

Ordinarius .R.
für Grundbau,
Bodenmechanik,
Felsmechanik und
Tunnelbau an der
Technischen Universität
München

7200 Flughafen München
166 / 118 Budgethotel

Geotechnischer Bericht / Baugrundgutachten

Baumbachstraße 7
81245 München
089 / 289-27 131
Fax: 289-27 189

Norbert.vogt@tum.de

Auftraggeber: Flughafen München GmbH
 Fachabteilung FMG/RE
 Nordallee 43

 85356 München – Flughafen

Tel.: 089 / 975-37311
Fax: 089 / 975-37497

Bezug: Bestellung 500139860 vom 7.04.2017

Textseiten: 23 Seiten
Anlagen: 4 8 Blatt

Verteiler: 1. Fertigung FMG/RET (FMG-Archiv)
 2. Fertigung FMG/RE
 3. Fertigung FMG/RE

Textfile: **7200-166-118GmA-Budget.pdf**

Bearbeiter: Dipl.-Ing. M. Gahbauer Tel.: 089 / 975-52 480
 Dr.-Ing. D. Heyer Tel.: 089 / 289-27 134
 Fax: 089 / 975-52 486

Zeichen: Ga/Hy/Vo

Ort, Datum München, 24.07.2017

Inhaltsverzeichnis

1. Auftrag	3
2. Projektbeschreibung	3
3. Unterlagen	4
4. Archivunterlagen	4
5. Baugrundverhältnisse und Grundwasser	5
5.1 Allgemeine geologische Verhältnisse	5
5.2 Bodeneinteilung im Flughafengelände	5
5.2.1 Boden A : Jüngste quartäre Deckschichten	7
5.2.2 Boden B : Quartäre feinkornreiche Kiese und Sande	8
5.2.3 Boden C : Quartäre feinkornarme Kiese und Sande	9
5.2.4 Boden E : Tertiäre Kiese und Sande	10
5.2.5 Boden F : Tertiäre Schluffe und Tone	10
5.3 Baugrundaufschlüsse und Baugrundbeurteilung	11
5.3.1 Vorgehensweise	11
5.3.2 Schichtenfolge aus Bohrungen	12
5.3.3 Sondierwiderstände	13
5.4 Chemische Bodenuntersuchungen	14
5.4.1 Einstufung der Analyseergebnisse	14
5.4.2 Analyseergebnisse	15
6. Grundwasserstände, Wasserhaltung und Versickerung	16
6.1 Allgemeines	16
6.2 Grundwasserstände und deren Bezeichnung	16
6.3 Wasserhaltung, Bemessungswasserstände Bauzeit	17
6.3.1 Versickerung von Niederschlagswasser	18
6.4 Durchlässigkeitsbeiwerte	18
7. Bodenkennwerte	19
8. Folgerungen für die Baumaßnahmen	19
8.1 Gründung	19
8.2 Versickerungseinrichtungen	21
8.3 Böschungen	22
8.4 Bauwerkshinterfüllung, Überschüttung und Erddruckannahmen im Endzustand	22
9. Ergänzende Hinweise und Empfehlungen	23
10. Schlussbemerkung	23

Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Übersichtslageplan
Anlage 2	Archivaufnahmen
Anlage 3	Lageplan der Untersuchungsstellen
Anlage 4	Bl. 1-5, Längsschnitte

1. Auftrag

Durch die FMG wurde das Zentrum Geotechnik beauftragt, im Rahmen des Neubaus eines Budgethotels zu den Baugrund- und Grundwasserverhältnissen und zu den sich daraus ergebenden Folgerungen für die erforderlichen Gründungsarbeiten auf Grundlage der zurzeit vorliegenden Planung gutachtlich Stellung zu nehmen. Vom Zentrum Geotechnik, Prüfamts für Grundbau, Bodenmechanik, Felsmechanik und Tunnelbau der TU München wurden hierzu im Mai 2017 Baugrunduntersuchungen durchgeführt. Das geplante Bauwerk wird nach DIN 1054 in die geotechnische Kategorie GK1 eingestuft.

2. Projektbeschreibung

Südlich des bestehenden Novotels soll ein weiteres Hotel errichtet werden. Die Lage des geplanten Baubereiches am Flughafen München ist der **Anlage 1** zu entnehmen. Einen Lageplan der Entwurfsplanung [U10] zeigt das **Bild 1**. Der geplante Baubereich ist in einen südlichen, tief liegende und einen nördlichen, hoch liegenden Bereich unterteilt. Die Grenze liegt bei der X-Koordinate X=5.255.

Folgende Angaben liegen zum Zeitpunkt der Abgabe des geotechnischen Berichtes vor:

- Die Abmessungen des Baufeldes B.3 betragen ca. 110 m auf ca. 40 m
- Das Niederschlagswasser soll versickert werden
- Alle Trassen werden im Baufeld rückgebaut

Folgende Angaben liegen zurzeit nicht vor und sind Gegenstand der weiteren Planung:

- Die Gebäudebezugshöhe und die Höhe der späteren Geländeoberfläche
- Tiefgeschosse und Anbindung von Ver- und Entsorgungstrassen

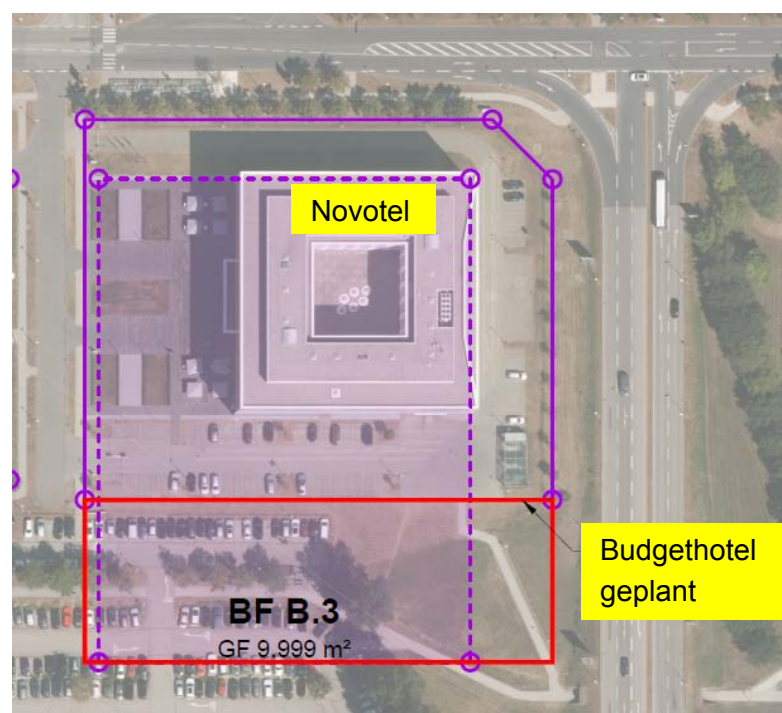


Bild 1: Lageplan Budgethotel im Baufeld B.3 [U10]

3. Unterlagen

- [U1] Gutachten Prof. Dr.-Ing. Jelinek, Proj.Nr. 7200/34 vom 16.11.1973
Planfeststellung Flughafen München 2
- [U2] Gutachten Prof. Dr.-Ing. Vogt, Proj.Nr. 7200/670/747 vom 20.08.2007
Planfeststellung Flughafen München 3. Start- Landebahn
- [U3] Archivunterlagen FMG/TEL-ID, Bestandsplan vom 11.07.2015
- [U4] Archivunterlagen FMG/TEG-DD, Luftbilder M 1 : 10.000
- [U5] Bohrdatenbank des Flughafens München
- [U6] Archivunterlagen Zentrum Geotechnik
- [U7] Gutachten Prof. Dr.-Ing. Vogt, Proj.Nr. 7200/166/023 vom 05.01.2006, Novotel
- [U8] Prüfbericht 7200/166/049 vom 2.07.2007, Zentrum Geotechnik,
Baugrunduntersuchung der Anschüttungen im Bereich Parkplätze auf Altlasten
- [U9] Baugrunduntersuchungen 7200/166/110 im Jahr 2011, Zentrum Geotechnik, Hotel-2
- [U10] Entwurfsplanung Budgethotel, Grundriss per E-Mail vom 29.03.2017 von FMG/RE
- [U11] Handbuch Bodenmechanik 20 der FMG vom 25.08.2012, aufgestellt Zentrum Geotechnik
- [U12] Handbuch Wasserhaltung 14 der FMG vom 28.06.2013, aufgestellt FMG/RCUW
- [U13] Grundwasserhöhengleichen MNW, MW, MHW von FMG/RCUW, per E-Mail vom 13.07.17
- [U14] Prüfbericht 3517 Mayr Umweltanalytik GmbH Dachau, Ergebnisse von chemischen Boden-
untersuchungen vom 10.07.2017
- [U15] Handlungshilfe für den Umgang mit geogen arsenhaltigen Böden des Bayerischen Landes-
amtes für Umwelt, Stand 2014

4. Archivunterlagen

Der geplante Baubereich wurde bis zum jetzigen Zeitpunkt als Grünfläche und Parkplatz genutzt. Die aktuellen Höhen sind im Bestandsplan [U3] bei FMG/TEL-ID enthalten. Die Geländehöhen im geplanten Baubereich entsprechen nicht mehr dem vorhandenen Gelände vor Beginn der Erdarbeiten zum Flughafenneubau Terminal 1 im Jahr 1985, sondern wurden durch Erdarbeiten während des Flughafenbaues mehrmals verändert.

Da die Kenntnis der erfolgten Veränderungen Grundlage für das Konzept der Baugrunduntersuchungen ist, wird nachstehend die aus den Archivunterlagen erarbeitete Historie der Baumaßnahmen im geplanten Baubereich chronologisch aufgelistet und kurz beschrieben. Sie dient im Besonderen der Auswahl der Baugrunduntersuchungsstellen. Im geplanten Baubereich sind drei frühere Baumaßnahmen bekannt, die einen Einfluss auf die Ausführung der jetzt geplanten Baumaßnahme haben:

- 1.) Ab 1989 wurden BE-Flächen für die Bauarbeiten im nördlichen Bebauungsband erstellt (**siehe Anlage 2**).
- 2.) Im höher liegenden Teil des geplanten Baubereiches wurde 1990 der Parkplatz P41-Süd erstellt. Der tiefer liegende Parkplatz des P41-Süd wurde nach Rückbau der BE-Flächen nach Inbetriebnahme nach Mai 1992 erstellt.
- 3.) Mit dem Bau des Novotels von 2008 bis 2009 wurden die Fahrgassen und Stellflächen im jetzt geplanten nördlichen Baubereich auf die aktuelle Situation verändert.

Es kann festgestellt werden, dass außer für den hochliegenden Teil des P41-Süd für die vorgenannten Baumaßnahmen keine geotechnische Qualitätssicherung vorliegt.

5. Baugrundverhältnisse und Grundwasser

Die allgemeinen Baugrundverhältnisse sind in [U1, U2] wie folgt beschrieben.

5.1 Allgemeine geologische Verhältnisse

Geologisch liegt das Flughafengelände im nördlichen Teil der Münchner Schotterebene, die vom Alpenvorland bis nach Freising reicht. Es handelt sich um eine fluvioglaziale Aufschotterung der Riß- und Würmeiszeit sowie des Holozäns. Die quartären Schichten sind den würmeiszeitlichen Niederterrassenschottern sowie der nacheiszeitlichen Altstadt- und Pullingstufe zuzuordnen. Unter den quartären Kiesen treten die tertiären Schichten der Oberen Süßwassermolasse (OSM) auf, die als Flinz bekannt sind. Die ursprüngliche Tertiäroberfläche lag ca. 50 m bis 100 m höher als heute und wurde besonders in der Rißeiszeit erodiert. Das Tertiär besteht aus stark sandigen Kiesen des Hauptschotters, die im Nordteil des Flughafengeländes an die hangenden quartären Kiese angrenzen, und aus tertiären Sanden. In die überwiegend stark durchlässigen tertiären Kiese und durchlässigen tertiären Sande sind mit unterschiedlicher Mächtigkeit schwach bis sehr schwach durchlässige Schluffe, Tone und Mergel eingelagert.

Das Schema der Bodenschichtung und der Grundwasserstockwerke sowie das geologische Profil und die Körnungsbänder quartärer bzw. tertiärer Böden sind dem **Bild 2** zu entnehmen.

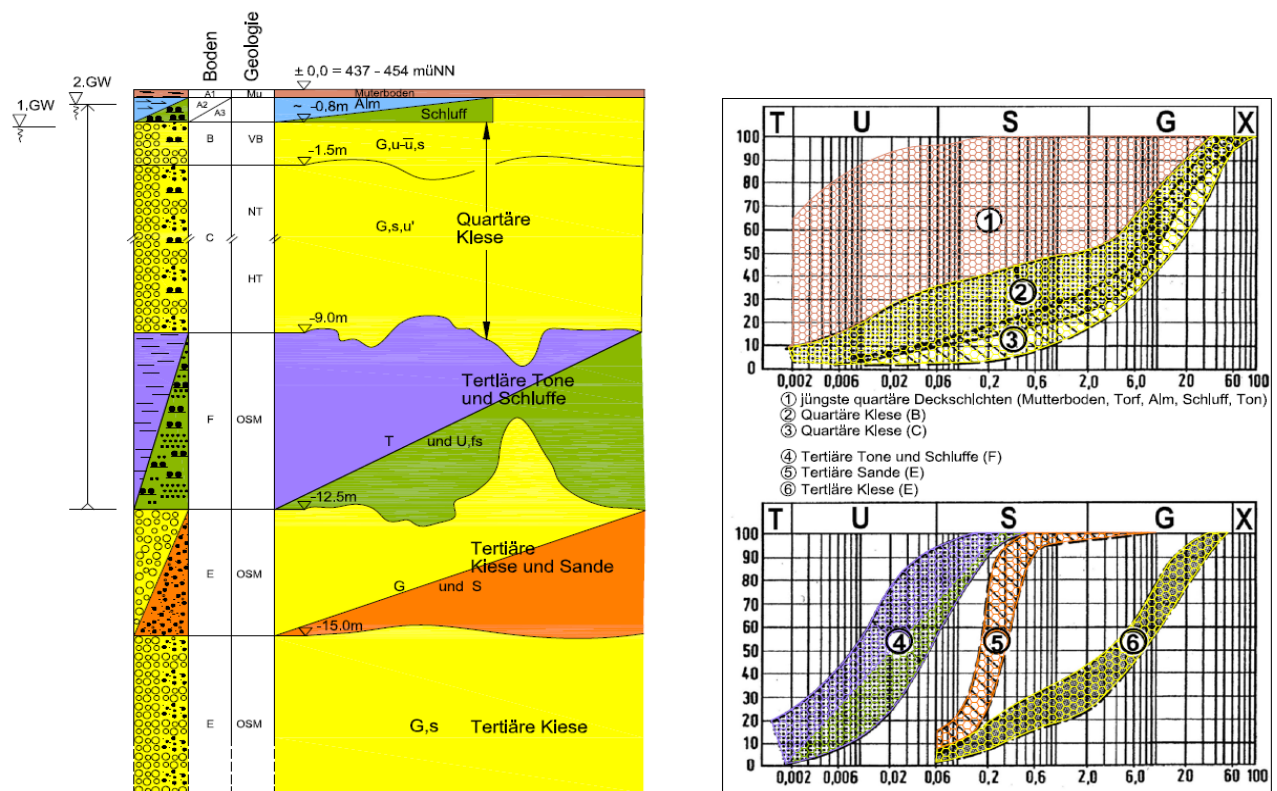


Bild 2: Schema der Bodenschichtung und der Grundwasserstockwerke

5.2 Bodeneinteilung im Flughafengelände

Grundsätzlich werden für das Baugelände, wie im gesamten Flughafengebiet, entsprechend [U1, U2] folgende 6 Böden unterschieden, wobei die zur Bezeichnung verwendeten Buchstaben nicht mit den üblicherweise in der Pedologie verwendeten Bodenbezeichnungen identisch sind:

Geotechnischer Bericht / Baugrundgutachten

- Boden A: Jüngste quartäre Deckschichten
- Boden B: Quartäre feinkornreiche Kiese
- Boden C: Quartäre feinkornarme Kiese und Sande
- Boden D: Im Quartär umgelagerte, tertiäre Böden
- Boden E: Tertiäre Sande und Kiese
- Boden F: Tertiäre Tone und Schluffe

Durch diese Einteilung, die im Detail noch weiter untergliedert ist, ist es möglich, in ihrem bodenmechanischen Verhalten ähnliche und nach ihrer geologischen Entstehung zusammenfassbare Böden möglichst einfach in Baugrundprofilen darzustellen und hinsichtlich ihres Verhaltens zu charakterisieren.

Unmittelbar unter den quartären Deckschichten stehen überwiegend die feinkornreichen quartären Kiese des Bodens B an. Darunter folgen die quartären Kiese des Bodens C mit geringem Feinkornanteil bis zu den tertiären Böden E und F. Quartäre Böden sind von den tertiären Böden in der Regel sicher unterscheidbar. Die quartären Böden B und C lassen sich anhand der mürbe verwitterten Kiesgerölle des Bodens B gut vom Boden C abgrenzen, während eine scharfe Abgrenzung der tertiären Böden E und F wegen der großen Streuung der Zusammensetzung im Übergangsbereich vom Schluff zum Sand nicht immer eindeutig ist.

Die Böden A – F und ihre bautechnische Eingruppierung sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Diese Unterteilung entspricht den Homogenbereichen im Sinne der neuen DIN 18300:2016-09 (VOB Teil C). Eine weitere Unterscheidung beispielsweise in Homogenbereiche C1, C2, C3 ist dann angebracht, wenn diese Böden getrennt gelöst und verwendet werden sollen. Zum Vergleich sind die Bodenklassen der ATV DIN 18300:2012 ergänzend aufgeführt.

Boden Flughafen MUC			Bodengruppe DIN 18196	Bodenklasse DIN 18300 Ausgabe 2012	Frostempfindlich- keitsklasse ZTVE-StB 09
Jüngste quartäre Deckschichten	A1	Mutterboden	OT, OU	1	F2
	A2A A2H A2M	Alm Torf Böden mit org. oder humosen Anteilen	OK HN, HZ OU, OT	2, 3 und 4 ¹⁾	F2 und F3
	A3	bindige Deckschichten	ST, UL, UM, TM, TA	2, 4 und 5 ¹⁾	F3
Quartäre feinkornreiche Kiese	B1	Korn-Ø < 0,063 mm 5 - 15 %.	GU, GT	3	F2
	B2	Korn-Ø < 0,063 mm 15 - 40 %.	GU*, GT*	4	F3
Quartäre feinkornarme Kiese und Sande	C1	Korn-Ø < 0,063 mm < 5 %.	GI, GE, GW SI, SE, SW	3	F1
	C2	Korn-Ø < 0,063 mm 5 - 10 %.	GU, GT SU, ST	3	F2
Quartäre Tone und Schluffe	C3	Bindige Sedimente	UL, UM, TL, TM, TA	4, 5	F2 und F3
Tertiäre Sande und Kiese	E		SI, SE, SW, SU, SU* GI, GE, GW, GU, GT	3, 4, 5 ²⁾	F1, F2, F3
Tertiäre Schluffe und Tone	F		UL, UM, TL, TM, TA	4, 5, 6 ²⁾	F2 und F3
¹⁾ Diese Böden haben bei hohen Wassergehalten eine breiige oder flüssige Konsistenz (Bodenklasse 2) ²⁾ In den Böden E und F können zusätzlich verfestigte Schichten und Bereiche eingelagert sein, die je nach Festigkeit und Abmessungen den Bodenklassen 5 oder 6 der DIN 18300:2012 zugeordnet werden können					

Tabelle 1: Die Böden des Flughafengeländes und ihre bautechnische Eingruppierung

5.2.1 Boden A : Jüngste quartäre Deckschichten

Der Boden A lässt sich nach der Zusammensetzung und seiner bautechnischen Eignung in die Böden A1 bis A3 untergliedern. Diese Unterteilung wurde bei den bisherigen Baugrunduntersuchungen, abhängig von der jeweiligen Zielsetzung, häufig nicht getrennt dokumentiert oder ausgewertet. In diesen Fällen sind die Böden A1 bis A3 als Boden A zusammengefasst beschrieben und dargestellt. Die Böden A2 sind im geplanten Baubereich nicht vorhanden.

Tabelle 1: Die Böden des Flughafengeländes und ihre bautechnische Eingruppierung

Boden A1 – Mutterboden inklusive der Grasnarbe

Er ist in der Regel schwach durchlässig bis durchlässig, stark wasser- und frostempfindlich, nicht langzeitstabil und in der Regel stark kompressibel. Diese Böden gehören nach den Klassifikationsmerkmalen der DIN 18196 (Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke) in der Regel zur Gruppe OH. Der Boden A1 ist für die Aufnahme von Bauwerkslasten nicht geeignet und ist in der Regel nur für Oberbodenarbeiten sowie für vegetationstechnische Zwecke verwendbar, weshalb er im Zuge von Erdarbeiten gesondert zu behandeln ist.

Boden A2 – Alm und Torf, Böden mit humosen Beimengungen

Alm und Torf treten häufig in wenige Dezimeter dicken Lagen auf oder es sind in untergeordneten Umfang Torflinsen im Alm eingelagert. Aufgrund der geologischen Entstehung infolge Quellaustritts des Grundwassers über den Torf und nachfolgender Ausfällung von Kalk liegt der Alm über dem Torf. Weiterhin tritt Torf auch bevorzugt im unteren Abschnitt der Oberbodenschicht auf.

Der Boden A2 ist meist schwach durchlässig bis durchlässig, nicht langzeitstabil und in der Regel stark kompressibel. Der Alm ist zusätzlich stark wasser- und frostempfindlich. Zum Boden A2 werden auch die Übergangsbereiche zu den Böden A1 und A3 gezählt, d.h. Böden mit organischen oder mittel bis stark humosen Beimengungen.

Für die Differenzierung des Bodens A2 ist ein Buchstabe (A, H oder M) nachgestellt.

A2A steht für Alm,

A2H für Torf und

A2M für Schluffe und Tone mit organischen oder humosen Beimengungen.

Die Böden A2 gehören nach den Klassifikationsmerkmalen der DIN 18196 (Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke) den Gruppen OK, HN, HZ, OU, OT und OH an.

Die Böden A2 mit organischen oder humosen Beimengungen sind ohne besondere Maßnahmen (Bodenverbesserung) für die qualifizierte Verwendung im Erdbau und für die Aufnahme von Bauwerkslasten ungeeignet. Ihre Verwendbarkeit für spezielle Fragestellungen in Verbindung mit einer Bodenverbesserung muss in Eignungsprüfungen gesondert untersucht werden. Ohne Bodenverbesserung kann der Boden A2, geeignete Konsistenz vorausgesetzt, nur in z.B. Schutzwällen und Geländemodellierungen mit mehreren Metern, Verwendung finden oder in Erdstoffdeponien abgelagert werden.

Die Böden A2A (Alm) und A2H (Torf) sind nicht für den Einbau in standsicherheitsrelevanten Bereichen von Sichtschutzwällen geeignet. Die Böden A2 sind mit Ausnahme der Torfe in bautechnischer Hinsicht bei geringen Anforderungen auch für eine Nassverfüllung geeignet.

Boden A3 – bindige Deckschichten

Die bindigen Deckschichten des Bodens A3 sind meist Hochwassersedimente (Auelehm) der früher unregulierten Isar und ihrer Seitenbäche. Der Kornanteil $\emptyset < 0,063$ mm beträgt in der Regel mehr als 40 M.-%. Sie treten außer in flächiger Verbreitung örtlich auch als linsenförmige Einlagerungen überwiegend aus Schluff und vereinzelt aus Ton unter dem Boden A2 auf. In Teilbereichen führt der Boden A3 auch Kies und Sand. Die Böden A3 sind überwiegend schwach wasserdurchlässig, stark wasser- und frostempfindlich und in der Regel stark kompressibel. Diese Böden gehören nach den Klassifikationsmerkmalen der DIN 18196 (Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke) zu den Gruppen UL, UM, TL, TM, TA.

Für die Aufnahme von Bauwerkslasten ist der Boden A3 nur bedingt geeignet. Die Eignung für den Erdbau hängt von der vorliegenden Konsistenz und den Anforderungen des zu erstellenden Bauwerkes ab. Sie kann durch Bodenverbesserungsmaßnahmen erreicht werden. Prinzipiell eignen sie sich unter Beachtung des Einbauwassergehaltes für Dammschüttungen aller Art. Die Böden A3 sind in bautechnischer Hinsicht bei geringen Anforderungen für eine Nassverfüllung geeignet.

5.2.2 Boden B : Quartäre feinkornreiche Kiese und Sande

Der Boden B erfasst den sogenannten Verwitterungsboden unterhalb der Deckschicht (Boden A). Es handelt sich dabei überwiegend um einen quartären, schluffigen bis stark schluffigen Kies und vereinzelt um Sand mit verwitterten Kieskörnern mit einem Feinkornanteil $\emptyset < 0,063$ mm von 5 bis 40 M.-%. Er kann mit Alm, Torf sowie Schluff durchsetzt sein und ein Teil der Kieskörner ist aufgrund der bereits eingetretenen Verwitterung oft mürbe entfestigt. Die Böden B enthalten oft organische, meist pflanzliche Reste.

Der Boden B lässt sich nach dem Feinkorngehalt und seiner bautechnischen Eignung in die Böden B1 und B2 untergliedern. Diese Unterteilung wurde bei den bisherigen Baugrunduntersuchungen, abhängig von der jeweiligen Zielsetzung, häufig nicht getrennt dokumentiert oder ausgewertet. In diesen Fällen sind die Böden B1 und B2 zusammengefasst als Boden B beschrieben und dargestellt.

Boden B1 – Quartäre Kiese mit 5 % bis 15 % Kornanteil $\emptyset < 0,063$ mm

Dieser Boden ist in der Regel als schwach durchlässig einzustufen, bedingt wasser- und frostempfindlich sowie oft schwer entwässerbar. Der Boden B1 ist nach den **Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau ZTV E-StB 17** frostempfindlich (Klasse F2). Nach DIN 18196 sind diese Böden der Gruppe GU (Kies-Schluff-Gemische) und vereinzelt der Gruppe GT (Kies-Ton-Gemische) zuzuordnen.

Sie stehen im Baugelände üblicherweise überwiegend dicht und örtlich sehr dicht gelagert an und weisen eine mittlere bis geringe Kompressibilität sowie eine hohe Scherfestigkeit auf, sodass sie zur verformungsarmen Aufnahme von Bauwerkslasten geeignet sind. Bei besonderer Beachtung des Einbauwassergehaltes sind sie als Schütt- und Verfüllmaterial geeignet.

Boden B2 – Quartäre Kiese mit 15 % bis 40 % Kornanteil $\emptyset < 0,063$ mm

Der Boden B2 ist in der Regel als sehr schwach durchlässig einzustufen, wasser- und frostempfindlich sowie sehr schwer entwässerbar. Er ist nach ZTV E-StB 17 stark frostempfindlich (Klasse F3). Die DIN 18196 ordnet diesen Boden den Gruppen GU* (Kies-Schluff-Gemische) und vereinzelt GT* (Kies-Ton-Gemische) zu.

Sie stehen im Baugelände überwiegend dicht und örtlich sehr dicht gelagert an und weisen eine mittlere Kompressibilität sowie eine mittlere bis hohe Scherfestigkeit auf, was sie ebenfalls zur Aufnahme von Bauwerkslasten geeignet macht. Bei besonderer Beachtung des Einbauwassergehaltes sind sie als Schütt- und Verfüllmaterial geeignet, erfordern aber häufig eine Bodenverbesserung.

5.2.3 Boden C : Quartäre feinkornarme Kiese und Sande

Im Boden C sind quartäre, schwach sandige oder sandige, schwach schluffige Kiese sowie in weit geringerem Umfang auftretende, teils schluffige, kiesige Sande zusammengefasst. Auch Zwischenlagen aus stark schluffigem Kies und dünne Lagen aus kiesig sandigem Schluff können in den Kiesen des Boden C vorkommen. Teilweise sind einzelne Steine bis zu ca. 200 mm Kantenlänge eingelagert.

Im Allgemeinen sind die Böden C nach DIN 18130 stark wasserdurchlässig. Es muss allerdings damit gerechnet werden, dass die Durchlässigkeit in Abhängigkeit von Feinkorngehalt und Lagerungsdichte örtlich stark wechselt (siehe Tabelle 4). Zum Beispiel können sie in rolligen (d.h. feinkornfreien und sandarmen) Zwischenlagen sehr stark durchlässig sein, während in schluffigen Zonen teils nur eine schwache Durchlässigkeit vorliegt.

Der Boden C lässt sich nach dem Feinkorngehalt und seiner bautechnischen Eignung in die Böden C1 und C2 untergliedern. Diese Unterteilung wurde bei den bisherigen Baugrunduntersuchungen, abhängig von der jeweiligen Zielsetzung, häufig nicht getrennt dokumentiert oder ausgewertet. In diesen Fällen sind die Böden C1 und C2 als Boden C zusammengefasst beschrieben und dargestellt.

Boden C1 – Quartäre Kiese und Sande mit $< 5\%$ Kornanteil $\varnothing < 0,063\text{ mm}$

Dieser Boden ist nach DIN 18130 in der Regel als stark durchlässig einzuordnen und wird nach ZTV E-StB 17 als nicht frostempfindlich (Klasse F1) eingestuft. Nach DIN 18196 werden diese Böden den Gruppen GI, GE, GW bzw. SI, SE, SW zugeordnet. Eingelagerte feinkornreiche Schichten sind erfahrungsgemäß den Gruppen GU*, SU*, GT und ST zugehörig.

Die Lagerung ist aufgrund der örtlichen Erfahrung und der Sondierwiderstände unterschiedlich und kann besonders in den oberen Abschnitten teilweise mitteldicht, überwiegend jedoch dicht bis sehr dicht sein. Weiterhin kommen dünne Rollkieslagen überwiegend in der Feinkies- (2 mm bis 6,3 mm) und Mittelkiesfraktion (6,3 mm bis 20 mm) vor, die bei Aufschlussbohrungen nicht erfasst werden, aber durch tiefe Baugruben nachgewiesen sind. Es kann von einer geringen Kompressibilität und einer hohen Scherfestigkeit ausgegangen werden. Die Kiese des Bodens C1 sind zur verformungsarmen Aufnahme von Bauwerkslasten, für den Bau von Trag- und Frostschutzschichten sowie als Schütt- und Verfüllmaterial sehr gut geeignet.

Boden C2 – Quartäre Kiese und Sande mit 5% bis 10% Kornanteil $\varnothing < 0,063\text{ mm}$

Dieser Boden ist überwiegend als stark durchlässig, teils als durchlässig einzustufen und er wird nach **ZTV E-StB 17** als gering bis mittel frostempfindlich (Klasse F2) eingestuft. Die DIN 18196 ordnet diese Böden den Gruppen GU, GT bzw. SU, ST zu. Örtlich auftretende Quartärkiese mit mehr als 10% Kornanteil $\varnothing < 0,063\text{ mm}$, aber ohne mürbe verwitterte Gerölle werden ebenfalls dem Boden C2 zugeordnet. In Tiefen von mehr als 5 m unter Gelände sind in den quartären Kiesen durch Schluff verkittete Schichten mit Mächtigkeiten von 2 m bis 3 m eingelagert.

Die Lagerung ist aufgrund der örtlichen Erfahrung und der Sondierwiderstände unterschiedlich, überwiegend dicht und lagenweise sehr dicht sowie örtlich mitteldicht und selten locker. Es kann von einer geringen Kompressibilität und einer hohen Scherfestigkeit ausgegangen werden. Die Kiese des Bodens C2 sind zur verformungsarmen Aufnahme von Bauwerkslasten sowie als Schütt- und Verfüllmaterial gut geeignet.

Boden C3 – Quartäre Schluffe und Tone

Als Boden C3 sind die feinkörnigen (bindigen) quartären Böden aus Stillwassersedimenten mit Feinkornanteilen der Korngrößen unter 0,063 mm von mehr als 40 M.-% zusammengefasst. Sie sind im Kornaufbau sehr heterogen zusammengesetzt, wobei es sich um ein breites Spektrum von Tonen bis hin zu sandigen Schluffen handelt. Die bodenmechanischen Eigenschaften entsprechen denen der Böden A3.

5.2.4 Boden E : Tertiäre Kiese und Sande

Als Boden E werden die tertiären Sande und Kiese mit Anteilen der Korngrößen unter 0,063 mm Ø bis zu 40 M.-% zusammengefasst. Ihr Kornaufbau variiert stark und es kommen sowohl schluffarme Kiese wie auch stark schluffige Sande in unregelmäßigem Wechsel vor. Die im geplanten Baubereich angetroffenen tertiären Böden aus Fremdanlieferungen entsprechen den tertiären Böden E des Flughafens.

Die tertiären Kiese heben sich in ihrem Kornaufbau von den quartären Kiesen durch einen größeren Sandanteil, der meist als sandig bis stark sandig und nur untergeordnet als schwach sandig zu bezeichnen ist und einen kleineren mittleren Korndurchmesser ab. Im Grobsandbereich zwischen den Korngrößen 0,6 mm und 2,0 mm liegt häufig eine Fehlkörnung vor. Weiterhin fällt beim Sandanteil der vergleichsweise hohe Anteil an Feinsand auf, der in der manuellen Ansprache ohne begleitend ausgeführte Laborversuche leicht mit dem Feinkornanteil verwechselt werden kann. Innerhalb der Sande können Konkretionen auftreten (bzgl. der Konkretionen siehe Boden F).

Bemerkenswert ist auch der hohe Anteil an gleichkörnigen Fein- und Mittelsanden mit einer Hauptkornfraktion zwischen 0,1 mm und 0,4 mm, was auf eine große Fließempfindlichkeit hinweist. Bereits ein geringes hydraulisches Gefälle ist ausreichend, um diese Böden in einen instabilen Zustand überzuführen (Schwimmsand). Je nach dem Anteil an Feinkorn sind die Böden nach den ZTVE-StB 17 nicht (Frostempfindlichkeitsklasse F1) oder gering bis mittel frostempfindlich (Klasse F2) oder als sehr frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse F3) einzustufen.

In gleicher Weise variiert auch der Durchlässigkeitsbereich nach DIN 18130 in weiten Grenzen von stark bis schwach durchlässig. Wegen der geregelten Ablagerung in fast horizontalen Schichten ist die vertikale Durchlässigkeit in den tertiären Sanden um ein Vielfaches geringer als in horizontaler Richtung.

5.2.5 Boden F : Tertiäre Schluffe und Tone

Als Boden F sind die feinkörnigen (bindigen) tertiären Böden mit Feinkornanteilen der Korngrößen unter 0,063 mm von mehr als 40 Gew.-% zusammengefasst. Sie sind im Kornaufbau sehr heterogen zusammengesetzt, wobei es sich um ein breites Spektrum von Tonen bis hin zu sandigen Schluffen handelt. Bei den Kornfraktionen mit bis zu 30 Gew.-% der Korngrößen über 2,0 mm Durchmesser handelt es sich um Kalkkonkretionen. Unter Kalkkonkretionen werden durch chemi-

sche Reaktionen zur Ausfällung gekommene, unregelmäßig knollige bzw. plattige Körper, z.T. auch stark kavernöse Körper verstanden.

Neben dem Vorkommen als Einzelkorn können die Kalkkonkretionen auch flächig als zusammenhängende plattige bzw. schiefrige Schicht ausgebildet sein. Erfahrungsgemäß kann die Schichtdicke gelegentlich auch über 20 cm betragen. Der horizontale Trennflächenabstand kann über ein Meter betragen und mit stark oder eng klüftig beschrieben werden.

Die Festigkeit streut mit dem Hohlraumanteil und ist generell als gering bis mittel zu beurteilen. In gleicher Weise wie die Kornverteilung streuen auch die Plastizitätsgrenzen sehr stark. Die Böden mit höherem Sandanteil und die Schluffe mit geringen Plastizitäten sind stark wasserempfindlich, d.h. sie können bereits bei geringer Wasseraufnahme ihre Kohäsion und Festigkeit verlieren.

Diese Böden sind nach den ZTVE-StB 17 überwiegend als sehr frostempfindlich (Klasse F3) einzustufen. Lediglich die ausgeprägt plastischen Tone sind gering bis mittel frostempfindlich (Klasse F2), weniger wasser- und nicht erosionsempfindlich sowie spülungsunwillig (erheblicher Widerstand beim Einrütteln von Spundbohlen oder Trägern und mit einer Unterwasserraupe nicht zu schieben). Sie können bei freier Oberfläche zum Quellen neigen. Auch im Hinblick auf die Festigkeit sind die Streuungen sehr groß. Neben dem Auftreten steifer Konsistenz ist ihr Zustand überwiegend halbfest. Es treten auch Böden mit natürlichen Wassergehalten unterhalb der Schrumpfgrenze auf, welche zu den festen Böden gehören.

Ton- oder Schluffsteinbildung tritt nur sehr selten in meist wenige cm dicken Lagen auf. Die feinkörnigen Tone zerfallen bei einer Wasserlagerung in der Regel nicht. Sie zerbröckeln aber häufig, weichen auf und lassen sich nach der Wasserlagerung leicht zerdrücken. Demnach ist keine diagenetische Bindung vorhanden. Im natürlichen Zustand ist die Kompressibilität dieser Böden gering und die Scherfestigkeit hoch bis sehr hoch. Die Böden gehören nach DIN 18130 zum Durchlässigkeitsbereich schwach bis sehr schwach durchlässig. Im baupraktischen Sinne können sie als undurchlässig angesehen werden.

5.3 Baugrundaufschlüsse und Baugrundbeurteilung

5.3.1 Vorgehensweise

Zur Erschließung des Untergrundes wurden im gesamten Flughafenbereich in mehreren Untersuchungsphasen sowohl für großflächige Erkundungen als auch für einzelne Projekte lokale Erkundungen durchgeführt [U1-U2; U5]. Im Bereich der geplanten Erweiterung selbst stehen im unmittelbaren Baubereich zwei Aufschlussbohrungen, von denen eine als quartäre Grundwassermessstelle 5409-Q ausgebaut ist, zur Verfügung. Weiterhin liegen vier Kleinrammbohrungen nach DIN 22475-1 und ein Schurf vor.

Zur Feststellung der Lagerungsdichte und Gleichmäßigkeit des Baugrundes und zur Feststellung der Verdichtungsqualität in den Anschüttungen wurden im Mai 2017 auf die im geplanten Baubereich bereits vorliegenden Baugrunderkundungen abgestimmt, im westlichen Bereich ergänzend 5 schwere Rammsondierungen DPH-10 überwiegend bis in Tiefen von 3 m bis 4 m durchgeführt. Abweichend von den Angaben in der DIN ISO 22476 wurde ein Spitzenquerschnitt $A = 10 \text{ cm}^2$ statt 15 cm^2 verwendet, damit ausreichend tiefe Aufschlüsse in den erwarteten dicht bis sehr dicht gelagerten Kieslagen erreicht werden konnten. Aus der Baugrunderkundungen für das bestehende Novotel [U7] und das ehemals geplante 2. Hotel [U9] waren von 2005 bis 2011 insgesamt 12

Rammsondierungen durch die dicht bis sehr dicht gelagerten Kiese in meist 9 m bis 12 m und dabei maximal 5 m tief in die tertiären Schichten hinein durchgeführt worden.

Die Rammsondierungen wurden vom Zentrum Geotechnik von der aktuellen Geländeoberfläche aus durchgeführt. Die Untersuchungspunkte wurden vom Vermessungsbüro rmk, Freising nach Lage und Höhe abgesteckt. Gemäß Bestandsplan [U3] von FMG/TEL-ID waren an den Sondierpunkten keine Leitungs- und Mediatrassen vorhanden. Die Anordnung der Untersuchungspunkte ist in **Anlage 3** zusammen mit dem Bestandsplan maßstäblich dargestellt.

Die Ergebnisse der Kleinrammbohrungen und der Rammsondierungen sind in Schnitten in **Anlage 4, Bl. 1 - 5** als Rammdiagramme und Bodenprofile höhenmäßig zusammen mit den Koten der aktuellen Geländeoberfläche und den Grundwasserständen MNW, ZW und MHW (s. Abschnitt 6.2) eingetragen.

5.3.2 Schichtenfolge aus Bohrungen

In den Grünflächen neben den Gehwegen beträgt die Mächtigkeit des Oberbodens (Boden A1) zwischen 0,10 m und 0,30 m, i.M. 0,20 m. Im östlichen Bereich zwischen dem Gehweg und der Böschungsoberkante beim Novotel werden unter der Wiederandeckung mit Oberboden Gemische von Oberboden mit Kies in einer Mächtigkeit von 0,25 m (Bohrung 5891) bis 0,80 m (Bohrung 5889) angetroffen.

Im nördlichen, hochliegenden Bereich liegt aus der Baumaßnahme 2 eine Anschüttung vor, die zuoberst aus sandigem, schwach schluffigen Kies und darunter bis zur Basis der Anschüttung aus tertiärem, stark kiesigem und schluffigen Sand aus Fremdlieferungen vergleichbar dem Boden E mit einer Mächtigkeit von 0,30 m im Kies und 1,05 m im Sand vor.

Im südlichen, ca. 0,9 m tiefer liegenden Bereich liegt ebenfalls eine Anschüttung vor, die für die BE-Flächen erstellt wurde und die überwiegend aus schwach schluffigen Kies des Bodens C2 mit Einlagerungen von geringmächtigen Schluff und Ton der Böden A3 und tertiären, sandigen und schwach schluffigen Kies des Bodens E in Schichtdicken bis maximal 7 cm besteht.

In den Flächen, die nicht für BE-Flächen genutzt wurden (Bohrung 5889), liegen unter den Anschüttungen zuoberst die nicht komplett abgetragenen Böden A mit Schichtdicken von 0,15 m als Ton (Boden A3) vor.

Darunter folgen ab 0,4 m bis 1,8 m unter Ansatz Gelände entsprechend relativ eben zwischen 447,6 müNN und 447,8 müNN die natürlich gelagerten Kiese überwiegend als schluffiger bis stark schluffige Kiese der Böden B1 und B2 sowie lokal als Boden C1 mit Schichtdicken von 0,25 m bis 0,80 m entsprechend 447,00 müNN.

Unter den Böden B folgen Kiese der Böden C2 und C1 die bis in eine Tiefe von 2,0 m bis 3,0 m, unter Ansatz Gelände überwiegend als sandige bis schwach sandige und schwach schluffige Kiese anstehen. Im Tiefenbereich von 3,0 m bis 6,0 m, örtlich bis 6,5 m entsprechend 445,5 müNN bis 442,5 müNN, örtlich bis 442,0 müNN sind die Kiese feinkorn- und sandarm (rollig) ausgeprägt.

Darunter variieren die Kiese bis zu den tertiären Schichten im Feinkorngehalt zwischen schwach schluffig und schluffig, lokal auch stark schluffig und sind dem Boden C2 zuzuordnen.

Aufgrund der Aufschlussbohrungen folgen unter den quartären Kiesen die tertiären Schichten in einer Tiefe von 9,1 m bis 10,2 m unter Ansatz entsprechend 437,2 müNN bis 439,1 müNN zu-

oberst sowohl als geringmächtiger feinkörniger Boden F (Bohrung 5408) in Form von Schluff als auch als nichtbindiger Boden E (Bohrung 5409) in Form von Fein- und Mittelkies an. In weiterer Folge stehen Fein- und Mittelkiese bis 14,1 m unter Ansatz und bis zur Endtiefe bei 15 m fein- und mittelkiesige Sande an. Die Tiefenlage der OK der tertiären Schicht unter Gelände bzw. in müNN und die Bezeichnung des flughafenspezifischen Bodens E (nichtbindig) bzw. F (bindig) sowie der Bodenarten der obersten und der nächstfolgenden Schicht im Tertiär sind für die Bohrungen 5408-B und 5409-Q und Rammsondierungen in der nachfolgenden Tabelle 2 zusammengestellt. Bei der Rammsondierung wird die OK Tertiär aus der Interpretation der Rammwiderstände (siehe Abschnitt 5.3.3) gefolgert.

Bohrung/ Ramm- sondie- rung	Lage Y / X	OK Gelände müNN	Tertiär m unter Gelände	OK Tertiär müNN	Boden Terti- är 1. Boden / 2. Boden	Tertiär 1. Bodenart / 2. Bodenart
5408-B	13.013 / 5.246	448,17	9,1	439,07	F / E	U / mS
5409-Q	13.067 / 5.238	447,43	10,2	437,23	E / E	f-mG / f-mG
8228	13.045 / 5.275	449,62	10,6	439,02	Rammsondierung	
8229	13.015 / 5.275	449,52	10,7	438,82	Rammsondierung	
8230	13.045 / 5.245	447,91	10,0	437,91	Rammsondierung	
8231	13.045 / 5.218	446,92	8,3	438,62	Rammsondierung	
8232	12.985 / 5.269	449,49	11,0	438,49	Rammsondierung	
8233	13.013 / 5.218	447,77	9,0	438,77	Rammsondierung	
8271	13.030 / 5.275	449,57	10,3	439,27	Rammsondierung	
8272	13.000 / 5.269	449,49	10,3	439,19	Rammsondierung	
7662	12.981 / 5.226	447,86	9,0	438,86	Rammsondierung	
Legende: f-mG...Fein- und Mittelkies, U..Schluff, mS..Mittelsand						

Tabelle 2: OK Tertiär im geplanten Baubereich

5.3.3 Sondierwiderstände

Die Rammsondierungen wurden an auf dem Grundriss des geplanten Gebäudes [U10] abgestimmten sowie unter Berücksichtigung der bereits vorhandenen Rammsondierungen aus [U7, U9] ausgewählten Punkten bis in Tiefen von 4,0 m bis 15,0 m unter Ansatz Gelände abgeteuft. Die Lage der Sondierungen ist in **Anlage 3** ersichtlich. In Verbindung mit den daneben liegenden Bohraufschlüssen und der allgemeinen Kenntnis zur Bodenschichtung ist es möglich, durch Interpretation der Rammwiderstände Angaben zum Schichtaufbau zu machen.

In den Anschüttung der BE-Flächen und jetzt vorhandenen Stellplätzen bzw. Fahrgassen variieren die Rammwiderstände für 10 cm Eindringtiefe zwischen 6 und 15 Schlägen, örtlich 25 Schlägen, so dass eine mitteldichte bis dichte und lokal sehr Lagerung gefolgert wird.

In den Anschüttung des Parkplatzes P41-Süd und jetzt vorhandenen Stellplätzen bzw. Fahrgassen variieren die Rammwiderstände bis in eine Tiefe von 1,0 m unter Ansatz zwischen 15 und 20 Schlägen, örtlich 30 Schlägen, so dass eine dichte bis sehr Lagerung gefolgert wird. Darunter gehen die Rammwiderstände bis zur Basis der Anschüttung zwischen 1,3 m bzw. meist 1,7 m

unter Ansatz entsprechend 447,9 müNN bis 448,3 müNN auf 2 bis 5 Schläge, örtlich 10 Schläge zurück, so dass eine überwiegend lockere und örtlich mitteldichte Lagerung gefolgert wird.

Mit Erreichen der natürlich gelagerten Kiese ab einer Tiefe von 1,3 m bis 1,8 m unter Ansatz Gelände variieren die Rammwiderstände bis in eine Tiefe von 2,0 m bis 3,0 m von 15 bis 30 Schlägen, örtlich 45 Schlägen, woraus eine überwiegend dichte und vereinzelt sehr dichte Lagerung gefolgert wird.

Im Tiefenbereich von 3,0 m bis 6,0 m, örtlich 8,0 m entsprechend 446,5 müNN bis 443,5 müNN, örtlich 441,5 müNN gehen die Schlagzahlen innerhalb von meist 0,5 m auf 5 bis 10 Schläge zurück, woraus eine mitteldichte Lagerung gefolgert wird. Über Schichtdicken von 0,5 m bis 2,5 m werden in unregelmäßiger Verteilung nach Tiefenbereich und Lage im geplanten Baubereich auch nur 1 bis 4 Schläge erreicht, die gemäß der örtlichen Erfahrung und vorliegenden Aufschlussbohrungen sandarme Kiese der Böden C1 (Rollkiese) aufzeigen, die überwiegend mitteldicht und lokal locker gelagert sind.

Darunter variieren die Rammwiderstände bis zu der tertiären Schicht von 15 bis 45 Schlägen, örtlich 89 Schlägen, so dass generell eine sehr dichte Lagerung gefolgert wird. Einige Sondierungen mussten in einer Tiefe von 7,0 m abgebrochen werden, nachdem über 87 Schläge erreicht worden waren.

Mit Erreichen der tertiären Schichten wurden die Sondierungen in den Kiesen zwischen 0,5 m, maximal nach 4,5 m beendet, nachdem Rammwiderstände von 40 bis 88 Schläge für 10 cm Eindringtiefe erreicht worden waren.

5.4 Chemische Bodenuntersuchungen

Zur Bewertung im Hinblick auf eine Schadstoffbelastung wurden im geplanten Baubereich im Rahmen von drei Baugrunderkundungen an Proben aus der Andeckung mit Oberboden, den Böden der Anschüttung im nördlichen Bereich des geplanten Baubereich und den natürlich anstehenden Schichten der Böden B1 und A3 chemische Untersuchungen gemäß LAGA-Mitteilung 20 (1997) durchgeführt. Die Lage und Bezeichnung der Probenahmestellen sind in Tabelle 3 zusammengestellt.

- 1.) Baugrunderkundung bestehendes Novotel [U8]
- 2.) Baugrunderkundung 2. Hotel [U9]
- 3.) Baugrunderkundung Budgethotel [U14]

Die chemischen Untersuchungen an den Bodenproben führte das zertifizierte AQS-Labor Mayr Umweltanalytik GmbH, Dachau durch. Die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen sind als Prüfberichte [U8, U9, U14] vom Labor Mayr an TUM-ZG mitgeteilt worden.

5.4.1 Einstufung der Analyseergebnisse

Die Einstufung der Verwertungsmöglichkeit der Böden erfolgt nach der LAGA-Mitteilung 20 (1997). Die detaillierten Ausführungen sind der Mitteilung 20 zu entnehmen. Darin sind für den Boden für Feststoff (Tabelle II.1.2-2) und für Eluat (Tabelle II.1.2-3) Zuordnungswerte Z-0, Z-1.1, Z-1.2 und Z-2 angegeben. Diese Zuordnungswerte stellen die Obergrenze der jeweiligen Einbauklasse bei der Verwendung von Boden in technischen Bauwerken im Erd-, Straßen-, Landschafts- und Deponiebau dar und sind nachfolgend kurz aufgelistet. Die genauen Einbaubedingungen sind der LAGA-

Mitteilung 20 zu entnehmen. Material des Zuordnungswertes > Z-2 ist nur für die Ablagerung auf hierfür zugelassenen Deponien geeignet.

- Einbauklasse 0 (Z-0) Uneingeschränkter Einbau
- Einbauklasse 1 (Z-1) Eingeschränkter offener Einbau, unterteilt in Z 1.1 und Z 1.2
 - Z-1.1 Einbau bei ungünstigen hydrogeologischen Standortbedingungen
 - Z-1.2 Einbau bei günstigen hydrogeologischen Standortbedingungen
- Einbauklasse 2 (Z-2) Eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen

Hydrogeologisch günstig sind Standorte, bei denen der Grundwasserleiter nach oben durch flächig verbreitete, ausreichend mächtige und homogene Deckschichten geringer Durchlässigkeit und hohem Rückhaltevermögen gegenüber Schadstoffen überdeckt ist. Dieses Rückhaltevermögen ist i.d.R. bei mindestens 2 m mächtigen Deckschichten aus Tonen, Schluffen oder Lehmen gegeben. Hydrogeologisch ungünstig sind Standorte, bei denen diese Deckschichten nicht in der beschriebenen Form vorhanden sind.

5.4.2 Analyseergebnisse

Sofern bei den chemischen Untersuchungen der Bodenprobe Überschreitungen des Zuordnungswertes Z-0 vorliegen, sind diese in der nachfolgenden **Tabelle 3** unter Angabe des Parameters, des Analysewertes und des jeweiligen Stufenwertes (untere und obere Grenze des Zuordnungswertes) sowie des zugehörigen Zuordnungswertes angegeben. In der nachfolgenden **Tabelle 3** sind die Entnahmedaten zusammengefasst.

Boden A1: Oberboden der bestehenden Grünflächen (Wiederanddeckung)

Boden A1C: Gemisch aus Oberboden und Kies C

Boden A3: Schluff oder Ton

Boden A(xx) Auffüllung mit Boden xx

Boden B: schluffiger Kies (B1) und stark schluffiger Kies (B2)

Bohrung	Boden /Tiefe	Parameter	Analysewert [mg/kg]/[µg/l]	Stufenwert [mg/kg]/[µg/l]	Zuordnungs- wert	Prüfbericht Fa. Mayr
Baugrunderkundung Novotel Südseite gemäß [U8]						
5887	C2+A3 / 0,0-0,51	Σ PAK Feststoff	1,5	1 – 5	Z 1.1	1507
5887	C1 / 0,51 – 1,0	Keine Überschreitung			Z 0	1607
5889	A1C / 0,0 – 1,0	Σ PAK Feststoff	2,8	1 – 5	Z 1.1	1707
5889	B1 / 1,0 – 1,7	Keine Überschreitung			Z 0	1807
Baugrunderkundung 2. Hotel gemäß [U9]						
5891	A(C/A1) / 0,15 – 0,40	Ph-Wert Feststoff	8,3	5,5 – 8,0	Z 1.2	5811
5891	A(C+E) / 0,40-1,75	Ph-Wert Feststoff Eluat	8,5 9,9	5,5 – 8,0 6 - 12	Z 1.2	5911
5891	B2 / 1,80 – 2,10	Ph-Wert Feststoff	8,4	5,5 – 8,0	Z 1.2	6011

Geotechnischer Bericht / Baugrundgutachten

5894	A1 / 0,0 – 1,0	Keine Überschreitung			Z 0	6511
5894	B1 / 1,0 – 1,7	Ph-Wert Feststoff Eluat	8,2 9,4	5,5 – 8,0 6 - 12	Z 1.2	6611
Baugrunderkundung Budgethotel gemäß [U14]						
Gesamt- bereich	A1 / 0,15	Arsen Feststoff Arsen Eluat	23 13	20 - 30 10 - 40	Z 1.2	3517

Tabelle 3: Bezeichnung und Prüfberichtsnummer, Analysewerte

Der Aushub des Oberbodens A1 muss abgefahren werden. Im LV sind diesbezüglich Positionen aufzunehmen. Die anderen Böden können am Flughafen für Anschüttungen verwendet werden. Die Gemische aus A1C und CA1 sind nur für die Geländemodellierung von Aussenanlagen ohne Vorgaben an eine Verdichtung verwendbar.

6. Grundwasserstände, Wasserhaltung und Versickerung

6.1 Allgemeines

Das Grundwasser strömt bei unterschiedlichen Grundwasserspiegelhöhen etwa in Neigung des ursprünglichen Geländes mit 0,25 % bis 0,30 % Gefälle nach Nord-Ost. Die Durchlässigkeit der quartären Kiese des Bodens C ist im Allgemeinen hoch bis sehr hoch und weist abhängig von der Körnung starke Schwankungen auf zwischen $k = 1 \cdot 10^{-1}$ m/s in den feinkornfreien und sandarmen Kiesen (Rollkiese) bis zu etwa $k = 1 \cdot 10^{-7}$ m/s in feinkornreichen Zwischenlagen.

Neben den quartären Kiesen führen auch die tertiären Schichten Grundwasser. Bei Abdeckung durch bindige tertiäre Formationen kann dieses Wasser gespannt sein und der tertiäre Grundwasserspiegel ca. 0,20 m über den quartären Grundwasserspiegel reichen. Das quartäre sowie das tertiäre Grundwasser sind erfahrungsgemäß nach DIN 4030 nicht betonangreifend.

Im Handbuch Wasserhaltung der FMG [U12] sind die Zuständigkeiten sowie allgemeine Angaben zur Wasserhaltung, zu Bemessungswasserständen, Genehmigungsverfahren und zur Beweissicherung hinsichtlich des Grundwassers festgelegt.

6.2 Grundwasserstände und deren Bezeichnung

Die Basis für die anzutreffenden Wasserstände im Quartär bilden die Isohypsenpläne der Fachabteilung FMG/RCUW [U13]. Für die Bewertung des Grundwassers für die Planung und Ausführung wurden von der Fachabteilung FMG/RCUW die langjährigen Grundwasserbeobachtungen von 2009 bis 2016 ausgewertet und die anzusetzenden Wasserstände in [U13] mitgeteilt und in **Tabelle 4** zusammengestellt.

	Bezeichnung	Zeitraum	Wasserstand [müNN]
			Süd-West $Y=12.950 / X=5.240$
MNW	Niedrigwasserstand	2009 – 2016	445,90
ZW	Zentralwasserstand	2009 – 2016	446,30
MHW	Mittlerer Hochwasserstand	2009 – 2016	446,70
HHW	Höchstwasserstand	2010	447,30

Tabelle 4: Langjährig beobachtete Wasserstände [U13]

Auskünfte über aktuelle Grundwasserstände und Grundwasserganglinien erteilt die Fachabteilung FMG/RCUW. Die Messung des Wasserstandes zur Bauzeit kann an der 50 m östlich des geplanten Baubereiches gelegener Grundwassermessstelle (GWM) 5409-Q erfolgen. Im Baubereich liegt der Wasserstand an der südwestlichen Ecke um 0,10 m höher als der Wasserstand der GWM 5409-Q.

Nachfolgend werden Hinweise zu den Wasserständen der Tabelle 4 gegeben.

Mittlerer Niedrigwasserstand MNW

Der mittlere Niedrigwasserstand MNW [U12] ist definiert als der Wasserstand, der sich durch Mittelwertbildung der Jahresniedrigststände für einen definierten Zeitraum errechnet, hier 2009 bis 2016.

Zentralwasserstand ZW

Der Zentralwasserstand [U12] ist definiert durch den zeitlichen Medianwert der Grundwasserstände einer Grundwassermessstelle während eines bestimmten Zeitraumes. Er entspricht dem Wasserstand, der jeweils zur halben Zeitdauer einer Messperiode über- und unterschritten wird.

Mittlerer Hochwasserstand MHW

Der mittlere Hochwasserstand MHW [U12] ist definiert als der Wasserstand, der sich durch Mittelwertbildung der Jahreshöchststände für einen definierten Zeitraum errechnet, hier 2009 bis 2016. Zur Abschätzung der Dauer von Hochwasserständen sei angemerkt, dass bei den letzten Hochwasserereignissen das Grundwasser innerhalb von wenigen Tagen anstieg, der Abfall auf die Grundwasserstände wie vor den Hochwässern jedoch ca. 2 bis 4 Wochen dauerte.

Bemessungswasserstand BWS

Für ins Grundwasser eintauchende Bauteile ist ein Bemessungswasserstand **BWS** für den Nachweis der Auftriebssicherheit und sonstige statische Berechnungen (z.B. Gründungen) anzusetzen. Der BWS errechnet sich an der Südwest-Ecke des geplanten Baubereiches aus dem höchst gemessenen Wasserstand **HHW** zuzüglich eines empfohlenen Sicherheitszuschlages mit 0,30 m zu **447,60 müNN**. Der BWS entspricht in etwa einem 100-jährlichen Hochwasser. Es wird darauf hingewiesen, dass auch dieser BWS prinzipiell überschritten werden kann.

6.3 Wasserhaltung, Bemessungswasserstände Bauzeit

Für eine eventuelle Wasserhaltung werden nachfolgend einige grundlegende Hinweise gegeben.

Für Bemessungswasserstände bei einer bauzeitlichen Wasserhaltung ist im Handbuch Wasserhaltung der FMG [U12] folgende Vorgehensweise festgelegt:

- Die Anlagen zur Wasserhaltung sind während der Bauzeit grundsätzlich mindestens auf den mittleren Hochwasserstand MHW auszulegen.
- Für die Berechnung der Wasserfördermengen ist der mittlere Grundwasserstand, also der ZW während der Bauzeit anzusetzen.

Zur Berechnung der Wassermengen können die Durchlässigkeitsbeiwerte der Tabelle 5 zugrunde gelegt werden. Für eine Bauwasserhaltung ist ein Wasserrechtsantrag erforderlich, der mit der

Fachabteilung FMG/RCUW abzustimmen ist. Eine Wasserhaltungsmaßnahme ist auch im Hinblick auf die Versickerung im Einzelnen mit der Fachabteilung FMG/RCUW abzustimmen. Das geförderte Wasser ist unterstromig in einem Sickerbecken oder über Sickerbrunnen zu versickern. Die Anlage eines Sickerbeckens, aus dem das Wasser in den Untergrund versickert, ist möglicherweise aufgrund örtlicher Verhältnisse nicht realisierbar. Nach der Nutzung sind in der Beckensohle ggf. abgesetzte Feinteile abzutragen.

Die Dimensionierung von Sickerbrunnen kann auf Grundlage der *Dupuit-Thiem'schen* Brunnenformel erfolgen, wobei der Durchlässigkeitsbeiwert für die Versickerung auf $\frac{1}{4}$ des Wertes für die Entnahme (Tabelle 5) reduziert werden sollte. Durchmesser und Länge sollten im Zuge einer Ausführungsplanung mit dem Zentrum Geotechnik ggf. abgestimmt werden. Der Durchmesser von 1000 mm und eine Tiefe von 7 m unter Ansatz sollten nicht unter- aber auch nicht besonders überschritten werden. In die tertiäre Schicht dürfen die Brunnen ohnehin nicht einbinden.

Ergänzend zu [U12] werden für eine eventuelle Wasserhaltung die nachfolgenden Hinweise und Empfehlungen gegeben:

- Für ein ordnungsgemäßes Arbeiten im Gründungsbereich sollte der Grundwasserspiegel bis mindestens 0,3 m unter die Baugrubensohle abgesenkt werden.
- Bei einer Absenktiefe des Grundwassers von weniger als 0,4 m ist die Wasserhaltung erfahrungsgemäß als sogenannte offene Wasserhaltung mit Pumpensäugern beherrschbar und kann ggf. kurzfristig bei Bedarf installiert werden.
- Bei einer Absenktiefe des Grundwassers von mehr als 0,4 m ist erfahrungsgemäß eine geschlossene Wasserhaltung mit Bohrfilterbrunnen erforderlich. Die Brunnenrohre müssen über lösbare Bodenkappen verfügen.
- Zur Minimierung der geförderten Wassermengen müssen die Anlagen der Grundwasserförderung über Regeleinrichtungen zur Anpassung an den aktuellen Grundwasserstand verfügen.

6.3.1 Versickerung von Niederschlagswasser

Das Niederschlagswasser soll versickert werden. Die Versickerung erfordert eine Fachplanung. Sofern die Versickerung von Niederschlagswasser des Dachwassers über eine Versickerungseinrichtung erfolgen soll, gelten die Ausführungsempfehlungen des DWA-A 138.

Zwischen UK der Versickerungseinrichtung und dem mittlerem Hochwasser MHW (siehe Abs. 6.2) soll ein Abstand von 1,0 m eingehalten werden. Der Boden muss zur ausreichenden Aufenthaltszeit und Reinigung einen Durchlässigkeitsbeiwert $k \leq 1,0 \cdot 10^{-3}$ m/s einhalten. Empfehlungen zur Versickerung werden in Abschnitt 8.2 gegeben.

6.4 Durchlässigkeitsbeiwerte

Die im Baubereich ansetzbaren rechnerischen Durchlässigkeitsbeiwerte sind der Tabelle 5 zu entnehmen. Sie sind als Erfahrungswerte abgeleitet aus den übergeordneten Baugrunderkundungen [U1; U2] und projektspezifischen Baugrunderkundungen, die vom Zentrum Geotechnik betreut wurden.

Bodenart	Boden	Durchlässigkeitsbeiwert k
Quartäre Kiese; sehr feinkornreich	B2	$k = 1 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$ bis $5 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$
Quartäre Kiese; feinkornreich	B1	$k = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$ bis $1 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$
Quartäre Kiese; verdichtet	C2	$k = 1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ bis $1 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$
Quartäre Kiese; feinkornarm (gewachsen, nicht künstlich verdichtet) bis 443,00 mÜNN	C1	$k = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$ bis $5 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$ bei Grundwasserförderung $k = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ bei Versickerung in der bis $5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ ungesättigten Bodenzone

Tabelle 5: Durchlässigkeiten quartärer Kiese (Ansatzwerte) im Baubereich

7. Bodenkennwerte

Für erdstatische Berechnungen können die in der folgenden Tabelle 6 zusammengestellten charakteristischen Rechenwerte der Bodenkennwerte entsprechend der Schichtenfolge zugrunde gelegt werden.

Bodenart	Winkel der inneren Reibung	Kohäsion	bei Erddruckberechnungen im aktiven Bereich		bei Erddruckberechnungen im passiven Bereich	
	φ'	c'	γ_r	γ'	γ_r	γ'
	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[kN/m ³]
quartäre Kiese (B und C)	37,5	0	23	14	21	12

Tabelle 6: charakteristische Bodenkennwerte

8. Folgerungen für die Baumaßnahmen

Aufgrund des angetroffenen und beschriebenen Baugrundes können für die weitere Planung und Herstellung des Bauwerkes in den nachfolgenden Abschnitten Empfehlungen und Hinweise gegeben werden.

8.1 Gründung

Gründungen sind so auszubilden, dass eine Frosteindringung am Flughafen München bis in eine Tiefe von 1,2 m schadlos eintreten kann. Dazu sind entweder die Fundamente bis 1,2 m Tiefe zu führen oder die Einbindetiefe durch Anschüttungen sicherzustellen.

Unter der Annahme, dass die geplante Geländeoberfläche des geplanten Budgethotels zur Vermeidung einer Geländestufe mit dem bestehenden Novotel der Höhe der südlichen Parkflächen südlich des Novotels von ca. 449,60 mÜNN entsprechen wird, liegt die Gründungssohle bei Einhaltung der Frostsicherheit auf 448,40 mÜNN oder tiefer. Die dicht bis sehr dicht gelagerten, tragfähigen Kiese stehen zwischen 447,8 mÜNN und 447,9 mÜNN, örtlich bei 448,3 mÜNN an, so dass die Gründungssohle in weiten Teilen des Gebäudebereiches mit 0,4 m bis 0,6 m in der locker gelagerten Anschüttung liegt.

Bei den angetroffenen Baugrundverhältnissen ist eine Flachgründung mit Hilfe von Streifen- und Einzelfundamenten oder Bodenplatten zweckmäßig, da in gut erreichbarer Tiefe dicht gelagerte Böden anstehen. Es wird daher empfohlen, die Fundamentsohlen nachzuverdichten. Dabei ist bei einem schweren Plattenrüttler (Betriebsgewicht > 800 kg) von einer Verdichtungstiefe von 0,3 m auszugehen, so dass bei einer angenommenen Gründungssohle von 448,4 müNN 0,3 m abzugraben und von diesem Niveau aus nachzuverdichten ist. Sofern die Gründungssohle bei 448,10 müNN liegt, kann die Nachverdichtung von der Gründungssohle aus erfolgen.

Infolge des südlichen, tiefer liegenden Bereiches auf i.M. 448,2 müNN wird im Gebäudebereich sehr wahrscheinlich eine Anschüttung erforderlich werden. Es wird empfohlen, die Anschüttung mit nichtbindigem Kies bei lagenweiser Verdichtung vorzunehmen. Auf dem Planum im Gebäudebereich ist ein Verdichtungsgrad von mindestens $D_{Pr} = 100 \%$ und ein Verformungsmodul $E_{v2} > 100 \text{ MN/m}^2$ zu erreichen. Auf dem Planum für eine Bodenplatte wird empfohlen, einen Verformungsmodul entsprechend einer Frostschutzschicht im Straßenbau zu fordern. Der Nachweis $E_{v2} > 120 \text{ MN/m}^2$ bei einem Verhältniswert $E_{v2}/E_{v1} < 2,2$ ist durch Versuche zu erbringen.

Für die Bemessung von Einzel- und Streifenfundamenten können nach DIN 1054:2010-12, Abs. 6.10.2.1 die Bemessungswerte des Sohlwiderstands der Tabelle A 6.2 verwendet werden. Bei quadratischen Fundamenten ist eine Erhöhung um 20 % statthaft. Eine weitere Erhöhung der Tabellenwerte nach Abs. 6.10.2.2 um 50% ist nicht möglich, es sei denn, dass die Kiese bis in eine Tiefe von 3,0 m bis 6,5 m mit einer Tiefenverdichtung auf eine dichte Lagerung nachverdichtet und die dichte Lagerung nachgewiesen wird.

Nach DIN 1054:2010-12, Abs. 6.10.2.3 ist unter Berücksichtigung des Grundwasserstandes BWS von 447,60 müNN und der maßgeblichen Gründungsbreite der Bemessungswert des Sohlwiderstandes entsprechend abzumindern. Diese Abminderung ist nach Abs. 6.10.2.3 A(3) nur dann ausreichend, wenn die Einbindetiefe größer als 0,8 m und größer als die Fundamentbreite b ist. Sofern diese Voraussetzungen nicht erfüllt sind, müssen die Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit nachgewiesen werden. Die Regelungen für waagrecht belastete Gründungskörper nach Abs. 6.10.2.4 sind zu beachten.

Nach Erreichen von Aushubsohlen von Fundamenten sind diese zur Beseitigung der unvermeidlichen Auflockerung z.B. mit Plattenrüttlern generell nachzuverdichten. Dabei ist ein Verdichtungsgrad von mindestens $D_{Pr} = 100 \%$ zu erreichen. Der Nachweis $D_{Pr} = 100 \%$ ist durch geeignete direkte oder indirekte Prüfverfahren zu erbringen.

Damit unterschiedliche Verformungen von Fundamenten und Bodenplatten nicht zu Zwangsbeanspruchungen führen, sind diese Bauteile konstruktiv voneinander zu trennen. Andernfalls sind die zu erwartenden Zwangsbeanspruchungen in der Bemessung zu berücksichtigen.

Alternativ können die erforderlichen Fundamentabmessungen auch mit Hilfe von Grundbruch- und Setzungsberechnungen ermittelt und optimiert werden, was in der Regel zu wirtschaftlicheren Fundamentabmessungen führt. Dabei sind die Bodenkennwerte aus Abschnitt 7 zu verwenden.

Der Steifemodul E_s kann unter Zugrundelegung des empfohlenen Bodenaustausches und der erkundeten Bodenschichtung gemäß der nachfolgenden Tabelle 7 angenommen werden. Die Setzungen treten in den anstehenden Kiesen erfahrungsgemäß zu 90 % unmittelbar nach der Lastaufbringung auf. Im geplanten Baubereich stehen unterhalb der Gründungssohle von Einzelfundamenten überwiegend mitteldicht bis dicht gelagerte Kiese an, wobei die Lagerungsdichte von

einen Fundament zum nächsten Fundament wechseln kann und bei Setzungsrechnungen die Grenzwerte der Tabelle 7 anzuwenden sind.

Schicht [m] unter Ansatz Bezogen auf 449,6 müNN		Schicht ca. [müNN]	Steifemodul E_s [MN/m ²]
Quartär, -1,20 m – 3 m	Kies	448,4 – 446,6	100
Quartär, 3 m – 6 m	Kies	446,6 – 443,6	30 - 60
Quartär, 6 m – 9 m	Kies	443,6 – 440,6	120
Tertiär, 9 m – 10 m	Schluff/Sand	440,6 – 439,6	80
Tertiär unterhalb 10 m	Kies	Unterhalb 439,6	120

Tabelle 7: Steifemoduln für Setzungsrechnungen

8.2 Versickerungseinrichtungen

Die Lage der Versickerungseinrichtung ist noch nicht genau festgelegt. Es wird angenommen, dass sie stromabwärts also auf der Ostseite des Gebäudes liegen wird. Die anstehenden natürlich gelagerten Kiese der Böden B1 und B2 sind schwach bis sehr schwach durchlässig und praktisch nicht versickerungsfähig. Die Versickerungseinrichtungen müssen daher bis in die stark durchlässigen Kiese des Bodens C1 bzw. C abgeteuft werden, was als Versickerungshorizont bezeichnet wird. Die im geplanten Baubereich vorliegenden Aufschlüsse sind mit den Koordinaten Y/X, der Ansatzhöhe, dem Versickerungshorizont und dem Boden in der nachfolgenden Tabelle 8 zusammengestellt.

Schurf 61... Bohrung 5...	Koordinaten Y/X	OK Gelände [müNN]	Abtrag [m]	OK [müNN] Versickerungs- Horizont	Boden
5408	13.013 / 5.246	448,17	2,70	445,57	C
5409	13.067 / 5.238	447,43	0,40	446,93	C
5887	12.980 / 5.253	448,17	0,51	447,66	C1
5889	13.015 / 5.260	449,05	1,70	Nicht erreicht bis 447,35	
5891	13.045 / 5.275	449,62	2,10	Nicht erreicht bis 447,50	
5894	13.024 / 5.238	448,57	1,70	446,87	C1
61560	13.045 / 5.218	446,92	0,40	446,52	C1

Tabelle 8: Oberkante versickerungsfähiger Boden

Je nach Lage im Baufeld liegt der Versickerungshorizont damit im Grundwasser bis 0,7 m unter dem Zentralwasserstand von 446,30 müNN und bis 1,1 m unter dem MHW von 446,70 müNN oder östlich des geplanten Baubereiches knapp am MHW, so dass ein Ersatzboden bis in eine Höhe von 1,0 m über MHW entsprechend 447,70 müNN eingebracht werden muss, auf dem nach DWA-A 138 die Sohle einer Versickerungseinrichtung liegen soll. Derzeit liegt die Höhe des Geländes an der Ostseite zwischen 447,43 müNN und 449,62 müNN. Je nach endgültiger Lage kann daher eine Anschüttung erforderlich werden.

Der Ersatzboden muss aus einem stark durchlässigem Boden bestehen, der den nach DWA-A 138 geforderten Durchlässigkeitsbeiwert $k \leq 1 \cdot 10^{-3}$ m/s einhält. Ein Durchlässigkeitsbeiwert für diesen Ersatzboden, der die Durchlässigkeit der Versickerungseinrichtung bestimmt, zwischen maximal

$1 \cdot 10^{-3}$ m/s und möglich $1 \cdot 10^{-4}$ m/s, muss durch eine Eignungsprüfung für einen Verdichtungsgrad von $D_{pr}=100$ % nachgewiesen werden, da er erfahrungsgemäß nicht so einfach zu erreichen ist. Die Eignungsprüfung sowie ein Versickerungsversuch an der fertig hergestellten Versickerungseinrichtung müssen ins LV aufgenommen werden. Weiterhin wird empfohlen, zur dauerhaften Versickerung entsprechende Reinigungseinrichtungen vorzuschalten.

Im Zuge der weiteren Planung und letztendlich bei der Ausführungsplanung ist die Lage von Versickerungseinrichtungen zu präzisieren und zu erkunden, um die Leistungen im LV anzugeben.

8.3 Böschungen

Im Umfeld der Baumaßnahme werden vermutlich Böschungen ausgeführt. Oberhalb des Grundwassers können Böschungen bis 5 m Höhe in den quartären Kiesen erfahrungsgemäß kurzfristig unter einem Winkel von 60° und langfristig, insbesondere wenn die Bauzeit eine Frostperiode mit einschließt, unter 45° in Verbindung mit Schutzmaßnahmen gegen Erosion und Austrocknung angelegt werden. Die Zeitangabe „kurzfristig“ gilt für einen Bausommer (frostfreie Zeit).

Das Risiko von Nachbrüchen ist dabei erfahrungsgemäß gering und bezieht sich auf oberflächen-nahe Rutschungen, die keine Gefahr für Arbeiten in einer breiten offenen Baugrube darstellen. Wenn besondere Einflüsse, wie z.B. Erschütterungen, Wasserausspülungen oder Rollkieslagen die Standsicherheit gefährden, sind die Böschungen abzuflachen oder zu sichern.

Für den Fall, dass auf der Böschungskrone Lasten aufgebracht werden sollen, oder bei Böschungen mit mehr als 5 m Höhe muss die zulässige Böschungsneigung mit Hilfe einer Standsicherheitsberechnung nach DIN 4084:2009 ermittelt und nach DIN 1054:2010 nachgewiesen werden. Den Standsicherheitsberechnungen von Böschungen oberhalb des Grundwassers im Quartär (sandige, schwach schluffige bis schluffige Kiese) können, eine kurze Bauzeit vorausgesetzt, die in nachfolgender Tabelle 9 angegebenen Werte zugrunde gelegt werden.

Bodenart	Winkel der inneren Reibung φ' [°]	Kohäsion c' [kN/m²]	Kapillarkohäsion c_c [kN/m²]	Wichte γ / γ' [kN/m³]
Quartäre Kiese	40	0	5 *	23 / 14
* nur oberhalb des Grundwassers und bei Standzeiten ohne Frosteinwirkung / mit Schutzmaßnahmen				

Tabelle 9: Bodenkennwerte für Standsicherheitsberechnungen von Böschungen während einer kurzen Bauzeit (ein Bausommer)

8.4 Bauwerkshinterfüllung, Überschüttung und Erddruckannahmen im Endzustand

Die Arbeitsräume sind mit nichtbindigen Böden zu hinterfüllen. Bei sämtlichen Verdichtungen bzw. Hinterfüllungen von Arbeitsräumen wird empfohlen, über die gesamte Höhe auf einen Verdichtungsgrad von mindestens $D_{pr} = 100$ % zu verdichten. Der Nachweis $D_{pr} = 100$ % ist durch geeignete direkte oder indirekte Prüfverfahren zu erbringen. Für die Bemessung der Außenwände im Endzustand können die in Abschnitt 7 angegebenen bodenmechanischen Parameter verwendet werden.

Bei der Hinterfüllung unverschieblicher Bauwerkswände ist dabei der Erdruchedruck anzusetzen. Bei der empfohlenen hohen Verdichtung des Hinterfüllbereichs ist ggf. zusätzlich der Verdichtungserddruck nach DIN 4085:2011, Abschnitt 6.6.1 zu berücksichtigen.

9. Ergänzende Hinweise und Empfehlungen

Erdbebenzone nach DIN 4149

Nach DIN 4149, Ausgabe 2005, Bauten in deutschen Erdbebengebieten; Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten liegt der geplante Baubereich in der Erdbebenzone 0. Nach Abschnitt 1 der Norm gilt: Zitat aus der Norm: *Der Grad der Erdbebengefährdung außerhalb der Erdbebenzonen 1 bis 3 ist als so gering einzuschätzen, dass die DIN 4149 dort nicht angewendet werden muss.*

10. Schlussbemerkung

Die Empfehlungen dieses Gutachtens erfolgten auf der Grundlage von punktuellen Bodenaufschlüssen. Örtlich können infolge natürlicher sowie bei den Anschüttungen/Auffüllungen hergestellter Schichtstärkevarianzen Abweichungen in der Schichtenfolge, Schichtmächtigkeit und Ausdehnung auftreten.

Für die Qualitätssicherung der Erdarbeiten (Planum, Frostschutzschicht, Hinterfüllungen Arbeitsraum) wird empfohlen, die ZTVE-StB 17 und die ZTV SoB-StB 04/Fassung 2007 im Bauvertrag zu vereinbaren und Eigenüberwachungsprüfungen des Auftragnehmers ausführen zu lassen.

Die freien Gründungssohlen und die Sohlen von Versickerungseinrichtungen sind nach erfolgtem Aushub auf Übereinstimmung mit den gutachtlichen Aussagen zu überprüfen und zu dokumentieren.

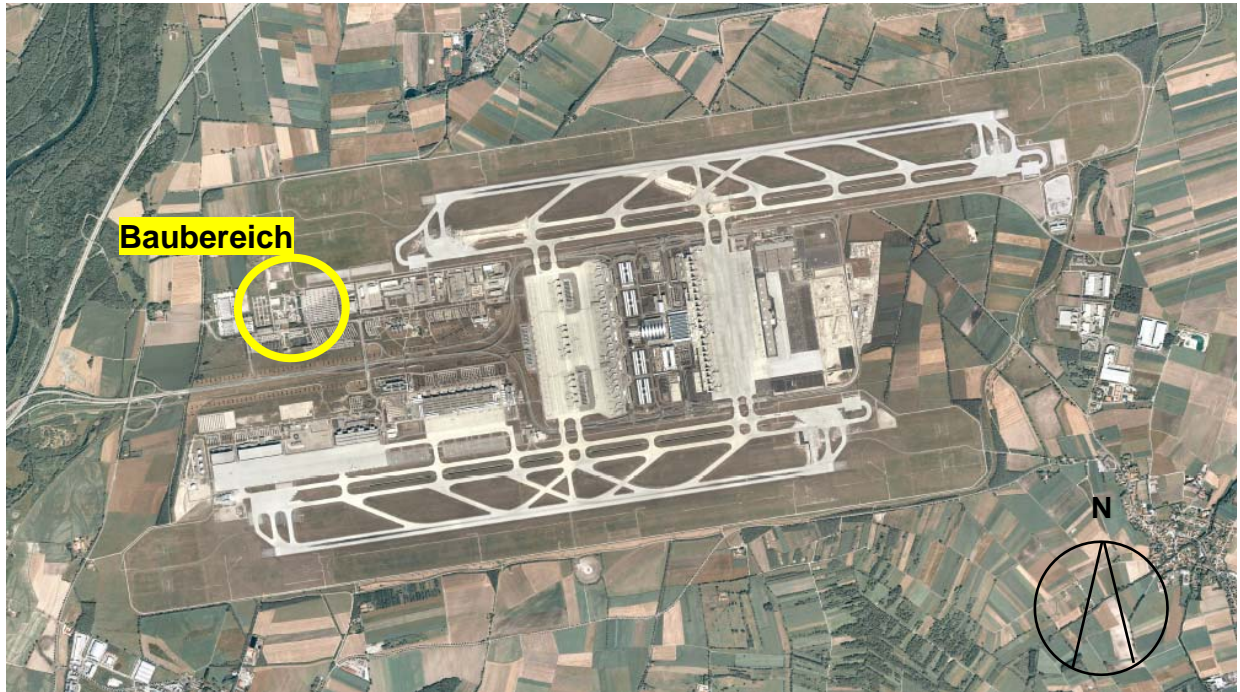
Werden von den Angaben dieses Gutachtens abweichende Baugrundverhältnisse festgestellt oder sollten andere als die diesem Gutachten zugrunde gelegten Planungen bzw. Bauweisen zur Ausführung kommen, wird eine Abstimmung mit dem Gutachter erforderlich. Zum Abschluss der Planung bzw. bei der Aufstellung der Leistungsbeschreibung sind die Angaben zu verifizieren.


Prof. Dr.-Ing. Norbert Vogt


Bearbeiter

Übersichtslageplan

Anlage 1



Quelle: Luftbild FMG Juli 2003, [DIGITALGLOBE](#) [MAPS](#)geosystems



Quelle: Luftbild FMG Juli 2006, [DIGITALGLOBE](#) [MAPS](#)geosystems
Detail

Archivaufnahmen

Anlage 2



Luftbildaufnahme der FMG ca 1989, BE-Flächen im geplanten Baubereich, am oberen Bildrand die DFS



Aufnahme TUM-ZG, aktuelle Situation am 21.07.2017, Blick nach West auf geplanten Baubereich

Anlagen 3 und 4

Die Anlagen 3 und 4 sind an die Textdatei im pdf als Dateien angehängt.

Bitte beachten Sie die Einstellungen ihres pdf-readers.

**Normalerweise ist links eine Leiste, in der eine Büroklammer
die Anlagen anzeigt.**