GUTACHTEN

Projekt: Bebauungsplan SN 252 'Amtsweg'
in 33104 Paderborn - Schloß Neuhaus
(Gemarkung Schloß Neuhaus, Flur 12, Flurstück 428)

- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -
- Hydrogeologische Ermittlung des Versickerungspotentials -
- Orientierende Gefährdungsabschätzung -

Auftraggeber: WIEPEN Bauträger GmbH
Schäferweg 3
33100 Paderborn

Auftragnehmer: Kleegräfe - Büro für Baugrund- und Umweltanalytik
Holzstraße 212
59556 Lippstadt-Bad Waldliesborn

Projekt-Nr.: 04 11 06 189

Lippstadt, den 26. November 2004

- INHALTSVERZEICHNIS -

<u>1. AUFGABENSTELLUNG / VORGANG</u>	3
<u>2. LAGE DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES / BESTAND / VORNUTZUNG</u>	4
<u>3. UNTERGRUNDERSCHLIEBUNG</u>	6
<u>3.1 UNTERGRUNDSCHICHTUNG/ GEOLOGIE</u>	6
<u>3.2 GRUNDWASSER/ HYDROGEOLOGIE</u>	8
<u>4. VERSICKERUNGSFÄHIGKEIT DES UNTERGRUNDES</u>	10
<u>4.1 ERMITTLUNG DES VERSICKERUNGSPOTENTIALS (LABORVERSUCHE)</u>	10
<u>4.2 ERMITTLUNG DES VERSICKERUNGSPOTENTIALS (GELÄNDEVERSUCHE)</u>	11
<u>4.3 BEWERTUNG DES VERSICKERUNGSPOTENTIALS</u>	12
<u>4.4 HINWEISE ZUR NIEDERSCHLAGSWASSERABFÜHRUNG</u>	13
<u>5. ORIENTIERENDE GEFÄHRDUNGSABSCHÄTZUNG</u>	14
<u>5.1 VORGEHENSWEISE</u>	14
<u>5.2 CHEMISCHE ANALYTIK UND BEWERTUNG</u>	16
<u>5.3 SCHLUSSFOLGERUNGEN/ WEITERGEHENDE MAßNAHMEN</u>	17
<u>6. INGENIEURGEOL. BEURTEILUNG DES BAUGRUNDINVENTARS</u>	19
<u>6.1 BODENCHARAKTERISIERENDE LABORVERSUCHE</u>	19
<u>6.2 BAUGRUNDBEURTEILENDE GELÄNDEVERSUCHE</u>	20
<u>6.3 BODENMECHANISCHE KENNWERTE/ BAUGRUNDBEURTEILUNG</u>	21
<u>6.4 BODENKLASSEN/ BODENGRUPPEN/ FROSTKLASSEN</u>	22
<u>7. INGENIEURGEOL. HINWEISGEBUNG ZUR BAUDURCHFÜHRUNG</u>	22
<u>7.1 GEBÄUDEBAU</u>	23
<u>7.2 KANALBAU</u>	28
<u>7.3 STRABENBAU</u>	31
<u>8. ANLAGEN</u>	32

1. Aufgabenstellung / Vorgang

Ein im Norden von Paderborn-Schloß Neuhaus zwischen Hermann-Löns-Straße und Amtsweg gelegenes Areal soll als anschließendes / ergänzendes Wohngebiet erschlossen werden (B-Plan SN 252). Das 14.195 m² umfassende Areal ist in Teilbereichen mit Altbestand besetzt. Hierbei handelt es sich um ein nicht mehr bewohntes Wohnhaus sowie um eine ältere, seit ca. 30 Jahren nicht mehr im Betrieb befindliches Sägewerk. Demgegenüber liegt der südliche und westliche Abschnitt weitgehend unbebaut vor und wird landwirtschaftlich genutzt bzw. liegt brach.

Die beauftragten Untersuchungen gliedern sich in folgende Bereiche:

- **Baugrund:** Es war zunächst notwendig, die Zusammensetzung der Böden zu bestimmen. Hierauf basierend erfolgt eine überschlägige Baugrundbeurteilung hinsichtlich der allgemeinen Bebaubarkeit für die zu errichtenden Gebäude, Kanäle und die Anliegerstraße. Insbesondere war die Tragfähigkeit der relevanten Böden zu erkunden. Des Weiteren werden Aussagen über die Bodenklassen, bodenmechanischen Kennwerte, Gründungsvorschläge, Grundwasserverhältnisse, Trockenhaltung der Bauwerke und Wiedereinbaufähigkeit der Böden gegeben.
- **Versickerung:** Ergänzend war eine hydrogeologische Untersuchung über die Versickerungsfähigkeit des Untergrundes durchzuführen. Aus diesem Grund wurde das Versickerungspotential des Untergrundes mittels Versickerungsversuche ('Auffüllversuche') ermittelt und beurteilt.
- **Orientierende Gefährdungsabschätzung:** Vor Nutzungsumwandlung der Fläche soll eine orientierende umweltgeologische Gefährdungsabschätzung - im Besonderen für den Bereich der ehemaligen Holzverarbeitung - durchgeführt werden. Hierbei ist das von der Verfüllung ausgehende Gefährdungspotential zu ermitteln und zu beurteilen. Hierfür wurden Bodenproben entnommen und chemisch analysiert

Die WIEPEN BAUTRÄGER GMBH, Schäferweg 3 in 33100 Paderborn, beauftragte das Fachbüro KLEEGRÄFE - BÜRO FÜR BAUGRUND- UND UMWELTANALYTIK, Holzstraße 212 in 59556 Lippstadt-Bad Waldliesborn, mit den Untersuchungen sowie der gutachterlichen Stellungnahme. Für die Ausarbeitung stehen dem AN folgende Unterlagen / Angaben zur Verfügung:

- Bebauungsplan (Kopie) 1:500 (Architekturbüro Adomako / J. Wiepen Bauträger GmbH, Stand: 12.08.2004).
- Umweltbericht zum B-Plan vom August 2004 (Landschaftsarchitekten Gasse + Schumacher BDLA).
- Gutachten Gefährdungsabschätzung und Baugrundvoruntersuchung vom 14.04.2004 (IB Ecos).
- Stadtarchiv Stadt Paderborn (mündl. Informationen durch Herrn Gaidt, 18.11.2004).
- Heimatpfleger Schloß Neuhaus (mündl. Informationen durch Herrn Pavlicic, 18.11.2004).

- Bauordnungsamt Stadt Paderborn (mündl. Informationen durch Herrn Matzat, 16.11.2004).

Gelände (16.11.2004)	<ul style="list-style-type: none"> - Rammkernsondierungen (Ø 50 - 60 mm) - Diamant-Kernbohrungen (Ø 100 mm) - Einmessung in Höhe und Lage - Rammsondierungen (DPL-5) - Versickerungsversuche (Auffüllversuche) - Errichtung einer Grundwassermessstelle 	<ul style="list-style-type: none"> 11 Stück 3 Stück 11 Stück 5 Stück 4 Stück 1 Stück
Boden- mechanisches Labor	<ul style="list-style-type: none"> - Korngrößenanalysen (DIN 18 123) - Wassergehaltsbestimmungen (DIN 19 121) - Glühverlustbestimmungen (DIN 19 128) 	<ul style="list-style-type: none"> 3 Stück 3 Stück 3 Stück
Chemisches Labor	<ul style="list-style-type: none"> - PAK nach EPA - Asbest - Parameter LAGA Richtlinie 20 'Boden' (Feststoff + Eluat) 	<ul style="list-style-type: none"> 1 Stück 1 Stück 2 Stück

Tabelle 1: Untersuchungsumfang

Die Lage der Baugrunderschließungen geht aus der Anlage 1.1 (Lageplan) hervor. Nach Abschluss der Aufschlussarbeiten sind die Sondier- und Bohransatzpunkte lagemäßig eingemessen und höhenmäßig einnivelliert worden. Als Höhenfestpunkt diente die Sohle des Schachtes Nr. 74090120 (RW-Kanal) auf der Hermann-Löns-Straße (+99,52 m ü.NN; Position siehe Lageplan).

2. Lage des Untersuchungsgebietes / Bestand / Vornutzung

Das relevante Untersuchungsgebiet ist im Norden von 33104 Paderborn-Schloß Neuhaus gelegen. Das Areal befindet sich südwestlich der Hermann-Löns-Straße und nordwestlich und nordöstlich des Amtsweges. Es handelt sich um die Liegenschaft Hermann-Löns-Straße Nr. 35.

Die zu untersuchende Fläche (Gemarkung Schloß Neuhaus, Flur 12, Flurstück 428) weist eine rechteckige Form der Größe von 14.195 m² auf. Nordwestlich schließt sich Parklandschaft und Grünland an, während die anderen Seiten eine lockere Wohngebietsbebauung aufzeigen.

Die Lippe verläuft ca. 200 m westlich mit nördlicher Entwässerungsrichtung und vereint sich dort mit der Alme. Ca. 200 m nördlich verläuft der Krebsbach und entwässert nach Westen in die Lippe. Der Anlage 8.1 ist eine Fotodokumentation zu entnehmen.

Das Areal befindet sich zwischen den Höhenkoten +101 und +102 m ü.NN. Es existierte ein geringer morphologischer Geländeeinfall in Richtung Westen.

Vornutzung / historische Entwicklung: Auf betreffender Fläche existiert ein nicht mehr in Betrieb befindlicher Sägewerkkomplex sowie ein 2-geschossiges, freistehendes und nicht mehr bewohntes Wohnhaus. Die folgenden Angaben stammen von Herrn Willi Eschenbüscher (Mitglied Erbgemeinschaft), Herrn Pavlicic (Heimatspfleger), Herrn Gaidt (Stadt PB, Stadtarchiv) und Herrn Matzat (Stadt PB, Bauordnungsamt).

Nach Herrn Gaidt sind die älteren Luftbilder und älteren Flurkarten lediglich sporadisch und unsortiert vorhanden sowie ungeordnet in Kisten größeren Umfangs verstaut. Es wird aufgrund genannter Problematik ein unverhältnismäßig hoher Zeitaufwand notwendig, um gezielt Karten und Bilder des relevanten Gebietes auszusortieren.

Laut Herrn Matzat sind keine Unterlagen in der Bauabteilung vorhanden. Die Akte wurde erst im April 2004 angelegt.

- Die ersten Gebäude (verm. Wohngebäude) wurden ca. 1870 als Nebenstätten des heute noch existierenden 'Ischenbüscher Hof' errichtet.
- Um 1936 soll das Sägegatter errichtet worden sein.
- Ca. 1960 soll die u.g. geschlossene Halle erbaut worden sein.
- Die Werkstattgebäude und die Halle sollen mit Alt-/Restholz sowie Sägespänen geheizt worden sein.
- Ab einem nicht mehr zu definierenden Zeitpunkt soll für das Wohnhaus eine Gasheizung installiert worden sein.
- Nach Tod des Betreibers / Eigentümers 1972 wurde der Sägewerksbetrieb eingestellt.
- Das Wohnhaus wurde noch längere Zeit bewohnt und soll erst seit einigen Jahren leer stehen.

Gebäude- und Anlagenbestand: Aufgrund des langen Leerstandes bzw. der vor über 30 Jahren erfolgten Betriebseinstellung stellt sich das Areal inkl. der Gebäude ungepflegt dar. Alte Arbeitsmaschinen, Abfall und Materialreste konzentrieren sich hauptsächlich auf die Schuppen und Werkstatt.

Der Gebäudebestand setzt sich aus folgenden Einzelgebäuden zusammen:

- a) Wohnhaus inkl. Garage (Fotos 2, 12): Im Osten des Areals existiert ein 2-geschossiges Wohnhaus inkl. Garage. Das Wohnhaus wurde bis vor einigen Jahren bewohnt und steht seitdem leer. Das Wohngebäude ist teilweise mit Mineralfaserplatten verkleidet. Vor einiger Zeit wurde das Gebäude auf Gasheizung umgestellt.
- b) Sägewerk (Sägegatter, Schuppen, Werkstatt, Holzlager; Fotos 1, 3, 4, 6, 11): Das um 1936 errichtete Sägewerk ist überwiegend in Holzbauweise errichtet worden. Im Westen befindet sich eine große Scheune (Fotos 6, 11), an welche sich in Richtung Osten zur Hermann-Löns-Straße eine in Richtung Südosten offene Remise anschließt (Foto 11). Zwischen Wohnhaus und g.g. Remise existiert ein geschlossenes Arbeits- / Werkstattgebäude (Foto 1). Im rückwärtigen Gartenbereich befindet sich ein offenes, 2-geschossiges Holzlager.
- c) Hallengebäude (Foto 5): An das g.g. geschlossene Arbeits-/Werkstattgebäude schließt sich in Richtung Westen ein relativ hohes Hallengebäude an, welches im Westen eine große Toreinfahrt besitzt. Die Halle ist teilweise mit Mineralfaserplatten verkleidet.
- d) Frei- und Bewegungsfläche (Fotos 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 11): Zwischen Scheune, Remise und Hallengebäude sowie östlich des Arbeits-/Werkstattgebäudes existiert eine aus großflächigen Betonplatten bestehende Versiegelung (Fotos 1, 3, 11). Die restlichen Freiflächen bilden Weideflächen/Grünland bzw. verwilderte Gartenbeete und Buschwerk (Fotos 2, 7, 8, 10). Als Grenze zwischen der Sägewerk-Nutzfläche im Südosten und einer Weide im Nordwesten fungiert eine Fichtengruppe (Foto 9).

3. Untergrunderschließung

3.1 Untergrundschichtung / Geologie

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden insgesamt 11 Rammkernsondierungen niedergebracht. Diese wurden einerseits unter flächendeckenden Aspekten und andererseits an Verdachtspunkten für Bodenauffälligkeiten positioniert. Hinzuweisen sei darauf, dass die BS 2, 3, 4, 5, 6 und 11 innerhalb der existierenden Gebäude niedergebracht wurden. Die Schichtenprofile und -verzeichnisse sind in der Anlage 2.1 - 2.11 dargestellt. Die Bohrgutaufnahme erfolgte durch einen Dipl.-Geologen nach den entsprechenden Normen.

- **Versiegelungen:** Die innerhalb von Gebäuden niedergebrachten BS 2 (Garage), BS 3 (Arbeits-/Werkstattgebäude), BS 5 (Halle) und BS 6 (Scheune) weisen eine Betondeckenversiegelung auf. Diese weist differierende Mächtigkeiten auf (12/23 cm). Abgesehen von der BS 6 wurden die Decken mittels Diamant-Kernbohrung durchteuft.
- **Auffüllungen:** Es wurde an relativ wenigen Ansatzpunkten sowie in geringen Mächtigkeiten Auffüllungen erbohrt. In der BS 1 konnte eine Schotterung (dicht gelagert, feucht, -0,4 m u.GOK) und innerhalb der BS 2 (unterhalb der dortigen Betondecke) sowie der BS 8 ein kiesiger Anthropogensand mit organischen Beimengungen erkannt werden (locker-mitteldicht, feucht-stark feucht, -0,5/0,8 m u.GOK). Es scheint sich um einen überdeckten bzw. umgelagerten 'Mutterboden' zu handeln. Die BS 4 führt zuoberst Sägespäne (-0,3 m u.GOK).
- **'Mutterboden':** Die BS 7-11 weisen zuoberst einen Sand mit organischen Beimengungen auf. Dieser 'Mutterboden' liegt locker gelagert in einem stark feuchten Zustand vor. Unterhalb der Betondecken der BS 2, 3, 5 und 6 sowie innerhalb der BS 1 und 4 unterhalb der dortigen Auffüllungen handelt es sich scheinbar um einen älteren, nun überdeckten 'Mutterboden'. Bei der Gebäudeüberdeckung wurde vermutlich der organische Sand nicht vollständig bzw. überhaupt nicht entfernt.
- **Fluviatilsand:** Unterhalb des g.g. Oberbodens bzw. der Auffüllungen konnte in allen Aufschlüssen bis zur jeweiligen Endteufe ein Fluviatilsand erbohrt werden. Bis ca. 3 m u.GOK handelt es sich um einen enggestuften, schwach feinsandigen Mittelsand und ab g.g. Teufe um einen weit bis intermittierend gestuften, schwach grobsandigen, schwach feinsandigen, kiesigen Mittelsand. Die Fluviatilsande weisen im Hangenden einen lockeren Lagerungszustand auf, während die Sande ab ca. 3 m u.GOK weitgehend mitteldicht gelagert angetroffen wurden. Die Sande liegen ab 1,5/2,0 m u.GOK grundwassererfüllt nass vor. Lediglich die hangenden Profilabschnitte liegen stark feucht vor.
- **Grundgebirge:** In keinem Aufschluss konnte bis zu den jeweiligen Endteufen das oberkretazische Grundgebirge erbohrt werden. Es besitzt keine Projektrelevanz.

In der folgenden Tab. 2 wird eine Zusammenfassung der Sondiererergebnisse gegeben.

BS	Ansatz (m ü.NN)	Auf- füllung	Ver- siegelung	'Mutter- boden'	Sand	Grund- wasser	DPL	End- teufe
1	+101,70	-0,40	-	(0,40-0,70)	ab 0,40	2,05	X	5,00
2	+101,60	-0,80	Beton -0,12	(0,12-0,80)	ab 0,80	Bohrloch- zus.-Fall	-	2,00
3	+101,54	-0,23	Beton -0,23	(0,23-0,80)	ab 0,23	ca. 1,84	-	2,00
4	+101,33	-0,30	-	(0,30-0,80)	ab 0,30	ca. 1,59	-	2,00
5	+101,75	-0,20	Beton -0,15	(0,20-0,90)	ab 0,20	ca. 1,76	-	2,00
6	+101,30	-0,12	Beton -0,12	(0,12-0,75)	ab 0,12	ca. 1,64	-	2,00
7	+101,41	-	-	-0,6	ab 0,00	1,72	X	5,00
8	+101,25	-0,50	-	(0-0,50)	ab 0,50	1,80	X	5,00
9	+101,15	-	-	-0,80	ab 0,00	1,90	X	5,00
10	+101,28	-	-	-0,50	ab 0,00	1,64	X	5,00
11	+101,48	-	-	-0,50	ab 0,00	ca. 1,76	-	2,00

Tabelle 2: Ergebnisse der Untergrundaufschlüsse (Angaben in m u.GOK)

Bodenbelastungen: Innerhalb der Garage am Wohnhaus wurde eine oberflächliche Verschmutzung mit einem deutlichen teerartigen Geruch erkannt. Es scheint sich um eine kleinflächige Auffälligkeit zu handeln. Der AN vermutet, dass ein Eimer / Behälter mit Teeröl o.ä. verschüttet / umgekippt wurde und hierbei die Betondecke verunreinigte.

Das Bohrgut wurde auf umweltgeologisch auffällige Inhaltsstoffe kontrolliert. Bei dieser organoleptischen Bodenansprache konnten- abgesehen von unauffälligem Kalksteinschotter sowie untergeordnetem Ziegelbruch und Sägespan - keine Auffüllungen und keine auffälligen Inhaltsstoffe erkannt werden. Hinzuweisen sei darauf, dass sich diese Aussage selbstverständlich ausschließlich auf die gewonnen Bodenproben bezieht.

Im Kap. 5.1 werden die hangenden Böden abfallrechtlich und umweltgeologisch analysiert und beurteilt.

Geologie: Bei den im Untersuchungsgebiet angetroffenen Schichteinheiten handelt es sich ausschließlich um Lockergesteinspakete. Es stehen fluviatilgenetische Ablagerungen der Lippe an (Sande). Stratigraphisch handelt es sich weitgehend um Niederterrassenablagerungen aus dem jungpleistozänen Quartär. Es kann davon ausgegangen werden, dass größtenteils fluviatil umgelagerte 'Sennesande' vorliegen. Das oberkretazische Tonmergelstein-Grundgebirge wurde bis zu den jeweiligen Endteufen nicht erbohrt und besitzt keine Projektrelevanz. Ausgehend von den Schnittdarstellungen der Geologischen Karte Blatt 4218 Paderborn (1:25.000, Geol. Landesamt NRW, Krefeld 1982) besitzt das g.g. Grundgebirge im Bereich des Untersuchungsgebietes einen Flurabstand von ca. 12-15 m.

3.2 Grundwasser / Hydrogeologie

Es sei darauf hingewiesen, dass es sich bei den angetroffenen Feuchteverhältnissen um eine zeitliche Momentaufnahme handelt. Es existieren für den Nahbereich langfristige Messdaten der STEB Paderborn (s.u.). Orientierende Angaben zum Schwankungspotential des Grundwassers können daher getroffen werden.

Die Geländearbeiten wurden am Ende einer Sommer-/Herbstperiode mit sehr geringen Niederschlägen durchgeführt. Die angetroffenen Feuchtezustände stellen daher relative Tiefstände und keine Maximal- / Höchststände dar. In niederschlagsergiebigere Perioden ist mit einem deutlichen Grundwasseranstieg zu rechnen.

Das Bohrloch der BS 1 wurde zu einer Grundwassermessstelle ausgebaut (Ausbauplan siehe Anlage 2.1, Foto 1). Wichtig ist eine längerfristige Kontrolle des Wasserstandes innerhalb des Pegels über mindestens eine hydrologische Jahresperiode zwecks Ermittlung des Schwankungs- und Anstiegspotentials.

Überschwemmungsgebiet: Das Areal liegt nach dem Umweltbericht des IB Gasse + Schumacher außerhalb des festgesetzten Überschwemmungsraumes der Lippe, welcher bis an die südwestliche Grenze der bestehenden Bebauung des Amtsweges reicht.

Schutzgebiete: Das Untersuchungsareal befindet sich nach Auskunft der *Unteren Wasserbehörde* des Kreises Paderborn (Herr Riedel) nicht innerhalb einer Wasserschutzgebietszone.

In allen Sondierungen konnte bei den Lichtlotmessungen nach Bohrende zusammenhängendes Grundwasser ermittelt werden. Ein Teil der Bohrlöcher fiel unmittelbar nach Sondenziehung zusammen, so dass keine Lichtlotmessung erfolgen konnte. Aus Erfahrung ist die Höhe des Bohrlochzusammenfalls in etwa der GW-Spiegelfläche gleichzusetzen.

Es handelt sich um den teilgefüllten hangenden Lockergesteins-Aquifer. Die Flurabstände sind den Tabellen 2 und 3 zu entnehmen. Es existierten zum Zeitpunkt der Geländearbeiten schwankende Flurabstände, welche zwischen 1,59 und 2,05 m lagen. Die Höhenkote betrug gemittelt ca. +99,65 m ü.NN (Stand: 16.11.2004). Hinzuweisen sei darauf, dass der Flurabstand von 2,05 m innerhalb der BS 1 ermittelt wurde, welcher mit den höchstgelegenen Ansatzpunkt darstellt. Übertragen auf das zentrale und westliche Areal ist von ca. 40 cm geringeren Flurabständen auszugehen.

Ergänzend wurden am 23.11.2004 der Pegel sowie die STEB-Messstelle (s.u.) und die nicht zusammengefallenen Bohrlöcher der BS 7 und 10 erneut gemessen (siehe Tab. 3). Hierbei konnte gegenüber den Wasserständen am 16.11. ein deutlicher Anstieg infolge der intensiven Niederschläge von ca. 0,4 / 0,5 m gemessen werden (Höhenkote Pegel: +100,12 m ü.NN).

Der STEB – Stadtentwässerungsbetrieb Paderborn betreibt ca. 250 m östlich des Untersuchungsgebietes im Kreuzungsbereich Hubertusweg / Kruggelweg seit Februar 1990 eine Grundwassermessstelle (STEB-Messstelle Nr. 13).

Hinzuweisen sei darauf, dass die dortige GOK ca. 2,0 m höher liegt als die GOK des zu untersuchenden Areals (+103,26 m ü.NN). Die STEB-Messstelle weist einen über 13 Jahre gemittelten Flurabstand von 2,04 m u.GOK auf (= +101,22 m ü.NN).

Der geringste gemessene Flurabstand beträgt 1,38 m u.GOK (Januar 2003). Die Schwankungsbreite zwischen mittlerem und geringsten Flurabstand beträgt somit deutliche 0,66 m.

BS	Ansatz (m ü.NN)	16.11.2004		23.11.2004	
		m u.GOK	m ü.NN	m u.GOK	m ü.NN
1 (Pegel)	+101,70	2,05	+99,65	1,58	+100,12
2	+101,60	Bohrlochzusammenfall		Bohrlochzusammenfall	
3	+101,54	ca. 1,84	ca. +99,70		
4	+101,33	ca. 1,59	ca. +99,74		
5	+101,75	ca. 1,76	ca. +99,99		
6	+101,30	ca. 1,64	ca. +99,66		
7	+101,41	1,72	+99,69		
8	+101,25	1,80	+99,45	Bohrlochzusammenfall	
9	+101,15	1,90	+99,25		
10	+101,28	1,64	+99,64	1,24	+100,04
11	+101,48	ca. 1,76	ca. +99,72	Bohrlochzusammenfall	
STEB-MS 13	+103,26	nicht gemessen		1,66	+101,60

Tabelle 3: Grundwasserstände

Fazit: Unter Berücksichtigung des vorliegenden Datenmaterials muss von periodischen Flurabständen von 1 m innerhalb des Untersuchungsareals ausgegangen werden.

Projektrelevant ist die Tatsache, dass bei einer Nichtunterkellerung die Gründungskörper / Bodenplatte einer periodischen Grundwasserbeeinflussung unterliegen. Bei einer Unterkellerung unterliegen die Gründungskörper und das UG einer permanenten Grundwasserbeeinflussung.

Es existiert eine nach Westen bis Südwesten ausgerichtete Grundwasserfließrichtung. Es handelt sich um eine Fließrichtung auf die südwestlich gelegene Lippe zu. Nördlich des Untersuchungsgebietes befinden sich die Lippeauen-Wiesen.

Die die Wasserdurchlässigkeit bestimmenden k_f -Werte ('Durchlässigkeitsbeiwerte') können für die relevanten Bodenschichten wie folgt abgeschätzt werden:

Bodenart k_f -Wert in m/s

Mutterboden':

Sand, schwach schluffig, organische Beimengungen 10^{-4} - 10^{-5}

Fluviatil-Sand (bis ca. 3 m u.GOK):

Mittelsand, schwach feinsandig $10^{-3} - 10^{-4}$
Fluviatil-Sand (ab ca. 3 m u.GOK):
Mittelsand, kiesig, schwach feinsandig, schwach grobsandig $10^{-3} - 10^{-4}$

Bewertung der Lockergesteinsdurchlässigkeit mittels Durchlässigkeitsbeiwert (nach DIN 18 130)		
• stark durchlässig	:	$> 10^{-4}$ m/s
• durchlässig	:	$10^{-4} - 10^{-6}$ m/s
• gering durchlässig	:	$10^{-6} - 10^{-8}$ m/s
• sehr gering durchlässig:	:	$< 10^{-8}$ m/s

4. Versickerungsfähigkeit des Untergrundes

Hinzuweisen sei darauf, dass aufgrund der Größe des Gebietes diese Untersuchungen der überschlägigen Ermittlung des Versickerungspotentials dienen. Betreffende Untersuchung besitzt somit einen orientierenden Charakter und bedarf bei konkreten Bauvorhaben einer Detailüberprüfung.

Richtlinien und Regelwerke: Die Hinweisgebungen, Untersuchungen sowie Bewertung des durch Auffüllversuche ermittelten Versickerungspotentials erfolgen in enger Anlehnung an folgende aktuelle Regelwerke und Verwaltungsvorschriften:

- *ATV-DVWK-Regelwerk: Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 138 'Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser' (Ausgabe: Januar 2002).*
- *'Wasserrundbrief 3 - Niederschlagswasserversickerung' [RdErl. d. Ministeriums für Umwelt, Raumordnung u. Landwirtschaft vom 18. Mai 1998 (IV B 5 – 673/2-29010 / IV B 6 – 031 002 0901) zur Durchführung des § 51a des Landeswassergesetzes LWG für das Land Nordrhein-Westfalen vom 4. Juli 1979 (GV.NW. S. 488) in der Neufassung vom 25. Juni 1995 (GV. NW. S. 926/SGV NW. 77)].*

4.1 Ermittlung des Versickerungspotentials (Laborversuche)

Im bodenmechanischen Labor wurden drei Korngrößenanalysen zwecks Klassifizierung und Beschreibung des Untergrundinventars durchgeführt. Es wurde zum einen der hangende Fluviatilsand (Proben 9/3 und 10/3) und zum anderen der liegende Fluviatilsand untersucht (Probe 7/4). In den Anlagen 4.1-4.3 sind die ermittelten Kornverteilungen als Kornsummenkurven graphisch dargestellt. Die Ergebnisse der Korngrößenanalysen sind zusammenfassend in der folgenden Tabelle 4 aufgeführt.

Probe	7/4	9/3	10/3
Entnahmetiefe	2,75-3,90 m	1,80-2,80 m	2,00-2,80 m
Schluff (%)	3	5	1
Feinsand (%)	12	17	13
Mittelsand (%)	55	76	86
Grobsand (%)	6	1	-
Kies (%)	24	1	-
d ₁₀ (mm)	0,18	0,16	0,18
U-Wert	2,0	1,7	1,2
k _f -Wert m/s	nach BEYER	3,6 * 10 ⁻⁴	2,8 * 10 ⁻⁴
	nach HAZEN	3,8 * 10 ⁻⁴	2,9 * 10 ⁻⁴
(DIN 18 130)	'stark durchlässig'		

Tabelle 4: Ergebnisse der Korngrößenanalysen

Farblegende: **Versickerungsnegativeignung**, **Versickerungspositiveignung**

Die Fluviatilsande besitzen einen erheblichen, prägenden Sandanteil. Der bindige Anteil liegt lediglich untergeordnet vor. Das Material ist nach DIN 4022 petrographisch exakt anzusprechen als:

- 7/4: Mittelsand, kiesig, schw. feinsandig, schw. grobsandig (DIN 18 196: SW-SI)
- 9/3: Mittelsand, feinsandig, schwach schluffig (DIN 18 196: SE)
- 10/3: Mittelsand, schw. feinsandig (DIN 18 196: SE)

Die theoretischen Berechnungen des Durchlässigkeitsbeiwertes (Durchlässigkeitskoeffizient) nach BEYER und HAZEN ergeben relativ homogene Durchlässigkeiten von $k_f = 10^{-4}$ m/s. Diese Durchlässigkeitsbeiwerte sind nach DIN 18 130 als 'stark durchlässig' zu bewerten. Deutlich zum Vorschein kommt die bezüglich der Versickerungsrelevanz vorhandene Positiveignung. Rückhaltende Kräfte (Staunäsepotential) liegen nicht bzw. in nicht relevanter Größenordnung vor.

4.2 Ermittlung des Versickerungspotentials (Geländeversuche)

Zur Ermittlung der hydraulischen Leitfähigkeit (= Wasserdurchlässigkeit) ist es notwendig, den k_f -Wert ("Durchlässigkeitsbeiwert") für die relevanten Lockersedimente festzustellen. Die Auswertung der Versickerungsversuche (hydrostatisches Verfahren mittels Auffüllversuche) über der Grundwasseroberfläche erfolgt - bei einer quantitativ feststellbaren Versickerung - nach der Formel des „US Departments of the Interior Bureau of Reclamation Design of small Dams (1960: 144)“.

Durchführung der Versickerungsversuche im Gelände: Die Versickerungsversuche wurden als hydrostatisches Verfahren (Auffüllversuche) mit konstanter Druckhöhe

durchgeführt ('open-end-test'). Für die Durchführung der Versuche wurden die Bohrlöcher der vier Sondierungen BS 7, 8, 9 und 10 verwendet.

Hinzuweisen sei darauf, dass aufgrund des geringen GW-Flurabstandes die Versickerungsversuche alle auf der GW-Spiegelfläche durchgeführt wurden, was zulässig ist, solange ausschließlich die Durchlässigkeit der oberhalb der GW-Spiegelfläche befindlichen Profilbereiche bestimmt wird.

Als erster Schritt des jeweiligen Versickerungsversuchs erfolgte eine ausreichende Wässerung des Bohrlochprofils zwecks Sättigung des Bodenaufbaus. Im Anschluss erfolgte eine Wassersäulenfestlegung. Darauf wird die Wasserzugabe pro Zeiteinheit gemessen, welche zur Konstanthaltung dieser o.g. definierten Wassersäulenhöhe benötigt wird.

Die Ergebnisse der Versickerungsversuche sind der Anlage 3.1 (Versickerungsversuche im Gelände) zu entnehmen. In der folgenden Tabelle 5 sind die Ergebnisse dieser Versickerungsversuche zusammenfassend dargestellt.

Bohrloch	BS 7	BS 8	BS 9	BS 10
Versickerungs-Medium	Sand	Sand	Sand	Sand
Vers. 1 (m/s)	$3 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-4}$
Vers. 2 (m/s)	$6 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-4}$
Vers. 3 (m/s)	$3 \cdot 10^{-5}$	$8 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-4}$
Bewertung DIN 18 130	'durchlässig' bis 'stark durchlässig'			
ATV + MURL -Bewertung	Versickerungseignung nach ATV: $k_f > 1 \cdot 10^{-6}$ m/s Versickerungseignung nach MURL: $k_f > 5 \cdot 10^{-6}$ m/s			
Bewert. Unterzeichner	geeignet			

Tabelle 5: Durchlässigkeitsbeiwerte der Gelände-Versickerungsversuche

Die Ergebnisse der Versickerungsversuche belegen für das gesamte Baugebiet eine deutliche Durchlässigkeit.

4.3 Bewertung des Versickerungspotentials

Materialspezifische Bewertung: Die Versickerungsversuche belegen Durchlässigkeiten auf einem mittleren - hohen Niveau. Sie bewegen sich im Bereich von $k_f = 1 \cdot 10^{-5}$ bis $5 \cdot 10^{-4}$ m/s.

- Nach dem ATV-Regelwerk kommen Lockergesteine mit Durchlässigkeiten von $k_f > 5 \cdot 10^{-6}$ m/s für eine Versickerung in Frage.
- Nach dem o.g. Ministerialerlass ist eine hinreichende Durchlässigkeit der relevanten Böden die Voraussetzung für eine Versickerung, wobei genannter Runderlass eine Durchlässigkeit von $k_f = 5 \cdot 10^{-6}$ m/s als Grenzwert ansetzt.

Der geogene Untergrund (Fluviatilsand) weist somit eine materialspezifische Versickerungszulässigkeit auf. Materialspezifisch ist eine Versickerung innerhalb des Arels möglich und zulässig.

Grundwasserspezifische Bewertung: Eine bei der Versickerung von Niederschlagswässern wichtige und mitentscheidende Größe ist das Vorhandensein von Grundwasser und sein Flurabstand. Es sollte aus hydrogeologischen, umweltgeologischen und wasserrechtlichen Aspekten ein Mindestabstand des tiefstgelegenen Bestandteils einer Versickerungsanlage zum höchstgelegenen Grundwasserstand (= geringster Flurabstand) von 1,0 m nicht unterschritten werden. Dies fordert der o.g. Runderlass des Umweltministeriums vom 18.05.'98. Genannter Mindestabstand wird ebenfalls in dem grundlegenden Regelwerk der ATV A 138 für Versickerungsanlagen empfohlen.

Bei den Geländeaufnahmen am 23.11.2004 (Nachmessungen) wurde Grundwasser mit einem Flurabstand zwischen 1,58 m und 1,24 m angetroffen. Der Flurabstand von 1,58 m Flurabstand wurde innerhalb der BS 1 gemessen, welche zusammen mit der BS 5 die höchstgelegenen Ansätze darstellen. Übertragen auf die zentralen und westlichen Arealbereiche entspricht der BS 1-Flurabstand etwa 1,2 m u.GOK.

Es sei deutlich darauf hingewiesen, dass es sich bei diesen Messungen nicht um Maximal-/Höchststände handelt. Bei Betrachtung des vorhandenen Datenmaterials muss von einem Anstiegspotential ausgegangen werden, welches periodische Flurabstände von **1 m verursacht**.

Genannte Grundwasserverhältnisse schließt Versickerungen wasserrechtlich aus, da der o.g. Mindestabstand von 1,0 m zwischen potentiellm Anlagenfuß und max. GW-Stand unterschritten wird.

Selbst 'flache' Versickerungsanlagen wie z.B. Mulden müssen bei einer 30 cm tiefen Mulde (max. Muldenwasser-Aufstauhöhe: 30 cm) einen Mindestabstand von 1,3 m zwischen Grundwasser-Spiegelfläche (Höchststand!!) und der Geländeoberkante permanent einhalten. Diese Forderung kann nicht erfüllt werden.

Die Grundwasserverhältnisse schließen somit Versickerungen innerhalb des untersuchten Arels aus.

Fazit: Bei Betrachtung der Grundwasser-Flurabstände sowie des Anstiegspotentials wird von gutachterlicher Seite - trotz ausreichenden Durchlässigkeiten des untergrundprägenden Sandes - von einer Versickerung abgeraten, da ein ausreichender, wasserrechtlich geforderter Mindestabstand zwischen Fuß der Versickerungsanlage und der GW-Spiegelfläche nicht einzuhalten ist.

Diese Beurteilung stimmt mit den wasserrechtlichen (MURL) und technischen Vorgaben (ATV) überein.

4.4 Hinweise zur Niederschlagswasserabführung

Nach Angaben des STEB – Stadtentwässerungsbetrieb Paderborn (Herr Senf) existiert im relevanten Bereich eine Trennkanalisation (getrennte Regen- und Schmutzwasserkanäle). Innerhalb der Hermann-Löns-Straße sowie des überwiegenden Teils des Amtsweges ist ein Regenwasserkanal verlegt.

Nach Aussage von Herrn Senf existiert diesbezüglich ein Anschluss- und Benutzerzwang.

Dachflächenwässer: Die Dachflächenwässer sollten in den betreffenden Regenwasserkanal eingeleitet werden.

Befestigte Grundstücksflächen (Stell-/Bewegungsflächen): Potentielle Stell- und Bewegungsflächen sollten soweit wie möglich mit einem durchlässigen 'Öko-Pflaster' geplant werden, so dass diese nicht gesammelt und abgeleitet werden müssen. Innerhalb des 'Öko-Pflasters' stellt sich nach einiger Zeit eine 'belebte Bodenzone' in den durchlässigen Bereichen ein. Von den Unterzeichnern wird die Verwendung einer der drei folgenden Flächenbefestigungsarten empfohlen:

- Betonpflaster mit Sickeröffnungen (Rasengittersteine, Rasenfugenpflaster)
- Betonpflaster mit Sickerfugen (Dränfugen)
- Betonpflaster mit haufwerksporigen Steinen (Dränsteinen)

Eine regelmäßige Wartung der durchlässigen Pflaster ist notwendig.

Hinzuweisen sei darauf, dass bei der Verwendung von 'Öko-Pflaster' keine gezielte, punktuelle Eingabe von Versickerungswässern, sondern gegenüber der ursprünglichen Situation keinerlei Eingabeerhöhung erfolgt ('Flächenversickerung'). Diese Versickerungsart unterliegt keiner wasserrechtlichen Erlaubnispflicht.

5. Orientierende Gefährdungsabschätzung

5.1 Vorgehensweise

Aufgrund der gewerblichen Vornutzung des Areals existiert ein nutzungsspezifisches Belastungspotential. Bodenbelastungen sind beim derzeitigen Kenntnisstand nicht auszuschließen.

Die relevante Fläche ist nach Angaben des IB Ecos nicht im '*Bodenbelastungskataster des Kreises Paderborn*' registriert. Das relevante Areal stellt somit keine behördliche Altlastenverdachtsfläche dar.

Die durchgeführte Gefährdungsabschätzung besitzt einen orientierenden, erstuntersuchenden Charakter. Sie dient der prophylaktischen Vorsorge hinsichtlich einer Wohn-Folgenutzung sowie der abfallrechtlichen Beurteilung.

Die Vorgehensweise erfolgt in Anlehnung an das Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG) und an die Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV).

Im Besonderen sei auf die großzügigen und völlig ausreichenden Beprobungstiefen hingewiesen. Die BBodSchV schlägt als max. notwendige Tiefe für den Wirkungspfad Bo-

den-Mensch (Nutzung: Wohngebiet/Kinderspielfläche) 35 cm vor. Diese Teufe wurde bei allen Aufschlüssen deutlich überschritten.

Verdachtsbereiche: Die Verdachtsbereiche gliedern sich einerseits in die wenig verdächtigen Freiflächen sowie in die höher verdächtigen Arbeits-/Betriebsbereiche des ehem. Sägewerkes sowie den Mineralfasermaterialien:

a) Arbeits-/Betriebsbereich:

- Garage Wohnhaus	BS 2
- Arbeits-/Werkstattgebäude	BS 1, 3, 4
- Halle	BS 5
- Scheune	BS 6
- Remise	BS 11

b) Mineralfaserplatten Wohnhaus / Halle / Welldach Halle **Sonderprobe S 1**

c) Freiflächen **BS 7, 8, 9, 10**

Auffälligkeitsbild: Organoleptisch erfolgte eine fachgerechte Bohrgutansprache durch einen Dipl.-Geologen (Sachverständiger i.S.d. § 18 BBodSchG).

- **Materialauffälligkeiten:** Grundsätzlich wurden innerhalb der Gebäude sowie im Nahbereich des Bestands eine Vielzahl an altem Arbeitsmaterial, Materialresten und Abfall angetroffen (siehe Fotos 1, 2, 3, 6, 11). Der Grobkornanteil der Bodenauffüllungen setzt sich weitgehend aus unauffälligem Kalkstein-Schotter sowie untergeordnet aus Ziegelbruch-Bestandteilen zusammen. Ergänzend konnte innerhalb der BS 4 zuoberst eine 30 cm mächtige Lage aus Sägespänen erkant werden. Grundsätzlich jedoch liegen wenige Bodenauffälligkeiten vor.
- **Geruchliche / optische Auffälligkeiten:** Bei der Bodenansprache wurde innerhalb der Garage des Wohnhauses optisch eine deutliche Verschmutzung erkannt, welche eine geruchliche Auffälligkeit darstellt. Es scheint sich um eine kleinflächige Auffälligkeit zu handeln. Der AN vermutet, dass ein Eimer / Behältnis mit Teeröl o.ä. verschüttet / umgekippt wurde und hierbei die Betondecke verunreinigte.
- **Potentielle Tauchbecken:** Nach Angaben eines heutigen Eigentümers sowie der vom AN sorgfältig durchgeführten Geländebegehung/-untersuchung sind keine Anhaltspunkte / Verdachtsmomente für das Vorhandensein von ehemaligen oder existierenden Tauchbecken vorhanden.

Methodik: Die Parameterauswahl erfolgte unter orientierenden, erstuntersuchenden Gesichtspunkten. In dieser orientierenden Phase der Untersuchung wurden Feststoffanalysen durchgeführt.

Die entnommenen Boden- und Materialproben (Feststoff) wurden luftdicht verschlossen in Gläser verpackt und schnellstmöglich der chemischen Analyse zugeführt. Die chemischen Analysen führte das die notwendigen Zulassungen besitzende Chemielabor LUB - Labor für Umweltanalytik und Biotechnik GmbH, Fritz-Reuter-Straße 11 in Herne, durch. Die Labor-Analysenberichte sind als Kopie den Anlagen 7.1 zu entnehmen.

Analysenparameter / Probenzusammenstellung:

Feststoffparameter	Proben / Material	Anzahl
LAGA Richtlinie 20 'Boden' (Feststoff)	MP 1 = (2/2 + 3/2 + 4/2: Anthropogen- und Geogen-sand unter Betodendecke bzw. Sägespanlage)	1 Stück
	MP 2 = (1/1 + 5/2 + 5/3 + 6/2 + 11/1: Anthropogen- und Geogenboden, z.T. unter Betodendecke)	1 Stück
PAK nach EPA	2/1 (Betonkern Garage Wohnhaus)	1 Stück
Asbest	Sonderprobe S 1 (Fassade Wohnhaus)	1 Stück
Eluatparameter	Probe	Anzahl
LAGA Richtlinie 20 'Boden' (Eluat)	MP 1 = (2/2 + 3/2 + 4/2: Anthropogen- und Geogen-sand unter Betodendecke bzw. Sägespanlage)	1 Stück
	MP 2 = (1/1 + 5/2 + 5/3 + 6/2 + 11/1: Anthropogen- und Geogenboden, z.T. unter Betodendecke)	1 Stück

Tabelle 6: Analysenparameter / Probenzusammenstellung

Bewertung: Bei der Bewertung wird von einer sensiblen Folgenutzung ausgegangen (Wohnbebauung). Sie erfolgt weitgehend - jedoch nicht ausschließlich - nach der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV: Prüfwerte 'Wohngebiete'). Des Weiteren erfolgt eine abfallrechtliche Beurteilung nach der LAGA-Richtlinie ('*Ländergemeinschaft Abfall: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen. Technische Regeln.*').

5.2 Chemische Analytik und Bewertung

Parameter LAGA Richtlinie 20 (Feststoff und Eluat)

Es wurden die Hangendbereiche der ehemaligen Arbeitsbereiche und der ehemals gewerblich genutzten Gebäude zu 2 Mischproben zusammengefasst und auf die LAGA Parameter hin untersucht.

Ausgehend von den Untersuchungsergebnissen sind die Proben in folgende Zuordnungsklassen zu stellen:

- **MP 1** (Garage Wohnhaus, südöstl. Werkstattgebäude): LAGA-Zuordnungsklasse **Z 1.1** ('eingeschränkter offener Einbau').
- **MP 2** (Halle, Scheune, Remise, nordwestl. Werkstattgebäude): LAGA-Zuordnungs-klasse **Z 1.2** ('eingeschränkter offener Einbau in hydrogeologisch günstigen Stand-orten mit mind. 2 m mächtiger Deckschicht aus bindigem Boden zw. Grundwasser-leiter und Auftrag').

Zink und PAK stellen innerhalb der MP 1 die geringauffälligen Feststoffparameter (Z 1.1) und PAK (Z 1.1) sowie Blei, Zink und der pH-Wert innerhalb der MP 2 (Z 1.2). Im Eluat stellen der pH-Wert, Kupfer sowie der Phenolindex die geringauffälligen Eluatparameter innerhalb der MP 2 (Z 1.2).

Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass es sich bei den ermittelten Schadstoffgehalten absolut gesehen um Auffälligkeiten geringer Größenordnung handelt. Der Prüfwert 'Wohngebiete' der BBodSchV wird in keinem Fall überschritten. Abgesehen von dem Parameter Blei werden sogar die Prüfwerte des sensibelsten Bereiches 'Kinderspielflächen' unterschritten.

Es kann beim derzeitigen Kenntnisstand davon ausgegangen werden, dass die geringauffälligen Erhöhungen (primär Schwermetalle) weitgehend von dem jahrzehntelang dort lagernden Altmaterial, Reststoffen, Abfall und Anthropogenböden stammen. Durch die Abfuhr der noch vorhandenen Arbeitsmaterialien, und Materialresten sowie des Abfalls wird vermutlich der Eintrag an Schadstoffen ausgeschaltet (Standortverbesserung). Ergänzend sollten die aufgefüllten und anthropogen beeinflussten Böden unter Einhaltung der o.g. LAGA-Zuordnungen abgefahren werden. Sie dürfen nicht im Untersuchungsgebiet wiedereingebaut werden.

PAK₁₆-Feststoffanalyse Betonkern (nach EPA)

Die Untersuchung des Betonkerns aus der Garage des Wohnhauses (Probe 2/1) auf PAK nach EPA ergab einen extrem hohen Schadstoffgehalt von 2.699,4 mg/kg. Aufgrund der Ergebnisse der LAGA-Analysen (s.o.) kann die Aussage getroffen werden, dass keine Schadstoffe in relevanter Größenordnung durch die Betondecke in den Untergrund gelangten.

Die verschmutzte Betondecke darf auf keinen Fall wieder eingebaut werden. Sie sollte beim Rückbau separiert und einer ordnungsgemäßen Deponierung zugeführt werden.

Asbest-Feststoffanalyse

Die Mineralfaserplatten an der Wohnhausfassade wurden mittels Rasterelektronenmikroskop (REM) auf asbestartige Mineralfasern untersucht. Als Ergebnis wurde Chrysotilasbest erkannt. Die Bindematrix ist aus Kalk aufgebaut.

Es kann die Aussage getroffen werden, dass die Mineralfaserplatten der Wohnhausfassade ein hohes Asbestrisiko beinhalten. Die Mineralfaserplatten der Hallenfassade sowie das ebenfalls aus Mineralfasern bestehende Welldach der Halle sollten ebenfalls als chrysotilasbestführend eingestuft werden.

5.3 Schlussfolgerungen / weitergehende Maßnahmen

- Ausgehend von den Untersuchungsergebnissen weisen die untersuchten Böden ein geringfügig erhöhtes Gefährdungspotential ausgehend von den Parametern Blei und Zink (Feststoff) sowie Kupfer und Phenolindex (Eluat) auf, was vermutlich von den bereits sehr lange dort lagernden Abfällen und Restbeständen herrührt.

Abfallrechtlich ist der hangende Anthropogenboden der Arbeitsbereiche / Gewerbebauten in die LAGA Klasse Z 1.1 (südöstlicher Teil) bzw. in die LAGA-Klasse Z 1.2 zu stellen (nordwestlicher Part). Betreffende Böden dürfen im untersuchten Areal nicht wiedereingebaut werden.

- Von den Mineralfaserverkleidungen des Wohnhauses und der Halle sowie dem Welldach der Halle geht bei Rückbau aufgrund ihrer Chrysotil-Asbestführung eine deutliche Gefährdung aus.

- Die kleinflächige Verschmutzung des Betonfußbodens in der Garage weist extrem hohe PAK-Gehalte auf und es geht von ihr ein deutliches Gefährdungspotential aus.

Handlungsempfehlung bei sensibler Folgenutzung:

- Die Gebäude sollten inkl. aller unterirdischer Bauteile fachgerecht und vollständig zurückgebaut werden. Ebenso sollten alle vorhandenen Restmaterialien, altes Arbeitsgerät und Abfall vollständig abgefahren werden.
- Eine akute Gefährdung von Schutzgütern existiert nicht. Sinnvoll erscheint jedoch die vollständige Abschiebung und Abfuhr der Anthropogenböden unter Vorsorgeaspekten. Hierbei erscheint es sinnvoll, die o.g. Bereiche der MP 1 und der MP 2 zu separieren und getrennt abzufahren. Hierdurch kann u.U. der Aufwand reduziert werden (LAGA Z 1.1 – LAGA Z 1.2).
- Die zukünftigen Freiflächen / Gartenflächen sollten unter Vorsorgeaspekten eine 'Mutterboden'-Überdeckung erhalten.
- PAK (Garage Wohnhaus): Die Betondecke mit der kleinflächigen Verschmutzung (PAK-Belastung) sollte sorgfältig beim Rückbau separiert werden. Sie kann nicht durch Einbau wiederverwertet werden und muss als Abfall zur Verwertung bzw. Beseitigung entsorgt werden. Für die Entsorgung sollte ein autorisierter Entsorgungsfachbetrieb herangezogen werden. Der ordnungsgemäße Entsorgungsweg muss eingehalten werden
- Asbest (Welldach / Wandfassade Wohnhaus und Halle): Asbest gilt nachgewiesenermaßen als kanzerogen (krebserzeugend). Die deshalb grundsätzlich vor Beginn von Abbruch- / Rückbauarbeiten durchzuführende Entsorgung aller asbesthaltigen Materialien ist unter dem Gesichtspunkt des Arbeitsschutzes nach den geltenden Richtlinien der TRGS 519 mit den in der BGI 664 (ehemals ZH 1/511) anzuwendenden und mit den nach dem Stand der Technik anerkannten Verfahren durchzuführen. Die Arbeiten zum Ausbau und zur Entsorgung von Asbest dürfen nur von nach TRGS 519 in ausreichendem Umfang zugelassenen Fachbetrieben durchgeführt werden. Beim Ausbau der asbesthaltigen Materialien sind ausschließlich Verfahren anzuwenden, die vom Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitssicherheit (BIA) anerkannt sind.

Wiederverfüllung Hohlform: Das Massendefizit der beim Rückbau entstehenden Hohlformen (alte Fundamente, etc.) ist mit unbelastetem Material (Vorschlag: Kies-Sand-Gemisch oder gütegeprüftes RC) lagenweise zu verfüllen und ordnungsgemäß zu ver-

dichten. Auf dem aufgebauten Material sollte ein Verformungsmodul von E_{v2} 45 MN/m² mittels Plattendruckversuche nachgewiesen werden.

Umweltgeologische Abnahme: Die durchgeführten Sondieraufschlüsse stellen lediglich punktuelle Kenntnisnahmen des Untergrundes dar. Daher wird eine umweltgeologische Abnahme des Erdplanums nach den angeratenen Abschiebungen / Rückbauten angeraten.

Durch die angeratene gutachterliche Abnahme sollte der Nachweis der Unauffälligkeit des Erd-/Aushubplanums erbracht werden. Hierfür sollte das Erdplanum der Verdachtsbereiche beprobt und analysiert werden.

Fazit: Unter Berücksichtigung der langjährigen gewerblichen Vornutzung handelt es sich umweltgeologisch um ein gering- bis unauffälliges Areal. Eine akute Schutzgefährdung existiert nicht. Es sollten folgende Punkte berücksichtigt werden:

- Vollständiger Rückbau des Gebäudebestandes sowie der Altmaterialien / Abfälle.
- Entfernung der Anthropogenböden, welche im Untersuchungsareal nicht wiedereingebaut werden dürfen (getrennte Abfuhr der LAGA Z 1.1- und LAGA Z 1.2-Böden).
- 'Mutterboden'-Überdeckung der zukünftigen Frei-/Gartenflächen unter Vorsorgeaspekten.
- Umweltgeologische Abnahme des Erdplanums sowie analytischer Nachweis der Unbedenklichkeit.
- Fachgerechte Abfuhr und Entsorgung der PAK-Auffälligkeit (Betonboden Garage) sowie der Asbest-Materialien (Fassade Wohnhaus und Halle sowie Welldach Halle).

Vorbehaltlich der g.g. Hinweisgebungen / Punkte sind von gutachterlicher Seite im Hinblick auf eine potentielle sensible Folgenutzung keine weitergehenden Maßnahmen und/oder Nutzungs- und Planungseinschränkungen angezeigt.

6. Ingenieurgeol. Beurteilung des Baugrundinventars

6.1 Bodencharakterisierende Laborversuche

- **Korngrößenanalysen (DIN 18 123):** Wie in Kapitel 4.1 bereits dargelegt, wurden drei Korngrößenanalysen der Fluviatilsande durchgeführt. Die hangenden Sande (bis ca. 3 m u.GOK) sind als z.T. schwach schluffiger, feinsandiger - schwach feinsandiger Mittelsand und die liegenden Sande (ab ca. 3 m u.GOK) als schwach grobsandige, schwach feinsandige, kiesige Mittelsande zu bezeichnen. Der bindige Anteil liegt le-

diglich untergeordnet vor. Das Material ist nach DIN 4022 petrographisch exakt anzusprechen als:

- 7/4: Mittelsand, kiesig, schw. feinsandig, schw. grobsandig (DIN 18 196: SW-SI)
- 9/3: Mittelsand, feinsandig, schwach schluffig (DIN 18 196: SE)
- 10/3: Mittelsand, schw. feinsandig (DIN 18 196: SE)
- Durchlässigkeit: Die theoretischen Berechnungen des Durchlässigkeitsbeiwertes (Durchlässigkeitskoeffizient) nach BEYER und HAZEN ergeben relativ homogene Durchlässigkeiten von $k_f = 5 \cdot 10^{-4} - 2 \cdot 10^{-4}$ m/s. Diese Durchlässigkeitsbeiwerte sind nach DIN 18 130 als 'stark durchlässig' zu bewerten. Rückhaltende Kräfte (Stauäsepotential) liegen nicht bzw. in nicht relevanter Größenordnung vor.
- Ungleichförmigkeit (DIN 1054): Nach DIN 1054 ist der Sand aufgrund seiner engen Stufung als 'gleichförmig' zu beurteilen. Daher besitzt primär der SE-Sand eine gewisse 'Verdichtungsunwilligkeit' infolge Vorherrschaft einer Korngrößenfraktion.
- Wassergehalte (DIN 18 121): Die ermittelten Wassergehalte (7/4: $w = 14,2 \%$, 9/3: $w = 19,0 \%$, 10/3: $w = 19,7 \%$; siehe Anlage 5.1-5.3) belegen einen grundwassererfüllten nassen Zustand der untersuchten Sande und bestätigen die Bohrgutansprache.
- Frostklassen (ZTVE-StB): Nach der Frostempfindlichkeits-Klassifikation der ZTVE-StB wird der untersuchte Sand als 'nicht frostempfindlich' eingestuft (SW, SI, SE: Klasse F 1).
- Glühverlustbestimmung (DIN 18 128): An den Proben 1/3, 9/3, und 11/2 wurden Glühverlustbestimmungen durchgeführt. Die Ergebnisse der Untersuchungen (Glühverlust als Mittelwert von drei Versuchen; siehe Anlage 6.1-6.3) belegen innerhalb der Probe einen geringen organischen Anteil ($V_{gl} = 0,213 - 1,105 \%$).
Es ist davon auszugehen, dass die bodenmechanischen Eigenschaften bei diesen Größenordnungen nicht negativ verändert werden. Nach DIN 1054 sind nichtbindige Böden erst ab Organikanteilen $> 3 \%$ als organische Böden zu bezeichnen.

Fazit: Es handelt sich bei der gründungsrelevanten Einheit um einen enggestuften SE-Mittelsand in lockerer Lagerung (Nichtunterkellerung) bzw. bei einer Unterkellerung und Gründung auf ca. 3 m u.GOK um einen weitgestuften SW-SI-Sand in einer überwiegend mitteldichten Lagerung. Der bindige sowie organische Anteil ist vernachlässigbar.

6.2 Baugrundbeurteilende Geländeversuche

Die Untersuchungen erfolgten nach DIN 4094 und wurden mit der sog. Leichten Rammsonde (DPL 5 = 'Dynamic Probing Light' 5) durchgeführt. Die Rammsondierungen wurden an den fünf Bohr-Ansatzpunkten BS 1, 7, 8, 9 und 10 durchgeführt. Grundsätzlich wurden die Rammsondierungen (DPL) in unmittelbarer Nähe zu den zuvor durchgeführten Rammkernsondierungen (BS) angesetzt (Beispiel: BS 1 /

DPL 1). Die Ergebnisdarstellung erfolgte in der Gegenüberstellung Schlagzahl pro 10 cm Eindringtiefe n_{10} gegen Tiefe.

Die Ergebnisse (Rammdiagramme) der DPL sind in der Anlage 2 graphisch dargestellt und den jeweiligen Rammkernsondierungen gegenübergestellt.

⇒⇒ Fluviatilsand (bis ca. 3 m u.GOK): Die hangenden Sande weisen geringe Schlagzahlen auf, welche umgerechnet einer lockeren, teilweise einer mitteldichten Lagerung entsprechen. Hierbei handelt es sich um eine Schwächezone mit einem Verbesserungsbedarf (tiefenwirksame Nachverdichtung) und gründungsvorbereitenden Verbesserungen (Auftrag verdichtungsfähige Schotterlage).

⇒ Fluviatilsand (ab ca. 3 m u.GOK): Die liegenden Sande führen deutlich höhere Schlagzahlen als die o.g. hangenden Abschnitte. Für betreffende Sande ist eine mitteldichte, teilweise dichte Lagerung anzunehmen.

Diese Sande besitzen eine ausreichende Lagerungsdichte und stehen als Gründungsmedium zur Verfügung. Als gründungsvorbereitende Maßnahmen werden eine tiefenwirksame Nachverdichtung und eine herkömmliche Homogenisierungsschicht für ausreichend erachtet.

6.3 Bodenmechanische Kennwerte / Baugrundbeurteilung

Die bodenmechanischen Kennwerte können wie folgt angenommen werden (Tab. 7):

BODENART	τ (kN/m ³)	τ' (kN/m ³)	f (°)	C (kN/m ²)	E_s (kN/m ²)
'Mutterboden': Sand, schwach schluffig, organ. Beimengungen; locker	15,0 - 17,0	5,0 - 7,0	15,0 - 20,0	0	1.500 - 2.000
<u>Fluviatilsand (bis ca. 3 m u.GOK)</u> : Mittelsand, feinsandig bis schwach feinsandig; locker	17,0 - 18,0	9,0 - 10,0	30,0	0	12.000 - 20.000
<u>Fluviatilsand (ab ca. 3 m u.GOK)</u> : Mittelsand, kiesig, schw. feinsandig, schw. grobsandig; mitteldicht, z.T. dicht	19,0 - 20,0	11,0 - 12,0	32,5 - 35,0	0	25.000 - 30.000

Tabelle 7: Bodenmechanische Kennwerte

τ = Wichte des erdfeuchten Bodens

τ' = Wichte d. Bodens unter Auftrieb

f = Reibungswinkel des drainierten Bodens

C = Kohäsion des drainierten Bodens

E_s = Steifeziffer

6.4 Bodenklassen / Bodengruppen / Frostklassen

In der Tabelle 8 erfolgt die Angabe der Bodenklassen (DIN 18 300), die Angabe des Gruppensymbols / Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke (DIN 18 196), die Angabe der Frostklasse (ZTVE-StB) sowie die Vorgehensweise zur Lösung der Böden.

Schichtglieder (Grobgliederung)	Bodenklassen (DIN 18 300)	Gruppensymbol (DIN 18 196)	'Frostklasse' ZTVE-StB	Boden- lösung
'Mutterboden'	1	OH	F 2	'Löffel- bagger'
Sand (bis ca. 3 m)	3	SE	F 1	
Sand (ab ca. 3 m)	3	SW - SI	F 1	

Tabelle 8

nach DIN 18 300	Bodenklasse 1: Bodenklasse 3:	Oberboden ('Mutterboden') leicht lösbare Bodenarten
nach DIN 18 196	OH SE SW SI	grob- bis gemischtkörnige Böden mit Beimengungen humoser Art enggestufte Sande weitgestuftes Sand-Kies-Gemisch intermittierend gestufte Sand-Kies-Gem.
nach ZTVE-StB 94	F 1 F 2	nicht frostempfindlich gering bis mittel frostempfindlich

Erläuterung Tabelle 8

Es ist davon auszugehen, dass die Lösung der relevanten Geogenbereiche mindestens bis zu den jeweils erreichten Endteufen mittels 'normalen' Löffelbagger-Einsatzes möglich sein wird und keinen 'Meißeinsatz' erfordert (Bodenklassen 1 - 5, überwiegend Klasse 3).

Vorgenannte Klassifizierung gilt nicht für die Beseitigung / Rückbau von grobstückigem Bauschutt und/oder Resten alter Bebauung (z.B. Fundamente). Diesbezüglich sollte bei der Ausschreibung der Erdarbeiten eine gesonderte Position in Ansatz gebracht werden.

7. Ingenieurgeol. Hinweisgebung zur Baudurchführung

Aufgrund der zu diesem Zeitpunkt noch nicht vorliegenden Detailplanung soll an dieser Stelle eine überschlägige (Baugrund-) Beurteilung des zu untersuchenden Areals vorgenommen werden. Diese Untersuchung ersetzt nicht in allen Fällen eine detaillierte Einzelprojekt-Baugrunduntersuchung. Die Hinweisgebungen gliedern sich in die drei Bereiche Wohngebäudebau, Kanalbau und Straßenbau.

Es sei darauf hingewiesen, dass die Geländearbeiten in einer niederschlagsmäßig 'normalen-trockenen' Periode durchgeführt wurden. Es existiert kein Maximal- /

Höchststand. Es ist in niederschlagsintensiven Herbst-/Frühlingsperioden von einem Grundwasseranstieg auszugehen. Von großer Wichtigkeit ist daher die längerfristige Kontrolle der Grundwassermessstelle und gegebenenfalls einer Anpassung der erforderlichen Maßnahmen.

Annahme: Die Unterzeichner gehen von einer vollständigen Entfernung des Bestands sowie der anthropogenen Böden aus. Das hierbei entstehende Massendefizit nach Rückbau der Gebäude muss mit unbelastetem, bautechnisch geeignetem Material erfolgen (z.B. 0/45 mm Schotter). Bindige, organische sowie nicht gütegeprüfte RC-Materialien sind hierfür nicht geeignet. Der Einbau muss lagenweise erfolgen (max. Lagenmächtigkeiten: 30 cm). Eine ordnungsgemäße lagenweise Verdichtung wird vorausgesetzt. Es wird von einem Verformungsmodul auf dem geschaffenen Planum von $E_{v2} > 45 \text{ MN/m}^2$ ausgegangen, welches flächendeckend nachgewiesen werden sollte.

7.1 Gebäudebau

Es liegen keine Information über eine Bauweise mit oder ohne Unterkellerung vor. Grundsätzlich ist die Aussage zu treffen, dass sowohl Gebäudeerrichtungen mit als auch ohne Unterkellerung möglich sind.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass bei den vorliegenden Grundwasserverhältnissen eine Bauweise mit Unterkellerung weitgehend einen Mehraufwand gegenüber einer Nichtunterkellerung erforderlich macht (Gründungsniveau und Kellergeschoss weitgehend innerhalb des grundwasserbeeinflussten Bereiches $\Rightarrow$ Notwendigkeit der Kellergeschosserrichtung als 'weiße Wanne', $\Rightarrow$ Notwendigkeit einer bauzeitlichen Grundwasserabsenkung).

Bezüglich des Gebäudebaus gehen die Unterzeichner bei einer Unterkellerung von einer Gründungsteufe auf ca. 2,5-3,0 m u.GOK und bei einer Nichtunterkellerung von einer (frostfreien) Gründungsteufe auf ca. 1,0 m u.GOK aus.

Boden- und Grundwasserverhältnisse:

Nach Abtrag des 'Mutterbodens' steht bei einer Nichtunterkellerung ein locker gelagerter, enggestufter Mittelsand an. Bei einer Unterkellerung steht bis ca. 3 m u.GOK ebenfalls der g.g. Sand und ab genannter Teufe ein mitteldicht, z.T. dicht gelagertes, weitgestuftes Sand-Kies-Gemisch an.

Der Gründungsbereich befindet sich bei einer Nichtunterkellerung periodisch und bei einer Unterkellerung permanent im Grundwassereinflussbereich. Ausgehend von den Wasserverhältnissen zum Zeitpunkt der Geländeuntersuchungen existiert eine 'drückende' Wassersäule von ca. 0,5-1,5 m auf vermutetem Gründungsniveau (Unter-kellerung). Eine Grundwasserbeeinflussung der Bodenplatte kann bei einer Nichtunterkellerung nicht ausgeschlossen werden. Der gesamte Aushubanteil wird von den

Bodenklassen 1 - 5 gebildet ('Löffelbaggereinsatz'), wobei die Bodenklasse 3 überwiegt.

Grundsätzlich weist der relevante Untergrund eine projektbezogen ausreichende Gründungseignung für eine Flachgründung auf.

- **Nichtunterkellerung:** Vorgeschlagen wird eine Plattengründung. Der enggestufte SE-Sand benötigt eine verdichtungsfähige Auflage (Schotter) in einer Mächtigkeit von ca. 30 cm. Zuvor sollte der Sand nachverdichtet und ein Geotextil eingelegt werden. Die max. zul. Bodenpressung beträgt $\sigma_{zul.} = 180 \text{ kN/m}^2$. Die Gründungskörper und die Bodenplatte sollten aus WU-Beton errichtet werden.
- **Unterkellerung:** Es wird eine Gründung auf ca. 3 m u.GOK angeraten (ab g.g. Tiefe höhere Lagerungsdichten). Notwendig wird die Errichtung als druckwasserfeste 'weiße Wanne' aus WU-Beton. Der Sand benötigt eine Ausgleichsschicht (Schotter) von ca. 20 cm. Zuvor sollte der Sand nachverdichtet und ein Geotextil eingelegt werden. Die max. zul. Bodenpressung kann mit $\sigma_{zul.} = 180 \text{ kN/m}^2$ (lockerer SE-Sand) / 230 kN/m^2 (mitteldichter SW-Sand) angegeben werden.

a) Maßnahmenhinweise bei Nichtunterkellerung:

Bauzeitliche Wasserhaltung: Es wird bei den vorgefundenen Grundwasserhältnissen vermutlich eine offene bzw. verstärkte offene Wasserhaltung ausreichend sein. Es sollten mehrere, tiefreichende Pumpenschächte errichtet werden, welche bis mindestens 0,5 m unterhalb der geplanten Gründungssohle reichen.

Böschchen/Verbau: Nach DIN 4124 muss ab Baugrubenteufen $> 1,25 \text{ m}$ geböschcht / verbaut werden. Die vorliegenden Böden können - soweit sie in einem nicht wassergesättigten Zustand vorliegen - mit einem max. Böschungswinkel von $\beta = 45^\circ$ geböschcht werden. Evtl. vorliegende grundwassererfüllte Abschnitte sind nach DIN 4124 zu sichern.

Gründung: Aufgrund der sehr geringen Lagerungsdichten wird eine Plattengründung vorgeschlagen. Die Gründung erfolgt ganz überwiegend auf locker gelagertem Mittelsand. Aufgrund der relativen 'Verdichtungsunwilligkeit' dieser SE-Sande wird daher angeraten, unterhalb der geplanten Fundamente / Bodenplatte sowie innerhalb des Lastabtragsbereiches eine Verdichtungsauflage von ca. 30 cm Schotter einzubauen. Zwecks Homogenisierung der Lagerungsdichten sollte eine tiefenwirksame Nachverdichtung (dynamisch) erfolgen (wichtig: mind. fünfmaliger Übergang). Der Verdichtungsgrad sollte mindestens 97% der einfachen Proctordichte betragen. Potentielle bindige, organische und anthropogene Böden sind vollständig zu entfernen und gegen ein Kies-Sand-Gemisch auszutauschen.

Betonqualität: Aufgrund der periodischen Grundwasserbeeinflussung sollten die Fundamente und Bodenplatte aus WU-Beton bestehen.

b) Maßnahmenhinweise bei Unterkellerung:

Wasserhaltung: Es ist darauf hinzuweisen, dass die ermittelten Feuchte- / Nässeverhältnisse bei den Geländearbeiten eine zeitliche Momentaufnahme darstellen. Daher ist die aktuelle Ermittlung der Untergrundfeuchte/-nässe vor Beginn der Arbeiten von großer Wichtigkeit. Mittels erneuter Pegelmessungen sowie eines Baggerschurfes vor Beginn der jeweiligen Ausschachtung sollte der exakte Feuchte-/Nässezustand ermittelt und die genauen, evtl. gegenüber u.g. Maßnahmen veränderten Wasserhaltungsmaßnahmen festgelegt werden. Die notwendigen, u.g. und relativ aufwendigen Wasserhaltungsmaßnahmen werden je nach Ausführungszeitpunkt u.U. nicht notwendig werden.

Die Verhältnisse zum Zeitpunkt der Geländearbeiten lassen eine **Grundwasserabsenkung** notwendig werden. Das vorhandene Grundwasser muss bis mindestens 0,5 m unter Gründungsniveau bauzeitlich abgesenkt werden.

Die Unterzeichner schlagen bei einer Unterkellerung eine bauzeitliche Wasserhaltung mittels Vakuumlampen vor. Die deutlich vorhandene Gefahr eines 'hydraulischen Grundbruchs' wird ganz erheblich reduziert. Von großer Wichtigkeit ist der Vorlauf dieser Anlage vor Beginn der Auskofferungsarbeiten.

Bei dem vorliegenden Fluvialsand und den ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerten von $k_f = 1 \cdot 10^{-5}$ bis $5 \cdot 10^{-4}$ m/s handelt es sich um Verhältnisse, welche den Anwendungsbereich einer Vakuum-Absenkungsanlage darstellen. Aus diesem Grunde sollte hierfür eine Firma beauftragt werden, welche ausreichende Erfahrungen mit Vakuum-Grundwasserabsenkungen besitzt. Angeraten wird eine Probeabsenkung in einem kleineren Teilabschnitt hinsichtlich der Anwendungseignung.

Bezüglich der Einleitung der bei der GW-Absenkung anfallenden Wässer in den städtischen Kanal und/oder ein offenes Gewässer ist die Erlaubnis bei der Stadtverwaltung (STEB) bzw. bei der Unteren Wasserbehörde zu beantragen.

Die absenkende Firma hat zu gewährleisten, dass durch die absenkenden Maßnahmen keine schädigenden Auswirkungen (Setzungen) an Nachbarbauwerken eintreten.

In Abhängigkeit von den tatsächlichen GW-Ständen zum Zeitpunkt der Baumaßnahme wird evtl. in niederschlagsärmeren Perioden eine '**verstärkte offene Wasserhaltung**' ausreichend sein. Dies ist jedoch vermutlich ausschließlich bei einer Absenkung von einer Wassersäule **1,0 m möglich**. **Die vorhandene Nässe muss bis mindestens 0,5 m** unter Gründungsniveau bauzeitlich abgesenkt werden. Unter allen Umständen ist ein '**hydraulischer Grundbruch**' zu vermeiden. Diesbezüglich wird u.U. ergänzend ein zentral in der Baufläche angeordneter Pumpensumpf oder ein Entlastungsbrunnen notwendig.

Es kann die Aussage getroffen werden, dass erfahrene Baufirmen mittels einer '**verstärkten offenen Wasserhaltung**' und der Einbringung eines Flächenfilters (Kies-Sand-Gemisch) sowie der Anlage mehrerer Pumpensümpfe Grundwasser bis zu 1 m und

mehr absenken können. Hierbei sollten an den Außenseiten der ausgehobenen Baugrube schmale Sammelgräben mit Verlegung von zu einem Pumpensumpf führenden Drainage-rohren vorgesehen werden. Dort wird das aus dem Flächenfilter anströmige Wasser gesammelt. In den wasserabführenden Gräben sowie in die Pumpensümpfe sollte ein Schotterbett eingelegt werden, um die Ausschwemmung der bindigen Bestandteile zu vermeiden. Angeratene Pumpensümpfe sollten vor Auskoffnung der Baugruben in Bag-gerschürfen angelegt werden. (vorlaufende Absenkung).

Schädigungen der angrenzenden Bauwerke durch Setzung sind zu vermeiden.

Äußerst wichtig ist die Beibehaltung der Grundwasserabsenkung bis der notwendige 'Gegendruck' durch Errichtung des Gebäudes gegeben ist. Erst dann sollten die Pumpen abgestellt werden.

Böschchen / Verbau: Bei Vorlage wassererfüllter Böden wird ein Verbau nach DIN 4124 erforderlich werden. Nicht wassererfüllte Böden können unter max. $\beta = 45^\circ$ geböschet werden. Sollten vorlaufende wasserabsenkende Maßnahmen (z.B. Vakuumanlagen oder 'verstärkte offene Wasserhaltung') zum Einsatz kommen, so kann der Boden ebenfalls unter max. $\beta = 45^\circ$ geböschet werden, nachdem der Boden entwässert ist. Bei einem Abböschchen ist die Verkleidung der Baugrubenwände mit einer Folie als Schutz vor Erosion notwendig.

Gründung: Es wird eine Gründung auf ca. 3 m u.GOK angeraten. Ab g.g. Teufe steht in etwa der kiesige Sand in mitteldichter Lagerung an. Die Gründung erfolgt vermutlich weitgehend auf mitteldicht gelagertem kiesigen Mittelsand bzw. auf dem ca. 25 cm mächtigen Flächenfilter (Kies-Sand-Gemisch). Zwecks Homogenisierung der Lagerungsdichten sollte eine Nachverdichtung erfolgen.

Der Sand bedarf unterhalb der Gründungs- und Lastabtragsbereiche einer Homogenisierungsschicht von ca. 20 cm. Sollte zuvor ein Flächenfilter eingebaut worden sein, so sollte - nach einer Nachverdichtung - hierauf gegründet werden.

Zwecks Homogenisierung der Lagerungsdichten sollte zuvor eine tiefenwirksame Nachverdichtung (dynamisch) erfolgen (wichtig: mind. fünfmaliger Übergang). Der Verdichtungsgrad sollte mindestens 97% der einfachen Proctordichte betragen.

Bindige, organische und anthropogene Böden sind vollständig zu entfernen und gegen ein Kies-Sand-Gemisch auszutauschen.

Betonqualität / Bauweise: Aufgrund der Grundwasserbeeinflussung des Untergeschosses wird dringend die Kellergeschoss-Errichtung in druckwasserfester Wannenbauweise mit WU-Beton angeraten (Bemessungswasserstand: GOK). Die als sog. 'weiße Wanne' ausgebildete Wanne sollte bis zur Oberkante des Kellergeschosses reichen und sich somit oberhalb der Geländeoberkante befinden. Die Wanne sollte möglichst wenig Öffnungen in der Bodenplatte aufweisen. Die evtl. vorgesehenen Lichtschächte sollten ebenfalls als 'weiße Wanne' bis zur OK Kellergeschosses hochgezogen werden.

Allgemeine Hinweisgebung:

Komplette Entfernung organischer, bindiger sowie anthropogener Böden.

Bodenpressung: Es sollte eine einheitliche Bodenpressung $\sigma_{zul.}$ auf dem Gründungsniveau von $\sigma_{zul.} = 180 \text{ kN/m}^2$ nicht überschritten werden, um Setzungsunterschiede zu vermeiden. Sollte bei einer Unterkellerung auf dem weitergestuften, mitteldicht gelagerten kiesigen Sande ab ca. 3,0 m u.GOK gegründet werden, so ergibt sich eine zul. Bodenpressung auf dem Gründungsniveau von $\sigma_{zul.} = 230 \text{ kN/m}^2$.

Letztgenannte Bodenverhältnisse sollten jedoch gutachterlich abgenommen werden. Für die Kantenpressung σ_K ist ein Zuschlag von 20% zulässig. Die weiteren Spannungsverteilungen im Baugrund sind bei der Angabe der zulässigen Bodenpressung berücksichtigt. Die angegebene zulässige Bodenpressung kann zu maximalen, relativ gleichmäßigen Setzungen von ca. 1-2 cm führen.

Aufgrund der vorgesehenen Fundamentbewehrung wird ein Setzungsunterschied innerhalb der Gründungsfläche von $s_u = \text{max. } 1 \text{ cm}$ erwartet. Setzungsunterschiede dieser Größenordnung führen bei derartigen Bauwerken in der Regel nicht zu einer Überbeanspruchung der Bauwerkskonstruktion.

Material: Die angeratene Bodenaustausch-/Ausgleichsschicht sollte aus einem verdichtungsfähigen Mineralgemisch (z.B. 0/45 mm gebrochenem HKS-Kalksteinschotter) bestehen. Die Verdichtung des Mineralgemisches sollte mit einem Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 97\%$ erfolgen.

Alternativ zum g.g. Schotter-Mineralgemisch kann Magerbeton (B 5) oder Fundamentbeton (verm. B 25) verwendet werden. Der Einbau des Magerbetons / Fundamentbetons sollte hohlraumfrei durch den Einsatz von Flaschenrüttler erfolgen.

Es ist auf den unterschiedlichen Druckausbreitungswinkel für Fundamentbeton (90°), Magerbeton (60°) und Mineralgemisch (45°) zu achten. Sollte als Austauschmaterial Fundamentbeton (verm. B 25) verwendet werden, so braucht keine Verbreiterung hinsichtlich Beachtung des Lastabtragswinkels erfolgen.

Geotextil: Grundsätzlich existiert aufgrund der Grundwasserbeeinflussung die erhebliche Gefahr von Feinkornumlagerungen aus der Tragschicht (Gefahr von Sackungen). Daher sollten Schutzmaßnahmen gegen ein Ausspülen vorgesehen werden. Um diese, durch das Grundwasser verursachten Ausschwemmungen ("Innere Erosion") zu verhindern, sei darauf hingewiesen, dass grundsätzlich vor Einbringung der Schotterlagen ein Vlies, evtl. ein Geotextil auf den gesamten Untergrund (Fundament-, Bodenplatten- und Lastabtragsbereich) überlappend einzulegen und seitlich hochzuziehen ist. Es wird die Verwendung der Güteklasse GRK 3 angeraten.

Verdichtungsüberprüfung: Die ordnungsgemäße und ausreichende Verdichtung des Gründungsplanums (bei Schotterauftrag) sollte mittels Verdichtungsüberprüfung (Plattendruckversuche) vor Gründung kontrolliert werden (Forderung Gründungsplanum auf Mineralgemisch: $E_{v2} = 60 \text{ MN/m}^2$, in Abhängigkeit von den statischen Forderungen). Bei Verwendung von Beton als Austauschmaterial entfällt die Verdichtungsüberprüfung.

Ingenieurgeologische Abnahmen: Nach Auskoffering der jeweiligen Baugrube sollte eine ingenieurgeologische Abnahme erfolgen, um die exakten Bodenverhältnisse abzunehmen sowie die vorgeschlagenen Gründungsmaßnahmen den konkreten Verhältnissen anzupassen. Bei der Ausführung der Gründungsarbeiten sind die örtlichen Baugrundverhältnisse auf Übereinstimmung mit den Voruntersuchungen zu überprüfen.

Bettungsmodul: Für den Schotter der Ausgleichsschicht sollte ein Bettungsmodul von $k_s = 50 \text{ MN/m}^3$ angenommen werden. Für die gründungsrelevanten Sande kann ein Bettungsmodul von $k_s = \text{ca. } 5\text{-}10 \text{ MN/m}^3$ angegeben werden.

Bodenaushubgrenzen: Die Bodenaushubgrenzen zur Gebäude- bzw. Mauersicherung sind nach DIN 4123 einzuhalten.

Frostschutzmaßnahmen: Bei einer Nichtunterkellerung ist in frostsicherer Tiefe zu gründen (0,80 m) oder der Baukörper nach Erstellung von außen so hoch anzudecken, das eine frostsichere Einbindung erreicht wird. Alternativ kann eine gebäudeumlaufende 'Frostschutzschürze' aus frostsicherem Material ohne 'Nullanteil' eingebracht werden.

Trockenhaltung der Bauwerke:

Unterkellerung: Bei einer Errichtung in Wannenbauweise ('weiße Wanne') mit WU-Beton sind keine zusätzlichen Maßnahmen zur Bauwerk-Trockenhaltung notwendig.

Nichtunterkellerung: Aufgrund der periodischen Grundwasserbeeinflussung sollten die Fundamente und die Bodenplatte bei einer Nichtunterkellerung aus WU-Beton bestehen.

Grundsätzlich sei darauf hingewiesen, dass die OKFF der Plangebäude höhenmäßig oberhalb der GOK vorgesehen werden sollte.

Unabhängig von diesem Vorschlag sollten die Hinweise der DIN 18 195 ("Bauwerksabdichtung"), der DIN 4117 ("Abdichtung von Bauwerken gegen Bodenfeuchtigkeit") und der DIN 4122 ("Abdichtung von Bauwerken gegen nicht drückendes Oberflächen- und Sickerwasser") beachtet werden.

7.2 Kanalbau

Es liegen keine konkreten Angaben über Kanal-Gründungsteufen vor. Es wird von einer Kanal-Gründung auf ca. 2,5 m u. GOK ausgegangen. Bezüglich der Baugrubenböschung sei auf die Hinweisgebung für den Gebäudebau verwiesen.

Boden-/Grundwasserverhältnisse auf verm. Kanal-Gründungsniveau: Vermutlich steht durchgängig ein locker gelagerter SE-Sand an (Mittelsand). Es handelt sich bei den zu lösenden Massen um Material der Bodenklassen 1 - 5, überwiegend Klasse 3 ('Löffelbaggereinsatz').

Der Kanal wird durchgehend innerhalb grundwassererfüllter Bereiche gegründet, wobei zum Zeitpunkt der Geländeuntersuchungen eine 'drückende' Wassersäule zwischen ca. 0,5-1,0 m oberhalb des Gründungsniveaus anstand.

Wasserhaltung: Bei den vorliegenden Bodenverhältnissen bietet sich die Absenkung durch ein Vakuumverfahren an (Spüllanzen).

Bei dem durchgängig vorliegenden Fluvialsand und den ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerten von $k_f = 1 \cdot 10^{-5}$ bis $5 \cdot 10^{-4}$ m/s handelt es sich um Verhältnisse, welche den Anwendungs-Grenzbereich einer Vakuum-Absenkungsanlage darstellen.

Aus diesem Grunde sollte hierfür eine Firma beauftragt werden, welche ausreichende Erfahrungen mit Vakuum-Grundwasserabsenkungen besitzt. Angeraten wird eine Probeabsenkung in einem kleineren Teilabschnitt hinsichtlich der Anwendungseignung.

Aufgrund des teilweise geringen GW-Flurabstandes und eines sich hieraus ergebenden hohen GW-Absenkwertes sollten u.U. beidseitig des Kanalgrabens Vakuumlanzen eingespült werden, was jedoch von der ausführenden Firma zu konkretisieren ist. Von großer Wichtigkeit ist eine ausreichende Vorlaufzeit der Vakuumanlage. Die GW-Absenkung muss bis mindestens 0,5 m unter vorgesehener Kanalsole reichen.

Es empfiehlt sich, vor Beginn der Baumaßnahme den Grundwasser-Flurabstand in anzulegenden Baggerschürfen sowie innerhalb des Pegels zu aktualisieren, um u.U. die notwendigen Maßnahmen anzupassen.

U.U. kann in trockenen Sommermonaten auf die o.g., aufwendige Vakuum-Absenkung verzichtet werden und evtl. wird eine 'verstärkte offene' Wasserhaltung ausreichend sein. Mit an beiden Außenseiten der Trasse verlegten schmalen Sammelgräben, innerhalb welcher Drainagerohre zu tieferliegenden Pumpensümpfen führen, ist evtl. eine kurzzeitige und lokale Grundwasserabsenkung durchführbar und der Wasserandrang kontrollier- und regulierbar. In den wasserabführenden Gräben sollte ein filterstabiles Schotterbett eingelegt werden, um die Ausschwemmung von bindigen und feinsandigen Anteilen zu vermeiden. Wichtig ist, dass die Pumpensümpfe keinen zu großen Abstand untereinander aufweisen.

Auf diese Weise wird - vergleichbar einem Schwerkraftbrunnen - eine zeitweilige GW-Absenkung vorgenommen. Sollte in betreffendem Abschnitt eine 'verstärkte offene' Wasserhaltung angedacht werden, so muss vor Durchführung der Maßnahme der aktuelle GW-Stand sowie die Anwendbarkeit einer offenen Wasserhaltung ermittelt werden.

Die absenkende Firma hat dafür Sorge zu tragen, dass die GW-Absenkung keine schädigenden Auswirkungen auf benachbarte Bauwerke ausübt (Stichwort: Setzungsschäden).

Es sei darauf hingewiesen, dass die Verhältnisse zum Zeitpunkt der Geländearbeiten vermutlich eine offene Wasserhaltung nicht zulassen. Der AN rät eine GW-Absenkung mittels Vakuumanlage an.

Verbau Trassenbereich: Sollte vorgenanntes 'geschlossenes System' zur Wasserhaltung herangezogen werden, so besteht die Möglichkeit eines Verbaus mit herkömmli-

chen 'Verbaukästen'. Dies bedingt die vorlaufende GW-Absenkung bis mindestens 0,5 m unterhalb der vorgesehenen Kanalgründungsteufe.

Sollte keine Vakuumanlage zum Einsatz kommen, empfehlen die Unterzeichner bei den GW-Verhältnissen zum Zeitpunkt der Geländeuntersuchungen Verbauarten, die vor oder während der Abschachtung fortschreiten. Daher sollten in diesem Fall spezielle Verbausysteme im Tiefenbereich der genannten Schichten (z.B. Gleit-/Rollschienenverbau für die Gräben) für die Baumaßnahme vorgesehen werden.

Verbau Bauwerkbereich: U.U. ist in niederschlagsarmen Perioden bei einer ausreichenden 'verstärkten Wasserhaltung' oder bei Einsatz einer vorlaufenden Vakuumabsenkung ein Normverbau anwendbar.

Bei geringen GW-Flurabständen wird aufgrund der gegebenen Verhältnisse zumindest bei größeren Ausschachtungstiefen und gedrungenen Baugruben (z.B. Schachtbauwerke) ein verformungsarmer Verbau mittels 'Schloss-Spundbohlen' angeraten, wobei eine Mindestrammtiefe von 5 m u.GOK, vermutlich deutlich höher, vorhanden ist. Aufgrund der Schlösser der Spundbohlen existiert ein minimaler seitlicher Wasseranfall. Hinsichtlich der Vermeidung eines 'hydraulischen Grundbruchs' muss auch außerhalb der Spundung eine GW-Absenkung erfolgen

Auftriebsicherheit: Aufgrund der bei herkömmlichen Gründungsteufen weitgehend permanenten Positionierung des Kanals innerhalb des Grundwassers sind die Gründungskörper gegen Auftrieb zu sichern. Die Auftriebsicherheit beträgt mind. $n_a = 1,1$.

Gründung: Auf den Sanden sollte - je nach DN-Maß - eine ca. 15-20 cm mächtige verdichtungsfähige Ausgleichs- und Sauberkeitsschicht (Rohraufleger) eingebaut werden. Die Rohrbettung innerhalb der Leitungszone sollte mit einem steinfreien Material erfolgen (z.B. Sand). Bindige und organische Böden sollten durch Schotter ersetzt werden.

Die g.g. Ausgleichsschicht sollte aus einem kornabgestuften, verdichtungsfähigen Mineralgemisch (z.B. 0/45 mm gebrochener HKS-Schotter) bestehen, welches ordnungsgemäß auf das geogene Unterlager eingebracht und verdichtet werden muss (Verdichtungsgrad: mindestens 97 % der einfachen Proctordichte). Für das Materialgemisch des Auftragsmaterials kann ein Bettungsmodul von $k_s = 50 \text{ MN/m}^3$ angenommen werden.

Rohrleitungszone und Grabenverfüllung: Bei Rohrleitungen mit Fuß kann auf ein Sandbett verzichtet werden; hier erfolgt eine direkte Auflagerung auf dem Schotter. Für die Leitungszone sollte ein steinfreier, möglichst sandiger Boden verwendet werden. Unter Beachtung des oberhalb der Kanaltrasse verlaufenden Verkehrsweges wird zur Vermeidung von späteren Setzungsdifferenzen empfohlen, den Kanalgraben mit nichtbindigem, raumbeständigem und verdichtungsfähigem Material zu verfüllen. Dieses Material ist in Lagenstärken von max. 30 cm einzubringen und mittels adäquater Verdichtungsgeräte zu verdichten.

Bei der Verdichtung der Füllmaterialien sind gemäß ZTVE-StB 94 Proctordichten zwischen 97 und 98 % (bis 1 m unter Planum) und 100 % der einfachen Proctordichte (< 1 m unter Planum) einzuhalten.

Alternativ kann der enggestufte, organikfreie SE-Sand (Aushubmaterial) in Wechsellagerung mit einem HKS-Schotter wieder eingebaut werden (sog. 'Sandwich'-Verfahren). Die Mächtigkeiten der einzelnen Lagen sollte 30 cm nicht überschreiten. Als oberste Lage sollte HKS-Schotter verwendet werden. Organische Böden, bindige Böden sowie Auffüllungen sollten nicht wieder eingebaut werden.

Geotextil: Grundsätzlich sollte ein Geotextil vor Auftrag des Mineralgemisches eingelegt werden. Dieses Vlies ist seitlich in der Stärke des Rohauflagers 'hochziehen', um das Bodenaustauschmaterial weitgehend zu 'ummanteln'.

Bodenpressung: Grundsätzlich sollte eine Bodenpressung $\sigma_{zul.}$ auf dem Gründungsniveau von $\sigma_{zul.} = 180 \text{ kN/m}^2$ in diesem Bereich nicht überschritten werden, um Setzungsunterschiede auf den Kanalstrecken zu vermeiden.

Wiedereinbaufähigkeit der anstehenden Böden:

Abgesehen von den 'Mutterböden' sowie den Anthropogenböden sowie u.U. anzutreffender bindiger Böden ist der erbohrte Sand mit Abstrichen wiedereinbaufähig. Der enggestufte Fluvialsand kann aufgrund seiner engen Stufung in lastabtragenden Bereichen lediglich in sog. 'Sandwich'-Bauweise in Wechsellagerung mit Schotter eingebaut werden (max. Lagenmächtigkeiten: 30 cm). Sinnvoll ist eine Arbeitsraumverfüllung mit dem geogenen Sand. Als Oberbaumaterial im Bewegungsflächenbereich ist der Sand nicht geeignet.

7.3 Straßenbau

Nach der RStO 01 ('Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen', Ausgabe 2001) sind die zu errichtenden Straßen / Stellflächen innerhalb betreffenden Areals vermutlich folgenden Straßenarten und Bauklassen zugehörig:

- a) Straßentyp 'Anliegerstraße' (Bauklasse V)
- b) Parkflächentyp: 'Pkw-Verkehr mit geringem Schwerverkehrsanteil' (Bauklasse V)

Sollte diese von den Unterzeichnern vermutete Einstufung nicht zutreffen, so wird um diesbezügliche Information gebeten.

Das Erdplanum führt nichtbindige SE-Sande, weshalb die Planumböden nach ZTVE-StB 94 in die Frostempfindlichkeitsklasse F 1 ('nicht frostempfindlich') eingestuft werden. Frostschutzmaßnahmen werden vermutlich nicht notwendig.

Die Wasserverhältnisse werden nach der ZTVE-StB 94 als 'ungünstig' charakterisiert, da „Grundwasser während der Frostperiode dauernd oder auch nur zeitweise höher als 2 m unter Planum vorkommt.“

Sollten auf Planum Schluffe, Sande mit deutlichem bindigen Nebengemenganteil > 10 % bzw. organische Böden angetroffen werden, so sollten diese entfernt werden.

Der Straßenaufbau sollte sachgerecht nach der RStO erfolgen. Hinzuweisen sei darauf, dass die von der RStO ausgewiesenen Schichtdicken auf dem Planum einen Verformungsmodul von mindestens $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ voraussetzt. Dies wird vermutlich auf den enggestuften Sanden nicht durchgängig möglich sein, so dass vor Auftrag der RStO-Schichtmächtigkeiten zunächst eine verdichtungsfähige Kies-/Sandlage (Schotter) aufgebracht und verdichtet werden sollte (Unterbauverbesserung). Aus Erfahrung solle für die Kalkulation eine i.M. 20-25 cm mächtige Untergrundverbesserung bestehend aus einem Kalksteinschotter eingeplant werden.

8. Anlagen

- Anlage 1.1: Lageplan (1:500)
- Anlage 2.1-2.11: Schichtenprofile u. Schichtenverzeichnisse / Rammdiagramme
- Anlage 3.1: Versickerungsversuche im Gelände (Auffüllversuche)
- Anlage 4.1-4.3: Korngrößenanalysen (Kornsummenkurven)
- Anlage 5.1-5.3: Wassergehaltsbestimmungen
- Anlage 6.1-6.3: Glühverlustbestimmungen
- Anlage 7.1: Chemische Analysenergebnisse
- Anlage 8.1: Fotodokumentation

Klee gr ä fe
- Büro für Baugrund- und Umweltanalytik -

Udo Kleegräfe
- Geschäftsführer -

Paul Girhards
- Dipl.-Geologe (BDG) -