Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 104 (1986)

Heft: 22

Artikel: Unterfahrung Rämihäuser: Projektvorstellung und die Erfahrung des Arbeitsablaufes bis heute

Autor: Spaltenstein, Walter

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-76169

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 08.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

fluss des gefrorenen Bodenmaterials zeigte sich besonders eindrücklich in der Axe 200, wo die Kalotte als Folge der mehrwöchigen Sanierungsarbeiten (mit Durchlauf-Gefrierbetrieb) vollständig gefroren war.

In den vorliegenden Verhältnissen konnten etwa 5–6 m Tunnelvortrieb pro Woche im Regelvortrieb der Gefrierstrecke erzielt werden. Die Aufstückelung der Anschnittphase mit dem aufgefächerten Teil und die ständig wechselnden Arbeitsabläufe auf einer kurzen Strecke relativieren jedoch den Aussagewert solcher Zahlen.

Das Erhalten der Gefrierkörper während den Ausbrucharbeiten bot keine grösseren Probleme.

Die Temperaturen konnten durch einen gezielten Kühlbetrieb und mit genügender Reserveleistung des Kälteaggregates jederzeit im Griff gehalten werden. Die im jeweiligen Vortriebsbereich liegenden Messgeber erwärmen sich beim Auffahren des Tunnels um durchschnittlich etwa 3° bis 5 °C; sowohl sommerliche Temperaturen als auch der Wärmeeintrag durch die Vortriebsarbeiten konnten aber durch ein angepasstes Betriebsprogramm ausgeglichen werden.

Schlussbemerkungen

Die Anwendung des Gefrierverfahrens bietet im vorliegenden Fall verschiedene Vorteile; in Kombination mit anderen Bauverfahren bildet diese Methode oftmals erst die Voraussetzung für die sichere Ausführung eines Bauvorhabens.

Die im Zusammenhang mit der Gefrierbauweise zu lösenden Probleme sind jedoch nur Teil eines Aufgabenkataloges, wie er in der bisher erlebten Intensität für eine einzige Baustelle wohl eher selten ist.

Die mannigfaltigen Aufgaben, die unter erheblichem Zeitdruck zu lösen sind, stellen für alle Beteiligten in Planung und Ausführung eine grosse Herausforderung dar, die nur durch Zusammenarbeit und Engagement bei der ingenieurmässigen Bearbeitung bewältigt werden kann.

Adresse des Verfassers: *R. Egli*, dipl. Ing. ETH, Locher & Cie AG, Bauingenieure und Bauunternehmer, Pelikanplatz 5, 8022 Zürich,

SBB – Zürcher S-Bahn, Limmatquerung

Projektleitung:
SBB, Bauabteilung Kreis III, Zürich

Projekt und Bauleitung Unterfahrung Neumühlequai:
Elektrowatt Ing. Unternehmung AG, Zürich

Projekt und Bauleitung Limmatunterquerung:
Basler & Hofmann, Ing. und Planer AG, Zürich

Arbeitsgemeinschaft Limmatquerung:
Locher & Cie AG, Zürich
Ed. Züblin & Cie AG, Zürich
Walo Bertschinger AG, Zürich
Schafir & Mugglin AG, Zürich

Gefrierarbeiten für die Arbeitsgemeinschaft:
Philipp Holzmann AG, D-7800 Freiburg

Geotechnisch-geologische Beratung der Arbeitsgemeinschaft:
Gysi & Leoni, Ingenieurbüro für Geotechnik + Geologie, Zürich

Literaturverzeichnis

[1] *Gysi H.:* Limmatunterquerung im Gefrierverfahren; Geotechnische Probleme; SIA-Dokumentation 94, Referate der SIA-Studientagung vom 27. September 1985
[2] *Gründler H.; Hagmann A.J.:* Bahnhof Museumstrasse und Unterquerung der Limmat; SIA-Dokumentation 94
[3] *Jessberger H.L.:* Theorie und Anwendungsgrenzen des Gefrierverfahrens im Bauwesen; SIA-Dokumentation 32, Referate der Studientagung vom 30./31. März 1979
[4] *Jonuscheit P.-G.:* Anwendung des Gefrierverfahrens im Tunnel- und Stollenbau; SIA-Dokumentation 32

S-Bahn Zürich

Unterfahrung Rämihäuser:

Projektvorstellung und die Erfahrung des Arbeitsablaufes bis heute

Von Walter Spaltenstein, Zürich

Das Baulos 4.07 Unterfahrung Häuser Rämistrasse gehört zur Teilstrecke 4, Hirschengrabentunnel. Die westliche Begrenzung des vorzustellenden Bauloses ist das Baulos 4.05 Hirschengrabentunnel, Abschnitt Seilergraben, die östliche Begrenzung ist das Baulos 4.08 Tunnel Rämistrasse. Das relativ kurze Teilstück 4.07, von 23 m, verlangt eine besonders schonende Bauweise, da die zu unterfahrenden Häuser nur sehr kleine Abstände von der Oberkante des Tunnelbauwerkes bis zu den Kellern und Fundamenten aufweisen. Ein weiteres nicht zu unterschätzendes Problem bilden die rückseitigen Wände der Häuser an der Rämistrasse. Diese Wände sind als 20 m hohe Bogenstützmauern ausgebildet, so dass das angrenzende höher liegende Gelände abgestützt wird. Die resultierenden Horizontalkräfte, die auf diese Stützmauern wirken, müssen in jeder Bauphase sicher übernommen werden.

Submissionsvorgeschichte

Neben der in der Einleitung geschilderten minimalen Unterfahrungshöhe von 1 bis 2 m, die eine übliche Untertunnelung nicht zulässt, bestehen weitere zu berücksichtigende Randbedingungen wie die Erhaltung der unter Denkmalschutz stehenden Häuserfassaden an der Rämistrasse, das Aufrechterhalten des 2spurigen öffentlichen und privaten Verkehrs ohne störende Behinderungen. Während der ganzen Bauzeit ist der Fussgängerverkehr durch die Baustelle zu gewährleisten. Technisch musste also eine Lösung gesucht werden, die alle genannten Bedingungen erfüllt. Die nicht unproblematischen geologischen Verhältnisse mussten ebenfalls entsprechend berücksichtigt werden.

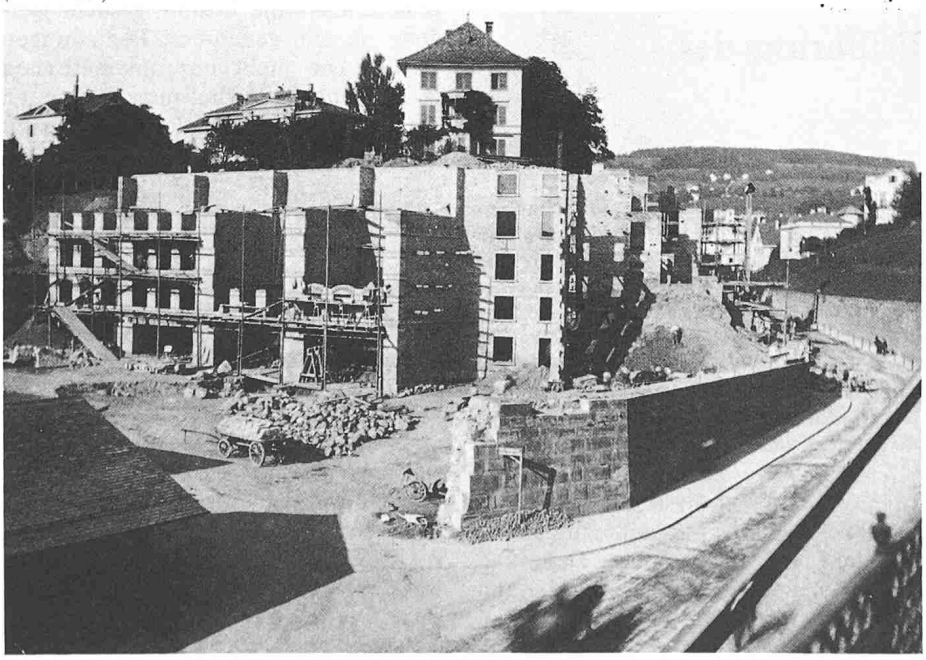
Die Schweizerischen Bundesbahnen, vertreten durch die Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, haben in einem 2stufigen Verfahren eine beschränkte Anzahl Unternehmungen eingeladen, entsprechende Lösungen vorzuschlagen, damit dieses Baulos sicher und möglichst wirtschaftlich erstellt werden kann. Die Vorabklärungen der Unternehmer mit den von ihnen selbst zugezogenen Ingenieurbüros, diente vor allem dem Studium von ausführbaren Unterfangungsmethoden. Die eingereichten Lösungs-Vorschläge sahen durchwegs Unterfan-

Bild 1. Übersichtsplan

gungsmethoden mittels Pfählen unterschiedlichster Art oder Schlitzwände vor.

Nach Abschluss dieser Vorstudien wurde in einem zweiten Schritt durch den Bauherrn beschlossen, eine beschränkte Submission durchzuführen, um im Detail die beste und wirtschaftlichste Ausführungsart wählen zu können. Die eingeladenen Projektgruppen wurden aufgefordert, innerhalb knapp drei Monaten eine Globalofferte inkl. Projektausarbeitung und Vorstatik einzureichen. Die Globalofferte, die aus diversen Teilglobalen besteht, durfte möglichst wenig Vorbehalte aufweisen. Die zur Verfügung gestellten Grundlagen wie Lastangaben der Häuser hatten rein informativen Charakter und mussten von den Unternehmungen überprüft werden. Von dem statischen System der zu unterfahrenden Häuser wie auch über die Materialbeschaffenheit waren nur spärliche Unterlagen vorhanden. Direkte geologische Aufschlüsse im Losbereich existierten nicht, so dass auf vorhandene geotechnische Unterlagen im Nahbereich der Baustelle abgestellt werden musste.

Bild 2. Bau der rückwärtigen Fassaden der Häuser Rämistrasse nach Erstellen der Bogenstützmauern (1885–1887)



Vergabe des Bauloses

Nach der Offert- und Projektabgabe der eingeladenen Submittenten am 31. August 1984 begannen dann für die Ingenieure der Elektrowatt die Vergleiche zwischen den einzelnen Projekten in bezug auf ihre Eignung sowie die preislichen und programmlichen Aspekte. Nach diversen Besprechungen und zusätzlichen Ergänzungen wurden am 12. März 1985 der Arbeitsgemeinschaft AG Conrad Zschokke Zürich/AG Heinr. Hatt-Haller Zürich die Arbeiten für das Baulos 4.07 übertragen. Der Baubeginn wurde auf den 9. April 1985 festgelegt.

Die Wahl der Baumethode

Gesamtkonzept

Das Unterfangungsbauwerk bildet statisch einen massiven Eisenbetonrahmen mit einer durch Vouten verstärkten Decke und aus in Zellenbauweise erstellten seitlichen Wänden. Die nach dem Tunnelaushub nachträglich eingezogene Bodenplatte wird den Rahmen unten zusätzlich aussteifen. Dieser Rahmen bildet die tragende Tunnelkonstruktion und nimmt alle vertikalen und horizontalen Kräfte auf. Die Dimensionen des Rahmens sind grosszügig gewählt, so dass die Verformungen infolge der grossen Lasten minimal sind.

Um dieses Bauwerk aber überhaupt erstellen zu können, müssen die zu unterfahrenden Häuser in einer ersten Phase unterfangen und auf eine Hilfskonstruktion abgestellt werden. Dies geschieht im auszuführenden Projekt mit Hilfe von Mikropfählen. Die in einem ersten Arbeitsgang erstellten Mikropfähle werden erst nach dem Abteufen der Zellenwände belastet. Die zu übernehmenden Reaktionskräfte werden unterhalb der zu erstellenden Unterfangungsdecke in den Boden eingeleitet. Der grosse Vorteil der Mikropfähle besteht darin, dass die Arbeiten auch in stark begrenzten Kellerraumhöhen ausgeführt werden können. Durch das Belassen der Decken wirken diese weiterhin als horizontale Scheiben und Aussteifungen zwischen Fassaden und Innenwänden.

Beschrieb der einzelnen Bauelemente

Provisorische Unterfangung (Mikropfähle)

Die provisorische Unterfangung besteht aus Streichbalken, welche beidseitig der Kellermauern und je nach Grösse der Fundamente, unmittelbar über

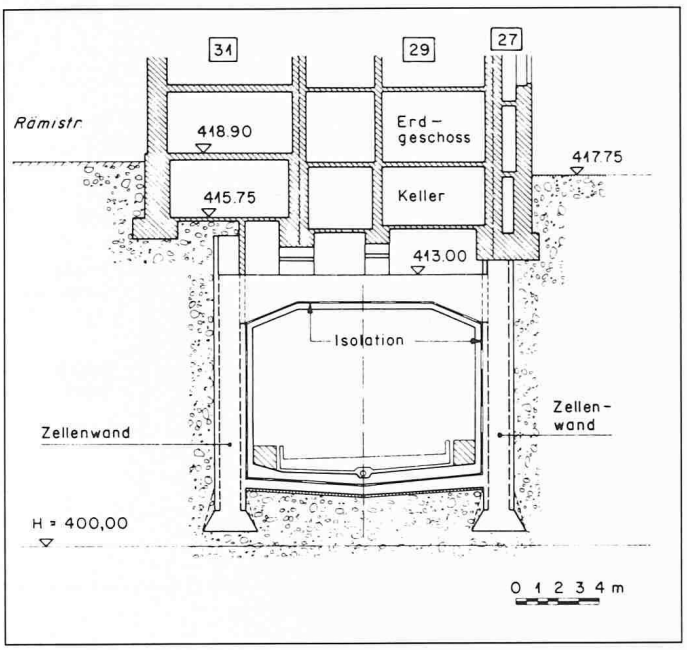


Bild 4. Querschnitt Endzustand

Bild 3 (links). Unter Denkmalschutz stehende Häuserfassade Rämistrasse

diesen oder seitlich davon anbetoniert werden.

Um die Haftung zu gewährleisten, werden die Mauern vor dem Anbetonieren aufgerauht und die Streichbalken paarweise durch horizontal vorgespannte Spannstäbe angepresst. Die aufgehängten Unterfangungsbalken sichern die Fundamente und dienen gleichzeitig als Lastverteilbalken für die später zu erstellende, definitive Übertragung der Häuserlasten auf die tragende Tunneldecke. Die paarweise gegenüberliegenden, vorgängig erstellten Mikropfähle bestehen aus 10–12,5 mm starken Stahlrohren mit einem Durchmesser von 127 mm. Die gewünschte Pfahllänge wird erreicht durch aufeinandersetzen von 2 bis 3 m langen Einzelrohren. Die Rohrstösse sind mit aufgesetzten Muffen gesichert und verschweisst. Nach dem Versetzen der Pfähle werden sie mit Zementmörtel ausinjiziert; für spätere Nachinjektionen sind zusätzliche Injektionsrohre vorgesehen. Die Längen der Mikropfähle betragen je nach Kote OK Kellerboden 11 bis 14 m. Die Mikropfähle werden im oberen Teil isoliert, damit die Lastübertragung ins Erdreich erst unterhalb der Unterfangungsdecke erfolgt. Ebenfalls muss die Gleitfreiheit des Pfahles bei der Durchdringung des Streichbalkens gewährleistet sein. Die Lastübertragung auf die Mikropfähle erfolgt mit Pressen oberhalb des Streichbalkens.

Bild 5. Einsatz der Mikropfahlmaschine im Kellerraum

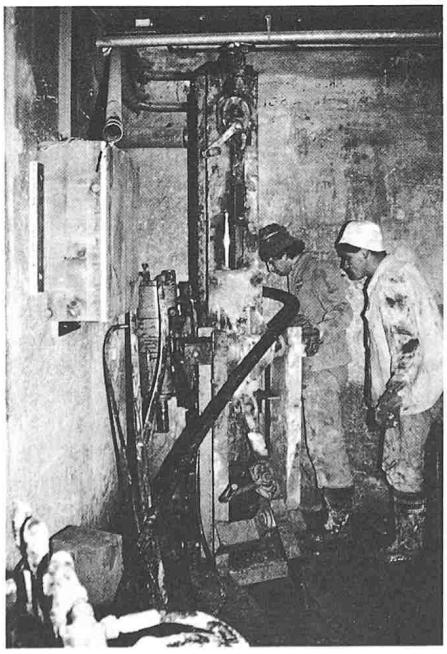
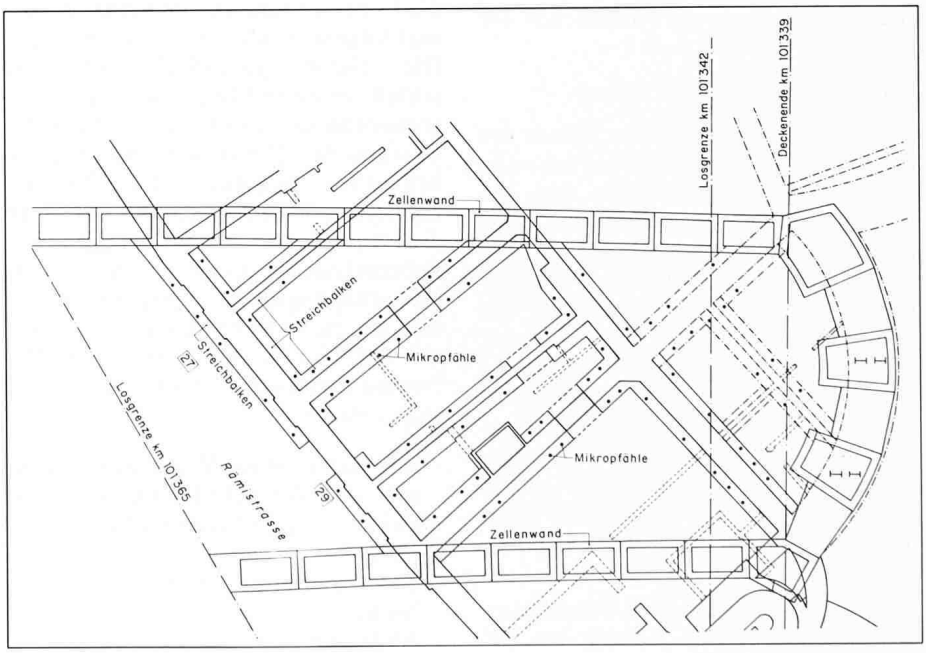


Bild 6. Grundriss (Zellenwände, Mikropfähle, Streichbalken)



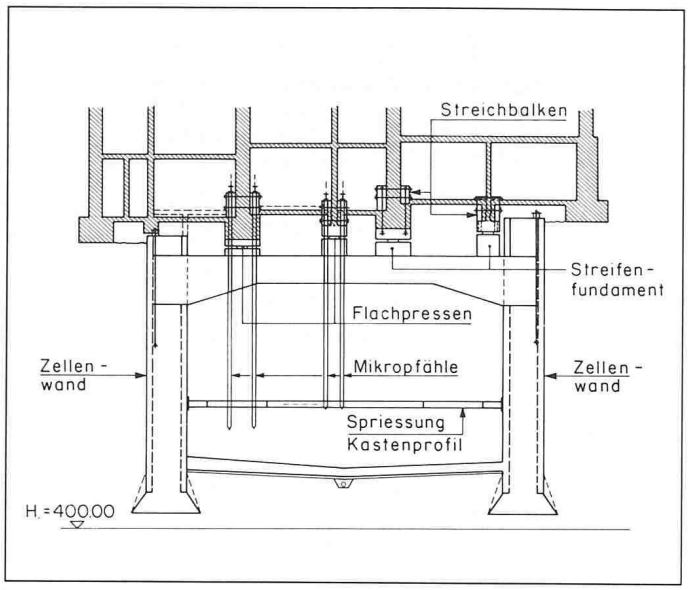


Bild 7. Querschnitt (Bauzustand Mikropfähle)

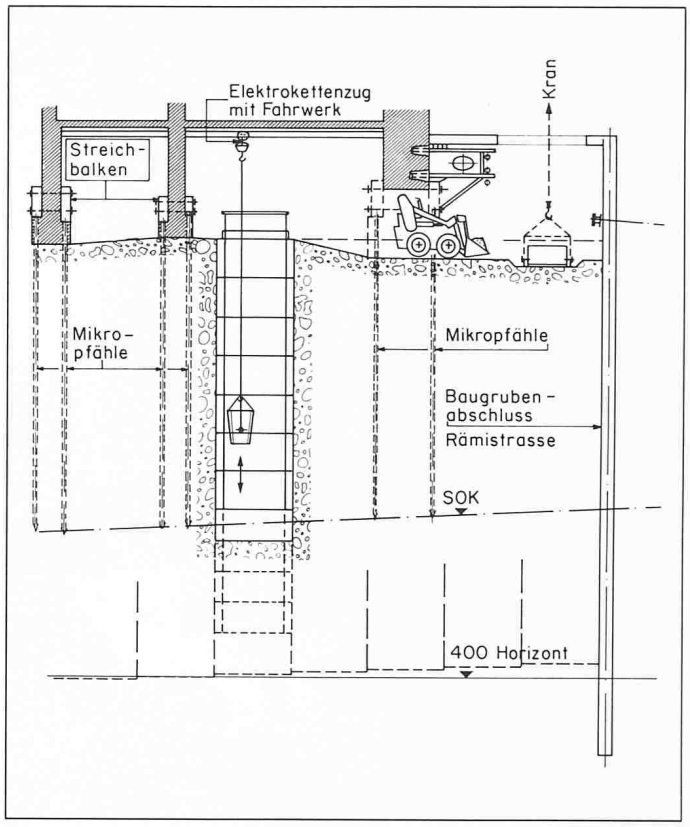


Bild 8 (rechts). Zellenbau

Die dafür notwendige Konstruktion besteht aus 2 unten und oben paarweise verbundenen UNP sowie einer dazwischenliegenden Kolbenpresse. Die maximale Presskraft ist auf 50 t ausgelegt. Sämtliche Pfähle werden in einem ersten Arbeitsgang vorbelastet und geprüft. Die Feststellvorrichtung an den einbetonierten Aufhängestangen erlaubt jederzeit ein Entlasten der Pressen sowie ein Neuansetzen derselben, um allfällige Setzungskorrekturen während den weiteren Bauphasen vornehmen zu können.

Sollten die freigelegten Pfahllängen zu gross werden, verhindert eine provisorische Aussteifung das Ausknicken der Pfähle.

Unterfangungsbauwerk Häuser

Zellenwände: Die seitlichen Wände des Bauwerkes werden in Zellenbauweise erstellt. Die Zellenschächte mit den Aussenmassen von 1,5×2,5 m und einer Wandstärke von etwa 25 cm werden in Etappen von etwa 1,2 m Höhe von oben nach unten abgeteuft. Die Zellenwände sind auf den Erddruck während des Abteufens eines Schachtes dimensioniert. Der Schachtfuss wird auf etwa 2,70 m ausgeweitet. Nach armieren und betonieren der Fussfundamentplatte wird die definitive innere Wandarmierung verlegt und die Pfeiler in 2 Etappen bis UK Unterfangungsdecke aufbetoniert.

Unterfangungsdecke: Der Flächenaushub ab bestehenden Kellern bis UK Unterfangungsdecke sowie das Betonieren derselben erfolgt in 2 Etappen, nachdem die Umlagerung der Häuserlasten auf die Mikropfähle im jeweiligen Abschnitt abgeschlossen ist. Die zweiteilige Lösung hat den Vorteil, dass bei der ersten Aushubetappe noch ⅔ der Häuser auf dem ungestörten Erdreich fundiert bleiben. Nach dem Betonieren der ersten Deckenetappe im Hof und im hinteren Häuserbereich, wird durch den Verbund der Längswände mit der 1,3 m–2,5 m starken Platte, eine sehr gute Sicherheit gegen eventuell auftretende Horizontalkräfte der zweiten Aushubetappe erreicht. Ebenso ist die Unterfangung der Stützmauer, die nachfolgend erklärt wird, abgesichert. Die Unterfangungsdecke ist eine schlaff armierte Platte. Die Anschlussarmierung der Zellenkerne mit der Armierung der Decke wird mit Schraubenmuffen ausgeführt. Für den einwandfreien Anschluss der Vouten an die Seitenwände werden die inneren Zellenwände auf Deckenstärke bis UK Unterfangungsdecke ausgespitzt, so dass sie monolitisch mit dem Kernbeton der Wände verbunden sind. Die Deckenschalungskonstruktion ist wie folgt vorgesehen:

- Einbringen einer Magerbetonschicht auf das Aushubplanum als Ausgleichs- und Sauberkeitsschicht
- Verlegen einer 5 cm starken Sagexplatte oder ähnliches auf den Magerbeton
- Abdecken der Sagexplatten mittels Hartpavatexplatten als eigentliche Schalhaut.

Dieser Aufbau der Schalungskonstruktion mit dem dazwischenliegenden Sagex erlaubt bei der Umlagerung der Lasten von den Mikropfählen auf die erstellte Decke eine freie Durchbiegung der Platte.

Die Übertragung der Häuserlasten auf die Unterfangungsdecke:

Nach dem Erstellen der Unterfangungsdecke werden die Streifenfundamente so weit aufbetoniert, dass ein Zwischenraum zu den bestehenden Unterfangungsfundamenten entsteht, um das Ansetzen von Flachpressen zu ermöglichen. Diese Flachpressen haben die Aufgabe, die Häuserlasten von den Mikropfählen zu übernehmen und über die Fundamente auf die Unterfangungsdecke zu übertragen. Der Hub wird nach dem Aufpressen durch Stahlkeile gesichert. Der Hubweg kann durch Unterfutterung von zusätzlichen Pressen erhöht werden. Die Flachpressen bleiben so lange im Einsatz, bis der Tunnelausbruch beendet ist. Durch dieses Belassen der Pressen können nicht nur allfällige Durchbiegungen der Dekke, sondern auch Verformungen infolge Kriechen des Betons sowie evtl. Setzungen der Tunnelwände korrigiert und auf ein Minimum beschränkt werden.

Untere Aussteifungsplatte Tunnelsohle: Nach Beendigung des Tunnelaushubes wird eine schlaff armierte Betonplatte

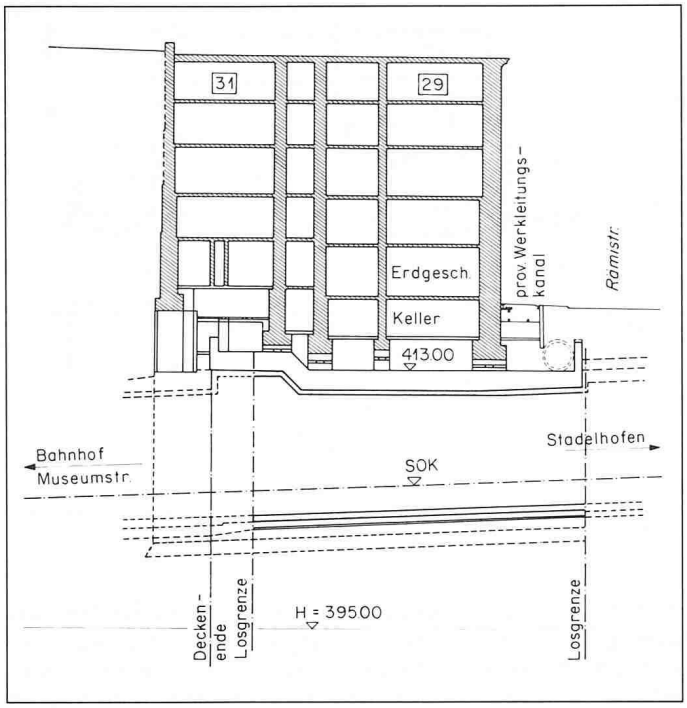


Bild 9. Längsschnitt Unterfangungsdecke (Lastübertragung)

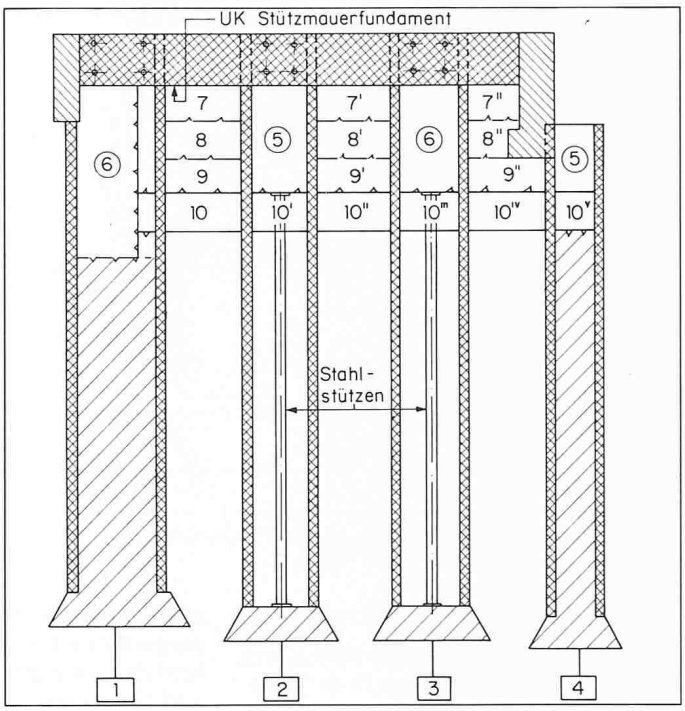


Bild 10. Ansicht Unterfangung der Stützmauer; Legende: Abteufen der Schächte 2 und 4; Einbau der Stahlstützen in Schacht 2; Betonunterfangung 5; Abteufen der Schächte 1 und 3; Einbau der Stahlstützen in Schacht 3; Betonunterfangung 6; Unterfangung der Stützmauer in Etappen von etwa 1 m (7-7'-7") (8-8'-8") (9-9'-9"); Armierung und Betonierung Unterfangungsbalken 10–10'''''

erstellt. Diese Aussteifungsplatte dient zugleich als Isolationsträger für die zu erstellende Grundwasserisolation.

Unterfangung der Stützmauer

Die Stützmauer wird mit einem dem Mauerbogen angepassten Balken von etwa 4,5 m Höhe unterfangen. Für die Auflagerung des Balkens an seinen Enden sowie in den Drittelspunkten, werden Zellenschächte in der gleichen Art wie bereits erklärt, abgeteuft. In den beiden Endauflagerschächten werden Betonpfeiler bis UK Balken aufbetoniert; diese sind Stützpfeiler und Widerlager zugleich. In den Drittelspunktschächten werden nach dem Erstellen des Fundamentes provisorische Zwillingsstützen aus Profilstahl – ebenfalls bis UK Balken – montiert. Der Unterfangungsbalken wird im Zuge des Aushubes bis UK Unterfangungsdecke schachbrettartig erstellt. Die definitive Untertunnelung der Stützmauer wird durch die ARGE des Bauloses 4.05 Hirschengrabentunnel erfolgen. Als Hilfsmassnahme erstellt unsere Arbeitsgemeinschaft lediglich eine Voraussicherung in der Form eines zweilagigen 12 m langen Terrajet-Schirmes. Die Ausführung erfolgt nach Aushub der ersten Etappe unter der Unterfangungsdecke. Die Voraussicherung hat die Aufgabe, den anstehenden Boden über dem Scheitel des Hirschengrabentunnels zu konsolidieren.

Bild 11. Erstellung der Bohrungen für Rühlwandträger

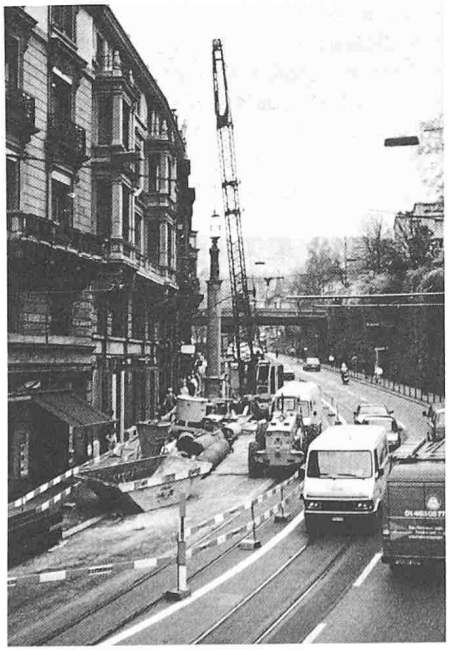
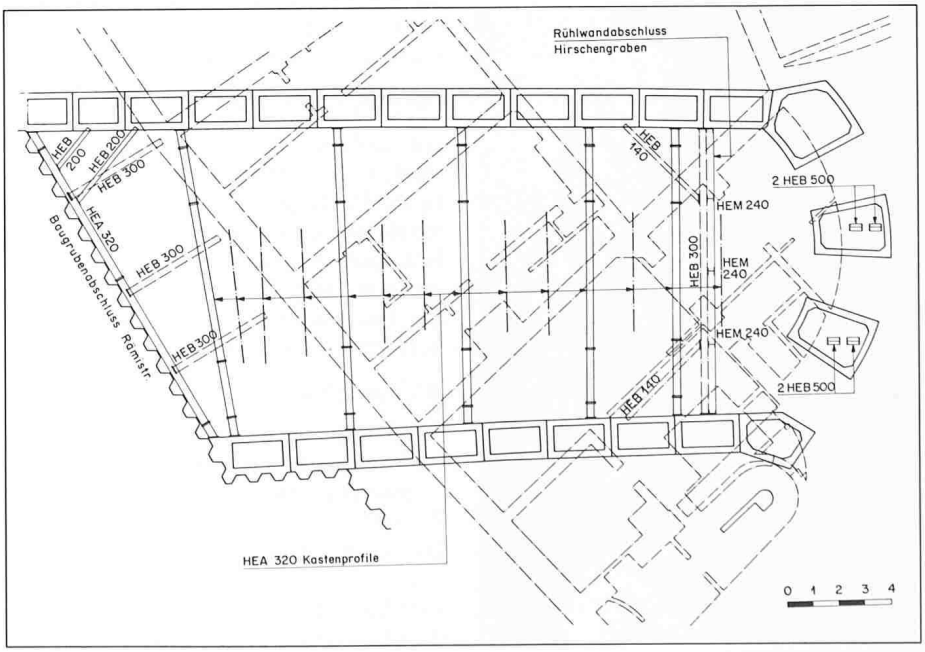


Bild 12. Grundriss Spriessungen, Baugrubenabschlüsse Hirschengrabentunnel und Tunnel Rämistrasse



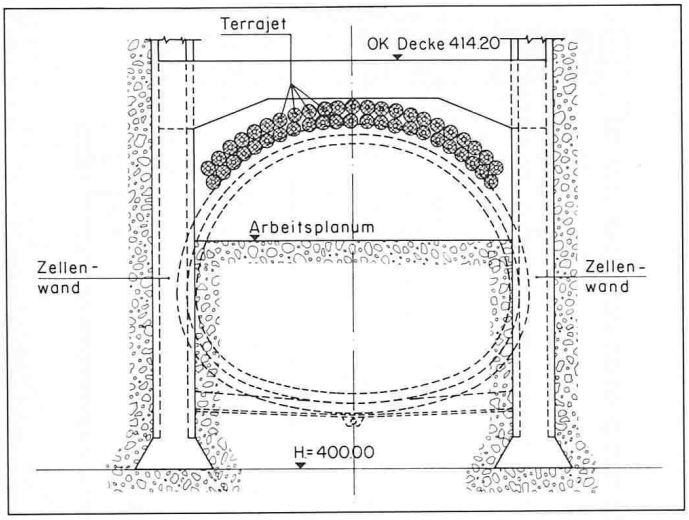


Bild 13. Querschnitt Jet-Voraussicherung Hirschengrabentunnel

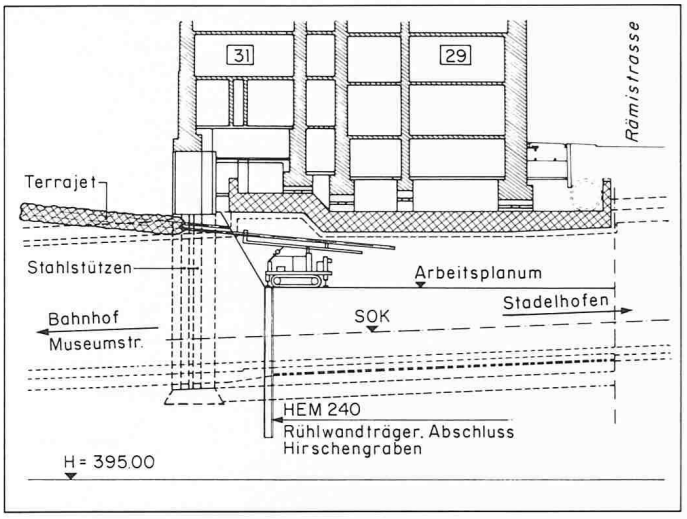


Bild 14. Längsschnitt Jet-Voraussicherung Hirschengrabentunnel

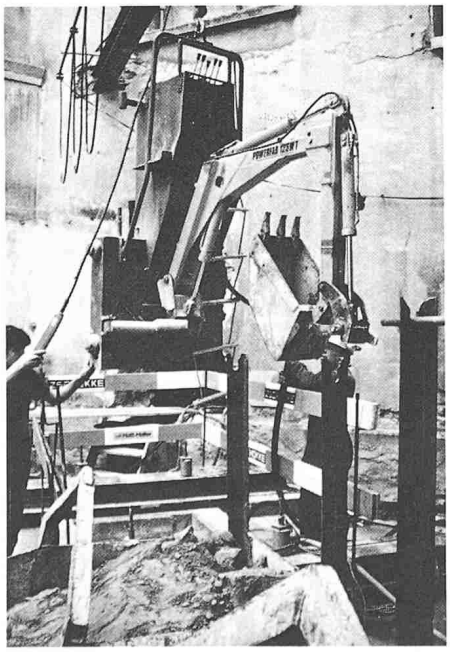
Abschluss Hirschengrabentunnel

Dieser Baugrubenabschluss besteht aus einer Rühlwand von etwa 5 m Höhe. Das Rammen der Rühlwandträger erfolgt nach der ersten Aushubetappe unter der Unterfangungsdecke. Durch die begrenzte Raumhöhe müssen die Träger in Teilstücken gerammt werden. Die Stösse der Träger werden kraftschlüssig verschweisst. Die Rühlwand ist nicht auf Wasserdruck bemessen, da die Baustelle geflutet werden kann oder gegebenenfalls die Grundwasserabsenkung nach Abschluss der Arbeiten unseres Bauloses bauseits weiterhin in Betrieb bleibt.

Abschluss Tunnel Rämistrasse

Die ursprünglich vorgesehene vorgebohrte Spundwand, als Abschluss gegen die Rämistrasse, haben wir durch eine Rühlwand, gesichert mit Erdanker und Spriessungen, ersetzt. Diese Lösung ermöglichte es, während der einwöchigen programmierten Stillegung des Trambetriebes infolge Umbau am Bellevue und Heimplatz, die zehn 18 m langen Rühlwandträger HEB 400 in die gebohrten Löcher zu versetzen. Die Lärmbelästigungen der ursprünglich vorgesehenen länger dauernden Spundwandarbeiten, die im übrigen in der Nacht hätten erfolgen müssen, konnten dadurch vermieden werden.

Bild 15. Versetzen des Grabenbaggers in den Zellenschacht



Tunnelausbruch und Sicherung

Der Aushub unterhalb der Unterfangungsdecke wird 2-stufig ausgeführt. Das Aushubmaterial wird durch die Deckenöffnung in der Rämistrasse vertikal nach oben gefördert und mit Lastwagen abgeführt. Die erste Aushubetappe bildet zugleich das Arbeitsplanum für den Rühlwandabschluss des Hirschengrabentunnels sowie der Erstellung des Jet-Schirmes. Eine horizontale Spriessung in etwa ⅓ der Höhe erlaubt uns die zweite Aushubetappe vorzunehmen. Die anschliessend zu betonierende Grundplatte, formlich bereits an die Innenschale angepasst, steift die Unterfangungskonstruktion aus.

Innenschale und Isolation

Die Isolation besteht aus einer 2 mm starken Kunststoff-Folie, die um das ganze Profil geführt wird. Die Innenschale des Tunnels dient als Schutz der Isolation und der Anpassung an das geforderte Tunnelprofil. Die Ausführung der Betoninnenschale erfolgt mit den herkömmlichen Mitteln.

Wasserhaltung

Nach den vorliegenden geologischen Unterlagen wurde der maximale Wasserandrang über die ganze Fläche der Baustelle auf 80 l/min geschätzt. Anlässlich der Offertbereinigungen einigte man sich für die Erstellung von bis zu 9 Kleinfilterbrunnen, die je nach Bedürfnis angeordnet werden können. Sollte es sich bei der Ausführung der Arbeiten zeigen, dass die gewünschte Absenkung nicht erreicht wird, würden zusätzliche Brunnen oder andere nötige Massnahmen separat vergütet.

Erfahrung des Arbeitsablaufes bis heute (Stand Ende März 1986)

Das vorgestellte Projekt mit den bis heute abgewickelten Bauarbeiten darf für sich in Anspruch nehmen, dass es allen Anforderungen gerecht wird. Die ausgeführten Arbeiten wie Bauplatzinstallation, Demontage der bestehenden Hausinstallationen und die Erstellung der Provisorien sind programmgemäss verlaufen. Die Erstellung der Mikropfähle und die bis anhin fertiggestellten Streichbalken konnten normal und ohne grössere Schwierigkeiten ausgeführt werden. Ein durch die Bauleitung angeordneter Eignungsnachweis von 2 Mikropfählen zeigte ebenfalls sehr gute Resultate. Die beiden Pfähle, die in ihrem Belastungszustand rund 30 t/Pfahl aufnehmen müssen, wurden in Stufen von 0 auf 30 t belastet, wiederum auf 0 entlastet, sowie anschliessend auf Lasten von 60 t geprüft. Die beiden Pfähle mit einer freien Länge von 4,4 m und einer eingebundenen Länge von 6 m, zeigten nach 10 Tagen Dauerbelastung mit 60 t Setzungen von 2,6 mm bzw. 4 mm. Nach der Entlastung ist das Setzungsmass auf unter 1 mm zurückgegangen.

Anhand der unverrohrt gebohrten Mikropfähle und den Aufschlüssen aus den Rühlwandbohrungen von 18 m Länge, zeigte sich das erwartete Bild der Geologie sowie der geringe prognostizierte Wasseranfall. Das Bohrgut bestand grösstenteils aus trockenem, vereinzelt leicht feuchtem standfestem Sand.

Parallel zu den Mikropfählen wurde hofseitig ein Zellenschacht als sogenannter Probeschacht abgeteuft. Auf einer Tiefe von 6 m stiess man im Probeschacht plötzlich auf unzählige Findlinge und auf grosse Blöcke, die Schachtausmass annahmen. Ein eigens für den Schachtbau konstruierter Grabenbagger, der sich jeweils im bereits betonierten Schachtteil an die Zellenwände abstützte bzw. anpresste, konnte nicht mehr eingesetzt werden. Die grösseren Findlinge sowie Blöcke mussten mittels hydraulischem Sprenggerät zerkleinert werden. Vom geplanten maschinellen Aushub musste auf reine Handarbeit umgestellt werden. Als weitere Überraschung mussten die Arbeiten am Probeschacht auf der Tiefe von 15 m, rund 3 m über der Schachtsohle, wegen starkem Wasserzufluss eingestellt werden. Sofort wurden die ersten drei Filterbrunnen und schliesslich das ganze Grundwasserkonzept von 9 Filterbrunnen erstellt. Die 9 Pumpstellen zeigten sehr unterschiedliche Resultate von 2 l/min bis 80 l/min. Inzwischen wurden weitere Zellenschächte in Angriff genommen und zwar vorwiegend im Teil der ersten Etappe gegen das Los Hirschengrabentunnel. Im Laufe des weiteren Schachtbaues stellte sich heraus, dass die vorhandenen Brunnen keine genügende Grundwasserabsenkungen ergaben, was zum gemeinsamen Beschluss führte, weitere Kleinfilterbrunnen zu erstellen.

Bis heute sind 16 Filterbrunnen in Betrieb, die zusammen über 400 l/min. förderten. Trotz dieser vermehrten Anordnung von Brunnen konnten die beiden Stützmauerschächte, die die Zwillingsstützen für die provisorische Unterfangung der Stützmauer aufzunehmen haben, nicht ohne spezielle Massnahmen abgeteuft werden. Die letzten Meter des Schachtaushubes mussten mit Zementinjektionen bzw. beim Schacht Nr. 15 mit Kunstharzinjektionen konsolidiert und abgedichtet werden. Die Arbeiten der Zellenschächte sind Ende März 1986 bis auf 4 Schächte abgeschlossen. Die Vorgabeleistungen wurden trotz Mehrleistungen, bedingt durch zusätzliche Filterbrunnen, Abbau von über 200 m³ Findlingen und Blöcken, Aushub in teilweise wassergesättigtem Material und Bodenverbesserungen mittels Injektionen erreicht. Ein Vergleich mit dem Vertragsprogramm zeigt jedoch, dass durch die Umstellung und Inangriffnahme von später vorgesehenen Zellenschächten die Erstellung der ersten Deckenetappe, die sich programmlich auf dem kritischen Weg befindet, in Verzug geraten ist. Die Arbeitsgemeinschaft wird sich bemühen, in Tag- und Nachtschicht den Verzug nicht weiter anwachsen zu lassen und versuchen, einen Teil des Rückstandes wieder aufzuholen.

Schlussfolgerung

☐ Das gewählte Projekt und die bis anhin ausgeführten Arbeiten erfüllen eine optimale Wahrung der Bausubstanz der Häuser an der Rämistrasse. Die gemessenen Setzungen der Häuser seit Baubeginn bis heute, nach Erstellen der Zellenwände und dem Absenken des Grundwasserspiegels, sind in der Messtoleranz von ± 1 mm.

☐ Der Verkehr auf der Rämistrasse verläuft weitgehend normal und ungestört. Die Bedingungen für das Offenhalten des Fussgängerverkehrs werden erfüllt.

☐ Die Lärmvorschriften sowie die statisch notwendigen Sicherheiten wie auch der Schutz der eigenen Leute sind optimal gewährleistet

☐ Das Projekt ist jederzeit anpassungsfähig, selbst wenn zusätzliche Schwierigkeiten auftauchen sollten

☐ Die Erwartungen an das Projekt werden erfüllt. Kompromisse müssen jedoch von allen Beteiligten eingegangen werden.

☐ Es braucht weiterhin Flexibilität zur Anwendung von neuen technischen Verfahren

☐ Eine weiterhin gute und kooperative Zusammenarbeit zwischen Bauherr, Bauleitung und der Arbeitsgemeinschaft ist eine unabdingbare Voraussetzung für die Erstellung dieses sicher nicht alltäglichen Bauvorhabens.

Adresse des Verfassers: *Walter Spaltenstein*, Ing. HTL Vizedirektor, AG Conrad Zschokke, Hoch- und Tiefbau, Sektor Zürich, Räffelstrasse 11, 8045 Zürich.

Regionales Buskonzept Luzern

Überprüfung des vom Regionalplanungsverband Luzern erarbeiteten Teilrichtplanes «Verkehr»

Von Bruno Albrecht, Zürich

Die so häufig postulierte Förderung des öffentlichen Verkehrs beginnt bereits auf der Planungsstufe. Die heute üblichen kommunalen, regionalen und kantonalen Verkehrsrichtpläne enthalten in der Regel lediglich grobe Aussagen über die Linienführung von Bahnen und Bussen. Damit diese aber auch als wirksames Planungsinstrument eingesetzt werden können, sind sie auf der Grundlage von klaren verkehrspolitischen Zielsetzungen soweit zu verfeinern, dass verbindliche Angaben über Umfang, Standort und Zeitpunkt von Investitionen für den öffentlichen Verkehr abgeleitet werden können.

Aufgabenstellung

Der Regionalplanungsverband Luzern hat zwischen 1976 und 1981 ein regionales Buskonzept erarbeitet. Dieses besteht einerseits aus einem Linienkonzept und anderseits aus einem Massnahmenkatalog zur Beschleunigung des Trolley- und Autobusverkehrs auf den 6 regionalen Einfallsachsen. Zur abschliessenden Beurteilung und Genehmigung verlangte nun der Regierungsrat eine kritische Überprüfung dieser netz- und achsbezogenen Massnahmen hinsichtlich ihrer Machbarkeit bzw. Wirksamkeit.

Abgrenzung

Die räumliche und zeitliche Abgrenzung des öffentlichen Verkehrssystems wurde folgendermassen getroffen:

- Das eigentliche Untersuchungsgebiet umfasst die 21 Gemeinden des Regionalplanungsverbandes mit rund 175 000 Einwohnern und 86 000 Arbeitsplätzen
- Planungshorizont ist das Jahr 2000, d.h. das Fahrplanangebot im Regionalzugsverkehr kann wegen fehlender Lei-