

Zimmerberg-Basistunnel: Bahn 2000, Unterfangung Gebäudekomplex SSF in Zürich

Autor(en): **Feller, Mirko / Bergmann, Rolf**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **117 (1999)**

Heft 48

PDF erstellt am: **06.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-79828>

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.

Mirko Feller, Rolf Bergmann, Zürich

Zimmerberg-Basistunnel

Bahn 2000, Unterfangung Gebäudekomplex SSF in Zürich

Während der Projektierungsarbeiten für den SBB-Zimmerberg-Basistunnel zeigte sich, dass der geplante Tunnelquerschnitt das sechste Parkgeschoss eines Gebäudekomplexes an der Ecke West-/Stationsstrasse durchfahren wird. Da die Linienführung des Tunnels aus bahn- und tunnelbautechnischen Gründen nicht geändert werden konnte, musste das unterste Geschoss des betroffenen Gebäudekomplexes abgebrochen und das Gebäude neben dem Tunnelprofil neu fundiert werden.

Zurzeit wird zwischen dem Zürcher Hauptbahnhof und Thalwil eine zweite SBB-Doppelspur realisiert. Bei diesem Ausbau des bestehenden Schienennetzes in und um den Knoten Zürich handelt es sich um ein eigentliches Schlüsselprojekt der Bahn 2000. Die Neubaustrecke zwischen Zürich und Thalwil hat eine Gesamtlänge von 10,7 km, wovon über 9 km unterirdisch verlaufen (SI+A 51/52 1996, S. 1163 f.). Der Tunnel wird ausgehend von einem Zwischenangriffsschacht in der All-

mend Brunau mit Tunnelbohrmaschinen (TBM) einerseits in Richtung Zürich HB (Baulos 2.01) und andererseits in Richtung Thalwil (Baulos 3.01) vorgetrieben. Vor allem im Baulos 2.01 ergeben sich zahlreiche bautechnische Probleme. Rund 700 m des Tunnelvortriebs sind in setzungsempfindlichem Lockergestein nur wenige Meter unter der Stadt Zürich auszuführen. Um für diesen innerstädtischen Tunnelabschnitt die bestehende Infrastruktur während des Vortriebs nicht zu gefährden, sind besondere Bauhilfsmassnahmen nötig. Dies gilt im Besonderen für die unmittelbare Umgebung des bergmännischen Portals beim Meinrad-Lienert-Platz. Hier beträgt die Überdeckung aufgrund der kontinuierlich zum Portal hin ansteigenden vertikalen Trassierung nur gerade noch wenige Meter. Während der Projektierungsarbeiten für den SBB-Zimmerberg-Basistunnel zeigte sich ausserdem in besagtem Bereich, dass der geplante Tunnelquerschnitt das Untergeschoss eines Gebäudekomplexes an der Ecke West- und Stationsstrasse durchfahren wird. Aus bahn- und tunnelbautechnischen Gründen kam allerdings keine Verschiebung des Bahntrassees und somit keine Umfahrung

des betroffenen Untergeschosses in Betracht. Für die Planer und Tunnelbauer ergab sich somit ein weiteres Problem, das es für eine erfolgreiche Realisierung des Projektes zu lösen galt.

Konzept

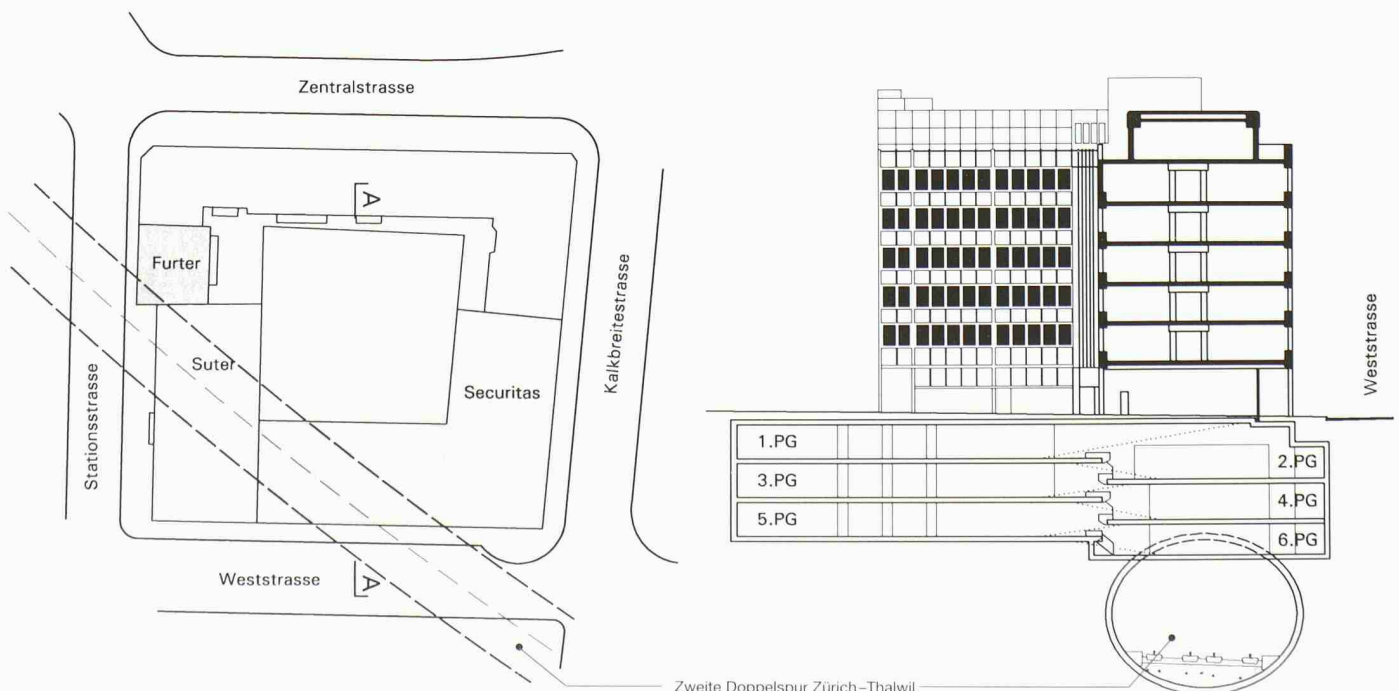
Objekt

Beim betroffenen Gebäudekomplex handelt es sich um ein Wohn- und Geschäftshaus, das aus drei Liegenschaften besteht, den Häusern «Securitas», «Suter» und «Furter». Der um 1968 erbaute Gebäudekomplex umfasst insgesamt sechs Ober- und drei Untergeschosse, wobei die drei Untergeschosse bei der Liegenschaft «Securitas» in sechs Parkebenen unterteilt sind (Bild 1). Vor allem die Liegenschaften «Securitas» und «Suter» werden vom Tunnelausbruch tangiert.

In den Obergeschossen besteht die Tragkonstruktion bei der Liegenschaft «Securitas» im Wesentlichen aus Stahlbetondecken, die auf gemauerten Wänden bzw. Stahlbetonstützen ruhen. Im Haus «Suter» sind die Geschossdecken mit Pre-lam-Platten ausgebildet. Die Stockwerkklatten werden über gemauerte Zimmertrennwände in den Baugrund abgegeben. Die Fassade ist unbelastet. Bei den unteren Geschossen sowie bei der Foundation unterscheiden sich die Tragkonstruktionen ebenfalls. Im Falle der Liegenschaft

1

Situation (links) und Schnitt A-A durch Liegenschaft «Securitas» (rechts)



Zweite Doppelspur Zürich-Thalwil

«Securitas» bestehen die Untergeschosse aus unterzugslosen, schlaff armierten Betondecken. Sämtliche Decken liegen auf Stahlbetonstützen bzw. -wänden. Bei der Liegenschaft «Suter» werden die Stahlbetondecken durch Stützreihen mit Unterzügen abgefangen. Die Decken beider Liegenschaften sind durch eine Dilatationsfuge vollständig voneinander getrennt. Die Foundation besteht beim Haus «Suter» neben einer lediglich konstruktiv ausgeführten Bodenplatte hauptsächlich aus Streifen- bzw. Einzelfundamenten. Die Liegenschaft «Securitas» indessen ist flach fundiert.

Problemstellung

Das Problem erwies sich als äusserst komplex, musste doch einerseits die bestehende Bausubstanz erhalten und andererseits die vorgesehene Tunnelvortriebsmethode auch im Bereich der Gebäude weitgehend beibehalten werden. Zudem galt es, das Gebäude in der Bau- und Betriebsphase bestmöglich von der Tunnelröhre akustisch abzukoppeln.

Aufgrund dieser Problemstellung wurden für die Projektierung folgende Randbedingungen und Ziele formuliert:

Für den Gebäudekomplex:

- Verhinderung von Gebäudeschäden durch Setzungen oder Erschütterungen infolge Abfangung und Tunnelvortrieb
- Minimaler Verlust von Parkfeldern in den Untergeschossen
- Keine bleibenden Einschränkungen der Zufahrten zu den untersten Parkgeschossen
- Minimale Lärm- und Erschütterungsimmissionen während Bau- und Betriebsphase des Tunnels
- Realersatz für die aufgehobenen Tankräume

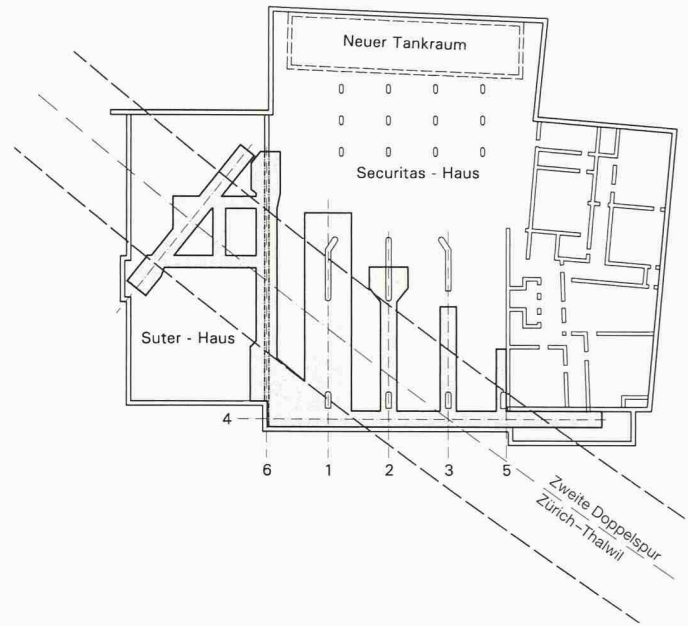
Für den Tunnelbau im Bereich West- und Stationsstrasse:

- Keine wesentliche Anpassung der Vortriebsmethode
- Minimale Behinderungen des Tunnelvortriebs
- Beibehaltung der geplanten Tunnelaxe
- Keine Variationen des Ausbruchquerschnitts.

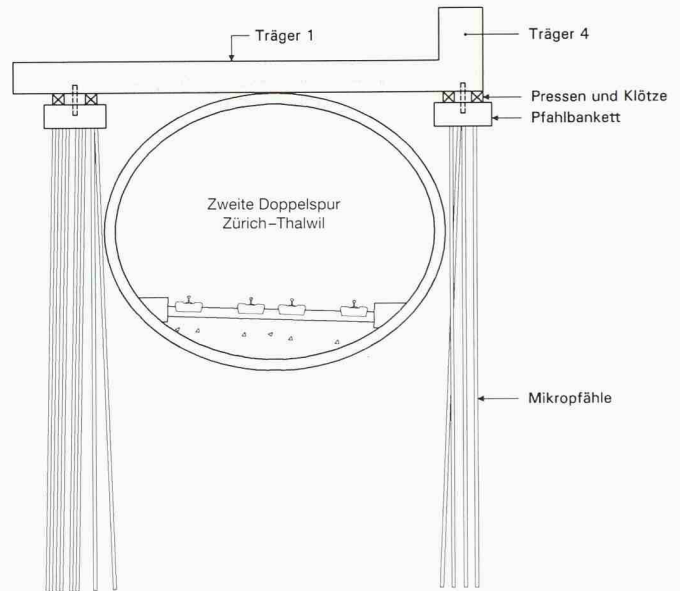
Lösungsansatz

Die angestrebte Lösung musste zum einen sämtliche Randbedingungen vollständig erfüllen und zum andern den zeitlichen und finanziellen Aufwand in Grenzen halten. Vor allem das Problem der Substanzerhaltung erwies sich als besonders schwierig, da die vorliegenden Tragsysteme

2 Grundriss des Abfangsystems aus vorgespannten Stahlbetonträgern



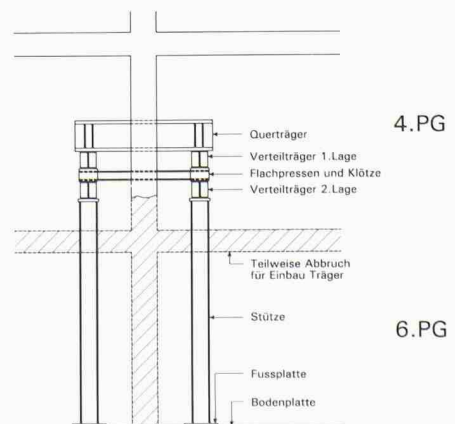
3 Prinzip-Skizze des Abfangungssystems

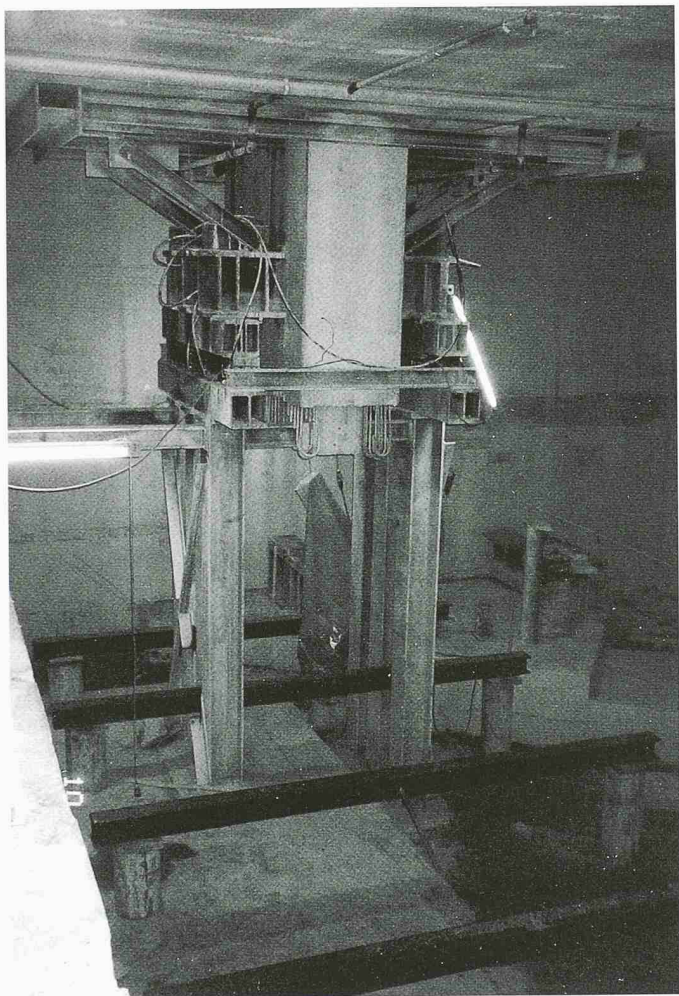


me bezüglich Relativsetzungen von Fundamentbanketten als äusserst empfindlich gelten. Um eine unzulässige Reduktion der Tragsicherheit zu verhindern, musste für das optimale Lösungskonzept nach einer verformungsarmen und gut überwachbaren Variante gesucht werden.

Als optimaler Lösungsansatz erwies sich ein Abfangsystem aus vorgespannten, miteinander verbundenen Stahlbetonträgern. Das als Trägerrost wirkende Tragsystem übernimmt dabei sämtliche Fundamentlasten des Gebäudes, dem durch den Tunnelausbruch der tragende Baugrund entzogen wird (Bild 2). Die Stützlasten werden dabei horizontal über den Tunnelquerschnitt umgeleitet und neben dem

4 Prinzip-Skizze der temporären Abfangung

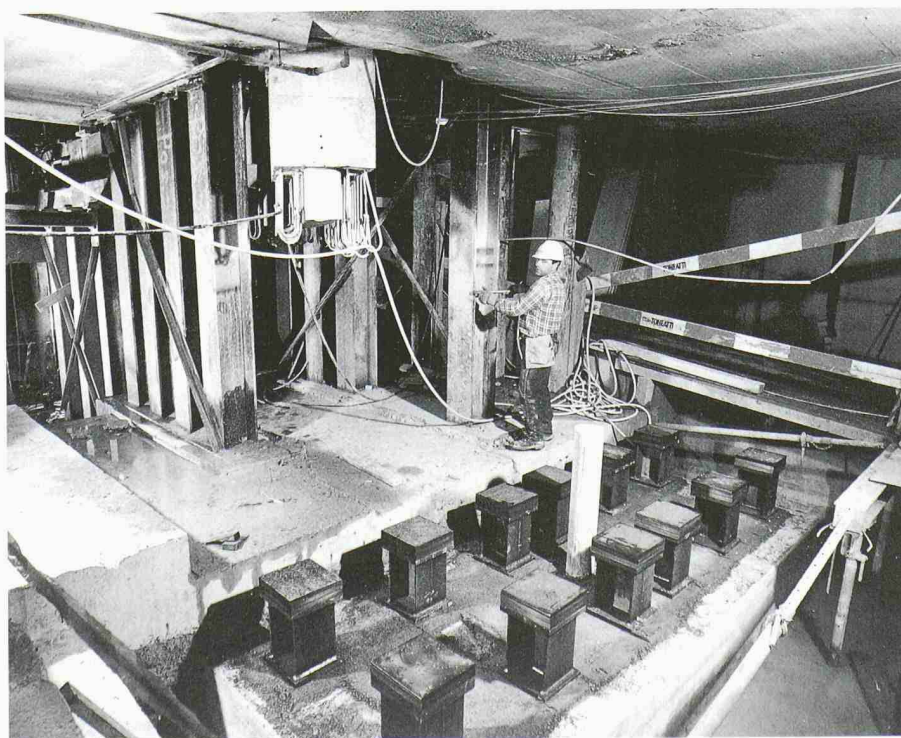




5
Hilfskonstruktion für
temporäre Abfangung

6

Pfahlbankett mit Auflagerklötzen und Querkraftdorn, im Hintergrund temporäre Abfangung
(Bild: L. Andersson, Zürich)



Tunnelprofil dem Boden abgegeben. Um die Aufnahme der enormen Stockwerklasten des Gebäudes (rund 10 000 Tonnen) gewährleisten zu können, mussten nicht nur die Stahlbetonträger des Abfangsystems dieser Beanspruchung genügen, sondern auch deren Auflagerung. Wegen der beschränkten Platzverhältnisse zwischen äusserem Rand des Tunnelausbruchs und den Gebäudeausenwänden erfolgte diese neu gebildete «Ersatzfundation» an den Trägerebenen nicht flächig, sondern mit Mikropfählen in die Tiefe.

Um einen möglichst reibungslosen Tunnelvortrieb direkt unter dem Komplex garantieren zu können, sah der Gesamtlösungsansatz die vollständige Aufhebung der durch das Tunnelprofil tangierten Gebäudeteile vor. Dies betraf einerseits das sechste Parkgeschoss der Liegenschaft «Securitas» und andererseits die Tankräume der Häuser «Suter» und «Securitas». Im Falle der Tankräume wurde der geforderte Realersatz an Tankvolumen durch das seitliche Verlegen der betroffenen Öltanks geschaffen (Bild 2).

Die in der Betriebsphase geforderte erschütterungstechnische Entkoppelung des Gebäudes vom Tunnel wird durch Massnahmen am Oberbau des Bahntrassees mit einem Masse-Feder-System gelöst. Eine gänzliche Abtrennung des Gebäudes von der Tunnelausenwand durch Federn oder ähnliches war in technischer Hinsicht und wegen der anfallenden Kosten nicht realisierbar.

Projektierung und Realisierung

Die Planung für die Unterfangung umfasste zum einen die Bemessung der Tragkonstruktion und zum anderen das vollständige Erfassen und Koordinieren sämtlicher Bauabläufe. Beide Projektierungselemente - Tragsystem und Logistik der Bauabläufe - griffen sehr stark ineinander, so dass nur eine verknüpfte Betrachtungsweise zu einer erfolgreichen Realisierung dieses Bauvorhabens führen konnte. Beim Bemessen der tragenden Bauteile und der neuen Fundation galt es nicht nur primär die Tragsicherheit nachzuweisen, sondern vielmehr auch deren Gebrauchstauglichkeit.

Um Schäden am Gebäude bzw. eine Verminderung der Tragfähigkeit während und nach dem Eingriff zu verhindern, konnte für die Tragelemente des Abfangsystems nur ein minimales Verformungsverhalten toleriert werden. Da sich dies mit der herkömmlichen Baukunst jedoch kaum realisieren liess, griff man auf die Idee der dynamisch wirkenden Hebertechnik zurück. Hydraulische Pressen haben ge-

genüber statischen Systemen den grossen Vorteil, dass einerseits ein Ausgleich der Ausführungstoleranzen (Ungenauigkeiten) möglich ist und andererseits entstehende Verformungen im Tragsystem sogleich kompensiert werden können.

Temporäre Abfangung

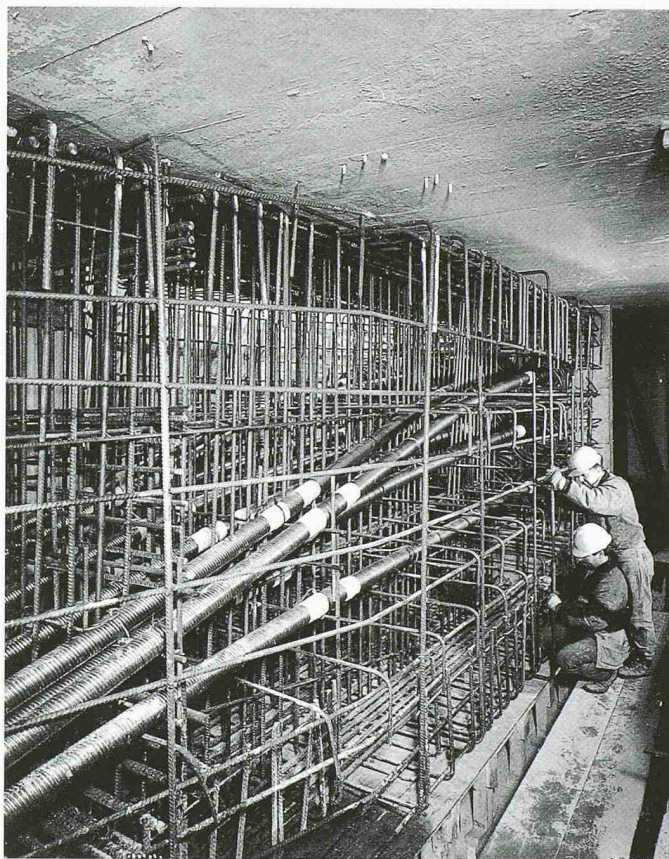
Um das Gewicht des Gebäudes im Bereich des Tunnelausbruchs dem neuen Tragsystem abgeben zu können, mussten in einem ersten Schritt die betroffenen Stützlasten durch eine Hilfskonstruktion temporär abgefangen werden. Dafür war es nötig, die beim Abbruch der Stützfundation freigesetzten Lasten neben dem neu entstehenden Tragelement zu fundieren.

Da während der Umlagerung der Gebäudelasten auf die Hilfskonstruktion Setzungen nicht auszuschliessen waren, mussten hydraulische Pressen diese Eventualität unterbinden. Aufgrund des guten Verformungsverhaltens von Stahl wählte man für diese temporäre Abfangung eine Konstruktion aus diesem Material. Sie bestand im Wesentlichen aus mehreren HEM-Profilen als eigentlicher Abfangkonstruktion sowie aus beidseits symmetrisch angeordneten HEB-Stützen (Bild 4). Die Stützlast wurde dabei von den Querträgern aufgenommen und über die Verteilträger und Stützen in die Fussplatten weitergeleitet. Zwischen der ersten und zweiten Lage der Verteilträger befanden sich Flachpressen, um Setzungen der Fussplatten während der Lastumlagerung sofort ausgleichen zu können.

Foundation

Das Fundationskonzept der neuen Tragstruktur basiert im Wesentlichen auf der Idee einer Tiefgründung mit Mikropfählen. Die Wahl dieser Fundationsart ergab sich einerseits aus den beschränkten Platzverhältnissen (punktuelle Lasteinleitung der Trägereauflagerung) und andererseits aus dem Umstand, dass die Gebäudelasten ohne grössere Setzungen neben dem Tunnelprofil in den Baugrund geführt werden müssen.

Für die Bemessung der Pfahlgruppe war zwischen Bau- und Endzustand zu unterscheiden. Während im Bauzustand (ungestörter Boden) die Lastabtragung mehrheitlich über die Mantelreibung der Pfahlgruppe erfolgt, muss die Last infolge Bodenauflockerung durch den Tunnelausbruch im Endzustand grösstenteils durch den Spitzenwiderstand der Pfähle abgetragen werden. Um ein seitliches Ausweichen der Pfahlbankette beim Vortrieb zu verhindern, werden diese jeweils durch einen Querkraftdorn schubsteif mit dem Träger verbunden.



7
Armierung und Vorspannung des neuen Tragsystems

8
Fertiges Tragsystem mit Pfahlbankett, Pressensystem und Träger



Hydrauliksystem

Um Verformungen der Tragkonstruktion aus Setzungen der Pfahlbankette bei Erstbelastung auszugleichen, wurde bei jedem der insgesamt zehn Auflager zwischen Pfahlbankett und Stahlbetonträger ein eigenständiges Hydrauliksystem eingebaut. Ein solches System besteht im Wesentlichen aus einem Pump-Aggregat, einem Steuerblock und je nach Auflagerlast aus 2 bis 21 Hydraulikzylindern bzw. Pressen. Dadurch, dass jedes dieser hydraulischen Systeme über ein eigenes Pump-Aggregat verfügt, können die Pressendrucke (Auflagerreaktionen) für sämtliche Auflager einzeln gesteuert und überwacht werden. Für die Gebäudeabfangung kamen insgesamt 93 hydraulische Pressen mit einer Gesamtkapazität von 186 000 kN zum Einsatz.

Träger

Die Dimensionierung der Träger stellt für die Projektierung des Abfangsystems das eigentliche Kernstück dar. Die grösste Schwierigkeit in der Bemessung der Abfangträger bestand neben der sehr hohen Beanspruchung darin, dass sich die Einwirkungen auf die einzelnen Träger durch die Aktivierung der Pressen laufend verändern konnten. Aus diesem Grund musste für die Bestimmung der massgebenden Schnittkräfte nach dem ungünstigsten Belastungsszenario gesucht werden.

Das Vorspannen der Träger war der schwierigste Teil, musste doch die Umlagerung der Gebäudelasten auf das neue Tragsystem ohne jegliche Verformungen vor sich gehen. Dazu wurde eigens für jeden Träger ein Vorspannkonzept entwickelt, das ein stufenweises Spannen der Kabel unter gleichzeitigem Steigern des Pressendrucks zwischen Pfahlbankett und Träger vorsah. Dieses Vorgehen bedingte eine präzise Überwachung der Verformungen des Tragsystems.

Langzeitüberwachung

Für das Gelingen des gesamten Projekts war ein Überwachungssystem zu entwickeln, das nach dem eigentlichen Eingriff der Gebäudeunterfangung bis zur Tunnelfertigstellung die Erhaltung der Bausubstanz garantiert. Aufgrund dessen entwickelte das Ingenieurteam ein phasenbezogenes Messkonzept, das sich aus

einer aktiven und einer passiven Überwachung zusammensetzt. Dabei wird als aktiv jene Überwachung bezeichnet, bei der auftretende Gebäudeverformungen mit Hilfe der Hebetchnik vor dem Entstehen von Schäden ausgeglichen werden. Die passive Überwachung beschränkt sich indessen lediglich auf eine periodisch durchgeführte Bestandsaufnahme der Infrastruktur. Die Kombination von aktiver und passiver Überwachung erlaubt es, eine bestmögliche Sicherheit für die zu unterfangenden Liegenschaften bis zur Fertigstellung des Bahntunnels zu gewährleisten. Nachfolgend wird kurz auf die aktive Überwachung eingegangen.

Aktive Überwachung

Sie besteht vor allem aus dem Vermessen der tragenden Bauteile der Abfangkonstruktion sowie des Gebäudes selber. Dazu werden einerseits die Relativbewegungen zwischen den Pfahlbanketten und Trägern laufend registriert und andererseits die absoluten Verschiebungen des Gebäudes geodätisch aufgenommen. Für die Aufnahme von differentiellen Setzungen und Verkippungen der Pfahlbankette nach deren Fertigstellung sind jeweils zwischen Bankett und Träger drei potentiometrische Wegaufnehmer montiert. Die Daten der Wegaufnehmer sowie der hydraulische Druck der eingebauten Pressen werden von einer im Gebäude stationierten Computeranlage laufend aufgezeichnet. Falls definierte Grenzwerte (Druck und/oder Weg) über- oder unterschritten werden, löst die Computeranlage selbstständig einen Alarm aus. Im Weiteren lassen sich die Daten jederzeit via Modem extern abfragen.

Während des Eingriffs wurden die absoluten Verschiebungen der Tragkonstruktion mit einem Präzisionsnivelement gemessen. Vor dem eigentlichen Tunnelvortrieb wird eine Schlauchwaage das geodätische Messverfahren ersetzen. Die Schlauchwaage besitzt gegenüber der geodätischen Vermessung den Vorteil, dass absolute Bewegungen der wichtigsten Tragelemente des Gebäudes ohne zeitliche Verzögerung erfassbar sind. Das Prinzip der Schlauchwaage basiert auf einem in sich geschlossenen Flüssigkeitssystem, in dem - ausgehend von einem Referenzpunkt - differentielle Druckunterschiede der einzelnen Messeinheiten elektronisch gemessen und an einen Rechner weitergeleitet

werden. Der Rechner ermittelt dann aus dem Druckunterschied die Verschiebungen gegenüber dem Referenzwert mit einer Genauigkeit von $\pm 0,5$ mm. Dieses Messsystem erlaubt es folglich, entstehenden Verschiebungen der Tragkonstruktion mit Hilfe der Hebetchnik sofort entgegenzuwirken.

Im Weiteren werden im Rahmen der aktiven Überwachung Erschütterungs- und Lärmimmissionen periodisch gemessen, um angewendete Baumethoden, die die Gebäudeinfrastrukturen schädigen, rechtzeitig erkennen und dementsprechend anpassen zu können.

Adresse der Verfasser:

Mirko Feller, dipl. Bauing. ETH, *Rolf Bergmann*, dipl. Bauing. HTL, Locher AG Zürich, Pelikanplatz 5, 8022 Zürich

Am Bau Beteiligte

Bauträgerschaft:
SBB, Grossprojekte Zimmerberg
Ingenieur:
Locher AG Zürich*
Unternehmer:
Arge Toneatti SSF
Pressenarbeiten:
Arge Iten - Hebag AG

* MG. Die Locher AG Zürich ist trotz Namensverwandtschaft nicht mit der Zschokke-Locher AG zu verwechseln.