

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

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

Norbert.vogt@tum.de

7200 Flughafen München

191 / 080
Airsite West
Erschließung

Geotechnischer Bericht

VORABZUG

Auftraggeber: Flughafen München GmbH
Fachabteilung FMG/RET
Nordallee 43

85356 München – Flughafen

Tel.: 089 / 975-37461
Fax: 089 / 975-37497

Bezug: Bestellung 500126408 vom 23.03.2016

Textseiten: 22 Seiten
Anlagen: 4 10 Blatt

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

Textfile: **7200-191-080GVA2-airsitewest-Trassen.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/

Ort, Datum München, 20.10.2017

Inhaltsverzeichnis

1. Auftrag	3
2. Projektbeschreibung	3
3. Unterlagen	4
4. Archivunterlagen	4
5. Baugrundverhältnisse und Grundwasser	4
5.1 Allgemeine geologische Verhältnisse	4
5.2 Bodeneinteilung im Flughafengelände	5
5.2.1 Boden A : Jüngste quartäre Deckschichten	6
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	11
5.3 Baugrundaufschlüsse und Baugrundbeurteilung	11
5.3.1 Vorgehensweise	11
5.3.2 Schichtenfolge aus Baggerschürfen und Bohrungen	12
5.3.3 Sondierwiderstände	16
6. Grundwasserstände, Wasserhaltung und Versickerung	17
6.1 Allgemeines	17
6.2 Grundwasserstände und deren Bezeichnung	17
6.3 Wasserhaltung, Bemessungswasserstände Bauzeit	18
6.4 Durchlässigkeitsbeiwerte	19
7. Bodenkennwerte	20
8. Folgerungen für die Baumaßnahmen	20
8.1 Archivunterlagen	20
8.2 Pressungen	20
8.3 Böschungen	21
8.4 Bauwerkshinterfüllung, Überschüttung und Erddruckannahmen im Endzustand	22
9. Ergänzende Hinweise und Empfehlungen	22
10. Schlussbemerkung	22

Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Übersichtslageplan
Anlage 2	Luftbild
Anlage 3	Lageplan der Untersuchungsstellen
Anlage 4	Bl. 1 - 7, Längs- und Querschnitte

1. Auftrag

Durch die FMG wurde das Zentrum Geotechnik beauftragt, im Rahmen der Planungen für die Anbindung der Airsite-West an die bestehenden Versorgungs- und Entsorgungsanlagen zu den Baugrund- und Grundwasserverhältnissen und zu den sich daraus ergebenden Folgerungen für die erforderlichen Maßnahmen 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 vom Sommer 2016 bis Sommer 2017 Baugrunduntersuchungen durchgeführt.

2. Projektbeschreibung

Für die Erschließung der Airsite-west werden Trassen wie Kabelzugrohrtrassen für Fernmelde (FM) und Mittelspannung (MS), Trink- und Löschwasser (TW-LW), Regen- und Schmutzwasser (RW-SW) sowie Fernheizung (FH) verlegt. Für die Querung von Betriebsstraßen und öffentlichen Straßen werden, sofern dies die Verkehrsbelastung, bereits bestehende Trassen oder die Tiefenlage und Grundwasserverhältnisse nicht in offener Bauweise zulassen, gemäß dem Planungsstand gemäß [U16] vom 31.08.2017 insgesamt zwei Durchpressungen vorgesehen. Davon liegt eine Durchpressung in Höhe des Novotels an Knoten West-1 und die andere Pressung unter der Betriebsstraße zur Schneedeponie 2.

Die Lage des geplanten Baubereiches am Flughafen München ist der **Anlage 1** zu entnehmen.

Einen Übersichtslageplan der Ausführungsplanung [U16] zeigt das **Bild 1** in verkleinerter Darstellung. Der maßstäbliche Lageplan ist der **Anlage 3** zu entnehmen.

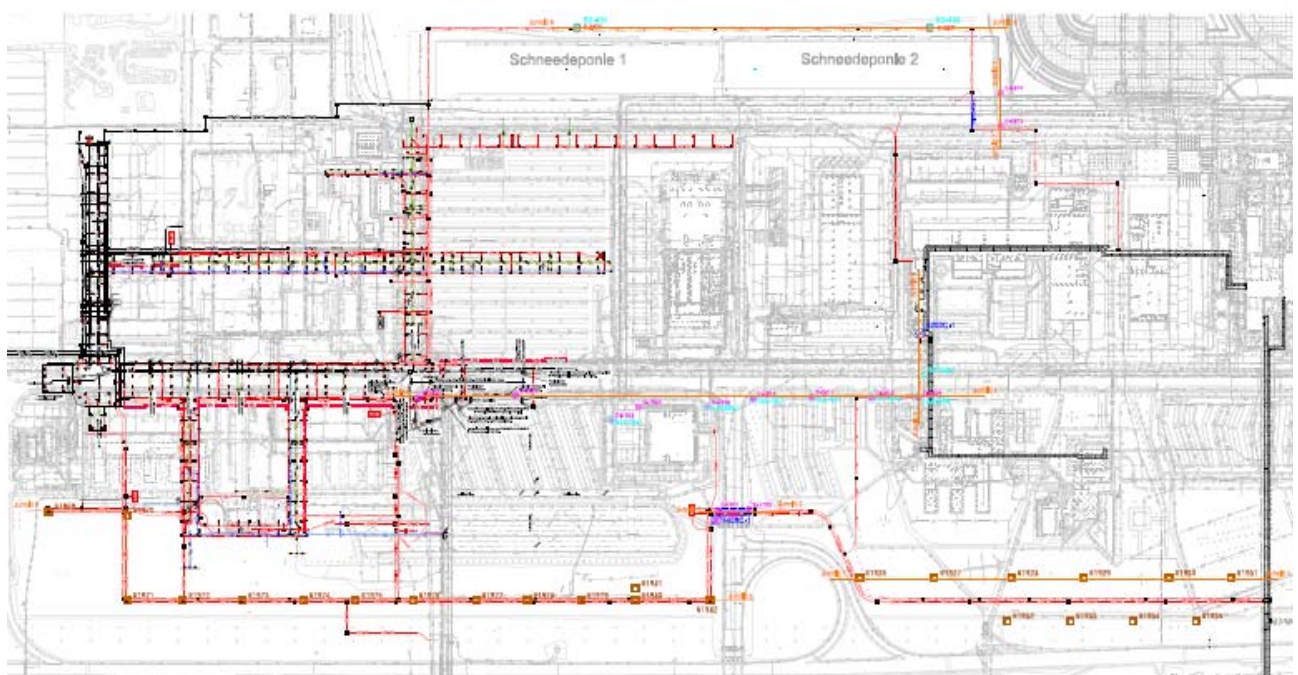


Bild 1: Lageplan [U16]

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] Prüfbericht 7200/643/2 vom 08.02.1989, Zentrum Geotechnik, Ergebnisse von Kontrollprüfungen im Großräumigen Erdbau im nördlichen Bebauungsband Los West
- [U8] Baugrundverhältnisse Treppenaufgang Südwest-Ecke Parkplatz P45 vom 28.04.2015
- [U9] Baugrundverhältnisse Erweiterung Parkplatz P45 vom 10.06.2016
- [U10] Gutachten Prof. Dr.-Ing. Vogt, Proj.Nr. 7200/166/023 vom 05.01.2006, Novotel
- [U11] Gutachten Prof. Dr.-Ing. Vogt, Proj.Nr. 7200/461/322 vom 06.01.2016, Straßen airsite-west
- [U12] Gutachten Prof. Dr.-Ing. Vogt, Proj.Nr. 7200/461/333 vom 19.10.2016, Straßen airsite-west
- [U13] Gutachten Prof. Dr.-Ing. Vogt, Proj.Nr. 7200/190/022 vom 17.07.2017, Bürogebäude
- [U14] Entwurfsplanung, Grundriss per E-Mail vom 01.06.2016 von DC-Consult, München
- [U15] Lagepläne, Arbeitsstand Vorabzug per E-Mail vom 22.06.2017 GAUFF, Nürnberg
- [U16] Lagepläne, Arbeitsstand vom 31.08.17 per E-Mail vom 04.09.2016 GAUFF, Nürnberg
- [U17] Handbuch Bodenmechanik 20 der FMG vom 25.08.2012, aufgestellt Zentrum Geotechnik
- [U18] Handbuch Wasserhaltung 14 der FMG vom 28.06.2013, aufgestellt FMG/RCUW
- [U19] Grundwasserhöhengleichen MW, MHW von FMG/RCUW vom Mai 2017 gemäß [U16]

4. Archivunterlagen

Der geplante Baubereich wird zum jetzigen Zeitpunkt überwiegend als Grünfläche und BE-Flächen 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. Die erfolgten Veränderungen sind in den Unterlagen [U7-U13] dokumentiert oder in diesem Bericht beschrieben.

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 Hauptschotter, 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.

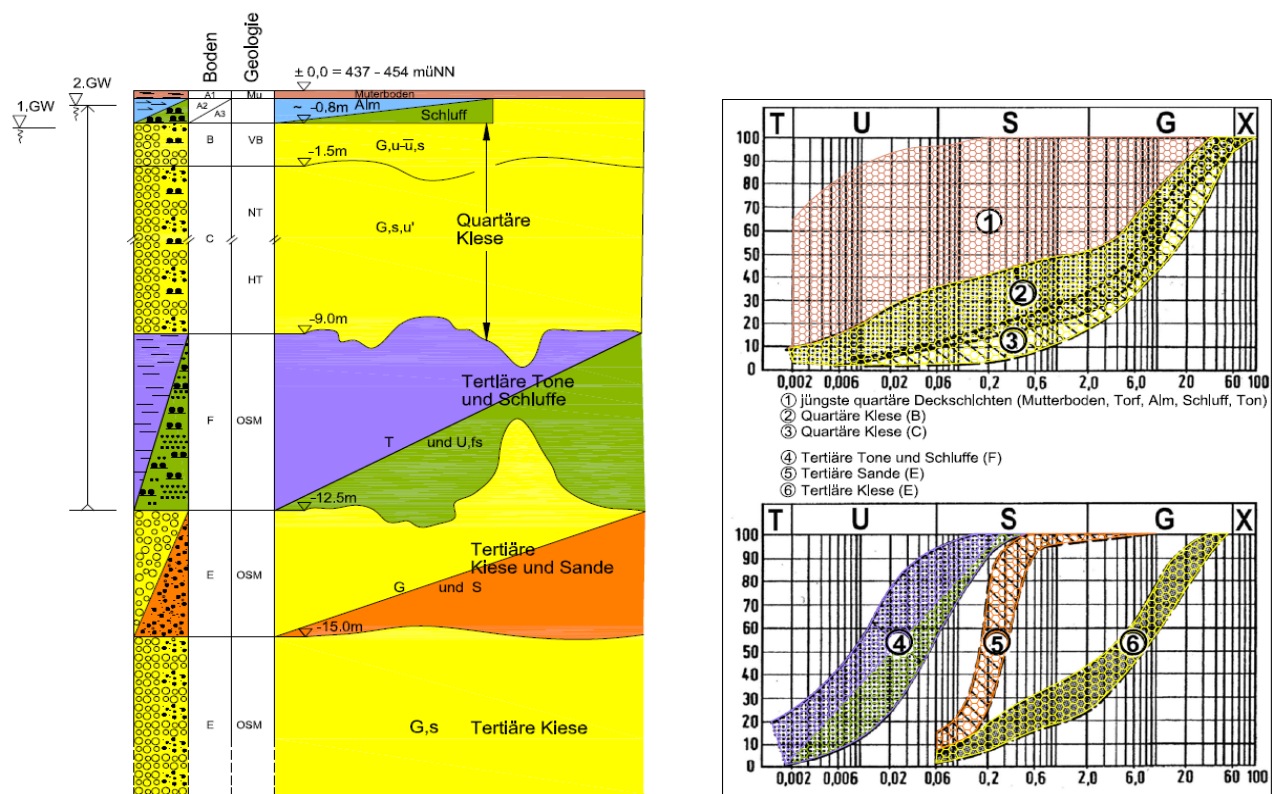


Bild 2: Schema der Bodenschichtung und der Grundwasserstockwerke

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:

- 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 B1, B2 oder C1, C2 ist dann angebracht, wenn diese Böden getrennt gelöst und verwendet werden sollen. Zum Vergleich sind die Bodenklassen der ATV DIN 18300:2012 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	Alm	OK	2, 3 und 4 ¹⁾	F2 und F3
	A2H	Torf	HN, HZ		
	A2M	Böden mit org. oder humosen Anteilen	OU, OT		
	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 älteren 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.

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 $\varnothing < 0,063$ mm beträgt in der Regel mehr als 40 Gew. %. 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.

Boden A3 – bindige Deckschichten

Die bindigen Deckschichten des Bodens A3 sind meist Hochwassersedimente (Auelehm) der früher unregulierten Isar und ihrer Seitenbäche. Der Kornanteil $\varnothing < 0,063$ 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 $\varnothing < 0,063$ 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 $\varnothing < 0,063$ 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 09** 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 $\varnothing < 0,063$ 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 09 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 $\varnothing < 0,063$ mm

Dieser Boden ist nach DIN 18130 in der Regel als stark durchlässig einzuordnen und wird nach ZTV E-StB 09 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 $\varnothing < 0,063$ mm

Dieser Boden ist überwiegend als stark durchlässig, teils als durchlässig einzustufen und er wird nach **ZTV E-StB 09** 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 $\varnothing < 0,063$ 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 \varnothing 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 09 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 M.-% 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 M.-% der Korngrößen über 2 mm Durchmesser handelt es sich um Kalkkonkretionen. Unter Kalkkonkretionen werden durch chemische 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 09 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].

Zur Feststellung der Schichtenfolge der Anschüttung und zur Feststellung der Tiefenlage und Ausbildung der natürlich anstehenden Schichten wurden vom Sommer 2016 bis Sommer 2017 insgesamt 24 Baggerschürfe und 6 Kleinrammbohrungen nach DIN 22475-1 durchgeführt.

Aufgrund der Historie im Baubereich (siehe Abschnitt 4 bzw. [U7-U13]) sowie der aktuellen Höhen im Planungsbereich [U3] waren unter einer Wiederandeckung mit Oberboden sowohl Kiesanschüttungen und Gemischen von Oberboden (Boden A1) mit Kies als auch die ungestörten Deckschichten der Böden A3 mit einer Mächtigkeit von bis zu ca. 2,0 m zu erwarten.

Zur Feststellung der Lagerungsdichte und Gleichmäßigkeit des Baugrundes und zur Feststellung der Tiefenlage der tertiären Schichten wurden auf den Planungstand [U14] abgestimmt, 10 schwere Rammsondierungen DPH-10 überwiegend in den oberen 2 m bis 3 m bei Kabeltrassen und Kanälen und für die Pressungen durch die dicht bis sehr dicht gelagerten Kiese in meist 9 m bis 12 m und dabei maximal 2 m tief in die tertiären Schichten hinein 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.

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 und den bereits vorliegenden maßstäblich dargestellt.

Die Ergebnisse der Schürfe, der Kleinrammbohrungen und der Rammsondierungen sind in Schnitten in **Anlage 4, Bl. 1 - 7** als Rammdiagramme und Bodenprofile höhenmäßig zusammen mit den Koten der aktuellen Geländeoberfläche und den Grundwasserständen ZW und MHW (s. Abschnitt 6.2) eingetragen.

5.3.2 Schichtenfolge aus Baggerschürfen und Bohrungen

Aufgrund der durch die bisher erfolgten unterschiedlichen Baumaßnahmen beeinflussten Ergebnisse muss für die Schichtenfolge hinsichtlich folgender Abschnitte gemäß **Bild 1** unterschieden werden:

- 1) Kabeltrassen Süd, südlich der Verwaltung/Kantine
- 2) Kabeltrassen Süd, westlich der Verwaltung
- 3) Kabeltrassen Süd, südlich Parkplatz P41-Süd und Bauzentralen
- 4) Kabeltrassen Nord, Zuleitungen im nördlichen Bebauungsband
- 5) Kabeltrassen Nord, nördlich der Schneedeponie Nordwest

1) Kabeltrassen Süd, südlich der Verwaltung

Dieser Abschnitt liegt zwischen dem Anschluss an den Bestand im Osten bei ca. $Y=13.677$ und $Y=16.105$ im Westen südlich des Parkplatzes P45. Dieser Baubereich wurde nach Erstellung des Verwaltungsgebäudes bis 1992 mit Anschüttungen auf das bestehende Gelände profiliert. Der Abschnitt ist in **Bild 3a** ersichtlich. Die Bodenprofile sind in einem Längsschnitt in **Anlage 4, Bl. 1** ersichtlich. Die Lage der Kabeltrasse wurde in der aktuellen Lage [U16 vom 31.08.17] von der ursprünglichen Lage [U14 vom 01.06.16] nach Süden abgerückt.

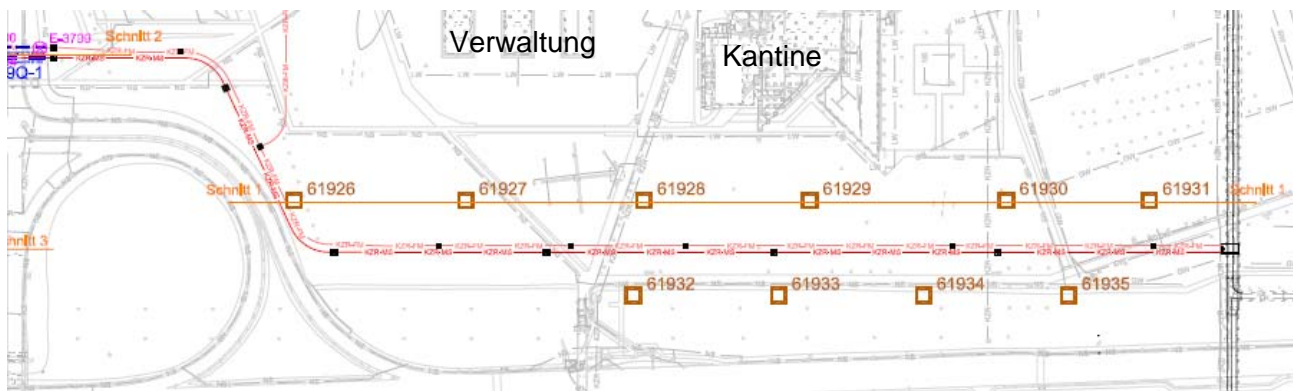


Bild 3a: Kabeltrassen Süd, südlich der Verwaltung/Kantine

Hier liegen in den bestehenden Grünflächen gemäß den Schürfen Wiederandeckungen von überwiegend kiesigem Oberboden (Boden A1) mit Mächtigkeiten von meist 0,2 m und lokal 0,1 m vor. Darunter folgen östlich des Fußweges –Kantine/Fußgängerüberführung S-Bahn- zuoberst Anschüttungen aus Gemischen von Oberboden und Kies oder humosen und schluffigen Kiesen und am östlichen Ende aus schluffigem Kies mit Mächtigkeiten von 0,8 m im Westen und 0,4 m im Osten dieses Abschnittes. Darunter folgt eine weitere Anschüttung aus Oberboden (Boden A1) mit einer Mächtigkeit von 0,2 m im Westen und 0,4 m im Osten, wobei in der Mitte des Abschnittes auch 0,9 m erreicht werden, die zudem auf dem ursprünglich vorhandenen Oberboden des Geländes vor den Bauarbeiten zum Terminal 1 vor 1985 liegen und der eine Dicke von 0,4 m aufweist.

Die o.a. Anschüttungen liegen bereichsweise auf den Deckschichten des Bodens A3 in Form von Schluff mit einer Mächtigkeit von 0,1 m bis 0,4 m, wobei die Verbreitung nicht flächenhaft ist. In den Fällen, in denen die Deckschichten des Bodens A3 nicht anzutreffen sind, stehen die ungestörten Kiese als schluffige Kiese des Bodens B1 an. Sofern die Deckschichten des Bodens A3 vorhanden sind, liegen die natürlich anstehenden Kiese als Boden C2 mit schwach schluffigen bis schluffigen, sandigen Kies vor.

Westlich des Fußweges –Kantine/Fußgängerüberführung S-Bahn- beträgt die Mächtigkeit der Wiederandeckung von Oberboden 0,2 m. Darunter folgen Anschüttungen von 0,2 m bis 0,8 m aus Kies des Bodens C2 der lokal auch stark humos ausgeprägt ist. Unter der Anschüttung folgen die natürlich gelagerten Kiese des Bodens B1 und darunter die Kiese des Bodens C2 die in einer Tiefe von 1,6 m unter Ansatz entsprechend 446,2 müNN in die schwach sandigen Kiese des Bodens C1 übergehen.

2) Kabeltrassen Süd, westlich dem Verwaltungsgebäude

Die geplante Kabeltrasse KZR-FM verläuft durch die 2017 gebaute Parkplatzerweiterung des P45, weiter durch den bestehenden P45 und quert die Nordallee zum Verwaltungsgebäude Technik. Der Abschnitt ist in **Bild 3b** ersichtlich. Die Bodenprofile sind in Längsschnitten in **Anlage 4, Bl. 4 und 5** ersichtlich. Im Bereich der Parkplatzerweiterung sind die Lage der Schürfe der Erkundung [U9] dargestellt, wobei angenommen wird, dass die als ungeeignet eingestuft Bodenschichten beim Parkplatzbau ausgetauscht wurden.

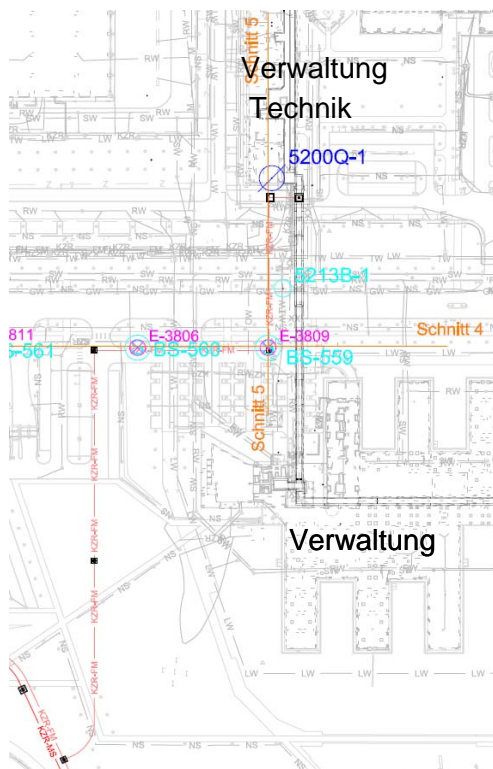


Bild 3b: Kabeltrasse Süd (FM), westlich der Verwaltung zur Verwaltung-Technik

In den Grünflächen an der Nordallee beträgt die Mächtigkeit der Wiederandeckung von Oberboden zwischen 0,15 m und 0,2 m. Darunter folgen Anschüttungen aus Kies des Bodens C2 mit Mächtigkeiten von 0,5 m bis 0,65 m auf der Südseite und 1,7 m (Bohrung 5200) auf der Nordseite der Nordallee. Lokal wird auf der Südseite (BS-559) an der Basis der Anschüttung nicht komplett abgetragener Oberboden mit wenigen Zentimetern angetroffen.

3) Kabeltrassen Süd, südlich Parkplatz P41-Süd und Bauzentralen

Der Baubereich wurde infolge großräumiger Erdarbeiten beim Bau der Zentralallee bis 1992 auf das bestehende Gelände profiliert. Der Abschnitt mit einer Länge von ca. 750 m ist in **Bild 3c** ersichtlich. Die Bodenprofile sind im Längsschnitt in **Anlage 4, Bl. 2** ersichtlich.



Bild 3c: Kabeltrassen Süd, südlich Parkplatz P41-Süd und Bauzentralen

In den bestehenden Grünflächen liegen gemäß den Schürfen geringmächtige Anschüttungen als Wiederandeckung von Oberboden zwischen 0,1 m und 0,4 m vor, wobei die geringe Mächtigkeit von 0,1 m in der westlichen Hälfte dieses Abschnittes vorkommt. Die ehemals vorhandenen Deckschichten der Böden A2 (Torf und Alm) und A3 wurden bis auf geringe Reste damals abgetragen.

Unter dem Oberboden folgen bei den 3 westlichsten Schürfen 61969 bis 61971 sowohl ungestörte Deckschichten in Form von Ton (Boden A2M) und Schluff Boden A3) als auch Anschüttungen aus

Gemischen von Oberboden und Kies bis in Tiefen von 0,9 m bis 1,1 m unter Ansatz Gelände. Östlich von Schurf 61972 d.h. östlich $Y=12.475$ folgen unter dem Oberboden die Kiese des Bodens C2 mit geringen Mächtigkeiten von 0,15 m bis 0,3 m die in Tiefen von 0,1 m bis 0,8 m in die Kiese des Bodens C1 übergehen, die überwiegend als feinkorn- und sandarme (rollige) Kiese anzusprechen sind. Lokal sind bei den Schürfen 61974 und 91976 noch ungestörte Deckschichten mit 0,1 m bis 0,3 m Dicke in Form von Schluff vorhanden.

4) Kabeltrassen Nord, Zuleitungen im nördlichen Bebauungsband

Im nördlichen Bebauungsband NBB werden für die neuen Trassen Anbindungen an den Bestand erstellt. Die Anbindungen sind in **Bild 3d** ersichtlich.

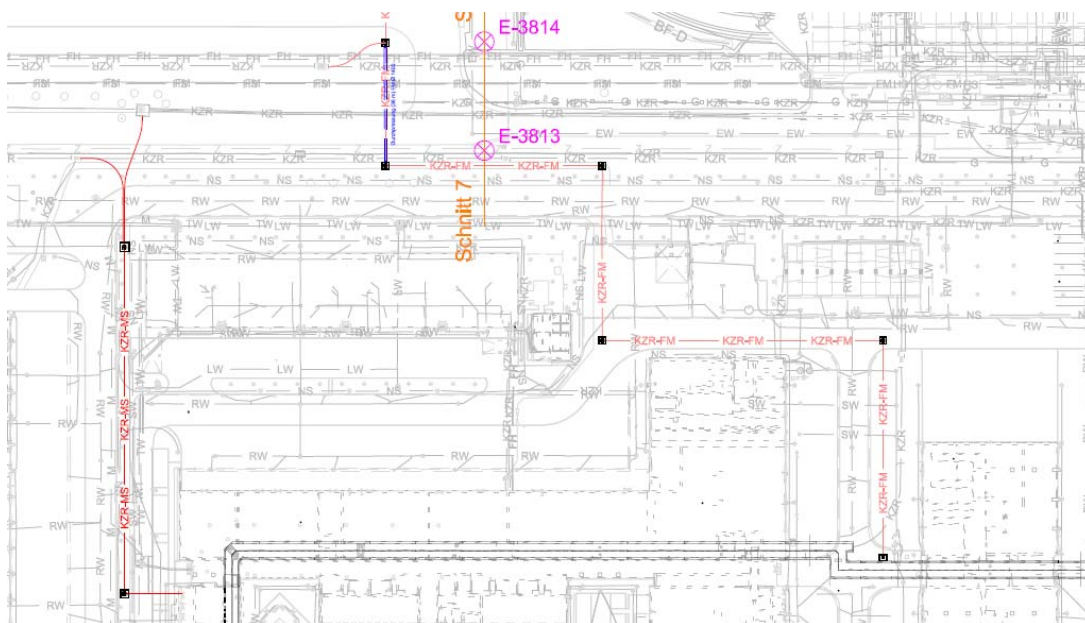


Bild 3d: Kabeltrassen Nord, KZR-MS und KZR-FM im nördlichen Bebauungsband

Die kurzen Abschnitte KRZ-MS im Westen und KZR-FM im Osten von Bild 5d liegen überwiegend in Betriebsstraßen des NBB. Für das NBB wurde mit großräumigen Erdarbeiten im Herbst 1987 eine lagenweise verdichtete, zwischen 1,0 m und 1,5 m mächtige Anschüttung aus Kiesen des Bodens C2 auf die Nullebene von 447,20 müNN erstellt, wobei vorher die erdbautechnisch ungeeigneten Böden A abgetragen worden waren. Die Sohlen der Kabeltrassen liegen daher entweder in den ungestörten Kiesen in Form von sandigen, teilweise schluffigen und gering verwitterten Kiesen des Bodens C im Übergangsbereich zum Boden B1 oder in der verdichteten Anschüttung.

5) Kabeltrassen Nord, nördlich der Schneedeponie Nordwest

Die geplante Kabeltrasse KZR-FM verläuft ca. 14 m nördlich der Schneedeponien Nordwest. Dieser Bereich wurde bis 1989 in Teilbereichen als Seitenentnahme für Kies genutzt, wobei die Abtragsgrenzen nicht dokumentiert sind. Der Abschnitt mit einer Länge von ca. 600 m ist in **Bild 3e** ersichtlich. Die Bodenprofile sind im Längsschnitt in **Anlage 4, Bl. 6** ersichtlich.

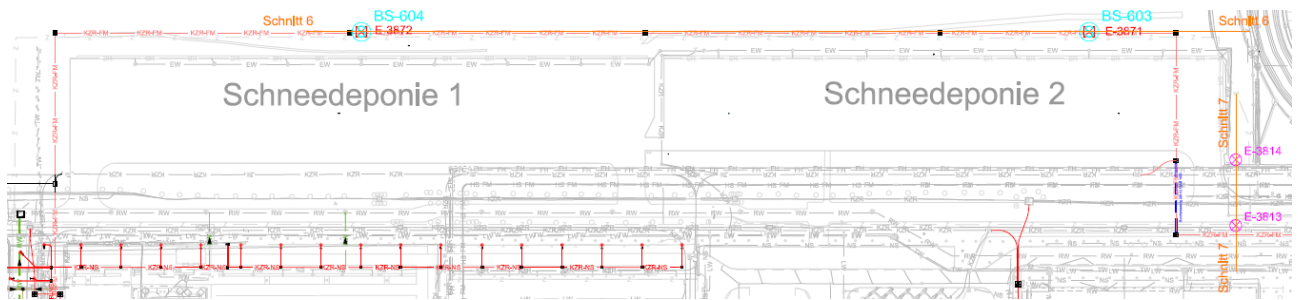


Bild 3e: Kabeltrassen Nord, nördlich der Schneedeponien Nordwest

In der Grünfläche beträgt die Mächtigkeit der Wiederandeckung von Oberboden 0,2 m. Darunter folgt eine weitere Andeckung von Oberboden mit einer Mächtigkeit zwischen 0,1 m und 0,4 m, wobei dieser Oberboden kiesig ausgeprägt ist. Unter dem Oberboden folgt im Westen (BS-604) eine Anschüttung aus tertiärem Kies der Böden E aus Fremdanlieferung und darunter des Bodens C2 bis in eine Tiefe von 1,5 m unter Ansatz und im Osten (BS-603) bis in eine Tiefe von 1,65 m unter Ansatz mit Boden C2. Im Westen werden unterhalb von 1,5 m die schwach sandigen Kiese des Bodens C1 angetroffen. Im Osten des Abschnittes folgen unter der Anschüttung aus Kies weitere Anschüttungen aus Gemischen von Ton (Boden A3), Oberboden und Torf bis in eine Tiefe von 2,9 m unter Ansatz Gelände. Darunter wurde bis zur Endtiefe der Bohrung bei 3,0 m Kies des Bodens B2 angetroffen. In einer Tiefe von 3,6 m unter Ansatz zeigen die Rammwiderstände den Übergang in die natürlich gelagerten Kiese.

5.3.3 Sondierwiderstände

Für die Pressungen bzw. tief liegenden Kabeltrassen gemäß [U14 und U16] wurden Rammsondierungen bis in Tiefen von 7,0 m bis 12,0 m unter Ansatz Gelände abgeteuft. Die Lage der Sondierungen ist in **Anlage 3** ersichtlich. In Verbindung mit daneben liegenden Bohraufschlüssen und der allgemeinen Kenntnis zur Bodenschichtung ist es möglich, durch Interpretation der Rammwiderstände Angaben zum Schichtaufbau zu machen. Im Zuge der Planungsfortschreibung [U16] werden nur mehr die Pressungen unter dem Straßendamm südlich des Novotel und unter der Betriebsstraße Nord zur Schneedeponie realisiert.

1) Pressung Novotel

Die Anschüttungen in den Grünflächen werden mit geringen Rammwiderständen durchfahren. Mit Erreichen der natürlich gelagerten Kiese ab einer Tiefe von 0,5 m bis 0,7 m unter Ansatz Gelände variieren die Rammwiderstände bis in eine Tiefe von 2,0 m entsprechend 445,8 müNN von 3 bis 12 Schlägen, woraus eine überwiegend mitteldichte und vereinzelt lockere Lagerung folgert.

Im Tiefenbereich von 2,0 m bis 5,0 m entsprechend 445,8 müNN bis 442,8 müNN, gehen die Schlagzahlen innerhalb von meist 0,5 m auf 2 bis 7 Schläge zurück, woraus eine lockere bis mitteldichte Lagerung gefolgert wird. Darunter variieren die Rammwiderstände bis zu der tertiären Schicht von 15 bis 30 Schlägen, auf der Ostseite des Dammes örtlich bis 74 Schlägen, so dass generell eine sehr dichte Lagerung gefolgert wird.

Die tertiären Schichten stehen gemäß der unmittelbar neben der geplanten Pressung liegenden Bohrung 5409-Q (ausgebaut als quartäre Grundwassermessstelle) in den erbohrten 1,3 m als Fein- und Mittelkiese des Bodens E an. Mit Erreichen der tertiären Schichten bei 10,6 m unter Ansatz Gelände entsprechend 437,2 müNN wurden die Sondierungen in den tertiären Kiesen nach

2 m beendet, nachdem Rammwiderstände von 46 Schlägen für 10 cm Eindringtiefe erreicht worden waren.

1) Pressung Schneedeponie 2

Die Wiederandeckung in den Grünflächen wird mit geringen Rammwiderständen durchfahren. Mit Erreichen einer verdichteten Anschüttung in den oberen 1,0 m und darunter der natürlich gelagerten Kiese ab einer Tiefe von 0,2 m unter Ansatz Gelände variieren die Rammwiderstände bis in eine Tiefe von 2,0 m entsprechend 445,3 müNN bis 444,9 müNN von 10 bis 53 Schlägen, woraus eine überwiegend mitteldichte und sehr dichte Lagerung gefolgert wird.

Im Tiefenbereich von 2,0 m bis 5,2 m entsprechend bis 441,7 müNN, variieren die Rammwiderstände zwischen 5 bis 10 Schlägen, woraus eine mitteldichte Lagerung gefolgert wird. Über Schichtdicken von 0,5 m werden auch nur 2 Schläge (Nordseite der Pressung) erreicht, die gemäß der örtlichen Erfahrung sandarme Kiese der Böden C1 (Rollkiese) aufzeigen, die überwiegend locker gelagert sind.

Darunter variieren die Rammwiderstände bis zu der tertiären Schicht von 20 bis 30 Schlägen, auf der Nordseite örtlich bis 54 Schlägen, so dass generell eine sehr dichte Lagerung gefolgert wird. Aufgrund der Interpretation der Rammwiderstände stehen die tertiären Schichten in einer Tiefe von 9,0 m bis 9,4 m unter Ansatz entsprechend 437,8 müNN zuoberst als bindiger Boden F in Form von Schluff an. Die Sondierungen wurden nach 1 m beendet, nachdem durch den kontinuierlichen Anstieg der Rammwiderstände infolge der Mantelreibung am Sondiergestänge 15 Schläge für 10 cm Eindringtiefe erreicht worden waren.

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 [U18] 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 [U19]. Für die Bewertung des Grundwassers für die Planung und Ausführung

wurden von der Fachabteilung FMG/RCUW die langjährigen Grundwasserbeobachtungen bis 2016 ausgewertet und die anzusetzenden Wasserstände in [U19] mitgeteilt. Diese Wasserstände sind von der Planung in [U15] eingearbeitet worden und werden auch diesem Bericht zugrunde gelegt.

Auskünfte über aktuelle Grundwasserstände und Grundwasserganglinien erteilt die Fachabteilung FMG/RCUW.

Nachfolgend werden Hinweise zu den Wasserständen gegeben, die in diesem geotechnischen Bericht verwendet werden.

Zentralwasserstand ZW

Der Zentralwasserstand [U18] 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 [U18] ist definiert als der Wasserstand, der sich durch Mittelwertbildung der Jahreshöchststände für einen definierten Zeitraum errechnet, hier 1986 bis 2015. 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 aus dem höchst gemessenen Wasserstand **HHW** zuzüglich eines empfohlenen Sicherheitszuschlages von 0,30 m. 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 [U18] 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 2 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 geförder-

te 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 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 2) reduziert werden sollte. Durchmesser und Länge der Brunnen sollten im Zuge einer Ausführungsplanung mit dem Zentrum Geotechnik ggf. abgestimmt werden. Der Durchmesser von 600 mm sollte nicht unterschritten 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 [U18] 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 Pumpensämpfen 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.

6.4 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 ca. 442,00 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 2: Durchlässigkeiten quartärer Kiese (Ansatzwerte) im Baubereich

7. Bodenkennwerte

Für erdstatische Berechnungen können die in der folgenden Tabelle 3 zusammengestellten charakteristischen Bodenkennwerte entsprechend der Schichtenfolge zugrunde gelegt werden.

Bodenart	Winkel der inneren Reibung	Kohäsion	bei Erddruckberechnungen im aktiven Bereich		bei Erddruckberechnungen im passiven Bereich	
			γ_r	γ'	γ_r	γ'
	$[\varphi]$	[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 3: 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 Archivunterlagen

Die geplanten Trassen liegen zum Großteil neben den geplanten Erschließungsstraßen der Airsite west und im Bereich der geplanten Bürogebäude der Baufelder BF A.1 bis A.4. Für diese Baumaßnahmen wurden geotechnische Berichte in [U11-U13] mitgeteilt. Die Folgerungen dieser Berichte können für die hier geplanten Erschließungsmaßnahmen übernommen werden.

8.2 Pressungen

Für die Unterquerung von Betriebsstraßen werden Durchpressungen mit dem Durchmesser DN1000 bis DN1400 erforderlich. Gemäß [U15] liegen die Sohlen der Durchpressung beim Novotel i.M. auf 445,2 müNN und damit ca. 1,0 m unter dem ZW und ca. 1,5 m unter dem MHW. Bei der Pressung Schneedeponie liegt die Sohle i.M. auf 441,7 müNN und ca. 4 m unter dem ZW und 4,5 m unter dem MHW. Für die Pressung Schneedeponie werden daher in jedem Fall für die Start- und Zielgrube Baugrubenumschließungen vorzugsweise mit Spundwänden erforderlich. Auch bei der Pressung am Novotel werden für die Start- und Zielgrube Baugrubenumschließungen empfohlen, da die Sohlen 1,5 m unter dem MHW liegen und stark durchlässige Kiese anstehen. Es wird empfohlen die Spundwände beim Novotel bis in eine Tiefe von 8,0 m unter Ansatz Gelände entsprechend 439,8 müNN in die sehr dicht gelagerten Kiese einzubringen und eine Restwasserhaltung zu betreiben. Bei der Pressung Schneedeponie wird eine Tiefe von 9,0 m entsprechend 437,8 bis knapp an die tertiäre Schicht empfohlen. Aufgrund der vermutlich geringen Abmessung ist eine Aussteifung möglich.

Aufgrund des geringen Abstandes der von der ursprünglichen Lage gemäß [U14] um 33 m nach Westen verschobenen Lage der Pressung gemäß [U16] wurden keine zusätzlichen Rammsondierungen als erforderlich erachtet und die Baugrundverhältnisse bei der neuen Lage der Pressung denen am ursprünglichen Standort gleichgesetzt.

Bei den Rüttelarbeiten erfährt der locker gelagerte Boden durch die Vibration eine Setzung. Beim Ziehen der Spundbohlen ist aber eine weitere Setzung nicht auszuschließen und am Flughafen München bereits aufgetreten. Daher muss die Spundwand um das Maß der unter der Sohle setzungsempfindlichen Bodenschicht, im vorliegenden Fall beim Novotel um 2 m, von einem späteren Schacht abgerückt werden. Bei geringeren Abständen ist eine Hohllage unter dem Schacht nicht auszuschließen. Sofern die Spundwände wegen der örtlichen Verhältnisse nicht entsprechend von bestehenden Trassen abgerückt werden können, wir empfohlen diese Trassen zu sichern.

Alternativ kann die Umschließung auch quasi erschütterungsfrei mit einer Wand im Verfahren der Tiefreichenden Bodenstabilisierung nach DIN EN 14679 (z.B. MIP-Wand, DMM-Wand) ausgeführt werden. Aus hydrogeologischer Sicht ist zu bedenken, dass verbleibende Baugrubenumschließungswände je nach Anströmung auf die Umschließung einen Grundwasseraufstau erzeugen. Je nach Grundwasseraufstau müssen Maßnahmen vorgesehen werden, was z.B. durch Aufbohren von Fenstern erfolgen kann. Der ohne Maßnahmen zulässige Aufstau (i.d.R. 10 cm) sowie sonstige notwendig werdende Maßnahmen sind mit FMG/RCUW abzustimmen. Für die vergleichsweise kleinen Baugruben wird eingeschätzt, dass ein Aufstau kleiner 10 cm erfolgen würde.

Erfahrungsgemäß treten am Flughafen beim Perforieren große Probleme mit den feinkorn- und sandarmen Schichten auf, da bei der Herstellung von Dichtwand-Elementen in feinkorn- und sandarmen Schichten die eingebrachte Suspension Auswüchse von Zementsteinkörpern erzeugt, die beim Perforieren große Fenster erfordern. Hier werden je Fenster wenigstens 2 überschnittene Bohrungen mit DN 900 empfohlen, die mit Rollkies 8/16 mm aufgefüllt werden.

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 oberflächennahe 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 Böschungsneigung mit Hilfe einer Standsicherheitsberechnung nach DIN 4084:2009 ermittelt und für den Zustand GEO-3 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 4 angegebenen Werte zugrunde gelegt werden.

Bodenart	Winkel der inneren Reibung φ' [°]	Kohäsion c' [kN/m ²]	Kapillarkohäsion c_c [kN/m ²]	Wichte γ / γ' [kN/m ³]
Quartäre Kiese	40	0	5 *	23 / 14
* nur oberhalb des Grundwassers und bei Standzeiten ohne Frosteinwirkung / mit Schutzmaßnahmen				

Tabelle 4: Bodenkennwerte für Standsicherheitsberechnungen von Böschungen während einer kurzen Bauzeit (ein Bausommer)

8.4 Bauwerkshinterfüllung, Überschüttung und Erddruckannahmen im Endzustand

Bei der Bauwerkshinterfüllung sind die Arbeitsräume 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 Erdruhedruck mit einem Erddruckbeiwert $K_0 = 0,39$ 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 09 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.

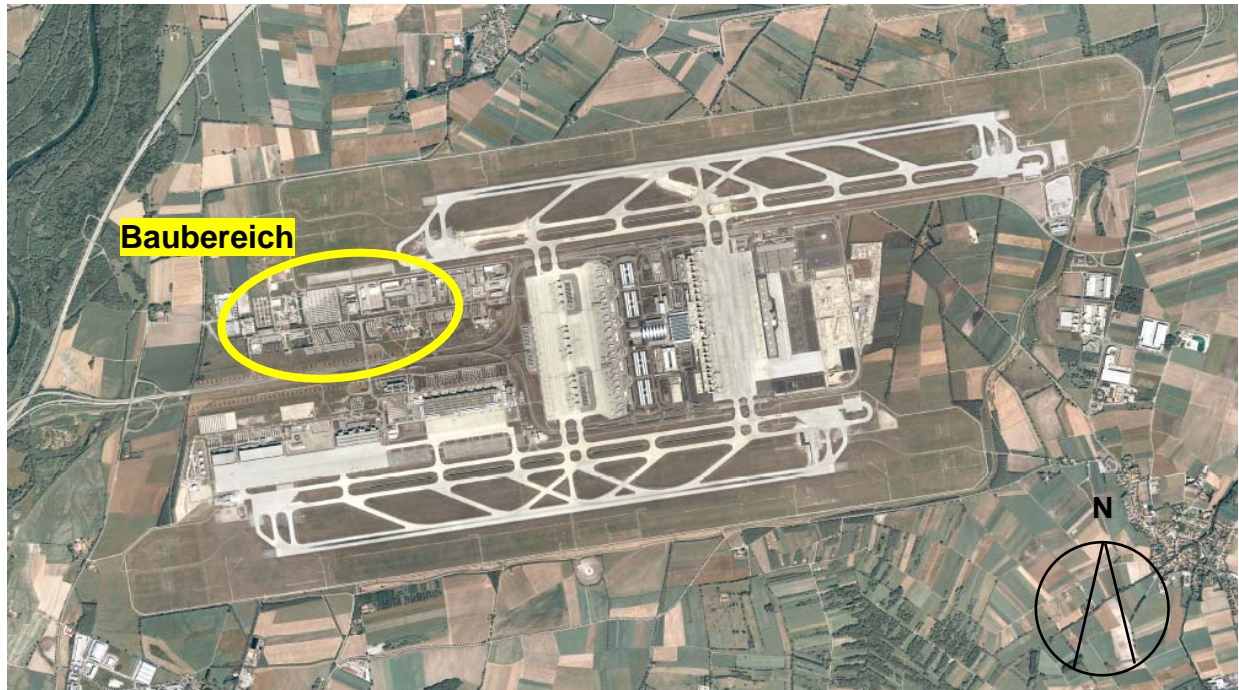
Werden von den Angaben dieses Gutachtens abweichende Baugrundverhältnisse festgestellt oder sollten andere als die diesem Gutachten zugrunde gelegten Planungen bzw. Bauweisen zur Ausführung kommen, wird eine Abstimmung mit dem Gutachter erforderlich. Zum Abschluss der Planung bzw. zum Zeitpunkt der Erstellung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

Prof. Dr.-Ing. Vogt

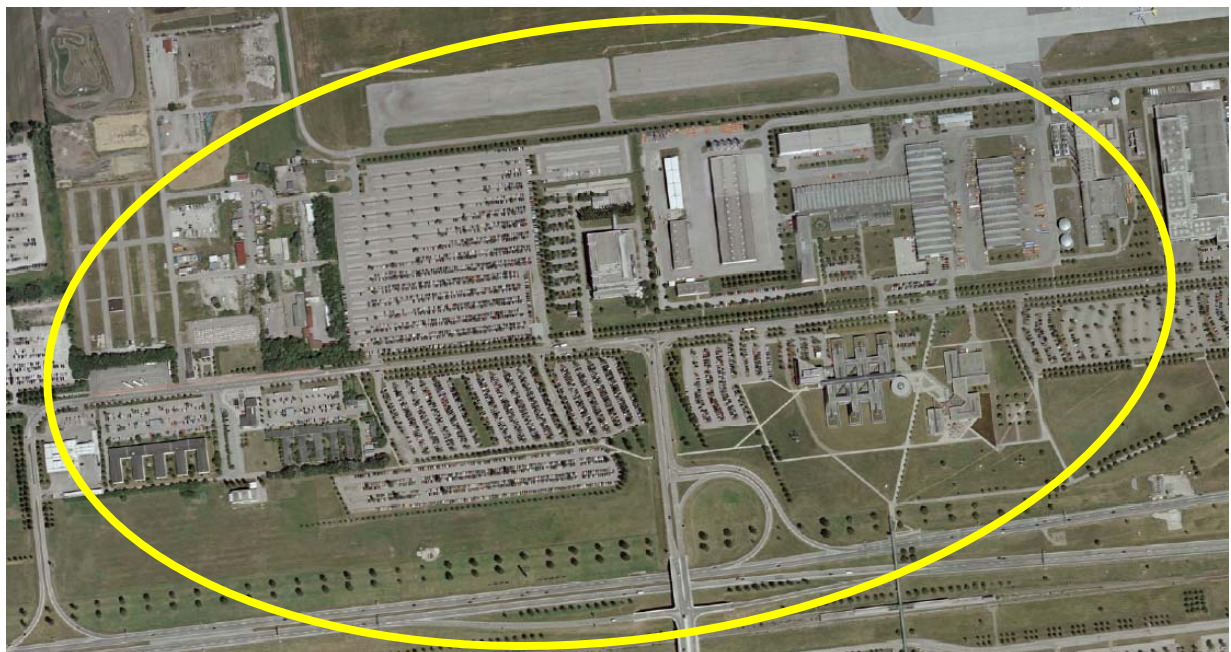

Bearbeiter

Übersichtslageplan

Anlage 1



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



Quelle: Luftbild FMG Juli 2003, [DIGITALGLOBE](#) [MAPSgeosystems](#)
Detail

Archivaufnahmen

Anlage 2



Luftbildaufnahme der FMG ca. 1989, Baumaßnahmen im geplanten Baubereich

Anlagen 2 und 3

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.**