

Grundwasserabsenkung beim Wiener U-Bahn-Bau: Setzungsauswirkungen während des Baues und danach

M. Brandtner¹⁾, L.Martak²⁾, J. Voringner³⁾, H. Walter¹⁾

¹⁾ **Planungsgemeinschaft U2/2, IGT Geotechnik und Tunnelbau ZT-GmbH, Salzburg**

²⁾ **Magistrat der Stadt Wien, MA 29 – Fachbereich Grundbau**

³⁾ **G. Hinteregger & Söhne, Bauges.m.b.H, Salzburg**

1 Allgemeines

1.1 Beschreibung der Anlageverhältnisse und des Untergrundes

Die Verlängerung der U-Bahn-Linie U2 von der Maria-Theresienstraße im Zentrum Wiens bis ins Flugfeld Aspern, unterquert den Donaukanal und die anschließende Leopoldstadt bis zum Praterstern, ein historisch gewachsenes und dicht bebautes Stadtgebiet, in geschlossener Bauweise. Der Untergrund besteht neben den anthropogenen Anschüttungen und den noch großflächig vorhandenen Ausedimenten der Donau aus den sandigen Kiesen der holozänen Alluvionen und den der Tiefe nach anschließenden miozänen, bzw. oberpannonen Wechsellagen von Ton/Schluffen und schluffigen Sanden. Beide Sedimentkomplexe stellen Grundwasserstockwerke dar, die aber durch Lücken in der stauenden tonig-schluffigen Zwischenlage druck- und mengenmäßig miteinander verbunden sind.

Die Nivellette der Strecken- und Stationstunnel kam so zu liegen, dass überwiegend die gespanntes Wasser führenden schluffigen Sande durchfahren wurden, aber durch Reliefschwankungen der Alluvionen die nach oben abdichtende Ton/Schluffschichte durch Sand/Kies-Rinnen in mehreren Vortriebsmetern unterbrochen wurde und die sandigen Kiese bis weit in die Firstzonen hereinragten. Es gab auch direkte Übergänge vom Kies in die miozänen Sande ohne dass dieses im Ausbruchprofil sichtbar war.

1.2 Rechtliche und geotechnische Randbedingungen

Für die U-Bahn-Linie U2-Verlängerung nach Aspern war erstmals eine UVP zu bewältigen, bei der diverse Bürgerinitiativen sich sehr vehement für eine Minimierung der Bau- und Bauhilfsmaßnahmen auch im Sinne einer umweltschonenden Nachhaltigkeit einsetzten. Damit waren bleibende Bodenverfestigungen oder Grundwasserabdichtungsmaßnahmen bis auf Geringfügigkeiten zu vermeiden. Nach Entscheidung der Wiener Linien Schildvarianten auszuschließen, wurde für die UVP die zyklische Vortriebsmethode mit vollständiger Grundwasserabsenkung in beiden Grundwasserstockwerken eingereicht. Vor allem der temporäre und einmalige Charakter einer – wenn auch großen – Grundwasserhaltung zwischen den Dichtwänden des Donauhochwasserdammes, den Schlitzwänden der U1 in Lassallestraße und Praterstraße, den Kaimauerabdichtungen des Donaukanals und der Wallensteinstraße im Norden über ca. 3 Jahre mit anschließendem vollständigen Wiederanstieg des Grundwassers gaben den positiven Ausschlag zur Zustimmung der Bürgerinitiativen. Der Betrieb der Grundwasserabsenkung mit 252 Doppelstockbrunnen, 54 Quartärbrunnen und 18 Tertiärbrunnen, aus denen beide Grundwasserstockwerke gleichzeitig mit einer Gesamtpumprate von bis zu ca. 285 l/sec abgesenkt wurden, verlief unter kontinuierlicher grundwasserchemischer Überwachung mit Einleitung in den Donaukanal über vier Vorflutleitungen zur Zufriedenheit aller Beteiligten.

Die im Zuge der Grundwasserabsenkung entstehenden temporären Setzungen an der Bebauung und an den Einbauten wurden von den eigentlichen Setzungen aus den Tunnelvortriebsarbeiten in Form eines Setzungsgrabens überlagert. Um die Setzungsauswirkungen aus der Grundwasserhaltung im Detail zu erkunden, wurde vor der Bauabschnittsausschreibung im Sommer 2002 ein Großversuch mit 30 Bohrbrunnen im Bereich des Schachts Heinestraße, etwa 40 Grundwassermessstellen in der gesamten Leopoldstadt und ca. 250 Höhenmesspunkten an der Bebauung mit einer Gesamtpumprate von fast 200 l/sec gefahren (Martak, Drucker 2003).

1.3 Zielsetzung

In diesem Beitrag werden die Auswirkungen der Grundwasserhaltung auf die Setzungen untersucht. Die Auswirkungen von Grundwasserabsenkung und Wiederaufspiegelung im Zuge eines Großversuchs vor Baubeginn auf die Setzungen werden den Effekten der Grundwasserabsenkung und Wiederaufspiegelung im Zuge des Vortriebs gegenübergestellt. Aus der Fülle der für die Untersuchung herangezogenen Messdaten werden qualitative Aussagen hergeleitet, die für

künftige Bauvorhaben bei ähnlichen hydro-geologischen Verhältnissen von Nutzen sein sollten.

2 Auswirkungen des Grundwasserabsenkversuchs

Beim Großversuch konnte beobachtet werden, wie bei der vorlaufenden Absenkung der alluvialen sandigen Kiese durch Wassergewichtsentlastung der unterliegenden weicherer Sand- und Schluffsedimente leichte Hebungen von 1 mm bis 2 mm entstanden. Die anschließende Grundwasserentspannung und Absenkung in den Sanden des Miozäns von ca. 12 m bis 15 m bewirkte Setzungen an der Bebauung und den Einbauten zwischen 8 mm und 14 mm (siehe Abbildung 1).

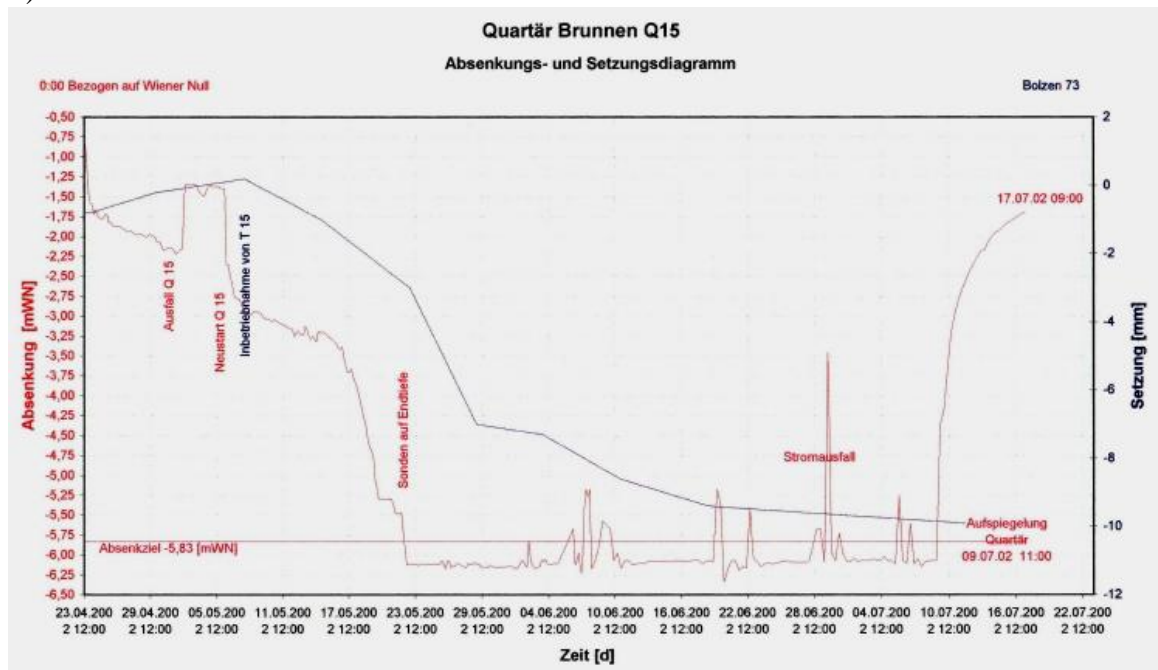


Abb. 1 Ganglinie der Grundwassermessstelle in einem Kiesbrunnen Q15 und Setzungsverlauf eines benachbarten Höhenmesspunktes (durchgezogene Linie der einzelnen Messungen)

Es blieb bei einem sehr flachen Absenktrichter mit maximaler Neigung der Absenkmulde von flacher als 1:500 im Zentrum des Absenkbereiches, was die Erfahrung mit Wasserhaltungen in vergleichbaren Untergrundverhältnissen und Bauweisen bestätigte. Nach Abschalten des Pumpbetriebes etwa 3 Monate später, wobei sich der Absenktrichter vorher auf ca. 400 m Durchmesser ausgeweitet hatte, erfolgte der vollständige Grundwasserwiederanstieg in 2 bis 3 Wochen. Es blieben aus der Grundwasserhaltung lediglich 3 mm bis 8 mm Setzungen als irreversibel zurück. Interessant war festzustellen, dass bei der anfänglichen Ab-

schaltung der Kieswässer die Setzungen nochmals geringfügig um 1 mm bis 2 mm zunahm. Das lässt sich infolge des durch die Aufspiegelung zunehmenden Grundwassergewichtes auf den Ton/Schluffschichten und Sanden erklären. Erst nach Beenden des Pumpbetriebes im Sand setzten die Hebungen ein. Setzungen und Hebungen erfolgten simultan zu den Grundwasserabsenkungen und Wiederanstiegen, wenn auch um einige Tage zeitlich nachlaufend, wobei dieser Nachlauf mit zunehmender Absenktiefe und räumlichen Absenkgröße exponentiell größer wurde. Während der gesamten Versuchszeit der Wasserhaltung wurden an der Bebauung und den Einbauten keinerlei Schäden seitens der Anrainer und Wohnungsbesitzer gemeldet, vielleicht auch weil das Wissen um den laufenden Versuch außer den beim U-Bahn Bau involvierten Planern nur den Straßen erhaltenden und Einbauten betreibenden Dienststellen bekannt war.

Fußend auf diesen Ergebnissen konnte die Bauabschnittsausschreibung geotechnisch zutreffend erfolgen, wobei eine erforderliche Vorlaufzeit für die Wasserhaltung Abschnitt für Abschnitt von mindestens 3 Monaten und eine für die angrenzende Bebauung und Einbautensituation verträgliche flache Neigung der Setzungsmulde zwischen 1:1000 und 1:500 prognostiziert werden konnte.

Beim Wasserhaltungsversuch wurde ein Zusammenhang zwischen der Größe des Absenkrichters und seiner Tiefe einerseits und dem Absenkerfolg in den schluffigen Sanden erkannt (Martak, Drucker 2003), der auch für die dem Tunnelvortrieb voreilende Prognose des Entwässerungserfolges neben den Grundwasserstandmessungen herangezogen werden konnte.

3 Setzungen der baubegleitenden Grundwasserhaltung

3.1 Methodik

Bei den Baumaßnahmen enthalten die Setzungen sowohl einen Anteil aus der Grundwasserhaltung als auch einen Anteil aus dem Vortrieb. Es muss also versucht werden, die beiden Anteile zu trennen. Dies wird dadurch erleichtert, dass die Vorgänge Grundwasserabsenkung – Vortrieb – Wiederaufspiegelung zeitlich getrennt sind:

In der Regel erfolgte die Grundwasserabsenkung baubegleitend so, dass jeweils im Bereich der Ortsbrust die Grundwasserabsenkung bereits mindestens ca. 3 Monate abgeschlossen war und die Pegelstände weitgehend konstante Werte erreicht hatten. Der Einfluss der Grundwasserabsenkung auf die Setzungen δ_{GA} , kann für alle Teilbereiche also unabhängig vom Vortrieb gemessen werden.

Die Grundwasseraufspiegelung ist zeitlich ebenfalls von den Vortriebsarbeiten getrennt: Die Brunnenhaltungen wurden durchwegs erst nach Einbau der Innenschalen, also deutlich nach Vortriebsende, abgeschaltet.

Um den Einfluss des Wiederaufspiegels des Grundwassers auf die Setzungen erfassen zu können, muss also die Differenz δ_{GW} , zwischen den Setzungen nach Ende der Vortriebsarbeiten und den Setzungen nach Aufspiegeln des Grundwassers gebildet werden.

Schließlich können durch Bildung der Differenz zwischen den Setzungen zufolge Grundwasserabsenkung allein, δ_{GA} , und den Setzungsauswirkungen des Wiederaufspiegels, δ_{GW} , die irreversiblen Setzungsanteile zufolge der Grundwasserhaltung δ_{GI} , bestimmt werden, siehe Abbildung 2. (In Bereichen außerhalb der Setzungsmulde sind die verbleibenden Setzungen nach dem Aufspiegeln identisch mit den irreversiblen Setzungen δ_{GI} .)

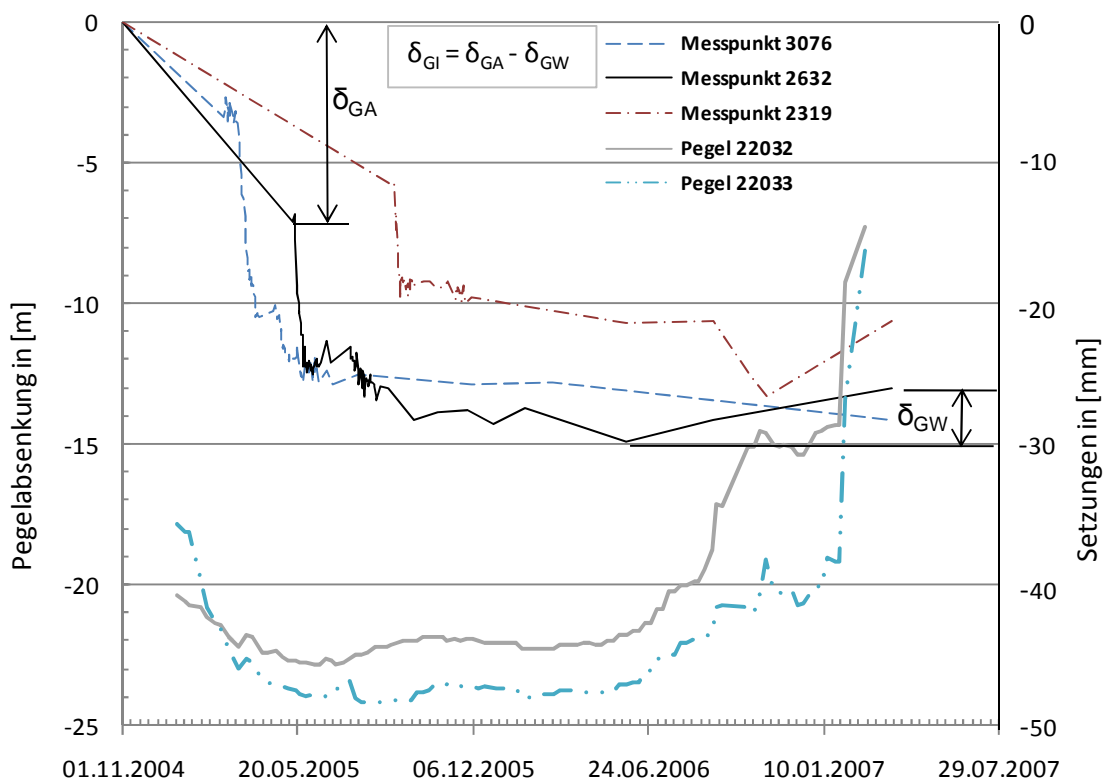


Abb. 2 Ausgewählte Pegelganglinien (Miozän) und Zeit-Setzungsdiagramme für ausgewählte Messpunkte; Messpunkt 2632 liegt in unmittelbarer Nähe von Pegel 22032

Mit dieser Vorgangsweise sind allerdings gewisse Ungenauigkeiten verbunden, die das Ergebnis verfälschen können. Hierzu gehören vor allem

- zeitlich verzögert auftretende Setzungen aus dem Vortrieb

- Grundwasserspiegeländerungen während des Vortriebs (zum Beispiel durch weitere Entwässerung infolge des Vortriebs).

Der Anteil der verzögert auftretenden Setzungen kann klein gehalten werden, wenn Messungen unmittelbar vor dem Beginn und relativ kurz nach dem Ende des Wiederaufspiegeln – soweit verfügbar – herangezogen werden. Bezüglich der Grundwasserspiegeländerungen zufolge des Vortriebs wurde festgestellt, dass die Grundwasserabsenkung so gesteuert war, dass – abgesehen von kurzzeitigen Störungen – die Pegel langfristig weitgehend konstante Werte zeigten. Pegeländerungen während des Vortriebs wurden nur in sehr geringem Ausmaß festgestellt. Offensichtlich glich die automatische Steuerung allfällige Entwässerung durch die Tunnelröhren durch geringeres Pumpvolumen der benachbarten Brunnen aus.

Die zeitliche Dichte der Messdaten reicht nicht aus um die beim Absenkversuch festgestellten qualitativ anderen Auswirkungen der Absenkung bzw. Wiederaufspiegelung im Bereich des Holozäns gegenüber dem Miozän zu verifizieren. Der Schwerpunkt dieser Auswertungen liegt auf den Grundwasserständen im Miozän.

3.2 Messergebnisse

Bei der mitlaufenden geodätischen Kontrolle der Setzungsmulden der Grundwasserabsenkung war zu unterscheiden in den engeren Setzungsgraben aus den Tunnelvortrieben, was ein dichtes Netz an Höhenmesspunkten erforderlich machte, und den großräumigen Muldenbereich des Grundwasserabsenkung mit einem weitmaschigeren Abstand der Messpunkte. Die Kontrolle der Vortriebssetzungen erfolgte durch die Magistratsabteilung 41 und zwar im täglichen Rhythmus; die weiter außerhalb liegenden Messpunkte der Grundwasserhaltung wurden etwa monatlich gemessen.

Für die Arbeitsgemeinschaft U2/2 Taborstraße war in erster Linie die voreilende Absenkung in den Grundwassermessstellen maßgeblich, die vorbildlich und anschaulich in einem U-Bahn-Bauabschnittslängsschnitt wöchentlich dargestellt wurde und den Pumperfolg der insgesamt 9 Grundwasserfelder über die Bauzeit abbilden konnte. Abbildung 3 zeigt einen solchen Schnitt kurz nach Aufnahme der Vortriebsarbeiten im Bereich des Schachts Heinestraße. Deutlich ist die voreilende Grundwasserabsenkung zu erkennen; im Bereich westlich (links) des Schachts Novaragasse ist das Grundwasser nicht bzw. nur teilweise abgesenkt.

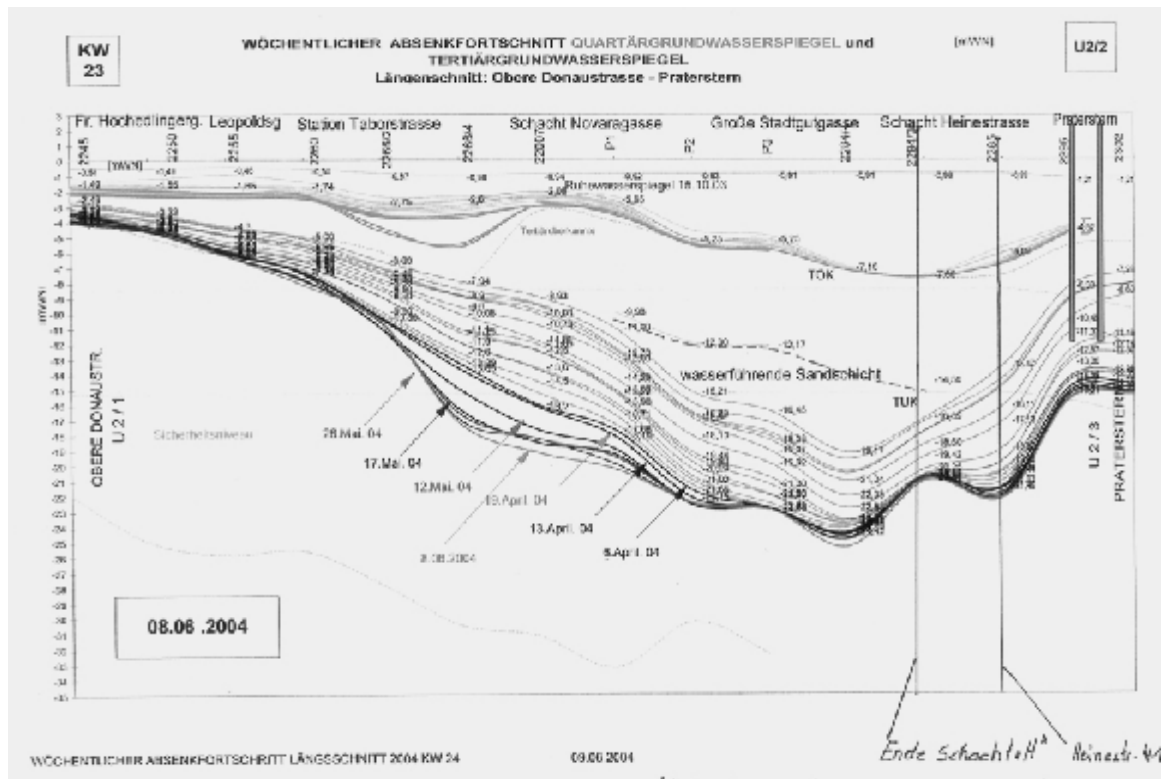


Abb. 3 Schematischer Längenschnitt vom Donaukanal zum Praterstern mit eingetragenen Abstichmaßen in den Referenzpegeln, Datum 8. 6. 2004

Die Grundwasserabsenkung in den schluffigen Sanden und sandigen Kiesen dehnt sich im Laufe der Pumpdauer von einigen Wochen gut sichtbar aus, was auch aus der flächenmäßigen Ausbreitung der Setzungsmulde ablesbar wird. Auch im Lageplan des gesamten Bauabschnittes (Abbildung 4) lassen sich die bereits im Wasserhaltungsversuch gefundenen Etappen der Setzung nachvollziehen. Bereiche, in denen eine Hebung von bis zu 4 mm durch vorlaufende Kieswasserabsenkung entsteht (dunkelgrau dargestellt, in der Legende mit rot bezeichnet), gehen über in den Entspannungsbereich der schluffigen Sande (mittelgrau und hellgrau dargestellt, in der Legende orange und gelb angelegt). Schließlich werden die Setzungsgebiete der intensivsten Grundwasserabsenkung und deren Ausdehnung durch die Flächen der grauschwarzen und dunkelschwarzen Zonen (in der Legende mit hell- und dunkelgrün bezeichnet) wiedergegeben. (Da die Reproduktion im Tagungsband voraussichtlich Farbdarstellung nicht zulässt, ist dieser Beitrag auch auf der Homepage der Firma IGT (IGT 2008) abrufbar.)

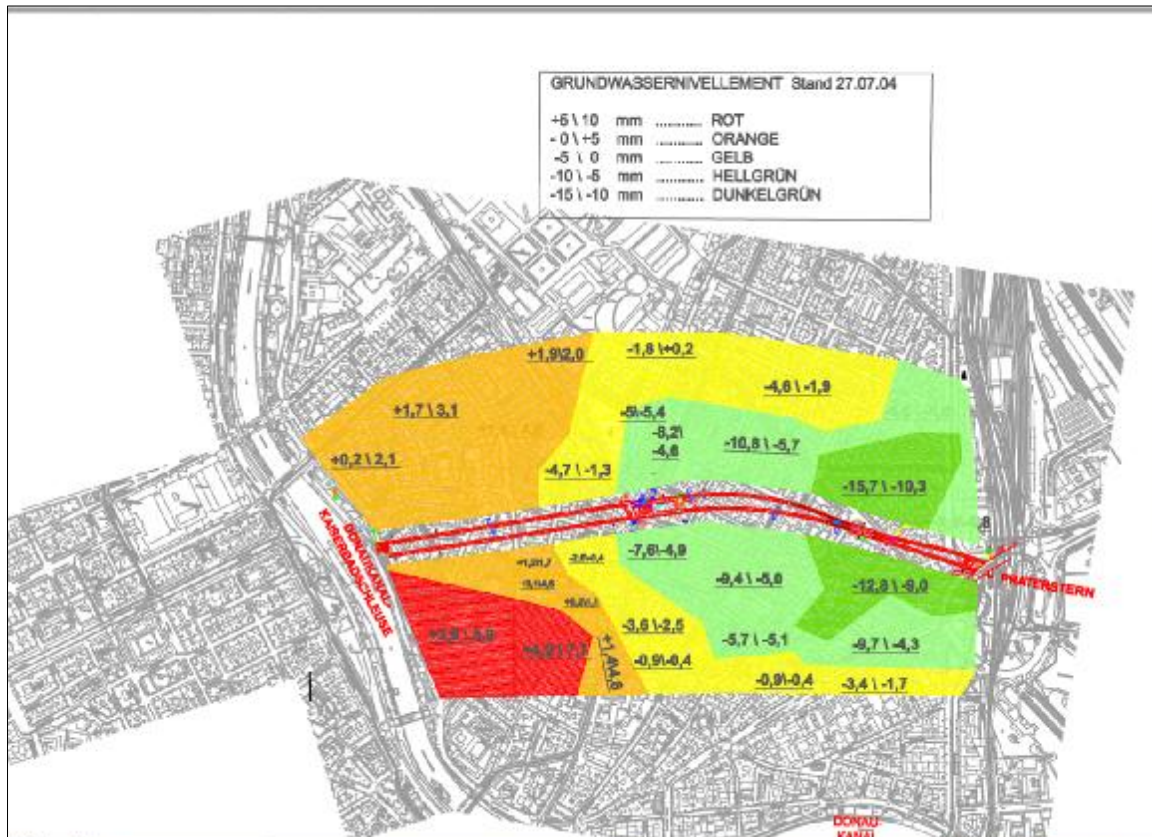


Abb. 4 Übersichtsplan über den U-Bahn Bauabschnitt U2/2 mit durch unterschiedliche Grautöne gekennzeichneten Setzungs- und Hebungsbereichen infolge der Grundwasserhaltung außerhalb der eigentlichen Tunnelvortriebsmaßnahmen, Datum 27. 7. 2004.

Im Bereich der Trasse wurden, wie zu erwarten war, Setzungen in der gleichen Größenordnung gemessen.

Nach Abschluss der Vortriebsarbeiten im Jänner 2007 und nach Aushärten der letzten Innenschale wurde der vollständige Grundwasserwiederanstieg durch Abschalten der restlichen Brunnen eingeleitet. Der schematische Längenschnitt vom 6. 3. 2007 (Abbildung 5) zeigt lichtgrau den schon zu einem früheren Zeitpunkt begonnenen Anstieg des Grundwassers in Baubereichen, die bereits fertig gestellt waren. Bei geologisch bedingten Verschiebungszonen wie in der Nähe des Donaukanals ist besonderes Augenmerk darauf zu verwenden, wie die einzelnen Grundwasserstockwerke von den Brunnen und damit von der Absenkung erfasst werden. Lokale Schluff/Tonlinsen können beim Vortrieb zusätzliche Wasserhaltungsmaßnahmen vor Ort benötigen, wenn die Pumpvorlaufzeit oder der Abstand der Brunnen zu groß wird (Martak 2005).

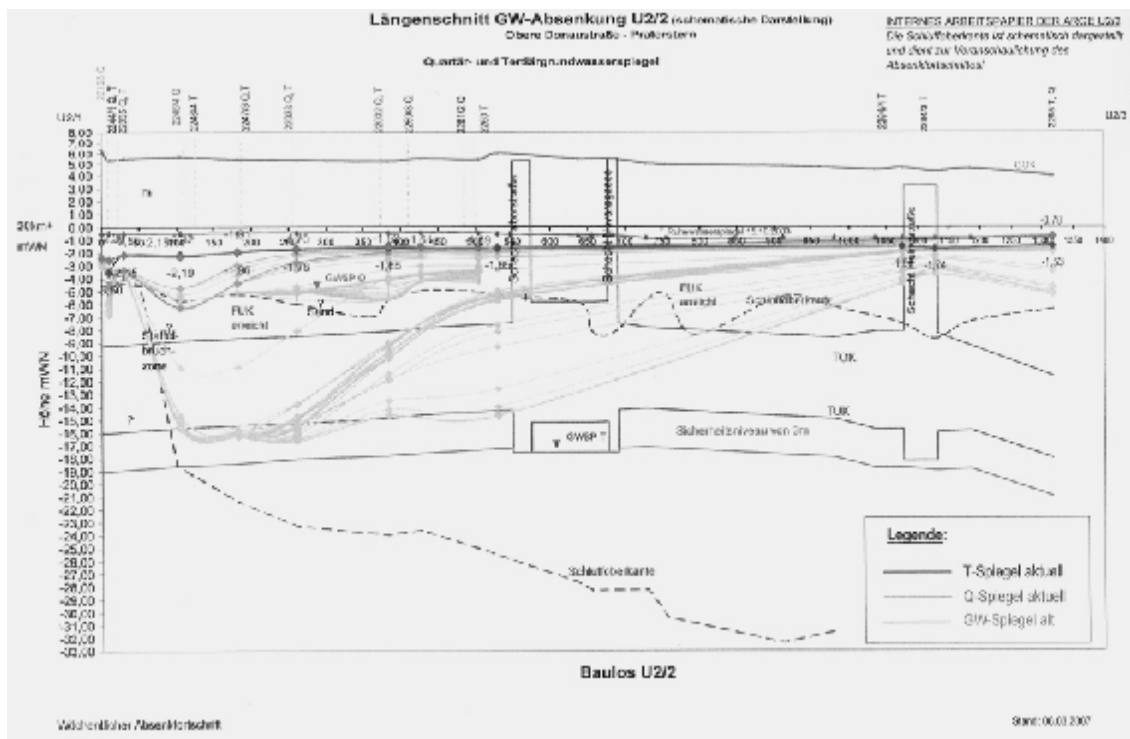


Abb. 5 Schematischer Längenschnitt mit Datum 06.03.2007

Die Nivellementaufnahme (Abbildung 6) vom 28.03.2007 gibt die durch maximale und minimale Werte gekennzeichneten Setzungsflächen außerhalb der eigentlichen Tunnelvortriebe wieder. Wie die Grautöne zeigen, haben die Flächen in Richtung Praterstern bereits stark verringerte Setzungen, da in diesen Bereichen die Grundwasserhaltung schon länger abgeschaltet war. Wenn auch der Rückgang der Setzungen aber noch nicht abgeschlossen ist, lässt sich bereits erkennen, dass Setzungen in der Größenordnung von 2 mm bis 10 mm lokal unterschiedlich durch die Grundwasserhaltung erhalten bleiben werden. Sie sind aber bautechnisch für Bebauung und Einbauten nicht relevant, wenngleich auch in einzelnen Objekten Risschäden seitens der Anrainer geltend gemacht wurden. Diese sind eher auf ungleiche Fundierungsverhältnisse zurückzuführen als auf Feinteilenzug durch die Brunnen oder ungleiche Konsolidation der Schluff/Tonlagen im Untergrund.

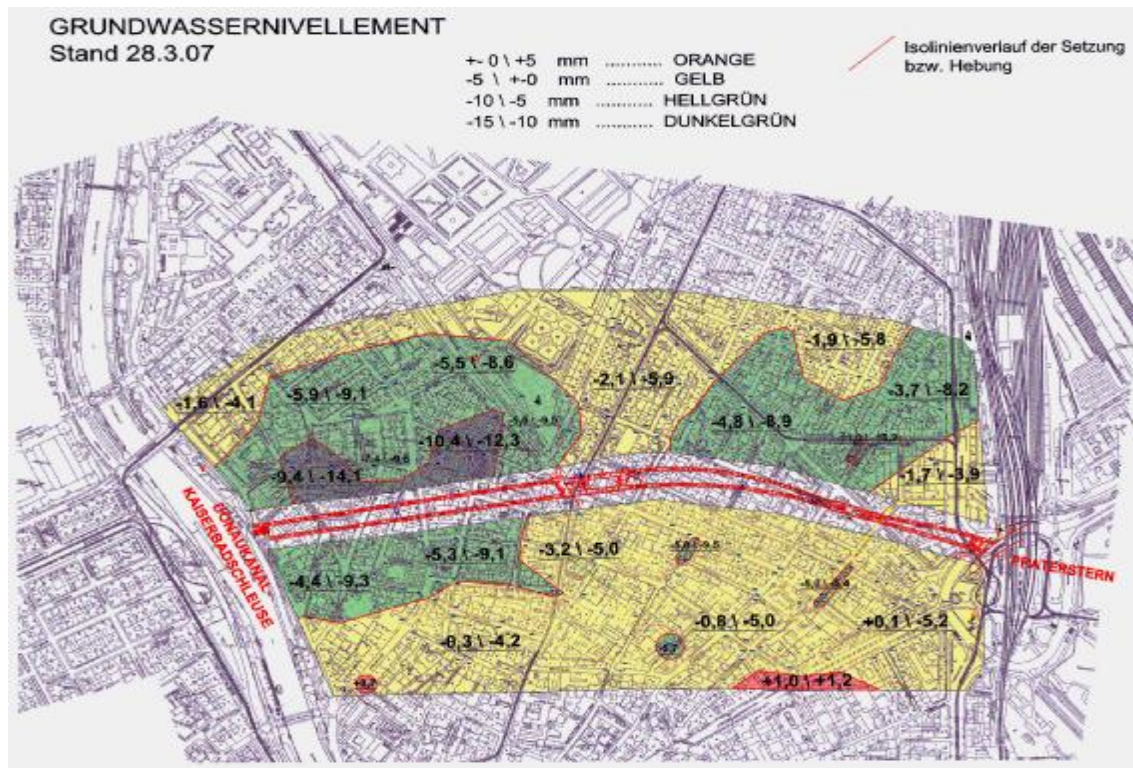


Abb. 6 Isolinienverlauf der Setzungen und Hebungen beim Wiederanstieg des Grundwassers mit Datum 28.03.2007.

Für den Bereich der Setzungsmulde aus dem Tunnelvortrieb ergibt sich folgendes Bild für die Wiederaufspiegelung:

Die Abbildungen 7 und 8 zeigen für zwei Bereiche der Trasse den irreversiblen Anteil δ_{GI} der Grundwasserabsenkung, also exklusive Setzungen zufolge des Vortriebs. Diese sollten den verbleibenden Setzungen von Abbildung 6 entsprechen. Folgende Beobachtungen können gemacht werden:

- Im westlichen Bereich des Bauloses (etwa bis zur Leopoldgasse) ist eine Entlastung beim Wiederaufspiegeln des Grundwassers deutlich sichtbar, die Setzungen nehmen nach Ende der letzten Vortriebsarbeiten um bis zu 8 mm ab. (In diesem Bereich liegt Messpunkt 2319, siehe Abbildung 2.) An einigen Stellen, wo bei der Grundwasserabsenkung weniger als 5 mm Setzung gemessen wurden, ergeben sich sogar geringfügige Hebungen als irreversibler Anteil der Setzungen zufolge Grundwasserhaltung.
- Im anschließenden Bereich bis zur Station Taborstraße ist die Entlastung meist schwächer ausgeprägt oder gar nicht sichtbar. (In diesem Bereich liegt Messpunkt 2632, der auch in unmittelbarer Nähe des Pegels 22032 liegt, siehe Abbildung 2.) In großen Bereichen bleiben mehr als 10 mm als irreversibler Anteil bestehen. Inwieweit der Vortrieb im Schutz von DSV-Schirmen in diesem Bereich reduzierend auf die Entlastung gewirkt hat, oder ob andere Effekte dafür verantwortlich sind, kann nicht mit Sicherheit gesagt werden.

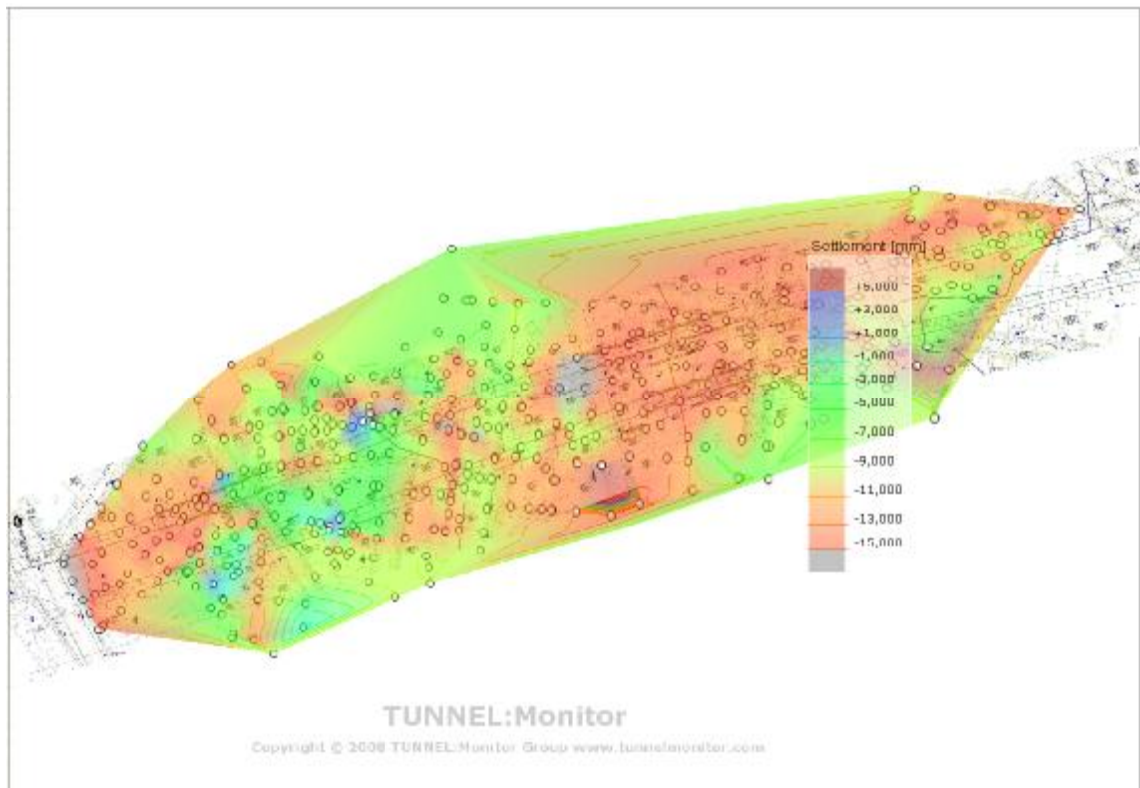


Abb. 7 Isolinienverlauf des rechnerischen irreversiblen Anteils der Setzungen zufolge Grundwasserhaltung im westlichen Bereich der Trasse

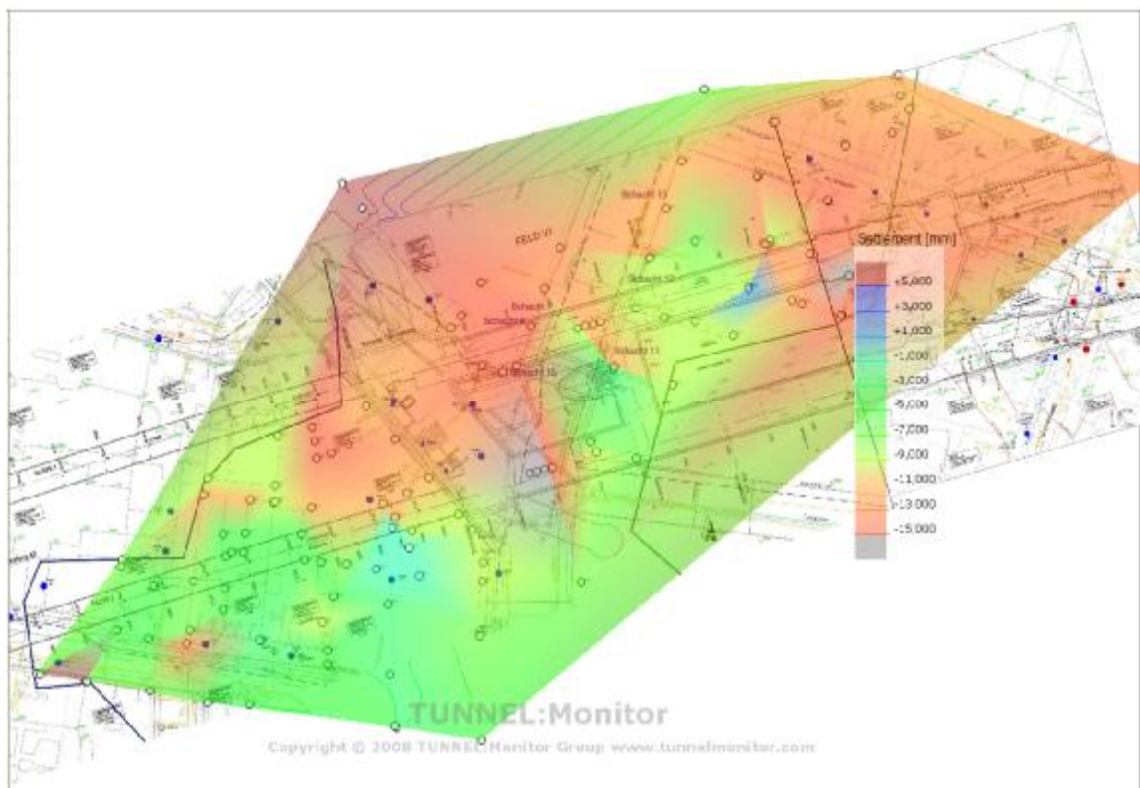


Abb. 8 Isolinienverlauf des rechnerischen irreversiblen Anteils der Setzungen zufolge Grundwasserhaltung im Bereich der Station Taborstraße

- Im Bereich der Station Taborstraße konnte ebenfalls kaum eine Entlastung zufolge Wiederaufspiegeln des Grundwassers beobachtet werden. (Messpunkt 3076 von Abbildung 2 liegt in diesem Bereich.) Die Setzungen zufolge Grundwasserabsenkung erscheinen völlig irreversibel. Da die Messintervalle der Setzungsmessungen im Zeitraum der Wiederaufspiegelung des Grundwassers sehr groß waren, ist es möglich, dass den Effekten der Wiederaufspiegelung eine verzögerte Setzung als Folge der Vortriebsmaßnahmen überlagert ist. Auch in diesem Bereich erfolgte der Vortrieb im Schutz von DSV-Schirmen. Es ist also denkbar, dass das Düsenstrahlverfahren eine Erhöhung der Bodensteifigkeit bewirkt, die das Ausmaß der Hebungen zufolge Entlastung verringert.

4 Zusammenfassung

Am Beispiel des Bauloses U 2/2 der Linie U 2 zwischen Donaukanal und Praterstern wurde das Setzungsverhalten in Zusammenhang mit der Grundwasserhaltung untersucht. Im Bereich der Trasse wurde das Grundwasser unterhalb die Tunnelsohle, die ca. 20 bis 25 m unter Gelände liegt, abgesenkt. Es mussten im Wesentlichen zwei Grundwasserstockwerke entwässert werden: Eines im Bereich der kiesig-sandigen Sedimente aus dem Holozän und eines im Bereich der sandig-schluffig-tonigen Ablagerungen aus dem Miozän.

Setzungsmessungen und Grundwasserpegelstände liegen sowohl für einen Großversuch vor Baubeginn als auch baubegleitend vor.

In Bereichen außerhalb der Setzungsmulde, die der Vortrieb erzeugt, sind einheitlich für den Großversuch und für die baubegleitende Grundwasserhaltung folgende Beobachtungen gemacht worden:

- Bei der Absenkung des oberen Grundwasserstockwerks (im Holozän) treten leichte Hebungen auf, die sich auf die Gewichtsentlastung des Bodens unterhalb zurückführen lassen. Diese Annahme wird dadurch erhärtet, dass beim Wiederaufspiegeln des Grundwasserspiegels im Holozän eine gegenläufige Bewegung, also eine leichte Setzung, auftritt.
- Die Grundwasserabsenkung von ca. 12 m bis 15 m im Bereich des Miozäns verursacht Setzungen zufolge der Auftriebsverringering. Die Größe der gemessenen Setzungen von ca. 8 bis 16 mm stimmt recht gut mit einer rechnerischen Abschätzung überein, bei der für den Elastizitätsmodul für die Sande des Miozäns ein Wert von 150 MPa angesetzt wurde.
- Bei der Wiederaufspiegelung verbleiben Restsetzungen von 2 bis 10 mm; etwa die Hälfte der Setzungen ist also reversibel.

Im Bereich der Trasse ist das Setzungsverhalten bei der Grundwasserabsenkung natürlich gleich wie in den Bereichen außerhalb. Bei der Wiederaufspiegelung nach Ende der Vortriebsarbeiten wurde bereichsweise allerdings ein anderes Verhalten beobachtet:

- Im westlichen Bereich des Bauloses (etwa bis zur Leopoldgasse) ist eine Entlastung beim Wiederaufspiegeln des Grundwassers deutlich sichtbar, die Setzungen nehmen um bis zu 8 mm ab.
- Im anschließenden Bereich bis zur Station Taborstraße ist die Entlastung schwächer ausgeprägt.
- Im Bereich der Station Taborstraße konnte kaum eine Entlastung zufolge Wiederaufspiegeln des Grundwassers beobachtet werden. Die Setzungen zufolge Grundwasserabsenkung erscheinen völlig irreversibel.

Als Gründe für das gegenüber den Außenbereichen deutlich andere Verhalten kommen zum Beispiel verzögerte Setzungen nach Abschluss des Vortriebs und eine höhere (Entlastungs-)Steifigkeit des Bodens zufolge der Beanspruchung durch den Vortrieb in Frage. Es könnte auch sein, dass das Düsenstrahlverfahren, das im Bereich der Station Taborstraße und westlich davon angewendet wurde, eine Erhöhung der Bodensteifigkeit bewirkt, die das Ausmaß der Hebungen zufolge Entlastung verringert. Die Abschlussmessung im Mai 2008 wird zur Klärung dieser Fragen beitragen.

5 Literaturverzeichnis

Martak, L., Drucker, P. (2003)

Der Großpumpversuch im Bereich Heinestraße zur Grundwasserabsenkung für die Verlängerung der U-Bahn Linie U 2. 4. Österr. Geotechniktagung 24./25.02.2003, Tagungsbeiträge 321-342.

Martak, L. (2005)

Wasserhaltungsmaßnahmen für den seichtliegenden Tunnelbau im Lockergestein. Grundlegendes, Erkundungsmethoden, Interaktion Wasser - Boden. 54. Österreichisches Geomechanik Kolloquium 2005 Salzburg, Tagungsband in "Der Felsbau" 2005/3.

IGT Geotechnik und Tunnelbau ZT-GmbH (2008)

Homepage: <http://www.igt.co.at>

Autor:

Markus Brandtner
Ing.
IGT – Geotechnik und Tunnelbau ZT-GmbH
Mauracherstraße 9
5020 Salzburg

Tel: 0662/641727
Fax: 0662/641729/3
mail: m.brandtner@igt.co.at
internet: <http://www.igt.co.at>

Nicht Zutreffendes bitte löschen:

Teilnahme: nein
Vortragender: nein

Autor:

Lothar Martak
Hon. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn.
Magistrat der Stadt Wien, MA29 – Fachbereich Grundbau
A – 1160 Wien, Wilhelminenstraße 93
Tel: 0676 8118 96971
Fax: 01 400 7291
mail: lothar.martak@wien.gv.at
internet: www.bruecken.wien.at

Nicht Zutreffendes bitte löschen:

Teilnahme: ja
Vortragender: nein

Autor:

Jürgen Voringner
Titel: Dipl.-Ing.
Firma, Abteilung: G. Hinteregger & Söhne Bauges.m.b.H.
Untertagebau
Adresse: A-5020 Salzburg Bergerbräuhofstraße 27
Tel: 0662/88 9 80-0
Fax: 0662/88 9 80-30
mail: j.voringner@hinteregger.co.at
internet: www.hinteregger.co.at

Nicht Zutreffendes bitte löschen:

Teilnahme: ja
Vortragender: nein

Autor:

Herbert Walter
Dipl.-Ing. Dr.
IGT – Geotechnik und Tunnelbau ZT-GmbH
Mauracherstraße 9
5020 Salzburg

Tel: 0662/641727
Fax: 0662/641729/3
mail: h.walter@igt.co.at
internet: <http://www.igt.co.at>

Nicht Zutreffendes bitte löschen:

Teilnahme: ja
Vortragender: ja