in den einzelnen Vorschubbetappen bis zum letzten Takt am 11. September 1988 aufgetragen.

Aus dem Diagramm ist ersichtlich, dass ab Takt 9 der Reibungswert von unter 0,14 bis in die Nähe des Grenzwertes von 0,145 anstieg. Deshalb wurde zwischen den Takten 12 und 13 eine provisorische Dilatation mit Zwischenpressen eingerichtet. Dank dieser technisch einfachen Massnahme konnten in den letzten Vorschubbetappen die Gesamlast in zwei Teillasten aufgeteilt und diese Teillasten alternierend einzeln verschoben werden.

Einen Hinweis für die Ursache des ab Takt 9 erhöhten Reibungswertes gibt der Umstand, dass der Vorschub nicht genau in Tunnelachse, sondern stets mit einer seitlichen Abweichung nach rechts erfolgte (im Rahmen des möglichen Spiels zwischen den Führungsnokken). Diese seitliche Verschiebung wurde ohne Schwierigkeit nach jedem Vorschub mit Hilfe von Pressen rückgängig gemacht.

Die Abweichung der Vorschubrichtung von der Tunnelachse nach rechts ist wahrscheinlich zurückzuführen auf eine geringfügige Senkung und Verdrehung der rechten Vorschubbahn infolge der Auflockerung des Bodens beim Bau der benachbarten Liftunterbauten.

Nach dem störungsfrei abgelaufenen Herstellen und Einschleiben des Tun-

Am Bau Beteiligte:

Bauherrschaft:

PTT Generaldirektion, Bern

Vertreten durch:

SBB Bauabteilung Kreis III, Sektion Tiefbau.

Bauingenieur:

F. Preisig AG, Zürich, dipl. Bauing. ETH/SIA/ASIC

Projekt und Bauleitung

(H.-R. Stierli, E. Schelbert, A. Huber)

Bauunternehmung:

AG Heinr. Hatt-Haller, Zürich

nelkastens sind der Zwischenraum zwischen Vorschubbahn bzw. Baugrubensohle und Tunnelboden mit Zementmörtel ausgepresst und die Liftanlagen mit dem Tunnel monolithisch verbunden worden.

Bauleitung

Eine positive Überraschung war der trotz schwieriger Randbedingungen völlig termingemässe und reibungslose Ablauf der Bauarbeiten entsprechend dem nach der Submission aufgestellten Bauprogramm. Zum guten Gelingen des Bauvorhabens haben auch die besonderen Erfahrungen und der grosse Einsatz des Unternehmers (einschl. Unterakkordanten) beigetragen.

Eine im Bauablauf kritische Phase war der Ein- und Ausbau der Hilfsbrücken – vor allem der 18 Gleishilfsbrücken während der kurzen Nachtbetriebspausen von 6–7 Stunden. Hier übernahmen die routiniert und ohne Hast arbeitenden SBB-Equipen die Hauptaufgabe. Diese Arbeiten liefen jedesmal ohne Störungen innerhalb der zur Verfügung stehenden Zeit ab.

Adresse des Verfassers: Hans-Rudolf Stierli, dipl. Ing. ETH, c/o F. Preisig AG, dipl. Ing. ETH/SIA/ASIC, Grünhaldenstrasse 6, 8050 Zürich.

Sanierung eines Leitungsmastes im Rutschhang

Ausgangslage

Die tückischen geologischen Verhältnisse im oberen Baselbiet sind seit langem bekannt. Grossflächige Hangrutschungen während der Erstellung von Kunstbauten sind trotz vorgängigen geologischen Untersuchungen keine Seltenheit.

In neuester Zeit wurde eine Hangrutschung ohne auslösende Bauarbeiten südlich von Ormalingen festgestellt,

VON H. R. FLÜCK,
BADEN

wobei sich ein Spann-Winkelmast der 400-kV-Leitung Gösigen-Froloo mit

der gleitenden Erdschicht 0,95 m talwärts bewegte und zusätzlich 1,16 m von der Lotrechten abwich. Die Mastneigung betrug am 20. Juni 1989 2,6%. Gleichzeitig wurden unterschiedliche Absenkungen aller vier Fundamentsokkel gemessen. Die grösste Differenz betrug 14,5 cm.

Mit Sondierbohrungen wurde eine 4–5 m unter Terrain, im Opalinuston liegende, vernässte und unter arthesischem Druck stehende Gleitschicht festgestellt. Ein Abklingen des Gleitvorgangs ist nicht in Sicht. Eine umge-