

Landesstraße B 67a – Grazer Ringstraße

S Ü D G Ü R T E L

Puntigamer Straße – Liebenauer Gürtel

Projekt km 0,00 – 2,00

Länge 2,00 km

Geologisches - geotechnisches

Gutachten

Graz, den 18. März 2009

Inhaltsverzeichnis

1	Projektsunterlagen	3
2	Fachbefund	5
2.1	Allgemeiner Teil	5
2.1.1	Einleitung	5
2.1.2	Kurze Beschreibung des Vorhabens	6
2.2.	Fachteil Geologie – Geotechnik	9
2.2.1	Einleitung	9
2.2.2	Gelände- und Anlagenverhältnisse	10
2.2.3	Untergrundverhältnisse	12
2.2.4	Bauausführung	15
3.0	Gutachten	20
3.1.	Gutachten nach dem UVP-Gesetz	20
3.1.1	Beurteilungsgrundlagen	20
3.1.2	Vermeidung von Umweltauswirkungen	21
3.1.3.	Boden und Untergrund	21
3.1.4.	Beweissicherung	24
3.1.5	Arbeitnehmerschutz	25
3.2	Gutachten nach weiteren Verwaltungsvorschriften	26
3.2.1	Befund	27
3.2.2	Gutachten	47

3.3	Maßnahmen und Aufgabenvorschläge	52
3.4	Stellungnahmen und Einwendungen	55
3.5	Varianten und Alternativen	56
4.0	Zusammenfassung	56

1 PROJEKTSGRUNDLAGEN

Die Grundlage von Befund und Gutachten stellen die gemäß § 17 Abs.1 UVP-G 2000 idgF vorgelegten Projektunterlagen, die von der Genehmigungsbehörde, der Fachabteilung 18A – Gesamtverkehr und Projektierung im Amt der Steiermärkischen Landesregierung in 8011 Graz dem ASV übermittelt wurden, dar. Diese Unterlagen bestehend aus den technischen Breichten und dazugehörenden Plansätzen wurden von der Ziviltechniker KEG Rinderer & Partner in 8010 Graz, Grabenstraße 33 am 30. September 2005 angefertigt. Nach Durchsicht dieser Unterlagen erfolgte auf Basis einer Vorbeurteilung sowie der Besprechung vom 01.Juni 2007 (konrad_010607) die Vorlage von Nachreichunterlagen.

Nachstehend werden im Detail die für die Gutachtenserstellung verwendeten Unterlagen taxativ aufgelistet:

- BRANDL, K. et al. (2002): UVE Leitfaden – eine Information zur Umweltverträglichkeitserklärung, fachliche Aspekte. Umweltbundesamt, Wien 2002.
- Geologische Karte der Steiermark, M:1:200 000, Geologische Bundesanstalt, Wien, 1985 (H. W. Flügel und F. Neubauer).

- Der Geologische Aufbau Österreichs, herausgegeben von der geologischen Bundesanstalt; 1980
- ÖNORM B 2205: Erdarbeiten – Werkvertragsnorm
- ÖNORM B 4015: Belastungsannahmen im Bauwesen - Außergewöhnliche Einwirkungen - Erdbebeneinwirkungen - Grundlagen und Berechnungsverfahren
- ÖNORM B 4015-1 - Belastungsannahmen im Bauwesen, Außergewöhnliche Einwirkungen, Erdbebeneinwirkungen, Grundlagen, vom 1. Oktober 1997.
- ÖNORM B 4016: Belastungsannahmen im Bauwesen; außergewöhnliche Einwirkungen; Horizontalstöße von Fahrzeugen
- ÖNORM B 4400: Erd- und Grundbau; Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke und Methoden zum Erkennen von Bodengruppen
- ÖNORM B 4417: Erd- und Grundbau; Untersuchung von Böden; Lastplattenversuch
- ÖNORM B 4433: Erd- und Grundbau; Böschungsbruchberechnung
- ÖNORM B 4434: Erd- und Grundbau – Erddruckberechnung
- ÖNORM B 4435-1: Erd- und Grundbau - Flächengründungen - Teil 1: Berechnung der Tragfähigkeit bei einfachen Verhältnissen
- ÖNORM B 4435-2: Erd- und Grundbau - Flächengründungen - EUROCODE-nahe Berechnung der Tragfähigkeit
- ÖNORM B 4400 Bodenklassifizierung für bautechnische Zwecke und Methoden zum Erkennen von Bodengruppen
- ÖNORM B 4401 Teil 1/2; Erd- und Grundbau; Erkundung durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben; Aufschlüsse im Lockergestein/Festgestein
- ÖNORM B 4401 Teil 2/2; Erd- und Grundbau; Erkundung durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben; Protokollierung / Zeichn. Darstellung der Ergebnisse.
- ÖNORM B 4417 Erd- und Grundbau, Untersuchung von Böden, Lastplattenversuche
- ÖNORM B 4418 Erd- und Grundbau, Lastplattenversuche
- ÖNORM B 4419 Erd- und Grundbau, Untergrunderkundung durch Sondierungen, Rammsondierungen
- ÖNORM B 4710-1 Beton Teil1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis

- ÖNORM EN 1536 „Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezial-tiefbau),Bohrpfähle“, in der aktuellen Fassung.
- ÖNORM EN 1537 „Verpressanker“, in der aktuellen Fassung.
- Austrian Map Version 2.0, Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen

2 FACHBEFUND

2.1. Allgemeiner Teil

2.1.1. Einleitung

Das gegenständliche Bauvorhaben befindet sich im südlichsten Grazer Stadtbezirk Liebenau am linken Murufer. Durch seine Lage zwischen dem Stadtzentrum und einem sehr dynamisch sich entwickelnden Umland ist der Stadtbezirk Liebenau durch den Bezirks übergreifenden Verkehr sehr stark betroffen. Insbesondere die Ldstr. B 67a Grazer Ringstraße in Funktion einer hochrangigen Stadtgürtelstraße erzeugt schon derzeit mit mehr als 30.000 Kfz / 24 Std. auf der 4-streifigen Schleuse Puntigamerbrücke über die Mur einen nicht mehr zu bewältigenden Verkehrsdruck auf das derzeit 2-streifige, Ampel geregelte Hauptverkehrssystem Puntigamer Straße – Liebenauer Hauptstraße zum 4-streifigen dritten Südgürtel (Liebenauer Gürtel – St. Peter Gürtel). Von dieser Verkehrssituation sind in erster Linie Wohnbereiche des Stadtbezirkes mit dem Schleichwegenetz betroffen, da zu den verkehrlichen Stoßzeiten und Überlastung des übergeordneten Landesstraßennetzes, ein Ausweichen in die Wohnbereiche mit dementsprechenden Umweltbelastungen erfolgt.

Die parallel zum Autobahnzubringer A 2Z führende Liebenauer Hauptstraße bildet derzeit eine Haupteinfallstraße aus dem südöstlichen Umland von Graz und wird

durch den Individualverkehr sehr stark belastet. Die Puntigamer Straße B 67a als Teil der wichtigsten Ost – West Verbindung in Graz bildet einen Flaschenhals im übergeordneten Straßennetz. Diesen verkehrlichen Flaschenhals gilt es umweltverträglich im Sinne eines 4-streifigen bedarfsgerechten „Südgürtel – Lückenschluss“ der Ldstr. B 67a zwischen der bestehenden Puntigamerbrücke und dem Liebenauer Gürtel in Kompetenz der Landesstraßenverwaltung auszubauen.

Die zukünftige Entwicklung des Bezirkszentrums Liebenau hängt daher maßgebend von der Entlastungswirkung des gegenständlichen Bauvorhabens ab.

Untrennbar verknüpft mit der Realisierung dieses B 67a Landesstraßenbauvorhabens ist die Verbesserung der Anschlusssituation im gesamten Bezirk zum bestehenden Hochleistungsnetz A 2 mit verkehrslenkenden Maßnahmen. Voraussetzung für die Erreichung dieser infrastrukturellen Ziele ist eine flächendeckende Verkehrsberuhigung bezüglich gebietsfremden Durchgangsverkehr bei optimaler Erschließung des Bezirks Liebenau. Dies kann durch das gegenständliche Infrastrukturprojekt eines Lückenschlusses zwischen Puntigam und St. Peter mit den Vollanschlüssen Puntigamer Straße und Liebenauer Hauptstraße optimal erreicht werden. Dies konnte im Rahmen der parallel zum Einreichprojekt erstellten Umweltverträglichkeitserklärung nachgewiesen werden.

2.1.2. Kurze Beschreibung des Vorhabens

Die aus der Nutzen - Kostenanalyse im Vorprojekt hervorgegangene, nachweislich effizienteste 2000 m lange Neubaumaßnahme, setzt sich im Wesentlichen aus einer 1.442 m langen doppelröhrigen Unterflurtrasse in niveaufreier Querung des Straßennetzes in Liebenau und dazu einem umfeldverträglichen Anschlusssystem mit ressourcenschonenden Mittelrampen zur Verknüpfung der Liebenauer Hauptstraße (Einhausung) und der Puntigamer / Murfelder Straße zusammen.

Der durch eine Mittelwand richtungsgebundene Rechteckquerschnitt besitzt im Regelfall eine lichte Weite von 12,25 m und eine lichte Höhe von 5,0 m. Die Gesamtbauwerksbreite beträgt somit 26,40 m bei einer Tieflage von durchschnittlich 7,0 m unter Gelände. Das Bauwerk wird im Bereich des Grundwassers als sogenannte „Weiße Wanne“ wasserdicht ausgeführt.

Im Bereich der Retentionsanlage Mitte für das Auffangen der Wasch- und Eintragswässer, situiert in einer Abstellnische der Unterflurtrasse (UFT) unterhalb der Fahrbahn mit einer Gründungstiefe von 326,00 m (10 m unter GOK) und der Retentionsanlage West mit einer Gründungstiefe von 325,70m (rd. 12m unter GOK) bzw. im Bereich des Pumpensumpfes von 324,90 (rd. 13m unter GOK) ergeben sich die maximalen Gründungstiefen.

Aufgrund der Tieflage der UFT mit entsprechenden Einbauten, ist auf die Wiederherstellung des teilweise unterbrochenen Kanalsystems mit den Hauptsträngen im Sutter-Weg, der Engelsdorfer- / Stangelmühl-Straße sowie im Liebenauer Gürtel zu verweisen (siehe Einl. 24 Büro Senekowitsch, Kanalprojekt, Düker). Die Wiederherstellung von unterbrochenen Hauptkanalsträngen erfolgt mittels Dükeranlagen.

Bemessung des Ldstr. B 67a – Neubaues

Wie schon in den vorangegangenen Kapiteln bezüglich Funktion der Ldstr. B 67a (Klasse III im seinerzeitigen Bundesstraßennetz) und der zu erwartenden Verkehrsbelastung (Prognoseverkehr 2015 in der UFT 25.000 KFZ/24h) angedeutet, ist zur Begründung von Neubaumaßnahmen im Vorfeld des Einreichprojektes einerseits eine Gegenüberstellung Leistungsprofil ($V_B = 26 \text{ km/h}$) zum Anforderungsprofil ($V_B = 60 - 80 \text{ km/h}$) durchzuführen, andererseits der Level of Service der vierstreifigen Anlageverhältnisse mit Mitteltrennung in der UFT im Zusammenhang mit der räumlichen Linienführung nachzuweisen. Diese Bemessung im Sinne einer Angebotsplanung statt Kapazitätsplanung ist nachvollziehbar im Vorprojekt (Genereller Variantenvergleich) gemäß RVS 3.7 Überprüfung der Anlageverhältnisse von Straßen (ÜAS) dokumentiert. Im Rahmen der Alternativentwicklungen wurde nachgewiesen, dass eine optimale Verkehrsberuhigung der Bezirke Liebenau und St. Peter nur über einen vierstreifigen Südgürtel Gesamtquerschnitt zielführend ist. Aus den höhenmäßigen niveaufreien Querungen von Puntigamer-, Murfelder-, Casal, Engelsdorfer-, Stanglmühl-, Liebenauer Hauptstraße und den lagemäßigen Zwangspunkten (Baulücken) folgend ergibt sich die Trassenführung im Grund- und Aufriss wie folgt:

In Bau-km 0,00 springt die neue Ldstr. B 67a vom linken Widerlager der Murbrücke mit einer Eillinie R200/R500 von der Puntigamer Straße nach Süden ab, um dann in km 0,2 + 61,218 die Kreisverkehrsanlage Puntigamer / Murfelder Straße, vor der

Halle Steinbau Mörz liegend, zu unterfahren (Längsneigung im Abtauchbereich 5 %). Die Auf- und Abfahrtsrampen zeigen dazu Neigungsverhältnisse von 1,2 % westlich und 6 % östlich des Kreises. Nach einer ca. 140 m langen Zwischengerade zielt die Trasse mit einer Wendelinie R190 / R280 auf den Bestand der Casalgasse im Bereich der Verbauung Lebenshilfe um sodann wiederum mit einer Eillinie R310 / R1500 sich auf die Engelsdorfer Straße zwischen der engen Straßenverbauung St. Paul vor der Konrad-Hopferwieser-Gasse zu legen. Die Nivellette im Bereich der Engelsdorfer Straße verläuft ca. 6,60 m unter dem Bestand mit 0,2 % bis 0,4 % abwechselnd fallend und steigend bis zur Unterfahrung der Kreisverkehrsanlage Liebenauer Hauptstraße. Der unterirdische Absprung von der Engelsdorfer Straße zum Liebenauer Gürtel erfolgt durch einen Linksbogen $R = 200$ m um dann in weiterer Folge mit einer Eillinie in die Gerade des Liebenauer Gürtels überzugehen. Das Auftauchen der Trasse erfolgt mit einer Steigung von 5 %. Von der zweistreifigen Kreisverkehrsanlage Liebenauer Hauptstraße ergeben sich westlich 6 % und östlich 5 % für die innen liegenden Auf- und Abfahrtsrampen als Vollanschluss. Die daraus resultierenden Entwicklungslängen aus der UFT-Tieflage ergeben ein Baulosende in km 2,00 auf der Höhe des Supermarktes Billa. Für die Wiederherstellung des bestehenden Wegenetzes wird die Engelsdorferstraße auf die UFT weitgehend im bisherigen Verlauf gelegt. Lediglich im Bereich der zentralen Tunnelwarte Südgürtel Proj. km 1,05 wird die Engelsdorfer Straße aus dem Bestand nach Osten verschwenkt um für das Bauwerk auf der UFT Platz zu machen. Die Puntigamer und Murfelder Straße sind über die neue Kreisverkehrsanlage verbunden. Das verbleibende Reststück der Puntigamer Straße zur Mur wird als Aufschließungsstraße für die bestehende Verbauung umfunktioniert. Für die Verlegung und Wiederherstellung der Kanäle im Projektbereich mit Unterdückerungen der UFT wird auf das Wasserrechtsoperat des Einreichprojektes und auf die UVE Einlage 24.1 – 24.7 verwiesen. Im Wasserrechtsoperat wird die Entsorgung der Straßenoberflächenwässer behandelt und ist interdisziplinär konzeptiv im Straßendetailentwurf des gegenständlichen Einreichprojektes dokumentiert.

Planungsparameter des Straßenprojektes

Landesstraße B 67a Grazer Ringstraße

Abschnitt: „St. Peter – Puntigam“

Bestands km 3,3 + 00,000 bis 5,3 + 00,000

Projekts km 2,0 bis 0,0 (von West nach Ost stationiert)
Projektierungsgeschwindigkeit $V_P = 60 \text{ km / h}$
kleinster Bogen $R_{\min} = 190 \text{ m}$
max. Längsneigung Hauptanlage $S_{\max} = 5,0 \%$
Rampen $S_{\max} = 6,0 \%$
kleinste Kuppenausrundung $RK_{\min} = 2.000 \text{ m}$
kleinste Wannenausrundung $RW_{\min} = 1.500 \text{ m}$
Bemessungsverkehrsstärke Prognose: $Q_B = 25.000 \text{ KFZ/24h}$

2.2. Fachteil Geologie – Geotechnik

2.2.1. Einleitung

Im Rahmen der weiterführenden Errichtung des Südgürtels in Graz soll nunmehr das Teilstück St. Peter - Puntigam hergestellt werden, das - im Sinne der Bau-Kilometrierung - eine Verbindung zwischen der Puntigamer Straße im Bereich der Puntigamer Brücke im Westen und dem Liebenauer Gürtel im Osten vorsieht. Zusätzlich soll im Osten ein rund 500 m langer Abschnitt des Liebenauer Gürtels untersucht werden, da hier in weiterer Folge, bis zur Autobahnauffahrt Messendorfer Straße, eine Absenkung der Nivellette um mehrere Meter vorgesehen ist.

Das Ziv.-Ing. Büro Garber- Dalmatiner wurde mit der Erstellung des vorliegenden Gutachtens beauftragt, im Rahmen dessen die Untergrundverhältnisse entlang des geplanten Trassenabschnittes (inkl. des rund 500 m langen Abschnittes im Osten), auf der Grundlage der Ergebnisse von Schürfgruben und Kernbohrungen, aus bodenmechanischer Sicht beurteilt wurden. Insbesondere werden Empfehlungen betreffend die zweckmäßigsten Gründungs- und Baugrubensicherungsmethoden abgegeben und Angaben hinsichtlich eventueller grundbaulicher Sondermaßnahmen gemacht. Schließlich werden die für die Projektierung erdstatische Bemessung und Ausschreibung relevanten Daten und Bodenkennwerte angegeben.

Die geologisch-hydrogeologische Bearbeitung des gegenständlichen Projektes erfolgte durch das ZT-Büro für Geologie & Hydrogeologie Dr. Walter Gamerith.

2.2.2. Gelände- und Anlageverhältnisse

Die Trasse des gegenständlichen, rund 2 km langen Abschnittes beginnt entsprechend der Bau-Kilometrierung bei der Puntigamer Brücke (km 0,0 - 11,95) und führt zunächst in einem leichten Rechtsbogen querfeldein in etwa bis zur Kreuzung Casalgasse / Huttegger Straße. Sodann folgt sie ungefähr der Engelsdorfer Straße bis zur Kreuzung Engelsdorfer Straße / Stanglmühlstraße, von wo sie in einem Linksbogen zum Kreuzungsbereich mit der Liebenauer Hauptstraße geführt wird. Östlich der Liebenauer Hauptstraße folgt die Trasse dem Liebenauer Gürtel bis ca. 320 m über den Kreuzungsbereich hinaus (Ende der Trasse bei km 2,0 + 00,00).

Über einen Großteil der Strecke soll dieser Abschnitt des Südgürtels als überdeckte Unterflurtrasse ausgeführt werden (km 0,2 + 25,00 bis km 1,6 + 67,00). Hierbei kommt die Nivellette der Unterflurtrasse (Bezugshöhe in der Tunnelachse zwischen den beiden Richtungsfahrbahnen) im Allgemeinen in Tiefen zwischen ca. 5 und 7 m unter Gelände zu liegen (Seehöhe zwischen ca. 331,0 und 335,8 m ü.A; Tiefpunkt bei ca. km 0,354). Je Fahrtrichtung sind zwei Fahrstreifen und ein Abstellstreifen vorgesehen, womit sich für den kastenförmigen Regelquerschnitt der Unterflurtrasse mit Mittelwand eine Gesamtbreite von (außen) 26,40 m ergibt. Zur direkten Anbindung an die Puntigamer Straße sowie an die Liebenauer Hauptstraße sind auf Höhe von km 0,2 + 61,00 bzw. km 1,6 + 23,00 zwei auf Urgeländeneiveau liegende Kreisverkehrsanlagen samt innen angeordneten Auf- und Abfahrtsrampen geplant, womit sich jeweils auf rund 350 m Länge Gesamt-Querschnittsbreiten von (außen) 33,20 m ergeben.

Abschließend ist noch zu erwähnen, dass beabsichtigt ist, den an die Trasse im Osten anschließenden Abschnitt des Liebenauer Gürtels bis zur Autobahnauffahrt Messendorfer Straße zu einem späteren Zeitpunkt um mehrere Meter abzusenken.

Hinsichtlich der Geländebeziehungen ist anzumerken, dass das Gelände - abgesehen von einem bis rund 5 m hohen Höhengsprung (Terrassenkante der eiszeitlichen Würmterrasse zu den Murauen) - praktisch durchwegs als ± eben bezeichnet werden kann.

Der westliche Teil der gegenständlichen Trasse verläuft - abgesehen von den Straßenquerungen (Engelsdorfer Straße, Kreuzungsbereich Casalgasse / Huttegger Stra-

Be) - zunächst über großteils landwirtschaftlich genutztes Gelände (z.Z. Glashäuser) auf dem tiefer gelegenen Niveau der Murauen . Zu Beginn ist das Gelände augenscheinlich (stärker) anthropogen umgestaltet. Im Zwickel zwischen der Puntigamer Straße und der Murfelder Straße befindet sich nämlich eine unregelmäßig begrenzte Vertiefung (Höhendifferenz zum umgebenden Gelände bis über 2,5 m), die möglicherweise durch Geländeaufschüttungen (Straßendämme für die Puntigamer Straße und die Murfelder Straße sowie eventuell Anschüttung im Bereich des Lagerplatzes der Fa. STUAG) entstanden ist. Andererseits könnte es sich jedoch auch um eine (möglicherweise teilweise wiederverfüllte) Grube (Schotterentnahme?) handeln. Knapp westlich der Kreuzung Casalgasse / Engelsdorfer Straße führt die Trasse auf einer kurzen Strecke über die Würmterrasse. Auf Höhe des Pfarrzentrums St. Paul kreuzt die Trasse die Engelsdorfer Straße und verläuft anschließend bis zur Kreuzung Engelsdorfer Straße / Stanglmühlstraße \pm parallel zur Terrassenkante. Anzumerken ist, dass die nordöstliche Außenkante der Unterflurtrasse in diesem Teilstück jedoch zum Teil unmittelbar an (bzw. auch hinter) der Terrassenkante liegt.

Östlich der Kreuzung Engelsdorfer Straße / Stanglmühlstraße liegt die Trasse durchwegs im Bereich der höher gelegenen, morphologisch unauffälligen Würmterrasse. Westlich der Liebenauer Hauptstraße führt die Trasse im Allgemeinen über \pm ebene Wiesen und Ackerflächen. Zwischen der Liebenauer Hauptstraße und dem Baulosende deckt sie sich, wie bereits erwähnt, mit dem Liebenauer Gürtel.

Durch die Trassenführung kommt der geplante Südgürtel zum Teil im Bereich von bestehenden Bauwerken bzw. knapp neben diesen zu liegen. Jene Bauwerke, die direkt in der Trasse liegen, werden generell abgerissen. Unmittelbar neben der Trasse gelegene Bauwerke sollen jedoch großteils bestehen bleiben.

In dem vom ZT-Büro Dr. W. Gamerith ausgearbeiteten Gutachten werden Durchlässigkeitsbeiwerte k auf der Basis von mehreren ausgewerteten Pumpversuchen mit k (1,0 ... 5,0) $\cdot 10^{-3}$ m/s angegeben. Um eine ausreichende Sicherheit bei der Berechnung von Wasserhaltungen zu gewährleisten, wurde von einem mittleren k -Wert von $5 \cdot 10^{-3}$ m/s ausgegangen.

2.2.3. Untergrundverhältnisse

2.2.3.1 Regionalgeologischer Überblick

Aus regionalgeologischer Sicht führt der geplante Streckenabschnitt des Grazer Südgürtels, ausgehend von der Puntigamer Brücke zunächst über den nacheiszeitlich gestalteten Bereich der Murauen, sodann über eiszeitliche Ablagerungen der Würmterrasse (im Wesentlichen fluvioglaziale Ablagerungen mit einer bis mehrere Meter mächtigen sandig-schluffigen Deckschicht).

Im Nahbereich der Trasse folgt die Terrassenkante hierbei, von Süden von der Dorfstraße kommend, der Engelsdorfer Straße, um anschließend knapp nordwestlich des Pfarrzentrums St. Paul (morphologisch kaum noch erkennbar) von der Engelsdorfer Straße in Richtung Norden abzuschwenken.

Die Unterlagerung der eiszeitlichen Ablagerungen (Terrassenschotter) bilden die überwiegend feinkörnigen Ablagerungen des Tertiärs.

2.2.3.2 Umfang der Untergrunderkundung

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse im Bereich der geplanten Trasse (sowie im danach liegenden Abschnitt bis zur Autobahnauffahrt Messendorfer Straße) wurden am 10. und 11. Juni 2003 insgesamt 22 Schürfgruben gegraben und der darin angetroffene Bodenaufbau von unserem Büro dokumentiert. Des Weiteren stehen uns die Ergebnisse von zwölf im Zeitraum vom 2. Juni bis 1. Juli 2003 entlang des gegenständlichen Streckenabschnittes bzw. in zwei Fällen rund 150 m südlich davon niedergebrachten und vom ZT-Büro Dr. Gamerith dokumentierten Kernbohrungen (KB 1/03 bis KB 10/03) zur Verfügung. Zudem kann auf die Ergebnisse von im Bereich der Puntigamer Brücke im Sommer 1988 hergestellten Bohrungen zurückgegriffen werden (Amt der Stmk. Landesregierung, Bodenprüfstelle).

Die (im Falle der Baggerschürfgruben ungefähre) Lage der im Jahr 2003 durchgeführten Aufschlüsse sowie der Bohrung 67a/6Bb (aus dem Jahr 1988) sind im Lageplan eingezeichnet. Die Ergebnisse der Schürfgruben liegen dem Gutachten in Form von geschriebenen Schichtenverzeichnissen als Beilage 1 den Einreichunterlagen bei. Der Vollständigkeit halber sind weiters die Ergebnisse der erwähnten Kernbohrungen den Unterlagen beigefügt.

2.2.3.3 Zusammenfassungen der Ergebnisse der Untergrunderkundung

Aufgrund der Ergebnisse der Untergrunderkundungen können die Untergrundverhältnisse folgendermaßen zusammengefasst werden:

Unter der in der Regel 0,1 bis 0,3 m (teilweise bis 0,8 m) dicken Mutterboden- und Zwischenbodenschicht beginnt die Schichtabfolge sowohl im Bereich der Muraueu , als auch auf der Würmterrasse häufig mit einer feinkornbetonten Deckschicht. Es handelt sich dabei im Wesentlichen um ± feinsandige, lokal auch gering tonige Schluffe bis ± schluffige, teilweise auch reine Feinsande (bis Mittelsande). Diese meist braunen, selten grauen Böden sind durchwegs locker gelagert bzw. in der Regel steif (örtlich auch weich) und weisen im Allgemeinen eine Mächtigkeit unter 1,0 m auf. Größere Mächtigkeiten, bis 2,0 m, wurden zum Teil in den östlich der Liebenauer Hauptstraße hergestellten Aufschlüssen festgestellt.

Darunter folgen Flussablagerungen (Murschotter) in Form von teilweise gering bis sehr gering blockigen, ± sandigen Kies-Stein-Gemischen, untergeordnet auch ± kiesigen Sanden. Fallweise wurden auch reine Sandschichten (z.B. S8, S22) sowie reine Kieslinsen mit fehlendem Füllkorn (z.B. S8, S13) festgestellt. Die Lagerungsdichte der Murschotter ist anfangs in der Regel locker, mit zunehmender Tiefe mitteldicht, z.T. auch dicht. Als tiefstes Schichtglied wurde in den Bohrungen KB 1/03, KB 3/03, KB 5/03 und KB 6/03, weiters auch KB 10/03, das Tertiär aufgeschlossen. Hierbei handelt es sich um Schluff-Feinsand-Gemische, zum Teil auch um gering kiesige, gering schluffige Sande sowie sehr schluffige, sandige Kiese, die zu Beginn bis wenige Dezimeter verwittert und aufgeweicht sind, dann rasch zumindest halbfest werden bzw. eine hohe Lagerungsdichte aufweisen.

Die Oberkante des Tertiärs wurde in der Bohrung 67a/6Bb bis zur Endtiefe von 20 m nicht erreicht, sonst im Regelfall in Tiefen zwischen 19,1 m und 16,0 m unter GOK bzw. zwischen ca. 317,8 und 323,55 m ü.A. erreicht. Die schon außerhalb des aktuellen Bauvorhabens, in Richtung Autobahnauffahrt Messendorfer Straße gelegene Bohrung KB 10/03 ist insofern bemerkenswert, als das Tertiär hier schon 13,2 m unter GOK bzw. bei ca. 329,6 m ü.A. erreicht wurde. In einigen Schürfgruben und Bohrungen wurden zuoberst bzw. unter der Mutterbodenschicht Anschüttungen angetroffen

(Schürfgruben S4, S10, S11, S12, S15, S17 sowie Bohrungen 67a/6Bb, KB 2/03, KB 3/03 und KB 4/03). Es handelt sich dabei überwiegend um ± sandige, zum Teil ± steinige, zum Teil gering schluffige Kiese, untergeordnet auch um Schluff-Sand- Kies-Gemische, Schluff-Feinsand-Gemische oder gering bis sehr gering schluffige, sandige Steine und Kiese. Teilweise sind Ziegelstücke anzutreffen, wobei der Anteil an Ziegelbruch generell sehr gering ist, in der Bohrung KB 3/03 jedoch einen Anteil von rund 20 bis 30 % erreicht. Die Mächtigkeit der Anschüttungen beträgt in den Aufschlüssen bis zu 2,6 m.

Hinsichtlich der Grundwasserverhältnisse ist festzuhalten, dass der Grundwasserspiegel in sämtlichen Bohrungen angetroffen wurde, und zwar in Tiefen zwischen 4,4 und 10,9 m unter Gelände bzw. zwischen ca. 332,5 und 330,1 m ü.A..

Für einen Gesamt-Überblick über die Untergrund- und Grundwasserverhältnisse wird auf den im Gutachten des ZT-Büros Dr. W. Gamerith enthaltenen geologischen Längenschnitt im Maßstab 1:2000/200 verwiesen. Insbesondere sind dort die für die im Trassenbereich liegenden Bohrpunkte Wasserspiegellagen eingezeichnet. Stellvertretend werden drei Punkte herausgegriffen:

- KB 1/03 nahe der Kreisverkehrsanlage Puntigamer Straße
- KB 3/03 etwa auf Höhe Engelsdorfer Straße 10
- KB 6/03 nahe der Kreisverkehrsanlage Liebenauer Hauptstraße

Bohrung	Projekts-km	Nivellette	NGW	MGW	HGW
KB 1/03	0,248	331,33	332,15	332,90	334,60
KB 3/03	0,756	331,84	332,00	332,90	334,40
KB 6/03	1,585	333,12	330,70	331,30	333,60

2.2.4. Bauausführung

2.2.4.1 Beweissicherung, Messüberwachung

Vor Inangriffnahme der Bauarbeiten ist - abgesehen von der Grundwasser-Beweissicherung entsprechend den Ausführungen des ZT-Büros Dr. Gamerith - auch eine Beweissicherung an in der Nähe der Unterflurtrasse vorhandenen baulichen Anlagen durchzuführen, wobei als bauliche Anlagen nicht nur Gebäude, sondern auch z.B. Stützmauern, Straßenflächen, Kanäle etc. zu betrachten sind. Im Rahmen der Beweissicherung sind eventuell schon vorhandene Schäden, insbesondere Risse, genau zu dokumentieren.

Die Beweissicherung umfasst die nachstehend angeführten der Trasse nächstgelegenen Bauwerke:

Casalgasse 73 (2 gemauerte Gebäude) EG 15 m schlechter Bauzustand

Casalgasse 69 (Einfamilienhaus) KG, EG 21 m

Casalgasse 67 (Einfamilienhaus) EG, DG 13 m

Casalgasse 68 (Einfamilienhaus; Blumenladen) KG, EG und OG 13 m

Kreuzung Engelsdorfer Straße, Johann-Koller-Weg (Einfamilienwohnhaus)

EG + "Halle" 14 m "altes" Bauwerk

Engelsdorfer Straße 10 (Einfamilienhaus) KG, EG, DG 17 m

Engelsdorfer Straße 18 (Einfamilienhaus) KG, EG, DG 13 m

Pfarrzentrum St. Paul EG 15 m

Stützmauer östlich Engelsdorfer Straße (südlich

der Kreuzung mit der Konrad-Hopferwieser-Gasse) - 23 m

Engelsdorfer Straße 37, 39, 41, 43 und 45 (Einfamilienhäuser) generell nur EG, (Nr. 41 auch KG) 23 m z.T. "alte" Bauwerke

Stanglmühlstraße 21 (Einfamilienhaus) KG, EG 18 m

Engelsdorfer Straße 47 (Hochhaus) KG, EG, 7 OG 19 m

Engelsdorfer Straße 57a (Garage) EG 29 m

Fa. Luttenberger (überdachter Holzlagerplatz) - Liebenauer Hauptstraße 200 (Friseur Trummer) KG, EG, OG 21 m

Als Einwirkungen, die zu Schäden führen könnten, sind vor allem die Bodenentspannung neben Baugruben sowie Verformungen von Baugrubensicherungen zu erwähnen, wobei im Falle von Spundwänden die mit dem Rammen verbundenen Erschütterungen und die mit dem Ziehen einher gehenden Verformungen hinzukommen. Aber auch im Zusammenhang mit der Wasserhaltung (z.B. durch Bodenumlagerungen als Folge von inneren Erosionen) und durch schweren Baustellenverkehr können Schäden auftreten. Die flächenmäßige Ausdehnung des Bereiches, innerhalb dessen Beweissicherungen durchzuführen sind, richtet sich somit einerseits nach der Baugrubentiefe und der Grundwasser-Absenktiefe, andererseits auch nach der Art der Bau durchführung. Für den Fall, dass Spundwände zum Einsatz gelangen, ist der zu erfassende Bereich eher weiter abzustecken und während der Arbeiten durch an sensiblen Punkten angebrachte Schwingungsaufnehmer zu überwachen.

Falls die Spundwände nicht geschlagen, sondern eingeschüttet werden, kann hiermit gleichzeitig die Frequenz des Rüttlers optimiert werden. Als erster Anhaltspunkt wird empfohlen, im tiefer liegenden Abschnitt der Unterflurtrasse, etwa von Bau-km 0,175 bis km 1,675, die innerhalb eines jeweils 30 m breiten Streifens beidseitig der Wannen-Außenwände gelegenen Objekte mit der Beweissicherung zu erfassen. Im Zusammenhang mit der Beweissicherung sind auch noch die verfügbaren Daten über die Fundierung der angrenzenden Objekte zu ergänzen (z.B. Erheben der Kellerfußboden-OK des Hochhauses in der Engelsdorfer Straße 47).

Während der Bauarbeiten sind zumindest die oben angeführten Objekte, sofern sie nicht abgetragen werden, durch Setzungsmessungen (Genauigkeit + 1 mm) zu überwachen und schon vorhandene Mauerwerksrisse hinsichtlich etwaiger Veränderungen zu kontrollieren. Die Mess- bzw. Kontrollintervalle müssen sich dabei am Bau fortschritt orientieren. Weitere Messpunkte aber auch Messsysteme sind in Abhängigkeit der gewählten Bauverfahren und der Empfindlichkeit von Bauwerken und/oder Baugrubensicherungen zu wählen (z.B. Grundwasserspiegelmessungen etc.)

2.2.4.2 Baugruben, Baugrubenböschungen

Die Baugrubentiefe beträgt im Regelfall ca. 7 bis 10 m, wobei ein Großteil der Strecke mehr oder weniger in das Grundwasser eintaucht. Die Baudurchführung wird entscheidend vom jeweiligen Grundwasserstand geprägt, weshalb unbedingt danach zu trachten ist, vor allem den westlichen, am tiefsten in das Grundwasser eintauchenden Abschnitt zwischen etwa km 0,200 und 0,900 zu einer Zeit mit niedrigerem Grundwasserspiegel herzustellen. Entsprechend den Aufschlussbohrungen liegt die Sohle der Murschotter bzw. des Aquifers zwischen ca. 12 m im Westen und ca. 8 m (bis minimal 7 m) im mittleren und östlichen Abschnitt. Das bedeutet, dass theoretisch, durch Einbindung in das Tertiär, eine weitgehend dichte Umspundung möglich wäre, wenn entsprechend schwere Spundwandprofile und Rammgeräte verwendet werden. Aufgrund der hiermit verbundenen Kosten kommt jedoch vermutlich eine Grundwasserabsenkung, eventuell in Verbindung mit einer nicht vollkommenen Abdichtung für den jeweiligen Bauabschnitt, günstiger. Zum Einfluss einer nicht bis in das Tertiär reichenden Umspundung auf die zu pumpende Wassermenge.

Auf die Problematik mit der Wasserhaltung, die aus baupraktischer und wasserrechtlicher Sicht erforderlichen entsprechend kurzen Bauabschnitte und die zu erwartenden Pumpmengen wird im Gutachten des ZT-Büros Dr. W. Gamerith näher eingegangen. Dort wurde auch ausgeführt, dass im westlichen Abschnitt eine Wasserhaltung mittels Brunnen erforderlich sein wird, während bei geringer Absenktiefe auch eine offene Wasserhaltung mit Drainagegräben und Pumpensümpfen denkbar ist.

Aus bodenmechanischer Sicht ist zu ergänzen, dass Bodenausspülungen - vor allem im Nahbereich von Gebäuden, möglichst verhindert werden müssen, beispielsweise durch geeignete Filterkörper. Über weite Bereiche wird mittels in der Baugrube, von einem Voraushubniveau hergestellter Schachtbrunnen das Auslangen gefunden werden können.

Zu den beiden Stützverfahren sind weiters nachstehende Punkte zu beachten:

- **Bodenvernagelung** : Voraussetzung ist ein unter der Baugrubensohle liegender bzw. verlässlich abgesenkter Grundwasserspiegel. Im Vergleich zu einer Spundwand nachteilig ist, dass für die Bodennägel möglicherweise Fremdgrund in Anspruch

genommen werden muss und dass die Baugrubensicherung im Untergrund verbleibt bzw. nur mit mehr oder weniger großem Aufwand teilweise entfernt werden kann (z.B. teilweises Öffnen der Spritzbetonschale im Grundwasserschwankungsbereich).

- **Spundwände:** Vorteilhaft ist, dass Spundwände mit dem Verfüllen der Baugrube wieder entfernt werden können und dass sie den Wasserhaltungsaufwand günstig beeinflussen. Als Nachteile sind hingegen die Rammerschütterungen und die mit dem Spundwandziehen verbundenen Baugrundverformungen zu erwähnen. Unterfangungen für einzelne, besonders nah am Querschnitt der Unterflurtrasse gelegene Bauwerke kommt praktisch nur eine Unterfangung in Frage. Hierfür eignet sich - aufgrund der vorliegenden Untergrund- und Grundwasserverhältnisse in Verbindung mit den großen erforderlichen Unterfangungstiefen

- das **Düsenstrahlverfahren (Hochdruckbodenvermörtelung)**, wobei aber auf mögliche Erschwernisse durch im Murschotter eingelagerte Blöcke (in den Aufschlüssen bis $d = 35$ cm, jedoch durchaus auch größere Blöcke möglich) hingewiesen wird. Während der Düsenstrahlarbeiten sind genaue Hebungs- bzw. Setzungskontrollen durchzuführen und im Bedarfsfall Entlastungsbohrungen vorzusehen. Durch eine entsprechende Vernagelung oder Verankerung im Zuge der Aushubarbeiten können die Verformungen minimiert werden. Wenn die Wanne der Unterflurtrasse direkt an den Unterfangungskörper angebaut wird, ist auf eine entsprechende Körperschalldämmung zu achten.

2.2.4.3 Fundierungen

Gemäß den durchgeführten Bodenaufschlüssen kommt die Gründungssohle der eigentlichen Unterflurtrasse im Murschotter zu liegen. Generell ist auf eine gleichmäßige Beschaffenheit der jeweiligen Gründungssohle zu achten. Im Murschotter eventuell eingelagerte Sandlinsen sind auskoffern und zweckmäßigerweise durch beim Baugrubenaushub gewonnenen Murschotter (ev. auch durch Magerbeton) zu ersetzen. Unter Umständen genügt es auch, den Sand mit Murschotter zu vermischen. Desgleichen sollten in der Gründungssohle anstehende gleichkörnige Kieslagen mit Sand-Kies vermischt wieder eingebaut werden. Die Gründungssohlen (und Bodenaus-

wechslungen) sind stets sorgfältig zu verdichten, ebenso die im Gutachten des ZT-Büros Dr. W. Gamerith geforderten Filterkörper und Dichtriegel. Der anstehende Boden ist gegenüber dem gut durchlässigen Filterkörper durch einen geeigneten Filter zu schützen, um die sonst - vor allem während aufrechter Wasserhaltung - zu befürchtenden Erosionen hintanzuhalten.

In den äußersten Rampenbereichen können in der vorgesehenen Gründungsebene Böden der Deckschicht anstehen. Um möglichst gleichmäßige Gründungsbedingungen zu schaffen, sind derartige Schichten zumindest teilweise auszuwechseln.

2.2.4.4 Freilandstrecken

Im Bereich der Freilandstrecken wird bei in Höhe des theoretischen Unterbauplanums anstehenden Böden der eher feinkörnigen Deckschicht ein verstärkter Fahrbahnaufbau erforderlich sein, um auf Höhe des theoretischen Unterbauplanums den in der RVS 8.24, Tabelle 1 geforderteren Lastplattenmodul zu erzielen. Bei anstehenden feinkörnigen Böden mit steifer Konsistenz wird der Gesamt-Fahrbahnaufbau (inklusive teilweiser Bodenauswechslung) eine Mächtigkeit von mindestens 1,0 m, bei eher nur weicher Konsistenz eine Mächtigkeit von mindestens 1,2 m aufweisen müssen. Für die (teilweise) Bodenauswechslung kommt in erster Linie drainagefähiger Bruchschotter (z.B. d = 20/40 mm) in Frage, welcher auf einem Trenn- und Verstärkungsgeotextil entsprechend RVS 8S.01.2 verdichtet eingebaut wird.

2.2.4.5 Streckenabschnitt bis zur Autobahnauffahrt Messendorfer Straße

Für die zu einem späteren Zeitpunkt geplante Fahrbahnabsenkung kann von 2:3 geneigten Einschnittsböschungen (mit den entsprechenden Ausrundungen) ausgegangen werden. Bereichsweise

- vor allem bei mächtiger Deckschicht oder locker gelagerten Sanden bis kiesigen Sanden

- können stabilitätserhöhende Maßnahmen, z.B. teilweise Bodenauswechslung bzw. Aufbringen einer Schicht größerer Scherfestigkeit, erforderlich werden.

3 GUTACHTEN

3.1. Gutachten nach dem UVP-Gesetz

3.1.1. Beurteilungsgrundlagen

Wie bereits im Kapitel 1.1 taxativ aufgezählt richten sich die Beurteilungsgrundlagen nach den Regelwerken vorrangig des Straßenbaus RVS – Richtlinien sowie den jeweiligen ÖNormen der B 44er Reihe für den Erdbau und der Geotechnik, die als der Stand der Technik zu bezeichnen sind. Diese Regelwerke beschreiben die zulässigen Parameter für die Errichtung von geotechnischen Einbauten, wie Stützbauwerken, etc. in den Untergrund und dessen geologische Rahmenbedingungen.

Beurteilt wurde fachlich in Abhängigkeit mit der Eingriffstiefe in den Untergrund die Stabilität der errichteten Böschungen in der Bauphase, der Betriebsphase und in einem eventuellen Störfall. Dazu erfolgten die Begutachtung und Abwägung der vorgesehenen Stützbauwerke (wie Spund- und Betonwände, etc.) auf den angrenzenden Untergrund sowohl im Zuge der Vorbereitung und Errichtung. Nicht zu vergessen ist die Erfassung der möglichen Auswirkung der einzelnen Herstellungsverfahren auf die Umwelt.

Der Arbeitnehmerschutz spielt vor allem in der Baubranche eine gewichtige Rolle und wird immer bedeutsamer je tiefer die Baustellensohle unter das Umgebungsniveau wandert. Hier wurde ausschließlich die Errichtungsphase beurteilt, da die Betriebsphase diesbezüglich nicht relevant ist.

3.1.2 Vermeidung und Verminderung von Umweltauswirkungen

Die Errichtung der B 67a als Südgürtel stellt jedenfalls einen erheblichen Eingriff in den Untergrund dar, wobei im Rahmen der Bauphase für die Umwelt die größten Veränderungen zu verzeichnen sind. Das Massengleichgewicht wird hier kurzfristig durch die abschnittsweise Herstellung der UFT gestört. Folgend wird durch geotechnische Baumaßnahmen das Gleichgewicht in anderer morphologischer Ausbildung wieder in eine stabile Lage gebracht.

Die vorgeschlagenen Maßnahmen zur stabilen Herstellung der UFT sowie der Zulaufstrecken werden in Anpassung an die geologischen Verhältnisse mit geringem Flächenverbrauch umgesetzt, wodurch die Umweltauswirkungen so gering wie möglich gehalten werden. Dies gilt auch für Anschüttungen und Vorschüttungen im Bereich der Zulaufstrecken.

In einigen Bereichen ist ein Bodenaustausch vorgesehen, um die Fundierungen ausreichend tragfähig herstellen zu können. In diesen Bereichen, die kleinräumig ausfallen, werden die ursprünglichen Verhältnisse im Bezug auf die Umgebung wieder hergestellt.

Schutzgüter sind im Zuge der Herstellung der B67a Südgürtel nur in Form de Wassers tatsächlich betroffen, da eine großflächige Grundwasserabsenkung erst die Errichtung der UFT ermöglicht. Näher Details sind dem Gutachten des hydraulischen Amtssachverständigen zu entnehmen.

3.1.3. Boden und Untergrund

Der Raum der vorgesehenen Trasse des Grazer Südgürtels, ausgehend von der Puntigamer Brücke quert zunächst den nacheiszeitlich gestalteten Bereich der Murauen. Danach durchzieht sie eiszeitliche Ablagerungen der Würmterrasse (im Wesentlichen fluvioglaziale Ablagerungen mit einer bis mehrere Meter mächtigen sandig- schluffigen Deckschicht).

Im Nahbereich der Trasse folgt die Terrassenkante hierbei, von Süden von der Dorfstraße kommend, der Engelsdorfer Straße, um anschließend knapp nordwestlich des Pfarrzentrums St. Paul (morphologisch kaum noch erkennbar) von der Engelsdorfer Straße in Richtung Norden abzuschwenken.

Die Unterlagerung der eiszeitlichen Ablagerungen (Terrassenschotter) bilden die überwiegend feinkörnigen Ablagerungen des Tertiärs.

Die vorangegangenen Untergrunderkundungen im Bereich der geplanten Trasse (sowie im danach liegenden Abschnitt bis zur Autobahnauffahrt Messendorfer Straße) erfolgten auf Basis von Datenmaterial der FA 19C sowie der unzähligen Bohrungen und Schurfröschen, die bis 2005 abgeteuft bzw. gezogen wurden.

In der Regel folgen im Liegenden der Mutterbodenschicht, die zwischen 0,1 – 0,3 m erreicht, feinkörnige Deckschichten, die als locker gelagerte Sande bis tonige Schluffe in Erscheinung treten. Sie erreichen sowohl über den Sedimenten der Muraue als auch über der Würmterrasse Mächtigkeiten von bis zu 2m.

Darunter folgen Flussablagerungen (Murschotter) sowie glaziale Würmschotter in Form von teilweisen gering bis sehr gering blockigen, ± sandigen Kies-Stein-Gemischen mit eingeschalteten Kieslinsen. Die Lagerungsdichte liegt mit der Teufe zunehmend bei locker bis mitteldicht. Das tiefste Schichtglied wurde in Teufen von 16 bis rund 20 m unter GOK erbohrt. Es handelt sich dabei um Feinsand – Schluff – Gemische, die anfangs leicht verwittert und als steif angetroffen wurden.

Hinsichtlich der Grundwasserverhältnisse ist festzuhalten, dass der Grundwasserspiegel in sämtlichen Bohrungen angetroffen wurde, und zwar in Tiefen zwischen 4,4 und 10,9 m unter Gelände bzw. zwischen ca. 332,5 und 330,1 m ü.A..

Für einen Gesamt-Überblick über die Untergrund- und Grundwasserverhältnisse wird auf den im Gutachten des ZT-Büros Dr. W. Gamerith enthaltenen geologischen Längenschnitt im Maßstab 1:2000/200 verwiesen.

Die mit den durchgeführten Bodenaufschlüssen erkundeten Untergrundverhältnisse sind hinsichtlich des anstehenden Bodenmaterials für das gegenständliche Bauvorhaben, die Errichtung einer Unterflurtrasse und der anschließenden Erdbaustrecken, als günstig zu bezeichnen. Dies liegt daran, dass schon in geringer Tiefe generell kies-

und steinbetonte Flussablagerungen (Murschotter) anstehen, welche einen gut tragfähigen Untergrund darstellen.

Weit weniger günstig ist die Situation hinsichtlich der Grundwasserverhältnisse, da die Nivellette (Bezugshöhe in der Tunnelachse zwischen den beiden Richtungsfahrbahnen) zwischen ca. km 0,210 und km 0,800 unter dem vom ZT-Büro Dr. W. Gameirith angegebenen niederen Grundwassersand NGW liegt, wobei die größte Eintauchtiefe unter NGW rund 1,0 m beträgt.

In weiterer Folge verringert sich der Höhenunterschied zwischen Nivellette und NGW nur sehr langsam, sodass erst bei ca. km 1,250 die Nivellette über den mittleren Grundwasserspiegel (MGW) auftaucht. In weiterer Folge verringert sich der Höhenunterschied zwischen Nivellette und NGW nur sehr langsam, sodass erst bei ca. km 1,250 die Nivellette über den mittleren Grundwasserspiegel (MGW) auftaucht.

Zu beachten ist, dass die Baugrubensohle aufgrund des Fahrbahnaufbaues, der Stärke der Betonwanne sowie der Isolierung samt Schutz- und Unterbeton im Regelfall rund 1,4 m unter der Nivellette liegt und dass sich die Querneigung von bis zu 4 % nochmals mit bis zu ca. + 0,7 m - im Bereich des aufgeweiteten Querschnittes - zu Buche schlägt. Erschwerende Bedingungen ergeben sich ferner aus dem hohen Durchlässigkeitsbeiwert und der Lage der geplanten Unterflurtrasse im Randbereich des engeren Schongebietes des Wasserwerkes Feldkirchen der Grazer Stadtwerke AG sowie im Bereich von (i.W.) gewerblich genutzten Brunnenanlagen.

In anderen Teilbereichen sind die Gelände- und Anlageverhältnisse allerdings so günstig, dass - je nach der Verfügbarkeit der angrenzenden Grundstücke während der Bauarbeiten und je nach der Verkehrsführung an den angrenzenden Straßen - frei geböschte Baugruben möglich sind, wenn nicht ohnehin aus Gründen der Wasserhaltung eine Baugrubenumschließung, z.B. Umspundung, vorgesehen wird.

An Hand der Bodenaufschlüsse ist kein systematischer Unterschied zwischen den tiefer gelegenen Geländebereichen der Murauen und den höher gelegenen Bereichen der Würmterrasse zu erkennen, sodass sich die nachstehend angegebenen mittleren Schicht - Grenzen - jeweils ab Urgeländeniveau - und Bodenkennwerte auf den gesamten Abschnitt der Unterflurtrasse bis Bau-km 1,750 beziehen. Ab Bau-km 1,750 ist das oberste Schichtpaket (Schicht (1)) von der Tendenz her dicker und feinkörnig-

ger, sodass ab hier eine gesonderte Behandlung dieser Schicht erforderlich ist. Die angegebenen Bodenkennwerte gelten für den gewachsenen Boden und sind für die Dimensionierung von Flachfundierungen entsprechend ÖNORM B 4435-2 Erd- und Grundbau Flächengründungen, EUROCODE-nahe Berechnung der Tragfähigkeit als charakteristische Bodenkennwerte zu verstehen.

Für **Bauwerkshinterfüllungen** werden die für die Schicht (3) angegebenen Bodenkennwerte herangezogen, sofern überwiegend Murschotter entsprechend verdichtet eingebaut wird.

Der **Erdwiderstand** (passive Erddruck) ist generell vorsichtig, unter Berücksichtigung eventueller späterer Aufgrabungen, anzusetzen. Bei einem hinsichtlich Erd-druckunterschieden sensiblen, rahmenartigen Bauwerk sind die nachstehend angegebenen charakteristischen Wichten jeweils in ungünstiger Weise um $1,0 \text{ kN/m}^3$ zu erhöhen und um $1,5 \text{ kN/m}^3$ abzumindern.

Die **Auftriebssicherheit** wird entsprechend ÖNORM B 4430, Teil 1 nachgewiesen, wobei die Eigengewichte als vorsichtige Werte anzunehmen sind.

3.1.4 Beweissicherung

Vor Beginn der Bauarbeiten ist auch eine Beweissicherung an in der Nähe der Unterflurtrasse vorhandenen baulichen Anlagen durchzuführen, wobei als bauliche Anlagen nicht nur Gebäude, sondern auch z.B. Stützmauern, Straßenflächen, Kanäle etc. zu betrachten sind. Im Rahmen der Beweissicherung sind eventuell schon vorhandene Schäden, insbesondere Risse, genau zu dokumentieren.

Als Einwirkungen, die zu Schäden führen können, sind vor allem die Bodenentspannung neben Baugruben sowie Verformungen von Baugrubensicherungen zu erwähnen, wobei im Falle von Spundwänden, die mit dem Rammen verbundenen Erschütterungen und die mit dem Ziehen einher gehenden Verformungen hinzukommen.

Aber auch im Zusammenhang mit der Wasserhaltung (z.B. durch Bodenumlagerungen als Folge von inneren Erosionen) und durch schweren Baustellenverkehr können Schäden auftreten. Die flächenmäßige Ausdehnung des Bereiches, innerhalb dessen Beweissicherungen durchzuführen sind, richtet sich somit einerseits nach der Baugrubentiefe und der Grundwasser-Absenktiefe, andererseits auch nach der Art der Baudurchführung.

Für den Fall, dass Spundwände zum Einsatz gelangen, ist der zu erfassende Bereich eher weiter abzustecken und während der Arbeiten durch an sensiblen Punkten angebrachte Schwingungsaufnehmer zu überwachen.

Falls die Spundwände nicht geschlagen, sondern eingeschüttet werden, kann hiermit gleichzeitig die Frequenz des Rüttlers optimiert werden.

Als erster Anhaltspunkt wird empfohlen, im tiefer liegenden Abschnitt der Unterflurtrasse, etwa von Bau-km 0,175 bis km 1,675, die innerhalb eines jeweils 30 m breiten Streifens beidseitig der Wannens-Außenwände gelegenen Objekte mit der Beweissicherung zu erfassen. Im Zusammenhang mit der Beweissicherung sind auch noch die verfügbaren Daten über die Fundierung der angrenzenden Objekte zu ergänzen (z.B. Erheben der Kellerfußboden - OK des Hochhauses in der Engelsdorfer Straße 47).

Während der Bauarbeiten sind zumindest die in der Tabelle 1 angeführten Objekte, sofern sie nicht abgetragen werden, durch Setzungsmessungen (Genauigkeit + 1 mm) zu überwachen und schon vorhandene Mauerwerksrisse hinsichtlich etwaiger Veränderungen zu kontrollieren. Die Mess- bzw. Kontrollintervalle müssen sich dabei am Baufortschritt orientieren. Weitere Messpunkte aber auch Messsysteme sind in Abhängigkeit der gewählten Bauverfahren und der Empfindlichkeit von Bauwerken und/oder Baugrubensicherungen zu wählen (z.B. Grundwasserspiegelmessungen etc.)

3.1.5 Arbeitnehmerschutz

Die Baugrubentiefe beträgt im Regelfall ca. 7 bis 10 m, wobei ein Großteil der Strecke mehr oder weniger in das Grundwasser eintaucht. Im Zuge der Baudurchführung werden zwei Varianten von Baugruben zur Ausführung gelangen.

Die ungesicherten, also frei geböschten Baugruben werden unter der Voraussetzung einer sauberen, vorseilend durchgeführten Grundwasserabsenkung und einem ausreichend zur Verfügung stehenden Platz, also bei nicht beengten Verhältnissen, hergestellt werden können. Sie werden mit einer mittleren Böschungsneigung von ca. 45° ausreichend standsicher hergestellt werden. Locker gelagerter, oberflächen-

naher Murschotter, gleichkörnige Kieslagen, aber auch Sandlinsen können jedoch Schwächezonen bilden und zu Ausmuschelungen führen, auf welche mit einer entsprechenden Böschungsverflachung reagiert wird. Weiters können sich einzelne Steine und Blöcke aus der Böschung lösen und abrollen.

Die gesicherten Baugruben erhalten aufgrund der engen Platzverhältnisse steilere Baugrubenböschungen, die beispielsweise durch eine bewehrte Spritzbetonschale in Verbindung mit voll vermörtelten Bodennägeln oder durch Spundwände gesichert werden. Diese können, je nach dem zur Verfügung stehenden Platz, auch von einem entsprechend abgesenkten Voraushubniveau gerammt werden. Im Hinblick auf die Rammerschütterungen werden die Voreinschnitte jedoch nicht mit ca. 45°, sondern mit im Mittel nur rund 40° geböscht werden können.

Besondere Vorsicht ist jedenfalls beim Ziehen der Spundwände geboten, da es zu Nachbrüchen aufgrund von momentanen Entlastungen kommen kann.

Zusammenfassend kann ausgeführt werden, dass im Hinblick der Umweltauswirkungen in den einzelnen Phasen **Bauphase – Betriebsphase – Störfall** lediglich die Bauphase wie im Gutachten beschrieben eine Relevanz aufweist. Die Betriebsphase hat nach Erreichen des projektierten Grundwasserspiegels keine Auswirkungen auf den Untergrund, da die Dimensionierung der Böschungsneigungen und technischen Stützbauwerke die Sicherheit gewährleisten. Störfälle können nie ganz ausgeschlossen werden. Mögliche Verbrüche der Wanne durch äußere Einwirkungen (z.B. Unfall) beeinträchtigen den Fahrverkehr, jedoch sind dabei die Umweltauswirkungen denen gleichzusetzen, wie sie auch auf anderen Straßen auftreten.

Das Vorhaben ist daher hinsichtlich aus geologischer und geotechnischer Sicht als umweltverträglich zu bewerten und entsprechen die getroffenen Maßnahmen zur Hintanhaltung von Erosionen und Massenbewegungen dem Stand der Technik.

Bei projekts- und plangemäßer Errichtung und dem Betrieb des Vorhabens sind keine zusätzlichen negativen Auswirkungen auf die Umweltverträglichkeit zu erwarten. Es wird den Genehmigungsvoraussetzungen des §17 Abs. 2 UVP-G 2000 entsprechen, wenn die entsprechenden Auflagen im Kapitel 3.3 aufgezählten „Maßnahmen und Auflagenvorschläge“ zur Vorschreibung gelangen.

3.2 Gutachten nach weiteren Verwaltungsvorschriften

In diesem Punkt werden im Hinblick die Parameter des Straßen- und Wasserrechts folgend Befund und Gutachten erstellt:

3.2.1 BEFUND

3.2.1.1 Allgemeiner Teil

Einleitung

Das gegenständliche Bauvorhaben befindet sich im südlichsten Grazer Stadtbezirk Liebenau am linken Murofer. Durch seine Lage zwischen dem Stadtzentrum und einem sehr dynamisch sich entwickelnden Umland ist der Stadtbezirk Liebenau durch den Bezirksübergreifenden Verkehr sehr stark betroffen. Insbesondere die Ldstr. B 67a Grazer Ringstraße in Funktion einer hochrangigen Stadtgürtelstraße erzeugt schon derzeit mit mehr als 30.000 Kfz / 24 Std. auf der 4-streifigen Schleuse Puntigamerbrücke über die Mur einen nicht mehr zu bewältigenden Verkehrsdruck auf das derzeit 2-streifige, Ampel geregelte Hauptverkehrssystem Puntigamer Straße – Liebenauer Hauptstraße zum 4-streifigen dritten Südgürtel (Liebenauer Gürtel – St. Peter Gürtel). Von dieser Verkehrssituation sind in erster Linie Wohnbereiche des Stadtbezirkes mit dem Schleichwegenetz betroffen, da zu den verkehrlichen Stoßzeiten und Überlastung des übergeordneten Landesstraßennetzes, ein Ausweichen in die Wohnbereiche mit dementsprechenden Umweltbelastungen erfolgt.

Die parallel zum Autobahnzubringer A 2Z führende Liebenauer Hauptstraße bildet derzeit eine Haupteinfallsstraße aus dem südöstlichen Umland von Graz und wird durch den Individualverkehr sehr stark belastet. Die Puntigamer Straße B 67a als Teil der wichtigsten Ost – West Verbindung in Graz bildet einen Flaschenhals im

übergeordneten Straßennetz. Diesen verkehrlichen Flaschenhals gilt es umweltverträglich im Sinne eines 4-streifigen bedarfsgerechten „Südgürtel – Lückenschluss“ der Ldstr. B 67a zwischen der bestehenden Puntigamerbrücke und dem Liebenauer Gürtel in Kompetenz der Landesstraßenverwaltung auszubauen.

Die zukünftige Entwicklung des Bezirkszentrums Liebenau hängt daher maßgebend von der Entlastungswirkung des gegenständlichen Bauvorhabens ab.

Untrennbar verknüpft mit der Realisierung dieses B 67a Landesstraßenbauvorhabens ist die Verbesserung der Anschlusssituation im gesamten Bezirk zum bestehenden Hochleistungsnetz A 2 mit verkehrslenkenden Maßnahmen. Voraussetzung für die Erreichung dieser infrastrukturellen Ziele ist eine flächendeckende Verkehrsberuhigung bezüglich gebietsfremden Durchgangsverkehr bei optimaler Erschließung des Bezirks Liebenau. Dies kann durch das gegenständliche Infrastrukturprojekt eines Lückenschlusses zwischen Puntigam und St. Peter mit den Vollanschlüssen Puntigamer Straße und Liebenauer Hauptstraße optimal erreicht werden. Dies konnte im Rahmen der parallel zum Einreichprojekt erstellten Umweltverträglichkeitserklärung nachgewiesen werden.

Kurze Beschreibung des Vorhabens

Die aus der Nutzen- Kostenanalyse im Vorprojekt hervorgegangene, nachweislich effizienteste 2000 m lange Neubaumaßnahme, setzt sich im Wesentlichen aus einer o 1.442 m langen doppelröhrigen Unterflurtrasse in niveaufreier Querung des Straßennetzes in Liebenau und dazu einem umfeldverträglichen Anschlusssystem mit ressourcenschonenden Mittelrampen zur Verknüpfung der Liebenauer Hauptstraße (Einhausung) und der Puntigamer / Murfelder Straße zusammen.

Der durch eine Mittelwand richtungsgebundene Rechteckquerschnitt besitzt im Regelfall eine lichte Weite von 12,25 m und eine lichte Höhe von 5,0 m. Die Gesamtbauwerksbreite beträgt somit 26,40 m bei einer Tieflage von durchschnittlich 7,0 m unter Gelände. Das Bauwerk wird im Bereich des Grundwassers als sogenannte „Weiße Wanne“ wasserdicht ausgeführt.

Im Bereich der Retentionsanlage Mitte für das Auffangen der Wasch- und Eintragswässer, situiert in einer Abstellnische der Unterflurtrasse (UFT) unterhalb der

Fahrbahn mit einer Gründungstiefe von 326,00 m (10 m unter GOK) und der Retentionsanlage West mit einer Gründungstiefe von 325,70m (rd. 12m unter GOK) bzw. im Bereich des Pumpensumpfes von 324,90 (rd. 13m unter GOK) ergeben sich die maximalen Gründungstiefen.

Aufgrund der Tieflage der UFT mit entsprechenden Einbauten, ist auf die Wiederherstellung des teilweise unterbrochenen Kanalsystems mit den Hauptsträngen im Sutter-Weg, der Engelsdorfer- / Stangelmühl-Straße sowie im Liebenauer Gürtel zu verweisen (siehe Einl. 24 Büro Senekowitsch, Kanalprojekt, Düker). Die Wiederherstellung von unterbrochenen Hauptkanalsträngen erfolgt mittels Dükeranlagen.

Bemessung des Ldstr. B 67a – Neubaues

Wie schon in den vorangegangenen Kapiteln bezüglich Funktion der Ldstr. B 67a (Klasse III im seinerzeitigen Bundesstraßennetz) und der zu erwartenden Verkehrsbelastung (Prognoseverkehr 2015 in der UFT 25.000 KFZ/24h) angedeutet, ist zur Begründung von Neubaumaßnahmen im Vorfeld des Einreichprojektes einerseits eine Gegenüberstellung Leistungsprofil ($V_B = 26 \text{ km/h}$) zum Anforderungsprofil ($V_B = 60 - 80 \text{ km/h}$) durchzuführen, andererseits der Level of Service der vierstreifigen Anlageverhältnisse mit Mitteltrennung in der UFT im Zusammenhang mit der räumlichen Linienführung nachzuweisen. Diese Bemessung im Sinne einer Angebotsplanung statt Kapazitätsplanung ist nachvollziehbar im Vorprojekt (Genereller Variantenvergleich) gemäß RVS 3.7 Überprüfung der Anlageverhältnisse von Straßen (ÜAS) dokumentiert. Im Rahmen der Alternativentwicklungen wurde nachgewiesen, dass eine optimale Verkehrsberuhigung der Bezirke Liebenau und St. Peter nur über einen vierstreifigen Südgürtel Gesamtquerschnitt zielführend ist. Aus den höhenmäßigen niveaufreien Querungen von Puntigamer-, Murfelder-, Casal, Engelsdorfer-, Stanglmühl-, Liebenauer Hauptstraße und den lagemäßigen Zwangspunkten (Baulücken) folgend ergibt sich die Trassenführung im Grund- und Aufriss wie folgt:

In Bau-km 0,00 springt die neue Ldstr. B 67a vom linken Widerlager der Murbrücke mit einer Eillinie R200/R500 von der Puntigamer Straße nach Süden ab, um dann in km 0,2 + 61,218 die Kreisverkehrsanlage Puntigamer / Murfelder Straße, vor der Halle Steinbau Mörz liegend, zu unterfahren (Längsneigung im Abtauchbereich 5

%). Die Auf- und Abfahrtsrampen zeigen dazu Neigungsverhältnisse von 1,2 % westlich und 6 % östlich des Kreises. Nach einer ca. 140 m langen Zwischengerade zielt die Trasse mit einer Wendelinie R190 / R280 auf den Bestand der Casalgasse im Bereich der Verbauung Lebenshilfe um sodann wiederum mit einer Eillinie R310 / R1500 sich auf die Engelsdorfer Straße zwischen der engen Straßenverbauung St. Paul vor der Konrad-Hopferwieser-Gasse zu legen. Die Nivellette im Bereich der Engelsdorfer Straße verläuft ca. 6,60 m unter dem Bestand mit 0,2 % bis 0,4 % abwechselnd fallend und steigend bis zur Unterfahrung der Kreisverkehrsanlage Liebenauer Hauptstraße. Der unterirdische Absprung von der Engelsdorfer Straße zum Liebenauer Gürtel erfolgt durch einen Linksbogen $R = 200$ m um dann in weiterer Folge mit einer Eillinie in die Gerade des Liebenauer Gürtels überzugehen. Das Auftauchen der Trasse erfolgt mit einer Steigung von 5 %. Von der zweistreifigen Kreisverkehrsanlage Liebenauer Hauptstraße ergeben sich westlich 6 % und östlich 5 % für die innen liegenden Auf- und Abfahrtsrampen als Vollanschluss. Die daraus resultierenden Entwicklungslängen aus der UFT-Tiefelage ergeben ein Baulosende in km 2,00 auf der Höhe des Supermarktes Billa. Für die Wiederherstellung des bestehenden Wegenetzes wird die Engelsdorferstraße auf die UFT weitgehend im bisherigen Verlauf gelegt. Lediglich im Bereich der zentralen Tunnelwarte Südgürtel Proj. km 1,05 wird die Engelsdorfer Straße aus dem Bestand nach Osten verschwenkt um für das Bauwerk auf der UFT Platz zu machen. Die Puntigamer und Murfelder Straße sind über die neue Kreisverkehrsanlage verbunden. Das verbleibende Reststück der Puntigamer Straße zur Mur wird als Aufschließungsstraße für die bestehende Verbauung umfunktioniert.

Für die Verlegung und Wiederherstellung der Kanäle im Projektbereich mit Unterdückerungen der UFT wird auf das Wasserrechtsoperat des Einreichprojektes und auf die UVE Einlage 24.1 – 24.7 verwiesen. Im Wasserrechtsoperat wird die Entsorgung der Straßenoberflächenwässer behandelt und ist interdisziplinär konzeptiv im Straßendetailentwurf des gegenständlichen Einreichprojektes dokumentiert. Ein wesentlicher Bestandteil des Straßendetailentwurfes stellt der Vorentwurf des Bauwerkes „Unterflurtrasse – Südgürtel“ dar mit technischer Beschreibung und statischer Berechnung, Hinweise zur Baudurchführung in offener Bauweise sowie Beschreibung der Betriebs- und Sicherheitseinrichtungen der Unterflurtrasse.

Planungsparameter des Straßenprojektes

Landesstraße B 67a Grazer Ringstraße

Abschnitt: „St. Peter – Puntigam“

Bestands km 3,3 + 00,000 bis 5,3 + 00,000

Projekts km 2,0 bis 0,0 (von West nach Ost stationiert)

Projektierungsgeschwindigkeit $V_P = 60 \text{ km / h}$

kleinster Bogen $R_{\min} = 190 \text{ m}$

max. Längsneigung Hauptanlage $S_{\max} = 5,0 \%$

Rampen $S_{\max} = 6,0 \%$

kleinste Kuppenausrundung $RK_{\min} = 2.000 \text{ m}$

kleinste Wannenausrundung $RW_{\min} = 1.500 \text{ m}$

3.2.1.2 Fachteil Geologie – Geotechnik

Einleitung

Im Rahmen der weiterführenden Errichtung des Südgürtels in Graz soll nunmehr das Teilstück St. Peter - Puntigam hergestellt werden, das - im Sinne der Bau-Kilometrierung - eine Verbindung zwischen der Puntigamer Straße im Bereich der Puntigamer Brücke im Westen und dem Liebenauer Gürtel im Osten vorsieht. Zusätzlich soll im Osten ein rund 500 m langer Abschnitt des Liebenauer Gürtels untersucht werden, da hier in weiterer Folge, bis zur Autobahnauffahrt Messendorfer Straße, eine Absenkung der Nivellette um mehrere Meter vorgesehen ist.

Das Ziv.-Ing. Büro Garber- Dalmatiner wurde mit der Erstellung des vorliegenden Gutachtens beauftragt, im Rahmen dessen die Untergrundverhältnisse entlang des geplanten Trassenabschnittes (inkl. des rund 500 m langen Abschnittes im Osten), auf der Grundlage der Ergebnisse von Schürfgruben und Kernbohrungen, aus bodenmechanischer Sicht beurteilt werden sollen. Insbesondere sollen Empfehlungen betreffend die zweckmäßigsten Gründungs- und Baugrubensicherungsmethoden abgegeben und Angaben hinsichtlich eventueller grundbaulicher Sondermaßnahmen gemacht werden. Schließlich sollen die für die Projektierung erdstatische Bemessung und Ausschreibung relevanten Daten und Bodenkennwerte angegeben werden.

Die geologisch-hydrogeologische Bearbeitung des gegenständlichen Projektes erfolgte durch das ZT-Büro für Geologie & Hydrogeologie Dr. Walter Gamerith.

Gelände- und Anlageverhältnisse

Die Trasse des gegenständlichen, rund 2 km langen Abschnittes beginnt entsprechend der Bau-Kilometrierung bei der Puntigamer Brücke (km 0,0 - 11,95) und führt zunächst in einem leichten Rechtsbogen querfeldein in etwa bis zur Kreuzung Casalgasse / Huttegger Straße. Sodann folgt sie ungefähr der Engelsdorfer Straße bis zur Kreuzung Engelsdorfer Straße / Stanglmühlstraße, von wo sie in einem Linksbogen zum Kreuzungsbereich mit der Liebenauer Hauptstraße geführt wird. Östlich der Liebenauer Hauptstraße folgt die Trasse dem Liebenauer Gürtel bis ca. 320 m über den Kreuzungsbereich hinaus (Ende der Trasse bei km 2,0 + 00,00).

Über einen Großteil der Strecke soll dieser Abschnitt des Südgürtels als überdeckte Unterflurtrasse ausgeführt werden (km 0,2 + 25,00 bis km 1,6 + 67,00). Hierbei kommt die Nivellette der Unterflurtrasse (Bezugshöhe in der Tunnelachse zwischen den beiden Richtungsfahrbahnen) im Allgemeinen in Tiefen zwischen ca. 5 und 7 m unter Gelände zu liegen (Seehöhe zwischen ca. 331,0 und 335,8 m ü.A; Tiefpunkt bei ca. km 0,354). Je Fahrtrichtung sind zwei Fahrstreifen und ein Abstellstreifen vorgesehen, womit sich für den kastenförmigen Regelquerschnitt der Unterflurtrasse mit Mittelwand eine Gesamtbreite von (außen) 26,40 m ergibt. Zur direkten Anbindung an die Puntigamer Straße sowie an die Liebenauer Hauptstraße sind auf Höhe von km 0,2 + 61,00 bzw. km 1,6 + 23,00 zwei auf Urgeländenniveau liegende Kreisverkehrsanlagen samt innen angeordneten Auf- und Abfahrtsrampen geplant, womit sich jeweils auf rund 350 m Länge Gesamt-Querschnittsbreiten von (außen) 33,20 m ergeben.

Abschließend ist noch zu erwähnen, dass beabsichtigt ist, den an die Trasse im Osten anschließenden Abschnitt des Liebenauer Gürtels bis zur Autobahnauffahrt Messendorfer Straße zu einem späteren Zeitpunkt um mehrere Meter abzusenken.

Hinsichtlich der Geländebeziehungen ist anzumerken, dass das Gelände - abgesehen von einem bis rund 5 m hohen Höhengraben (Terrassenkante der eiszeitlichen Würmterrasse zu den Muraueu) - praktisch durchwegs als ± eben bezeichnet werden kann.

Der westliche Teil der gegenständlichen Trasse verläuft - abgesehen von den Straßenquerungen (Engelsdorfer Straße, Kreuzungsbereich Casalgasse / Huttegger Straße) - zunächst über großteils landwirtschaftlich genutztes Gelände (z.Z. Glashäuser) auf dem tiefer gelegenen Niveau der Murauen. Zu Beginn ist das Gelände augenscheinlich (stärker) anthropogen umgestaltet. Im Zwickel zwischen der Puntigamer Straße und der Murfelder Straße befindet sich nämlich eine unregelmäßig begrenzte Vertiefung (Höhendifferenz zum umgebenden Gelände bis über 2,5 m), die möglicherweise durch Geländeaufschüttungen (Straßendämme für die Puntigamer Straße und die Murfelder Straße sowie eventuell Anschüttung im Bereich des Lagerplatzes der Fa. STUAG) entstanden ist. Andererseits könnte es sich jedoch auch um eine (möglicherweise teilweise wiederverfüllte) Grube (Schotterentnahme?) handeln. Knapp westlich der Kreuzung Casalgasse / Engelsdorfer Straße führt die Trasse auf einer kurzen Strecke über die Würmterrasse. Auf Höhe des Pfarrzentrums St. Paul kreuzt die Trasse die Engelsdorfer Straße und verläuft anschließend bis zur Kreuzung Engelsdorfer Straße / Stanglmühlstraße \pm parallel zur Terrassenkante. Anzumerken ist, dass die nordöstliche Außenkante der Unterflurtrasse in diesem Teilstück jedoch zum Teil unmittelbar an (bzw. auch hinter) der Terrassenkante liegt.

Östlich der Kreuzung Engelsdorfer Straße / Stanglmühlstraße liegt die Trasse durchwegs im Bereich der höher gelegenen, morphologisch unauffälligen Würmterrasse. Westlich der Liebenauer Hauptstraße führt die Trasse im Allgemeinen über \pm ebene Wiesen und Ackerflächen. Zwischen der Liebenauer Hauptstraße und dem Baulosende deckt sie sich, wie bereits erwähnt, mit dem Liebenauer Gürtel.

Durch die Trassenführung kommt der geplante Südgürtel zum Teil im Bereich von bestehenden Bauwerken bzw. knapp neben diesen zu liegen. Jene Bauwerke, die direkt in der Trasse liegen, werden generell abgerissen. Unmittelbar neben der Trasse gelegene Bauwerke sollen jedoch großteils bestehen bleiben.

In dem vom ZT-Büro Dr. W. Gamerith ausgearbeiteten Gutachten werden Durchlässigkeitsbeiwerte k auf der Basis von mehreren ausgewerteten Pumpversuchen mit k (1,0 ... 5,0) $\cdot 10^{-3}$ m/s angegeben. Um eine ausreichende Sicherheit bei der Berechnung von Wasserhaltungen zu gewährleisten, wurde empfohlen, von einem mittleren k -Wert von $5 \cdot 10^{-3}$ m/s auszugehen.

Untergrundverhältnisse

Regionalgeologischer Überblick

Aus regionalgeologischer Sicht führt der geplante Streckenabschnitt des Grazer Südgürtels, ausgehend von der Puntigamer Brücke zunächst über den nacheiszeitlich gestalteten Bereich der Murauen, sodann über eiszeitliche Ablagerungen der Würmterrasse (im Wesentlichen fluvioglaziale Ablagerungen mit einer bis mehrere Meter mächtigen sandig-schluffigen Deckschicht).

Im Nahbereich der Trasse folgt die Terrassenkante hierbei, von Süden von der Dorfstraße kommend, der Engelsdorfer Straße, um anschließend knapp nordwestlich des Pfarrzentrums St. Paul (morphologisch kaum noch erkennbar) von der Engelsdorfer Straße in Richtung Norden abzuschwenken.

Die Unterlagerung der eiszeitlichen Ablagerungen (Terrassenschotter) bilden die überwiegend feinkörnigen Ablagerungen des Tertiärs.

Umfang der Untergrunderkundung

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse im Bereich der geplanten Trasse (sowie im danach liegenden Abschnitt bis zur Autobahnauffahrt Messendorfer Straße) wurden am 10. und 11. Juni 2003 insgesamt 22 Schürfgruben gegraben und der darin angetroffene Bodenaufbau von unserem Büro dokumentiert. Des Weiteren stehen uns die Ergebnisse von zwölf im Zeitraum vom 2. Juni bis 1. Juli 2003 entlang des gegenständlichen Streckenabschnittes bzw. in zwei Fällen rund 150 m südlich davon niedergebrachten und vom ZT-Büro Dr. Gamerith dokumentierten Kernbohrungen (KB 1/03 bis KB 10/03) zur Verfügung. Zudem kann auf die Ergebnisse von im Bereich der Puntigamer Brücke im Sommer 1988 hergestellten Bohrungen zurückgegriffen werden (Amt der Stmk. Landesregierung, Bodenprüfstelle).

Die (im Falle der Baggerschürfgruben ungefähre) Lage der im Jahr 2003 durchgeführten Aufschlüsse sowie der Bohrung 67a/6Bb (aus dem Jahr 1988) sind im Lageplan eingezeichnet. Die Ergebnisse der Schürfgruben liegen dem Gutachten in Form von geschriebenen Schichtenverzeichnissen als Beilage 1 den Einreichunterlagen bei. Der Vollständigkeit halber sind weiters die Ergebnisse der erwähnten Kernbohrungen den Unterlagen beigefügt.

Zusammenfassungen der Ergebnisse der Untergrunderkundung

Aufgrund der Ergebnisse der Untergrunderkundungen können die Untergrundverhältnisse folgendermaßen zusammengefasst werden:

Unter der in der Regel 0,1 bis 0,3 m (teilweise bis 0,8 m) dicken Mutterboden- und Zwischenbodenschicht beginnt die Schichtabfolge sowohl im Bereich der Muraue n , als auch auf der Würmterrasse häufig mit einer feinkornbetonten Deckschicht. Es handelt sich dabei im Wesentlichen um ± feinsandige, lokal auch gering tonige Schluffe bis ± schluffige, teilweise auch reine Feinsande (bis Mittelsande). Diese meist braunen, selten grauen Böden sind durchwegs locker gelagert bzw. in der Regel steif (örtlich auch weich) und weisen im Allgemeinen eine Mächtigkeit unter 1,0 m auf. Größere Mächtigkeiten, bis 2,0 m, wurden zum Teil in den östlich der Liebenauer Hauptstraße hergestellten Aufschlüssen festgestellt.

Darunter folgen Flussablagerungen (Murschotter) in Form von teilweise gering bis sehr gering blockigen, ± sandigen Kies-Stein-Gemischen, untergeordnet auch ± kiesigen Sanden. Fallweise wurden auch reine Sandschichten (z.B. S8, S22) sowie reine Kieslinsen mit fehlendem Füllkorn (z.B. S8, S13) festgestellt. Die Lagerungsdichte der Murschotter ist anfangs in der Regel locker, mit zunehmender Tiefe mitteldicht, z.T. auch dicht. Als tiefstes Schichtglied wurde in den Bohrungen KB 1/03, KB 3/03, KB 5/03 und KB 6/03, weiters auch KB 10/03, das Tertiär aufgeschlossen. Hierbei handelt es sich um Schluff-Feinsand-Gemische, zum Teil auch um gering kiesige, gering schluffige Sande sowie sehr schluffige, sandige Kiese, die zu Beginn bis wenige Dezimeter verwittert und aufgeweicht sind, dann rasch zumindest halbfest werden bzw. eine hohe Lagerungsdichte aufweisen.

Die Oberkante des Tertiärs wurde in der Bohrung 67a/6Bb bis zur Endtiefe von 20 m nicht erreicht, sonst im Regelfall in Tiefen zwischen 19,1 m und 16,0 m unter GOK bzw. zwischen ca. 317,8 und 323,55 m ü.A. erreicht. Die schon außerhalb des aktuellen Bauvorhabens, in Richtung Autobahnauffahrt Messendorfer Straße gelegene Bohrung KB 10/03 ist insofern bemerkenswert, als das Tertiär hier schon 13,2 m unter GOK bzw. bei ca. 329,6 m ü.A. erreicht wurde. In einigen Schürfgruben und Bohrungen wurden zuoberst bzw. unter der Mutterbodenschicht Anschüttungen angetroffen (Schürfgruben S4, S10, S11, S12, S15, S17 sowie Bohrungen 67a/6Bb, KB 2/03, KB 3/03 und KB 4/03). Es handelt sich dabei überwiegend um ± sandige, zum Teil ±

steinige, zum Teil gering schluffige Kiese, untergeordnet auch um Schluff-Sand- Kies-Gemische, Schluff-Feinsand-Gemische oder gering bis sehr gering schluffige, sandige Steine und Kiese. Teilweise sind Ziegelstücke anzutreffen, wobei der Anteil an Ziegelbruch generell sehr gering ist, in der Bohrung KB 3/03 jedoch einen Anteil von rund 20 bis 30 % erreicht. Die Mächtigkeit der Anschüttungen beträgt in den Aufschlüssen bis zu 2,6 m.

Hinsichtlich der Grundwasserverhältnisse ist festzuhalten, dass der Grundwasserspiegel in sämtlichen Bohrungen angetroffen wurde, und zwar in Tiefen zwischen 4,4 und 10,9 m unter Gelände bzw. zwischen ca. 332,5 und 330,1 m ü.A..

Für einen Gesamt-Überblick über die Untergrund- und Grundwasserverhältnisse wird auf den im Gutachten des ZT-Büros Dr. W. Gamerith enthaltenen geologischen Längenschnitt im Maßstab 1:2000/200 verwiesen. Insbesondere sind dort die für die im Trassenbereich liegenden Bohrpunkte Wasserspiegellagen eingezeichnet. Stellvertretend werden drei Punkte herausgegriffen:

- KB 1/03 nahe der Kreisverkehrsanlage Puntigamer Straße
- KB 3/03 etwa auf Höhe Engelsdorfer Straße 10
- KB 6/03 nahe der Kreisverkehrsanlage Liebenauer Hauptstraße

Bohrung	Projekts-km	Nivellette	NGW	MGW	HGW
KB 1/03	0,248	331,33	332,15	332,90	334,60
KB 3/03	0,756	331,84	332,00	332,90	334,40
KB 6/03	1,585	333,12	330,70	331,30	333,60

Die mit den durchgeführten Bodenaufschlüssen erkundeten Untergrundverhältnisse sind hinsichtlich des anstehenden Bodenmaterials für das gegenständliche Bauvorhaben, die Errichtung einer Unterflurtrasse und der anschließenden Erdbaustrecken, als günstig zu bezeichnen. Dies liegt daran, dass schon in geringer Tiefe generell kies- und steinbetonte Flussablagerungen (Murschotter) anstehen, welche einen gut tragfähigen Untergrund darstellen. Die Flussablagerungen sind zu Beginn meist nur locker (bis sehr locker), mit zunehmender Tiefe mitteldicht, z.T. auch dicht gelagert.

Weit weniger günstig ist die Situation hinsichtlich der Grundwasserverhältnisse, da die Nivellette (Bezugshöhe in der Tunnelachse zwischen den beiden Richtungsfahrbahnen) zwischen ca. km 0,210 und km 0,800 unter dem vom ZT-Büro Dr. W. Gamerith angegebenen niederen Grundwassersand NGW liegt, wobei die größte Eintauchtiefe unter NGW rund 1,0 m beträgt.

In weiterer Folge verringert sich der Höhenunterschied zwischen Nivellette und NGW nur sehr langsam, sodass erst bei ca. km 1,250 die Nivellette über den mittleren Grundwasserspiegel (MGW) auftaucht.

Zu beachten ist, dass die Baugrubensohle aufgrund des Fahrbahnaufbaues, der Stärke der Betonwanne sowie der Isolierung samt Schutz- und Unterbeton im Regelfall rund 1,4 m unter der Nivellette liegt und dass sich die Querneigung von bis zu 4 % nochmals mit bis zu ca. + 0,7 m - im Bereich des aufgeweiteten Querschnittes - zu Buche schlägt. Erschwerende Bedingungen ergeben sich ferner aus dem hohen Durchlässigkeitsbeiwert und der Lage der geplanten Unterflurtrasse im Randbereich des engeren Schongebietes des Wasserwerkes Feldkirchen der Grazer Stadtwerke AG sowie im Bereich von (i.W.) gewerblich genutzten Brunnenanlagen. Im Gutachten des ZT-Büros Dr. W. Gamerith wird auf die damit zusammenhängende Problematik im Detail eingegangen, und es werden Vorschläge für die Wasserhaltung gemacht. An für die Baudurchführung relevanten Punkten sind zu erwähnen:

- Die Baugruben sollen in den tiefer in das Grundwasser eintauchenden Bereichen der Länge nach begrenzt werden, um einerseits den Wasserhaltungsaufwand möglichst klein zu halten und andererseits im Bedarfsfall ein lokal begrenztes Fluten zu ermöglichen.

- Um im Endzustand eine ausreichende Unterströmung zu ermöglichen, ist alle 0,2 km auf 50 m Länge ein mindestens 0,7 m mächtiger, gut durchlässiger Filterkörper (Durchlässigkeitsbeiwert $k > 0,01$ m/s) unterhalb der Unterflurtrasse einzubauen. (Diese zusätzliche Vertiefung der Baugrube ist bei der Dimensionierung von Baugrubensicherungsmaßnahmen zu berücksichtigen sofern nicht mit kurzen, lokal eng begrenzten Aushub- und Verfüllabschnitten gearbeitet wird.)

- Um die Wirkung einer Längsdrainage der o.a. Filterschicht bzw. auch des Planums zu vermeiden, ist alle 0,1 km ein zumindest 5 m breiter Abschnitt aus gering durchlässigem Material (z.B. Magerbeton) normal zur Trassenachse einzubauen.

Schließlich sind die Gelände- und Anlageverhältnisse immer wieder durch Nachbarbauwerke beengt und daher zum Teil ungünstig, weil in diesen Fällen aufwändige Sicherungsmaßnahmen erforderlich werden (vgl. z.B. Kreuzungsbereich Casalgasse - Huttegger Straße oder Bereich um das Pfarrzentrum St. Paul). Teilweise werden die Kosten einer Bauwerks-Ablöse den Baugrubensicherungs- bzw. Unterfangungskosten gegenüber zu stellen sein.

In Teilbereichen sind die Gelände- und Anlageverhältnisse allerdings so günstig, dass - je nach der Verfügbarkeit der angrenzenden Grundstücke während der Bauarbeiten und je nach der Verkehrsführung an den angrenzenden Straßen - frei geböschte Baugruben möglich sind, wenn nicht ohnehin aus Gründen der Wasserhaltung eine Baugrubenumschließung, z.B. Umspundung, vorgesehen wird.

Bodenkennwerte

In den Bodenaufschlüssen war kein systematischer Unterschied zwischen den tiefer gelegenen Geländebereichen der Murauen und den höher gelegenen Bereichen der Würmterrasse zu erkennen, sodass sich die nachstehend angegebenen mittleren Schicht -Grenzen - jeweils ab Urgeländeniveau - und Bodenkenwerte auf den gesamten Abschnitt der Unterflurtrasse bis Bau-km 1,750 beziehen. Ab Bau-km 1,750 wird das oberste Schichtpaket (Schicht (1)) von der Tendenz her dicker und feinkörniger, sodass ab hier eine gesonderte Behandlung dieser Schicht erforderlich erscheint. Die angegebenen Bodenkenwerte gelten für den gewachsenen Boden und sind für die Dimensionierung von Flachfundierungen entsprechend ÖNORM B 4435-2 Erd- und Grundbau Flächengründungen, EUROCODE-nahe Berechnung der Tragfähigkeit als charakteristische Bodenkenwerte zu verstehen.

Für Bauwerkshinterfüllungen können die für die Schicht (3) angegebenen Bodenkenwerte herangezogen werden, sofern überwiegend Murschotter entsprechend verdichtet eingebaut wird.

Der Erdwiderstand (passive Erddruck) ist generell vorsichtig, unter Berücksichtigung eventueller späterer Aufgrabungen, anzusetzen. Bei einem hinsichtlich Erddruckunterschieden sensiblen, rahmenartigen Bauwerk sind die nachstehend angegebenen charakteristischen Wichten jeweils in ungünstiger Weise um 1,0 kN/m³ zu erhöhen und um 1,5 kN/m³ abzumindern.

Die Auftriebssicherheit ist entsprechend ÖNORM B 4430, Teil 1 nachzuweisen, wobei die Eigengewichte als vorsichtige Werte anzunehmen sind. Bei Berücksichtigung einer seitlichen Bodenreaktion (Reibungskräfte) ist der daraus resultierende Anteil mit einem erhöhten Sicherheitsbeiwert zu berücksichtigen:

(1) Deckschicht bis 1,5 m unter GOK (ab Bau-km 1,750 bis 2,0 m unter GOK)

In diesem Schichtpaket werden näherungsweise bzw. vereinfachend der Mutter- und Zwischenboden, die feinkornbetonte Deckschicht und die noch stärker schluffigen, sandigen Kiese darunter, aber auch die immer wieder zu erwartenden Anschüttungen zusammengefasst.

Wichte = 19 kN/m^3

Reibungswinkel = 30° (ab Bau-km 1,750: = $27,5^\circ$)

Kohäsion $c = 0$ (für Bauzustände kann eine geringe Kohäsion (maximal 3 kN/m^2) berücksichtigt werden)

Steifemodul = stark variabel, als Gründungsboden aber ohne Bedeutung, weshalb keine Werte angegeben werden

(2) Murschotter von 1,5 m (2,0 m) bis 4,0 m unter GOK

Wichte = 19 kN/m^3

Reibungswinkel = $32,5^\circ$

Kohäsion $c = 0$ (für Bauzustände von nur kurzer Dauer kann eine geringe (Verzahnungs) Kohäsion (maximal 2 kN/m^2) berücksichtigt werden)

Steifemodul $E_s = 30 \dots 60 \text{ MN/m}^2$

(3) Murschotter unter 4,0 m unter GOK

Wichte = 21 kN/m^3

Reibungswinkel = 35°

Kohäsion $c = 0$ (für Bauzustände von nur kurzer Dauer kann eine geringe (Verzahnungs) Kohäsion (maximal 3 kN/m^2) berücksichtigt werden)

Steifemodul $E_s = 60 \dots 80 \text{ MN/m}^2$, ab 7 m $E_s = 100 \text{ MN/m}^2$

Hinweise für die weitere Planung und die Bauausführung

Beweissicherung, Messüberwachung

Vor Inangriffnahme der Bauarbeiten ist - abgesehen von der Grundwasser-Beweissicherung entsprechend den Ausführungen des ZT-Büros Dr. Gamerith - auch eine Beweissicherung an in der Nähe der Unterflurtrasse vorhandenen baulichen Anlagen durchzuführen, wobei als bauliche Anlagen nicht nur Gebäude, sondern auch z.B. Stützmauern, Straßenflächen, Kanäle etc. zu betrachten sind. Im Rahmen der Beweissicherung sind eventuell schon vorhandene Schäden, insbesondere Risse, genau zu dokumentieren.

Als Einwirkungen, die zu Schäden führen könnten, sind vor allem die Bodenentspannung neben Baugruben sowie Verformungen von Baugrubensicherungen zu erwähnen, wobei im Falle von Spundwänden die mit dem Rammen verbundenen Erschütterungen und die mit dem Ziehen einher gehenden Verformungen hinzukommen. Aber auch im Zusammenhang mit der Wasserhaltung (z.B. durch Bodenumlagerungen als Folge von inneren Erosionen) und durch schweren Baustellenverkehr können Schäden auftreten. Die flächenmäßige Ausdehnung des Bereiches, innerhalb dessen Beweissicherungen durchzuführen sind, richtet sich somit einerseits nach der Baugrubentiefe und der Grundwasser-Absenktiefe, andererseits auch nach der Art der Bau durchführung. Für den Fall, dass Spundwände zum Einsatz gelangen, ist der zu erfassende Bereich eher weiter abzustecken und während der Arbeiten durch an sensiblen Punkten angebrachte Schwingungsaufnehmer zu überwachen.

Falls die Spundwände nicht geschlagen, sondern eingeschüttet werden, kann hiermit gleichzeitig die Frequenz des Rüttlers optimiert werden. Als erster Anhaltspunkt wird empfohlen, im tiefer liegenden Abschnitt der Unterflurtrasse, etwa von Bau-km 0,175 bis km 1,675, die innerhalb eines jeweils 30 m breiten Streifens beidseitig der Wannen-Außenwände gelegenen Objekte mit der Beweissicherung zu erfassen. Im Zusammenhang mit der Beweissicherung sind auch noch die verfügbaren Daten über die Fundierung der angrenzenden Objekte zu ergänzen (z.B. Erheben der Kellerfußboden-OK des Hochhauses in der Engelsdorfer Straße 47).

Während der Bauarbeiten sind zumindest die oben angeführten Objekte, sofern sie nicht abgetragen werden, durch Setzungsmessungen (Genauigkeit + 1 mm) zu überwachen und schon vorhandene Mauerwerksrisse hinsichtlich etwaiger Veränderungen zu kontrollieren. Die Mess- bzw. Kontrollintervalle müssen sich dabei am Bau-

fortschritt orientieren. Weitere Messpunkte aber auch Messsysteme sind in Abhängigkeit der gewählten Bauverfahren und der Empfindlichkeit von Bauwerken und/oder Baugrubensicherungen zu wählen (z.B. Grundwasserspiegelmessungen etc.)

Baugruben, Baugrubenböschungen

Die Baugrubentiefe beträgt im Regelfall ca. 7 bis 10 m, wobei ein Großteil der Strecke mehr oder weniger in das Grundwasser eintaucht. Die Baudurchführung wird entscheidend vom jeweiligen Grundwasserstand geprägt, weshalb unbedingt danach zu trachten ist, vor allem den westlichen, am tiefsten in das Grundwasser eintauchenden Abschnitt zwischen etwa km 0,200 und 0,900 zu einer Zeit mit niederem Grundwasserspiegel herzustellen. Entsprechend den Aufschlussbohrungen liegt die Sohle der Murschotter bzw. des Aquifers zwischen ca. 12 m im Westen und ca. 8 m (bis minimal 7 m) im mittleren und östlichen Abschnitt. Das bedeutet, dass theoretisch, durch Einbindung in das Tertiär, eine weitgehend dichte Umspundung möglich wäre, wenn entsprechend schwere Spundwandprofile und Rammgeräte verwendet werden. Aufgrund der hiermit verbundenen Kosten kommt jedoch vermutlich eine Grundwasserabsenkung, eventuell in Verbindung mit einer nicht vollkommenen Abdichtung für den jeweiligen Bauabschnitt, günstiger. Zum Einfluss einer nicht bis in das Tertiär reichenden Umspundung auf die zu pumpende Wassermenge.

Auf die Problematik mit der Wasserhaltung, die aus baupraktischer und wasserrechtlicher Sicht erforderlichen entsprechend kurzen Bauabschnitte und die zu erwartenden Pumpmengen wird im Gutachten des ZT-Büros Dr. W. Gamerith näher eingegangen. Dort wurde auch ausgeführt, dass im westlichen Abschnitt eine Wasserhaltung mittels Brunnen erforderlich sein wird, während bei geringer Absenktiefe auch eine offene Wasserhaltung mit Drainagegräben und Pumpensümpfen denkbar ist.

Aus bodenmechanischer Sicht ist zu ergänzen, dass Bodenausspülungen - vor allem im Nahbereich von Gebäuden, möglichst verhindert werden müssen, beispielsweise durch geeignete Filterkörper. Über weite Bereiche wird mittels in der Baugrube, von einem Voraushubniveau hergestellter Schachtbrunnen das Auslangen gefunden werden können.

Hinsichtlich der Baugrubensicherung lassen sich grob folgende Fälle unterscheiden:

Ungesicherte, also frei geböschte Baugruben

Unter der Voraussetzung einer sauberen, vorauseilend durchgeführten Grundwasserabsenkung und einem ausreichend zur Verfügung stehenden Platz, also bei nicht beengten Verhältnissen, können ungesicherte Baugrubenböschungen mit einer mittleren Böschungsneigung von ca. 45° ausreichend standsicher hergestellt werden. Locker gelagerter, oberflächennaher Murschotter, gleichkörnige Kieslagen, aber auch Sandlinsen können jedoch Schwächezonen bilden und zu Ausmuschelungen führen, auf welche mit einer entsprechenden Böschungsverflachung reagiert werden muss. Weiters können sich einzelne Steine und Blöcke aus der Böschung lösen und abrollen. Wenn nahe der oberen Böschungskante Lasten abzutragen sind, müssen gesonderte Überlegungen durchgeführt werden.

Gesicherte Baugrubenböschungen bzw. Baugruben

Steilere Baugrubenböschungen, wie sie bei beengten Platzverhältnissen erforderlich sind, müssen gesichert werden, beispielsweise durch eine bewehrte Spritzbetonschale in Verbindung mit voll vermörtelten Bodennägeln oder durch Spundwände. Diese können, je nach dem zur Verfügung stehenden Platz, auch von einem entsprechend abgesenkten Voraushubniveau gerammt werden. Im Hinblick auf die Rammerschütterungen werden die Voreinschnitte jedoch nicht mit ca. 45°, sondern mit im Mittel nur rund 40° geböscht werden können.

Zu den beiden Verfahren sind weiters nachstehende Punkte zu beachten:

- **Bodenvernagelung** : Voraussetzung ist ein unter der Baugrubensohle liegender bzw. verlässlich abgesenkter Grundwasserspiegel. Im Vergleich zu einer Spundwand nachteilig ist, dass für die Bodennägel möglicherweise Fremdgrund in Anspruch genommen werden muss und dass die Baugrubensicherung im Untergrund verbleibt bzw. nur mit mehr oder weniger großem Aufwand teilweise entfernt werden kann (z.B. teilweises Öffnen der Spritzbetonschale im Grundwasserschwankungsbereich).

- **Spundwände**: Vorteilhaft ist, dass Spundwände mit dem Verfüllen der Baugrube wieder entfernt werden können und dass sie den Wasserhaltungsaufwand günstig beeinflussen. Als Nachteile sind hingegen die Rammerschütterungen und die mit dem

Spundwandziehen verbundenen Baugrundverformungen zu erwähnen. Unterfangungen für einzelne, besonders nah am Querschnitt der Unterflurtrasse gelegene Bauwerke kommt praktisch nur eine Unterfangung in Frage. Hierfür eignet sich - aufgrund der vorliegenden Untergrund- und Grundwasserverhältnisse in Verbindung mit den großen erforderlichen Unterfangungstiefen

- das **Düsenstrahlverfahren (Hochdruckbodenvermörtelung)**, wobei aber auf mögliche Erschwernisse durch im Murschotter eingelagerte Blöcke (in den Aufschlüssen bis $d = 35$ cm, jedoch durchaus auch größere Blöcke möglich) hingewiesen wird. Während der Düsenstrahlarbeiten sind genaue Hebungs- bzw. Setzungskontrollen durchzuführen und im Bedarfsfall Entlastungsbohrungen vorzusehen. Durch eine entsprechende Vernagelung oder Verankerung im Zuge der Aushubarbeiten können die Verformungen minimiert werden. Wenn die Wanne der Unterflurtrasse direkt an den Unterfangungskörper angebaut wird, ist auf eine entsprechende Körperschalldämmung zu achten.

Fundierungen

Gemäß den durchgeführten Bodenaufschlüssen kommt die Gründungssohle der eigentlichen Unterflurtrasse im Murschotter zu liegen. Generell ist auf eine gleichmäßige Beschaffenheit der jeweiligen Gründungssohle zu achten. Im Murschotter eventuell eingelagerte Sandlinsen sind auskoffern und zweckmäßigerweise durch beim Baugrubenaushub gewonnenen Murschotter (ev. auch durch Magerbeton) zu ersetzen. Unter Umständen genügt es auch, den Sand mit Murschotter zu vermischen. Desgleichen sollten in der Gründungssohle anstehende gleichkörnige Kieslagen mit Sand-Kies vermischt wieder eingebaut werden. Die Gründungssohlen (und Bodenausschichtungen) sind stets sorgfältig zu verdichten, ebenso die im Gutachten des ZT-Büros Dr. W. Gamerith geforderten Filterkörper und Dichtriegel. Der anstehende Boden ist gegenüber dem gut durchlässigen Filterkörper durch einen geeigneten Filter zu schützen, um die sonst - vor allem während aufrechter Wasserhaltung - zu befürchtenden Erosionen hintanzuhalten.

In den äußersten Rampenbereichen können in der vorgesehenen Gründungsebene Böden der Deckschicht anstehen. Um möglichst gleichmäßige Gründungsbedingungen zu schaffen, sind derartige Schichten zumindest teilweise auszuwechseln.

Bauwerkshinterfüllungen, Überschüttungen

Es gilt RVS 8.24 Erdarbeiten , Kapitel 5.8 Hinterfüllung und Überschüttung von Bauwerken sinngemäß. Die statische Berechnung und die (zulässigen) Hinterfüll- und Überschüttungszustände sind aufeinander abzustimmen. Je nach der Sensibilität der Konstruktion ist die Wichte der Überschüttung zu variieren, wobei der obere Grenzwert nahe an die Wichte eines gesättigten Bodens herankommt.

Freilandstrecken

Im Bereich der Freilandstrecken wird bei in Höhe des theoretischen Unterbauplanums anstehenden Böden der eher feinkörnigen Deckschicht ein verstärkter Fahrbahnaufbau erforderlich sein, um auf Höhe des theoretischen Unterbauplanums den in der RVS 8.24, Tabelle 1 geforderteren Lastplattenmodul zu erzielen. Bei anstehenden feinkörnigen Böden mit steifer Konsistenz wird der Gesamt-Fahrbahnaufbau (inklusive teilweiser Bodenauswechslung) eine Mächtigkeit von mindestens 1,0 m, bei eher nur weicher Konsistenz eine Mächtigkeit von mindestens 1,2 m aufweisen müssen. Für die (teilweise) Bodenauswechslung kommt in erster Linie drainagefähiger Bruchschotter (z.B. $d = 20/40$ mm) in Frage, welcher auf einem Trenn- und Verstärkungsgeotextil entsprechend RVS 8S.01.2 verdichtet eingebaut wird.

Streckenabschnitt bis zur Autobahnauffahrt Messendorfer Straße

Für die zu einem späteren Zeitpunkt geplante Fahrbahnabsenkung kann von 2:3 geneigten Einschnittsböschungen (mit den entsprechenden Ausrundungen) ausgegangen werden. Bereichsweise

- vor allem bei mächtiger Deckschicht oder locker gelagerten Sanden bis kiesigen Sanden können stabilitätserhöhende Maßnahmen, z.B. teilweise Bodenauswechslung bzw. Aufbringen einer Schicht größerer Scherfestigkeit, erforderlich werden.

An Hand der Bodenaufschlüsse ist kein systematischer Unterschied zwischen den tiefer gelegenen Geländebereichen der Murauen und den höher gelegenen Bereichen der Würmterrasse zu erkennen, sodass sich die nachstehend angegebenen mittleren Schicht - Grenzen - jeweils ab Urgeländeniveau - und Bodenkennwerte auf den gesamten Abschnitt der Unterflurtrasse bis Bau-km 1,750 beziehen. Ab Bau-km 1,750 ist das oberste Schichtpaket (Schicht (1)) von der Tendenz her dicker und feinkörni-

ger, sodass ab hier eine gesonderte Behandlung dieser Schicht erforderlich ist. Die angegebenen Bodenkennwerte gelten für den gewachsenen Boden und sind für die Dimensionierung von Flachfundierungen entsprechend ÖNORM B 4435-2 Erd- und Grundbau Flächengründungen, EUROCODE-nahe Berechnung der Tragfähigkeit als charakteristische Bodenkennwerte zu verstehen.

Für **Bauwerkshinterfüllungen** werden die für die Schicht (3) angegebenen Bodenkennwerte herangezogen, sofern überwiegend Murschotter entsprechend verdichtet eingebaut wird.

Der **Erdwiderstand** (passive Erddruck) ist generell vorsichtig, unter Berücksichtigung eventueller späterer Aufgrabungen, anzusetzen. Bei einem hinsichtlich Erd-druckunterschieden sensiblen, rahmenartigen Bauwerk sind die nachstehend angegebenen charakteristischen Wichten jeweils in ungünstiger Weise um 1,0 kN/m³ zu erhöhen und um 1,5 kN/m³ abzumindern.

Die **Auftriebssicherheit** wird entsprechend ÖNORM B 4430, Teil 1 nachgewiesen, wobei die Eigengewichte als vorsichtige Werte anzunehmen sind.

Beweissicherung

Vor Beginn der Bauarbeiten ist auch eine Beweissicherung an in der Nähe der Unterflurtrasse vorhandenen baulichen Anlagen durchzuführen, wobei als bauliche Anlagen nicht nur Gebäude, sondern auch z.B. Stützmauern, Straßenflächen, Kanäle etc. zu betrachten sind. Im Rahmen der Beweissicherung sind eventuell schon vorhandene Schäden, insbesondere Risse, genau zu dokumentieren.

Die nachstehend angeführten der Trasse nächstgelegenen Bauwerke sind einer Beweissicherung zuzuführen:

Casalgasse 73 (2 gemauerte Gebäude) EG 15 m schlechter Bauzustand

Casalgasse 69 (Einfamilienhaus) KG, EG 21 m

Casalgasse 67 (Einfamilienhaus) EG, DG 13 m

Casalgasse 68 (Einfamilienhaus; Blumenladen) KG, EG und OG 13 m

Kreuzung Engelsdorfer Straße, Johann-Koller-Weg (Einfamilienwohnhaus)

EG + "Halle" 14 m "altes" Bauwerk

Engelsdorfer Straße 10 (Einfamilienhaus) KG, EG, DG 17 m

Engelsdorfer Straße 18 (Einfamilienhaus) KG, EG, DG 13 m

Pfarrzentrum St. Paul EG 15 m

Stützmauer östlich Engelsdorfer Straße (südlich der Kreuzung mit der Konrad-Hopferwieser-Gasse) - 23 m
Engelsdorfer Straße 37, 39, 41, 43 und 45 (Einfamilienhäuser) generell nur EG, (Nr. 41 auch KG) 23 m z.T. "alte" Bauwerke
Stanglmühlstraße 21 (Einfamilienhaus) KG, EG 18 m
Engelsdorfer Straße 47 (Hochhaus) KG, EG, 7 OG 19 m
Engelsdorfer Straße 57a (Garage) EG 29 m
Fa. Luttenberger (überdachter Holzlagerplatz) - Liebenauer Hauptstraße 200 (Friseur Trummer) KG, EG, OG 21 m

Als Einwirkungen, die zu Schäden führen könnten, sind vor allem die Bodenentspannung neben Baugruben sowie Verformungen von Baugrubensicherungen zu erwähnen, wobei im Falle von Spundwänden die mit dem Rammen verbundenen Erschütterungen und die mit dem Ziehen einher gehenden Verformungen hinzukommen. Aber auch im Zusammenhang mit der Wasserhaltung (z.B. durch Bodenumlagerungen als Folge von inneren Erosionen) und durch schweren Baustellenverkehr können Schäden auftreten. Die flächenmäßige Ausdehnung des Bereiches, innerhalb dessen Beweissicherungen durchzuführen sind, richtet sich somit einerseits nach der Baugrubentiefe und der Grundwasser-Absenktiefe, andererseits auch nach der Art der Bau durchführung.

Für den Fall, dass Spundwände zum Einsatz gelangen, ist der zu erfassende Bereich eher weiter abzustrecken und während der Arbeiten durch an sensiblen Punkten angebrachte Schwingungsaufnehmer zu überwachen.

Falls die Spundwände nicht geschlagen, sondern eingeschüttet werden, kann hiermit gleichzeitig die Frequenz des Rüttlers optimiert werden.

Als erster Anhaltspunkt wird empfohlen, im tiefer liegenden Abschnitt der Unterflurtrasse, etwa von Bau-km 0,175 bis km 1,675, die innerhalb eines jeweils 30 m breiten Streifens beidseitig der Wannens-Außenwände gelegenen Objekte mit der Beweissicherung zu erfassen. Im Zusammenhang mit der Beweissicherung sind auch noch die verfügbaren Daten über die Fundierung der angrenzenden Objekte zu ergänzen

(z.B. Erheben der Kellerfußboden - OK des Hochhauses in der Engelsdorfer Straße 47).

Während der Bauarbeiten sind zumindest die in der oben angeführten Objekte, sofern sie nicht abgetragen werden, durch Setzungsmessungen (Genauigkeit + 1 mm) zu überwachen und schon vorhandene Mauerwerksrisse hinsichtlich etwaiger Veränderungen zu kontrollieren. Die Mess- bzw. Kontrollintervalle müssen sich dabei am Baufortschritt orientieren. Weitere Messpunkte aber auch Messsysteme sind in Abhängigkeit der gewählten Bauverfahren und der Empfindlichkeit von Bauwerken und/oder Baugrubensicherungen zu wählen (z.B. Grundwasserspiegelmessungen etc.)

3.2.2 Gutachten

Beurteilungsgrundlagen

Wie bereits im Kapitel 1.1 taxativ aufgezählt richten sich die Beurteilungsgrundlagen nach den Regelwerken vorrangig des Straßenbaus RVS – Richtlinien sowie den jeweiligen ÖNormen der B 44er Reihe für den Erdbau und der Geotechnik, die als der Stand der Technik zu bezeichnen sind. Diese Regelwerke beschreiben die zulässigen Parameter für die Errichtung von geotechnischen Einbauten, wie Stützbauwerken, etc. in den Untergrund und dessen geologische Rahmenbedingungen.

Beurteilt wurde fachlich in Abhängigkeit mit der Eingriffstiefe in den Untergrund die Stabilität der errichteten Böschungen in der Bauphase, der Betriebsphase und in einem eventuellen Störfall. Dazu erfolgten die Begutachtung und Abwägung der vorgesehenen Stützbauwerke (wie Spund- und Betonwände, etc.) auf den angrenzenden Untergrund sowohl im Zuge der Vorbereitung und Errichtung. Nicht zu vergessen ist die Erfassung der möglichen Auswirkung der einzelnen Herstellungsverfahren auf die Umwelt.

Der Arbeitnehmerschutz spielt vor allem in der Baubranche eine gewichtige Rolle und wird immer bedeutsamer je tiefer die Baustelle unter das Umgebungsniveau wandert. Hier wurde ausschließlich die Errichtungsphase beurteilt.

Beurteilung der Untergrundverhältnisse:

Boden und Untergrund

Der Raum der vorgesehenen Trasse des Grazer Südgürtels, ausgehend von der Puntigamer Brücke quert zunächst den nacheiszeitlich gestalteten Bereich der Murauen. Danach durchzieht sie eiszeitliche Ablagerungen der Würmterrasse (im Wesentlichen fluvioglaziale Ablagerungen mit einer bis mehrere Meter mächtigen sandig-schluffigen Deckschicht).

Im Nahbereich der Trasse folgt die Terrassenkante hierbei, von Süden von der Dorfstraße kommend, der Engelsdorfer Straße, um anschließend knapp nordwestlich des Pfarrzentrums St. Paul (morphologisch kaum noch erkennbar) von der Engelsdorfer Straße in Richtung Norden abzuschwenken.

Die Unterlagerung der eiszeitlichen Ablagerungen (Terrassenschotter) bilden die überwiegend feinkörnigen Ablagerungen des Tertiärs.

Die vorangegangenen Untergrunderkundung im Bereich der geplanten Trasse (sowie im danach liegenden Abschnitt bis zur Autobahnauffahrt Messendorfer Straße) erfolgten auf Basis von Datenmaterial der FA 19C sowie der unzähligen Bohrungen und Schurfröschen, die bis 2005 abgeteuft bzw. gezogen wurden.

In der Regel folgen im Liegenden der Mutterbodenschicht, die zwischen 0,1 – 0,3 m erreicht, feinkörnige Deckschichten, die als locker gelagerte Sande bis tonige Schluffe in Erscheinung treten. Sie erreichen sowohl über den Sedimenten der Muraue als auch über der Würmterrasse Mächtigkeiten von bis zu 2m.

Darunter folgen Flussablagerungen (Murschotter) sowie glaziale Würmschotter in Form von teilweisen gering bis sehr gering blockigen, ± sandigen Kies-Stein-Gemischen mit eingeschalteten Kieslinsen. Die Lagerungsdichte liegt mit der Teufe zunehmend bei locker bis mitteldicht. Das tiefste Schichtglied wurde in Teufen von 16 bis rund 20 m unter GOK erbohrt. Es handelt sich dabei um Feinsand – Schluff – Gemische, die anfangs leicht verwittert und als steif angetroffen wurden.

Hinsichtlich der Grundwasserverhältnisse ist festzuhalten, dass der Grundwasserspiegel in sämtlichen Bohrungen angetroffen wurde, und zwar in Tiefen zwischen 4,4 und 10,9 m unter Gelände bzw. zwischen ca. 332,5 und 330,1 m ü.A..

Für einen Gesamt-Überblick über die Untergrund- und Grundwasserverhältnisse wird auf den im Gutachten des ZT-Büros Dr. W. Gamerith enthaltenen geologischen Längenschnitt im Maßstab 1:2000/200 verwiesen.

Die mit den durchgeführten Bodenaufschlüssen erkundeten Untergrundverhältnisse sind hinsichtlich des anstehenden Bodenmaterials für das gegenständliche Bauvorhaben, die Errichtung einer Unterflurtrasse und der anschließenden Erdbaustrecken, als günstig zu bezeichnen. Dies liegt daran, dass schon in geringer Tiefe generell kies- und steinbetonte Flussablagerungen (Murschotter) anstehen, welche einen gut tragfähigen Untergrund darstellen.

Weit weniger günstig ist die Situation hinsichtlich der Grundwasserverhältnisse, da die Nivellette (Bezugshöhe in der Tunnelachse zwischen den beiden Richtungsfahrbahnen) zwischen ca. km 0,210 und km 0,800 unter dem vom ZT-Büro Dr. W. Gamerith angegebenen niederen Grundwassersand NGW liegt, wobei die größte Eintauchtiefe unter NGW rund 1,0 m beträgt.

In weiterer Folge verringert sich der Höhenunterschied zwischen Nivellette und NGW nur sehr langsam, sodass erst bei ca. km 1,250 die Nivellette über den mittleren Grundwasserspiegel (MGW) auftaucht. In weiterer Folge verringert sich der Höhenunterschied zwischen Nivellette und NGW nur sehr langsam, sodass erst bei ca. km 1,250 die Nivellette über den mittleren Grundwasserspiegel (MGW) auftaucht.

Zu beachten ist, dass die Baugrubensohle aufgrund des Fahrbahnaufbaues, der Stärke der Betonwanne sowie der Isolierung samt Schutz- und Unterbeton im Regelfall rund 1,4 m unter der Nivellette liegt und dass sich die Querneigung von bis zu 4 % nochmals mit bis zu ca. + 0,7 m - im Bereich des aufgeweiteten Querschnittes - zu Buche schlägt. Erschwerende Bedingungen ergeben sich ferner aus dem hohen Durchlässigkeitsbeiwert und der Lage der geplanten Unterflurtrasse im Randbereich des engeren Schongebietes des Wasserwerkes Feldkirchen der Grazer Stadtwerke AG sowie im Bereich von (i.W.) gewerblich genutzten Brunnenanlagen.

In anderen Teilbereichen sind die Gelände- und Anlageverhältnisse allerdings so günstig, dass - je nach der Verfügbarkeit der angrenzenden Grundstücke während der Bauarbeiten und je nach der Verkehrsführung an den angrenzenden Straßen -

frei geböschte Baugruben möglich sind, wenn nicht ohnehin aus Gründen der Wasserhaltung eine Baugrubenumschließung, z.B. Umspundung, vorgesehen wird.

An Hand der Bodenaufschlüsse ist kein systematischer Unterschied zwischen den tiefer gelegenen Geländebereichen der Murauen und den höher gelegenen Bereichen der Würmterrasse zu erkennen, sodass sich die nachstehend angegebenen mittleren Schicht - Grenzen - jeweils ab Urgeländeniveau - und Bodenkennwerte auf den gesamten Abschnitt der Unterflurtrasse bis Bau-km 1,750 beziehen. Ab Bau-km 1,750 ist das oberste Schichtpaket (Schicht (1)) von der Tendenz her dicker und feinkörniger, sodass ab hier eine gesonderte Behandlung dieser Schicht erforderlich ist. Die angegebenen Bodenkennwerte gelten für den gewachsenen Boden und sind für die Dimensionierung von Flachfundierungen entsprechend ÖNORM B 4435-2 Erd- und Grundbau Flächengründungen, EUROCODE-nahe Berechnung der Tragfähigkeit als charakteristische Bodenkennwerte zu verstehen.

Für **Bauwerkshinterfüllungen** werden die für die Schicht (3) angegebenen Bodenkennwerte herangezogen, sofern überwiegend Murschotter entsprechend verdichtet eingebaut wird.

Der **Erdwiderstand** (passive Erddruck) ist generell vorsichtig, unter Berücksichtigung eventueller späterer Aufgrabungen, anzusetzen. Bei einem hinsichtlich Erd-druckunterschieden sensiblen, rahmenartigen Bauwerk sind die nachstehend angegebenen charakteristischen Wichten jeweils in ungünstiger Weise um 1,0 kN/m³ zu erhöhen und um 1,5 kN/m³ abzumindern.

Die **Auftriebssicherheit** wird entsprechend ÖNORM B 4430, Teil 1 nachgewiesen, wobei die Eigengewichte als vorsichtige Werte anzunehmen sind.

Beweissicherung

Vor Beginn der Bauarbeiten ist auch eine Beweissicherung an in der Nähe der Unterflurtrasse vorhandenen baulichen Anlagen durchzuführen, wobei als bauliche Anlagen nicht nur Gebäude, sondern auch z.B. Stützmauern, Straßenflächen, Kanäle etc. zu

betrachten sind. Im Rahmen der Beweissicherung sind eventuell schon vorhandene Schäden, insbesondere Risse, genau zu dokumentieren.

Als Einwirkungen, die zu Schäden führen könnten, sind vor allem die Bodenentspannung neben Baugruben sowie Verformungen von Baugrubensicherungen zu erwähnen, wobei im Falle von Spundwänden die mit dem Rammen verbundenen Erschütterungen und die mit dem Ziehen einher gehenden Verformungen hinzukommen. Aber auch im Zusammenhang mit der Wasserhaltung (z.B. durch Bodenumlagerungen als Folge von inneren Erosionen) und durch schweren Baustellenverkehr können Schäden auftreten. Die flächenmäßige Ausdehnung des Bereiches, innerhalb dessen Beweissicherungen durchzuführen sind, richtet sich somit einerseits nach der Baugrubentiefe und der Grundwasser-Absenktiefe, andererseits auch nach der Art der Bau durchführung.

Für den Fall, dass Spundwände zum Einsatz gelangen, ist der zu erfassende Bereich eher weiter abzustrecken und während der Arbeiten durch an sensiblen Punkten angebrachte Schwingungsaufnehmer zu überwachen.

Falls die Spundwände nicht geschlagen, sondern eingeschüttet werden, kann hiermit gleichzeitig die Frequenz des Rüttlers optimiert werden.

Als erster Anhaltspunkt wird empfohlen, im tiefer liegenden Abschnitt der Unterflurtrasse, etwa von Bau - km 0,175 bis km 1,675, die innerhalb eines jeweils 30 m breiten Streifens beidseitig der Wannens-Außenwände gelegenen Objekte mit der Beweissicherung zu erfassen. Im Zusammenhang mit der Beweissicherung sind auch noch die verfügbaren Daten über die Fundierung der angrenzenden Objekte zu ergänzen (z.B. Erheben der Kellerfußboden - OK des Hochhauses in der Engelsdorfer Straße 47).

Während der Bauarbeiten sind zumindest die in der Tabelle 1 angeführten Objekte, sofern sie nicht abgetragen werden, durch Setzungsmessungen (Genauigkeit + 1 mm) zu überwachen und schon vorhandene Mauerwerksrisse hinsichtlich etwaiger Veränderungen zu kontrollieren. Die Mess- bzw. Kontrollintervalle müssen sich dabei am Baufortschritt orientieren. Weitere Messpunkte aber auch Messsysteme sind in Abhängigkeit der gewählten Bauverfahren und der Empfindlichkeit von Bauwerken und/oder Baugrubensicherungen zu wählen (z.B. Grundwasserspiegelmessungen etc.)

Arbeitnehmerschutz

Die Baugrubentiefe beträgt im Regelfall ca. 7 bis 10 m, wobei ein Großteil der Strecke mehr oder weniger in das Grundwasser eintaucht. Im Zuge der Baudurchführung werden zwei Varianten von Baugruben zur Ausführung gelangen.

Die ungesicherten, also frei geböschten Baugruben werden unter der Voraussetzung einer sauberen, vorausseilend durchgeführten Grundwasserabsenkung und einem ausreichend zur Verfügung stehenden Platz, also bei nicht beengten Verhältnissen, hergestellt werden können. Sie werden mit einer mittleren Böschungsneigung von ca. 45° ausreichend standsicher hergestellt werden. Locker gelagerter, oberflächennaher Murschotter, gleichkörnige Kieslagen, aber auch Sandlinsen können jedoch Schwächezonen bilden und zu Ausmuschelungen führen, auf welche mit einer entsprechenden Böschungsverflachung reagiert wird. Weiters können sich einzelne Steine und Blöcke aus der Böschung lösen und abrollen.

Die gesicherten Baugruben erhalten aufgrund der engen Platzverhältnisse steilere Baugrubenböschungen, die beispielsweise durch eine bewehrte Spritzbetonschale in Verbindung mit voll vermörtelten Bodennägeln oder durch Spundwände gesichert werden. Diese können, je nach dem zur Verfügung stehenden Platz, auch von einem entsprechend abgesenkten Voraushubniveau gerammt werden. Im Hinblick auf die Rammerschütterungen werden die Voreinschnitte jedoch nicht mit ca. 45°, sondern mit im Mittel nur rund 40° geböscht werden können.

Besondere Vorsicht ist jedenfalls beim Ziehen der Spundwände geboten, da es zu Nachbrüchen aufgrund von momentanen Entlastungen kommen kann.

3.3 Maßnahmen und Aufgabenvorschläge

Bei projekts- und plangemäßer Errichtung und dem Betrieb der Anlage besteht aus geologisch – geotechnischer Sicht kein Einwand gegen die Erteilung der Genehmigung, wenn nachstehend angeführte Maßnahmen getroffen werden:

1. Im Rahmen der Umsetzung des Projektes sind alle Tief- und Grundbauarbeiten durch einen geologisch-geotechnischen Zivilingenieur

zu begleiten.

2. Das Bautagebuch, in dem die ordnungsgemäße Ausführung der Tief- und Grundbauarbeiten (Gründungen, Böschungen, Einschnitte, Aufschüttungen, etc.) und der Wasserhaltungsmaßnahmen eingetragen sind, ist nach Abschluss der Arbeiten jedoch längstens bis zum Zeitpunkt der Kollaudierung zur Einsichtnahme durch die Behörde aufzubewahren.
3. Vor Beginn der Bauarbeiten sind die im Projekt dargestellte Beweissicherung an den der Trasse nahe stehenden Gebäuden nachweislich durchzuführen.
4. Vor Beginn der Bauarbeiten ist die Trasse der Gasleitung samt Sicherheitsstreifen in der Natur zu vermarken und ist der Beginn der Bauarbeiten dem Leitungshalter, der Gasnetz Steiermark GmbH, anzuzeigen.
5. Durch Setzungsmessungen sind in Rücksichtnahme auf die gewählte Sicherungsvariante in regelmäßigen Abständen mögliche Bewegungen an den beweisgesicherten Gebäuden nachweislich durchzuführen und zu dokumentieren.
6. Werden Spundwände zur Böschungssicherung eingeschlagen, ist darauf zu achten, dass durch Erschütterungen keine benachbarten Böschungen mobilisiert werden.
7. Die Böschungsneigungen im Bereich ungesicherter Böschungen dürfen 45° nicht übersteigen.
8. Sollte es im Zuge der Bauphase zu unerwarteten großflächigen Erosionen und Massenbewegungen kommen, ist unverzüglich die zuständige Behörde davon in Kenntnis zu setzen.
9. Die Baugruben sind in den tiefer in das Grundwasser eintauchenden Bereichen der Länge nach zu begrenzen, um einerseits den Wasserhaltungsaufwand möglichst gering zu halten und andererseits im Bedarfsfall ein lokal begrenztes Fluten zu ermöglichen.

- 10.** Zur Wasserhaltung in Baugruben, sowie Errichtung temporärer Gräben oberhalb der Baugruben zur Abhaltung von außerhalb der Baugruben anfallender Niederschlagswässer sind Pumpen (auch Reservepumpen) mit ausreichender Pumpleistung vorzuhalten.
- 11.** Um im Endzustand eine ausreichende Unterströmung zu ermöglichen, ist alle 0,2 km auf 50 m Länge ein mindestens 0,7 m mächtiger, gut durchlässiger Filterkörper (Durchlässigkeitsbeiwert $k > 0,01$ m/s) unterhalb der Unterflurtrasse einzubauen.
- 12.** Um die Wirkung einer Längsdrainage der o.a. Filterschicht bzw. auch des Planums zu vermeiden, ist alle 0,1 km ein zumindest 5 m breiter Abschnitt aus gering durchlässigem Material (z.B. Magerbeton) normal zur Trassenachse einzubauen.
- 13.** Die Auftriebssicherheit ist entsprechend ÖNORM B 4430, Teil 1 durch einen Fachkundigen nachzuweisen.
- 14.** Während und nach Abschluss der jeweiligen Tief- und Grundbauarbeiten ist die Oberfläche umgehend erosionssicher zu befestigen.
- 15.** Besonders gefährdete Bereiche (z.B. frische Anschüttungen und Anschnitte) sind mit Vlies oder ähnlichem vor Abschwemmungen zu schützen.
- 16.** Sollten im Zuge von Aushubarbeiten gefährliche Abfälle aus Altablagerungen angetroffen werden, sind diese nachweislich einem befugten Abfallsammler und -entsorger zu übergeben.
- 17.** Im Falle von unkontrollierten Austritten von wassergefährdenden Stoffen sind zur ersten Gefahrenabwehr jeweils mindestens 50 kg Ölbindemittel vom Typ I und III leicht erreichbar und gekennzeichnet vorrätig zu halten.

18. Die geotechnische Beweissicherung der angrenzenden Objekte ist nach Beendigung der Bauarbeiten bis spätestens nach Erreichung des projektierten Grundwasserspiegellage nachweislich aufrecht zu erhalten.

3.4 Stellungnahmen und Einwendungen

- Stellungnahme der Gasnetz Steiermark GmbH 8041 Graz, Emil – Ertl – Gasse 69 vom 21.11.2008:

In der oa. Stellungnahme wird auf die Lage der Gasleitung und die sich daraus ergebenden Schutzabstände im Zuge der Errichtung des Südgürtels hingewiesen. Den formulierten Auflagen der Gasnetz Steiermark GmbH wird in Auflage 4.) des ggstdl. Gutachtens Rechnung getragen.
- Einwand von Dr. Rupert Friedl, Casalgasse 79, 8041 Graz vom 19.12.2008
Betreffend des ggstdl. Fachthemas wird ausgeführt, dass Herr Dr.Friedl befürchtet, dass durch den Abtransport des Abraumes seine Versorgungsleitungen in Mitleidenschaft gezogen werden.
Grundsätzlich werden alle Leitung so verlegt bzw. gegen Auflast so geschützt, dass es zu keinen nachhaltigen Veränderungen kommen kann. Sollte dies trotzdem der Fall sein, sind diese dem Konsenswerber anzuzeigen und von ihm ordnungsgemäß herzustellen. Irreversible Veränderungen des Untergrundes sind nicht zu erwarten.
- Umweltschutz des Landes Steiermark vom 30. November 2006 (GZ.: FA18E 80.03-257/2002-62)
Hier werden keine relevanten Punkte die das ggstdl. Fachthema betreffen angesprochen.

- Stadtbaudirektion Stadt Graz 29.10.2009 (GZ.: A10 BD -16294/2007-30)
Hier werden keine relevanten Punkte die das ggstdl. Fachthema betreffen angesprochen.

3.5. Varianten und Alternativen

Grundsätzlich wird dazu ausgeführt, dass jeglicher Straßenbau einen irreversiblen Eingriff in den Untergrund darstellt. Unterschiedlich ist jedenfalls die jeweilige Eingriffstiefe, die von einigen Dezimetern bis zu mehreren Zehnermetern reicht.

Mögliche Alternativen könnten nur in Form einer Brückenkonstruktion angedacht werden, wobei die Auswirkungen auf den Untergrund zwar reduziert, aber im Hinblick auf die anderen Schutzgüter maximiert werden.

Bezüglich der Lage der Trasse sind Diskussionen zwar möglich, jedoch scheint offensichtlich aufgrund von raumplanerischen Verfehlungen keine Alternative zur eingereichten Trasse zur Verfügung zu stehen, die eine wirtschaftliche sinnvolle Variante zulassen.

Auf Basis der vorgefundenen Rahmenbedingungen ist die gegenständliche Variante im Hinblick auf das Schutzgut Boden und Untergrund als umweltverträglich anzusehen.

4 ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen der weiterführenden Errichtung des Südgürtels in Graz soll nunmehr das Teilstück St. Peter - Puntigam hergestellt werden, das eine Verbindung zwischen der Puntigamer Straße im Bereich der Puntigamer Brücke im Westen und dem Liebenauer Gürtel im Osten vorsieht.

Das **Vorhaben** wurde nach Durchführung einer der Nutzen- Kostenanalyse im Vorprojekt als nachweislich effizienteste 2000 m lange Neubaumaßnahme angesehen und besteht im Wesentlichen aus einer 1.442 m langen doppelröhrigen Unterflurtrasse in niveaufreier Querung des Straßennetzes in Liebenau und dazu einem umfeldverträglichen Anschlusssystem mit ressourcenschonenden Mittelrampen zur Verknüpfung der Liebenauer Hauptstraße (Einhausung) und der Puntigamer / Murfelder Straße.

Der durch eine Mittelwand richtungsgebundene Rechteckquerschnitt besitzt im Regelfall eine lichte Weite von 12,25 m und eine lichte Höhe von 5,0 m. Die Gesamtbauwerksbreite beträgt somit 26,40 m bei einer Tieflage von durchschnittlich 7,0 m unter Gelände. Das Bauwerk wird im Bereich des Grundwassers als sogenannte „Weiße Wanne“ wasserdicht ausgeführt.

Aus **regionalgeologischer Sicht** führt der geplante Streckenabschnitt des Grazer Südgürtels, ausgehend von der Puntigamer Brücke zunächst über den nacheiszeitlich gestalteten Bereich der Murauen , sodann über eiszeitliche Ablagerungen der Würmterrasse (im Wesentlichen fluvioglaziale Ablagerungen mit einer bis mehrere Meter mächtigen sandig-schluffigen Deckschicht).

Im Nahbereich der Trasse folgt die Terrassenkante hierbei, von Süden von der Dorfstraße kommend, der Engelsdorfer Straße, um anschließend knapp nordwestlich des Pfarrzentrums St. Paul (morphologisch kaum noch erkennbar) von der Engelsdorfer Straße in Richtung Norden abzuschwenken.

Die Unterlagerung der eiszeitlichen Ablagerungen (Terrassenschotter) bilden die überwiegend feinkörnigen Ablagerungen des Tertiärs.

Hinsichtlich der **Grundwasserverhältnisse** ist festzuhalten, dass der Grundwasserspiegel in sämtlichen Bohrungen angetroffen wurde, und zwar in Tiefen zwischen 4,4 und 10,9 m unter Gelände bzw. zwischen ca. 332,5 und 330,1 m ü.A..

Die Baugrubentiefe beträgt im Regelfall ca. 7 bis 10 m, wobei ein Großteil der Strecke mehr oder weniger in das Grundwasser eintaucht. Die Baudurchführung wird entscheidend vom jeweiligen Grundwasserstand geprägt, weshalb unbedingt danach zu trachten ist, vor allem den westlichen, am tiefsten in das Grundwasser eintauchenden Abschnitt zwischen etwa km 0,200 und 0,900 zu einer Zeit mit niederem

Grundwasserspiegel herzustellen. Entsprechend den Aufschlussbohrungen liegt die Sohle der Murschotter bzw. des Aquifers zwischen ca. 12 m im Westen und ca. 8 m (bis minimal 7 m) im mittleren und östlichen Abschnitt. Das bedeutet, dass theoretisch, durch Einbindung in das Tertiär, eine weitgehend dichte Umspundung möglich wäre, wenn entsprechend schwere Spundwandprofile und Rammgeräte verwendet werden. Aufgrund der hiermit verbundenen Kosten kommt jedoch vermutlich eine Grundwasserabsenkung, eventuell in Verbindung mit einer nicht vollkommenen Abdichtung für den jeweiligen Bauabschnitt, günstiger. Zum Einfluss einer nicht bis in das Tertiär reichenden Umspundung auf die zu pumpende Wassermenge.

Vor Inangriffnahme der Bauarbeiten ist auch eine **Beweissicherung** an in der Nähe der Unterflurtrasse vorhandenen baulichen Anlagen durchzuführen, wobei als bauliche Anlagen nicht nur Gebäude, sondern auch z.B. Stützmauern, Straßenflächen, Kanäle etc. zu betrachten sind. Im Rahmen der Beweissicherung sind eventuell schon vorhandene Schäden, insbesondere Risse, genau zu dokumentieren.

Als Einwirkungen, die zu Schäden führen könnten, sind vor allem die Bodenentspannung neben Baugruben sowie Verformungen von Baugrubensicherungen zu erwähnen, wobei im Falle von Spundwänden die mit dem Rammen verbundenen Erschütterungen und die mit dem Ziehen einher gehenden Verformungen hinzukommen. Aber auch im Zusammenhang mit der Wasserhaltung (z.B. durch Bodenumlagerungen als Folge von inneren Erosionen) und durch schweren Baustellenverkehr können Schäden auftreten. Die flächenmäßige Ausdehnung des Bereiches, innerhalb dessen Beweissicherungen durchzuführen sind, richtet sich somit einerseits nach der Baugrubentiefe und der Grundwasser-Absenktiefe, andererseits auch nach der Art der Bau durchführung.

Im tiefer liegenden Abschnitt der Unterflurtrasse, etwa von Bau-km 0,175 bis km 1,675, werden die innerhalb eines jeweils 30 m breiten Streifens beidseitig der Wannen-Außenwände gelegenen Objekte mit der Beweissicherung erfasst. Im Zusammenhang mit der Beweissicherung sind auch noch die verfügbaren Daten über die Fundierung der angrenzenden Objekte zu ergänzen.

Das Vorhaben ist daher hinsichtlich aus geologischer und geotechnischer Sicht als umweltverträglich zu bewerten und entsprechen die getroffenen Maßnahmen zur Hintanhaltung von Erosionen, Massenbewegungen der Unterflurtrasse und der Zulaufstrecken dem Stand der Technik. Auswirkungen sind lediglich in der Bauphase zu erwarten.

Bei projekts- und plangemäßer Errichtung und dem Betrieb der B 67a „Südgürtel“ sind keine zusätzlichen negativen Auswirkungen auf die Umweltverträglichkeit zu erwarten.

Der geologisch - geotechnische Amtssachverständige

Mag. Hermann Michael KONRAD, OBR.