Tagungsband

2. Wiener U-Bahn-Tagung

4. und 5. Juni 2014

Technische Universität Wien
Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement
und
WIENER LINIEN GmbH & Co KG

TU WIEN TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN Vienna University of Technology

WIENER LINIEN

Impressum

Herausgeber:	Technische Universität Wien Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement Karlsplatz 13/234-1 1040 Wien
Telefon:	+ 43/1/58801-23402
Telefax:	+ 43/1/58801-23499
E-Mail:	office234-1@tuwien.ac.at
Homepage:	www.ibb.tuwien.ac.at
Druck:	Eigenverlag, Wien, Mai 2014
Redaktion:	Lukas Steinschaden
Lektorat:	Dr. Philipp Maurer
ISBN:	978-3-9502638-4-8
Copyright:	für die Texte, Fotos, Grafiken und Statistiken bei den AutorInnen bzw. den verfassenden Firmen und/oder Instituten, wenn nicht anders angegeben. Nachdruck oder Vervielfältigung, Aufnahme auf oder in sonstigen Medien oder Datenträgern nur mit ausdrücklicher Zustimmung der Copyright-InhaberInnen gestattet.

Vorwort

O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Dr.h.c. Hans Georg Jodl
Professor für Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik
Institutsvorstand für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement
Technische Universität Wien

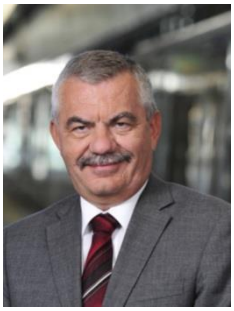
Die erste Wiener U-Bahn-Tagung war ein großer Erfolg. Der Schwerpunkt lag auf der Erweiterung der U2 nach Aspern in die neue Seestadt, die gerade erst im Entstehen begriffen war.

Die Weiterführung der U1 von der derzeitigen Endstation Quellenplatz nach Süden zur Therme Oberlaa eröffnet eine neue Dimension des hervorragenden Wiener U-Bahn-Netzes. Die bevölkerungsreichen Wohngebiete rund um den Laaer Berg erhalten eine direkte Anbindung an die Innenstadt und die nordöstlichen Bezirke Wiens können bequem die größte Wellness-Therme im 10. Wiener Gemeindebezirk erreichen. Da die Bauarbeiten an dieser neuen Linienverlängerung der U1 nur relativ kurz dauern, war der Termin 2014 für eine zweite Wiener U-Bahn-Tagung auch in Hinblick auf die Bereitstellung interessanter Exkursionen zu den aktuellen Baustellen U1/8, U1/9 und U1/10 eine logische Konsequenz.

Im Gegensatz zur 1. U-Bahn-Tagung wird diesmal das Angebot an interessanten Vorträgen durch den vorgelagerten Call for Papers bereichert. Die Tagung wird erstmals mit einer den Kreis der U-Bahn Community übersteigenden Keynote Lecture eingeleitet. Neben den bautechnischen Schwerpunktthemen zur U1 werden auch erstmalig die Lebenszykluskosten von U-Bahn-Stationen im Rahmen einer wissenschaftlichen Untersuchung dargestellt. Auch die komplexen Anforderungen an die lange fälligen Modernisierungsarbeiten an der ältesten Linie U4 unter Betrieb werden ebenso beleuchtet wie die neuesten Pläne zur Erweiterung der Linie U2 nach Süden sowie die mythenumrankte Planung der „fehlenden“ Linie U5 nach Westen.

Insgesamt sind die VeranstalterInnen bemüht, ein abwechslungsreiches und vielfältiges Programm zu bieten, das den aktuellen Stand der Entwicklung in der rasch wachsenden Stadt Wien mit Ausblick in die Zukunft abbilden soll.

Vorwort



Dipl.-Ing. Günter Steinbauer
Vorsitzender der Geschäftsführung
WIENER LINIEN GmbH & Co KG

Seit mehr als 35 Jahren ist die Wiener U-Bahn in Betrieb und aus dem öffentlichen Verkehr in unserer Stadt nicht mehr wegzudenken. Mehr als 500 Millionen Fahrgäste nutzen jährlich das hochwertige Verkehrsmittel.

Gebaut wird an der Wiener U-Bahn aber bereits seit 1969. Weitsichtigen politischen Verantwortungsträgern von Mitte der 1960er Jahre bis heute ist zu verdanken, dass der Bau unserer U-Bahn gestartet und kontinuierlich fortgeführt wurde.

Der weitere Ausbau – Stichwort U5 – wird von der Wiener Stadtregierung gefordert. Die Gespräche über die Finanzierung mit dem Verkehrsministerium wurden bereits begonnen.

Die Erfolgsgeschichte der Wiener U-Bahn beginnt nicht mit der jeweiligen Inbetriebnahme der neuen Linien oder der Verlängerungen. Der Grundstein für die hohe Akzeptanz und die Beliebtheit in der Bevölkerung wird bereits während der Planung und beim Bau gelegt. Kolleginnen und Kollegen im Magistrat, den Technischen Büros, den Wiener Linien und den ausführenden Firmen ist es zu verdanken, dass die technischen Lösungen für die Wiener U-Bahn in den letzten vier Jahrzehnten in hoher Qualität umgesetzt wurden.

Die 2. Wiener U-Bahn-Tagung bringt alle Beteiligten und Interessierten für einen hochwertigen Austausch zusammen. Eine breite Palette an Vorträgen sprechen kaufmännische, rechtliche und technische Themen an. Im Mittelpunkt stehen dabei die Präsentation von Ergebnissen und Lösungen und die anschließende breite Diskussion.

Ich freue mich, dass diese Tagung nun zum zweiten Mal stattfindet und wünsche allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern einen breiten und interessanten Gedankenaustausch sowie neue Erkenntnisse für die Zukunft der Wiener U-Bahn.

Keynote

Prof. Mag. Peter Zellmann
Institutsleiter IFT Wien
Institut für Freizeit- und Tourismusforschung

Lebensstile der Zukunft – vom Wandel profitieren. Von oberflächlichen Trends zu fundierten Grundlagen

Der Beitrag beschreibt den Weg von oberflächlichen Trends zu fundierten Grundlagen. Er vertritt die These, dass Zukunft Herkunft hat und beschreibt, wie aus Szenarien Traumwünsche werden.

Unsere Gesellschaft befindet sich in einem tiefgreifenden Umbruch. Der Wertewandel erfasst alle Lebensbereiche, alle Generationen und betrifft daher zunehmend auch die Arbeitswelt. In den 70er Jahren eingeleitet, wird diese Entwicklung etwa um 2030 abgeschlossen sein. Wenn sich eine Gesellschaft grundsätzlich verändert, dann dauert der Übergang mindestens zwei Generationen.

Ehe man nun konkret die (wahrscheinliche) Zukunft der Lebensstile zu beschreiben versucht, müssen wir uns mit den gesamtgesellschaftlichen Grundlagen dieses Paradigmenwechsels auseinandersetzen. Das Ende des Industriezeitalters bedeutet zwar weder einen Bedeutungsverlust, noch weniger das Ende des Wirtschaftssektors „Industrie“, macht aber deutlich, dass wir in ein neues Zeitalter hineinwachsen. Wahrscheinlich in ein Dienstleistungszeitalter.

Das muss die Ausgangslage für alle wirklich zukunftsfähigen, politischen und wirtschaftlichen Programme sein. Auf dem Weg von der Symp-

tombekämpfung zur strukturellen Reform unserer Gesellschaft müssen daher zunächst Fehlannahmen korrigiert und manche Interpretationen relativiert werden.

Die Kennzeichen des Wandels sind zunächst qualitativ zu erfassen: Es geht um das Aufholen bisher, im Industriezeitalter zu wenig beachteter Werte: das Weibliche, das Ökologische, das Emotionale, das Ganzheitliche.

Das polarisierende „Entweder/Oder" weicht zunehmend dem „Sowohl/Als auch": Arbeit und Freizeit, Beruf und Familie, Spaß und Leistung, Herz und Hirn, ...

Vom „Lebensstandard-Denken" entwickelt sich die fortgeschrittene Industriegesellschaft zu einem „Lebensqualität-Empfinden", bei dem Lebenszufriedenheit zunehmend individuell, also subjektiv, vor allem aber teilweise unabhängig von materiellen Werten definiert wird und in das Zentrum der Lebensplanung rückt.

Das lineare Fortschreiben der wichtigsten Probleme unserer Gesellschaft, bei dem in einer Legislaturperiode Unzulänglichkeiten erkannt und für die nächste dann Lösungen versprochen werden, also reine Symptombekämpfung Reformwillen vorgaukeln soll, führt uns in keine wünschenswerte Zukunft.

Die meisten Menschen leben nicht mehr, um zu arbeiten, sondern arbeiten auch und gerne, um zu leben. Dieses Wortspiel fasst den gesellschaftlichen Wandel am treffendsten zusammen.

Die wichtigste quantitative Veränderung ist ebenso leicht nachvollziehbar, nämlich die dramatische Veränderung unseres Lebenszeitbudgets. Seit Beginn des 20. Jahrhunderts, in nur drei Generationen, haben wir 225.000 Lebensstunden, ein Drittel an Gesamtlebenszeit, dazu gewonnen, hat sich europaweit die Wochenarbeitszeit auf 39 Stunden halbiert, ist so etwas wie Gebührenurlaub überhaupt erst entstanden und hat sich mittlerweile auf bis zu sechs Wochen ausgedehnt. Das Fazit?

Nur 14% unserer Lebenszeit verbringen wir in Beruf und Ausbildung. Es muss der Politik klar werden, dass man diesen 14% an Lebenszeit nicht 90% der politischen Aufmerksamkeit widmen darf. Das Ausrufen der „Freizeitgesellschaft" war voreilig. Freizeitorientierung der Lebensstile wäre die zutreffendere Bezeichnung. Wir sind keine leistungsverweigernde „Gaudigesellschaft", aber der Begriff „Arbeit" im Sinne von

Leistung für sich und die Gesellschaft darf eben nicht mehr nur mit industriezeitalterlichen Maßstäben gemessen werden. Work/Life Balance ist falsch! Arbeit ist Teil des Lebens. Was es in Balance zu bringen gilt, sind eben Arbeit und Freizeit (Privatleben). Work/Leisure Balance wäre der bessere Begriff.

Aber in dieser Übergangsgesellschaft werden viele Überschriften falsch gesetzt: Das betrifft z.B. vor allem die „alternde Gesellschaft". Nicht die Gesellschaft altert, sondern die Menschen werden älter. Das ist nicht nur nicht dasselbe, sondern bedeutet für viele Lebenszusammenhänge sogar das Gegenteil.

Zukunft ist vor allem Herkunft. Man kann nicht in die Zukunft schauen. Aber man kann den Grundstein für etwas Zukünftiges legen. Denn Zukunft kann man bauen (A. de Saint-Exupéry).

Die wissenschaftliche Zukunftsforschung ist von der Trendforschung zu unterscheiden. Niemand weiß, wie wir im Jahr 2030 leben werden, aber aus der Erfahrung der Vergangenheit können wir wissenschaftlich fundierte Szenarien entwickeln. Wo kommen wir hin, wenn ...

Diese Szenarien, nebeneinander gestellt, münden dann in der Frage: „und welche Zukunft wollen wir eigentlich haben?" Und: „Was kann ich für mich und für die Gesellschaft dafür tun, um das Wunschszenario zu erreichen?"

Im 21. Jahrhundert müssen die aufgeklärten, informierten Menschen der Politik klar machen, was sie wollen. „bottom up" statt „top down", mehr „high touch" als „high tech" sind dafür die Methoden auf dem Weg ins Dienstleistungszeitalter.

Was hier nur im Telegrammstil als Denkanstoß angedeutet werden kann, verdient es, im Detail durchdacht und auf das eigene, private und berufliche Leben umgelegt zu werden.

Die Forschungsergebnisse unseres Instituts bzw. die aktuellen Publikationen des Autors können Ihnen dabei eine wertvolle Hilfe sein: www.freizeitforschung.at

Fachvorträge

Seite 11-18
Dipl.-Ing. Günter Steinbauer
Netzanforderungen einer wachsenden Stadt

Seite 19-33
Univ.-Prof. Mag. Dr. Michael Getzner,
Dipl.-Ing. Gerald Grüblinger
Regionalwirtschaftliche und beschäftigungspolitische Wirkungen des Ausbaus der Wiener U-Bahn

Seite 35-49
Arch. Dipl.-Ing. Andreas Jerabek
Die Architektur der U1 und ihre Entwicklung

Seite 51-61
Univ.Ass. Dipl.-Ing. Dr.techn. Andreas Makovec,
Dipl.-Ing. Dr.techn. M.Sc. Christian Schranz
Lebenszykluskosten von U-Bahn-Stationen

Seite 63-69
Dipl.-Ing.in Ursula Zappe
Schnittstellen des Wiener U-Bahn-Baus zur Stadt Wien: Von der Idee bis zum Bau gemeinsam für die beste Lösung

Seite 71-80
Dipl.-Ing. Wolfgang Pflamm,
Dipl.-Ing. Martin Schmidt
Grundwasserentspannung im fein(st)körnigen Miozän mittels alternativer Brunnenausbaumethode

Seite 83-96
Dipl.-Ing. Andreas Leitner,
Dipl.-Ing. Christian Nebois,
Dipl.-Ing. Dr.techn. Georg Atzl
Neue Ansätze für die Planung der Hohlraumauskleidung für NÖT-Strecken im Wiener U-Bahn-Bau

Seite 97-111
Dipl.-Ing. Thomas Herzfeld,
Dipl.-Ing. (FH) Christoph Black
Innerstädtische Vortriebssicherung durch DSV-Schirm – besondere Herausforderung in bindigen Böden

Seite 113-125
Mag.[a] Dr.[in] Christine Jawecki,
Dipl.-Ing. Franz Krepper
NÖT-Vortrieb unterhalb schwer prognostizierbarer Anschüttungen beim U-Bahn-Abschnitt U1/8

Seite 127-136
Dipl.-Ing. Alexander Wersonig
Cloud in the tunnel – Einsatz von Cloud-Computing im Tunnelbau

Seite 137-148
Dipl.-Ing. Josef Schmeiser,
Dipl.-Ing. Christian Fuchs,
Dipl.-Ing. Reinhold Theiß
Vereisungsmaßnahmen im innerstädtischen Tiefbau: Spreekanalunterquerung im Zuge der Linie U5 in Berlin

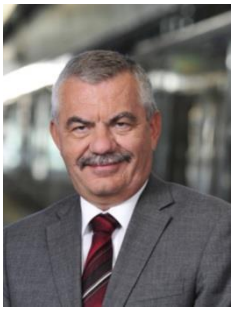
Seite 149-160
Dipl.-Ing. Vincent Winter
Rüttelstopfverdichtung zur Gründung des Stationsgebäudes U2/15

Seite 161-172
Dipl.-Ing. Bernhard Schreitl
Umbau Abstell- und Wendeanlage Reumannplatz unter Betrieb

Seite 173-182
Dipl.-Ing. (FH) Michael Zeman
NEU4 – Umfangreiche Modernisierung der Linie U4

Seite 183-192
Dipl.-Ing. Dr.techn. Edgar Fischmeister,
Dipl.-Ing. Dr.techn. Andreas Oberhauser,
Dipl.-Ing. Dr.techn. Günther Achs
Instandsetzung des Oberbaus der U-Bahn-Linie U1 nach 34 Jahren Betriebsbelastung

Seite 193-200
Dipl.-Ing. Peter Moser
Herausforderungen für Auftragnehmer bei Gleissanierungen im U-Bahn-Tunnel anhand der Baustelle U1 Roofingmattentausch



Dipl.-Ing. Günter Steinbauer

Netzanforderungen einer wachsenden Stadt

Dipl.-Ing. Günter Steinbauer
WIENER LINIEN GmbH & Co KG
Erdbergstraße 202
A-1030 Wien
www.wienerlinien.at

Inhaltsverzeichnis

1 Öffentlicher Verkehr in Wien 13
2 Stillstand bedeutet Rückschritt 15
3 Zielführende Maßnahmen 15
4 Die Erfolgsgeschichte geht weiter 17

1 Öffentlicher Verkehr in Wien

„Wien wächst rasant und bietet weltweit die höchste Lebensqualität." An diese Schlagzeile haben wir uns in den letzten Jahren bereits gewöhnt. Sie stellt die Stadtverwaltung aber vor enorme Herausforderungen, die für den Verkehrsbereich im folgenden Beitrag genauer unter die Lupe genommen werden.

Wien hat mit Stand 1.1.2014 genau 1.765.649 EinwohnerInnen, das sind um 24.403 mehr als vor einem Jahr. Die Bundeshauptstadt hat seit dem Jahr 2000 rund 200.000 EinwohnerInnen hinzugewonnen, das entspricht der Einwohnerschaft von Linz. Die Statistik Austria geht davon aus, dass Wien bis zum Jahr 2033 über zwei Millionen EinwohnerInnen zählen wird.

Die Rolle der Wiener Linien ist hierbei von signifikanter Bedeutung, da bereits heute 39 Prozent aller Wege in der Stadt mit öffentlichen Verkehrsmitteln zurückgelegt werden, womit der ÖPNV die erste Wahl bei städtischer Mobilität ist.

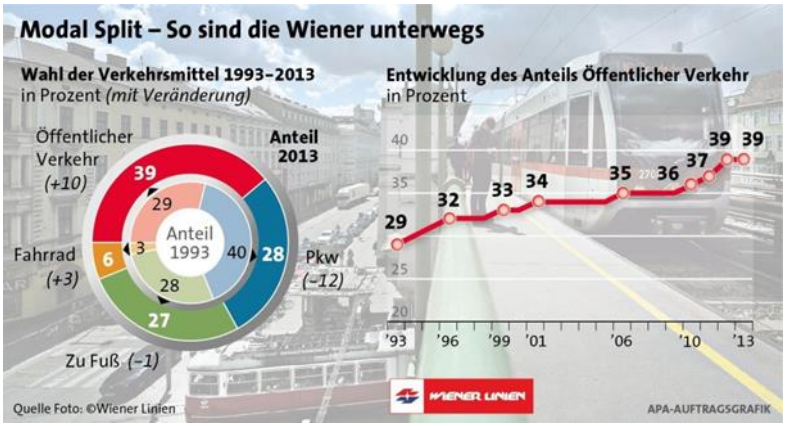


Abbildung 1: Modal Split

Der öffentliche Verkehr in Wien ist eine Erfolgsgeschichte, gekennzeichnet durch konstante Fahrgastzuwächse seit Jahren. Die 1-Milliarde-Fahrgastgrenze wird in den nächsten Jahren erwartet. Hintergrund dieser Erfolgsgeschichte sind vor allem der kontinuierliche Ausbau der Infrastruktur in Abstimmung mit der Stadtentwicklung

sowie verkehrspolitische Maßnahmen, wie etwa die Tarifsenkung. Weiterer Faktor für die Fahrtgastzuwächse im öffentlichen Verkehr ist das Bevölkerungswachstum im Umland, welches sicher stärker zunimmt als bisher angenommen. Dies führt zu massiven Zuwächsen bei den ÖV-EinpendlerInnen, womit ein Bedarf an leistungsfähigem öffentlichen Verkehr auf allen Ebenen S-Bahn, U-Bahn, Straßenbahn und Bus gegeben ist. Der Schienenausbau, wie etwa die Neue Westbahn, aber auch das Erreichen der Kapazitätsgrenze beim motorisierten Individualverkehr – resultierend aus hohen Treibstoffpreisen und der Ausweitung der Parkraumbewirtschaftung – sorgen für eine weitere Verlagerung Richtung ÖPNV.

Trotz wachsender Fahrgastzahlen und den daraus resultierenden Herausforderungen für den Betrieb und die gesamte Infrastruktur nimmt die Zufriedenheit unserer KundInnen weiter zu. Laut der kürzlich veröffentlichten Untersuchung von omnitrend bewerten 98% unserer KundInnen die Wiener Linien positiv und geben uns im Durchschnitt eine Note von 1,8.

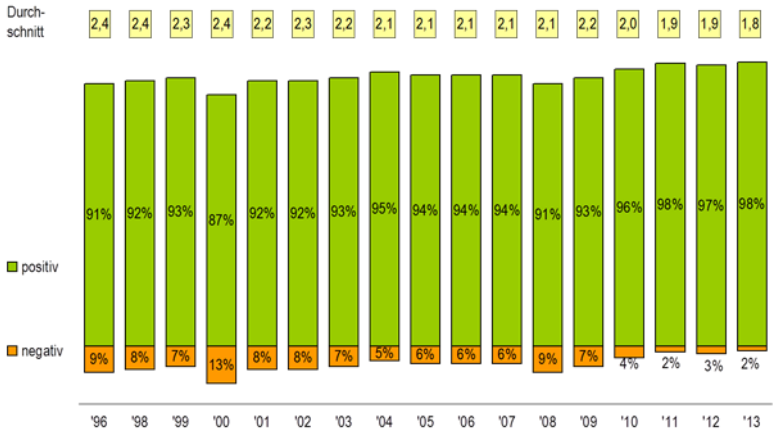


Abbildung 2: Kundenzufriedenheit

2 Stillstand bedeutet Rückschritt

Die Stadtverwaltung und kommunalen Unternehmen werden vor die Frage gestellt, wie der stetige Bevölkerungszuwachs bei Erhaltung der hohen Lebensqualität bewältigt werden kann. Auch die Wiener Linien als der Verkehrsdienstleister der Stadt stehen vor enormen Herausforderungen, die nicht eindimensional beantwortet werden können. Bei einer prognostizierten Zunahme der Bevölkerung bis 2033 von rund 250.000 – dies entspricht der Stadt Graz – kann die Antwort nicht in der Verlängerung von einzelnen Straßenbahnlinien oder einer neuen Buslinie liegen. Es braucht eine gesamtheitliche Lösung, die den öffentlichen Verkehr in Verbindung mit dem Fußgänger- und Radverkehr einschließt. Die Entwicklung hin zu klima- und umweltschonender Mobilität bindet auch den motorisierten Verkehr mit dessen technischen Entwicklungen wie Elektromobilität mit ein.

Eine nachhaltige hohe Qualität des öffentlichen Personennahverkehrs in Wien kann also nicht mit einem Bypass oder dem Setzen von „Stents“ zur Erweiterung von Gefäßen erfolgen, sondern braucht neue leistungsfähige Adern, welche die Vitalität der Stadt sicherstellen.

3 Zielführende Maßnahmen

Bereits heute bewegen die Wiener Linien 2,5 Millionen KundInnen täglich. Bei gleichbleibendem Modal Split werden wir in rund 20 Jahren rund 2,9 Millionen Fahrgäste pro Tag transportieren. Die gewohnte Betriebsqualität und der Komfort können ohne zukunftsorientierte kapazitätssteigernde Maßnahmen nicht gehalten werden. Auf den Linien U3, U6, 6, 43 und 13A ist die technische Systemgrenze bereits erreicht. Auf diesen fünf von mehr als 170 Linien bewegen sich heute rund ein Drittel aller Fahrgäste.

Die Fahrgastentwicklung ist aufgrund unzähliger Einflüsse anders als bei den Planungen vor mehr als zehn Jahren. Auch Stadtentwicklungsgebiete rund um die geplante U2-Süd – zum Beispiel Eurogate und Arsenal – haben sich nicht in der Form etabliert wie damals prognostiziert. Wenn es die Stadtentwicklung erfordert, darf nicht starr an überholten

Planungen festgehalten werden – flexibel reagieren, wo Flexibilität notwendig ist.

Der Bau der U5 und die Verlängerung der U2 sind nach eingehenden Untersuchungen für Fahrgast und Stadtentwicklung die optimale Ergänzung im öffentlichen Verkehrsnetz. Die zugrunde gelegte Trasse der U5 wurde bereits in Machbarkeitsstudien untersucht. Der Bau bzw. die Verlängerung lösen mehrere Probleme des Wiener ÖV-Netzes zugleich und bringen unmittelbar die Entlastung von stark frequentierten Linien. Hoch belastete Umsteigeknoten wie etwa Bahnhof Meidling, Südtiroler Platz-Hauptbahnhof und Schottentor werden entlastet. Die optimale Verknüpfung mit S-Bahn und Regionalzügen wird mit der Station Matzleinsdorfer Platz gewährleistet.

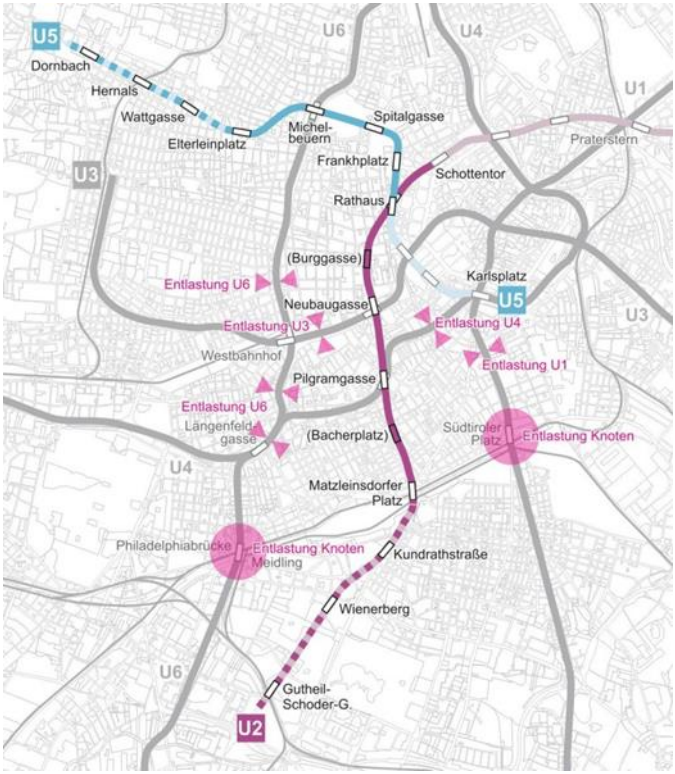


Abbildung 3: Bau U5 u. Verlängerung U2

Durch den Bau entsteht der Lückenschluss im innerstädtischen U-Bahn-Netz, wobei die dicht verbauten Gebiete der Innenbezirke und im Westen und Süden Wiens hochrangig erschlossen werden. Es entstehen hochrangige Umsteigeknoten wie etwa Rathaus, Neubaugasse und Pilgramgasse. Weiters schafft der Bau der U5 eine zweite U-Bahn-Anbindung an das Allgemeine Krankenhaus.

Die Verbindung Rathaus – Matzleinsdorfer Platz erzielt aufgrund unzähliger Verknüpfungen mit dem Bestandsnetz eine große Verkehrswirksamkeit, wodurch die Bezirke Margareten und Favoriten wesentliche Erreichbarkeitsvorteile erfahren. Der U-Bahn-Ausbau Rathaus – Elterleinplatz wird stark frequentierte Straßenbahnlinien entlasten und die Bezirke Hernals und Währing optimal anbinden.

Die Stadt Wien benötigt jedoch nicht nur eine neue U-Bahn als Rückgrat, sondern auch eine Feinverteilung mit Hilfe von Straßenbahn und Bus. Beispiele hierfür sind die Erschließung des Stadtteils Hauptbahnhof durch die Verlängerung der Linie D zur Gudrunstraße sowie die Erschließung des Nordbahnhofgeländes durch die Verlängerung der Linie O und eine zusätzliche Erschließung der Seestadt Aspern durch eine Verlängerung der Linie 25. Insbesonders am Stadtrand sind Straßenbahnerweiterungen als Querverbindungen auf selbstständigem Gleiskörper zweckdienlich.

Auch der Ausbau von Busspuren und abgestimmte Ampelschaltungen zur Bevorrangung der öffentlichen Verkehrsmittel sind für eine Beschleunigung und somit für eine höhere Attraktivität notwendig.

Die daraus resultierende gleichmäßige Netzauslastung über alle Systeme sichert nachhaltig den Fahrgastkomfort, die Zuverlässigkeit und das herausragende Angebot.

4 Die Erfolgsgeschichte geht weiter

Im unmittelbaren Einzugsbereich der U2/U5 werden 250.000 EinwohnerInnen leben und 120.000 Beschäftigte arbeiten. Aus dem Bau werden bis zu 3.500 Arbeitsplätze über insgesamt neun Jahre gesichert. Generell wird der Wirtschaftsstandort Wien durch verbesserte Erreichbarkeit im öffentlichen Verkehr gestärkt.

Die Entscheidung für die Weiterführung des U-Bahn-Baus und der Errichtung der U2/U5 ist der richtige Schritt. Die U-Bahn wird dort gebaut, wo sie in den nächsten Jahren am notwendigsten ist. Hunderttausende Menschen profitieren direkt und der gordische Knoten im Sinne einer Entlastung von dutzenden Linien wird gelöst. Die Erfolgsgeschichte U-Bahn-Bau sorgt für Attraktivität, womit die öffentlichen Verkehrsmittel weiterhin Fortbewegungsmittel Nummer 1 in Wien bleiben werden. Der gemeinsame Umweltverbund wird nachhaltig verbessert und der bestehende Straßenraum wird entlastet.

Dieser U-Bahn-Bau sowie die gezielte Erweiterung des Straßenbahn- und Busnetzes – als abgestimmtes Gesamtsystem – stellt das Erreichen der Ziele der Wiener Stadtentwicklung sicher und sorgt für die notwendige Infrastruktur, welche die Vitalität der Stadt Wien weiterhin gewährleistet.

Univ.-Prof. Mag. Dr.
Michael Getzner

Dipl.-Ing.
Gerald Grüblinger

Regionalwirtschaftliche und beschäftigungspolitische Wirkungen des Ausbaus der Wiener U-Bahn

Univ.-Prof. Mag. Dr. Michael Getzner,
Dipl.-Ing. Gerald Grüblinger
Fachbereich Finanzwissenschaft und Infrastrukturpolitik
Department für Raumplanung
Technische Universität Wien
Resselgasse 5/2/2
A-1040 Wien
www.ifip.tuwien.ac.at

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 21
2 Anzahl der Beschäftigten 21
3 Soziodemographie der Beschäftigten 22
3.1 Herkunft der Beschäftigten 22
3.2 Alter der Beschäftigten 24
3.3 Geschlecht der Beschäftigten 25
4 Qualität der Beschäftigung und ihre Änderung 25
4.1 Einkommen der Beschäftigten 26
4.2 Ausbildung/Qualifikation der Beschäftigten 27
4.3 Aufgabenbereiche der Beschäftigten 28
4.4 Belastungen am Arbeitsplatz 29
4.5 Arbeitsorganisation, Arbeitszeit und Arbeitsverträge 30
4.5.1 Arbeitsorganisation 30
4.5.2 Befristete Verträge 30
4.5.3 Arbeitszeitliche Regelungen 31
5 Zusammenfassung und Fazit 31
6 Literaturverzeichnis 33

Regionalwirtschaftliche und beschäftigungspolitische Wirkungen des Ausbaus der Wiener U-Bahn

1 Einleitung

Im Auftrag der Wiener Linien wurde zwischen dem Frühjahr 2013 und 2014 eine Studie zu den regionalwirtschaftlichen und beschäftigungspolitischen Wirkungen des Ausbaus der Wiener U-Bahn vom Fachbereich Finanzwissenschaft und Infrastrukturpolitik der TU Wien durchgeführt.

Im Sommer/Herbst 2013 hat eine schriftliche Befragung der am Ausbau der U-Bahn-Linien U1 (ab Reumannplatz in Richtung Oberlaa) und U2 (ab Aspernstraße in Richtung Seestadt) beteiligten Unternehmen auf Geschäfts- und Projektleitungsebene stattgefunden.

Ziel der Befragung war es, die quantitativen und qualitativen Beschäftigungseffekte des U-Bahn-Baus festzustellen.

2 Anzahl der Beschäftigten

Die Anzahl der Beschäftigten bei den direkt von den Wiener Linien beauftragten Unternehmen beträgt, normiert auf ein Investitionsvolumen von 100 Mio. Euro (Preisstand 2012), etwa 400 Vollzeit-Äquivalente pro Jahr.

Zu diesen direkt Beschäftigten kommen weiters etwa 500 indirekt Beschäftigte (VzÄ/a), d.h. durch Vorleistungen induzierte Arbeitsplätze, hinzu. Diese Beschäftigten arbeiten bei Unternehmen, die Teil der Zulieferkette für die direkt beauftragten Unternehmen sind.

Zusammen machen diese rund 900 Vollzeitstellen die primären Beschäftigungseffekte des U-Bahn-Baus aus. Beachtet man, dass durch die primären Wertschöpfungseffekte (Betriebsüberschüsse sowie Löhne und Gehälter) zusätzliches Einkommen bei privaten Haushalten ent-

steht und geht man davon aus, dass die privaten Haushalte wiederum einen Teil dieses Einkommens für Konsumausgaben verwenden, führt dieser neuerliche Endnachfrageimpuls wiederum zu direkten und indirekten Beschäftigungseffekten. Diese sogenannten sekundären Beschäftigungseffekte entsprechen pro 100 Mio. Euro weiteren rund 400 Vollzeit-Äquivalenten pro Jahr.

Kurz gesagt, werden bei der Vergabe von Aufträgen durch die Wiener Linien im Wert von 100 Mio. Euro in Summe rund 1.300 Vollzeit-Arbeitsplätze pro Jahr geschaffen bzw. bewahrt. Hierbei handelt es sich um die Brutto-Effekte der Ausgaben für den Bau der U-Bahn-Linien. Die Berücksichtigung der kompensatorischen Effekte der Finanzierung der Ausgaben sowie der Verdrängungseffekte führen zu Netto-Effekten, die deutlich unter den Brutto-Effekten liegen.

Vergleicht man diese auf Basis der Angaben der durch die beauftragten Unternehmen errechneten und normierten Werte mit den Ergebnissen einer Vorgängerstudie (Schönbäck et al. 2005), so zeigt sich, dass die heutigen Beschäftigungswirkungen des U-Bahn-Baus mit jenen vor rund zehn Jahren vergleichbar, wenn auch geringfügig kleiner sind. Die Interpretation, dass die am U-Bahn-Bau beteiligten Branchen kapitalintensiver (und damit im Umkehrschluss weniger arbeitsintensiv) geworden sind, spiegelt sich auch in den entsprechenden Multiplikatoren der Input-Output-Statistik (Statistik Austria 2014) wider.

3 Soziodemographie der Beschäftigten

Im Rahmen der Befragung der direkt beauftragten Unternehmen wurde auch auf soziodemographische Daten der Beschäftigten eingegangen. Die folgenden Statistiken zu Herkunft, Alter und Geschlecht basieren auf den Angaben der befragten Unternehmen.

3.1 Herkunft der Beschäftigten

Die regionalen Beschäftigungswirkungen des U-Bahn-Baus gehen weit über Wien hinaus. Zwar haben viele der beauftragten Unternehmen ihren Sitz in Wien, der Großteil der Beschäftigten kommt jedoch aus

anderen Bundesländern und etwa jeder zwölfte direkt Beschäftigte aus dem Ausland (siehe Abbildung 1).

Im Vergleich zu den Ergebnissen der früheren Studie (Schönbäck et al., 2005) ist das Einzugsgebiet der Beschäftigten deutlich größer geworden. Kam damals noch etwa jeder zweite Beschäftigte aus Wien, ist es heute nur mehr rund jeder vierte.

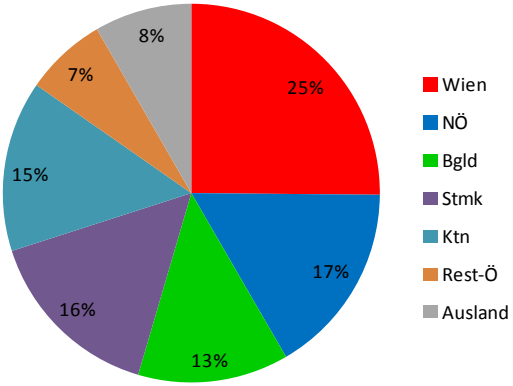


Abbildung 1: Herkunft der Beschäftigten bei den mit dem Bau der U1-Süd und U2-Nord beauftragten Unternehmen

Betrachtet man die Herkunft der Beschäftigten nach Tätigkeitsfeld des Unternehmens, zeigen sich mitunter große Abweichungen vom aggregierten Ergebnis. In den beteiligten Architektur- und Ingenieurbüros ist der Anteil der Wiener mit rund 66% deutlich höher, jener der Niederösterreicher beträgt weitere 25%. Auch für die mit Bau- und Elektroinstallationen („Innenausbau“) beauftragten Unternehmen ergibt sich ein ähnliches Bild.

Anders stellt sich hingegen die Situation bei den mit Roh-, Oberflächen- und Gleisbauarbeiten beauftragten Hoch- und Tiefbauunternehmen dar. Der Anteil der Beschäftigten aus dem Süden Österreichs (Steiermark, Kärnten) ist hier deutlich höher.

Die Beschäftigten, deren Wohnort im Ausland liegt, kommen fast ausschließlich aus den CEE-Staaten wie z.B. Ungarn, der Slowakei, Kroatien oder Bosnien.

3.2 Alter der Beschäftigten

Da Unternehmen der Baubranche den überwiegenden Teil der direkten Auftragnehmer beim U-Bahn-Bau ausmachen, verwundert es nicht, dass der Anteil der älteren ArbeitnehmerInnen (Personen, die älter als 51 Jahre sind) im Vergleich mit der Verteilung der gesamten österreichischen Erwerbsbevölkerung niedriger ausfällt, schließlich sind viele Tätigkeiten in der Baubranche mit physisch stark fordernder Arbeit verbunden. Lediglich die Architektur- und Ingenieurbüros beschäftigten überdurchschnittlich viele ältere ArbeitnehmerInnen. Diese Tatsache kann mit der geringeren physischen Beanspruchung und der längeren Ausbildungszeit der Angestellten in Architektur- und Ingenieurbüros erklärt werden.

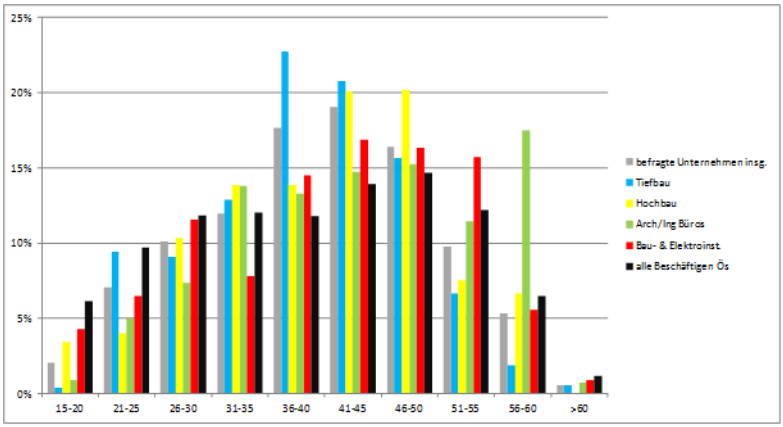


Abbildung 2: Alter der Beschäftigten nach Tätigkeitsfeld des Unternehmens

Neben der geringen Zahl der älteren ArbeitnehmerInnen ist auch eine im Österreich-Vergleich unterdurchschnittliche Anzahl an jungen ArbeitnehmerInnen festzustellen. Neben den Architektur- und Ingenieurbüros, deren MitarbeiterInnen aufgrund der längeren Ausbildungsdauer später ins Erwerbsleben einsteigen, beschäftigen auch die Unternehmen aus den Branchen Hoch- und Tiefbau sowie Bau- und Elektroinstallationen relativ wenige junge Personen im Rahmen von Tätigkeiten im Zusammenhang mit dem U-Bahn-Bau. Grund dafür könnte die für diese Tätigkeiten notwendige Erfahrung sein. Die Unternehmen vertrauen oftmals auf „eingespielte Teams“; eigenverantwort-

liches Arbeiten und damit verbundene Erfahrungen und Qualifikationen werden von den Unternehmen als sehr bedeutsam eingeschätzt.

3.3 Geschlecht der Beschäftigten

Der Anteil der Frauen, der bei Tätigkeiten im Zusammenhang mit dem U-Bahn-Bau beschäftigt ist, kann mit etwa 5 % (an allen Beschäftigten) angegeben werden. Dieser Wert liegt für die gesamte Baubranche in Österreich bei etwa 13 % (AMS 2013, S. 26). Hält man sich vor Augen, dass bei Tätigkeiten im Zusammenhang mit dem U-Bahn-Bau nicht nur Unternehmen der Baubranche, sondern auch Unternehmen aus den Bereichen Elektroinstallationen, Architektur- und Ingenieurdienstleistungen sowie verschiedene Zulieferunternehmen engagiert sind und bedenkt man, dass diese Branchen mitunter einen etwas höheren Frauenanteil als die Baubranche haben, erscheint der Anteil von 5 % weiblicher Beschäftigter sehr niedrig.

In der Tat geben die beteiligten Hoch- und Tiefbauunternehmen einen sehr niedrigen Frauenanteil von etwa 1 bis 2 % an. Als überwiegende Einsatzbereiche von Frauen werden häufig Bürotätigkeiten, akademische Berufe und vermehrt auch Technikerinnen angegeben.

Auf die Frage, ob es in den letzten zehn Jahren eine Änderung der Beschäftigungsanteile männlicher und weiblicher ArbeitnehmerInnen gab, antworten etwa ein Drittel der Unternehmen mit „Ja, zugunsten von Frauen“ und etwa zwei Drittel der Unternehmen mit „Nein“. Kein Unternehmen gibt an, dass es Änderungen des Anteils zugunsten von Männern gab. Diese Aussagen sind schlüssig, verzeichnen doch die drei genannten Aufgabenfelder mit dem höchsten Frauenanteil laut den befragten Unternehmen den größten Bedeutungsgewinn.

4 Qualität der Beschäftigung und ihre Änderung

Für die Beurteilung der beschäftigungspolitischen Wirkungen von Investitionen in den U-Bahn-Bau sind nicht nur quantitative Aspekte (Anzahl der Arbeitsplätze), sondern auch qualitative Aspekte wie das Einkommen der Beschäftigen, deren Ausbildung/Qualifikation, die

Aufgabenbereiche der Beschäftigten, Belastungen am Arbeitsplatz und arbeitsorganisatorische Aspekte von Bedeutung.

4.1 Einkommen der Beschäftigten

Die Bruttojahreseinkommen der Beschäftigten, die bei den beauftragten Unternehmen im Rahmen der U-Bahn-Projekte arbeiten, sind von Branche zu Branche unterschiedlich, können im Aggregat jedoch als hoch eingeschätzt werden. Sämtliche Angaben beziehen sich auf Vollzeitstellen.

Etwas weniger als die Hälfte (46%) der Beschäftigten verdient jährlich mehr als 40 Tsd. Euro brutto. Die höchsten Einkommen weisen die MitarbeiterInnen in den Architektur- und Ingenieurbüros auf. Die dort Beschäftigten sind auch die ältesten und formal am besten qualifizierten Personen. Dass viele Planungsleistungen an Best- und nicht unbedingt an Billigstanbieter vergeben werden, wird von den Unternehmen der Branche als Grund für die Bereitschaft, hohe Einkommen zu bezahlen, genannt.

Die Beschäftigten in der Tiefbau-Branche beziehen höhere Einkommen als jene in den Branchen Bau- und Elektroinstallationen sowie Hochbau. Gründe dafür dürften zum einen Zulagen und kollektivvertragliche Regelungen, aber auch die erforderliche Erfahrung (vgl. Stichwort „eingespielte Teams“) und physische Eignung der Beschäftigten sein.

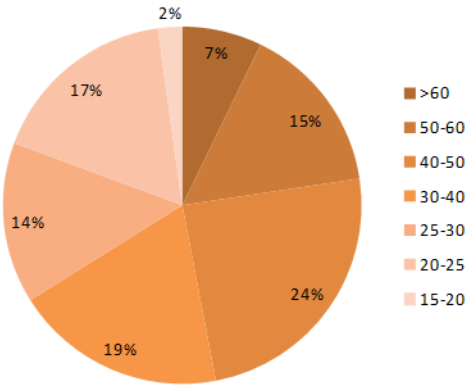


Abbildung 3: Bruttojahreseinkommen der Beschäftigten in Tsd. Euro, gerechnet auf eine Vollzeitstelle

Auf die Frage, wie sich die Einkommen im Vergleich zur übrigen Baubranche in den letzten zehn Jahren entwickelt haben, gibt die Mehrheit der Unternehmen gleich starke Anstiege an. Die Architektur- und Ingenieurbüros sehen auf Grund der verstärkten Konkurrenzsituation und rechtlicher Rahmenbedingungen sowie auf Grund der Auftragslage geringere Steigerungen, allerdings von einem höheren Niveau ausgehend.

Jene Befragten, die in ihren Unternehmen stärkere Einkommenssteigerungen als bei der Konkurrenz angeben, führen das auf steigende Qualifikationserfordernisse bei den Beschäftigten zurück.

4.2 Ausbildung/Qualifikation der Beschäftigten

Lehrabschlüsse machen den größten Anteil an den höchsten abgeschlossenen Ausbildungen der Beschäftigten beim U-Bahn-Bau aus, fast 50% der Beschäftigten sind zu dieser Gruppe zu zählen. Auch Pflichtschulabschlüsse sind – gerade im Tief- aber auch im Hochbau – als höchste abgeschlossene Ausbildung relativ weit verbreitet (fast 20%). Gleichzeitig geben branchenübergreifend fast alle Unternehmen an, dass Pflichtschulabschlüsse in den letzten zehn Jahren nicht an Bedeutung gewannen. Lehrabschlüsse haben bei den Betrieben, die sich vorwiegend mit Bau- und Elektroinstallationen beschäftigen, gewonnen haben. Die anderen Unternehmen sehen eher keine Bedeutungssteigerung der Grundausbildungen (Pflichtschule, Lehre).

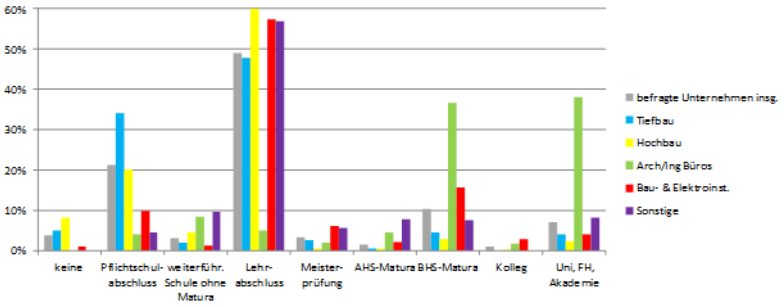


Abbildung 4: Höchste abgeschlossene Ausbildung der Beschäftigten

Auffällig ist, dass alle Unternehmen (auch jene aus Branchen mit wenigen AkademikerInnen) angeben, dass Universitäts- und FachhochschulabsolventInnen an Bedeutung gewonnen haben (7 von 12) oder zumindest gleichbedeutend (5 von 12) sind.

Auch AbsolventInnen von Kollegs und BHS wurden vermehrt nachgefragt (letztere vor allem gemäß Unternehmen der Bau- und Elektroinstallation sowie der Architekten- und Ingenieurbüros).

AHS-Abschlüsse und Abschlüsse von Fachschulen ohne Matura blieben gleich bedeutend, beide Abschlusstypen kommen in den befragten Unternehmen nur in geringer Zahl vor.

Die höhere Nachfrage der Unternehmen nach besser ausgebildetem Personal deckt sich mit den Angaben der Unternehmen bzgl. erwünschter Qualifikationen und den Aussagen, dass eigenverantwortlichem Arbeiten eine immer stärkere Bedeutung zukommt.

4.3 Aufgabenbereiche der Beschäftigten

Ein im Vergleich zur Analyse der höchsten abgeschlossenen Ausbildungen sehr ähnliches Bild ergibt die Analyse der Aufgabenbereiche der Beschäftigten. Es überwiegen die Handwerksberufe (die von den Beschäftigten mit Lehrabschluss- und Meisterprüfungen ausgeübt werden) und bei den formal höher qualifizierten Beschäftigten der Architektur- und Ingenieurbüros die TechnikerInnen, akademischen Berufe und das Führungspersonal.

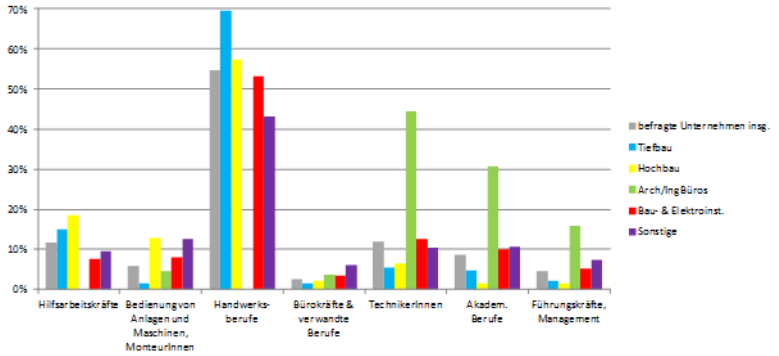


Abbildung 5: Aufgabenbereiche der Beschäftigten

Diese Auswertung, betreffend die derzeit als relevant angesehenen Aufgabenbereiche durch die Unternehmen, ist wenig überraschend. Weniger offensichtlich sind jedoch die Antworten auf die Fragen nach der Veränderung der Aufgabenbereiche in den letzten zehn Jahren. Führungskräfte, AkademikerInnen und TechnikerInnen gewinnen an Bedeutung, also genau jene Berufe, die eine hohe formale Qualifikation voraussetzen.

Den Grund dafür sehen die Unternehmen der Branche Architektur- und Ingenieurbüros in immer komplexer werdenden Vorschriften und dem erforderlichen Spezialwissen (EDV-Kenntnisse, Rechenverfahren, ökologische Anforderungen etc.).

Mehrere Unternehmen der Baubranche geben höhere Qualitätsanforderungen und vor allem das Erfordernis, alles dokumentieren zu müssen („Papierkram", „Bürokratismus"), als Ursachen für die Veränderung der Nachfrage nach entsprechend qualifiziertem Personal an.

Auf die Bedeutung entsprechend geschulten Personals für die Bedienung immer komplexer werdender Maschinen wird nicht nur von den Unternehmen der Baubranche, sondern auch von reinen Zulieferern, die nicht vor Ort arbeiten, hingewiesen.

4.4 Belastungen am Arbeitsplatz

Die größten Belastungen für die Beschäftigten auf den Baustellen sind laut den befragten Unternehmen die Arbeit im Freien (teilweise extreme Witterungssituation), Geruchsbelastungen und körperliche Belastungen wie Heben, Körperhaltung (weiterhin viele manuelle Tätigkeiten) etc. Auch Lärm und Staub sind bedeutend. Als weniger belastend werden schlechte Lichtverhältnisse, gefährliche Arbeitsstoffe und die Schadstoffbelastung der Luft eingeschätzt.

Bei allen Belastungen wird zum Vergleichszustand von vor zehn Jahren eine gleichbleibende bis sich leicht verbessernde Tendenz attestiert.

Die Verbesserungen sind laut den Unternehmen auf die bessere Einrichtung auf Baustellen, bessere Werkzeuge und Arbeitsmittel (Zweiwegebagger und Stopfgerät werden z.B. von einem Unternehmen aus der Tiefbaubranche genannt) sowie die verstärkten Kontrollen der

Arbeitssicherheit auf den Baustellen und die bessere Baustellenabsicherung zurückzuführen.

Anders sieht die Situation naturgemäß bei jenen Betrieben aus, die nicht (häufig) vor Ort arbeiten. Die befragten Unternehmen der Architektur- und Ingenieurbüros geben insbesondere Stress, der durch kurze Leistungsfristen, parallele Planungen und Termindruck zustande kommt, als wesentlichste Arbeitsbelastungen an. Auch ist stets ein hohes Maß an Genauigkeit und Sorgfalt einzuhalten, was an die Beschäftigten unter dem hohen herrschenden Termindruck eine zusätzliche belastende Anstrengung darstellt.

4.5 Arbeitsorganisation, Arbeitszeit und Arbeitsverträge

4.5.1 Arbeitsorganisation

Etwa 13% der Beschäftigten sind gemäß Angaben der Unternehmen Leiharbeiter. Der Großteil der Unternehmen (branchenübergreifend) gibt an, dass die Bedeutung von Leiharbeit in den letzten zehn Jahren gleichgeblieben ist. Jene Unternehmen, die eine steigende Bedeutung der Leiharbeit erkennen können, stammen aus den Tätigkeitsfeldern Sonstige (Reine Zulieferer), aber auch Tiefbau und Bau- und Elektroinstallationen.

Überhaupt keine Bedeutung hat die Leiharbeit in den Architekten- und Ingenieurbüros, als stärkster Trend in den Büros wird jener hin zur Teamarbeit gesehen. Auch in den anderen Branchen ist ein Trend zur Teamarbeit aus den Antworten ablesbar. Das erklärt auch das Bestreben der Unternehmen, Stammpersonal aufzubauen.

Die traditionell in der Baubranche vorhandene Saisonarbeit wird von den entsprechenden Unternehmen als eher rückläufig eingeschätzt.

4.5.2 Befristete Verträge

Befristete Verträge sind kaum vorhanden bzw. Unternehmen enthalten sich in diesem Punkt der Stimme. Auch hier kann der Versuch des Aufbaus von Stammpersonal und die Etablierung eingespielter, älterer Teams als wesentliches Motiv unterstellt werden.

Kurzbefristete Verträge kommen in Architektur- und Ingenieurbüros vor. Zum einen ist steigender Preisdruck der Grund dafür, zum anderen wird auf diese Art und Weise Spezialwissen zugekauft und es werden Auftragsspitzen abgedeckt.

4.5.3 Arbeitszeitliche Regelungen

Über alle Branchen hinweg geben die befragten Unternehmen an, wenige Teilzeitbeschäftigte anzustellen und dass die Zahl der Teilzeitbeschäftigten in den letzten zehn Jahren sich nicht wesentlich verändert hat. Diese Angaben können vor dem Hintergrund des hohen Männeranteils bei den Beschäftigten und der nach wie vor weiten Verbreitung von Vollzeitstellen unter männlichen Beschäftigten als plausibel eingeordnet werden.

Vor Ort auf den Baustellen wird beim U-Bahn-Bau in Hochlage auch nachts und an Wochenenden gearbeitet, Schichtbetrieb herrscht auch beim U-Bahn-Bau im Tunnel (Angaben eines Tiefbauunternehmens).

„Arbeit auf Abruf“ wird teilweise von Unternehmen der Branchen Hochbau und Architektur- und Ingenieurbüros als an Bedeutung gewinnend angesehen. Zeitdruck, Fristen und Auftragslastschwankungen werden als Begründung angegeben.

5 Zusammenfassung und Fazit

Die Beschäftigungseffekte des U-Bahn-Baus sind heute etwas geringer als vor zehn Jahren, aber in vergleichbarer Größenordnung. Die Baubranche ist etwas kapitalintensiver geworden. Bei der Vergabe von Aufträgen durch die Wiener Linien im Wert von 100 Mio. Euro werden in Summe rund 1.300 Vollzeit-Arbeitsplätze pro Jahr geschaffen bzw. bewahrt, etwa 400 davon bei den direkt beauftragten Unternehmen, weitere 500 bei Vorleistern und nochmals 400 durch neu entstandene Einkommen (jeweils Brutto-Effekte ohne Berücksichtigung der kompensatorischen Effekte der Finanzierung der Ausgaben durch Wegfall alternativer Ausgaben).

Das Einzugsgebiet der Beschäftigten ist im Vergleich zur Situation vor zehn Jahren größer geworden, nicht mehr jeder zweite, sondern nur

mehr jeder vierte Beschäftigte kommt aus Wien. Der Anteil der Beschäftigten mit einem Wohnsitz im Ausland hat sich von 2 auf 8% vervierfacht. Viele Beschäftigte kommen aus dem Süden Österreichs, sehr wenige aus dem Westen Österreichs.

Die Architektur- und Ingenieurbüros sowie die Unternehmen der Tiefbau-Branche zahlen höhere Einkommen als die anderen, mit Bau- und Produktionstätigkeiten direkt beauftragten Unternehmen.

Auf den Baustellen werden fixe, eingespielte, fast ausschließlich aus Männern bestehende Teams eingesetzt, die vermehrt eigenverantwortlich arbeiten und meist eine überdurchschnittliche Erfahrung (wenige ganz junge Beschäftigte) aufweisen. Über 50-jährige Beschäftigte sind auf Grund der körperlich belastenden Arbeit weniger stark auf den Baustellen vertreten.

Die Nachfrage nach Spezialwissen und die vermehrte Teamarbeit bedingen eine höhere Nachfrage nach gut ausgebildeten, hoch qualifizierten Beschäftigten. Die Unternehmen sind sich einig, dass hoch qualifizierte Personen in den letzten zehn Jahren vermehrt nachgefragt wurden. Gleichzeitig steigt mit dem durch komplexere Vorschriften und zunehmende Dokumentationspflicht vermehrt erforderlichen Spezialwissen teilweise der Einsatz von „Arbeit auf Abruf“, die auch der Deckung von Auftragsspitzen bei immer kürzer werdenden Fristen dient.

Der Frauenanteil ist im Vergleich zur gesamten Baubranche Österreichs sehr gering. Die Aufgabenbereiche in den Unternehmen, in denen der Anteil weiblicher Beschäftigter am höchsten ist, gewinnen jedoch an Bedeutung. Dazu zählen Bürotätigkeiten, akademische Berufe und vermehrt auch Technikerinnen. Der Anteil der Frauen in den Unternehmen wird als gleichbleibend oder steigend angegeben.

Die Arbeitsbelastungen für Beschäftigte auf den Baustellen (primär Arbeit im Freien, körperliche Belastung) bleiben mitunter hoch, etwaige Verbesserungen werden auf technologische Neuerungen und rechtliche Rahmenbedingungen zurückgeführt. Weitere mit der Arbeit verbundene Belastungen wie das Pendeln oder Fristen- und Leistungsdruck in den Büros werden von den Unternehmen in offenen Fragen angegeben.

Leiharbeit ist ein Thema, es wird jedoch eine eher gleichbleibende als steigende Bedeutung gesehen. Befristete Verträge und Teilzeitarbeit sind in der männerdominierten Baubranche nicht stark verbreitet.

6 Literaturverzeichnis

[1] AMS – Arbeitsmarktservice: Gender und Arbeitsmarkt – Geschlechtsspezifische Informationen nach Berufsbereichen; Bundesgeschäftsstelle AMS Österreich; Wien; 2013

[2] Getzner, M.; Grüblinger G.; Bröthaler J.: Regionalwirtschaftliche und beschäftigungspolitische Wirkungen des Ausbaus der Wiener U-Bahn; Forschungsprojekt im Auftrag der Wiener Linien; Wien; unveröffentlicht (laufend)

[3] Schönbäck, W., Beschorner B., Bröthaler J., Deußner R., Gutheil G., Wieser R.: Regionalwirtschaftliche und stadtstrukturelle Wirkungen des U-Bahn-Ausbaus in Wien; Forschungsprojekt im Auftrag der Wiener Linien; Wien; 2005

[4] Statistik Austria: Input-Output-Tabelle 2010; Verlag Österreich; Wien; 2014

Arch. Dipl.-Ing. Andreas Jerabek

Die Architektur der U1 und ihre Entwicklung

Arch. Dipl.-Ing. Andreas Jerabek
Architektengruppe U-Bahn Ziviltechniker GesmbH
Salmgasse 2
A-1030 Wien
www.agu.at

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 37

2 Die U1-Süd nach Oberlaa 45

2.1 U1/10 Troststraße 45

2.2 U1/9 Altes Landgut 46

2.3 U1/8 Alaudagasse 47

2.4 U1/14 Neulaa 48

2.5 U1/15 Oberlaa 49

Die Architektur der U1 und ihre Entwicklung

1 Einleitung

Die Linie 1 der Wiener U-Bahn ist ein Gesamtbauwerk, das nach einem einheitlichen Prinzip gestaltet ist.

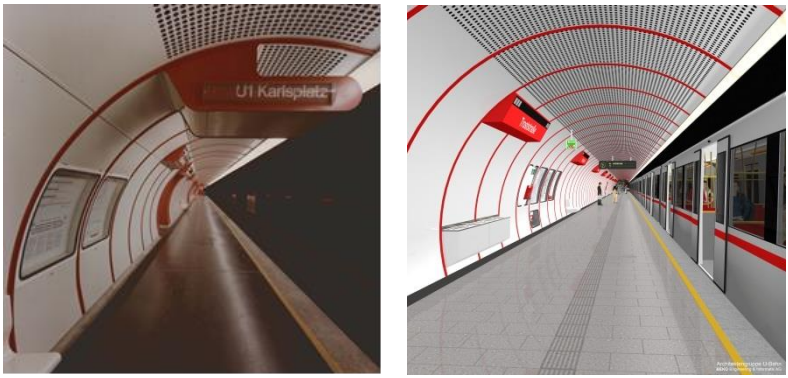


Abbildung 1: links: Südtiroler Platz (~1976); rechts: Animation Trostraße (2010)

Diese Festlegung auf ein einheitliches System führt die Tradition der Wiener Verkehrsbauten fort.

1892 wurde die „Commission für Verkehrsanlagen in Wien“ geschaffen, die aus Vertretern des Staates, des Landes Niederösterreich und der Stadt Wien zusammengesetzt war und Otto Wagner für die architektonische Gestaltung der Hochbauten beizog.

So entstanden 1894 – 1901 Otto Wagners frühe moderne Stationen in Wien, die mit den Stationen Hector Guimards in Paris die bedeutendsten (Verkehrs-)Bauten des 19. Jahrhunderts sind. Allerdings ist die Wiener Stadtbahn das einzige Bauwerk dieser Art und Ausdehnung, das nach einem einheitlichen Gestaltungsprinzip durchgehend konzipiert ist und Stationen, Hochstrecken, Brücken und Einschnitte umfasst. Dieses Prinzip sollte auch in der Architektur der Wiener U-Bahn fortgesetzt werden.

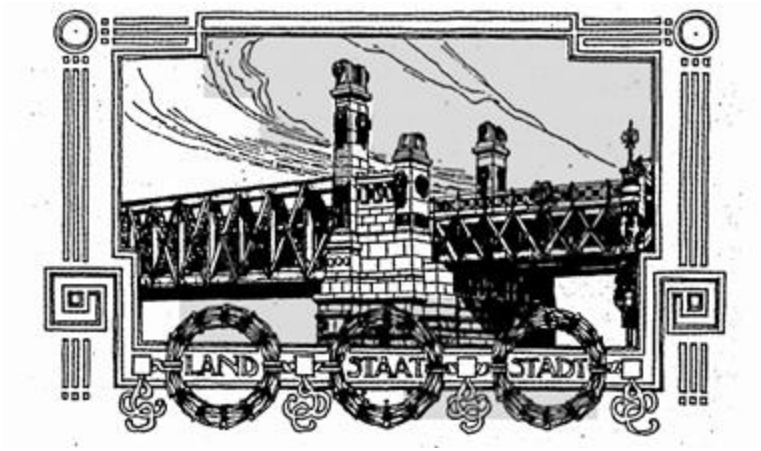


Abbildung 2: Gestaltungskonzept Otto Wagner

Nach verschiedenen Entwürfen für ein U-Bahn-Netz empfahl die gemeinderätliche Stadtplanungskommission 1966 ein sogenanntes Grundnetz.

Bald darauf begann eine öffentliche Diskussion über Gestaltungsfragen der U-Bahn. Man forderte die Einbeziehung von Architekten in die Planung unter Berufung auf die Vorgangsweise der „Commission“ von 1892, die Wagner beigezogen hatte. Die Stadt Wien veranstaltete daraufhin einen Wettbewerb, der 1970 abgeschlossen wurde. Der Wettbewerb sollte praktikable einheitliche Gestaltungsprinzipien erbringen, Lösungen für:

- Tiefbaustationen in offener Bauweise
- Tiefbaustationen in geschlossener Bauweise
- Hochbaustationen und
- Umbauten für Stadtbahnstationen

sowie Grundlagen für eine ganzheitliche Gestaltung des gesamten U-Bahn-Systems von der Einpassung in das Stadtbild bis zur Zeichensymbolik.

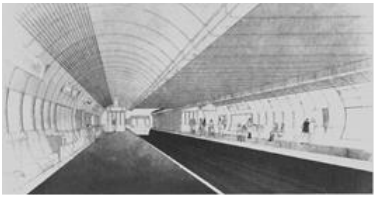


Abbildung 3: U-Bahn-Wettbewerb, Beitrag Holzbauer (1970)

„Der Wettbewerb endete mit der Verleihung von zwei zweiten Preisen. Der eine ging an das Team Heinz Marschalek, Georg Ladstätter und Bert Gantar, der andere an Wilhelm Holzbauer. Bald darauf kam es zu einer Vereinigung der ursprünglichen Wettbewerbskontrahenten zur Architektengruppe U-Bahn, die mit der Gestaltung der U 1 bzw. der U 4 (Umbau der Wiental- und Donaukanallinie der Stadtbahn) beauftragt wurde. Die Zusammenarbeit der ursprünglichen Wettbewerbsgegner erwies sich nicht zuletzt deshalb als möglich, weil beide Teams bei gleichwohl unterschiedlicher Formensprache doch auf einer ähnlichen Idee aufbauten, der ein Paneelsystem zugrunde lag“ (Harald Sterk in Bauforum 106).

Abbildung 4: Architektengruppe U-Bahn (1971)

1973 stellte die Architektengruppe U-Bahn Holzbauer Marschalek Ladstätter Gantar ihr Planungskonzept vor. Ein komplettes Bausystem soll ein einheitliches Bild von allen U-Bahn-Bauwerken entstehen lassen.

Charakteristik und Besonderheit einzelner Stationen entstehen aus unterschiedlich funktionellen und konstruktiven Gegebenheiten.

„Entwurfsprinzipien, die auf alle Stationen angewandt wurden, waren:

Für Passagen, Gänge, Stiegenhäuser und Bahnsteige wurde ein Paneelsystem entwickelt, in das Elemente für alle Anforderungen integrierbar sind. Einbauelemente wie Fahrkartenautomaten, Sitze, Abfallbehälter, Aschenbecher, Informations- und Sicherheitselemente, Türen, Leitsystemteile usw. werden zu Einheiten im System. Die Paneele haben gleiche Abmessungen, ungeachtet ihrer Funktion, und können je nach Anforderung ausgetauscht werden.

Zwischen Bahnsteig und Gleisbereich wurde eine gänzliche und strikte Trennung derart angestrebt, dass der Raum, in dem die Fahrgäste sich bewegen und den sie berühren können, hell, färbig, gut beleuchtet ist, hingegen der Gleisbereich dunkler ist und roh belassen wurde. Das gekurvte Ende der Decke über der Bahnsteigkante und das durchgehende Lichtband verstärkt die Grenze zwischen Bewegungsbereich der Fahrgäste und der Gefahrenzone im Gleisbereich jenseits der Bahnsteigkante.

Das Informations- und Leitsystem ist ein in die Gesamtsystemplanung integrierter Teil. Die Linienfarben Rot für die Linie U 1 und Grün für die Linie U 4 werden nicht nur für die Informationselemente verwendet, sondern bestimmen das visuelle Image der gesamten Station.“ (AGU Planungskonzept)

In der ersten Ausbauphase wurden die Stationen Reumannplatz bis Zentrum Kagran fertiggestellt.

Die Stadt Wien bildete einen Ausbauausschuss, der die Planung der Stationen organisieren, diskutieren und genehmigen sollte.

Man entschloss sich, die Station Taubstummengasse als Musterstation zu betrachten und ließ ein großes beleuchtetes Modell bauen, das ein gutes Bild der Gestaltungskonzepte der Architektengruppe U-Bahn bot.

Abbildung 5: Taubstummengasse; links: Modell (1971); rechts: Aufzug (2004)

Zu Beginn der Arbeit gestaltete sich die Zusammenarbeit zwischen Ingenieuren und Architekten schwierig. Offenbar war es bei der Planung der Verkehrsbauten der letzten Jahre üblich gewesen, dass die Stationsbauwerke vom Ingenieur allein entworfen wurden und die Rolle des Architekten sich auf die Dekoration der Stationsinnenräume und die Gestaltung der Ausgangsüberdachung beschränkte.

Das Gestaltungskonzept der AGU war aber wesentlich weitreichender als bloße Innendekoration und beeinflusste die Ingenieurplanung. Je länger die Zusammenarbeit dauerte, desto besser wurde sie. Einerseits erwarben die Architekten Kenntnisse im Tiefbau, Eisenbahnbau und anderen Fachgebieten, andererseits wuchs das Verständnis der Ingenieure für die Gestaltungsanliegen der Architekten.

Abbildung 6: links: Alte Donau (1982); rechts: Rennbahnweg (2006)

Ab 1976 wurde es als zweckmäßig erkannt, Ingenieure und Architekten von Beginn der Planung an, also schon zu den Variantenuntersuchungen und zum Projekt, gemeinsam zu beauftragen – im Gegensatz zur früheren Praxis, die Architekten erst beim Ausschreibungs- oder Ausführungsprojekt heranzuziehen.

Abbildung 7: links: Südtiroler Platz (1976); rechts: Kagraner Platz (2006)

Auch wurde die Notwendigkeit erkannt, die Planung der durch den U-Bahn-Bau veränderten Oberfläche von Anfang an in die Überlegungen einzubeziehen und auch in Gestaltungsfragen gleichrangig und gleichzeitig mitzuplanen.

Die größten Schwierigkeiten ergaben sich aus der Notwendigkeit, den Anforderungen aller am U-Bahn-Bau beteiligten Dienststellen und mitsprechenden Interessensvertretungen möglichst optimal zu entsprechen und trotzdem die Idee der Einheitlichkeit zu bewahren.

Da die Architektengruppe U-Bahn – Holzbauer Marschalek Ladstätter Gantar – 28 Stationen der U1 und U4 gestaltete, bestimmt ihr Entwurf das Bild des Grundnetzes.

1977 wurde „Vienna's Red Line" in der Ausstellung „Subways of World Examined by Cooper-Hewitt Museum, the Smithsonian Institution's" im National Museum of Design präsentiert.

Die Architektur der Wiener U-Bahn wurde 1983 auch mit dem R.S. Reynolds Memorial Award ausgezeichnet.

Die 2. Ausbauphase der Wiener U-Bahn betraf im Wesentlichen die Linien U3 und U6 und weniger die U1.

Allerdings gab es in dieser Zeit die Weiterentwicklung des Konzeptes, die auch für die U1 Anwendung fand. Im Wesentlichen ist dies der Einbau von Aufzügen in allen Stationen und die Entwicklung eines Stiegenhauses, das Aufzug, Fahrtreppen und Stiegen an einem Platz beinhaltet und daher für die leichte Orientierung und den Komfort der Passagiere wichtig ist.

Die 3. Ausbauphase der Wiener U-Bahn 1998 – 2006 beinhaltet für die Linie U1 die Stationen Zentrum Kagran bis Leopoldau; die 4. Ausbauphase die Stationen Troststraße bis Oberlaa.

Auch für diese Verlängerungen der Linie U1 gelten die von Anfang an festgelegte Einheitlichkeit und Systematik, die von den im Betrieb gewonnenen Erfahrungen in Hinblick auf die Funktionalität, die Dauerhaftigkeit und Resistenz der Materialien sowie der gestalterischen Signifikanz beeinflusst wurde.

Abbildung 8: links: Schwedenplatz (1976); Kagraner Platz (2006)

Im Wesentlichen wurden die Elemente der U1 übernommen. Geändert wurde die Lage der Stahlkonstruktion, die nunmehr innerhalb der Außenhaut liegt.

Auch die Materialen der Ausbauelemente wurden auf Grund der Erfahrungen des Betriebes und der Erhaltung sowie aus Gründen der geänderten Anforderungen an elektrische Isolierung und Brandschutz teilweise geändert, was jedoch auf das Erscheinungsbild keinen Einfluss hat.

Bei den Hochstationen der U1-Nord wurden die Bahnsteige und die Gleise zur Gänze überdacht (Schall- und Witterungsschutz). Weiters wird die Einhausung beidseitig bis zum Ende der Stiegenhäuser vorgezogen und schallschutzmäßig so ausgebildet, dass ein kontinuierlicher Übergang vom offenen in den geschlossenen Bereich erfolgt.

Abbildung 9: links: Alte Donau (1982); rechts: Rennbahnweg (2006)

Die natürliche Belichtung des Bahnsteiges erfolgt über ein durchgehendes Oberlichtband und ein beidseitiges Fensterband.

Die Bahnsteige der Niveaulagestationen (Neulaa und Oberlaa) sind als überdachte Bahnsteige mit offenen Gleisen konzipiert, das ist deshalb möglich, weil die angrenzende Bebauung relativ weit entfernt ist und die erwarteten Frequenzen in beiden Stationen gering sein werden.

Die Fassaden inkl. der Abrundungen sind aus Aluminiumpaneelen, ebenso der Windschutz der Station Oberlaa.

Ebenso wurden Paneele und Ausbauelemente wie Türen, Vitrinen, Automaten, Stationsüberwachungs- und Vorverkaufsfenster, Telefonzellen etc. den stabileren Konstruktionen der 2. Ausbauphase angepasst.

So zeigt sich die Linie U1 als ein aus vielen Stationen und Hochstrecken bestehendes Gesamtbauwerk.

Auch die Jahrzehnte der Planung und Bauzeit (1970 – 2017) spiegeln sich in kleinen Veränderungen, Verbesserungen und Entwicklungen, die aber alle im Rahmen der ursprünglichen Gestaltungsprinzipien bleiben.

2 Die U1-Süd nach Oberlaa

2.1 U1/10 Troststraße

Projektbezeichnung:	U1/10 Troststraße
Auftraggeber:	Wiener Linien
Baubeginn:	2012
Fertigstellung:	2017
Baukosten:	ca. € 102.870.000,-
Kurzbeschreibung:	U-Bahn-Station in Tieflage, geschlossene Bauweise, Umbau Abstellhalle Reumannplatz, BRA Reumannplatz

2.2 U1/9 Altes Landgut

Projektbezeichnung:	U1/9 Altes Landgut
Baubeginn:	2012
Fertigstellung:	2017
Baukosten:	ca. € 122.810.000,-
Kurzbeschreibung:	U-Bahn-Station in Tieflage, geschlossene Bauweise, Notausstieg

2.3 U1/8 Alaudagasse

Projektbezeichnung:	U1/8 Alaudagasse
Baubeginn:	2012
Fertigstellung:	2017
Baukosten:	ca. € 75.790.000,-
Kurzbeschreibung:	U-Bahn-Station in Tieflage, offene Bauweise, Weichenschacht, Notausstieg

2.4 U1/14 Neulaa

Projektbezeichnung:	U1/14 Neulaa
Baubeginn:	2014
Fertigstellung:	2017
Baukosten:	ca. € 128.320.000,-

Kurzbeschreibung: U-Bahn-Station in Niveaulage, Abstell- und Revisionshallen, Betriebsgebäude, Rampe, Strecke in Niveaulage

2.5 U1/15 Oberlaa

Projektbezeichnung:	U1/15 Oberlaa
Baubeginn:	2014
Fertigstellung:	2017
Baukosten:	ca. € 63.360.000,-
Kurzbeschreibung:	U-Bahn-Station in Niveaulage, Wendehalle, Betriebsgebäude, Strecke in Niveaulage

Univ.Ass. Dipl.-Ing. Dr.techn.
Andreas Makovec

Dipl.-Ing. Dr.techn. M.Sc.
Christian Schranz

Lebenszykluskosten von U-Bahn-Stationen

Univ.Ass. Dipl.-Ing. Dr.techn. Andreas Makovec,
Dipl.-Ing. Dr.techn. M.Sc. Christian Schranz
Forschungsbereich Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik
Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement
Technische Universität Wien
Karlsplatz 13
A-1040 Wien
www.ibb.tuwien.ac.at

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 53
2 Herausforderungen 53
3 Daten 55
3.1 Datenquellen 55
3.2 Datenaufbereitung 56
4 Bedarfsanalyse 56
5 Kostenanalyse 58
6 LCC-Prognosemodell 59
7 Literaturverzeichnis 60

Lebenszykluskosten von U-Bahn-Stationen

1 Einleitung

Die Wiener Linien GmbH & CO KG befördert im Jahr mehr als 900 Mio. Fahrgäste, dabei benutzen fast 600 Mio. die Wiener U-Bahn. Um dies zu ermöglichen, ist eine entsprechende Infrastruktur notwendig.

Diese Infrastruktur verursacht wie jedes Gebäude Kosten. Im Sinne der ökonomischen und ökologischen Nachhaltigkeit ist es daher von Interesse, diese Kosten bereits in der Planungsphase prognostizieren zu können. Das Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement beschäftigt sich seit geraumer Zeit mit Lebenszykluskosten von Bauwerken (z.B. Lebenszykluskosten von Brücken). Im Jahr 2011 wurde daher ein gemeinsames Forschungsprojekt ins Leben gerufen, mit dem Ziel, ein Prognosemodell für U-Bahn-Stationen zu entwickeln.

2 Herausforderungen

Das Thema Lebenszykluskosten von Gebäuden nimmt in den letzten Jahren an Bedeutung zu. Mittlerweile gibt es entsprechende Softwarelösungen, mit denen Kosten bereits in der Planungsphase abgeschätzt werden können. U-Bahn-Stationen sind jedoch sehr komplexe Gebäude und können daher nur sehr eingeschränkt mit Bürogebäuden oder Wohnhäusern verglichen werden. Kostenkennwerte, die sich auf aktuelle Normen wie die ÖNORM B 1801-1:2009-06-01, ÖNORM B 1801-2:2011-04-01, DIN 18960:2008-02 oder DIN EN 13306:2010-12 beziehen, können daher ebenfalls nur sehr eingeschränkt für die Kostenprognose von U-Bahn-Stationen herangezogen werden. Aus diesem Grund ist es notwendig, ein neues Prognosemodell zu entwickeln, das diesen Anforderungen gerecht wird.

Eine der wesentlichen Herausforderungen ist die Heterogenität der U Bahn-Stationen. Diese bezieht sich vor allem auf folgende Bereiche:

- Höhenlage
- Baujahr
- Situierung
- Anzahl der Linien

Des Weiteren sind U-Bahn-Stationen sehr komplexe Gebäude, bei denen Kosten in den unterschiedlichsten Bereichen entstehen. Dies können Fahrtreppen, Aufzüge, Reinigung, Winterdienst usw. sein. Jeder dieser Kostenbereiche ist wiederum von einer Vielzahl an Einflussfaktoren abhängig. Zum Beispiel sind die Kosten einer Fahrtreppe von folgenden Faktoren abhängig:

- Hubhöhe
- Qualität der Ausführung
- Art der Wartung Tag/Nacht
- Situierung (außen/innen)
- usw.

Zusätzlich erfolgt die Prognose von Lebenszykluskosten meist über sehr lange Zeiträume. Dabei spielen die Preissteigerung und die Verzinsung der auftretenden Kosten eine wichtige Rolle.

Das zu entwickelnde Modell muss daher ermöglichen, all diese Einflussparameter der unterschiedlichen Kostenbereiche zu berücksichtigen. Die Übersicht der Herausforderungen ist in Abbildung 1 dargestellt.

Möglichkeiten zur Prognose der Preissteigerung und damit einhergehende Unsicherheiten werden im Fachartikel „Lebenszykluskosten – Das Dilemma des Stützintervalls“ gezeigt.

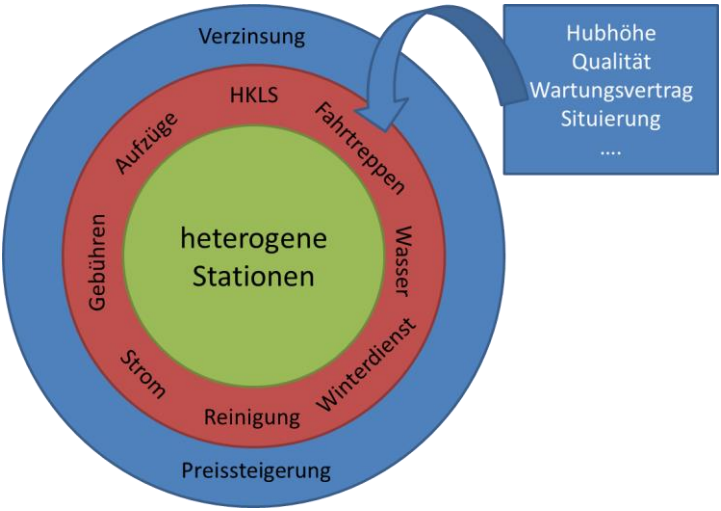


Abbildung 1: Herausforderungen

3 Daten

Jede Prognose basiert auf Erfahrungen der Vergangenheit. Um eine möglichst sichere Prognose abgeben zu können, ist es daher notwendig, über eine möglichst umfangreiche Datenbasis zu verfügen.

Im Zuge des Forschungsprojekts wurden unterschiedliche Datenquellen verknüpft und analysiert. Eine Übersicht der verwendeten Daten ist in Abbildung 2 dargestellt.

3.1 Datenquellen

Kostendaten und Parameter der Stationen wurden von den Wiener Linien zur Verfügung gestellt. Die Simulation der unterschiedlichen Preissteigerungen sowie der Verzinsung basiert auf Daten der Statistik Austria. Zusätzlich wurden Normen, Richtlinien und Fachliteratur ergänzend herangezogen.

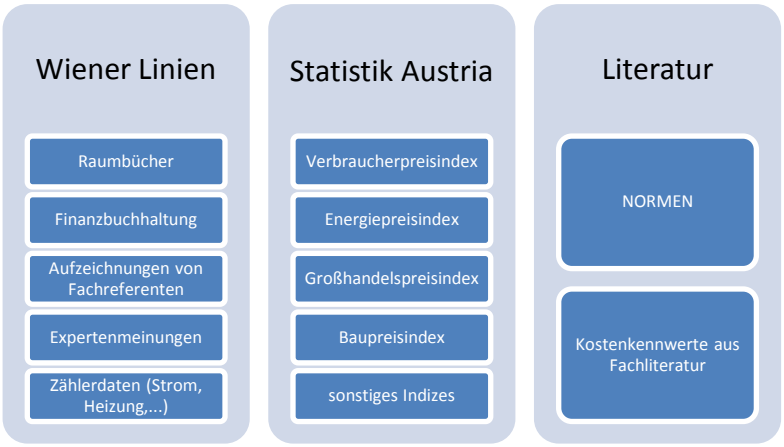


Abbildung 2: Datenquellen

3.2 Datenaufbereitung

Die Prognose von Lebenszykluskosten gewinnt in den letzten Jahren an Bedeutung. Prognosen basieren jedoch auf Daten der Vergangenheit. Da die Disziplin der Lebenszykluskostenprognose eine sehr junge ist, müssen teilweise Daten herangezogen werden, die nach anderen Gesichtspunkten oder zu anderen Zwecken dokumentiert wurden. Dies erfordert eine nachträgliche Aufbereitung der Daten, um umfassende Analysen durchführen zu können. Möglichkeiten der Datenaufbereitung werden im Artikel „Datenerhebung für Lebenszykluskosten bestehender Bauwerke“ gezeigt. Ziel der Datenaufbereitung ist, möglichst viele Daten aus unterschiedlicher Herkunft zu verknüpfen, um diese gesamtheitlich auswerten zu können.

4 Bedarfsanalyse

Bisherige Studien beschränken sich in der Mehrheit auf die Frage der optimalen Bauteilkosten (Materialwahl), ohne dabei zu hinterfragen, ob dieser Bauteil notwendig oder sinnvoll ist. Dabei besteht in fast allen Bereichen ein direkter Zusammenhang zwischen dem Bedarf (Fläche, technische Ausstattung etc.) und den damit verbunden Lebenszyklus-

kosten. Aus Sicht der Autoren ist es daher notwendig, den Bedarf und dessen Abhängigkeit von Einflussparametern zu kennen.

Die nachstehende Formel verdeutlicht den Zusammenhang zwischen dem Bedarf an Flächen, Fahrtreppen, technischer Gebäudeausrüstung etc. und den damit verbundenen Kosten.

$$\mathrm{LCC} = \sum \mathrm{Bedarf}_i \cdot \mathrm{LCC}_i$$

Im Zuge der Dissertation „Lebenszykluskosten von U-Bahn-Stationen“ von Andreas Makovec wurden unterschiedlichste Einflussparameter und deren Auswirkung auf den „Bedarf“ untersucht. Sehr plakativ zeigt sich z.B. die Auswirkung der Höhenlage auf den Flächenbedarf einer U-Bahn-Station (siehe Abbildung 3). Die Höhenlage hat erwartungsgemäß keinen Einfluss auf die Bahnsteigfläche, jedoch auf den Flächenbedarf für Verbindungsgänge und Technik; dieser steigt stark an. Vergleicht man die Flächen in mittlerer Lage (z.B. Station Pilgramgasse) mit Stationen in Tieflage, erkennt man, dass letztere einen in etwa doppelt so hohen Flächenbedarf aufweisen. Dies wirkt sich bei vielen Bereichen (z.B. Reinigung) linear auf die Kosten des Betriebs aus und ist daher wesentlich bei der Frage der Lebenszykluskosten einer Station.

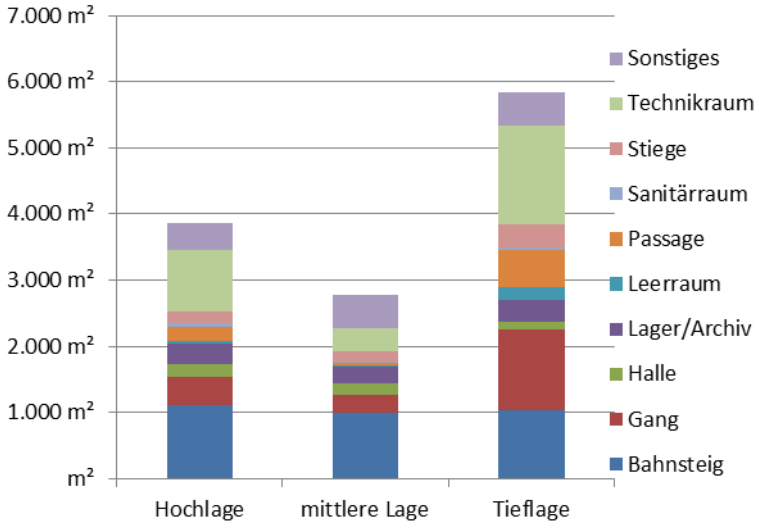


Abbildung 3: Stationsflächen in Abhängigkeit der Höhenlage

Abbildung 3 verdeutlicht, dass bereits wesentliche Weichen in der Entwurfsphase einer U-Bahn-Station gestellt werden, die in späterer Folge maßgebend für die Kosten einer Station sind.

Eine reine Optimierung der Materialien (Fußbodenbeläge, Beleuchtungsmittel etc.) ist daher bei einer umfassenden Kostenoptimierung nur bedingt zielführend.

5 Kostenanalyse

Die anwendbaren Werkzeuge der Datenanalyse sind von der vorliegenden Datenlage und dem Detailierungsgrad der Daten abhängig. Im Falle eines hohen Detailierungsgrades der Daten kann mit Hilfe der multiplen Regression der Einflussparameter (Höhenlage, Ausbauphase, usw.) auf die Kosten untersucht werden. Dabei ist es möglich, Auswirkungen (Kosten) einzelnen Ursachen (Flächen, Baujahr, etc.) zuzuordnen.

Grundsätzlich gilt: je detaillierter die Kosten und deren Einflussparameter bekannt sind, desto effektiver können Kostenoptimierungspotenziale erkannt und genützt werden.

Sind die Daten weniger detailliert, ist es möglich, mit der deskriptiven Statistik Kostenkennwerte zu ermitteln; diese entsprechen in der Regel Mittelwerten und sind daher nicht in der Lage, auf spezifische Umstände Rücksicht zu nehmen. In Teilbereichen können Expertengespräche eine wichtige Hilfestellung sein, um eventuelle Lücken in der Datenlage durch persönliche Erfahrungen zu schließen. Die möglichen Analysemethoden in Abhängigkeit des Detailierungsgrads der Daten sind in Abbildung 4 dargestellt.

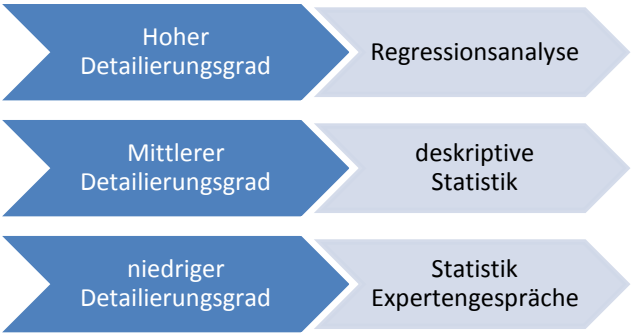


Abbildung 4: Analysemethoden der Kostenanalyse

6 LCC-Prognosemodell

Durch die Analyse des Bedarfs und der Kosten wurden im Zuge der Dissertation viele Erkenntnisse gewonnen, die ohne Computerunterstützung nur sehr schwer anwendbar sind. Aus diesem Bedürfnis wurde ein „LCC-Prognosetool“ entwickelt, das alle Regressionsergebnisse bzw. Kostenkennwerte zusammenführt und eine für den Anwender einfache Prognose ermöglicht. Zusätzlich können Effekte wie Preissteigerungen und unterschiedliche Verzinsungen simuliert werden, um eine bestmögliche Entscheidungsgrundlage zu liefern.

Das LCC-Prognosemodell umfasst dabei folgende Kostenbereiche:

- Stationsaufsicht
- Winterdienst
- Reinigung
- Aufzüge
- Fahrtreppen
- Strom
- Heizung
- HKLS
- Bauliche Instandhaltung/Instandsetzung
- Gebühren/sonstige Kosten

Der Prognosezeitraum kann variiert werden. Dies stellt sicher, dass zukünftige Projekte mit entsprechenden Kostenkennwerten prognostiziert werden. Dabei werden alle Kostenkennwerte automatisch mit den entsprechenden Kostenindizes an das entsprechende Zeitintervall angepasst (siehe Abbildung 5).

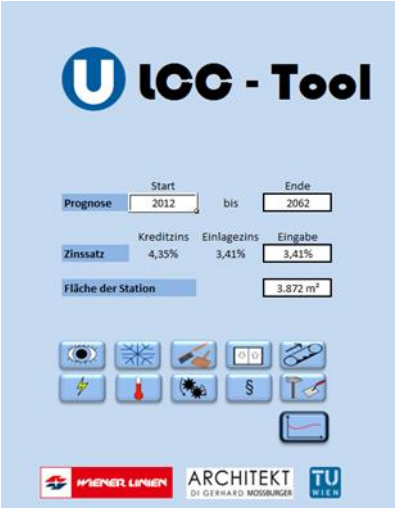


Abbildung 5: LCC-Prognosemodell

7 Literaturverzeichnis

[1] DIN 18960:2008-02: Nutzkosten im Hochbau, Deutsches Institut für Normung; Berlin; 2008

[2] DIN EN 13306:2010-12: Instandhaltung – Begriffe der Instandhaltung; Berlin; 2010

[3] Jodl Hans Georg: Lebenszykluskosten von Brücken – Teil 1 – Berechnungsmodell LZKB, Bauingenieur; Band 85; Mai 2010

[4] Jodl Hans Georg: Lebenszykluskosten von Brücken – Teil 2 – Software LZKB, Bauingenieur; Band 85; Mai 2010

[5] Makovec Andreas: Lebenszykluskosten von U-Bahn-Stationen; Dissertation TU Wien; Wien; 2014

[6] Makovec Andreas, Schranz Christian, Jodl Hans Georg: Zeitreise der Planungs- und Bauökonomie, Artikel: Lebenszykluskosten – Das Dilemma des Stützintervalls; Stuttgart; 2013

[7] ÖNORM B 1801-1:2009-06-01: Bauprojekt- und Objektmanagement – Teil 1: Objekterrichtung; Austrian Standards; Wien; 2009

[8] ÖNORM B 1801-2:2011-04-01: Bauprojekt- und Objektmanagement – Teil 2: Objekt-Folgekosten; Austrian Standards; Wien; 2011

[9] Schranz Christian, Makovec Andreas, Jodl Hans Georg: Datenerhebung für Lebenszykluskosten bestehender Bauwerke; Österreichische Ingenieur- und Architekten-Zeitschrift, Heft 1-12/2013; Wien; 2013

Dipl.-Ing.[in] Ursula Zappe

Schnittstellen des Wiener U-Bahn-Baus zur Stadt Wien: Von der Idee bis zum Bau gemeinsam für die beste Lösung

Dipl.-Ing.[in] Ursula Zappe
Stadt Wien
Stadtbaudirektion, Gruppe Tiefbau
Rathaus
A-1010 Wien
www.wien.gv.at

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 65
1.1 Schnittstellen 65
2 Von der Idee bis zur Genehmigung des Generellen Projektes 66
2.1 Idee und Entscheidung 66
2.2 Generelle Planung 66
3 Vom Generellen Projekt bis zur Fertigstellung 67
3.1 Detailplanung bis Baubeginn 67
3.2 Baubeginn bis U-Bahn-Eröffnung 67
3.3 Oberflächengestaltung 68
4 Zusammenfassung 69
4.1 Conclusio 69
4.2 Diskussion 69

Schnittstellen des Wiener U-Bahn-Baus zur Stadt Wien: von der Idee bis zum Bau gemeinsam für die beste Lösung

1 Einleitung

Die Stadt Wien ist in vielfältigster Weise seit Jahrzehnten mit dem Wiener U-Bahn-Bau verbunden. Heute werden sicher noch einige interessante Vorträge zu konkreten technischen Spezialthemen gehalten werden, doch diese Präsentation soll einen Einstieg in das Thema der Schnittstellen zwischen U-Bahn und Stadt Wien geben. Ein kurzer chronologischer Abriss von der Idee bis zur Umsetzung aus Sicht der Stadt Wien soll dabei unterstützen.

Aufgrund der Zeitvorgabe für den Vortrag können natürlich nicht alle Schnittstellen und Beteiligten genannt werden.

1.1 Schnittstellen

Schnittstellen sind lt. Wikipedia Teile eines Systems, welche der Kommunikation dienen. Es sind jene Grenzen von Teilsystemen, an denen die Weitergabe von Informationen stattfindet und somit die Teilsysteme wieder ein Ganzes bilden. Schnittstellen können somit von zwei Seiten kommend betrachtet werden und entweder das Trennende oder das Gemeinsame hervorheben. Sicherlich ist die Betrachtungsweise in diesem Vortrag von Seite der Stadt Wien kommend, doch das Gemeinsame soll dabei in den Vordergrund gestellt, zum Abschluss aber auch kritisch hinterfragt werden.

2 Von der Idee bis zur Genehmigung des Generellen Projektes

2.1 Idee und Entscheidung

Aufbauend auf den allgemeinen Überlegungen zum Trassennetz der U-Bahn steht zunächst die politische Entscheidung für einen bestimmten Streckenabschnitt bzw. Linienführung am Beginn.

Mehrere Geschäftsgruppen in der Stadtpolitik sind dabei eingebunden. Und nicht zuletzt der finanzielle Aspekt ist vorab abzustimmen. Immerhin ist neben der Stadt Wien auch der Bund mit einem großen Budgetanteil dabei.

Ist auf diesen Ebenen Einigung hergestellt, beginnt die MA 18 – Stadtentwicklung und Stadtplanung mit ersten Überlegungen und der Ausschreibung und Vergabe der Planungsleistungen für die Generelle Planung.

2.2 Generelle Planung

Viele unterschiedliche Bereiche und Fachgebiete sind auf beiden Seiten von Anbeginn dabei. Auch der Bezirk ist darin eingebunden.

Die Generelle Planung von U-Bahn-Abschnitten ist in der Stadt Wien bei der MA 18 – Stadtentwicklung und Stadtplanung angesiedelt. Aber auch die Baugrunderkundung der MA 29 – Brückenbau und Grundbau wird sehr früh einbezogen, um fundierte Grundlagen zum Boden und seinen Eigenschaften zu erhalten. Denn es ist klar: das „U“ in „U-Bahn“ hat schon seine Bedeutung.

Bereits bei der Generellen Planung sind mannigfache Fachgebiete beteiligt: MA 18 – Stadtentwicklung und Stadtplanung, MA 19 – Architektur und Stadtgestaltung, MA22 – Umweltschutz, MA 28 – Straßenverwaltung und Straßenbau, MA 29 – Brückenbau und Grundbau, MA 31 – Wiener Wasser, MA 33 – Wien Leuchtet, MA 46 – Verkehrsorganisation und technische Verkehrsangelegenheiten uvm. Viele Nummern mit viel Wissen, die alle Hand in Hand mit dem Bauherren Wiener Linien zusammenarbeiten.

Oftmals etwas versteckt, aber bei der aktuellen U1-Verlängerung in den Süden sehr offensichtlich, sind auch umfangreiche Vorarbeiten der Einbauten-Dienststellen (z.B. MA 31 – Wiener Wasser) zu tätigen.

Den Abschluss dieser Planungsphase bildet eine Besprechung in der Stadtbaudirektion, in welcher das Generelle Projekt genehmigt und den Wiener Linien zur Umsetzung übergeben wird. Bezirke und Dienststellen können dabei Stellungnahmen abgeben, welche dann ggf. in das Detailprojekt einzuarbeiten sind.

3 Vom Generellen Projekt bis zur Fertigstellung

3.1 Detailplanung bis Baubeginn

Dem Projektfortschritt folgend, werden sodann die Detailplanungen der U-Bahn-Trasse selbst als auch der Kunstbauten wie Brücken und Unterführungen, die die U-Bahn-Trasse queren, von den Wiener Linien in enger Abstimmung mit den städtischen Dienststellen durchgeführt.

Dann geht es – sehr kurz gefasst – über die notwendigen Behördenverfahren zur Ausschreibung und Vergabe der Bauleistungen und letztlich zum Baubeginn der U-Bahn-Strecke. Dieser Part liegt selbstverständlich bei den Wiener Linien.

U-Bahn-Bau kann auch eine Änderung der Verkehrsorganisation bereits ab Baubeginn bedeuten. Genehmigungen von Baustelleneinrichtungs- oder Lagerflächen als auch großräumige Änderungen von Verkehrsführungen, ob mit Auto, Rad oder zu Fuß, durch die MA 46 – Verkehrsorganisation und technische Verkehrsangelegenheiten sind also schon früh einzuholen. Innerstädtisch sind oftmals z.B. Fragen des Lärmschutzes mit der MA 22 – Umweltschutz zu klären.

3.2 Baubeginn bis U-Bahn-Eröffnung

Der U-Bahn-Bau selbst wird vom Fachbereich Grundbau der MA 29 laufend geologisch und geotechnisch begleitet. Täglich tauschen sich der Bauherr und die ExpertInnen der MA 29 über den aktuellen Stand des Tunnelvortriebs aus und legen ggf. Maßnahmen für die kommen-

den Abschnitte fest. Beim Bau in Hochlage erfolgen entsprechend angepasste Beratungen.

Sobald der Rohbau der U-Bahn-Streckenabschnitte und der Aufnahmegebäude fertiggestellt ist, werden auch die Arbeiten an der Oberfläche begonnen. Straßen, Fußwege und Radwege – aber auch z.B. die Beleuchtung –, wie sie bereits in der generellen Planung grob festgelegt wurden, sind nun im Detail von der MA 28 – Straßenverwaltung und Straßenbau in Abstimmung mit anderen Dienststellen zu planen. Die Wegeanschlüsse an die bestehende und künftige Bebauung, an neue Kunstbauten und an künftige, neue Nutzungen sind entsprechend zu projektieren.

Sehr kurz sei auch das Thema Bürgerbeteiligung angerissen. Es umfasst nicht nur die Information der AnrainerInnen in der Bauphase über mögliche Auswirkungen, sondern bezieht BürgerInnen aktiv in die Gestaltung ihres Umfelds ein und kann in vielfältigster Form erfolgen.

Das neue U-Bahn-Stück ist nun eröffnet und in Betrieb, das Bauende erreicht, doch der Baubeginn für die Oberflächengestaltung steht nun an.

3.3 Oberflächengestaltung

Die Umsetzung der Oberflächengestaltung liegt federführend bei der MA 28 – Straßenverwaltung und Straßenbau. Entsprechend den Ergebnissen aus der Detailplanung werden die Bauleistungen ausgeschrieben und vergeben.

Auch bei der Umsetzung sind viele Details zu beachten und jeder Beteiligte hat seine konkrete Aufgabe. Großflächige Parkanlagen werden von der MA 42 – Wiener Stadtgärten hergestellt, die letzten Einbauten vor der definitiven Oberfläche noch umgelegt, Verkehrsorganisationen ggf. wieder umgestellt und letztlich die Straßenoberfläche hergestellt. Auch die kleinen Dinge dürfen dann nicht fehlen – sei es ein Radbügel oder ein Mistkübel. Denn alles trägt zu einer für die Menschen lebenswerten Umgebung bei – sowohl die unterirdische Mobilität mit der U-Bahn als auch der oberirdische, gut geplante öffentliche Raum.

4 Zusammenfassung

4.1 Conclusio

Herausforderungen können nur gemeinsam im guten Zusammenspiel von Wiener Linien und Stadt Wien bewältigt werden. Denn letztlich haben wir alle das Ziel, dass neue U-Bahn-Stücke qualitativ hochwertig, termingerecht und kostengünstig errichtet werden und dass der umliegende öffentliche Raum für alle BürgerInnen zukunftsweisend gestaltet ist.

4.2 Diskussion

In der Diskussion sei nochmals auf das Thema „Schnittstellen" verwiesen. Wissend um die Definition, dass an den Schnittstellen Informationen von einem Teilsystem in ein anderes gelangen bzw. eben dabei auch verloren gehen können, seien einige Punkte hervorgehoben und hiermit als kritische Fragen zur Diskussion gestellt:

- **BürgerInnenbeteiligung:** Auch wenn dieses Thema nicht im Fokus des Vortrages war, so stellt sich die Frage: Wann bindet wer die BürgerInnen ein? Und in welcher Form? Wie kann in Hinblick auf den langen Projektzeitraum die Kommunikation zu den BürgerInnen erhalten werden?
- **Generelle Planung vs. Detailplanung:** Kann die Generelle Planung schon auf den Meter genau Querschnitte definieren oder sollten allgemeine Vorgaben ausreichen? Sind Änderungen in der Detailplanung gar verpönt? Oder darf man sich immer auf das berufen, was einem „besser passt"?
- **Projektmanagement:** Ist im Sinne eines ganzheitlichen Projektansatzes ein gemeinsames, übergeordnetes Projektmanagement von Stadt Wien und Wiener Linien effizienter? Könnten damit Schnittstellen reduziert und Abläufe beschleunigt werden?

Dipl.-Ing. Wolfgang Pflamm

Dipl.-Ing. Martin Schmidt

Grundwasserentspannung im fein(st)körnigen Miozän mittels alternativer Brunnenausbaumethode

Dipl.-Ing. Wolfgang Pflamm
WIENER LINIEN GmbH & Co KG
Erdbergstraße 202
A-1030 Wien
www.wienerlinien.at

Dipl.-Ing. Martin Schmidt
Magistrat der Stadt Wien, MA 29 – Brückenbau und Grundbau
Wilhelminenstraße 93
A-1160 Wien
www.wien.gv.at/verkehr/brueckenbau

Inhaltsverzeichnis

1 Allgemeine Projektbeschreibung 73
1.1 U1-Süd 73
1.2 Bauabschnitt U1/9 „Altes Landgut“ 73
2 Geologische und hydrogeologische Ausgangssituation 74
3 Planung der Grundwasserhaltung 75
3.1 Langzeitpumpversuche 75
3.2 Analyse und Detailplanung 76
4 Betrieb der Wasserhaltung 78
4.1 Probefeld 78
4.2 Anforderungen während des Betriebes 79
4.2.1 Feinteilaustrag 79
4.2.2 Verlandung im Sumpfrohr 79
5 Schlussfolgerungen aus der Wasserhaltung 80
6 Literaturverzeichnis 80

Grundwasserentspannung im fein(st)körnigen Miozän mittels alternativer Brunnenausbaumethode

1 Allgemeine Projektbeschreibung

1.1 U1-Süd

Die U-Bahn Linie U1 wird derzeit nach Süden ca. 4,6 km vom Reumannplatz bis nach Oberlaa um fünf Stationen (Troststraße, Altes Landgut, Alaudagasse, Neulaa und Oberlaa) verlängert. Mit über 19 km ist die U-Bahn Linie U1 nach der Fertigstellung die längste U-Bahn-Linie in Wien.

Abbildung 1: Verlängerung U-Bahn Linie U1 Richtung Oberlaa

Durch die Verlängerung der U-Bahn Linie U1 werden unter anderem das Stadion „Generali Arena“, das Laaerbergbad, der FH Campus Wien, die Per-Albin-Hansson-Siedlung sowie die Therme Wien besser an den öffentlichen Verkehr angebunden.

1.2 Bauabschnitt U1/9 „Altes Landgut“

Der Bauabschnitt U1/9 „Altes Landgut“ wird auf einer Gesamtlänge von ca. 685 m in Tieflage errichtet und schließt stadteinwärts an den neu zu errichtenden Bauabschnitt U1/10 „Troststraße“ und stadtauswärts an den neu zu errichtenden Bauabschnitt U1/8 „Alaudagasse“ an. Direkt an der Bauabschnittsgrenze zu U1/10 befindet sich ein Notausstieg, welcher durch einen Querschlag mit den Streckenröhren verbunden ist.

Innerhalb der Bauabschnittsgrenzen verlaufen die zwei eingleisigen Streckenröhren unter der Favoritenstraße und unterfahren im Bereich der Station „Altes Landgut“ den Verteilerkreis Favoriten sowie den Laaerbergtunnel der A23. Vor und nach der Station „Altes Landgut“ ist jeweils ein Querschlag situiert.

Die beiden Stationsschächte „Altes Landgut“ und „Katharinengasse“ werden in Deckelbauweise und die Strecken- und Stationstunnel (Ulmenstollen und Restquerschnitt) bergmännisch mittels der Neuen Österreichischen Tunnelbauweise (NÖT) aufgefahren.

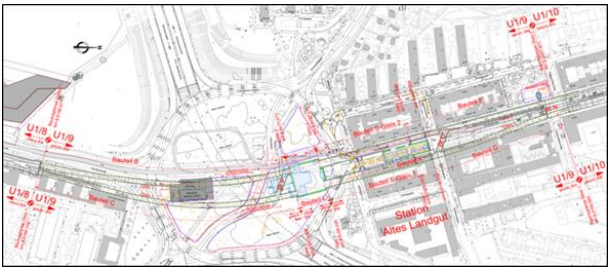


Abbildung 2: Übersichtslageplan Bauteile Bauabschnitt U1/9 „Altes Landgut“

2 Geologische und hydrogeologische Ausgangsituation

Das Projektgebiet im 10. Wiener Gemeindebezirk liegt am Laaerberg. Unter künstlichen Anschüttungen (bereichsweise wiederverfüllte Ziegelgruben) befinden sich die ältesten Donauterrassenschotter, die sogenannten Laaerberg-Terrassenschotter aus der Prä-Günz-Eiszeit. Unter den Laaerberg-Terrassenschottern befinden sich die, demnächst Mittelpannon zuordenbaren, miozänen Wechsellagerungen.

Wie die Aufschlussbohrungen gezeigt haben, setzen sich die miozänen Wechsellagerungen aus verwitterten plastischen tonigen Schluffen, unverwitterten feinsandigen Grobschluffen sowie halbfesten tonigen Schluffen zusammen.

Im Rahmen der Bohrungen wurden in diesen 3 m bis 10 m dicken Wechsellagen druckhafte Schichtwässer mit bis zu 15 m Wassersäule und geringen Schüttmengen angetroffen.

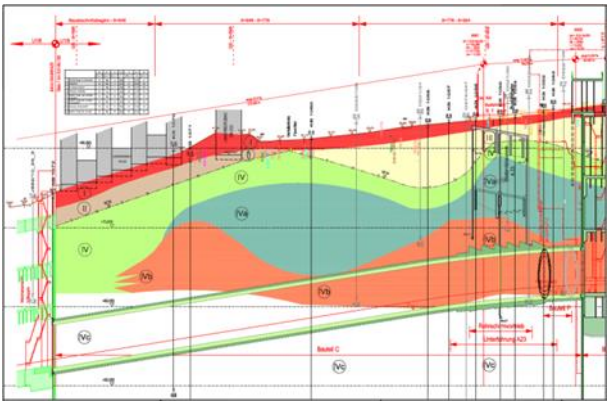


Abbildung 3: Geotechnischer Längenschnitt

Die geplanten Tunnelvortriebe finden zu einem Großteil in den wasserführenden miozänen Wechsellagerungen statt, wobei die Sohle oftmals nahe der Unterkante der Grobschluffe zu liegen kommt und somit der Ausbruchsquerschnitt zur Gänze im druckwasserführenden Bereich liegt.

3 Planung der Grundwasserhaltung

Während der Aufschlusskampagne wurden zwei Langzeitpumpversuche mit unterschiedlichen Rahmenbedingungen durchgeführt.

3.1 Langzeitpumpversuche

Die für den Pumpversuch vorgesehenen Brunnen wurden mit unterschiedlichen Bohrverfahren (Greiferschlag- und Rammkernbohrungen), Bohrdurchmessern (DN 600, DN 324), Filterrohrdurchmessern (DN 300, DN 150), Filterkörnungen (1,0 - 2,2 mm, 0,4 - 0,8 mm) und Filterschlitzweiten (0,5 mm, 0,3 mm) hergestellt bzw. ausgebaut. Der Betrieb

erfolgte gravitativ sowie mittels Vakuumbeaufschlagung über eine Versuchsdauer von je ca. 3 Wochen.

Die Ergebnisse der Langzeitpumpversuche führten zu folgenden Erkenntnissen. Grundsätzlich ist eine Kommunikation zwischen den Wechsellagerungen vorhanden, sodass von einem „zusammenhängenden“ gespannten Aquifer gesprochen werden kann. Die Entspannung hängt wesentlich von den gewählten Ausbauparametern und dem Betrieb ab. Die Bohrungen DN 600 zeigten einen wesentlich höheren Entspannungserfolg. Auf Grund der geringen Wassermengen (<1,0 l/s) kann zur Erreichung des maximalen Entspannungserfolges zusätzlich Vakuum aufgebracht werden.

Die größte Herausforderung stellte der im Absetzbecken beobachtete Feinteilaustrag dar. Der Vergleich der Kornverteilungen der miozänen Wechsellagerungen mit den Kornverteilungen des Feinteilaustrages führte zu der Erkenntnis, dass die Vortriebsarbeiten in einer hydraulisch höchst anspruchsvollen Schicht durchzuführen sind und eine entsprechende Entspannung zur Stabilisierung der Ortsbrust vorzusehen ist.

3.2 Analyse und Detailplanung

Auf Grund der gewonnenen Erkenntnisse konnte der Rückschluss gezogen werden, dass bestimmte Normforderungen kaum umsetzbar waren.

Dies betrifft einerseits die Normforderung der ÖN B 2601, dass bei maximaler Entnahmemenge der Wasserspiegel im Brunnen oberhalb der Filterstrecke liegen soll und andererseits die Korngröße und Dicke des Filtermaterials entsprechend den Ergebnissen der Siebanalysen anzupassen ist.

Die erste Normforderung würde bei der vorhandenen Schichtmächtigkeit und der Lage des Vortriebes die Druckverhältnisse nicht auf das gewünschte Niveau reduzieren und vermeidbare Aufwendungen durch Entspannungsmaßnahmen von Untertage wären die Konsequenz.

Die zweite Normforderung hinsichtlich der Abstimmung der Filterkörnung auf den Boden nach den Filterregeln von Terzaghi oder Cistin/Ziems war auf Grund der Anwendungsgrenzen nicht möglich.

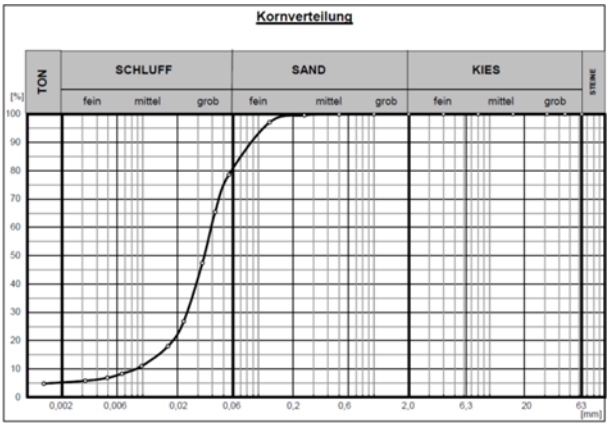


Abbildung 4: Kornverteilung KB 1047/2

Auf Basis der Pumpversuche wurde folgendes Konzept für den Brunnenausbau und -betrieb erarbeitet.

Die zu entspannenden Wechsellagerungen wurden mit einer herkömmlichen Filterkörnung, in den meisten Fällen 1,0 – 2,2 mm, ausgebaut. Die genaue Festlegung der Filterkörnung erfolgte im Zuge der Ausführung. Es wurde grundsätzlich ein 5 m tiefer Pumpensumpf zur Aufnahme der Pumpe in die dichte tonige Schluffschichte abgeteuft.

Ein Aufspiegeln des frei in den Pumpensumpf zuströmenden Wassers über die Sumpfrohroberkante wird über die Steuerung des Einschaltzeitpunktes der Pumpe verhindert. Auf Grund der Lage der Pumpe sowie der Festlegung der maximalen Aufspiegelungshöhe des Wassers im Rohr wird die Energieübertragung durch den Pumpbetrieb, z.B. beim Wiedereinschalten der Pumpe, in den anstehenden gewachsenen Boden unterbunden.

Damit sich beim frei einströmenden Grundwasser kein zu großes hydraulisches Gefälle entwickelt und der Brunnen versandet, müssen die Brunnen in den einzelnen Steuerbereichen möglichst gleichzeitig dem Vortrieb vorauseilend stufenweise in Betrieb genommen werden. Die Vorlaufzeit beträgt ca. 2 Monate, wobei während der ersten 5 bis 6 Wochen die Fördermenge der Brunnen langsam gesteigert wird. Nach der Einlaufzeit hat sich der freie Zustrom im Brunnen eingestellt und die Pumpen können mit der für das System festgelegten maximalen Leistung arbeiten.

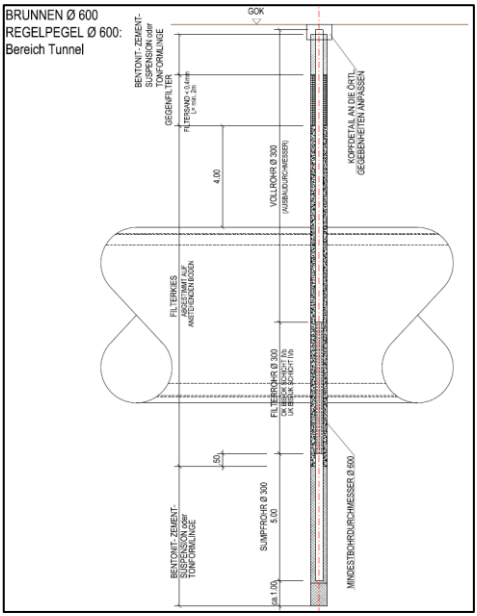


Abbildung 5: Schema Brunnenausbau U1/9 für Vortriebsstrecke

Um einen nicht erwünschten Feinteilaustrag zu verringern, wurde das Kriterium für die technische Sandfreiheit der ÖN B 2601 an den anstehenden Boden angepasst. Jedoch konnte bereits in der Planung davon ausgegangen werden, dass eine grundsätzliche Feinteilfreiheit des Pumpwassers in diesen Böden nicht erzielbar ist.

4 Betrieb der Wasserhaltung

4.1 Probefeld

Im Zuge der Ausführung wurde zur Optimierung der Filterkorngrößen, des Brunnenabstandes, der Art des Filterrohres usw. ein Probefeld mit

ca. 12 Brunnen und Pegel hergestellt. Im Probefeld wurden die grundsätzlichen Annahmen der Planung verifiziert und im Rahmen des Betriebs bestätigt.

Es zeigte sich, dass bei fachgerechter Ausführung und Entsandung die geforderte Entspannung auch mit freiem Zustrom des Wassers in den Pumpensumpf im Dauerbetrieb erreicht werden konnte. Ebenso wurden die in der Ausschreibung vorgegebenen Brunnenabstände bestätigt.

4.2 Anforderungen während des Betriebes

4.2.1 Feinteilaustrag

Von der ausführenden Firma wird der Feinteilgehalt des gepumpten Wassers gemäß den Anforderungen überwacht. Bei einigen wenigen Brunnen zeigte sich jedoch, dass das vereinbarte Kriterium nicht eingehalten werden konnte. Ein grundsätzlicher Zusammenhang mit den geologischen Verhältnissen oder der zuströmenden Wassermenge konnte dabei jedoch nicht festgestellt werden.

Als Gegenmaßnahme wurde in die davon betroffenen Brunnen ein Kiesbelagsfilter eingebaut, um die Filterstärke zu vergrößern und den Aufbau eines stabilen Korngerüstes im anstehenden Boden durch die Reduktion der Zutrittsgeschwindigkeit des Wassers in den Brunnen zu ermöglichen.

4.2.2 Verlandung im Sumpfrohr

Bei einigen Brunnen wurde, trotz Einhaltung der vereinbarten Kriterien, eine Verlandung im Sumpfrohr gemessen. Die Verlandung trat sowohl bei Brunnen mit sehr hoher als auch niedriger Fördermenge auf und bestand größtenteils aus Feinsanden, welche sich vermutlich während des Schaltspiels der Pumpe im Sumpfrohr absetzten. Dabei gilt es zu beachten, dass bei einer zu hohen Auflandung im Sumpfrohr die Pumpe mit Feinteilen eingeschüttet wird und die Kühlung des unter dem Ansaugsieb befindlichen Motors nicht mehr ausreichend gewährleistet ist.

Durch Ablotung im Brunnenrohr wird die Auflandung gemessen und eventuell aufgelandete Brunnen werden klargespült. Eine Auflandung konnte am Bauabschnitt U1/9 jedoch nur bei < 5 % aller Brunnen festgestellt werden.

5 Schlussfolgerungen aus der Wasserhaltung

Für einen Vortrieb in den grobschluffigen, feinsandigen Schichten wird über die Brunnen eine ausreichende Entspannung erzeugt, sodass die Ortsbrust während der Ausbruchsarbeiten stabil bleibt und keine Nachbrüche zufolge Wasserzutritt zu verzeichnen sind.

Über die ausgewerteten Brunnendaten können die Schüttmengen mit < 1,0 l/s angegeben werden. Die Pumpmengen der einzelnen Brunnen schwanken im Bereich von 10 m³/Monat bis zu 130 m³/Monat. Dies ist ursächlich mit den lokalen Schwankungen in der Korngrößenverteilung erklärbar. Im Mittel liegt die Schüttmenge bei ca. 80 m³/Monat.

Die komplexe Wasserhaltung am Bauabschnitt U1/9 „Altes Landgut“ erfüllt die Anforderungen für die Vortriebsarbeiten und Schachtherstellung zur vollen Zufriedenheit aller Projektbeteiligten.

Nur mit Hilfe der Fachkenntnis der ausführenden Firma und des Einsatzes aller Projektbeteiligten konnte diese Aufgabe realisiert werden.

6 Literaturverzeichnis

[1] Wiener Linien: Ausbau-Folder „U1 Verlängerung Ausbau Oberlaa“ 12.2013, http://www.wienerlinien.at/media/files/2013/u1_ausbau_116493.pdf

[2] Übersichtslageplan Bauteile, Arbeitsgemeinschaft PCD-FCP-iC Consulenten-AGU

[3] Geotechnischer Längenschnitt U1-9 Gleis 1, Arbeitsgemeinschaft PCD-FCP-iC Consulenten-AGU

[4] Bodenphysikalische Untersuchungen, Camillo Sitte Versuchsanstalt

[5] Brunnenausbau U1/9, Arbeitsgemeinschaft PCD-FCP-iC Consulenten-AGU

[6] Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM B 2601 Wassererschließung – Brunnen – Planung, Bau und Betrieb; Wien; Ausgabe 2004.

Dipl.-Ing.
Andreas Leitner

Dipl.-Ing.
Christian Nebois

Dipl.-Ing. Dr.techn.
Georg Atzl

Neue Ansätze für die Planung der Hohlraumauskleidung für NÖT-Strecken im Wiener U-Bahn-Bau

Dipl.-Ing. Andreas Leitner
IGT Geotechnik und Tunnelbau ZT GmbH
Mauracherstraße 9
A-5020 Salzburg
www.igt-engineering.com

Dipl.-Ing. Christian Nebois
WIENER LINIEN GmbH & Co KG
Erdbergstraße 202
A-1031 Wien
www.wienerlinien.at

Dipl.-Ing. Dr.techn. Georg Atzl
iC consulenten ZT GmbH
Schönbrunner Straße 297
1120 Wien
www.ic-group.org

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 85

2 Anforderung an die Hohlraumauskleidung 87

2.1 Stabilität auf Lebensdauer 87

2.2 Eindringen von Wasser hintanhalten 88

2.3 Brandbeständigkeit 89

2.4 Anbringen von Betriebseinrichtungen 89

3 Derzeitiges System Außen- / Innenschale 90

4 Neue Planungsansätze 91

5 Bisherige Erfahrung mit innen haftenden Spritzisolierungen 92

6 Vorteile des neuen Konzeptes der Hohlraumauskleidung 94

7 Probeweise Anwendung im Rahmen der Baulose U1/9 und U1/10 95

8 Schlussbemerkung 96

Neue Ansätze für die Planung der Hohlraumauskleidung für NÖT-Strecken im Wiener U-Bahn-Bau

1 Einleitung

Der Wiener U-Bahn-Bau kann auf eine 40-jährige Geschichte zurückblicken und dementsprechend hat sich über diesen Zeitraum auch die Herstellung und Auskleidung der unterirdischen Hohlraumbauten verändert. Erfolgte zu Beginn des U-Bahn-Baus auf der Linie U1 die Herstellung mit Schildmaschine und die Auskleidung mit Gußeisentübbingen, so hielt in den 80-er Jahren die NÖT mit zweischaligem Ausbau Einzug in den Wiener U-Bahn-Bau. Ab der Jahrtausendwende kamen auch wieder die zwischenzeitlich weiterentwickelten Schildmaschinen mit Betontübbingen als Fertigteil zum Einsatz.

Seit der Einführung der NÖT in Wien besteht die Hohlraumauskleidung im Wesentlichen aus:

- einer 20-30 cm dicken bewehrten Spritzbetonaußenschale, welche im Zuge des Ausbruchs als Sicherung und Stützung aufgebracht wird
- einer 40 cm dicken bewehrten Ortbetoninnenschale, welche nach Abschluss der Vortriebsarbeiten in einem eigenen Arbeitsgang hergestellt wird
- mit einer Gesamtdicke von mind. 60 cm

Daran hat sich bis dato kaum etwas geändert, trotz Fortschritten in der Betontechnologie, sowohl bei der Herstellung des Spritzbetons als auch für den Ortbeton. Rundum verlegte Folien zur Herstellung der Wasserdichtigkeit wurden nie ernsthaft in Betracht gezogen, zum einen auf Grund eines Vorfalles beim Münchner U-Bahnbau – hier kam es zu einem Brand, bei dem auch Personen zu Schaden kamen –, zum anderen wegen der Umläufigkeiten, welche die Ortung eines Lecks stark erschweren. Das bei internationalen Projekten des Öfteren anzutreffende System „Folie plus WU Beton“ war vernünftigerweise auch nie Thema. Folien werden derzeit lediglich als Trennschicht zwischen

Außen- und Innenschale verwendet. Zwischenzeitlich werden nunmehr aus Gründen der Brandbeständigkeit PPP-Fasern beigemischt und der Bewehrungsgehalt hat sich wegen der neuen Normen und Richtlinien etwas erhöht. Interessant ist, dass die vorher erwähnte Gesamtdicke von 60-70 cm meist gleich blieb, unabhängig von geologischen oder hydrogeologischen Randbedingungen. D.h. es war egal, ob sich der Tunnel knapp über oder tief unter dem Grundwasserspiegel befand bzw. ob dieser in steifen Schluffen oder lockeren Lössen zu liegen kam.

Demgegenüber steht der moderne Tübbing – als Stahlbetonfertigteil produziert – mit einer Gesamtdicke von 35 cm.

Auch wenn man davon ausgeht, dass die Bedeutung der NÖT beim zukünftigen U-Bahn-Bau zurückgehen wird, so verbleiben doch immer noch Sonderbauwerke wie Ausziehgleise, Lüftungstunnel, Querschläge u. dgl., die auch in Zukunft unter Anwendung dieser Methode aufgefahren werden.

Daher war es aus Sicht der Verfasser an der Zeit, neue Überlegungen zur Hohlraumauskleidung für Tunnel, die nach NÖT aufgefahren werden, anzustellen. Als Basis war davor aber zu evaluieren:

- welche Anforderungen haben wir im U-Bahn-Bau an die Hohlraumauskleidung?
- welche grundsätzlichen Überlegungen führten zum derzeit angewandten System des zweischaligen Ausbaues?

Dazu wurde eine Arbeitsgruppe eingerichtet, welche sich im 2. Halbjahr 2012 mit dieser Thematik beschäftigte.

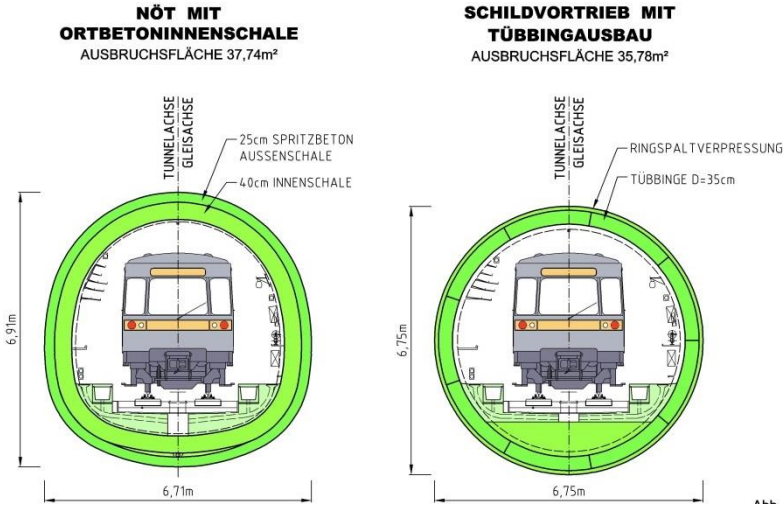


Abbildung 1: Regelquerschnitt Streckentunnel

2 Anforderung an die Hohlraumauskleidung

Die Anforderungen an die Hohlraumauskleidung für die Streckenröhre der Wiener U-Bahn sind eigentlich ganz einfach zu formulieren.

Die Hohlraumauskleidung soll

- auf Lebensdauer stabil und möglichst wartungs- und instandsetzungsarm sein
- das Eindringen von Wasser hintanhalten
- die notwendige Brandbeständigkeit gewährleisten
- geeignet sein für die Anbringung von Betriebseinrichtungen, wie Kabeltassen, Feuerlöschleitung

Im Folgenden wird auf diese Anforderungen im Einzelnen eingegangen.

2.1 Stabilität auf Lebensdauer

Üblicherweise wird bei derartigen Infrastrukturprojekten eine theoretische Lebensdauer von 100 Jahren für die konstruktiv tragenden Ele-

mente angesetzt. Dies bedeutet jedoch nicht, dass diese Bauwerke in dieser Zeit wartungs- und instandsetzungsfrei sind. Der Aufwand dafür soll aber möglichst gering sein und vor allem den laufenden U-Bahn-Betrieb nicht stören und schon gar nicht unterbrechen.

Die Stabilität hat innerstädtisch insofern eine größere Bedeutung im Gegensatz zum Tunnel „auf dem Land“, als ein Kollaps zu schweren Folgen für Dritte (Bebauung, Infrastruktur u. dgl.) führt. Daher sind Baustoffe zu verwenden, welche erfahrungsgemäß unempfindlich gegen chemische Angriffe von außerhalb und innerhalb des Tunnels sind. Da bei der U-Bahn Angriffe von innen de facto nicht vorhanden sind, bedeutet dies, dass nur chemische Angriffe von außen maßgebend sind (z.B. Sulfatangriff[1]), welche aber durch Beprobung des Grundwassers vor dem Bau und durch entsprechende Adaptierung des Betonrezeptes in der Regel in den Griff zu bekommen sind. Desgleichen gilt für die elektrische Korrosion, deren Ursache und Gegenmaßnahmen bekannt sind und standardmäßig umgesetzt werden. Auf andere Baustoffe, wie z.B. Gußeisentübbing, wird nicht weiter eingegangen, da diese derzeit und auch, soweit absehbar, in Zukunft keine Rolle spielen werden.

2.2 Eindringen von Wasser hintanhalten

Schon sehr früh hat man für Ortbetoninnenschalen den Begriff der Wasserdichtigkeit gegen jenen der Wasserundurchlässigkeit ausgetauscht. Wobei das Kriterium der Wasserundurchlässigkeit recht einfach definiert ist: Hand auf die feuchte Stelle legen, wieder abnehmen, es sollte zu keiner Tropfenbildung auf der Hand kommen. Tatsache ist aber, dass es im Netz der Wiener U-Bahn genug Stellen gibt, welche dieses Kriterium bei weitem nicht erfüllen und auch Nachinjektionen das Eindringen von Wasser nicht beseitigen konnten. Meist ist das die Folge von Zwängungen bei Querschnittsübergängen, Betonierproblemen bei der Herstellung u. dgl.

Es war daher mit der zuständigen Abteilung zu erkunden, welche Auswirkungen diese Fehlstellen auf den Betrieb haben. Mit dem Ergeb-

[1] Lt. ÖBV Richtlinie „Spritzbeton“ 2009 darf Spritzbeton bei Sulfatgehalten So_4^{2-} über 1500 mg/l in der Regel nicht für dauerhafte Stützmaßnahmen herangezogen werden.

nis, dass diese Fehlstellen überhaupt keine Rolle spielen, solange das Wasser dem Fahrer nicht auf die Frontscheibe tropft. D.h. lokale Fehlstellen sind zwar unschön, vor allem wenn diese in Stationen auftreten, aber für den Betrieb der U-Bahn sind sie unbedeutend. Was auch logisch ist, fährt doch die Wiener U-Bahn über weite Strecken oberirdisch im Freien.

2.3 Brandbeständigkeit

Da es bis dato – Gott sei Dank – noch zu keinem Brand im unterirdischen Wiener U-Bahn-Netz gekommen ist, welcher auch Auswirkungen auf die Tunnelschale gehabt hätte, können hier nur Erfahrungen aus anderen Brandereignissen analog umgesetzt werden. Dabei geht es darum, das Abplatzen des Betons soweit hintanzuhalten, dass ein Kollaps des Tunnels vermieden wird. Standardmäßig wird dies durch die Zugabe vom PPP-Fasern zum Beton erreicht. Die Details dazu sind ausreichend in der Fachliteratur behandelt. Wobei zu beachten ist, dass die Voraussetzungen bei einer U-Bahn wesentlich günstiger sind als bei sonstigen Eisenbahn- oder Straßentunnel, da nur ein bekannter Typ von Zuggarnitur die Strecke befährt (derzeit sind es durch die Umstellung auf den V-Wagen gerade 2 Typen) und keine Güter auf dem U-Bahn-Netz transportiert werden. Festzuhalten ist auch, dass mit Einführung des V-Wagens die Brandlast auf 3,5 MW reduziert werden konnte. Unter diesen Umständen kann davon ausgegangen werden, dass die Zugabe von PPP-Fasern ausreichend Schutz gibt und keine zusätzlichen Maßnahmen erforderlich sind.

2.4 Anbringen von Betriebseinrichtungen

Da die Wiener U-Bahn keine Oberleitung besitzt, beschränkt sich dies auf die Anbringung von Kabeltassen, Handlauf, Schaltschränken, Trockenlöschleitungen u. dgl. Auch werden vorweg keine Vorrichtungen zu deren Befestigungen in die Betonschale platziert, sondern es erfolgt dies nachträglich durch Einbohren und handelsüblichen Dübelsysteme. Als maßgeblich hat sich dabei die Anbringung der Trockenlöschleitungen herausgestellt, welche eine Einbohrtiefe von 10 cm benötigen.

3 Derzeitiges System Außen- / Innenschale

Die grundsätzliche Überlegung, welche zum derzeitigen angewandten System, bestehend aus einer – wie bereits erwähnt –, 20-30 cm dicken bewehrten Spritzbetonaußenschale und einer 40 cm dicken bewehrten Ortbetoninnenschale geführt hat, beruhte auf der Annahme, dass der Baustoff Spritzbeton auf Dauer seine Tragfähigkeit einbüße und daher als den Hohlraum stützende Auskleidung nur temporär wirksam sei. Wobei die Zeitspanne des Begriffes „temporär" nie genau definiert worden ist. In logischer Konsequenz davon hatte die Ortbetonschale nicht nur den Wasserdruck aufzunehmen und einen im Wesentlichen trockenen Hohlraum zu gewährleisten, sondern auf Dauer auch die Tragfunktion und damit die Lasten der Spritzbetonaußenschale zu übernehmen. Mittlerweile gibt es aber Erkenntnisse, welche diese generalisierende Annahme, nämlich dass Spritzbeton keine Dauerhaftigkeit besitzt, stark in Zweifel ziehen. Ausschlaggebend dafür waren die Erfahrungen, welche im Zuge der Herstellung der 2. Tunnelröhren im Autobahnen- und Schnellstraßennetz gewonnen werden konnten. Bei der Herstellung der Verbindungsquerschläge zu den „alten" Tunnelröhren konnten dabei ohne viel Aufwand Proben des Spritzbetons, der Bewehrung, Anker, Tunnelbögen und Folienabdichtung entnommen werden. Damit war es möglich, für den Spritzbeton repräsentative Erkenntnisse auch in Hinsicht auf die zeitliche Entwicklung, die Entwicklung der Spritzbetontechnologie, Einflüsse aus geologischer Umgebung, Wasser etc. zu gewinnen. Diese Untersuchungen wurden und werden an der TU Graz und der Montanuniversität Leoben seit 2006 durchgeführt und sind, ebenso wie der Bau der 2. Tunnelröhren, noch nicht abgeschlossen. Ein erster Bericht soll jedoch noch heuer veröffentlicht werden. Kurz zusammengefasst ist das bisherige Ergebnis, dass es keinen Hinweis dafür gibt, dass sich langzeitig gesehen Spritzbeton anders verhält als normaler Ortbeton. Dies gilt natürlich auch für die im Spritzbeton eingebettete Bewehrung.

Obwohl, wie erwähnt, die Untersuchungen noch nicht abgeschlossen sind, hat diese Erkenntnis bereits in die Richtlinien Eingang gefunden.

4 Neue Planungsansätze

Als Schlussfolgerung aus den Betrachtungen zu den Anforderungen sowie den neuen Erkenntnissen zur Dauerhaftigkeit des Spritzbetons ist es möglich, folgendes neues Konzept für die Hohlraumauskleidung zu definieren:

- Die Spritzbetonschale übernimmt dauerhaft die Stützung des Hohlraumes
- Es sind Maßnahmen zu schaffen, welche einen weitgehend trockenen Hohlraum gewährleisten
- Herstellen eines Untergrundes zur Montage der Betriebseinrichtungen, welcher gleichzeitig im Brandfall als Schutz für die tragende Spritzbetonschale wirkt.
- Maßnahmen zur elektrischen Trennung bzw. Durchverbindung der Bewehrung der Spritzbetonschale

Auf Basis dieser Grundsätze wurde nun folgender Lösungsansatz weiterverfolgt:

- Die Spritzbetonschale wird auf die Belastungen aus Erd- und Wasserdruck bemessen. Hierzu ist anzumerken, dass die temporäre Spritzbetonaußenschale auch bisher bereits in vielen Fällen auf Wasserdruck bemessen wurde; entweder weil bei Druckluftvortrieben dieser Lastfall im Zeitraum zwischen Abschalten der Druckluft und Einbau der Innenschale zwangsweise zu berücksichtigen war oder um ein frühzeitiges Abschalten der Brunnen zu ermöglichen. Allerdings ist die Spritzbetonaußenschale aufgrund der Arbeitsfugen nicht dicht, insbesondere in gering durchlässigen Böden baut sich im Untergrund der Porenwasserdruck wieder auf und es stellt sich eine Potenzialströmung zum Tunnel hin ein.

- Aufbringen einer am Spritzbeton haftenden Isolierung, da die Spritzbetonschalenherstellung wegen der Arbeitsfugen das Erfordernis eines weitgehend trockenen Hohlraumes nicht erfüllen kann. Die derzeit am Markt erhältliche Spritzisolierung erreicht Haftungsfestigkeiten von 1 MPa, was einer Wassersäule vom 100 m entspricht. Im Bereich des Wiener U-Bahnbaus ist aber der Bemessungswasserspiegel kaum jemals mehr als 30 m über der Tunnelsohle, sodass selbst bei einem Abfall der Haftungsfestigkeit auf 1/3 des ursprünglichen Wertes diesbezüglich noch keine Probleme zu erwarten sind.
- Anschließende Herstellung einer 15 cm dicken unbewehrten Spritzbetonschale unter Zugabe von PPP-Fasern, welche als Untergrund für die Befestigung der Ausrüstungsgegenstände für den Betrieb dient bei gleichzeitigem Schutz der Isolierung und der tragenden Spritzbetonschale im Brandfall.
- Die Verbundschale, bestehend aus Außenschale, der Spritzisolierung und der gespritzten Innenschale, ist technisch dicht und kann den Wasser- und Erddruck statisch aufnehmen.
- Die elektrische Trennung kann durch das Herstellen von Isolierfugen mittels ca. 1 m breiten stahlfaserbewehrten Spritzbetonabschnitten im Vortrieb im Abstand von ca. 50 m erfolgen. Die Rückleiterverbindung erfolgt analog zur Tübbingschale mittels Baustahlgittermatten im Gleisunterbeton.

5 Bisherige Erfahrung mit innen haftenden Spritzisolierungen

Da Spritzisolierungen, welche eine innenliegende Isolierung darstellen, bereits seit geraumer Zeit Anwendung finden, wurden zwei dieser Anwendungsbeispiele ausgewählt, um Erkenntnisse aus der praktischen Anwendung zu gewinnen und daraus Verbesserungsvorschläge zu erarbeiten.

Es waren dies:

- Die Stationen Rákóczi tér und Fövám tér der Metro Budapest Linie 4

- Die Querschläge im Bereich der Verlängerung der Straßenbahn zum Harter Plateau der Linz Linien

Auf das Erste gesehen waren die Eindrücke aus der Besichtigung vor allem im Bereich der Budapester Metro wenig ermutigend, bei genauerer Analyse konnten jedoch für beide Anwendungsbeispiele die gleichen Problempunkte herausgearbeitet werden. Diese waren im Wesentlichen:

- Eine nicht ausreichende Abschlauchung von Wasserzutritten vor Aufbringung der Spritzisolierung
- Ein zu rauer Spritzbetonuntergrund und dadurch unregelmäßige Dicke der Spritzisolierung
- Schlechte handwerkliche Qualität wegen Unerfahrenheit des Personals, mangelnde Sichtverhältnisse wegen unzureichender Belüftung und parallel dazu laufender anderer Arbeitsgänge
- Schwierige Qualitätskontrolle vor allem bei Arbeitsunterbrechungen, da sich die Spritzisolierung vom Untergrund kaum farblich abhebt
- Wasserzutritte im Bereich von Durchdringungen zur Montage der Bewehrung
- Wasserzutritte im Bereich des Überganges Spritzisolierung zu WU Ortbetoninnenschale wegen unzureichenden Übergriffs der beiden Systeme

Diese Mängel können durch folgende Gegenmaßnahmen weitgehend vermieden werden:

- Entflechtung des Auftrages der Spritzbetonisolierung von parallel laufenden Arbeiten und Auftrag mit möglichst wenig Unterbrechungen
- Verwendung einer Körnung 0/4 für die Betondeckung der inneren Bewehrungslage der Spritzbetonschale
- Einfärben des Materials, sodass es sich farblich vom Spritzbeton deutlich abhebt
- Auftrag der Spritzisolierung einige Meter über den Systemübergangspunkt hinaus

6 Vorteile des neuen Konzeptes der Hohlraumauskleidung

Durch die Anwendung dieses Konzeptes ergeben sich folgende Vorteile:

- Kompletter Entfall der bewehrten Ortbetoninnenschale einschließlich der damit verbundenen Hilfsmittel wie Schalwagen, Trennfolie u. dgl.
- Reduktion des Ausbruchsquerschnittes von dzt. ca. 37 auf ca. 31m² möglich
  - Dadurch keine Unterteilung in Kalotte und Strosse mehr erforderlich
  - Dadurch kürzere Bauzeit
  - Dadurch keine zusätzliche Aufweitung bei engen Krümmungsradien durch die Polygonalität mehr erforderlich

Insoweit ein ausreichend trockener Hohlraum gewährleistet wird, sind keine Nachteile zu erwarten.

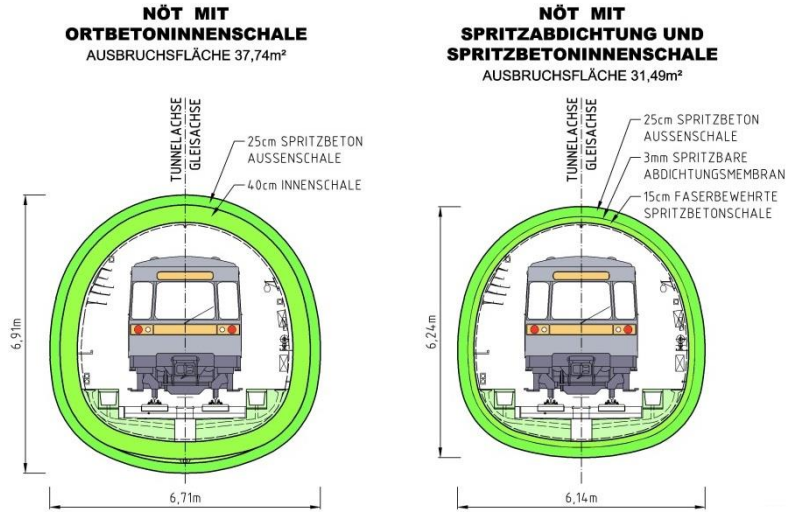


Abbildung 2: Regelquerschnitt Streckentunnel

7 Probeweise Anwendung im Rahmen der Baulose U1/9 und U1/10

Um Erfahrungen mit dem neuen Konzept der Hohlraumauskleidung gewinnen zu können, haben sich die Wiener Linien in Zusammenarbeit mit den bauausführenden Firmen und PlanerInnen entschlossen, dieses probeweise in den Schwallquerschlägen der Baulose U1/9 und U1/10 unter Einbeziehung der vorangehend beschriebenen Anforderungen und Erkenntnisse umzusetzen.

Die Baulose U1/9 und U1/10 bieten dafür auch günstige Rahmenbedingungen, da diese Tunnelröhren in sehr gering durchlässigen Böden (aber unterhalb des Bemessungswasserspiegels) liegen und Wasserzutritte nur in Form von Schichtwasser auftreten. Außerdem sind in diesen Querschlägen eventuell erforderliche Instandsetzungsarbeiten ohne Störung des Bahnbetriebes möglich. Zur Sicherheit wird ausreichend Freiraum gelassen, sodass im schlimmsten Fall nachträglich der Einbau einer, wenn auch etwas dünneren, Ortbetoninnenschale noch möglich ist. Darüber hinaus sind bei den nicht befahrenen Querschlägen kurzer Längen keine gesonderten Vorkehrungen zur elektrischen Trennung bzw. Durchverbindung erforderlich.

Insgesamt sind es 4 Querschläge (2 in jedem Baulos), welche gemäß dem neuen Konzept zur Hohlraumauskleidung ausgestattet werden, wobei diese bewusst nicht exakt gleich an beiden Baulosen ausgeführt werden, um einen besseren Gesamteindruck zu gewinnen.

Die Details dazu können der zugehörigen Abbildung entnommen werden.

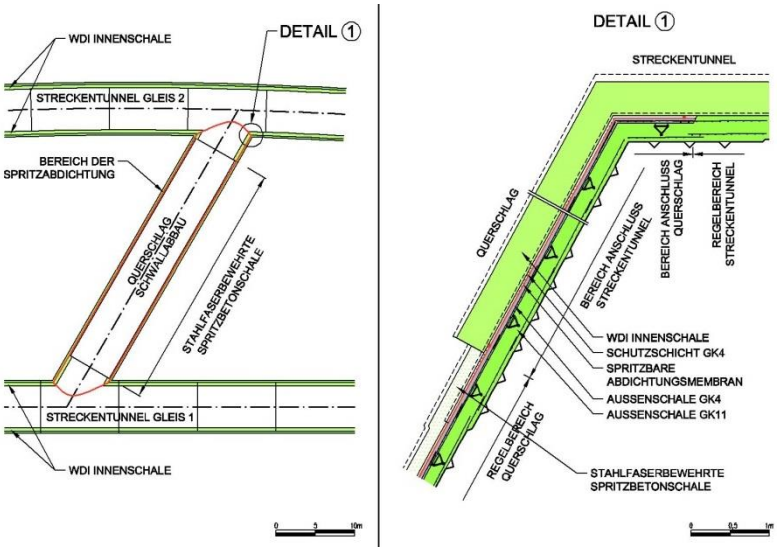


Abbildung 3: Schwallquerschlag

8 Schlussbemerkung

Die erfolgreiche Umsetzung dieses neuen Konzeptes zur Hohlraumauskleidung von Streckenröhren brächte nicht nur eine Erhöhung der wirtschaftlichen Konkurrenzfähigkeit der NÖT bei gleichzeitig kürzerer Bauzeit, sondern ist auch in Kombination von Schildvortrieben und NÖT-Vortrieben kurzer Längen, wie Querschlägen, Lüftungstunnel u. dgl. eine kostengünstige Alternative zum derzeitigen Konzept des zweischaligen Ausbaus. In einem ersten Schritt wird dieses Konzept nun unter günstigen Rahmenbedingungen umgesetzt, um Erfahrungen zu gewinnen, inwieweit und unter welchen Voraussetzungen dieses auch bei Streckentunneln angewandt werden kann.

Dipl.-Ing. Thomas Herzfeld

Dipl.-Ing. (FH) Christoph Black

Innerstädtische Vortriebssicherung durch DSV-Schirm – besondere Herausforderung in bindigen Böden

Dipl.-Ing. Thomas Herzfeld
Magistrat der Stadt Wien, MA 29 – Brückenbau und Grundbau
Wilhelminenstraße 93
A-1160 Wien
www.wien.gv.at/verkehr/brueckenbau

Dipl.-Ing. (FH) Christoph Black
Züblin Spezialtiefbau Ges.m.b.H.
Donau-City-Straße 9
A-1220 Wien
www.zueblin.at

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung 99
1.1 Bauvorhaben 99
1.2 Geologie und Hydrogeologie 100
2 Planung und Konstruktion 102
3 Ausführung 104
3.1 DSV von Obertage 104
3.2 DSV-Schirm Untertage 105
3.3 Besondere Herausforderungen 108
4 Fazit 111
5 Literaturverzeichnis 111

Innerstädtische Vortriebssicherung durch DSV-Schirm – besondere Herausforderung in bindigen Böden

1 Einführung

Die Herstellung von Säulen im Düsenstrahlverfahren (DSV) stellt in feinkörnigen Böden (im gegenständlichen Projekt handelt es sich um Lösse bzw. Lösslehme) eine besondere Herausforderung dar. Bekanntermaßen handelt es sich nämlich bei dem oben genannten Untergrund nicht um den „optimalen" Zuschlagstoff für die Herstellung von DSV-Säulen, sodass nur ein mehr oder weniger vollständiger Austausch des anstehenden Untergrundes (sandige, schwach tonige Schluffe) zum gewünschten Säulendurchmesser führt. Weiters kann es bei feinkörnigen Böden und insbesondere bei den hier vorliegenden feinschichtigen Wechsellagerungen von Löss- und Lösslehmschichten zu unerwünschten Hebungen kommen.

Nur mit einer optimalen Anpassung des Düsvorganges an den angetroffenen Baugrund und einer genauen Überwachung können unverträgliche Hebungen für die darüber liegende Bebauung vermieden werden.

1.1 Bauvorhaben

Der nördlichste Abschnitt der Verlängerung der U1 nach Oberlaa, der Bauabschnitt U1/10 „Troststraße", befindet sich im innerstädtischen und dicht verbauten Gebiet.

Nach der bestehenden Abstell- und Wendeanlage am Reumannplatz steigt die Trasse mit bis zu 33 ‰ parallel mit dem ansteigenden Gelände. Die beiden eingleisigen Streckenröhren (Ausbruchsquerschnitt: ca. 37 m²) werden dabei im zyklischen Vortrieb nach dem Prinzip der Neuen Österreichischen Tunnelbaumethode mit einer Überdeckung von ca. 10 m bis 18 m, teilweise unter der gründerzeitlichen Bebauung, aufgefahren.

Die beiden Schächte in der Klausenburger Straße und in der Troststraße werden in offener Bauweise zweischalig in Deckelbauweise mit aufgelösten Bohrpfählen als Baugrubensicherung und wasserundurchlässiger Stahlbetoninnenschale hergestellt.

Ebenso wird der direkt unter der Favoritenstraße befindliche Stationstunnel des Gleises 1 in offener Bauweise errichtet, sodass bei einem Achsabstand der Stationstunnel von bis zu 30 m eine gegenseitige Beeinflussung der Vortriebe aus Setzungen zufolge Spannungsumlagerungen vermieden werden konnte.

Um die gesamte Infrastruktur (durchgehende Lifte und Fahrtreppen) im Schacht „Klausenburger Straße“ unterzubringen, musste jedoch das Gleis 2 Richtung Westen unter die Bebauung verschwenkt werden, sodass die Errichtung der Station „Troststraße“ nur in geschlossener Bauweise (Ausbruchsquerschnitt: ca. 79 m²) möglich war. Zum Schutz der darüberliegenden Bebauung wurden daher umfangreiche Untersuchungen durchgeführt und ein Vortrieb unter einem horizontal DSV-Schirm, aufgelagert auf vertikale DSV-Säulen als setzungsmindernde Bauweise ausgewählt (siehe Kapitel 2).

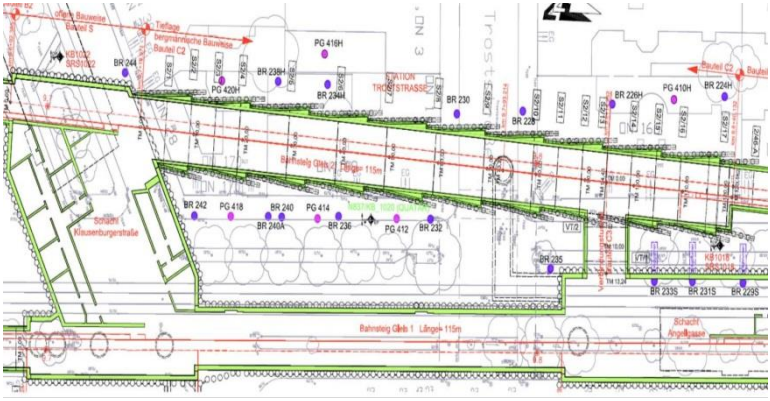


Abbildung 1: Übersicht Gleis 2 (Bereich der DSV-Maßnahmen)

1.2 Geologie und Hydrogeologie

Die Station Troststraße befindet sich am nördlichen Abhang des Laaerberges im Bereich des Wiener Beckens. Vom Hangenden zum Liegenden folgen unterhalb den Anschüttungen Löss- und Lösslehmschichten,

darunter pleistozäne Donauterrassenschotter der Arsenalterrasse und schließlich die miozänen Ablagerungen des Wiener Beckens in Form von schwach tonigen Schluffen des Mittelpannons (Miozän), die bereichsweise sandig sind.

Die Lösse und Lösslehme sind angeschwemmte bzw. vom Laaerberg abgerutschte und abgetragene Sedimente, die aufgearbeitet und wieder abgelagert wurden, wobei die Sedimentabfolge regellos ist. Stellenweise wechseln lageweise Lösslehmschichten (Schluff, gering sandig) mit Lössschichten (Sand, gering schluffig) im dm- bis cm-Bereich. Die Konsistenz reicht von weich bis fest und die Lagerungsdichte kann von locker bis dicht angesprochen werden.

Abbildung 2: Feine Wechsellagerungen von Lössen und Lösslehmschichten

Die Stationstunnel befinden sich fast vollständig in den Lössen und Lösslehmen. Erst ca. 1 bis 2 m unterhalb der Aushubsohle der Tunnelröhren stehen im Stationsbereich die tragfähigen Terrassenschotter an.

Aufbauend auf den durchgeführten Laboruntersuchungen wird darauf hingewiesen, dass die Lösse und Lösslehme ein ungünstiges Lastabtragungs- und Verformungsverhalten aufweisen.

Ein durchgehender freier Grundwasserkörper findet sich erst in den tief liegenden Arsenalterrassenschottern und ist daher für das Bauvorha-

ben von untergeordneter Bedeutung. Hang- und Schichtwässer können dagegen in den oberflächennahen Lösslehmen, vor allem in den gering schluffigen Sandschichten auftreten. Die Ergiebigkeit der Hangwässer ist jedoch im Allgemeinen gering und vom Niederschlag abhängig.

2 Planung und Konstruktion

Im innerstädtischen Hohlraumbau sind die zulässigen Tangentenneigungen der Gebäude (= Differenzsetzungen) sowohl bei Setzungen als auch Hebungen ein entscheidendes Kriterium für die Wahl der Vortriebsmethode. Da die Bebauung vorwiegend aus der Gründerzeit (ca. 19. Jahrhundert) stammt, ist diese größtenteils unzureichend gegründet. Die Herstellung der Stationsschächte und -tunnel im Bereich der Lösse und Lösslehme hat daher entsprechend setzungsarm (zulässige Tangentenneigung = 1:750) zu erfolgen.

Die ersten Untersuchungen zeigten, dass bei den Vortrieben der beiden Stationstunnel im Gegensatz zu den kleineren Streckentunneln die geforderten Tangentenneigungen ohne setzungsmindernde Maßnahmen nicht eingehalten werden können. Mit 3D-FE-Berechnungen wurden weitere Vortriebsvarianten simuliert:

- Ulmenstollenvortrieb
- Vortrieb unter Rohrschirm
- Vortrieb unter DSV-Schirm horizontal
- Vortrieb im Schutze einer temporären Bodenvereisung
- Vortrieb unter DSV-Schirm horizontal, aufgelagert auf vertikale DSV-Säulen

Für die Lösse und Lösslehme wurde das Hardening Soil Modell unter Berücksichtigung von small-strain stiffness (HSS) verwendet. Dadurch konnten nicht nur die unterschiedlichen Steifigkeiten für Be- und Entlastung, sondern auch die Tiefenabhängigkeit des E-Moduls berücksichtigt werden.

Bei den Varianten Ulmenstollenvortrieb, Vortrieb unter Rohrschirm und Vortrieb unter einem horizontalen DSV-Schirm konnte die maximal zulässige Tangentenneigung der Setzungsmulde von 1:750 rechnerisch

nicht eingehalten werden. Bei einem Vortrieb im Schutze einer Bodenvereisung wurden Neigungen der Setzungsmulden um 1:700 ermittelt. Diese Variante wurde jedoch verworfen, da aufgrund der schichtwasserführenden Feinsande und Grobschluffe in den Lössen die Gefahr von Eislinsenbildung und damit von Hebungen besteht, sodass beim Auftauen wieder mit Setzungen zu rechnen wäre.

Es wurde daher die Variante mit einem horizontalen DSV-Schirm und vertikalen DSV-Säulen zur Ausführung ausgewählt. Die horizontalen DSV-Schirme, die als Voraussicherung für den Ausbruch dienen, werden auf vorweg von Obertage hergestellten vertikalen DSV-Säulen aufgelagert, um die Kräfte in die unter den Lössen anstehenden tragfähigen Kiesschichten abzutragen. Für diese Variante wurden rechnerische Neigungen der Setzungsmulde von ca. 1:1000 prognostiziert.

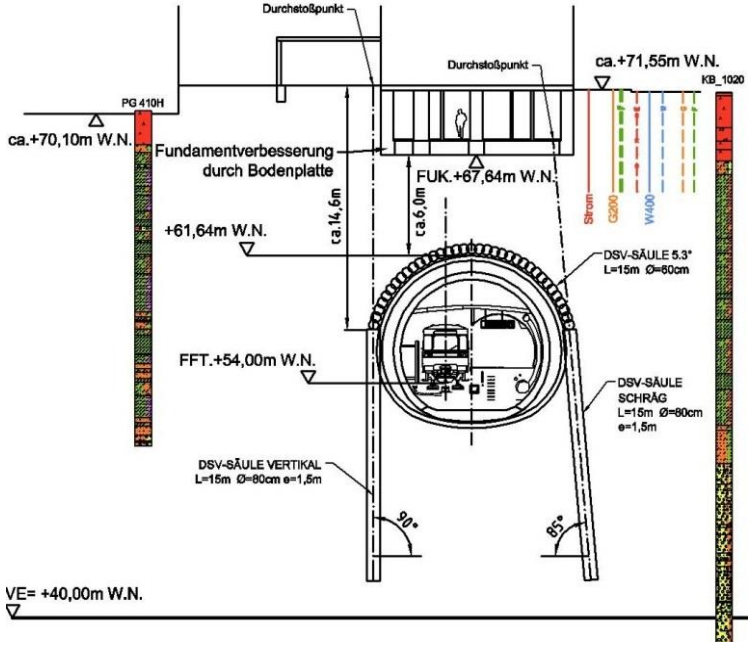


Abbildung 3: Querschnitt durch die Station Troststraße mit Bohrprofilen

3 Ausführung

3.1 DSV von Obertage

Für die vertikalen Säulen mit einem Durchmesser von 80 cm war eine Mindestdruckfestigkeit von 5 N/mm² gefordert, wobei die Düsparameter anhand von Probesäulen vorab getestet wurden.

Im Sommer 2012 wurden in ca. drei Monaten Bauzeit die vertikalen DSV-Säulen hergestellt. Ausgeführt wurden rund 4.200 Laufmeter Bohrung und 1.900 Laufmeter Düssäulen. Knapp 70 % der Säulen mussten aus den teils sehr engen Kellern der Häuser heraus hergestellt werden, wobei Bohrtiefen bis 22 m erreicht wurden.

Abbildung 4: DSV-Herstellung aus dem Keller heraus

Für die Herstellung der Auflagerfuge zwischen dem Schirm und der Vertikalsäule war die Bohrabweichung vertraglich auf 1 % der Bohrlochtiefe begrenzt.

Die vorgefundene Einbautensituation im Straßenbereich und die Lage von tragenden Hauswänden war eine zusätzliche Herausforderung, da

etliche Ansatzpunkte verschoben und die Säulen schräg abgeteuft werden mussten.

Durch die eingesetzte Bohrtechnik konnte diese Anforderung aber zum größten Teil erfüllt werden.

Der Nachweis über die tatsächlich erzielte Lage der Säulenoberkante wurde über die Bohrloch-Vermessung jeder Säule (mittels System „Jean Lutz“) und einer Darstellung im 3D-Modell geführt.

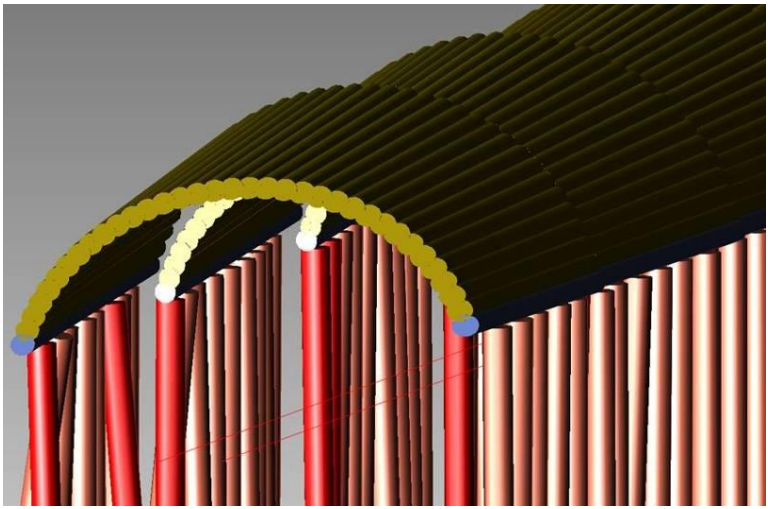


Abbildung 5: 3D-Darstellung DSV-Obertage und DSV-Schirm

3.2 DSV-Schirm Untertage

Der geplante Umfang der Maßnahme lag bei 11 Schirmen mit je 35 Stück Säulen DM 60 zu je 14,8 m Düslänge und 5,5° Neigung nach oben. Weiters waren sechs Stück Ortsbrustsäulen mit je 14,8 m Düslänge ausgeschrieben.

Die Herstellung des horizontalen DSV-Schirms erfolgte von November 2013 bis April 2014, ausgehend vom 22 m tiefen Bohrpfahlschacht „Klausenburger Straße“.

Abbildung 6: Düsen der Ortsbrustsäule (Schirm 1) aus dem Schacht heraus

Nach Herstellung eines Schirms wurden jeweils 12 m Vortrieb durchgeführt und für die DSV-Arbeiten am nächsten Schirm die Ortsbrust mit bewehrtem Spritzbeton (d = 20 cm) gesichert.

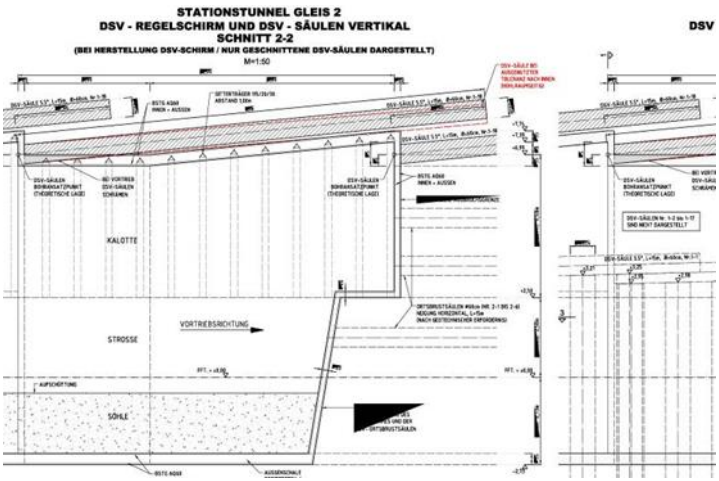


Abbildung 7: DSV-Schirm – Längsschnitt

Die Geräteausstattung für einen horizontalen DSV-Schirm unterscheidet sich kaum von einer „herkömmlichen“ DSV-Baustelle, d.h. Ausstattung mit Silo, Mischanlage, Hochdruckpumpe.

Lediglich das Bohrgerät muss zum Horizontalbohren geeignet sein. Auch muss der Nettovorschub der Lafette ausreichend lang sein, um die Schirmsäulen in einem Zuge herstellen zu können. Am Baulos U1/10 kam eine elektrisch betriebene Casagrande PG185 mit Lafettenlänge von 22,5 m und Nettovorschub von 16,0 m zum Einsatz.

Platzbedingt und logistisch war es nicht möglich, die DSV-Anlage am Schachttiefsten aufzustellen. Aufgrund der Wohnbebauung und des erforderlichen Durchlaufbetriebs (Wochenend- und Nachtarbeit) wurde die DSV-Anlage komplett eingehaust und mit Schalldämmplatten isoliert.

Das Ein- und Ausheben des Bohrgeräts in den Schacht unter laufendem Betrieb des Tunnelbaus funktionierte reibungslos, ebenso das erforderliche Verpumpen der Rücklaufsuspension vom Schachtboden an die Geländeoberfläche.

Abbildung 8: Einheben des Horizontalbohrgerät

Die sechs Ortsbrustsäulen des ersten Schirms wurden als Probesäulen mit drei Parametervariationen ausgeführt.

Besonderes Augenmerk lag auf der Festigkeitsentwicklung der Säulen, da der Vortrieb erst ab einer Festigkeit von 3 N/mm² beginnen durfte. Die Festigkeitsentwicklung wurde über Rücklaufproben nachvollzogen und anhand von Kernproben kalibriert. Durch den nahezu vollständigen Bodenaustausch aufgrund der Düsparameter und aufgrund des verwendeten Zements CEM I 52,5R konnte der Vortrieb bereits nach 24 h wieder aufgenommen werden.

Der erste Schirm wurde zur Sicherheit und bis zum Vorliegen der ersten in situ-Prüfergebnisse mit den Parametern der Probesäulen gedüst, die auf der sicheren Seite lagen. Die weiteren Schirme wurden anhand der guten Ergebnisse der Probesäulen mit den mittleren der drei untersuchten Parameter gedüst.

Der Vortrieb und DSV-Schirm wurden durch umfangreiche Vermessungsarbeiten begleitet, um auftretende Bewegungen (Hebungen und Setzungen) rechtzeitig erkennen zu können. Messarbeiten wurden durch ein ständiges Monitoring des Bauherrn (ausgeführt durch Büro VSP, inkl. SMS-Frühwarnung), die MA 41 (Obertage), die Firma Geodata (Untertage) und den Spezialtiefbau selbst (Untertage, Kellerüberwachung) ausgeführt.

3.3 Besondere Herausforderungen

Der anstehende Löss- bzw. Lösslehm erwies sich während des Düsvorganges als sehr empfindlich hinsichtlich Hebungen an der Oberfläche und Verformungen an der Ortsbrust, was auf einen starken Druckaufbau im Gebirge zurückzuführen ist.

Einige Male kam es zu Suspensionszutritten in Kellern der Bebauung (bis zu 1 m³ Suspension), und zum „Aufreißen“ des Bodens durch die Düsarbeiten. Weiters kam es zu Hebungen bis maximal 15 mm an der Oberfläche und Verschiebungen der Ortsbrust (mehrere Zentimeter) einschließlich Rissbildung.

Abbildung 9: Risse an Ortsbrust und „Frack“ im Vortrieb

Im Zuge des Vortriebes konnten vereinzelt auch weitläufige suspensionsgefüllte Risse (= „Fracks“) deutlich erkannt werden.

Obwohl die Ereignisse an sich nicht gänzlich unerwartet eintraten, waren deren Ausmaß und Auftreten doch überraschend.

In Folge wurde eine Kombination unterschiedlicher Gegenmaßnahmen gesetzt:

- Verdichten der Messintervalle und des Messpunktnetzes für alle Messsysteme
- Systematische Entlastungsbohrungen im Schirmbereich
- punktuelle Entlastungsbohrungen im Brustbereich (bis zu 9 Stück mit Längen bis 15 m)
- Anpassen der Düsparameter
- Verkürzung der Sekundärsäulen um 50 bis 80 cm (Verminderung des Druckes auf die Ortsbrust)
- Einsatz von Ortsbrustankern mit 12 m Länge anstelle von DSV-Ortsbrustsäulen
- Vortrieb unter Ausbruch von bis zu sieben Teilflächen
- personelle Dauerbesetzung der betroffenen Keller (Funkgerät, Nivelliergerät, Rissmarken)
- Adaptierung des Alarmplans und regelmäßige Nachevaluierung durch die Mannschaften
- Unterbrechung der Arbeiten bis zu 12 h bei kritischen Situationen
- Begehung mit Fachplaner und Prüfstatiker

- Vorsichtiges Nachjustieren der Warn- und Alarmwerte aufgrund von Erfahrungswerten

Abbildung 10: DSV-Gerät im Tunnel während der Düsarbeiten

Abbildung 11: Ansicht der Ortsbrust mit den Entlastungsbohrungen

4 Fazit

Horizontale DSV-Arbeiten in feinkörnigen Böden, vor allem unterhalb bewegungsempfindlicher Bausubstanz, erfordern von Anfang an einen konsequenten Alarmplan bezüglich eventuell auftretender Ereignisse und Verantwortlichkeiten („WAS machen WIR, WENN …“) sowie die klare und offene Kommunikation aller Beteiligten.

Abgesehen davon ist eine eingespielte und sensible Mannschaft „im Loch“, die aufmerksam Veränderungen im Rücklaufverhalten, am Datenschreiber und an den Messinstrumenten beobachtet und rasch und richtig reagiert, ein Muss.

Aufgrund sehr guter Kommunikation zwischen allen Beteiligten und kurzen Entscheidungswegen konnten die erforderlichen Maßnahmen jeweils kurzfristig umgesetzt und das Projektziel im Vortrieb „U1/10 Troststraße“ sicher und ohne Schäden erreicht werden.

5 Literaturverzeichnis

[1] MA 18 – Stadtentwicklung und Stadtplanung: Generelles Projekt U1 Süd, Reumannplatz-Rothneusiedl; Wien; 2008

[2] Wiener Linien GmbH & Co KG: Ausschreibungsprojekt U-Bahn-Linie U1, Bauabschnitt U1/10 „Troststraße“; Wien; 2011

[3] C. Suchmann, T. Herzfeld, A. Leitner, I. Gartner: Linie U1 Wien, Baulos U1/10 „Troststraße“ – Geotechnische Planung der Stationsschächte und -tunnel; eingereicht für XV Danube - European Conference on Geotechnical Engineering (DECGE 2014); Wien; 2014

Mag.[a] Dr.[in] Christine Jawecki

Dipl.-Ing. Franz Krepper

NÖT-Vortrieb unterhalb schwer prognostizierbarer Anschüttungen beim U-Bahn-Abschnitt U1/8

Mag.[a] Dr.[in] Christine Jawecki,
Dipl.-Ing. Franz Krepper
Magistrat der Stadt Wien, MA 29 – Brückenbau und Grundbau
Wilhelminenstraße 93
A-1160 Wien
www.wien.gv.at/verkehr/brueckenbau

Inhaltsverzeichnis

1 Allgemeines und Einführung 115
1.1 Bauvorhaben 115
1.2 Historische Vorgeschichte des Baugrundes 116
1.3 Geologie und Hydrogeologie 117
2 Entwurfs- und Ausschreibungsphase 118
2.1 Entwurfsabänderung nach Bohrungen 118
2.2 Tunnelbautechnisches Konzept der Ausschreibung 119
2.3 Unsicherheiten in der Prognose 120
3 NÖT-Vortrieb in der Ausführung 120
3.1 Regelvortrieb (laut Rahmenplan) 120
3.2 Vortrieb im Schutze von Rohrschirmen 121
3.3 Prognoseänderungen durch Erkundungen 121
3.4 Anfahren der Anschüttungen im Tunnel-Gleis 1 122
3.5 Sondermaßnahmen 124
4 Schlussbemerkungen 125
5 Literaturverzeichnis 125

NÖT-Vortrieb unterhalb schwer prognostizierbarer Anschüttungen beim U-Bahn-Abschnitt U1/8

1 Allgemeines und Einführung

Jeder Baugrund bei Großbauvorhaben im innerstädtischen Bereich weist zwei konträre Merkmale auf: Einerseits ist er ein Produkt natürlicher geologischer Prozesse, die bis in die rezente Zeit reichen, und somit „natürlich gewachsen". Andererseits ist er aber auch durch Menschenhand „historisch gewachsen". Infolge der vergleichsweise jungen menschlichen Abbau- und Wiederverfülltätigkeit im Bereich ehemaliger Ziegelgruben kann der Baugrund in seiner vertikalen und lateralen Ausdehnung nicht mehr eindeutig prognostiziert werden, da aussagekräftige Unterlagen fehlen und Erkundungsbohrungen grundsätzlich nur stichprobenartigen Charakter haben. Die Planung und Ausführung der U-Bahn-Tunnel der U1-Süd-Verlängerung sind hierzu ein gutes Beispiel, da trotz gewissenhafter Erkundung stets neue Erkenntnisse zum Ausmaß und zur Qualität von Ziegelgruben-Verfüllungen zu Tage getreten sind und darauf in mehrfacher Hinsicht geotechnisch reagiert werden musste.

1.1 Bauvorhaben

Der U-Bahn-Abschnitt U1/8 erstreckt sich entlang der Favoritenstraße im 10. Wiener Gemeindebezirk vom so genannten „Hansson-Zentrum" bis zum Laabergbad. Er umfasst das ca. 230 m lange Stationsgebäude „Alaudagasse" im Süden, 2 getrennte Streckenröhren mit je 350 m Länge und einen ca. 85 m langen und ca. 23 m tiefen Weichenschacht im Norden. Die Schachtbauwerke wurden in offener Deckelbauweise mit aufgelösten Bohrpfahlwänden errichtet, die beiden Tunnel mit einem Ausbruchsquerschnitt von ca. 38 m² jeweils vom Stationsschacht aus in der Neuen Österreichischen Tunnelbaumethode im Jahr 2013 aufgefahren. Die Überdeckung lag dabei nur bei ca. 6 bis 14 m.

1.2 Historische Vorgeschichte des Baugrundes

Wie aus historischen Karten und teilweise Luftbildern aus dem 20. Jahrhundert noch zu erkennen, wurden die tonig-schluffigen Sedimente am Südhang des Laaerbergs ebenso wie die des Wienerbergs im 19. und bis Mitte des 20. Jahrhunderts intensiv zur Ziegelproduktion genutzt. Die weitläufigen Abbaugebiete (Ziegelgruben) lagen in unmittelbarer Nähe zu den Verarbeitungsstätten (Ziegelöfen) und wurden teilweise erst in den 1960er Jahren verfüllt.

Abbildung 1: Historische Randbedingungen des Bauabschnittes U1/8

Abbildung 1 zeigt einen Auszug aus dem Baugrundkataster der Stadt Wien, woraus ersichtlich ist, dass die U-Bahn-Trasse genau im Randbereich einer grün dargestellten Fläche trassiert ist, die an dieser Stelle ein Abbaugebiet und einen Standort eines Ziegelwerks ausweist. Ebenso tangieren die beiden Tunnel und der Weichenschacht die gelb dargestellte Verdachtsfläche „10.25 Laaerberg“, die als Folgenutzung der Ziegelgruben unterhalb des Volksparks Laaerberg eine „Deponie unbekannten Inhalts“ vermuten lässt.

1.3 Geologie und Hydrogeologie

Das Gebiet des Laaerberges ist geologisch dem Wiener Becken zuzuordnen, wobei die feinkörnigen miozänen Sedimente örtlich von quartären Ablagerungen überdeckt sind. Letztere bestehen im Projektgebiet aus geringmächtigen kolluvialen Hanglehmen und Lösslehmen, die die miozänen Ablagerungen des mittleren Pannoniums (tonige Schluffe mit einzelnen Feinsand- und Grobschluff-Lagen) überdecken. Im Bereich des Ziegelabbau-Gebietes wurden die natürlichen Schichten in ihrer Zusammensetzung und Abfolge diskontinuierlich durch unterschiedlich mächtige Anschüttungen aus Bauschutt, Abraum und diversen anderen Verfüllungen (z.B. Hausmüll, Schlacken etc.) ersetzt, was die Prognose des räumlichen Gebirgsverlaufs erschwert. Gering ergiebiges Grundwasser tritt schichtgebunden in den Anschüttungen und den Deckschichten (als Schicht- und Sickerwasser) sowie den grobschluffigsandigen mittelpannonen Schichten (in gespannter Form) auf. Folgende Gebirgsarten wurden nach der „Richtlinie für die geotechnische Planung von Untertagebauten mit zyklischem Vortrieb, 2008“ definiert:

- Gebirgsart I: Anschüttungen
- Gebirgsart II: Hang-, Lösslehme, Kolluvium (Deckschichten)
- Gebirgsart III: Miozäne Schluff/Tone (mit Feinsandlagen)
    - Gebirgsart IIIa: oberflächennahe miozäne Schluffe/Tone geringerer Steifigkeit (Einfluss von oberflächennahen Wässern und Verwitterung)
    - Gebirgsart IIIb: miozäne Schluffe/Tone höherer Steifigkeit

Das abzubauende Gebirge ist vorwiegend der Gebirgsart (GA) IIIb und – wie nachfolgend beschrieben – in geringem Ausmaß auch GA I zuzuordnen. Die Anschüttungen (GA I) bestehen in den oberen Bereichen aus anthropogenem Material (Hausmüll, Schutt, …), das schwarz und übelriechend ist. Darunter folgt Abraum (d.h. unverwertetes, wieder eingebautes natürliches Material, nur untergeordnet verunreinigt). Die Anschüttungen sind nicht nur aufgrund ihrer Zusammensetzung, sondern auch aufgrund ihrer Konsistenz und Struktur vom gewachsenen Boden unterscheidbar.

2 Entwurfs- und Ausschreibungsphase

2.1 Entwurfsabänderung nach Bohrungen

Im Zuge der Erstellung des Generellen Projektes für die U1-Süd-Verlängerung wurde bereits im Jahr 2008 erkannt, dass für eine zuverlässige Trassierung der U-Bahn-Tunnel im gewachsenen Untergrund durch den Nahbereich zur Ziegelgrube und Verdachtsfläche nähere Erkundungen notwendig sind. Die im Abstand von 40 bis 50 m jeweils paarweise angeordneten Rammkernbohrungen zeigten mit Ausnahme des Erkundungspaares KB 5/6 mehrheitlich tiefere Anschüttungen bei den östlichen Bohrungen, so dass von einer Böschung der ehemaligen Grube entlang der Favoritenstraße ausgegangen werden musste. Wie aus Abbildung 2 ersichtlich, wurden beide Tunnel in der Folge um ca. 3 bis 4 m tiefer gelegt, um nicht in die aus unterschiedlichsten Bestandteilen (Blöcke, Kies, Sand, Schluff, Ziegelbruchstücke, Mauerwerksteile, Schlacken, Papier, Glas, Holz, Metallteile usw.) bestehende und teilweise schwarze Grubenverfüllung mit hohem Verbruch-Risiko einfahren zu müssen.

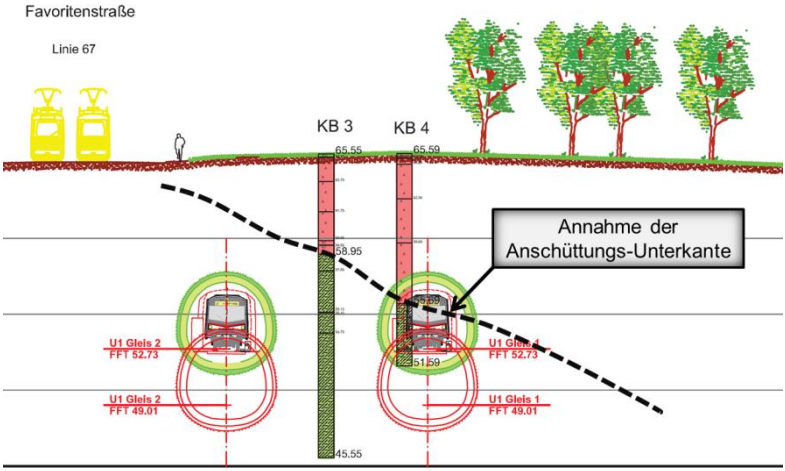


Abbildung 2: Änderung der Tiefenlage durch Erkundung der Verdachtsfläche

2.2 Tunnelbautechnisches Konzept der Ausschreibung

Ergänzt um die Ergebnisse der im Jahr 2009 ausgeführten, projektspezifischen Untergrunderkundung und eines aufwändigen Langzeitpumpversuches zur Beschreibung schwer zu entspannender Grobschluff-Schichten im Jahr 2010 ergaben sich folgende geotechnische Planungsgrundsätze für die beiden Tunnelvortriebe:

- Annahme einer Mindestüberdeckung zur Anschüttungs-Unterkante von 2,0 m
- „Absicherung“ unsicherer Prognose-Bereiche (siehe Kapitel 1.3) mit Zusatzmaßnahmen:
  - Vortrieb im Schutze von Rohrschirm-Feldern (RS)
  - Detailfestlegungen der Rohrschirme (genaue Lage, Umfang) durch weitere Detailerkundungen in der Bauphase
  - dazu Nutzung des Ziegelgruben-abgewandten Tunnels (Gleis 2) als Pilotstollen
- Obertage-Vorausentspannung der wasserführenden Grobschluff-Schichten bis unter die Tunnelsohle mit Vakuum-Brunnenfeld (Abstand 20-30 m) und Restentwässerung von Untertage
- Ausbruch der Tunnelröhren in mehreren Teilflächen mit Abschlägen von 1,0 m bei 2-3 m vorauseilender Kalotte und raschem Sohlschluss
- Ortsbrustversiegelung mit Spritzbeton
- Voraussicherung der Firste mit (Rohr-)Spießen außerhalb der Rohrschirm-Strecken

Als Orientierungswerte für die Detail-Ausbaufestlegungen wurden auf Basis numerischer Simulationen unter Berücksichtigung der Oberflächensituation und des Gebäudebestandes diverse Verformungs-Kriterien für 2 Systemverhaltenstypen (mit/ohne RS) sowohl Untertage als auch Obertage im Rahmen eines geotechnischen Sicherheitsmanagements mit Warn- und Alarmwerten festgelegt. Dabei wurde im ungünstigsten Fall von Oberflächensetzungen von ca. 2-3 cm bei Auffahren eines Tunnels ausgegangen.

2.3 Unsicherheiten in der Prognose

Obwohl ein direktes Anfahren der Anschüttungen auf Basis der vorliegenden Erkundungsbohrungen in der Ausschreibungsphase nicht unbedingt zu erwarten war, bestand eine gewisse Unsicherheit, dass zwischen den im Mittel 30 bis 50 m voneinander entfernten Bohrungen durchaus Vertiefungen der Anschüttungen auftreten könnten. Dies begründete sich vor allem darauf, dass in zwei Erkundungs-Bereichen (bei KB 1085 und den Verdachtsflächen-Zwillingsbohrungen KB 3/4) sowohl eine gewisse Nähe (ca. 2 m) der aufgeschlossenen Anschüttungsunterkante zum Tunnel festgestellt wurde, und dass dort beträchtliche Schwankungen in der Anschüttungsmächtigkeit im Vergleich zu den benachbarten Bohrungen bestanden.

3 NÖT-Vortrieb in der Ausführung

3.1 Regelvortrieb (laut Rahmenplan)

Das Auffahren des Streckentunnels in jenen Bereichen, in denen mit einem gesicherten „Dach“ der Gebirgsart IIIa und IIIb (gewachsener Untergrund) gerechnet werden konnte, wurde mit geringfügigen Variationen der Firstsicherung (gerammte Voll- oder Rohrspieße) mit 1m-Abschlägen von 3 Teilflächen (inkl. Stützkern) in der Kalotte und 2 Teilflächen in der Strosse bewerkstelligt, wobei das Abstandskriterium zwischen der Kalotten-Ortsbrust und der Sohle zwischen 2 und 4 m lag (kurzer Ringschluss). Eine zweilagig bewehrte Spritzbeton-Außenschale in der Stärke von 25 cm und eine temporäre 5 cm-Spritzbeton-Versiegelung der Ortsbrust waren weitere Ausbaugrundsätze.

Die laufend durch Pegelablesungen verifizierten Ergebnisse des Probetriebs der Grundwasserentspannung führten noch rechtzeitig vor dem Vortriebsbeginn im Juni 2013 zu einer Verdichtung des Brunnenrasters von rund 25 auf 40 Vakuumbrunnen, so dass der gesamte Tunnelquerschnitt problemlos entspannt werden konnte und später nur noch wenige drucklose Restwässer, die sich in lokalen Tiefpunkten der reliefartig ausgeprägten Anschüttungsunterkante angesammelt hatten, abgeschlaucht werden mussten. Maßnahmen zur Beseitigung von

drückenden Wässern von Untertage (z.B. durch Vakuumlanzen) fielen nicht mehr an.

3.2 Vortrieb im Schutze von Rohrschirmen

Im Nahbereich erwarteter Anschüttungen und Inhomogenitäten wurden zunächst durch sägezahnartige Aufweitungen Ansatzmöglichkeiten für 20 m lange Rohrschirme geschaffen. Von der gewölbeartig mit 20 cm Spritzbeton vollflächig versiegelten Ortsbrust aus wurden anschließend ca. 30 Stück gelochte Stahlfutterrohre ∅ 139,7 mm im Spülbohrverfahren mit (verlorenen) Warzenbohrkronen ∅ 142 mm schirmartig im First- und Kämpferbereich eingebracht und mit einer Zementsuspension kraftschlüssig verpresst. Der Ausbruch im Schutze des Rohrschirms erfolgte analog zum Regelvortrieb (siehe Kapitel 2.1) auf eine Länge von 15 m ebenfalls mit einer Aufweitung, so dass weitere Rohrschirme angeschlossen werden konnten. Insgesamt wurden auf diese Art und Weise 3 Rohrschirmfelder hergestellt, die unterschiedliche Gesamtlängen von 2 bis 4 Rohrschirm-Abschnitten aufwiesen.

3.3 Prognoseänderungen durch Erkundungen

Nach Auswertung der im Rammkernbohrverfahren abgeteuften Brunnenbohrungen zeigte sich bereits ein wesentlich verfeinertes Prognosemodell, was die Anschüttungs-Unterkante betraf, und erhöhte somit die Planungssicherheit. Nur die Brunnenbohrung BR 29/T seitlich des ziegelgrubenseitigen Gleis 1-Tunnels passte überhaupt nicht in das Prognosemodell. In einem Abstand von nur ca. 8 m zu einer Aufschlussbohrung wurde nämlich eine um ca. 6 m (!) tiefere Anschüttungs-Unterkante aufgeschlossen. Die untersten 5 Schüttmeter dieser Bohrung bestanden aus sehr feinkörnig-bodenähnlich aufgebauten Schichtfolgen mit schwarz und weiß marmorierten Einsprengungen und Ziegelstaub an der Basis und einer auffällig weichen Konsistenz, so dass davon ausgegangen werden konnte, dass es sich um Abraummaterial aus dem Ziegelgrubenabbau handelt, das zeitnah zu den Abbaumaßnahmen in künstliche Vertiefungen (Erkundungsschürfe?) eingebaut wurde. Dies bedeutete jedoch auch, dass bei ca. TM 275 die Anschüttung mindestens bis auf den Kalottenfuß in den Tunnelquerschnitt hinein reichen könnte. Um den genauen Umfang des damit unvermeid-

lich gewordenen Anfahrens von Anschüttung näher zu erkunden, wurden weitere Rammkernbohrungen im näheren Umkreis abgeteuft und auf Basis dieser Ergebnisse das dort bereits vorgesehene Rohrschirmfeld nach Süden hin erweitert und damit lagemäßig so optimiert, dass der gesamte zu erwartende Abbau der Anschüttung im Schutze von insgesamt 4 Rohrschirmfeldern (von TM 245 bis TM 305) erfolgen sollte.

3.4 Anfahren der Anschüttungen im Tunnel-Gleis 1

Ende November 2013 wurden im Zuge der Herstellung des 1. Rohrschirmes bei TM 245 Ziegelbruchstücke und sogar schwärzliche Färbungen des Spülgutes am rechten Kämpfer registriert. Außerdem strömten aus zwei Bohrungen vor dem Verpressen kontinuierlich Wässer aus, die ebenfalls auf eine Senke hindeuteten, die sich mit oberflächennahen Restwässern gefüllt haben musste.

Die Hoffnung auf eine ausreichende Tragfähigkeit des Rohrschirms erfüllte sich zunächst nur teilweise, da sehr inhomogene Bettungsverhältnisse des Rohrschirms in der Firste dazu führten, dass einzelne Rohre nicht plangemäß bis zur Endteufe niedergebracht werden konnten und sich außerdem der Schirm in seiner Gesamtheit etwas absenkte. Letztere Tatsache war vor allem daran zu erkennen, dass in der nächsten Bohransatzfläche für den 2. Rohrschirm nur mehr ein verminderter Arbeitsraum bei TM 260 zur Verfügung stand.

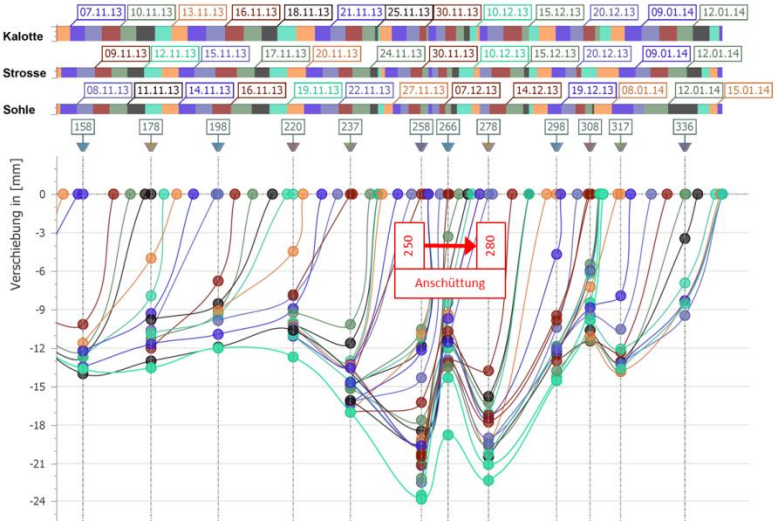


Abbildung 3: Zustandsliniendiagramm der Firstpunkte entlang Tunnel-Gleis 1

Außerdem zeigten die Konvergenzmesspunkte im Messquerschnitt bei TM 258 ein sehr inhomogenes Verformungsbild Untertage mit stärkeren Vertikal- und Horizontalverformungen der Spritzbeton-Außenschale (siehe Abbildung 3). Diese traten vor allem in der rechten Ulme auf, was in Folge der dort stärkeren Anschüttungsmächtigkeiten (siehe Abbildung 4) durchaus erklärbar war.

Auch an der Oberfläche wirkten sich das Anfahren der Anschüttungen und die Baumaßnahmen (Rohrschirme, Abschlauchung von Restwässern, Tunnelausbruch mit entsprechenden Spannungsumlagerungen) wesentlich aus. Hier kam es in unmittelbarer Nähe zu einer Transportwasserleitung zu größeren Setzungen im Ausmaß von über 10 cm, so dass in Absprache mit den Wiener Wasserwerken die betroffene Transportleitung aus Sicherheitsgründen zeitweise außer Betrieb genommen wurde.

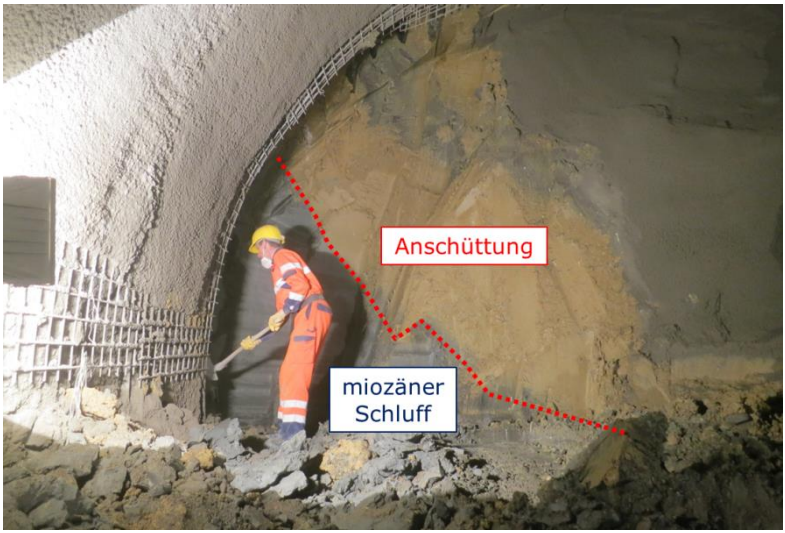


Abbildung 4: Grenzfläche der Anschüttung in der Ortsbrust bei TM 259

3.5 Sondermaßnahmen

Als unmittelbare Folge der oben beschriebenen Verformungen wurde eine Sitzung mit sämtlichen Beteiligten einberufen und die Situation intensiv diskutiert. Dabei einigte man sich einvernehmlich unter Ausnützung der kurzfristig zur Verfügung stehenden Mittel und der räumlich beengten Verhältnisse unter anderem auf folgende Maßnahmen:

- Ansteilen der nächsten Rohrschirmbohrungen
- Kalottenfußverbreiterung auf mind. 55 cm
- Temporäres Spritzbeton-Kalottensohlgewölbe von 10 cm
- Verstärkung der Ortsbrustsicherung auf 10 cm mit Bewehrung
- Intensivierung der Beobachtung an zusätzlichen Konvergenzmessbolzen

Durch diese Maßnahmen, deren Wirksamkeit unter Berücksichtigung der geänderten Untergrundsituation planerseits rechnerisch nachgewiesen wurde, kam es zu einem raschen Abklingen der Verformungen sowohl Untertage als auch Obertage, so dass der Vortrieb Mitte Jänner 2014 erfolgreich abgeschlossen werden konnte.

4 Schlussbemerkungen

Die Bewältigung der gegebenen Herausforderung durch die schwer prognostizierbaren Anschüttungen zeigt einmal mehr den großen Vorteil der Flexibilität der Neuen Österreichischen Tunnelbaumethode: Durch das rasche Reagieren auf das geänderte Systemverhalten des Verbundsystems Ausbau-Baugrund konnten durch Analyse der Ursachen zielgerichtete Maßnahmen ergriffen werden. Auch der Einfluss einer projektangepassten Erkundung des Untergrunds – in diesem Fall der Verdachtsfläche Laaerberg – war ein entscheidender Faktor, da hierbei schon zu einem relativ frühen Zeitpunkt Risiken im Tunnelbau reduziert werden konnten.

5 Literaturverzeichnis

[1] MA 29 – Brückenbau und Grundbau: Baugrundkataster

[2] Geologische Bundesanstalt: Geologische Karte 1:50.000, Blatt 59 Wien; Wien; 1985

[3] MA 29 – Brückenbau und Grundbau: Wandern durch die Zeiten, Geologischer Wanderführer von Wien; Hrsg. Eduard Winter; Wien; 2009

[4] MA 18 – Stadtentwicklung und Stadtplanung: Generelles Projekt U1 Süd, Reumannplatz-Rothneusiedl; Wien; 2008

[5] Wiener Linien GmbH & Co KG: Ausschreibungsprojekt U-Bahn-Linie U1, Bauabschnitt U1/8 „Alaudagasse“; Wien; 2011

[6] Österreichische Gesellschaft für Geomechanik: Richtlinie für die geotechnische Planung von Untertagebauten mit zyklischem Vortrieb; 2. Auflage; Salzburg; 2008

Dipl.-Ing. Alexander Wersonig

Cloud in the tunnel –
Einsatz von Cloud-Computing im Tunnelbau

Dipl.-Ing. Alexander Wersonig
Xperte - IT- & Organisationsberatung
Oberwaltersdorferstraße 7
A-2512 Tribuswinkel
www.Xperte.at

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 129
2 Entwicklung 129
2.1 EDV auf der Baustelle 129
2.2 Outsourcing als Lösung 130
2.3 Internet als Lösung 131
3 Cloud-Serviceleistungen 132
3.1 Applikationen 132
3.2 Dokumenten- und Planablage 132
3.3 Mail-Provider 133
3.4 Server 133
3.5 Speicher 133
4 Sicherheit 134
4.1 Ausfallsicherheit 134
4.2 Datensicherheit 134
5 Nutzen für die Tunnelbaustelle 135
6 Zusammenfassung 135

Cloud in the tunnel – Einsatz von Cloud-Computing im Tunnelbau

1 Einleitung

Der Begriff Cloud im Kontext Cloud-Computing geistert durch die Medien und stellt für viele einen sehr abstrakten Begriff dar, wenn man sich nicht gerade in einem englischsprachigen Ausland befindet und der Himmel bewölkt ist.

Ich möchte diesen Nebel des Unwissens lichten und die Wolke entzaubern. Was steckt wirklich hinter dem Begriff Cloud-Computing? Inwieweit betrifft er mein Bauprojekt? Macht es Sinn, sich überhaupt im Tunnelbau damit auseinanderzusetzen, oder ist es sowieso nur Aufgabe der jeweiligen IT-Abteilung, sich mit diesem neumodischen Zeug zu beschäftigen?

2 Entwicklung

Wolken im Tunnelbau kommen im klassischen Sprengvortrieb vor und als ausgebildeter Sprengbefugter möchte ich Ihnen versichern, dass diese Wolke, von der ich hier erzählen möchte, nicht giftig ist, aber dennoch einige Risiken beinhaltet, vor allem, wenn es sich um die Sicherheit der Daten handelt. Aber bevor ich auf dieses Detail eingehe, möchte ich die Idee hinter Cloud-Computing erläutern und die praktische Einsatzmöglichkeit im Tunnelbau aufzeigen.

2.1 EDV auf der Baustelle

In den Anfängen der computerunterstützten Baustellenabwicklung waren die Baubüros mit wenigen einzeln stehenden PCs versorgt. Der Datenaustausch erfolgte mittels Disketten und die wichtigste Schnittstelle war ein funktionierender Drucker, der die Kalkulation für jeden Außenstehenden ohne PC leserlich auf Papier bannte. Die Anschaf-

fungspreise jeder einzelnen Arbeitsstation konkurrierten mit jenen von PKWs.

Über die Jahre wurden die Geräte günstiger und damit stieg auch ihre Verbreitung. Der Datenaustausch und die dauerhafte Speicherung stellten weiterhin die größten Herausforderungen dar. Innerhalb der Firmen konnten die Daten sehr bald über lokale Netzwerke auf zentrale Festplatten gespeichert werden. Der finanzielle Aufwand hierfür war aber für die einzelnen Unternehmen erheblich und jeder baute sein eigenes Rechenzentrum auch für die Speicherung der technischen Daten aus. Die Buchhaltung war meist schon auf dem Host, dem Großrechner, vorhanden, der wiederum oft nicht kompatibel mit den Anforderungen der TechnikerInnen zu sein schien. So entstand oft eine parallele Welt für die Abwicklung der Baustellen und Projekte.

Vor ca. 15 Jahren hielt das Internet Einzug in die Bauwelt und ich kann mich noch an eine heftige Diskussion mit einem Vorstand einer noch existierenden Baufirma erinnern, in der es darum ging, einen E-Mail-Zugang für jeden Mitarbeiter / jede Mitarbeiterin einzurichten. Heute besitzt jeder von uns nicht nur eine E-Mail-Adresse, sondern eine Vielzahl. Einige beruflich genutzt, manche privat, von manchen wussten wir nicht und einige liegen bereits bei einem oder mehreren Cloud-Anbietern.

2.2 Outsourcing als Lösung

Der Speicherbedarf in den eigenen Rechenzentren stieg permanent und auch diverse Applikationen forderten immer mehr zentrale Rechenleistung. Die jeweiligen IT-Abteilungen hatten immer die Vorgabe, das Budget zu reduzieren, aber dennoch den Ausbauhunger der operativ Tätigen zu stillen. Als Lösung für diesen gordischen Knoten kam man in der letzten Dekade auf die Idee, die IT einfach outzusourcen. „Das soll jemand erledigen, dessen Kerngeschäft es ist!“ so der O-Ton. „Wir sind eine Baufirma, die Tunnel baut.“ Natürlich hat man dies durch hübsche „Return On Investment“-Charts untermauert und unabhängige BeraterInnen haben dies schöngerechnet. Die Idee war und ist es, definierte Serviceleistungen von DienstleisterInnen einzufordern. Dies kann der Betrieb des zentralen Rechenzentrums bis hin zur Servicierung der Endgeräte am jeweiligen Arbeitsplatz sein. Externe DienstleisterInnen springen in die Rolle der hauseigenen IT-Abteilung und versuchen, mit

Hilfe von Standardisierungen und Rationalisierungen Kosten einzusparen. Das outgesourcte Rechenzentrum ist aber immer noch klar jeder einzelnen Firma zugeordnet. Die Erfahrung hat gezeigt, dass in der bereits knapp kalkulierenden Bauindustrie mit ihren kurzfristigen Installationen auf Baustellen, bei denen Tunnelbauvorhaben bereits zu den längeren Bauvorhaben zählen, kaum Einsparungspotential für ein Outsourcing-Projekt besteht.

Die Baufirmen, die dieses Experiment durchgeführt haben, lernten auch einen neuen Begriff kennen, nämlich jenen der „Schatten-IT" – Personen, die als TechnikerInnen engagiert wurden und den fehlenden IT-Service vor Ort kompensierten, der mangels Definition nicht vom Outsourcing-Partner übernommen wurde, ebenso wie Randthemen, die von der hauseigenen IT ursprünglich einfach mitbetreut wurden. Ebenso distanzieren sich Outsourcing-Partner sehr rasch von den flexiblen Baustellen. Diese können in der Regel nicht kostendeckend für den Outsourcing-Partner betrieben werden und damit bleiben sie auf der Strecke.

Erweiterungen der Rechen- und Speicherkapazität bei einem Outsourcing-Modell bedeuten aber auch in diesem Fall die Investition in neue Server und Speichereinheiten. Der Outsourcing-Partner wird versuchen, nur das allernotwendigste und vertraglich definierte zu investieren, damit sein Gewinn in der kalkulierten Bandbreite bleibt. Auf der anderen Seite wächst die Unzufriedenheit beim Kunden, in unserem Fall der Baufirma und ihren MitarbeiterInnen, wenn den Anforderungen nur mit einem Mindestmaß nachgekommen wird.

Outsourcing hat aber einen positiven Nebeneffekt. Um Leistungen einem externen Dienstleister übergeben zu können, müssen diese und damit verbunden auch die geforderte Qualität definiert werden. Als „Service-Levels" bezeichnet man die Verfügbarkeit beziehungsweise die maximalen Ausfallzeiten.

2.3 Internet als Lösung

Mit den immer besser werdenden Verbindungen ins Internet und gleichzeitig der laufend günstiger werdenden Server haben einige Firmen begonnen, ihre überschüssige Rechen- und Speicherkapazität als Geschäftsmodell anzubieten. So war das Rechenzentrum von Ama-

zon, einem großen Onlinehandelsunternehmen, auf das Spitzengeschäft vor Weihnachten ausgelegt gewesen. Das restliche Jahr über wurde es nur zu etwa 10 % genutzt. Damit war klar, man könnte Server und Speicher einfach vermieten. Andere internationale Anbieter sind diesem Modell gefolgt und so gibt es heute einige sogenannte Cloud-Anbieter. Die bei uns bekanntesten sind neben Amazon Google und Microsoft. Neben diesen internationalen gibt es aber auch lokale, österreichische Cloud-Anbieter.

3 Cloud-Serviceleistungen

Was bietet ein Cloud-Anbieter konkret an, welche Serviceleistungen können generell bezogen werden?

3.1 Applikationen

Dies können Applikationen sein für Textverarbeitung, Tabellenkalkulation, Präsentationserstellung oder Bildbearbeitung. Diese sind in einer Grundfunktionalität meist kostenlos. Benötigt man mehr, kann man dies oft einfach kostenpflichtig dazu schalten. Dieser Service kann auch zeitlich befristet werden und wird entsprechend zeitlich begrenzt verrechnet.

3.2 Dokumenten- und Planablage

In diesem Bereich gibt es ebenfalls mehrere Anbieter, die ein Dokumenten- und Planmanagement auf einer bereitgestellten Plattform ermöglichen. Aufgrund der komplexeren Strukturen und den oft geforderten automatisierten Ablaufprozessen ist hier eine monatliche Preisbasis sinnvoll. Über diese Plattform kann man bequem alle Projektbeteiligten zusammenschalten, ohne lokale Firmenzugriffsbeschränkungen zu gefährden.

3.3 Mail-Provider

Einige Serviceanbieter bieten kostenlose E-Mail-Adressen an. Diese können zusätzlich zu den Mailprogrammen auch über werbefinanzierte Internetseiten abgefragt werden. Zusätzlicher Speicherbedarf oder weitere Dienstleistungen können kostenpflichtig ergänzt werden.

3.4 Server

Neben den standardisierten Diensten und Programmen kann man sich bei manchen Anbietern auch seine individuelle Serverfarm zusammenstellen. Dies ist im Spielesektor schon weitverbreitet und 10-jährige Kids agieren als ServeradministratorInnen. Die notwendigen Anleitungen hierfür finden sie auf YouTube, ebenfalls eine erfolgreiche Cloud-Applikation.

Im professionellen Bereich kann man Datenbankserver, Applikationsserver und Webserver mieten. Diese kann man dann bequem zu einer Serverfarm zusammenstellen und über geeignete Schnittstellen mit dem hauseigenen Rechenzentrum koppeln, sodass eine nahtlose Erweiterung des Rechenbedarfs jederzeit möglich ist. Abgerechnet wird je Minute und nur das, was wirklich verwendet wird. Mit dieser Methode lassen sich sehr günstig Spitzen abdecken, ohne das eigene Rechenzentrum auf das notwendige Spitzenmaß hochrüsten zu müssen.

3.5 Speicher

Kostenlos erhält man von einem zentralen Speicher, der von jedem Endgerät mit Internetverbindung erreichbar, 5 bis 50 GB Speicherplatz. Wer mehr braucht, mietet kostenpflichtig seinen Bedarf. Bekannte Vertreter hierfür sind DropBox oder Mega neben den bereits erwähnten Anbietern. Oft ist auch mit dem Erwerb eines Mobiltelefons bereits ein zentraler Datenspeicher inkludiert. Hier werden vorsorglich, meist ohne aktives Zutun der AnwenderInnen, alle Telefondaten in die Cloud gesichert. Wo diese dann konkret liegen, entzieht sich meist der Kenntnis der AnwenderInnen. Bei Verlust des Telefons und Neubeschaffung eines vergleichbaren Ersatzgerätes finden sich dann kurz nach der Authentifizierung alle Daten wieder auf dem zuvor noch jungfräulichen Gerät wieder.

Die oben genannten Lösungen stellen nur einen Ausschnitt der gängigsten und für unsere Fälle relevanten Anwendungen dar. Daneben gibt es zahlreiche weitere und täglich werden es mehr.

4 Sicherheit

4.1 Ausfallsicherheit

Ein Cloud-Anbieter hat in der Regel nicht nur ein Rechenzentrum, welches er vermarktet, sondern mehrere an verschiedenen Standorten. Diese erscheinen den AnwenderInnen als eine homogene Plattform. Die Daten und Inhalte werden aber im Hintergrund zwischen den einzelnen Rechenzentren gesichert und gespiegelt. Wo sich nun genau jedes einzelne Datenpaket aufhält, lässt sich nicht genau feststellen. So können öffentliche Inhalte neben gut gesicherten privaten Inhalten auf einer physischen Festplatte abgelegt sein. Der Zugriff darauf erfolgt aber immer über strenge Zugriffs- und Sicherheitsmechanismen.

Aufgrund dieser dezentralen und verteilten Struktur der Cloud-Anbieter können diese Ausfallsrisiken minimieren und eine hohe Verfügbarkeit garantieren. Eine wesentliche Schwachstelle bleibt aber in jedem Fall bestehen – man braucht eine gute Verbindung ins Internet. Wenn diese nicht vorhanden ist, erreicht man auch das beste Rechenzentrum nicht, auch nicht das hauseigene der Stammfirma.

4.2 Datensicherheit

Die Aufdeckungen der letzten Jahre haben neue Betätigungsfelder der Geheimdienste offenkundig gemacht. Das Vermeiden des unbefugten Mitlesens erfordert eine geeignete Strategie, weil auch alle Kommunikationskanäle einer laufenden Kontrolle der Behörden unterliegen und ein Großteil der Informationen von MitarbeiterInnen ohne ihr aktives Zutun freiwillig publiziert wird. Die Nachrichtendienste müssen gar nicht den aufwändigen Weg in eine abgesicherte Cloud-Lösung beschreiten, sondern überwachen einfach den „öffentlichen“ Kommunikationsverkehr via Handy oder per E-Mail. So erfahren sie Standortda-

ten mittels GPS, Telefonaten, SMS, E-Mails, Fotos und Social-Network-Einträgen.

5 Nutzen für die Tunnelbaustelle

Die Projekte im Tunnelbau werden meistens nicht von einer Firma im Alleingang ausgeführt und somit stellt auch die IT-Ausstattung eine Insellösung für jede der beteiligten Firmen dar. Man möchte gemeinsam arbeiten, soll aber die Sicherheitsrichtlinien der jeweiligen Stammhäuser einhalten. Neben der Ausführungsmannschaft gibt es noch eine Vielzahl weiterer Projektbeteiligter die in den Ausführungsprozess transparent eingebunden werden sollen.

Es gilt, für einen relativ kurzen Zeitraum eine komplett eigenständige Infrastruktur auf die grüne Wiese zu stellen, die dem Bedarf während der Realisierung entspricht, und am Bauende die relevanten Daten den Projektbeteiligten in geeigneter Form zu übergeben.

Hier bieten sich Cloud-Services als Lösung an, da sie dynamisch auf Zeit gemietet werden können. Sie können sogar dem tatsächlichen Bedarf im zeitlichen Verlauf exakt angepasst werden. Als Herausforderung hierbei ist auch die richtige Wahl aus dem reichhaltigen Angebot zu finden, um am Ende ein optimales Zusammenspiel der Dienste mit den Anforderungen auf der Baustelle gewährleisten zu können. Dabei gibt es keine universelle Empfehlung, sondern es muss in Abstimmung mit den existierenden Lösungen der beteiligten Firmen ein guter Mix der bestehenden Dienste und der geforderten Funktionen gefunden werden, um so den Bedarf entsprechend sinnvoll abzudecken.

6 Zusammenfassung

Jede neue Technik und Lösung beinhaltet immer viele Möglichkeiten, aber auch Risiken. Wichtig beim Einsatz ist das Abwägen der Möglichkeiten, der Chancen mit den Risiken und Gefahren. Mit der geeigneten Kenntnis kann eine optimale Entscheidung getroffen werden, die neben den möglichen Services und den bereitgestellten Service-Levels auch eine günstige Realisierung ermöglicht.

Nachfolgend eine Gegenüberstellung der wesentlichen Punkte als Entscheidungshilfe für Cloud-Computing beziehungsweise für ein eigenes Rechenzentrum. Dies kann sowohl beim nächsten Tunnelbauprojekt als auch bei Überlegungen in der eigenen Stammfirma zur Anwendung gelangen.

Cloud-Computing	**Eigenes Rechenzentrum**
+ Flexibel	- Benötigt Vorlauf
+ Kostengünstig	- Investitionen nicht so fein skalierbar
+ Garantierte Ausfallsicherheit	- Zusätzlicher Aufwand für Ausfallsicherheit
+ Nach Bedarf kurzfristig kündbar	- Investition meist über Baudauer hinausgehend
+ Daten weltweit erreichbar	- Erhöhter Aufwand für weltweite Erreichbarkeit
- Daten liegen außerhalb des Unternehmens	+ Daten liegen im eigenen Rechenzentrum

Alle gebrachten Inhalte basieren auf über 20 Jahren Erfahrung in Baufirmen. In dieser Zeit war ich mit der Konzeption und Betreuung von über 2500 Baustellen in allen Bausparten, im In- und Ausland beschäftigt. Ebenso war ich im Kernverhandlungsteam zum Outsourcing der FCC/ALPINE maßgeblich beteiligt.

Als Unterstützung im Entscheidungsprozess und bei der Implementierung und Umsetzung geeigneter Lösungen im konkreten Bauprojekt stehe ich gerne zur Verfügung.

Dipl.-Ing.
Josef Schmeiser

Dipl.-Ing.
Christian Fuchs

Dipl.-Ing.
Reinhold Theiß

Vereisungsmaßnahmen im innerstädtischen Tiefbau: Spreekanalunterquerung im Zuge der Linie U5 in Berlin

Dipl.-Ing. Josef Schmeiser,
Dipl.-Ing. Christian Fuchs,
Dipl.-Ing. Reinhold Theiß
ISP Ziviltechniker GmbH
Blindengasse 26
A-1080 Wien
www.isp-zt.at

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung 139
1.1 Allgemeines 139
1.2 Geologie, Grundwasser 141
2 Vortrieb der Tunnelröhren 142
2.1 Schildvortrieb mit flüssigkeitsgestützter Ortsbrust 142
3 U-Bahn-Stationen 143
3.1 Station Museumsinsel 143
3.2 Geplante Maßnahmen zur Minimierung von Risken 147
4 Zusammenfassung 147
5 Literaturverzeichnis 148

Vereisungsmaßnahmen im innerstädtischen Tiefbau: Spreekanalunterquerung im Zuge der Linie U5 in Berlin

1 Einführung

1.1 Allgemeines

Für die fehlende Verbindung der U-Bahn-Linie U5 zwischen den Haltestellen Alexanderplatz und Brandenburger Tor ist der Lückenschluss geplant. Die bestehende U-Bahn-Linie U5 in Berlin endet derzeit beim Knoten Alexanderplatz. Mit der neu geplanten Trasse des Lückenschlusses ist vorgesehen, die bestehenden Tunnelanlagen am Berliner Roten Rathaus mit der U-Bahn-Station Brandenburger Tor zu verbinden (Abbildung 1). Im Zuge der Baumaßnahmen der Verkehrsanlagen im zentralen Bereich wurde bereits der Tunnelabschnitt (U-Bahn-Linie U55) vom Hauptbahnhof bis zum Brandenburger Tor erstellt. Über die Verbindung der U55 mit der neu geplanten U5 erhält Berlin-Mitte Anschluss an den Hauptbahnhof.

Das Projekt U5 in Berlin umfasst den Neubau von drei U-Bahn-Stationen und einer verbindenden zweigleisigen Tunneltrasse, die im Schildvortrieb hergestellt wird.

Die Linienführung der Trasse sieht vor, die neue U-Bahn-Linie innerstädtisch in Tieflage von der neu zu erstellenden Station Rotes Rathaus unter der Spree, unterhalb des zukünftigen Neuen Berliner Schlosses und dem Spreekanal entlang der Straße Unter den Linden zur bereits bestehenden U-Bahn-Station Brandenburger Tor zu führen. Die Länge des Lückenschlusses beträgt ca. 2,2 km vom Anschluss an den Bestand östlich der zukünftigen Station Rotes Rathaus bis zum Anschluss an die bestehende U-Bahn-Haltestelle Brandenburger Tor.

Abbildung 1: Lückenschluss U5

Es sind zwei parallele Tunnelröhren mit einer Länge von jeweils ca. 1,6 km geplant (Abbildung 2). Die Tunnel werden von einer Tunnelvortriebsmaschine mit flüssigkeitsgestützter Ortsbrust im Schildvortriebsverfahren hergestellt. Hierbei haben die Unterfahrung der Uferwände der Spree, die Berücksichtigung des Neubaus des zukünftigen Neuen Berliner Schlosses und der Anschluss an die bestehende Station Brandenburger Tor besonderen Einfluss auf die Planung und die Ausführung des Schildvortriebs.

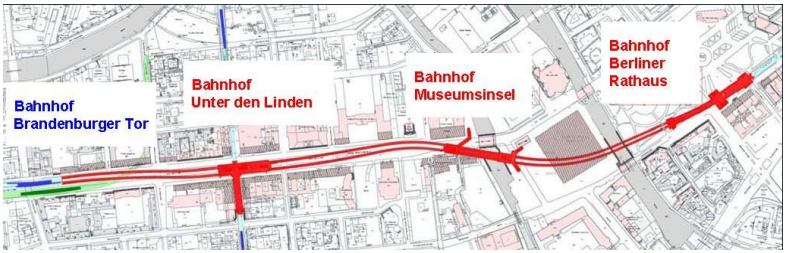


Abbildung 2: Neubaubereich U-Bahn-Linie U5

Es werden drei neue Stationen in offener Bauweise (Deckelbauweise) und eine Station zusätzlich in NÖT-Bauweise hergestellt (Museumsinsel: Unterquerung Spreekanal).

Das U-Bahn-Bauwerk Rotes Rathaus wird in Deckelbauweise in unmittelbarer Nähe zum Berliner Roten Rathaus gebaut. Die Arbeiten beinhalten den Anschluss an die im Betrieb befindenden Tunnelanlagen

(Abstellanlagen) der bereits bestehenden Strecke der Linie U5. Im weiteren Verlauf des U-Bahn-Neubaus ist eine Gleiswechselanlage in offener Bauweise und bereichsweise in Deckelbauweise geplant. Hier ist der Anfahrschacht für die Schildfahrt situiert.

Die Station Museumsinsel befindet sich teilweise unter dem Spreekanal. Die Planung sieht vor, den Bahnsteigbereich von den beiden Schächten aus im Schutze einer Bodenvereisung unter Anwendung horizontaler Bohrungen in NÖT-Bauweise herzustellen.

In der Station Unter den Linden kreuzen sich die bestehende U-Bahn-Linie U6 und die neue U5. Für die Konstruktion des Kreuzungsbauwerkes müssen die bestehenden Tunnel unterirdisch abgerissen und zur Realisierung der Umsteigebeziehungen neu erstellt werden.

Baubeginn war im Frühjahr 2012. 2019 soll die Verbindung zwischen Alexanderplatz und Brandenburger Tor eröffnet werden.

1.2 Geologie, Grundwasser

Berlin Mitte ist durch das ost-westlich verlaufende Berliner Urstromtal geprägt. Es entstand als Teil des Warschau-Berliner Urstromtals am Ende der letzten Eiszeit und ist durch mächtige Sand- und Kiesablagerungen gekennzeichnet, die als Grundwasserspeicher dienen. Lokal werden die Sande von organisch durchsetzten Sanden oder Torf und Mudde mit teilweise großen Mächtigkeiten überlagert. Insbesondere im Bereich zwischen der Spree und dem Spreekanal können oberhalb der Sande anstehende Schichten, bestehend aus Faulschlamm sowie organisch durchsetzten Sanden und Schluffen, bis in den Bereich des Ausbruchquerschnitts des Schildvortriebs hineinreichen.

Im Bereich der Station Museumsinsel ist es erforderlich, die Gründung des Bauwerks bis in die unter den Sanden anzutreffenden Mergelschichten abzuteufen.

Die Ergebnisse der Erkundungen weisen ein wahrscheinliches Antreffen von großen Steinen und Blöcken während der Herstellung der Schlitzwände und während des Schildvortriebs auf. Die sandigen Böden wurden aufgrund ihres Quarzgehaltes als stark abrasiv angesprochen.

Der Grundwasserspiegel liegt im Mittel ca. 3,0 m unter der Geländeoberfläche. Die mächtigen Tal- und Schmelzwassersande bilden im

untersuchten Gebiet und dessen Umgebung einen zusammenhängenden, ergiebigen Grundwasserleiter.

2 Vortrieb der Tunnelröhren

2.1 Schildvortrieb mit flüssigkeitsgestützter Ortsbrust

Die Tunnelvortriebe beginnen im Startschacht in der Gleiswechselanlage und enden unmittelbar vor der Station Brandenburger Tor. Die Tunnel werden im Schildvortrieb mit einer flüssigkeitsgestützten Ortsbrust aufgefahren. Der Innendurchmesser der Tunnelröhren beträgt 5,7 m.

Die Tunnelröhren werden mit Stahlbetontübbings ausgekleidet. Es ist ein Blocktübbingring von 35 cm Dicke vorgesehen. Die Ringbreite wird konisch ausgeführt und beträgt im Mittel 1500 mm (Abbildung 3). Die Dichtung der Tübbingfugen erfolgt mittels eines in einer Nut eingebetteten geschlossenen Elastomerrahmens. Die Dichtung ist auf einen max. Wasserdruck von 3,0 bar zu bemessen. In den Tübbings ist ein Bohrraster vorgesehen, der es ermöglicht, den Ringspalt nachzuinjizieren.

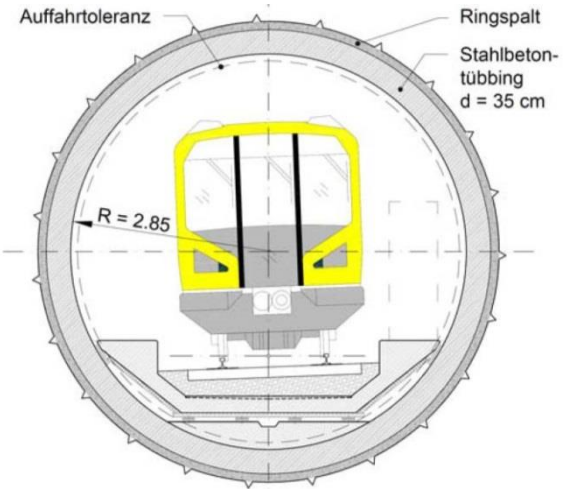


Abbildung 3: Regelquerschnitt

Die Tunnelröhren werden nacheinander aufgefahren. Es ist vorgesehen, zuerst die Tunnelröhre für Gleis 1, danach die Röhre für Gleis 2 vorzutreiben.

Für die Anfahrt ist ein redundantes Dichtungssystem bestehend aus Anfahrtopf mit Lippendichtungen, aufblasbarer Notdichtung sowie aus einem erdseitig vor der Schlitzwand hergestellten Düsenstrahl-Körper (DSV-Körper) vorgesehen.

Die Vortriebe erfolgen nach Herstellung der Baugrubenumschließungen für die Schachtbauwerke und vor dem Lenzen und Aushub der Baugruben. Der Schildvortrieb unterfährt die Spree, den ehemaligen Palast der Republik, auf dessen Gelände das zukünftige Berliner Schloss (Humboldtforum) errichtet wird, den Spreekanal, das Bertelsmann-Gebäude, den Lindentunnel, das Reiterstandbild Friedrich des Großen sowie den S-Bahn-Tunnel der Nord-Süd-Bahn im Bereich Unter den Linden.

3 U-Bahn-Stationen

Es werden drei Stationen und eine Gleiswechselanlage errichtet. Im Folgenden wird die U-Bahn-Haltestelle Museumsinsel näher beschrieben.

3.1 Station Museumsinsel

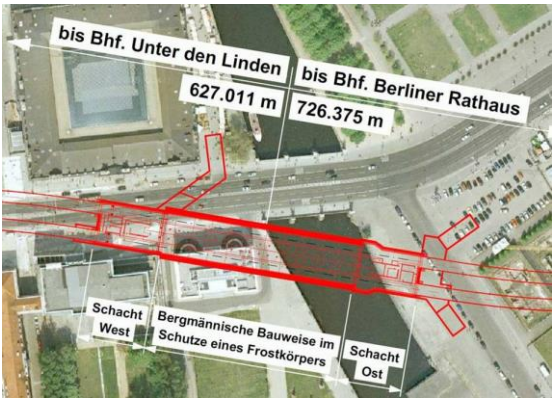


Abbildung 4: Grundriss Museumsinsel

Die Station Museumsinsel (Abbildung 4) beginnt am östlichen Spreekanalufer und endet im Bereich des Kronprinzenpalais. Das Bauwerk besteht aus zwei Schächten, die jeweils an den Stationsenden situiert sind, und dem dazwischen liegenden Tunnelbereich. In diesen Bauteilen sind die zugehörigen Zugänge und Verteilerebenen sowie der Bahnsteig untergebracht. Die Schächte werden in Deckelbauweise mit einer maximalen Schlitzwandlänge von 43,0 m hergestellt.

Die Sohlsicherung der Baugruben wird mittels tiefliegender DSV-Sohlen und darüber liegenden Aussteifungsrosten erfolgen.

Bevor der maschinelle Tunnelvortrieb den Schachtbereich erreicht, werden die Verbauwände der späteren Baugruben für die Schächte in Schlitzwandbauweise erstellt. Die zu durchörternden Baugrubenwände werden für die Durchörterung mit Schildvortriebsmaschine im Bereich des Ausbruchquerschnitts mit GFK-Bewehrung ausgeführt. Vor den Baugrubenwänden werden erdseitig DSV-Körper hergestellt, um eine definierte Abdichtung des Ringspaltes zwischen Tübbing und Schlitzwand mit Ringspaltmörtel zu erzielen.

Die Bahnsteighalle liegt im Bereich des Spreekanals und wird im Schutze eines Frostkörpers in NÖT-Bauweise hergestellt (Abbildungen 5, 6). Die minimale Überdeckung zwischen Frostkörper und Spreekanalsohle beträgt ca. 4,5 m. Der Frostkörper wird mittels horizontaler gesteuerter Bohrungen hergestellt. Hierzu werden von den Schächten Bohrungen mit einer Länge von ca. 85,0 m und ca. 25,0 m ausgeführt. Aufgrund der Stationsgeometrie ist es erforderlich, einen Teil der Bohrungen in ihrer gesamten Länge von einer Seite auszuführen (max. Bohrlänge ca. 105,0 m). Derzeit sind Überlegungen im Gang, alle Bohrungen vom Schacht Ost herzustellen. Die planmäßige statische Dicke des Frostkörpers beträgt 2,50 m.

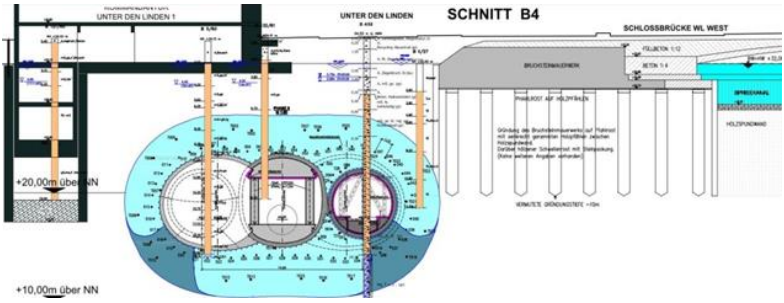


Abbildung 5: Querschnitt ehemalige Kommandatur

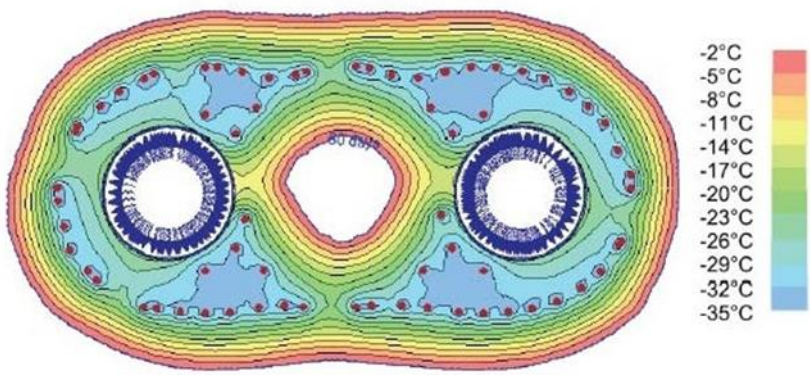


Abbildung 6: Rechnerischer Temperaturverlauf im Frostkörper

Die Bahnsteighalle wird in einem dreizelligen Querschnitt, bestehend aus einem Mittel- und zwei Seitenstollen, ausgebrochen. Der Bauablauf sieht vor, zunächst den Mittelstollen und dann zeitlich versetzt die Seitenstollen in NÖT-Bauweise als Kalottenvortrieb mit unmittelbarem Sohlschluss aufzufahren (Abbildung 7). Der Ausbruch erfolgt mit einer Fräse. Die Stollen werden mit Spritzbeton gesichert. Der Vortrieb der Seitenstollen erfolgt im Zuge einer Querschnittsaufweitung im Bereich der Tübbingröhren. Hierzu sind die Tübbingröhren in Teilflächen abzubrechen und der Ausbruch ist zu sichern. Der Einbau der bewehrten Innenschale im Mittelstollen erfolgt, bevor die Querschnittsaufweitung in den Seitenstollen beginnt. Den Vortrieben in den Seitenstollen nachfolgend, werden die bewehrten Innenschalen in den Seitenstollen hergestellt und mit der Innenschale des Mittelstollens kraftschlüssig

verbunden. Die Dicke der Innenschalen variiert und beträgt mindestens 45 cm.

Herstellungsphasen Tunnelquerschnitt:

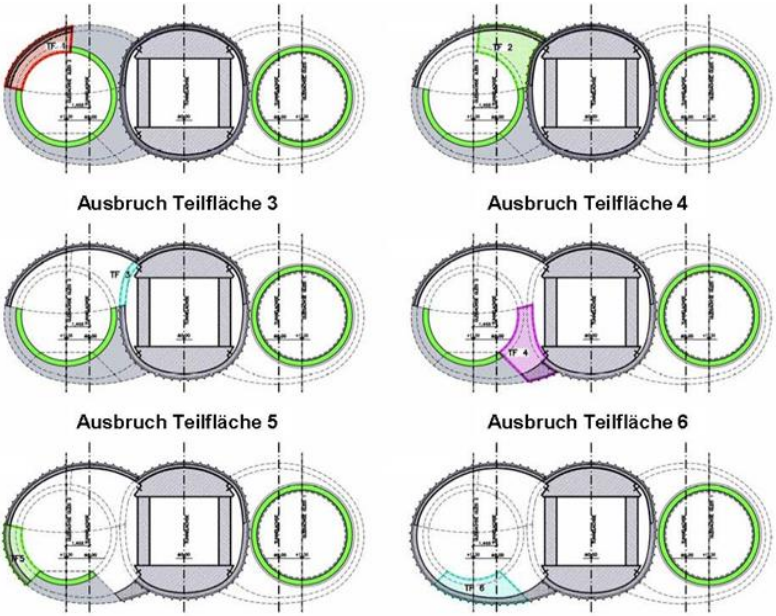


Abbildung 7: Ausbruchsfolge der Teilflächen

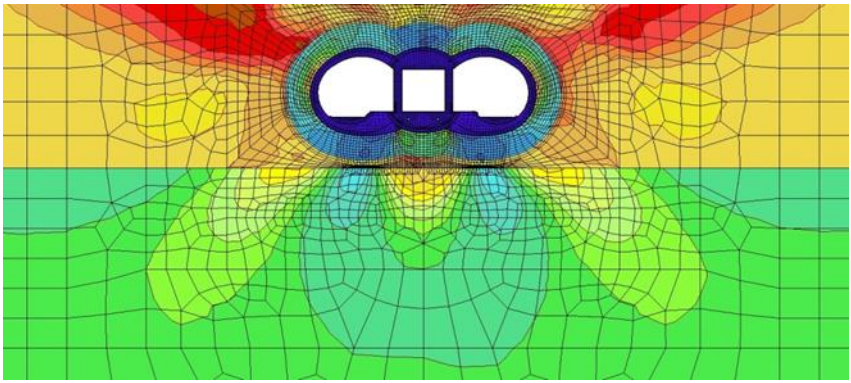


Abbildung 8: Berechnungsmodell

3.2 Geplante Maßnahmen zur Minimierung von Risken

- Schachtbauwerke mit tiefliegender DSV-Dichtsohle zur Minimierung der Gefährdungen durch hydraulischen Grundbruch
- Strenge Anforderungen bei der Herstellung der Schlitzwände (Länge bis ca. 35 m)
- Strenge Anforderungen bei der Herstellung der Dichtkörper und Durchführung von Probelenzungen und messtechnische Überwachung (z.B. Thermische Leckortung)
- Minimierung von provisorischen Aussteifungen (Deckelbauweise) und damit Vermeidung von Umlagerungen, die zu zusätzlichen Setzungen in der Nachbarbebauung führen können.
- Tunnelvortrieb im Schutze einer ringförmigen Vereisung
- Gesteuerte Präzisionsbohrungen zur Minimierung der Bohrabweichungen mit laufender Überwachung
- Probebohrungen vor Baubeginn MUI im Bereich des Startschachts
- Bereitstellung eines Notstromaggregats zur Notfallversorgung der Gefrieraggregate
- Laufende messtechnische Überwachung der Frostkörpergeometrie (Temperaturfühler in Längsrichtung) und radial sowie des Temperaturverlaufs
- Vortriebsarbeiten in vielen Phasen zur Minimierung der Oberflächensetzungen
- Permanente messtechnische Überwachung an der Oberfläche sowie der angrenzenden Bauwerke (Schlossbrücke, Bertelsmann)

4 Zusammenfassung

Beim Lückenschluss der U-Bahn-Linie U5 handelt es sich um ein technisch äußerst anspruchsvolles Bauprojekt. Die Lage der gewählten Gradiente resultiert aus den planerischen Zwangspunkten wie z.B. der

Unterfahrung der Spree und des Spreekanals sowie der angrenzenden Bebauung.

Daher wurde in der Planung ein sehr hohes Sicherheitsniveau in Bezug auf die möglichen geotechnischen Versagensmechanismen umgesetzt, das planerisch eine durchgehende Redundanz der geotechnischen Systeme vorsieht.

Nach einer Bauzeit von bisher rund 2 Jahren zeigt sich, dass die planerischen Vorgaben zur Minimierung der Risken während der Bauarbeiten ein wesentlicher Bestandteil für eine sichere Umsetzung der geplanten Baumaßnahmen sind. Aufgrund der äußerst komplexen Rahmenbedingungen bei der Bauumsetzung und der hochgradig sensiblen geologischen Verhältnisse kommt es immer wieder zu unvorhersehbaren Situationen, die bisher mit dem zur Verfügung stehenden Instrumentarium an messtechnischen Überwachungen und redundanten Systemen bei der Planung sehr gut beherrschbar waren.

Auch weiterhin ist während der zukünftigen Bauausführung an dieser Vorgehensweise durch eine detaillierte Planung und eine enge Zusammenarbeit zwischen Auftraggeber, Planungsbüro und Bauausführenden festzuhalten. Dies ermöglicht eine sichere, termingerechte und kosteneffiziente Umsetzung des Projektes.

5 Literaturverzeichnis

[1] BVG Homepage: Netzübersicht

[2] Planungsgemeinschaft U5 – Berlin (2011): Ausschreibungsplanung

[3] CDM (ab 1996): Baugrundgutachten

Dipl.-Ing. Vincent Winter

Rüttelstopfverdichtung zur Gründung des Stationsgebäudes U2/15

Dipl.-Ing. Vincent Winter
Keller Grundbau GesmbH
Mariahilferstraße 127a
A-1151 Wien
www.kellergrundbau.at

Inhaltsverzeichnis

1 Aufgabenstellung 151

1.1 Gründungskonzept 152

2 Rüttelstopfverfahren trocken mit Materialzugabe von „unten“ gemäß EN 14731 153

3 Herstellung der Rüttelstopfverdichtung 154

3.1 Probebelastungen 155

3.2 Ausführung der Rüttelstopfverdichtung 157

3.3 Qualitätskontrolle 159

4 Literaturverzeichnis 160

Rüttelstopfverdichtung zur Gründung des Stationsgebäudes U2/15

1 Aufgabenstellung

Zur Erschließung des Entwicklungsgebietes Seestadt Aspern mit öffentlichen Verkehrsmitteln wurde von den Wiener Linien eine Anbindung durch die Linie U2 geschaffen. Das im Norden des ehemaligen Flugfeldes angrenzende Baulos war dabei die U2/15 mit der zukünftigen Station „Aspern Nord“

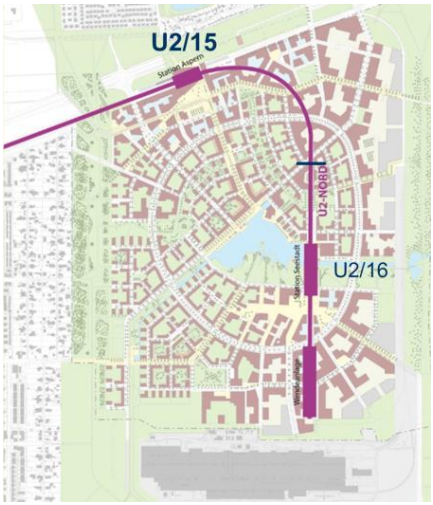


Abbildung 1: Lageübersicht U-Bahn-Trasse und Seestadt Aspern

Im Westen grenzt das Baulos U2/14 an, von wo aus die Trassenführung ca. 2 m über Gelände von Stützmauern gesichert verläuft und dann ins Stationsgebäude mündet. Östlich davon verlässt die Trasse das Stationsgebäude in Niveaulage leicht erhöht, ebenfalls von Stützmauern gestützt, und steigt dann in einem Bogen nach Süden an, um danach in Hochlage in das Baulos U2/16 überzugehen.

1.1 Gründungskonzept

Der unter dem geplanten Bauwerk anstehende Baugrund stellt sich durch quartäre sandige Kiese (Donauschotter) dar, die von Ausedimenten, feinsandigen Schluffen bzw. schluffigen Feinsanden in unterschiedlicher Mächtigkeit überlagert werden. Im westlichen Stationsbereich wurden auch Anschüttungen der „Verdachtsfläche Heidjöchl“ angetroffen.

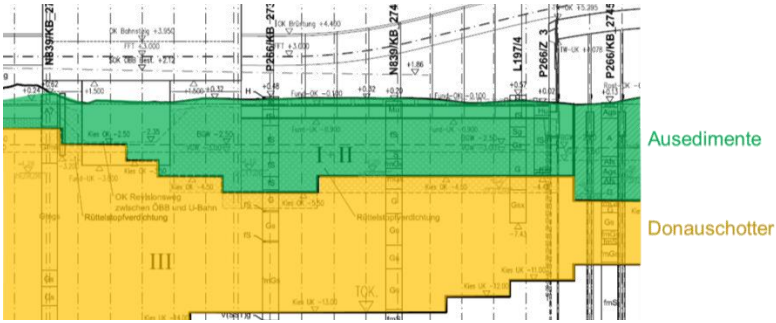


Abbildung 2: Bodenschichtung gemäß Bodenaufschlüssen im Baulos U2/15

Die anstehenden Ausande und Aulehme sind nicht geeignet, die hohen Gebäudelasten setzungsarm abzutragen, weshalb von Seiten des zuständigen Geotechnikers, der MA29, ein Bodentausch, eine Bodenverbesserung oder eine Tieferführung der Lasten in die quartären Kiese empfohlen wurde. Im Bereich des Stationsgebäudes und der westlich davon befindlichen Niveaulage der Trasse war der Auboden so mächtig, dass ein Bodentausch unwirtschaftlich gewesen wäre. So wurde als wirtschaftliche Gründungsmöglichkeit die Flachgründung der betreffenden Gebäudeteile auf einem zuvor verbesserten Baugrund vorgesehen. Im Bereich der anstehenden bindigen Aubodenschichten aus feinsandigem Schluff kam somit eine Bodenverbesserung in Form einer Rüttelstopfverdichtung zur Ausführung, die in die tragfähigen, darunter befindlichen sandigen Kiese eingebunden wurde.

2 Rüttelstopfverfahren trocken mit Materialzugabe von „unten“ gemäß EN 14731

Beim System der Rüttelstopfverdichtung mit dem Schleusenrüttler wird der Rüttler unter Druckluftbeaufschlagung ohne Wasserspülung im Verdrängungsverfahren in den Baugrund versenkt, bis der tragfähige Bodenhorizont erreicht ist. Danach wird im Pilgerschrittverfahren die Rüttelstopfsäule hergestellt, indem der Rüttler gezogen, der entstehende Hohlraum mit Zugabematerial gefüllt und dann der Rüttler wieder versenkt wird. So wird das Zugabematerial, meist Kies der Körnung 16/32 mm, in den umgehenden Baugrund gestopft und die Säule kontinuierlich von unten nach oben aufgebaut.

Während der Herstellung wird das Erreichen des tragfähigen Bodenhorizontes sowie die ausreichende Verdichtung während des Stopfvorganges durch den Gerätefahrer anhand des Ampere-Tiefenschreibers überwacht. So entsteht automatisch im Bereich von Weichschichten (niedrige Ampereaufnahme) ein größerer Säulendurchmesser, da zur Erreichung höherer Amperewerte mehr Kieseinbaumaterial in den Boden gestopft wird.

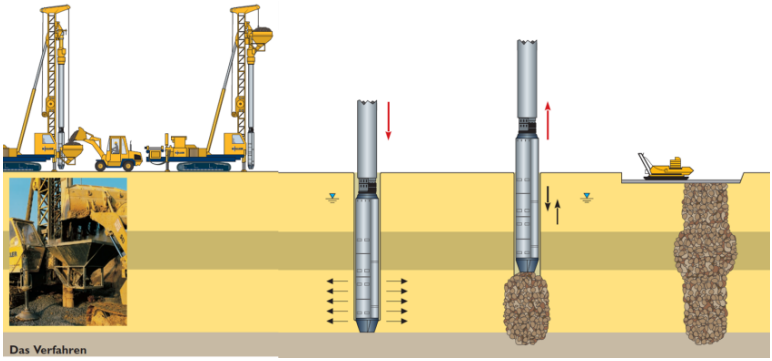


Abbildung 3: Das Rüttelstopfverfahren trocken mit Materialzugabe von „unten“ (Schleusensystem)

3 Herstellung der Rüttelstopfverdichtung

Gemäß dem geotechnischen Bericht und der Ausschreibung der Wiener Linien sollten die Rüttelstopfverdichtungsarbeiten im Bereich der nicht unterkellerten Gebäudebereiche und der östlich davon befindlichen Stützmauern der Trassen-Niveaulage vorgesehen werden.

Durch die Ausführung einer Bodenverbesserung sollten folgende Ziele erreicht werden:

- Gewährleistung eines ausschreibungsgemäß benötigten, flächenhaften Sohldruckwiderstandes von 150 kN/m^2
- Verringerung der Setzungen und Differenzsetzungen
- Rascher Abbau von Porenwasserüberdrücken bei Belastung durch die Drainagewirkung der Rüttelstopfsäulen und somit einhergehender Setzungsbeschleunigung
- ca. 1 m Einbindung der Rüttelstopfsäulen in den tragfähigen, sandigen Kies (Donauschotter)

Lediglich im unterkellerten Bereich des Stationsgebäudes, dessen Gründungssohle bereits in den tragfähigen, sandigen Kiesen zu liegen kommt, war zunächst eine Flachgründung ohne Bodenverbesserung vorgesehen.

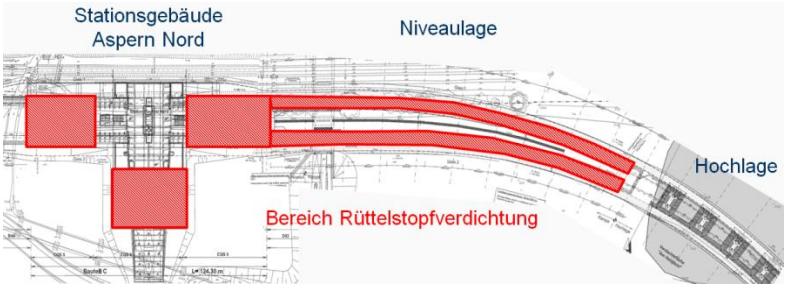


Abbildung 4: Übersicht geplanter Rüttelstopfverdichtungsbereiche

Im Zuge der Erstellung des geotechnischen Berichts wurden im Bereich der Unterkellerung des Stationsgebäudes keinerlei Bodenaufschlüsse gemacht. Deshalb hat man vor Ausführung der Rüttelstopfverdichtung zusätzliche Schürfe und Rammsondierungen ausgeführt, um die tatsächliche Kiesoberkante im Kellerbereich aufzuschließen. Dabei hat sich

gezeigt, dass in der Gründungssohle des Kellers großteils tatsächlich mehrere Meter mächtige Schichten aus feinsandigem Schluff und schluffigem Feinsand (Auboden) anstehen. So wurde auch dort eine Bodenverbesserung vorgesehen.

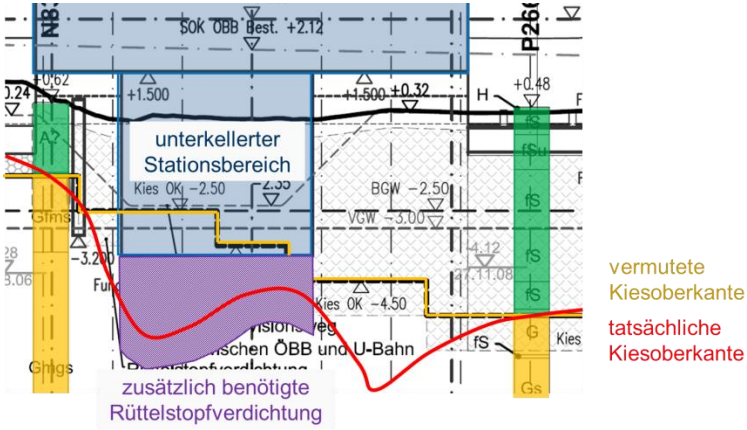


Abbildung 5: zusätzlich benötigte Rüttelstopfverdichtung im unterkellerten Stationsbereich

3.1 Probebelastungen

Der erforderliche Ausführungsraster der Rüttelstopfsäulen sollte vorab durch die Ergebnisse von zwei Großbelastungsversuchen ermittelt werden. Dabei wurde jeder Rüttelstopfsäule gemeinsam mit dem umgebenden, verbesserten Baugrund eine zulässige Last von 300 kN zugeordnet.

Die beiden Belastungsversuche sollten für den Sohldruckwiderstand von 150 kN/m^2 und die maximale Randspannung von 180 kN/m^2 jeweils anhand eines Einzelfundaments mit entsprechender Größe und drei darunter befindlichen Rüttelstopfsäulen ausgeführt werden.

Nachdem jeder Rüttelstopfsäule eine Traglast von 300 kN zugeordnet war und sich damit bei drei Säulen je Belastungsversuch eine Gebrauchslast von 900 kN ergibt, wurden die darüber befindlichen Einzelfundamente für den Versuch mit σ = 150 kN/m^2 mit 6 m^2 Fundament-

fläche und für den Versuch mit σ = 180 kN/m^2 mit 5 m^2 Fundamentfläche hergestellt.

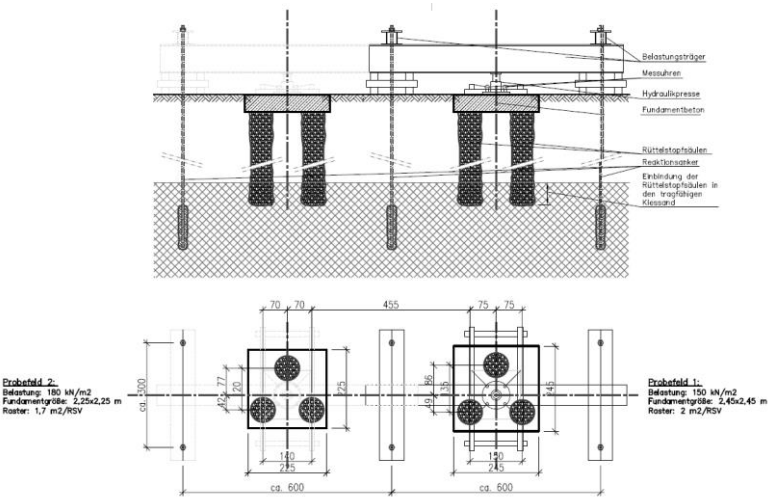


Abbildung 6: Anordnung Belastungsversuche

Nach Ermittlung der Setzungen im Gebrauchslastfall wurden beide Versuche auf eine Höchstlast von 1.800 kN und damit einer Spannung von 300 bzw. 360 kN/m^2 gefahren, um sicher zu stellen, dass es auch bei doppelter Belastung zu keinem Versagen des Systems kommt.

	Gebrauchslast 900 kN (150 kN/m2)	Höchstlast 1.800 kN (300 kN/m2)
Belastungsversuch 1	4,180 mm	10,360 mm

	Gebrauchslast 900 kN (180 kN/m2)	Höchstlast 1.800 kN (360 kN/m2)
Belastungsversuch 2	5,088 mm	13,578 mm

Abbildung 7: Ergebnisse Probebelastungen

3.2 Ausführung der Rüttelstopfverdichtung

Anhand der Ergebnisse der Probebelastungen wurden die Ausführungsraster der verschieden belasteten Bereiche des Stationsgebäudes und der Stützmauern der Trassenniveaulage vom zuständigen Geotechniker, der MA 29, festgelegt und auch so ausgeführt.

Für den Standardbereich mit einer geforderten Sohldruckspannung von 150 kN/m^2 kam ein Raster der Rüttelstopfsäulen von 1,30 x 1,40 m zur Ausführung.

Im unterkellerten Bereich konnte die Entlastung des Baugrundes durch den Aushub berücksichtigt werden, weshalb dort der Ausführungsraster bei einer Sohldruckspannung von 150 kN/m^2 auf 1,70 x 1,70 m aufgeweitet und so Einsparungen für den Bauherrn lukriert werden konnten. Nachdem es im unterkellerten Bereich allerdings auch Sohldruckspannungsbereiche von 250 kN/m^2 gab, wurde dort der Ausführungsraster mit 1,30 x 1,40 m festgelegt.

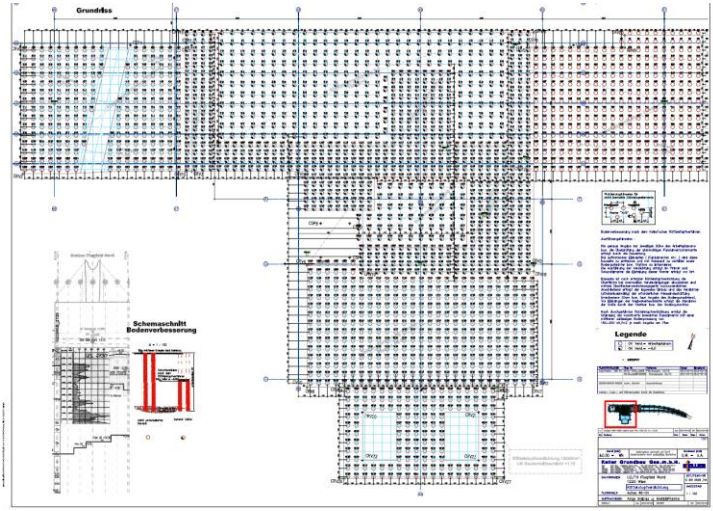


Abbildung 8: Ausführungsplan Rüttelstopfverdichtung Stationsgebäude

Östlich des Stationsgebäudes war eine Rüttelstopfverdichtung im Bereich unter den Stützmauern der Trasse in Niveaulage vorgesehen. Die ungleichmäßige Bodenpressung unter den Stützmauerfundamenten hat hohe Randspannungen an der Außenkante zur Folge, weshalb

der Ausführungsraster der Rüttelstopfverdichtung hier lastangepasst im Außenbereich enger und im Innenbereich der Stützmauern weiter ausgeführt wurde.

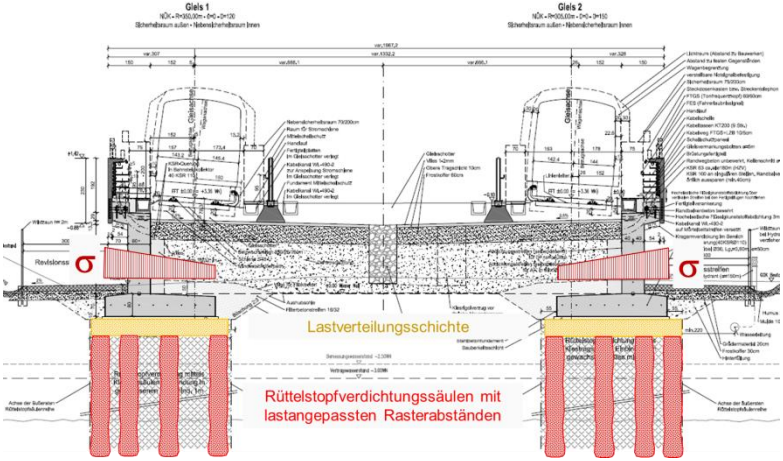


Abbildung 9: lastangepasste Abstände der Rüttelstopfsäulen

Im Zuge der Ausführung der Rüttelstopfverdichtungsarbeiten war auffällig, dass die zunächst recht regelmäßig verlaufend geglaubte Kiesoberkante im Baulosbereich tatsächlich auch über recht kurze Entfernungen in sehr unterschiedlichen Tiefenstufen angetroffen wurde (siehe auch Abb. 4). Dies begründet sich daher, dass dieses Gebiet ein ehemaliges Überschwemmungsgebiet der Donau ist und sich die ehemaligen Mäander der Donau an verschiedenen Stellen unterschiedlich tief in den Donauschotter eingegraben haben.

Gegenüber vielen anderen Gründungsmöglichkeiten des Spezialtiefbaus brachte die Tiefenverdichtung hier einen klaren Vorteil: Bei der Ausführung jeder einzelnen Rüttelstopfsäule wird das Antreffen des tragfähigen Bodenhorizonts mit dem Ampere-Tiefenschreiber überwacht und so die entsprechende Einbindung in den tragfähigen Bodenhorizont sichergestellt. So kam es vor, dass in einer Entfernung der Rüttelstopfsäulen von nur 10 m zueinander Versenktiefen von 3 bis 10 m notwendig waren, um die projektgemäße Einbindung von 1 m in die anstehenden, tragfähigen Kiese herzustellen zu können.

3.3 Qualitätskontrolle

In erster Linie wurde die Ausführungsqualität der Rüttelstopfverdichtungsarbeiten anhand der Ampere-Tiefenschreiberprotokolle seitens der geotechnischen Begleitung durch die MA 29 überwacht.

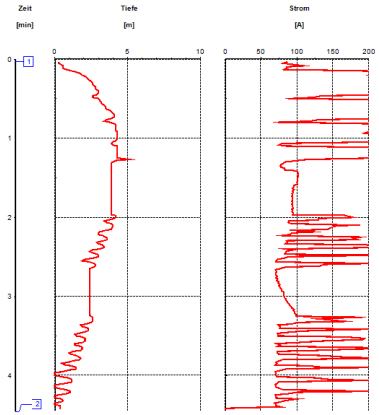


Abbildung 10: Ampere-Tiefenschreiberprotokoll bei Rüttelstopfverdichtung

Zusätzlich wurde die Einbindung in den tragfähigen Kies mit Rammsondierungen mit der schweren Rammsonde (DPH) überprüft, die am ungünstigsten Punkt zwischen den Rüttelstopfsäulen ausgeführt wurden.

Durch Ausführung von Rammsondierungen vor und nach erfolgter Bodenverbesserung sollte lediglich die erwartete Zunahme der Verdichtung in der Einbindestrecke, den sandigen Kiesen, nachgewiesen werden. In Bereichen der Baustelle, in denen sich die anstehenden Auböden allerdings als Feinsande, also als nicht-bindige Böden, zeigten, konnte sogar in diesem Tiefenbereich der Bodenverbesserung eine Verbesserung der Schlagzahlen erzielt werden (siehe Abb. 10).

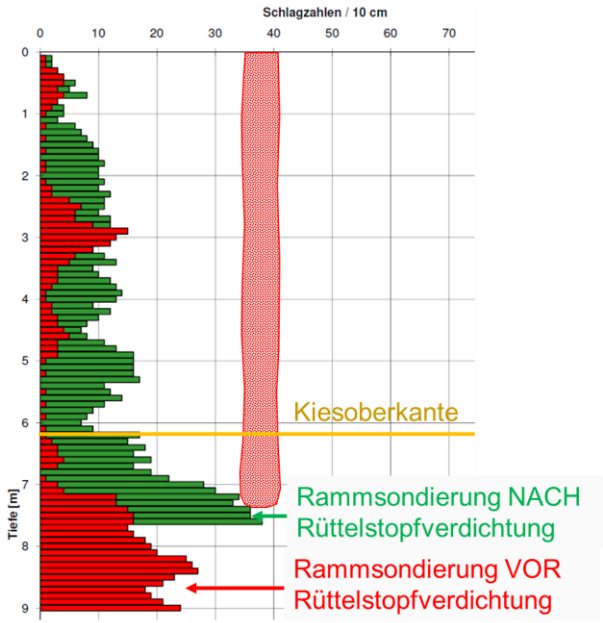


Abbildung 11: Rammsondierungen vor und nach Rüttelstopfverdichtung

4 Literaturverzeichnis

[1] Wiener Linien GmbH & Co KG: Technischer Bericht U2/15 „Flugfeld Nord“, 2009

[2] Wiener Linien GmbH & Co KG: Geotechnischer Bericht U2/15 „Flugfeld Nord“, 2009

Dipl.-Ing. Bernhard Schreitl

Umbau Abstell- und Wendeanlage „Reumannplatz“ unter Betrieb

Dipl.-Ing. Bernhard Schreitl
Ingenieurbüro ste.p ZT-GmbH
Mommsengasse 31
A-1040 Wien
www.step-zt.at

Inhaltsverzeichnis

1 Verlängerung der U1 Richtung Süden 163

2 Umbau der bestehenden Abstell- und Wendeanlage „Reumannplatz“ unter Betrieb 163

2.1 Bestand 163

2.2 Umbaumaßnahmen 165

2.3 Bauablauf – Baulogistik 168

3 Zusammenfassung 172

Umbau Abstell- und Wendeanlage Reumannplatz unter Betrieb

1 Verlängerung der U1 Richtung Süden

Die Verlängerung der U-Bahn-Linie U1 Richtung Süden bis 2017 ist Bestandteil der 4. Ausbauphase der Wiener U-Bahn. Die Linie U1 wird von der derzeitigen U1 Endstation Reumannplatz nach Oberlaa weitergeführt. Insgesamt wächst die U1 in den nächsten Jahren vom Reumannplatz um 4,6 km und fünf Stationen.

Abbildung 1: Übersichtslageplan U1/10 – Neubau + Umbaumaßnahmen

Die in den 1970er Jahren errichtete 4-gleisige Abstell- und Wendeanlage muss für die Verlängerung Richtung Süden unter Betrieb umgebaut werden. Die anschließende, neu zu errichtende Trasse des Bauabschnittes U1/10 Troststraße verläuft unterirdisch über den gesamten Baulosbereich in Tieflage.

2 Umbau der bestehenden Abstell- und Wendeanlage Reumannplatz unter Betrieb

2.1 Bestand

Die Abstell- und Wendeanlage „Reumannplatz“ befindet sich im 3. Untergeschoß unter der Geländeoberfläche und ist ca. 210 m lang. Es besteht eine Abstellmöglichkeit von 4 Mal zwei Zugslängen. Das Gelände ist in diesem Bereich Richtung Süden stark ansteigend. Über dem Gleisgeschoß ist eine öffentliche Garage angeordnet, die aufgrund der

Geländeverhältnisse am Anfang der Abstell- und Wendeanlage ein- und am Ende zweigeschossig ausgeführt ist.

Abbildung 2: 4-gleisige Abstellanlage – Bestand

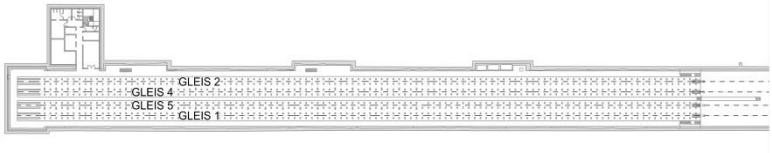


Abbildung 3: Lageplan Abstellanlage – Bestand

Vor dem Umbau waren vier, auf Stahlbetonsäulen aufgeständerte Gleise zur Aufnahme von jeweils 2 Zugslängen hintereinander vorhanden. Alle 4 Gleise lagen horizontal auf gleicher Höhe. Zwischen den beiden mittleren Gleisen und neben den außen liegenden Gleisen waren jeweils Laufstege angeordnet.

Am Ende der Abstell- und Wendeanlage ist seitlich der Schacht Gellertgasse angeordnet. Die Ebene auf Gleisgeschoß wird für Betriebsräume der Wiener Linien genutzt. Im ersten Tiefgeschoß befindet sich die Lüftungszentrale der Wiener Linien. Im darunter liegenden Geschoß ist die öffentliche Garage angeordnet.

Die Abstell- und Wendeanlage Reumannplatz schließt unmittelbar an die Station Reumannplatz an und wurde in einschaliger Schlitzwand- und Deckelbauweise errichtet. Die Schlitzwände sind durch die oberste Decke und durch die Zwischendecken (Plattenbalkendecken) ausgesteift. Die oberste Decke weist nur eine geringe Überdeckung auf. Die Aushubsohle befand sich ca. 13,0 bis 19,0 m unter dem Gelände. Bis auf Unterkante der Bodenplatte stehen Terrassenschotter an. Der zusammenhängende Grundwasserspiegel befindet sich erst unterhalb der Sohlplatte. Die Schlitzwände wurden daher nur auf Erddruck bemessen.

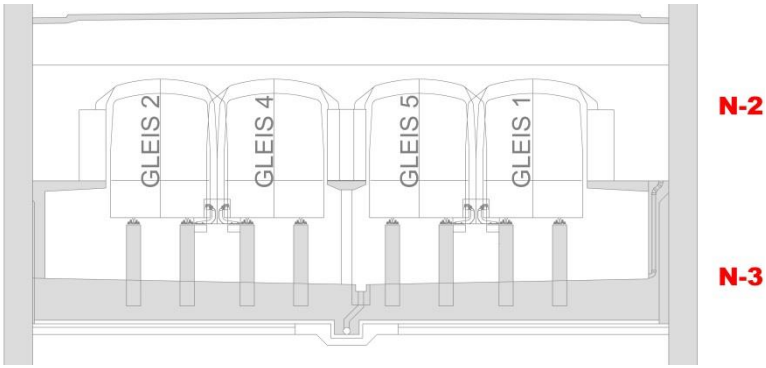


Abbildung 4: Regelquerschnitt Abstellanlage – Bestand

Bis auf Höhe des seitlichen Laufsteges wurden seitliche Innenschalenwände – sogenannte „Isolierwände“ – entlang der Schlitzwände hochgezogen, die in der Bodenplatte eingespannt sind. Diese wurden für einen rechnerischen Grundwasserspiegel mit 1,75 m über Oberkante Sohlplatte ausgelegt. Der tatsächliche Grundwasserspiegel befindet sich jedoch ca. 2,0 bis 3,0 m unterhalb der Sohlplatte.

Maßgebend für die Dimensionierung der Schlitzwände, Sohlplatte und Decke über Gleisgeschoß wurde in diesem Bereich der Wendeanlage eine eventuelle Schildanfahrt im Zuge der U1-Verlängerung angenommen. Die angesetzten Lasten entsprachen den damaligen Erfahrungen der U1-Schildvortriebe.

2.2 Umbaumaßnahmen

Die beiden außen liegenden, aufgeständerten Abstell- und Wendegleise werden zukünftig als Streckengleise genutzt. Dazu müssen diese nach

außen verschwenkt und angehoben werden. Die Decke über dem Gleisgeschoß wurde höhenmäßig bereits im Zuge der Errichtung auf die steigende Nivellette im Zuge der Verlängerung Richtung Süden ausgerichtet.

Die derzeit aufgeständerten Bereiche unter den beiden äußeren Gleisen werden mit Beton aufgefüllt. Die Streckengleise werden mit dem „neuen Wiener Oberbau“ ausgerüstet. Die beiden mittleren Gleise bleiben weiterhin als Wende- und Abstellgleise in Betrieb. Auch nach der Verlängerung der Linie U1 ist die betriebliche Notwendigkeit einer zukünftigen zweigleisigen Wendeanlage Reumannplatz mit einer Abstellkapazität von vier Zügen gegeben.

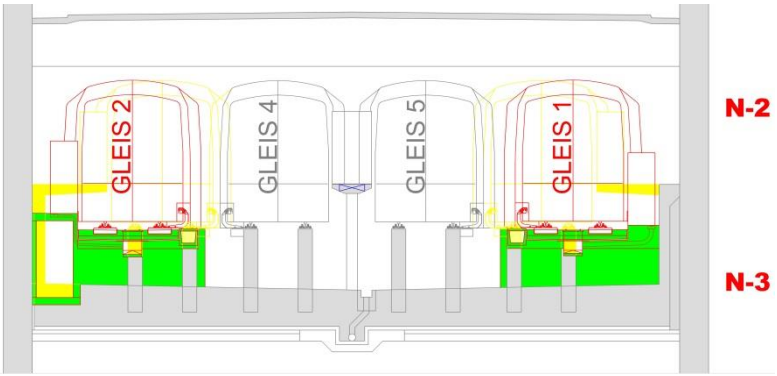


Abbildung 5: Streckengleise 1 und 2 nach Umbau – Abstellgleise 4 und 5 im Bestand

In der Revisionsgrube unter den mittleren Gleisen werden weiterhin kleinere Wartungsarbeiten durchgeführt. Um die gesetzlichen Anforderungen bezüglich der Fluchtwegsituation zu erfüllen, sind Kollektorgänge als eigener Brandabschnitt unter den bestehenden Gleisen zu errichten. Dafür sind Abbruch- und Schneidearbeiten in der bestehenden Bodenplatte sowie Betonierarbeiten auf beengtem Raum erforderlich.

Die seitlichen Bedienstege werden abgebrochen. Die Ausrüstung für Zugsicherung, Beleuchtung, Brandmeldeanlage und Wasserversorgung wird teilweise erneuert und ist während der Umbauphasen aufrechtzuerhalten und an die jeweiligen Gleisphasen während des Umbaues zu adaptieren.

Weiters wird eine Streckenlüftung und eine Strecken- und Brandrauchabluft eingebaut. Dafür werden Deckendurchbrüche hergestellt, neue Betriebsräume für die Lüftungsanlagen der Wiener Linien in den Garagengeschoßen eingezogen und Lüftungstürme an der Oberfläche errichtet. In der Station „Reumannplatz“ ist seitlich neben dem bestehenden Stationstunnel ein Schacht für eine Brandrauchabluftanlage herzustellen.

Der seitliche Schacht Gellertgasse war als Schildeinbringöffnung vorgesehen. Es wurden daher Schildeinbringöffnungen in den Decken ausgespart (verschlossen mit Fertigteilplattenbalkendecken, gelagert auf Neopren-Lager) und die gesamte Zwischendecke auf Höhe Laufsteg wurde als Fertigteildecke ausgebildet. Da die Betriebsräume des Schachtes Gellertgasse während der gesamten Bauzeit aufrecht zu erhalten waren, da weiterhin Wartungsarbeiten standfinden, konnten diese vorgesehenen Öffnungen nicht genutzt werden.

2.3 Bauablauf – Baulogistik

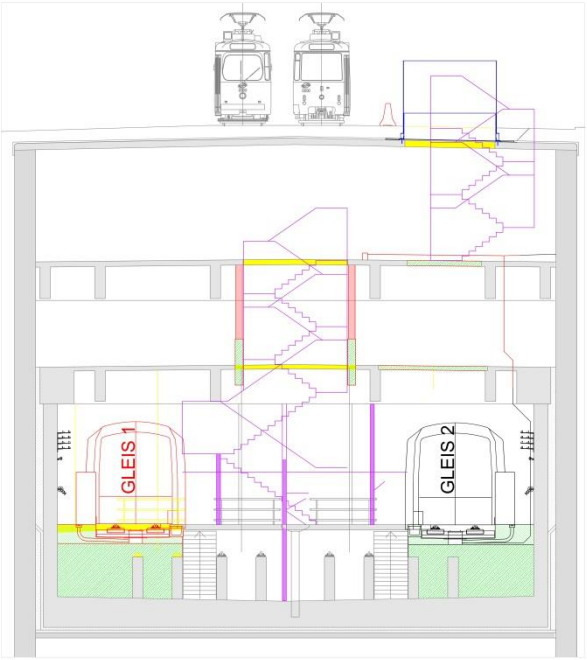


Abbildung 6: Provisorischer Zugang und Transportöffnung für Bau

Die erforderlichen Transportwege für die Abbruch- und Betonierarbeiten erfolgen über Transportöffnungen, die in den Decken des Hauptbauwerkes herzustellen waren und die von der Oberfläche bis in das 3. Untergeschoß führen. Ein Materialtransport über die Garage war nicht gestattet. Über die Transportöffnungen hat auch der Zugang zu der Baustelle in den Garagengeschoßen und im Gleisgeschoß zu erfolgen.

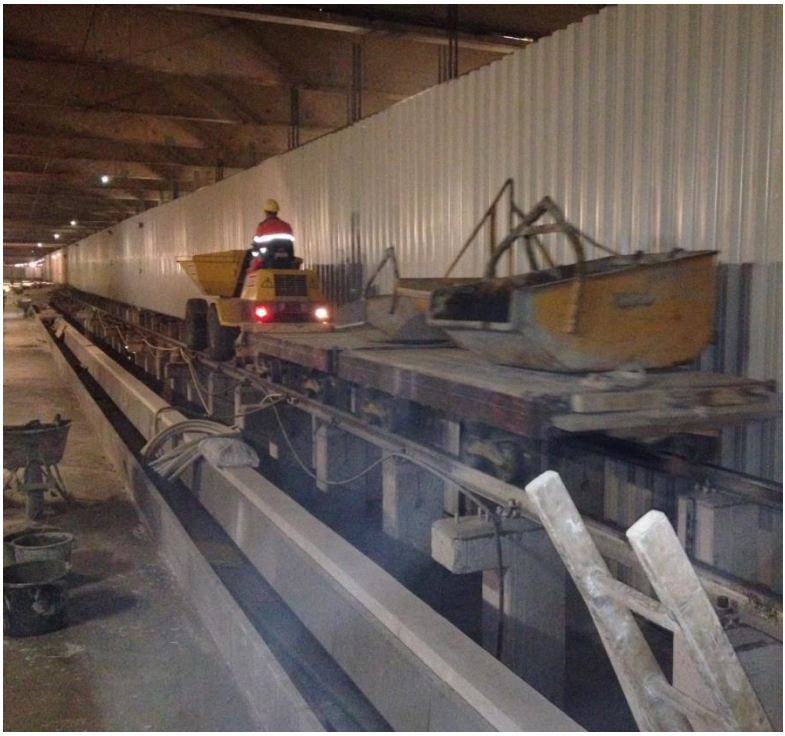


Abbildung 7: Materialtransport über gleisgebundene Schuttermulde

Die Zwischendecken dürfen mit nicht mehr als 3,5 kN/m² belastet werden.

Die sich über der Anlage befindliche Straßenbahnlinie 67 ist während der gesamten Bauarbeiten 2-gleisig in Betrieb. Der Betrieb darf durch die Baumaßnahmen nicht eingeschränkt werden.

Während der Umbauarbeiten wird die Abstell- und Wendeanlage weiterhin zum Wenden und Abstellen genutzt. Es werden auch Revisions- und Reinigungsarbeiten für die U-Bahn-Züge durchgeführt. Die Zugänglichkeiten zur Revisionsgrube und zu den Zügen von den Betriebsräumen im Schacht Gellertgasse sind daher während des Umbaus aufrecht zu erhalten und dürfen nicht eingeschränkt werden.

Die Umbauarbeiten erfolgen hinter Schutzwänden, die entsprechend den Bauphasen umzustellen waren. Der Aufbau der Schutzwände erfolgte in der betriebslosen Zeit. Der Materialtransport innerhalb der

Schutzwände erfolgte gleisgebunden auf dem jeweils noch nicht abgetragenen Gleis.

Abbildung 8: Abgestellter Zug auf noch nicht umgebautem Gleis 1 im Bestand neben Schutzwand

Zu Beginn der Umbauarbeiten wurden die Deckenöffnungen als Transportöffnungen hergestellt. Dadurch wurde auch eine zusätzliche natürliche Entlüftung ermöglicht. Danach konnten die Lüftungskanäle in der Anlage entfernt werden. Die vorhandene Ausrüstung musste für die Umbauphase umgebaut werden. Kabeltassen, Trockenlöschleitung und Beleuchtung mussten demontiert und in neuer Lage wieder montiert werden.

Nach dem Umbau der Ausrüstung erfolgten die baulichen Umbauarbeiten im Bereich der beiden mittleren Gleise 4 und 5. Es wurden der Kollektorgang, die Kollektorquerungen und die Auffüllung im nördlichen Abschnitt hergestellt. Weiters waren im bestehenden mittleren Laufsteg Abstiege zu errichten, der mittlere Laufsteg nach der Revisionsgrube neu herzustellen und die Entwässerung umzubauen. Während dieser Phase wurde der U-Bahn-Betrieb auf den beiden äußeren Gleisen 1 und 2 abgewickelt.

Danach erfolgten die baulichen Umbaumaßnahmen für das äußere (westliche) zukünftige Streckengleis 2. Es wurden die Auffüllung unter dem zukünftigen Streckengleis und der anschließende Kollektorgang hergestellt. Danach erfolgten die Gleisbauarbeiten für das neue Streckengleis. Während dieser Phase wurde der Betrieb auf den Gleisen 1 und 5 abgewickelt. Gleis 4 der Abstellanlage diente der gleisgebundenen Erschließung für das Baufeld Gleis 2.

Abbildung 9: Umbau zum zukünftigen Streckengleis 2 – Längstransport am Gleis 4 der Abstellanlage

In der letzten Phase wurde die Auffüllung für das äußere (östliche), zukünftige Streckengleis 1 errichtet. Während dieser Phase wurde der Betrieb auf den Gleisen 2 und 4 abgewickelt. Auf Gleis 2 steht aufgrund der bereits erfolgten Anhebung der Nivellette nur mehr eine Zugslänge zum Abstellen zur Verfügung. Daher wird in dieser Bauphase das Gleis 5 während der Nacht auch zum Abstellen herangezogen. Es ist daher täglich der Bauraum für den U-Bahn-Betrieb zu räumen.

Im Zuge der Umbauarbeiten für die beiden äußeren Gleise werden auch die vorhandenen Schadstellen der Schlitzwände saniert.

Während einer Phase waren sämtliche erforderliche Gewerke neben den Rohbaumaßnahmen wie z.B. Gleisbauarbeiten und Stahlbauarbeiten durchzuführen. Nach jeder Umbauphase erfolgte die sofortige Inbetriebnahme des jeweiligen Gleises.

Am Ende und am Anfang der Abstell- und Wendeanlage wurden eine Brandrauchabluft- und eine Streckenzuluft eingebaut. Dafür mussten Räumlichkeiten in den Garagengeschoßen geschaffen werden. Nach den Umbaumaßnahmen werden die Deckenöffnungen bis auf die vorgesehenen Lüftungsöffnungen wieder verschlossen.

3 Zusammenfassung

Ein Umbau unter Betrieb erfordert eine intensive Abstimmung zwischen Bau und Betrieb. Oft stehen diametrale Anforderungen des Betriebes einem optimalen Bauablauf entgegen.

Für die Erarbeitung eines wirtschaftlichen Bauablaufes und Zeitplanes unter den Zwängen eines störungsfreien Betriebes war eine enge Abstimmung mit dem Fahrbetrieb und den Fachdienststellen der Wiener Linien erforderlich. Bereits in der Ausschreibungsphase wurden ein detaillierter Bauablauf und ein Betriebskonzept mit den einzelnen Fachdienststellen der Wiener Linien ausgearbeitet, der genau umgesetzt werden konnte. Entsprechende Pufferzeiten waren vorgesehen, um etwaige Überraschungen, welche bei Umbaumaßnahmen immer auftreten können, terminlich auffangen zu können. Während der Ausführungsphase waren neben dem Rohbau weitere Gewerke wie z.B. Gleisbau und Haustechnik zu koordinieren.

Bisher konnten ohne merkbare Störungen für die Benützer der U-Bahn die ausgeschriebenen Umbaumaßnahmen plangemäß dank der sehr guten Zusammenarbeit zwischen Bau und Betrieb (Wiener. Linien, AN Bau und Planer) umgesetzt werden.

Dipl.-Ing. (FH) Michael Zeman

NEU4 –
Umfangreiche Modernisierung der Linie U4

Dipl.-Ing. (FH) Michael Zeman
WIENER LINIEN GmbH & Co KG
Erdbergstraße 202
A-1030 Wien
www.wienerlinien.at

Inhaltsverzeichnis

1 Ausgangslage 175
2 Ziele und Nichtziele 175
2.1 Ziele 176
2.2 Nichtziele 176
3 Maßnahmen im gesamten Linienverlauf der U4 176
3.1 Modernisierung 177
3.2 Erneuerung 177
4 Grobterminablauf 178
5 Ersatzmaßnahmen bei der Betriebseinstellung 179
6 Kosten & Finanzierung 182

NEU4 – Umfangreiche Modernisierung der Linie U4

1 Ausgangslage

Im Sommer 2012 wurden die Wiener Linien von Frau Vizebürgermeisterin Renate Brauner beauftragt, eine großangelegte U4-Modernisierung zu prüfen. In weiterer Folge wurde von den Wiener Linien eine Machbarkeitsstudie samt Zeit- und Kostenplan für eine Modernisierung der Linie U4 erstellt.

Im Zuge der Erstellung der Machbarkeitsstudie für die U4-Modernisierung wurden die erforderlichen Sanierungsmaßnahmen gemeinsam mit den zuständigen Fachdienststellen der Erhaltung der Wiener Linien evaluiert und nach ihrer Dringlichkeit klassifiziert. Bereits geplante bzw. genehmigte Erneuerungsprojekte wurden in diese Machbarkeitsstudie aufgenommen. Bei der Terminablaufplanung wurden auch mögliche Synergien für die Realisierung der erforderlichen Maßnahmen ausgearbeitet bzw. berücksichtigt.

Am 27. März 2013 wurde diese Machbarkeitsstudie der Geschäftsführung der Wiener Linien zur weiteren Genehmigung / Abstimmung vorgelegt und in weiterer Folge genehmigt.

2 Ziele und Nichtziele

Bei der Umsetzung galt es, Ziele und Nichtziele der U4–Modernisierung zu definieren.

2.1 Ziele

- Erhöhung der **Zuverlässigkeit** bzw. Gewährleistung des durchgehenden normalen U-Bahn-Betriebes („Intervalltreue“)
- **Errichtung von Gleisverbindungen** für jegliche Störfälle und zukünftige Erhaltungsarbeiten (Gleiswechselbetrieb im gesamten Streckenverlauf)
- **Langfristiger Substanzerhalt von „alten“ Bauwerken** (die großteils noch aus der Otto-Wagner-Zeit stammen) und öffentlicher Betriebsflächen durch bauliche Sanierung
- **Laufende Erhaltungsmaßnahmen**, die im Zuge des Projektes **wirtschaftlich günstiger** durchgeführt werden können

2.2 Nichtziele

- **Architektonische Neugestaltungen** bzw. Änderung von Stationsgebäuden (im gegenständlichen Projekt werden nur Erhaltungs- und Renovierungsmaßnahmen durchgeführt)
- **Hochwasserschutz** im Bereich Donaukanal

3 Maßnahmen im gesamten Linienverlauf der U4

Die geplanten Maßnahmen teilen sich in:

- **Erneuerungen** – Sanierung bzw. Austausch von bestehenden Objekten/Anlagenteilen
- **Modernisierungen** – Einbau neuer, zeitgemäßer, dem Stand der Technik entsprechender Ausstattungen

und können nach ihrer **Dringlichkeit** zur Erreichung der Ziele wie folgt unterschieden werden:

- Maßnahmen zur Steigerung der Betriebsqualität
- Anstehende Erhaltungsmaßnahmen, die zeitgleich ausgeführt werden sollten (aus Gründen der Wirtschaftlichkeit)
- Maßnahmen für eine langfristige Anlagenverbesserung

Ab Februar 2014 erfolgt die Umsetzung folgender Hauptmaßnahmen aus der Machbarkeitsstudie:

3.1 Modernisierung

- Austausch der bestehenden Relaisstellwerke gegen 5 neue elektronische Stellwerke
- Erneuerung der gesamten Traktionsstromversorgung (Schaltanlagen und Verkabelungen)
- 10 neue Gleisverbindungen für einen durchgehenden Gleiswechselbetrieb im 7,5 min Takt (für Störfälle und für zukünftige Erhaltungsarbeiten)
- Errichtung der 20 kV-Notstromversorgung im Streckenbereich zwischen Hütteldorf und Pilgramgasse
- 2-gleisiger Ausbau der Wendeanlage Hütteldorf
- Einbau eines Videoüberwachungssystems im gesamten Linienverlauf

3.2 Erneuerung

- Fahrwegsanierung (Ober- und Unterbau) zwischen Hütteldorf und Kettenbrückengasse
- Erhöhung der Standsicherheit der Stützmauer zwischen Hütteldorf und Kettenbrückengasse
- Erneuerung der Abdichtungen der Streckeneindeckungen zwischen Karlsplatz und Roßauer Lände
- Erneuerung Brandmeldeanlagen
- Bauliche Sanierung von Stationsgebäuden
- Erneuerung von Haustechnik-Anlagen
- Optimierung der Gleistrassen (Wiener Bogen) zwischen Kettenbrückengasse und Roßauer Lände
- Erneuerung Fahrtreppenanlagen

4 Grobterminablauf

2014:

- Sanierung der Stützmauer zwischen Ober St. Veit und Schönbrunn
- Beginn der Erneuerung der Stellwerke und der Zugsicherungsanlagen
- Sanierung der Station Hütteldorf
- Diese Arbeiten haben keine Auswirkungen auf den täglichen U4-Betrieb

2015:

- Abschluss der Stellwerkserneuerung
- Sanierung der Station Stadtpark
- Sanierung der Stützmauer zwischen Schönbrunn und Karlsplatz
- Sanierung des Tunnelgebäudes zwischen Schwedenplatz und Schottenring

2016:

- Sperre zwischen Hütteldorf und Schönbrunn von Mai bis September: komplette Erneuerung von Gleisen und Gleisuntergrund
- Einbau neuer Gleisverbindungen zwischen Unter St. Veit und Ober St. Veit, Hietzing und Braunschweiggasse, Schönbrunn
- Diverse Arbeiten in den Stationen Ober St. Veit, Unter St. Veit, Braunschweiggasse und Hietzing

2017:

- Sperre zwischen Margaretengürtel und Kettenbrückengasse im Juli und August: Komplette Erneuerung von Gleisen und Gleisuntergrund
- Einbau neuer Gleisverbindungen zwischen Margaretengürtel und Pilgramgasse sowie Kettenbrückengasse und Karlsplatz
- Start Erneuerung der Stellwerke Karlsplatz, Schottenring und Wasserleitungswiese

- Sanierung der Tunneldecke im Bereich Friedensbrücke

2018 – 2024:

- Abschluss der letzten Etappen der U4-Modernisierung bis 2024
- Durchführung von Arbeiten, die kaum Auswirkungen auf den Betrieb der U4 haben werden
- Modernisierung von Stationsgebäuden
- Fahrtreppentausche
- Tunneldeckensanierungen
- Einbau von Gleisverbindungen

Abbildung 1: Grafik Terminablauf

5 Ersatzmaßnahmen bei der Betriebseinstellung

Im Zuge der U4-Modernisierung sind folgende dargestellte Ersatzmaßnahmen zur Umsetzung notwendig:

- **Schienenersatzverkehr mittels Gelenkbussen im 3 min Takt**
  Der Schienenersatzverkehr mittels Gelenkbussen kann keinen gleichwertigen Ersatz für den U-Bahn-Betrieb darstellen.

- **Linienverstärkungen – großräumiges Ausweichen**
  Durch eine intensive Öffentlichkeitsarbeit / Fahrgastinformation soll ein großräumiges Ausweichen auf bestehende Linien erzielt werden, um den Fahrzeitverlust auf ein Minimum zu reduzieren.
  Von Hütteldorf S, U ist eine Durchfahrt bzw. ein großräumiges Ausweichen auf der Westbahnstrecke mit Anbindung zum Westbahnhof S, U möglich.

		Zeitraum	**Ersatzmaßnahme**
Phase 1	Hütteldorf S, U – Hietzing U	Mai – August 2016	• Schienenersatzverkehr **zwischen Hütteldorf S, U und Schönbrunn U** im 3'-Intervall • Verstärkungen der Straßenbahnlinien 49 und 58
Phase 2	Erweiterung der Sperre von Hütteldorf S, U – Schönbrunn U	Juli – August 2016	• Schienenersatzverkehr **zwischen Hütteldorf S, U und Schönbrunn U** im 3'-Intervall • Verstärkungen der Straßenbahnlinien 49 und 58 • Verlängerung der Buslinien 56B, 58B, 156B bis Schönbrunn U
Phase 3	Längenfeldgasse U – Karlsplatz U	Juli – August 2017	• Schienenersatzverkehr **zwischen Längenfeldgasse U und Karlsplatz U** im 3'-Intervall • Verstärkung der U1, U3 und U6 • Verstärkungen der Busse 13A, 14A, 57A und 59A

Tabelle 1: Phasen der Betriebseinstellung

Abbildung 2: Ersatzmaßnahmen Betriebseinstellung 2016 / Phase 1

Abbildung 3: Ersatzmaßnahmen Betriebseinstellung 2016 / Phase 2

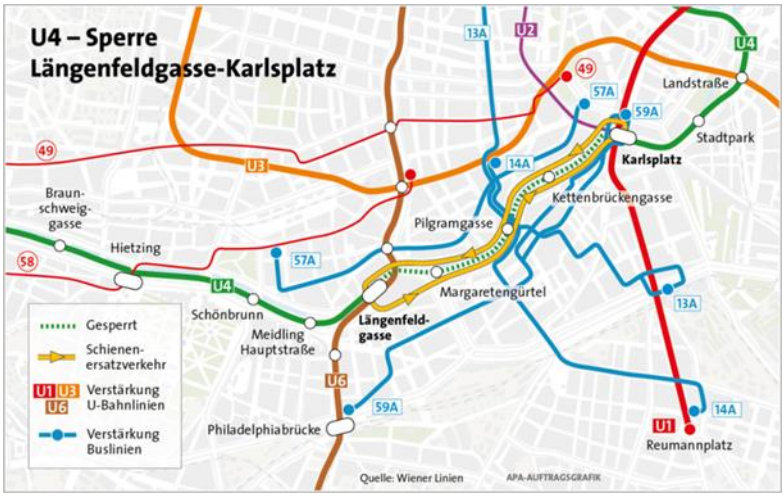


Abbildung 4: Ersatzmaßnahmen Betriebseinstellung 2016 / Phase 2

6 Kosten & Finanzierung

Die Gesamtprojektkosten betragen rd. € 335,0 Mio.

Die Finanzierung erfolgt zu 50% durch die Stadt Wien und zu 50% durch die Wiener Linien.

Dipl.-Ing. Dr.techn.
Edgar Fischmeister

Dipl.-Ing. Dr.techn.
Andreas Oberhauser

Dipl.-Ing. Dr.techn.
Günther Achs

Instandsetzung des Oberbaus der U-Bahn-Linie U1 nach 34 Jahren Betriebsbelastung

Dipl.-Ing. Dr.techn. Edgar Fischmeister,
Dipl.-Ing. Dr.techn. Andreas Oberhauser
WIENER LINIEN GmbH & Co KG
Erdbergstraße 202
A-1030 Wien
www.wienerlinien.at

Dipl.-Ing. Dr.techn. Günther Achs
FCP Fritsch, Chiari & Partner ZT GmbH
Diesterweggasse 3
A-1140 Wien
www.fcp.at

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 185

2 Instandsetzungskonzept 186

2.1 Erschütterungsschutz und oberbautechnische Randbedingungen 186

2.2 Technische Durchführbarkeit 187

2.3 Wirtschaftlichkeit und ökologische Nachhaltigkeit 187

3 Teststrecke 188

4 Umsetzung U-Bahn-Linie U1 189

5 Zusammenfassung 191

6 Literaturverzeichnis 192

Instandsetzung des Oberbaus der U-Bahn-Linie U1 nach 34 Jahren Betriebsbelastung

1 Einleitung

Im U-Bahn-Netz der Wiener Linien wurde in den 70er Jahren ein Masse-Feder-System zur Reduktion der Erschütterungs- und Sekundärschallemissionen errichtet und getestet [Stockinger, 2000]. Im Speziellen wurde von MitarbeiterInnen der Wiener Linien [Hofer, 1972] in Zusammenarbeit mit Fr. Prof. Lang [Lang, 1970 und 1984] ein schotterloser, körperschalldämmender Oberbau entsprechend den Grundprinzipien des Masse-Feder-Systems entwickelt.

Abbildung 1: Testgleis 1972, Gummiummantelte Schwelle [Hofer, 1972]

Die elastische Flächenlagerung dieses Systems, das die Anrainer vor Immissionen schützen soll, war mit mehr als 2 Mio. Lastwechsel pro Jahr seit 34 Jahren einer sehr hohen Beanspruchung ausgesetzt. Die daraus entstehenden Auswirkungen auf den Oberbau wurden im Rahmen umfangreicher Untersuchungen nachgewiesen. Neben dem Nachweis der Erschütterungsschutzwirkung wurde dabei vor allem den auftretenden Schäden an Oberbaukomponenten nachgegangen. Durch Untersuchungen der betroffenen U-Bahn-Linien konnte letztlich festgestellt werden, dass der Oberbau in einigen lokalen Bereichen nicht mehr den gestellten Anforderungen genügt.

Aus diesem Grund wurde ein Konzept zur Adaptierung des bestehenden Wiener U-Bahn-Oberbaus ausgearbeitet [Achs, Fischmeister und Oberhauser 2012].

2 Instandsetzungskonzept

Das Konzept zur Adaptierung und Instandsetzung jener Abschnitte, deren elastische Flächenlagerung besonders große Unregelmäßigkeiten im Einsenkungs- und Dämmverhalten aufweisen, wurde unter der Berücksichtigung der folgenden, von den Wiener Linien festgelegten Randbedingungen ausgearbeitet:

- Erschütterungsschutz
- Oberbautechnische Randbedingungen
- Technische Durchführbarkeit
- Wirtschaftlichkeit und ökologische Nachhaltigkeit
- Geringe Massenbewegung

2.1 Erschütterungsschutz und oberbautechnische Randbedingungen

Insbesondere den Anforderungen an den Erschütterungsschutz wurde vorab erhöhte Aufmerksamkeit zugeschrieben. Bei dem im Bestand eingebauten Flächenlager handelt es sich um eine 5 cm dicke Glasfaserplatte, die auf Basis der Untersuchungen von 1970 definierte Steifigkeiten aufweisen sollte. Aus diesen Anforderungen wurde für die Adaptierung des Oberbaus, unter besonderer Berücksichtigung der bestehenden absoluten Höhe der Schienenoberkante, ein 2-lagiges elastisches Flächenlager, zusammengesetzt aus einer 25 mm dicken Sylomermatte und einer 25 mm dicken Gummigranulatmatte, gewählt. Neben der äquivalenten Steifigkeit dieser Lagerung liegt der besondere Vorteil des 2-lagigen elastischen Flächenlagers darin, dass unter den Bereichen der Gleistragplatte mit großen Betonunebenheiten lokal zwei Lagen Sylomer eingebracht werden können. Dadurch ist eine vollflächige Auflage der Gleistragplatte auf dem elastischen Flächenlager gewährleistet und die oberbautechnischen Randbedingungen bei Überfahrt, vor allem die Vermeidung von Verdrehungen der Gleistragplatten um die Längsachse, können erfüllt werden.

2.2 Technische Durchführbarkeit

Die Durchführung der Adaptierungsarbeiten in den betriebsfreien Zeiten, die bei den Wiener Linien in etwa 4 Stunden beträgt, ist durch einen raschen und möglichst komplikationsfreien Ablauf zu gewährleisten.

Aufgrund der zeitintensiven Nebenarbeiten (Stromschiene, Linienleiter etc.) war von den Wiener Linien jedoch geplant, einzelne Streckenabschnitte in längeren Gleissperren (z.B. Wochenendsperren mit Gleiswechselbetrieb) zu adaptieren.

2.3 Wirtschaftlichkeit und ökologische Nachhaltigkeit

Neben der technischen Durchführbarkeit wurden insbesondere auch die ökologischen Auswirkungen und die Wirtschaftlichkeit verschiedener Sanierungsvarianten geprüft. Vor allem auch dieser Aspekt führte schließlich zu einer Instandsetzungsvariante, bei der weniger als 10 % der Massen und eine deutlich geringere CO_2-Belastung im Vergleich zu einem Neubau des Oberbaus entwickelt wurden.

	Oberbau NEU (Biblock-Schwelle)			Oberbau INSTANDSETZUNG		
		Massen-bilanz kg/lfm	Ökobilanz kg CO_2 e/lfm		Massen-bilanz kg/lfm	Ökobilanz kg CO_2 e/lfm
Gleistragplatte	Beton Bewehrung	1.700,0 20,3	175,1 19,0	vorhanden	0	0
Elastisches Flächenlager	MFS 1825/V	16,2	63,2 Ann. PUR< 3,9	MFS 1825/V Gummigran.	15,4 27,8	60,1 32,2
Schiene	S 48 U	96,7	120,0	S 48 U	96,7	120,0
Schienenbefestigung		25,8	32,0	vorhanden	0	0
Unterlagspl./Befest.		2,2	7,3		0	0
Biblock-Schwelle	Beton Bewehrung Ummantelung	222,0 21,7 11,1	22,9 20,3 36,9	vorhanden	0	0
Summe		2.130	496,58		140	212,16
Abtransport/Abbruch			15,6			0
Transportvolumen (Massenbilanz)		**4.260**			**280**	
Gesamtsumme (Ökobilanz)			**512,18**			**212,16**

Tabelle 1: Massen- und Ökobilanz für Neubau und Instandsetzung des Oberbaus

Unter Berücksichtigung der erschütterungstechnischen und gleisdynamischen Randbedingungen sowie den Erfordernissen einer möglichst ökonomischen Ausführung wurde ein Konzept zur Adaptierung des bestehenden Masse-Feder-Systems entwickelt. Im Wesentlichen sieht dieses Konzept vor, den gesamten Gleisrost im Abschnitt einer Gleistragplatte anzuheben (nachdem die Fahrschiene vorab durchtrennt und mit Laschen vorübergehend gesichert wurde) und das darunter liegende Flächenlager gegen ein neues Lager zu ersetzen. Neben der Entfernung des bestehenden, teilweise defekten Flächenlagers ist damit lediglich die Fahrschiene und Stromschiene, die nach 34 Jahren Betriebsbelastung aus sicherheitstechnischen Aspekten ebenfalls zur Erneuerung vorgesehen waren, nach Fertigstellung der Arbeiten in einem Abschnitt zu tauschen.

3 Teststrecke

Um das entwickelte Konzept und die Konformität des adaptierten Oberbaus hinsichtlich erschütterungsschutztechnischer und gleisdynamischer Randbedingungen zu prüfen, wurde von den Wiener Linien ein Großversuch an einem Abstellgleis bzw. Wendegleis der U-Bahn-Linie U3 durchgeführt. Dazu wurde vorab der bestehende Oberbau untersucht, im Anschluss daran der Tausch des elastischen Flächenlagers unter realen Bedingungen getestet und abschließend wurden die Eigenschaften des adaptierten Oberbaus verifiziert. Der Tausch des Flächenlagers wurde an insgesamt zehn aufeinanderfolgenden Gleistragplatten in einer Gesamtlänge von 52 m durchgeführt.

Abbildung 2: Teststrecke, U-Bahn-Linie U3, Gleis 5 in unmittelbarer Nähe der Station Volkstheater

Die messtechnischen Untersuchungen umfassen die Ermittlung der Einsenkungen und Verdrehungen der Gleistragplatte unter Überfahrt sowie die Bestimmung der Schieneneinsenkung und des Einfügedämmmaßes, bezogen auf einen schotterlosen Oberbau ohne elastisches Flächenlager [Achs, 2010]. Aus den Ergebnissen der Einsenkungs- und Verdrehungsmessungen war vor allem erkennbar, dass im Vergleich zum Bestandsoberbau am adaptieren Oberbau der Teststrecke deutlich geringere Verdrehungen der Gleistragplatte auftreten. Zur Beschreibung des Erschütterungsschutzverhaltens wurde die Einfügedämmung des bestehenden und adaptierten Oberbaus bestimmt. Aus der Gegenüberstellung dieser Untersuchungen in Abbildung 3 ist ersichtlich, dass der Erschütterungsschutz des adaptierten Oberbaus gleichwertig bzw. besser als der des Bestandsoberbaus ist.

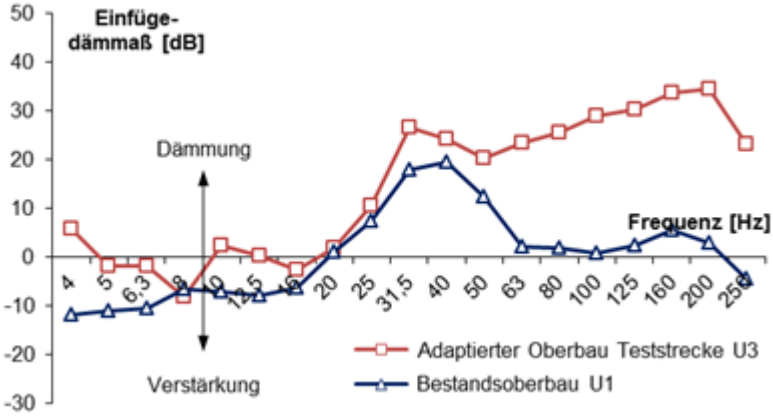


Abbildung 3: Einfügedämmmaßkurven zur Beschreibung der Erschütterungsschutzwirkung, Bestandsoberbau U1 und adaptierter Oberbau Teststrecke U3

4 Umsetzung U-Bahn-Linie U1

Aufgrund der positiven Ergebnisse der Testrecke, vor allem im Hinblick auf die Wirkungsweise des adaptierten Systems, aber auch wegen der reibungslosen und relativ einfachen Art der Anwendung, wurde das entwickelte Konzept im Sommer 2012 im Bereich Stephansplatz bis Taubstummengasse angewendet. Dazu wurde die Einstellung der U-

Bahn-Linie U1 in einem Zeitraum von 2 Monaten genutzt. Insgesamt wurden in einem Zeitraum von 7 Wochen insgesamt 4.000 m Gleis bearbeitet. In nur 7 Wochen Bauzeit wurden dabei unter anderem 10.000 m² elastisches Flächenlager sowie 8.000 m Fahrschiene getauscht.

In Abbildung 4 sind die Bauarbeiten im Zuge der Adaptierung des U-Bahn-Oberbaus im Bereich zwischen U1 Stephansplatz und U1 Karlsplatz dargestellt.

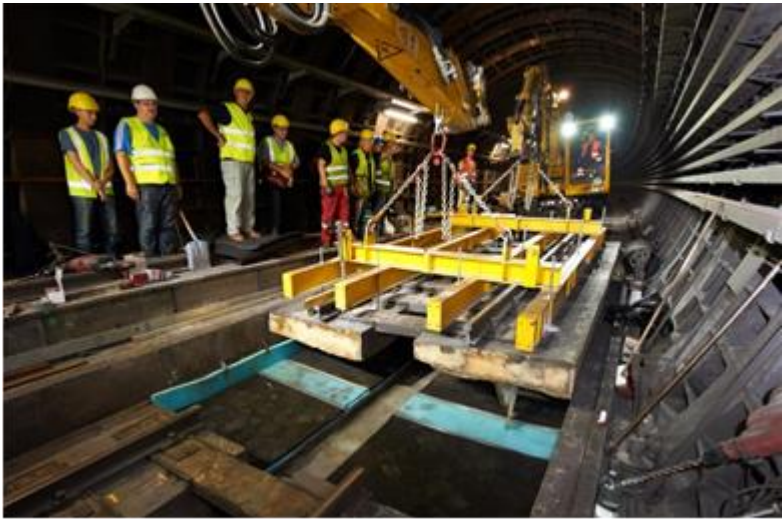


Abbildung 4: Einheben des Gleisrosts und der Gleistragplatten auf das vorbereitete elastische Flächenlager des Masse-Feder-Systems
© Toni Rappersberger

Vor und nach den Umbauarbeiten wurden messtechnische Untersuchungen an mehreren Messstellen im Gleisbereich durchgeführt (Achs, 2012). Anhand der Verifikationsmessungen nach einer adäquaten Einfahrzeit können daraus die folgenden Schlüsse gezogen werden:

- Der Schwingschnellepegel an der Tunnelwand und der Tunnelsohle konnte durch die Instandsetzung deutlich reduziert werden.
- Die mittlere maximale Schwinggeschwindigkeit hat sich im Bereich der untersuchten Messstellen auf mindestens 50 %, im besten Fall auf bis zu 20 % des Basiswerts verringert.

- In den Übergangsbereichen zwischen Bestandsoberbau und neu instand gesetztem Oberbau kommt es zu keinen Unstetigkeiten. Die durch die Überfahrt resultierenden Schienenfußmittenspannungen liegen im Bereich jener Spannungen im herkömmlichen Streckenbereich.
- Zusammengefasst wurde damit festgestellt, dass das Schutzniveau bei den betroffenen Anrainern sogar angehoben werden konnte und die Gleislage allen Anforderungen der Betriebssicherheit, Fahrdynamik und des Passagierkomforts entspricht.

5 Zusammenfassung

Die vor 34 Jahren im U-Bahn-Netz der Wiener Linien errichteten Masse-Feder-Systeme zur Reduktion der Erschütterungs- und Sekundärschallemissionen waren in den vergangenen Jahrzehnten einer hohen Beanspruchung ausgesetzt. Die daraus resultierenden Auswirkungen auf den Oberbau führten teilweise zu Schäden an einzelnen Oberbaukomponenten, speziell am elastischen Dämmmaterial.

Aus diesem Grund wurde ein Konzept zum Tausch der elastischen Flächenlager entwickelt. Unter Berücksichtigung der hohen Anforderungen an die Gleisdynamik, des Erschütterungsschutzes, der Abstimmung zwischen Betrieb und Bauablauf und der wirtschaftlichen und ökologischen Randbedingungen wurde dieses Konzept im Rahmen eines Großversuchs angewandt und verifiziert.

Im Sommer 2012 wurde dieses Konzept im Bereich des Streckenabschnitts U1-Station Stephansplatz bis Station Karlsplatz erfolgreich angewendet. Die Erfahrungen aus dem Bauablauf und vor allem auch die Verifikationsuntersuchungen nach Wiederaufnahme des Regelbetriebs haben gezeigt, dass dieses Konzept jedenfalls tauglich ist, den seit 34 Jahren bestehenden Wiener U-Bahn-Oberbau wirkungsvoll und nachhaltig zu adaptieren.

6 Literaturverzeichnis

[1] Stockinger, H. u. Valenta, G.: Der Gleisbau bei der Wiener U-Bahn – Beitrag in „3 Jahrzehnte U-Bahn-Bau in Wien“. Heinz Keller Druck- und Verlag OHG, Wien 2000.

[2] Hofer, J. u. Sailler, J.: Entwicklung eines schallgedämmten, schotterlosen Oberbaues mit elastisch gelagerten Querschwellen. Der Aufbau, Heft 11/12, 1972, 488-492.

[3] Hofer, J. u. Sailler, J.: Versuche für einen schotterlosen Oberbau mit elastisch gelagerten Querschwellen. Verkehr und Technik, Heft 9, 1972, 381-386.

[4] Lang, J.: Noise Control for the Vienna Subway, Proceedings of the Institute of Acoustics, 1984.

[5] Lang, J.: Gutachten 2836/WS der physikalisch-technischen Versuchsanstalt für Wärme und Schalltechnik über die Dicke und die dynamische Steifigkeit von hochgepressten Glasfaser-Dachdämmplatten, Technologisches Gewerbemuseum, Höhere Technische Bundeslehr- und Versuchsanstalt und Berufspädagogische Bundeslehranstalt Wien IX, 1970.

[6] Achs, G.; Fischmeister, E; und Oberhauser, A: Wirkungsweise und Adaptierung des MFS nach 30 Jahren im Bestand der Wiener U-Bahn; VDI-Berichte 2160, VDI Verlag GmbH; Düsseldorf 2012.

[7] Achs, G. u. Pichler, D.: Flächenlagertausch U1, Messtechnische Untersuchung der Wirksamkeit & Messtechnische Untersuchung der Übergangsbereiche, Bericht Nr. 12-1067 & 13-1016, Fritsch, Chiari und Partner ZT GmbH, Wien 2012.

[8] Achs, G. u. Pichler, D.: U-Bahn-Linie U3-Austausch elastisches Flächenlager, Messtechnische Untersuchung Wendegleis Volkstheater, Bericht Nr. 09-1084-4, Fritsch, Chiari und Partner ZT GmbH, Wien 2010.

Dipl.-Ing. Peter Moser

Herausforderungen für Auftragnehmer bei Gleissanierungen im U-Bahn-Tunnel anhand der Baustelle U1 Roofingmattentausch

Dipl.-Ing. Peter Moser
Porr Bau GmbH
Absberggasse 47
A-1100 Wien
www.porr.at

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung und Auftrag 195
1.1 Lage und Aufgabe 195
1.2 Erwartete Herausforderungen 196
2 Ausführung 197
2.1 Vorbereitung 197
2.2 Tausch 197
2.2.1 Unerwartete Herausforderungen 198
2.3 Nachbereitung 199
3 Mengen 199
4 Zusammenfassung 200

Herausforderungen für Auftragnehmer bei Gleissanierungen im U-Bahn-Tunnel anhand der Baustelle U1 Roofingmattentausch

1 Einleitung und Auftrag

Gerade im innerstädtischen U-Bahn-Bau stellt der Schall- und Vibrationsschutz eine wesentliche Herausforderung dar. In den älteren Wiener U-Bahn-Gleisanlagen mit Glaswollematten – den sogenannten Roofingmatten – als elastischer Schallschutzschicht im Masse-Feder-System der festen Fahrbahn wird ein Zusammendrücken der Matten beobachtet. Ein Elastizitätsverlust, Höhen- und teilweise auch Richtungsfehler sind die Folge, die den Schallschutzeffekt und den Fahrkomfort mindern und den Verschleiß erhöhen.

Im Sommer 2012 wurde deshalb ein Teil der U-Bahn-Linie U1 für Umbauarbeiten im Zuge ihrer Verlängerung erstmals in über 30 Betriebsjahren für den Verkehr gesperrt. Dieser Umstand ermöglichte Erhaltungsmaßnahmen an bestehenden U-Bahn-Gleisen in einem in Wien noch nie dagewesenen Rahmen. So entschieden sich die Wiener Linien aufgrund der erwartbaren Mehrleistung an saniertem Gleis für einen groß angelegten Tausch der Schallschutzschicht.

Die Fa. Porr Bau GmbH erhielt damals von den Wiener Linien den Auftrag, die Glaswollematten der Schallschutzschicht gegen neue, dem Stand der Technik entsprechende Sylomer®-Matten zu tauschen.

1.1 Lage und Aufgabe

Die Baustelle lag in den U1-Tunnels zwischen den innerstädtischen Stationen Stephansplatz und Taubstummengasse. Es handelt sich zwei eingleisige Röhren, welche nur über die öffentlichen Zugänge in den drei Stationen zu Fuß zu erreichen waren. Somit war die Baustelle mit Fahrzeugen nur gleisgängig erreichbar, dieses aber nur an Wochentagen zwischen 1:00 und 4:00.

In 38 Tagen sollten rund 4.000 m Gleis saniert werden. Neben dem Kompletttausch von Schallschutz und Schienen waren auch teilweise schadhafte Schwellen und die gesamten Befestigungsmaterialien zu tauschen.

1.2 Erwartete Herausforderungen

Neben dem Zeitdruck ergaben sich folgende Herausforderungen, die für U-Bahn-Erhaltungsarbeiten im Tunnel spezifisch sind:

- Beengte Platzverhältnisse an der Arbeitsstelle
- Wenig Lagermöglichkeiten für Materialien
- Geräte müssen gleisgängig oder tragbar sein

Darüber hinaus waren für diese Baustelle speziell zu erwarten:

- Rund-um-die-Uhr-Betrieb
- Bauzeit Juli-August (erhöhter Personalbedarf)
- Zufahrt zur Baustelle nur in kurzen Zeitfenstern möglich
- Beschränkte Transportkapazität
- Beschränkte Gesamtleistung von Verbrennungsmotoren (Abgase)

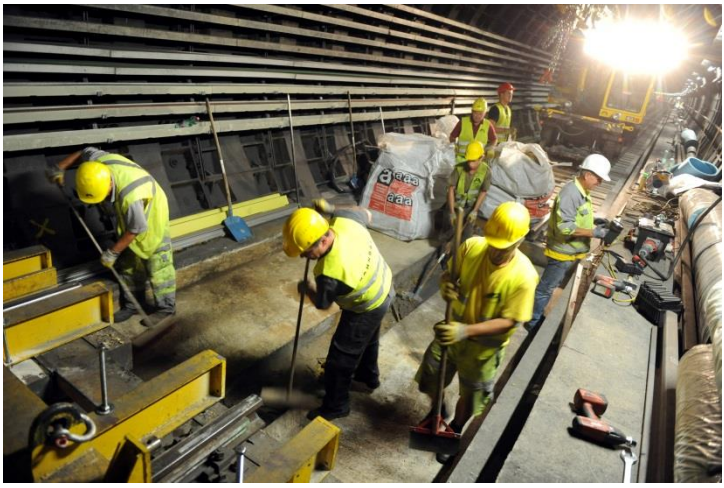


Abbildung 1: Nach Abtragen der Roofingmatten ©Clemens Fabry, 2012

2 Ausführung

2.1 Vorbereitung

Abgesehen von den 38 Kalendertagen, die für den Roofingmattentausch und die Gleissanierung zur Verfügung standen, war die sorgsame Vorbereitung in enger Abstimmung mit dem Auftraggeber wichtig. Daher begannen die Vorbereitungsarbeiten umgehend nach Auftragserhalt mit der Abstimmung der Materialien und deren Transport in den Tunnel. Diese Transportfahrten begannen drei Monate vor der Sperre von der Oberfläche zu einem zentralen Lagerplatz im Tunnel.

Im Zuge von Tunnelbesichtigungen wurde festgestellt, dass neben den Überhöhungen auch die Abmessungen der Gleistragplatte nicht konstant waren, sondern in Breite und Länge variierten. Dazu wurde eigens eine Hilfskonstruktion entwickelt, die trotz Überhöhung und variabler Abmessungen ein senkrechtes Ab- bzw. Wiedereinheben und damit ein genaues Einrichten der Gleistragplattenelemente ermöglicht.

2.2 Tausch

Mit Beginn der U1-Sperre mussten vor dem Schneiden der Schienen noch die nötigen Materialien in den Tunnelröhren aufgeteilt werden, da sich im Tunnel nur die schienengebundenen Bagger längs bewegen können. Nach Beendigung stellte der Auftraggeber Brenntrupps zur Verfügung, die über den Fugen der Gleistragplatte (GTP) die Schienen autogen schnitten. Nachlaufend wurde auf das Gleistragplattenelement der Abheberahmen gesetzt und verdübelt. Nach Abheben und seitlichem Ablegen konnte das alte Roofingmaterial entfernt und in Big Bags gepackt werden. Nach der Reinigung der Oberfläche wurde die neue Schallschutzschicht aus Sylomer®-Material aufgelegt und die Platte konnte wieder an ihre alte Position gelegt werden. Zwei Messpunkte erlaubten das lagerichtige Einsetzen der Platte in Längs- und in Querrichtung. Die Höhe ergibt sich und entspricht dem Ursprungsmaß. Im Nachlauf wurden die Schienen, die Schienenbefestigung und teilweise die Kunststoffschwellen getauscht. Im Anschluss wurden die neuen Schienen wieder lückenlos verschweißt und nach dem Verspannen konnte der Arbeitsbereich freigegeben werden.

Abbildung 2: Anschlagen und Abheben der Gleistragelemente ©Porr AG

Abbildung 3: Abtrag der Roofingmatten, Auflegen der Sylomermatten ©Porr AG

2.2.1 Unerwartete Herausforderungen

Trotz sorgfältiger Vorbereitung der Projektteams von Auftraggeber und Auftragnehmer ergaben sich im Laufe des Baustellenfortschritts einige Abweichungen vom Soll. Diese betrafen vor allem die Entfernung des Abfalls und die Emissionen der Heißarbeiten, nämlich Brennschneiden und Aluminothermisches Schienenschweißen.

Es war geplant, die Abfälle erst nach der U1-Sperre in den nächtlichen Betriebspausen abzutransportieren. Wegen eines Brandfalls wurde das Projektteam aufgefordert, den Abfall schon während der Sperre zu entfernen, um die Brandlast im Tunnel zu reduzieren. Da die Gleise durch den Roofingmattentausch unbenutzbar waren, musste diese Leistung forciert werden, um das Gleis für den Abtransport nützen zu

können. Alle verfügbaren Arbeitszüge der Wiener Betriebsbahnhöfe wurden eingesetzt, um die große Abfallmenge in den wenigen nächtlichen Zeitfenstern über das Gleisnetz der Wiener Linien abtransportieren zu können.

Weiters gestaltete es sich für den kontinuierlichen Ablauf schwierig, die Schienenschweißungen in großer Zahl im Tunnel herzustellen, da durch die Emissionen kein weiterer Trupp einsetzbar war bzw. andere Arbeiten primär nur hinter einer Tunnelluftabsaugung möglich sind.

2.3 Nachbereitung

Nachdem die U1 ihren Betrieb planmäßig wieder aufgenommen hatte, waren rund 8000 m (380 t) Altschienen und Befestigungsmaterial im Tunnel und in den Lagerplätzen unter Tage. Mit einem Zweiwegebagger wurden die Schienenstücke im Tunnel gesammelt und wöchentlich mit Zügen zum Bahnhof Erdberg an die Oberfläche gebracht. Da dies nur in den nächtlichen Betriebspausen möglich war, dauerte dies einige Monate.

3 Mengen

Mit folgenden Eckdaten lässt sich die Baustelle U1-Roofingmattentausch charakterisieren:

- 1.300 Stück Schienentrennschnitte
- 606 Platten à 5,2 x 3,0 x 0,3 m wurden verhoben
- ~11.000 Stk. Dübel gebohrt
- ~10.000 m² Sylomer®-Schallschutzmaterial verlegt
- ~8.000 m Schienen S48U abgetragen und neu verlegt
- ~2.000 Big Bags mit getrennten Abfallfraktionen (Glaswolle, Kunstofffolie und Restmüll) befüllt

4 Zusammenfassung

Die Baustelle U1 Roofingmattentausch zeigt, dass sich das System mit Abheben und Austauschen der schadhaften Roofingmatten und Wiedereinheben der Gleistragplattenelemente bewährt hat. Die Erwartungen zu dessen Leistungsfähigkeit wurden im 24 h-7 Tage-Schichtbetrieb sogar übertroffen und zeigent, dass der Bauablauf in Vollsperren effizienter gestaltet werden kann als in den nächtlichen Betriebspausen. Auch die Gleisvermessung nach den Arbeiten ergab signifikante Verbesserungen in der Gleislage, vor allem in der Höhe (Gradiente) konnte ein kontinuierlicherer Verlauf wieder hergestellt werden. Die Toleranzwerte eines Neubaus konnten jedoch nicht durchgehend erreicht werden.

DIese Baumethode zur Schallschutzsanierung lässt sich durch ihre Flexibilität an die zur Verfügung stehende Streckensperre individuell anpassen und stellt eine Alternative zum wesentlich kostenintensiveren Neubau der festen Fahrbahn dar. Im Vergleich zum vollständigen Neubau fallen nicht nur deutlich geringere Abfallmengen an, auch die Baustellendauer und damit die Sperre des Betriebs werden reduziert.

Raum für Notizen:

Raum für Notizen:

Raum für Notizen:

Raum für Notizen:

Raum für Notizen:

Raum für Notizen:

Raum für Notizen: