

# Büro für Ingenieurgeologie Dr. Joh.-G. Zscheke & H. Kaiser

30453 Hannover Ernst-Cammann-Str. 13 Tel. 0511/482853 Fax 0511/486524 · Hannoversche Volksbank, Kto.-Nr 0129 01100 (BLZ 251 900 01)



Hannover, den 07.09.2017

Ingenieurgeologische Stellungnahme  
über den Baugrund und zur Gründung  
von Bauwerken  
für die Landtechnik  
der  
AGRAVIS Technik Heide-Altmark GmbH  
in  
**Wittingen**  
Wiesendamm 1

(mit 12 Anlagen)

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Vorgang .....	1
2. Allgemeine Angaben zum Baugrundstück und Bauvorhaben .....	2
3. Angaben zum Baugrund, Schichtabfolge, Bodenklassen, Bodenkenngrößen .....	4
4. Angaben zum Wasser im Baugrund .....	9
5. Ergebnisse chemischer Untersuchungen von Bodenproben aus der Deckschicht mit Mutterboden und Auftragsböden sowie unterlagerndem natürlich gebildeten Geschiebelehm gemäß LAGA-Richtlinien („Anforderung an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen“) .....	12
6. Folgerungen für die Gründung der Bauwerke, Tragfähigkeit der erbohrten Erdstoffe und daraus abzuleitende Gründungsart, Bodenaustausch (Einbau eines Bettungskörpers ( <i>siehe Seite 16</i> ), zulässige Bodenspannung ( <i>Seite 17</i> ), Setzungsverhalten, allgemeine Hinweise zur Baugrube .....	14

## Anlagenverzeichnis

- Anlage 1 ..... Lageplan der Bohrungen 1 - 21
- Anlage 2 ..... Schichtenverzeichnisse der Bohrungen 1 - 21
- Anlage 3 ..... Geologischer Schnitt A – B
- Anlage 4 ..... Geologischer Schnitt C - D
- Anlage 5 ..... Geologischer Schnitt E - F
- Anlage 6 ..... Angaben zur erbohrten Basis der Deckschicht  
aus Mutterboden (Oberboden), Auftragsböden  
und teils überkippten ehemaligem Mutterboden  
sowie stellenweise unterlagerndem Lößlehm  
und Beginn der zur Tiefe hin vorkommenden  
Sande bis sandigen Kiese
- Anlage 7 ..... Basis des Schichtkomplexes  
mit Sand- bis sandigen Kies-Ablagerungen  
gemäß Aufschluß in den Bohrungen  
und damit Beginn des Geschiebelehm-Untergrundes
- Anlage 8 ..... Angaben zur Tiefenlage der in den Bohrungen  
in der Zeit zwischen 04.04 und 06.06.2017  
eingemessenen Grundwasserspiegellagen
- Anlage 9 ..... Körnungslinie für Sande aus Bohrung von 0,8 - 1,7 m Tiefe
- Anlage 10 ..... Prüfbericht vom Chem. Labor Dr. Wirts + Partner, Hannover,  
für chemische Untersuchung  
von Bodenproben aus Mutterboden und Auftragsböden
- Anlage 11 ..... Prüfbericht vom Chem. Labor Dr. Wirts + Partner, Hannover,  
für chemische Untersuchung  
von Bodenproben aus Auftragsböden
- Anlage 12 ..... Prüfbericht vom Chem. Labor Dr. Wirts + Partner, Hannover,  
für chemische Untersuchung  
von Bodenproben aus Geschiebelehm-Ablagerungen

## 1. Vorgang

Die AGRAVIS Technik Heide-Altmark GmbH beabsichtigt in 29378 Wittingen auf dem Grundstück Wiesendamm 1 in Nachbarschaft zum Hafen Wittingen für die Landtechnik einen Gebäudekomplex mit Werkstatt und Bürotrakt samt gesonderter Unterstellhalle errichten zu lassen. Um Kenntnis über die Beschaffenheit des Untergrundes im Baugebiet zu erhalten, wurden wir mit dem Abteufen von Bohrungen beauftragt.

Daraufhin sind von uns im April, Mai und Juni 2017 im Bereich der projektierten Baumaßnahme insgesamt 21 Bohrungen niedergebracht worden. Ihre Lage geht aus der dieser Stellungnahme beigefügten Lageplanskizze (Anlage 1) hervor. Daten zur angetroffenen Schichtenabfolge der Bohrungen kann man den Schichtenverzeichnissen der Bohrungen (= Anlage 2) und den geologischen Schnitten der Anlagen 3 bis 5 sowie den Darstellungen in den Anlagen 6 bis 8 entnehmen.

Die Geländehöhe bei den Bohransatzpunkten und von einigen anderen markanten Stellen des Baugrundstückes wurde einnivelliert und zwar bezogen auf einen Kanalschachtdeckel nördlich der Straße Wiesendamm, die zugleich das untersuchte Baugebiet im Norden begrenzt. Laut Eintragung in einem uns von AGRAVIS Bauservice überreichten Lageplan M. 1 : 500 mit Datum vom 23.05.2017 weist dieser Meßpunkt eine Höhenkote von **+68,61 m NN** aus (vgl. Anlage 1). Die von uns zusätzlich gemessenen Höhenwerte und andere in Planunterlagen von AGRAVIS Bauservice aufgeführten Geländehöhen sind im Lageplan der Bohrungen aufgezeigt und wurden zudem bei Anfertigung der geologischen Schnitte entsprechend berücksichtigt.

Von dem im Baugebiet angetroffenen verschiedenartigen Erdstoffen wie Mutterboden, Auftragsböden und Geschiebelehm wurden insgesamt 12 typische Bodenproben (Einzelproben) entnommen und dem Chemischen Labor Dr. Wirts & Partner, Hannover, zur Untersuchung gemäß LAGA-Richtlinien M 20, Tab. II.1.2-1 (Mindestuntersuchungsprogramm) überreicht. Die Prüfergebnisse der untersuchten Bodenproben sind in Abschnitt 5. dieser Stellungnahme aufgeführt und zusätzlich den als Anlage 10 - 12 beigefügten Prüfberichten zu entnehmen.

Für ein Probe aus dem Sand-Vorkommen ist die in **Anlage 9** dargestellte Korngrößenverteilung bestimmt worden

Erste Resultate unserer Baugrunduntersuchung mit Angaben zur festgestellten Schichtenabfolge und daraus abzuleitende Gründungsmaßnahmen konnten wir zwischenzeitlich dem Bauservice der AGRAVIS Raiffeisen AG und Ingenieurbüro Lüdeke & Winkelhahn, Höxter, in Gesprächen vortragen. Vorab wurden zudem die Anlagen 1 und 3 - 8 überreicht.

## 2. Allgemeine Angaben zum Baugrundstück und Bauvorhaben

Nach der uns vorliegenden Lageplanzeichnung umfaßt die Baumaßnahme für den Neubau einer Landtechnik der AGRAVIS Technik Heide-Altmark GmbH in Nachbarschaft zum Hafen Wittingen folgende nicht unterkellerte 1-geschossige Bauwerke:

### 1. Gebäudekomplex mit Werkstatt, Lager, Ausstellung / Büro

Länge	.....	max. 48,5 m
Breite	.....	22,2 bis 34,5 m

### 2. Unterstellhalle

Länge	.....	36,1 m
Breite	.....	12,0 m

Lage und Ausdehnung der geplanten Bauwerke gehen im einzelnen aus dem beige-fügten Lageplan der Bohrungen (= Anlage 1) hervor.

Das Baugrundstück umfaßt über weite Bereiche ein einst mit Bäumen und Gebüsch bewachsenes Areal. Zwischenzeitlich hat man den Bestand mit Bäumen und Gebüsch innerhalb der zu überbauenden Grundfläche großflächig gerodet. Nordöstlich und auch westlich der projektierten Baumaßnahme ist ein Bestand mit Bäumen verblieben. Nach Süden und auch Südosten vermitteln weiterhin landwirtschaftlich genutzte Flächen und zwar teils als Acker und teils als Wiesen.

Im Norden reicht das hier zu beurteilende Grundstück bis an die bestehende Straße Wiesendamm.

Im Kontakt zum Baugrundstück zeigt das Planum der Straße Wiesendamm eine mittlere Höhenlage um +68,5 m NN.

In Richtung Süden erhebt sich dann das Gelände derzeit über eine "Böschung" nach etwa 15 m Distanz bis zu einer Höhe von +70 m NN, um danach wiederum teils über Böschungen oder mit flachem Gefälle bis zu einer Ebene zwischen +68 m NN und ca. +69,5 m NN abzufallen.

Weite Teile der südlichen Grundstücksfläche liegen derzeit im Niveau zwischen ca. +68,4 m NN und +69,8 m NN.

Markante Geländehöhenunterschiede auf kurzer Distanz mit teils trichterförmigen Vertiefungen bestehen im Bereich der geplanten Unterstellhalle mit wallartigen Erhebungen bis +70,1 m NN und muldenartigen Einsenkungen bis etwa +68,5 m NN.

Weitere Einzelheiten zu bestehenden Geländehöhen innerhalb des Baugrundstückes sind den Eintragungen im Lageplan der Bohrungen (= Anlage 1) und den geologischen Schnitten der Anlagen 3 - 5 zu entnehmen.

Exakte Vorgaben zu den angestrebten Höhenlagen von O.K. Fußboden Werkstatt und Unterstellhalle gleichermaßen liegen uns derzeit noch nicht vor. Vermutlich wird man O.K. Fußboden einheitlich in einer Ebene zwischen +69,5 m NN und +70 m NN und damit teils niveaugleich und teils auch oberhalb bis unterhalb der vorhandenen Erdoberfläche herstellen.

Die tragende Konstruktion der nicht unterkellerten 1-geschossigen hallenartigen Bauwerke soll hauptsächlich durch Verwendung von Stahlbauelementen gefertigt werden. Zur Größe dabei auftretender Einzellasten werden Werte bis um 300 kN genannt. Weitere Daten hierzu sind uns derzeit nicht bekannt.

### 3. Angaben zum Baugrund, Schichtabfolge, Bodenklassen, Bodenkenngößen

Nach Veröffentlichungen zur Geologie des Raumes Wittingen liegt das Grundstück für den projizierten Neubau einer Landtechnik in einem Gebiet, wo die für die Gründung von Bauwerken zunächst interessierende obere Schichtabfolge allgemein von in der Eiszeit und untergeordnet auch in der Nacheiszeit gebildeten Erdstoffen aufgebaut wird. Nach dem Ergebnis der von uns innerhalb der vorgesehenen Baumaßnahme abgeteuften Bohrungen handelt es sich dabei auch um wenige dm bis mehrere Meter mächtige mittel- bis grobkörnige Sande und teils auch kiesige Sande, die dann zur Tiefe hin in bindige Erdstoffe des Geschiebelehmes und teils auch in schluffige-tonige Sedimente von sog. Beckenschluff überleiten.

Zur heutigen **Erdoberfläche** hin vermittelt eine Deckschicht aus **Mutterboden und teils auch Auftragsböden**.

**Auftragsböden** sind vor allem im nördlichen Abschnitt des untersuchten Grundstückes verbreitet und zwar bestehend aus einem Gemenge von mehr oder weniger sandig-bindiger Erdstoffe mit veränderlichen Anteilen humoser Inhaltsstoffe. Vermutlich wurden diesen Bodenpartien einst mit Ausbau des vorhandenen Gewerbegebietes am benachbarten Hafen von Wittingen und besonders der nach Norden hin angrenzenden Straße Wiesendamm hier mit wallartigen Anschüttungen aufgetragen. Dementsprechend erreichen die Auftragsböden unmittelbar südlich der Straße Wiesendamm maximale Schütthöhen bis nahezu 3 m.

An der Basis der Auftragsböden befindet sich meist noch der einst überkippte Mutterboden mit veränderlich humosen Erdstoffen bis vereinzelt auch Torf-Bildungen in anteiligen Mächtigkeiten von wenige cm bis um 0,6 m.

Nach Süden hin wurden Auftragsböden nur noch stellenweise in zugeordneten Schichtdicken von wenige cm bis um 0,5 m beobachtet. Lediglich im Gebiet der geplanten Unterstellhalle kommen partiell Auftragsböden samt überkipptem ehemaligen Mutterboden bis in Tiefen um 2 m unter vorh. Gelände vor, so bei Bohrung 14.

Im Areal des Werkstatt-Bauwerkes wurde die Basis der Deckschicht aus Mutterboden und teils noch vorhandenen Auftragsböden in Tiefen

zwischen 0,35 m und ca. 0,5 m unter Gelände

angetroffen.

Im gesamten Baugrundstück haben die Bohrungen die Basis vom Schichtkomplex mit Auftragsböden und Mutterboden in der Ebene

zwischen +69,63 m NN (B 16) und +66,6 m NN (B 11)

angetroffen.

**In Anlage 6** ist die Basis vom Schichtkomplex aus Auftragsböden und Mutterboden für die einzelnen Bohrstellen mit zugeordneten Höhenangaben in m ü. NN gesondert aufgeführt.

Unmittelbar unter der Deckschicht aus Auftragsböden und Mutterboden kommen im Bereich von Werkstatt und teils auch Unterstellhalle als natürliche Ablagerungen noch wenige cm bis um 0,5 m mächtige **anorganische schluffig-tonige Erdstoffe** (= teils Lößlehm-Sedimente) vor, die dann in **Sande bis teils auch Sand-Gemische** überleiten.

Die Schichtoberfläche von Sand bis untergeordnet teils auch sandigen Kies liegt im gesamten Baugrundstück in Tiefen

zwischen +69,4 m NN (B 16) und ca. +66,4 m NN (B 8).

Die erbohrte **Schichtoberfläche von Sand-Ablagerungen** ist ebenfalls **in Anlage 6** für die einzelnen Bohrstellen mit zugeordneten Höhenangaben in m ü. NN aufgezeigt.

Die Schichtunterfläche der sandigen bis teils auch sandig-kiesigen Erdstoffe weisen die Bohrungen in Tiefen

zwischen 0,8 m und 6,0 m unter vorh. Gelände

aus.



Dies entspricht einer Tiefenlage Schichtunterfläche Sande bis teils auch sandig-kiesigen Ablagerungen

zwischen +68,4 m (B 3) und ca. +62,7 m NN (20)

(siehe hierzu auch Angaben in Anlage 7).

Die höchste Lage vom sandigen Schichtkomplex ist im **südlichen Bereich des Werkstatt-Gebäudes** gegeben. In Richtung Norden bis Westen senkt sich die Schichtunterfläche des Sand-Vorkommens ab (siehe **Anlage 7**).

Unterhalb von Sanden und teils auch Sand-Kies-Gemischen kommen eiszeitliche Ablagerungen von **Geschiebelehm** vor.

Als **Geschiebelehm** bezeichnet man den Gesteinsschutt, der unterhalb eines Gletschers von Eisbewegungen zermalmt und an der Sohle des Gletschers verfrachtet worden ist. Im Bereich des untersuchten Bauareales besteht dieser eiszeitliche Boden aus einem Gemenge von Schluff, Ton und Sand. Im vorliegenden Falle bildet meist der Sand und nur untergeordnet der Schluff die Hauptbodenart. Außerdem kommen geringe Anteile von Kieskorn, Steinen und Blöcken vor.

Die angetroffenen sandig-bindigen Partien von Geschiebelehm haben in der oberen Schichtabfolge meist eine steife Konsistenz. Weiter zur Tiefen hin ist eine mehr halbfeste bis teils auch feste Zustandsform zu erwarten.

Innerhalb vom Geschiebelehm können erfahrungsgemäß in veränderlichen Tiefen auch unterschiedlich mächtige Einschlüsse von fein- bis grobkörnigen Sanden vorkommen. Die schluffig-tonigen bis sandigen Erdstoffe wurden einst durch den Druck des überlagernden Inlandeises aufgestaucht, zerrissen und verknetet. Solche Sand-Einschlüsse im Geschiebelehm bilden dann keine gleichmäßig aushaltenden Schichten; sie sind darin allgemein linsenförmig oder in zerrissenen bis gefalteten Schichtfetzen verbreitet.

Die Schichtoberfläche des Geschiebelehm-Untergrundes zeigt stellenweise merkliche Reliefunterschiede mit muldenartigen bzw. rinnen- bis kolkartigen Vertiefungen. Die einst durch fließende Gewässer geschaffene Vertiefungen wurden nachfolgend vorwiegend wieder mit Sanden bis kiesigen Sanden aufgefüllt.

Die höchste Lage vom Geschiebelehm-Untergrund ist im Süden bis Südosten vom Werkstatt-Gebäude gegeben. In Richtung Norden bis Westen wurden Geschiebelehm-Ablagerungen dann teils erst in Tiefen um 6,0 m unter Gelände (B 20) aufgeschlossen.

Weitere Einzelheiten zur ermittelten Schichtenfolge gehen aus den beigefügten Anlagen 2 bis 7 hervor.

Gemäß Klassifizierung in DIN 18196 sind die vorwiegend mehr oder weniger sandigen schluffig-tonigen Erdstoffe des Geschiebelehmes in die Bodengruppe der feinkörnigen Böden mit dem Kurzzeichen TL bis TM einzuordnen. Die außerdem vorhandenen Partien von sandig-bindigen Geschiebelehm-Ablagerungen passen dagegen in die Bodengruppe der gemischtkörnigen Böden mit dem Kurzzeichen ST bzw.  $\overline{ST}$ .

Laut DIN 18300 ergeben die **Ablagerungen des Geschiebelehmes** eine "**schwer lösbare Bodenart der Klasse 5**".

Nach ZTVE-StB sind die erbohrten **Geschiebelehm-Ablagerungen** insgesamt als "**sehr frostempfindlich**" (F 3) einzustufen.

Die nichtbindigen bis wenig bindigen Sande gehören gemäß DIN 18196 in die Bodengruppe der grobkörnigen Böden mit dem Kurzzeichen SE bis teils auch SW bzw. SU und ergeben nach DIN 18300 eine "**leicht lösbare Bodenart der Klasse 3**".

Die oberhalb vom Sand-Untergrund stellenweise verbreiteten meist geringmächtigen schluffig-tonigen Sedimente (wie Lößlehm) passen in die Bodengruppe UL bis UM. Nach DIN 18300 ergeben sie eine "**mittelschwer lösbare Bodenart der Klasse 4**" und gelten ebenfalls als "**sehr frostempfindlich**" (F 3).

Ein markanter Kennwert für die Verformbarkeit eines Erdstoffes ist der Steifemodul E. Für die im Untergrund des Baugebietes aufgeschlossenen verschiedenartigen Erdstoffe wie nichtbindigen bis bindigen Sande und Geschiebelehm gelten in dem hier interessierenden Spannungsbereich erfahrungsgemäß folgende Werte zum jeweiligen Steifemodul:

**Tabelle 1**

Erfahrungswerte zum Steifemodul

Bodenart	Steifemodul E (Schätzwerte)
Auftragsböden	2 - 6 MN/m <sup>2</sup>
Sande, nichtbindig, dicht bis sehr dicht gelagert	100 - 180 MN/m <sup>2</sup>
Sande, wenig schluffig, dicht gelagert	60 - 80 MN/m <sup>2</sup>
schluffig-toniger Geschiebelehm mit wenig Sand-Anteilen, steif bis halbfest	25 - 35 MN/m <sup>2</sup>
Geschiebelehm, mit erhöhten sandigen Anteilen dicht gelagert	30 - 50 MN/m <sup>2</sup>

Im übrigen veranschlagen wir für die sandig-bindigen Erdstoffe des Geschiebelehmes nachstehend aufgeführte Bodenkenngößen:

**Tabelle 2**

Bodenkenngößen für Geschiebelehm-Ablagerungen  
(Schätzwerte)

Wichte, erdfeucht	$\gamma$	.....	20,5 bis	22,0 kN/m <sup>3</sup>
Wichte, unter Auftrieb	$\gamma'$	.....	10,5 bis	12,0 kN/m <sup>3</sup>
Reibungswinkel für vorwiegend schluffig-tonige Ablagerungen	$\varphi'$	.....	um	25,0 °
Reibungswinkel für vorwiegend sandig-schluffige Ablagerungen	$\varphi'$	.....	um	30,0 °
Kohäsion für vorwiegend schluffig-tonige Ablagerungen	$c'$	.....	10 bis	20 kN/m <sup>2</sup>

**Tabelle 3**

Bodenkenngößen für Sande bei mitteldichter bis dichter Lagerung  
(Schätzwerte)

Wichte, erdfeucht	$\gamma$	.....	18,0 bis	19,0	kN/m <sup>3</sup>
Wichte, unter Auftrieb	$\gamma'$	.....	10,0 bis	11,0	kN/m <sup>3</sup>
Reibungswinkel	$\varphi'$	.....	32,5 bis	35,0	°

Insgesamt betrachtet ergibt die mit den Bohrungen aufgeschlossene Schichtabfolge aus Sanden samt dünner Deckschicht aus lößlehmartigen Sedimenten mit steifer bis halbfester Konsistenz und Geschiebelehm-Vorkommen bei Fortbestand ungestörter natürlicher Lagerung für die geplanten Baukörper einen ausreichend tragfähigen Baugrund.

Im Gegensatz dazu ist die an der Erdoberfläche verbreitete wenige cm bis um 3 m mächtige Deckschicht aus Mutterboden samt vereinzelt angetroffener Torf-Bildungen **und** Auftragsböden als **nicht** ausreichend tragfähiger Schichtkomplex einzustufen.

#### 4. Angaben zum Wasser im Baugrund

In dem durchfließbaren Porenraum der im Untergrund des Baugebietes verbreiteten gut wasserdurchlässigen Sande bis teils auch kiesigen Sande zirkuliert freibewegliches Grundwasser.

Der Durchlässigkeitsbeiwert für die vorwiegend mittelkörnigen Sande ist gemäß der an einer entsprechenden Sandprobe ermittelten Körnungslinie (siehe Anlage 9) gemäß Hazen in der Größenordnung um

$$k_f = 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

anzusetzen.

Gemäß DIN 18130, T 1, sind damit die Sande als wasserdurchlässig einzustufen.

Die unterhalb sandiger bis sandig-kiesiger Ablagerungen ab Tiefen zwischen 0,8 m bis um 6,0 m unter Gelände vorkommenden **Geschiebelehm-Ablagerungen bilden dagegen einen schwach sehr schwach wasserdurchlässigen Schichtkomplex** (vgl. Anlagen 2 - 6).

Für das oberflächennahe Grundwasservorkommen bildet der Geschiebelehm eine Grundwassersohlschicht.

Der **Ruhewasserspiegel** vom oberflächennahen Grundwasservorkommen im Untergrund des Baugebietes wurde in der Periode April bis Anfang Juni 2017 je nach Geländehöhe bei den Bohrstellen ab Tiefen

zwischen 0,1 m und 2,5 m unter vorh. Erdplanum angetroffen.

Dies entspricht einer Tiefenlage des Grundwasserspiegels von April bis Juni 2017

zwischen +68,8 m NN (B 4) und +67,3 m NN (B 8).

Die **höchste Grundwasserspiegellage mit Werten um +68,8 m NN wurde bei Bohrung 4 südlich vom Werkstattgebäude beobachtet. In Richtung Norden Baugebietes (= in Richtung Straße Wiesendamm) senkte sich der Grundwasserspiegel in der Periode der Bohrarbeiten allmählich bis**

**um +67,3 m NN (B 8)**

**ab.**

**In Anlage 8** sind die in den einzelnen Bohrungen eingemessenen **Grundwasserspiegellagen** nochmals gesondert aufgeführt.

Die in der Periode April bis Anfang Juni 2017 beobachteten Grundwasserstände repräsentieren aufgrund der vorherigen Witterungsabläufe vergleichsweise hohe Grundwasserspiegellagen. Im Gefolge lang anhaltender hoher Niederschläge (Starkregen) und nach Schneeschmelze werden sich erfahrungsgemäß auch noch höhere Grundwasserstände einstellen. Während sehr niederschlagsarmer Perioden können die Grundwasserspiegellagen dagegen absinken.

Genaue Angaben zu den im Verlauf eines Jahres und auch über längere Zeiträume stattfindenden Bewegungen des Grundwasserspiegels bedingen langfristige Kontrollen der Grundwasserstände im Baugebiet oder seiner näheren Umgebung. Derartige regelmäßige Beobachtungen der Grundwasserstände für das hier interessierende Areal liegen jedoch **nicht** vor.

Im Vergleich mit hydrogeologisch ähnlich aufgebauten Gebieten schätzen wir, dass der Porenraum von Erdstoffen **im Bereich von Werkstatt und Unterstellhalle zeitweilig ab vorhandener Erdoberfläche** erfüllt sein kann.

Zu berücksichtigen ist zudem, dass sich die von der Erdoberfläche her in den Untergrund eindringenden Anteile der Niederschläge stellenweise auch über schluffig-tonigen Erdstoffen wie Lößlehm und Porenraum vom Mutterboden sowie Auftragsböden oberhalb vom Sand-Vorkommen zeitweilig ansammeln können, ehe sie zur Tiefe oder Seite hin allmählich weiter absickern.

Besondere Wegsamkeiten und Speicherraum für die vom Erdplanum her in den Untergrund eindringenden Wässer bietet dabei der Porenraum von Füllböden im Bereich einstiger Baugrubenseitenräume und auch Gräben für Rohrleitungen sowie der Porenraum von angefüllten Bodenmassen bei großflächigen Geländeaufhöhungen (Bodenauftrag).

*Weitere Einzelheiten zum Schutz von Bauwerken gegen Zutritt von Grundwasser wären nach Kenntnis der entsprechenden Bauwerksdaten mit den an Planung und Ausführung beteiligten Fachingenieuren bzw. Bauunternehmen noch näher abzusprechen und festzulegen. Gleiches gilt auch für eine Ableitung der auf dem Grundstück anfallenden Niederschlagswässer.*

5. Ergebnisse chemischer Untersuchungen von Bodenproben aus der Deckschicht mit Mutterboden und Auftragsböden sowie unterlagerndem natürlich gebildeten Geschiebelehm gemäß LAGA-Richtlinien ("Anforderung an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen")

Im Baugebiet für die Landtechnik haben die Bohrungen eine Deckschicht aus **Mutterboden sowie teils auch Auftragsböden und stellenweise überkippten ehemaligem Mutterboden** in veränderlichen Gesamtmächtigkeiten angetroffen. Zur Tiefe hin folgen dann natürlich gebildete veränderlich mächtige Sande mit Überleitungen in Geschiebelehm-Ablagerungen. An der Basis der humosen Deckschicht mit Mutterboden und Auftragsböden kommen stellenweise noch geringmächtige Lößlehm-Sedimente vor (vgl. Angaben in Abschnitt 3. und Anlagen 2 - 7).

Zur Klärung des Entsorgungs- bzw. Verwertungsweges wurden von uns aus dem **Mutterboden-Horizont bei den Bohrungen 1 - 3** im Bereich von Werkstatt und Unterstellhalle markante Einzelproben entnommen und diese dem Chemischen Labor Dr. Wirts + Partner, Hannover, für eine chemische Untersuchung nach LAGA-Richtlinien incl. Eluat überreicht. Nach einer grobsinnlichen Prüfung sind die Einzelproben zu einer Bodenmischprobe (MP 1 / Labor-Nr. P17008720) vereint analysiert worden. Die zugehörigen Prüfergebnisse sind im beigefügten Prüfbericht vom 08.05.2017 (= **Anlage 10**) zusammengestellt.

Ebenso wurden aus den angetroffenen **Auftragsböden weitere Proben bei den Bohrungen 5, 8 und 9 sowie 14** gesondert untersucht. Die Prüfergebnisse für eine Mischprobe aus den Auftragsböden der Bohrungen 5, 8 und 9 mit der Labor-Nr. P17008721 gehen ebenfalls aus dem beigefügten Prüfbericht vom 08.05.2017 (= **Anlage 10**) hervor.

Weitere Analysenergebnisse von Bodenproben aus **Auftragsböden bei Bohrung 14** mit Labor-Nr. P17012337 kann man dem Prüfbericht vom 14.06.2017 (= **Anlage 11**) entnehmen.

Vom unterlagernden natürlichen **Geschiebelehm-Vorkommen** wurden bei den **Bohrungen 17 und 18** gesondert Proben entnommen. Diese wurden als Mischprobe mit Labor-Nr. P17012333 untersucht- Die zugehörige Prüfbericht ist in **Anlage 12** aufgeführt.

Das Untersuchungsprogramm sämtlicher Bodenproben wurde auf Schwermetalle, Kohlenwasserstoffe, polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und EOX in der Originalsubstanz sowie auf eine Prüfung im Eluat abgestellt.

**Zusammenfassend ergeben sich folgende Einstufungen:**

Unter Rückgriff auf die LAGA-Regel "Anforderung an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen" (2004) entsprachen die untersuchten Bodenproben aus dem **Mutterboden-Horizont gemäß Proben 1/1, 2/1 und 3/1** (Labor-Nr. P17008720) mit dem abfallbestimmenden Parameter „TOC im Original“ der

Einbauklasse **Z 2**

(vgl. Angaben in **Anlage 10** mit Prüfbericht vom 08.05.2017)

Die untersuchten **Bodenproben aus dem Vorkommen von Auftragsböden gemäß Proben 5/1, 5, 8/1, 9/1 und 9/2** (Labor-Nr. 17008721) entsprachen mit dem abfallbestimmenden Parameter „TOC im Original sowie Chrom im Eluat“ der

Einbauklasse **Z 1.1**

(vgl. Angaben in **Anlage10** mit Prüfbericht vom 08.05.2017)

Bodenproben aus dem Vorkommen von **Auftragsböden gemäß Proben 14/1 und 14/2** (Labor-Nr. P17012337) entsprachen mit dem abfallbestimmenden Parameter „TOC im Original“ ebenfalls der

Einbauklasse **Z 1.1**

(vgl. Angaben in **Anlage11** mit Prüfbericht vom 14.06.2017)

Die aus dem natürlichen **Geschiebelehm-Untergrund** entnommenen Bodenproben **17/1 und 18/1** (Labor-Nr. P17012333) entsprachen mit dem abfallbestimmenden Parameter „TOC im Original“ der

Einbauklasse **Z 1<sup>1)</sup>**

(vgl. Angaben in **Anlage 12** mit Prüfbericht vom 14.6.2017)



Die vorstehend aufgezeigten Ergebnisse chemischer Untersuchungen an markanten Bodenproben wären beim großflächigen Abtrag in Abstimmung auf die freigelegten Bodenpartien ggf. nochmals zu überprüfen.

5. Folgerungen für die Gründung der Bauwerke,  
Tragfähigkeit der erbohrten Erdstoffe und daraus abzuleitende Gründungsart,  
Bodenaustausch (Einbau eines Bettungskörpers),  
zulässige Bodenspannung,  
Setzungsverhalten, allgemeine Hinweise zur Baugrube

Laut Resultat unserer Bohrungen ist im Baugebiet an der heutigen Erdoberfläche eine Deckschicht aus Mutterboden und Auftragsböden sowie stellenweise überkippter humoser schluffig-toniger Erdstoffe bis vereinzelt geringmächtigen Torf-Vorkommen verbreitet und zwar bis in Tiefen

zwischen 0,3 m und nahezu 3 m unter Gelände.

Der unterlagernde natürlich gebildete anorganische Untergrund besteht im Bereich der geplanten Gebäude aus stellenweise vorhandenen geringmächtigen Lößlehm-Sedimenten, die weiter zur Tiefe hin in einen wenige dm bis um 5,5 m mächtigen Schichtkomplex mit fein- bis grobkörnigen Sanden sowie teils auch sandigen Kiesen überleiten. Der tiefere Untergrund wird dann von mehr oder weniger sandigen schluffig-tonigem Geschiebelehm gebildet.

Einzelheiten zur ermittelten Schichtabfolge sind den beigelegten Anlagen 2 - 5 zu entnehmen.

**In Anlage 6** ist zudem die hier besonders interessierende Grenzfläche zur Basis der Deckschicht aus Auftragsböden samt verschiedener humoser Erdstoffe und damit Beginn anorganischer Lößlehm-Sedimente sowie Beginn sandiger Erdstoffe mit Höhenkoten in m ü. NN aufgezeigt.

**Anlage 7** gibt einen Aufschluß zu Mächtigkeiten und Basis sandiger bis sandig-kiesiger Ablagerungen und damit Beginn des unterlagernden Geschiebelehm-Untergrundes.

Mutterboden, Auftragsböden und sonstige humose Bodenpartien bilden generell **keinen** ausreichend tragfähigen Baugrund.

**Ausreichend tragfähigen Untergrund für die projektierten Gebäude** ergeben die zur Tiefe hin vorkommenden ungestörten Erdstoffe von Sanden, sandigen Kiesen und Geschiebelehm. Gleiches gilt auch für die überlagernden Lößlehm-Sedimente, sofern ihre natürliche steife bis halbfeste Zustandsform behalten und nicht durch Einflüsse aus dem Baugeschehen ungünstig verändert wird.

Die **Schichtoberfläche des ausreichend tragfähigen Schichtkomplexes** befindet sich **im Bereich des Werkstattgebäude** an den durch Bohrungen erkundeten Stellen allgemein in der Ebene

zwischen 0,35 m und ca. 0,5 m unter vorh. Erdplanum,  
zwischen +68,8 m NN und ca. +68,3 m NN.

Im **Areal der Unterstellhalle** liegt die **Schichtoberfläche des ausreichend tragfähigen Schichtkomplexes** an den durch Bohrungen erkundeten Stellen in der Ebene

zwischen 0,5 m und ca. 2,0 m unter vorh. Erdplanum,  
zwischen +69,6 m NN und ca. +67,9 m NN.

Weiter in Richtung Norden senkt sich der Beginn des ausreichend tragfähigen Schichtkomplex dann teils bis in Tiefen

um +66,6 m NN (B 11)

ab.

Geht man davon aus, dass O.K. Fußboden der geplanten Bauwerke einheitlich im Niveau um +69,5 m NN angeordnet wird, so dürfte bei Wahl frostfreier Gründungstiefe die zugehörige Fundamentsohle nur teils schon auf dem ausreichend tragfähigen Baugrund aus Lößlehm und Sanden ruhen.

Bei höherer Anordnung O.K. Fußboden als +69,5 m NN vergrößert sich die Distanz zum bestehenden ausreichend tragfähigen Baugrund entsprechend.

Die unter der angestrebten Fundamentsohle und **auch** Fußbodensohle noch vorkommenden restlichen Partien von nicht ausreichend tragfähigen Erdstoffen des Mutterboden-Horizontes und vorhandenen Auftragsböden müssen stets komplett abgetragen und durch einen tragfähigen Bettungskörper ersetzt werden.

Als **Bettungsmaterial** bei Bodenaustausch bis U.K. Fundamentkörper bzw. bis U.K. Fußbodensohle und auch Aufbau einer Tragschicht unter befestigten Verkehrsflächen samt Stellplätzen eignen sich nichtbindige grobkörnige Böden. In Anlehnung an die Bodenklassifizierung nach DIN 18196 kommen nichtbindige Sande bis Sand-Kies-Gemische in Betracht. Ebenso sind gleich gut tragfähige und frostsichere mineralische (nichtbindige) Materialien wie kleinstückig gebrochenes Gesteinsmaterial (Mineralgemisch / Betonrecycling) zulässig. Gleiches gilt auch für zusätzliche Bodenauffüllungen über jetzigem Erdplanum.

Das nichtbindige Bettungsgut ist in einzelnen Schüttlagen um 0,3 m Dicke einzubringen und mit dafür geeignetem Verdichtungsgerät unter Beachtung des optimalen Wassergehaltes bis um 100 % Proctordichte zu verdichten. Die Anzahl der Übergänge mit dem Verdichtungsgerät und günstige Schütthöhe werden dabei letztlich von dem eingesetzten Gerätetyp sowie verwendeten Schüttmaterial bestimmt. Bei Fertigung einer Bettung aus nichtbindigem Bettungsmaterial ist darauf zu achten, dass dieser Bettungskörper immer um das Maß seiner Dicke (unterhalb Fundamentsohle) auch seitlich über die Fundamente bzw. Bauwerksaussenfronten auskragt.

Umfang und Mächtigkeit von Bodenaustauscharbeiten samt erforderlicher Verdichtungsleistung sind im Detail während des Baugrubenaushubes vor Ort festzulegen.

Die erfolgreiche Ausführung der Bodenaustauscharbeiten mit komplettem Ausbau nicht ausreichend tragfähiger Erdstoffe und nachfolgender Einbau tragfähigen Bettungsmateriales samt dessen optimalen Verdichtung ist durch Kontrollen auf der Baustelle zu überwachen und in entsprechenden Protokollen aufzuzeichnen.

Der bis 100 % Proctordichte verdichtete Bettungskörper aus sandigen bis sandig-kiesigen Erdstoffen bzw. Mineralgemisch kann wie der freigelegte natürlich gebildete ungestörte bei den hier in Betracht kommenden Fundamentabmessungen mit einer **zulässigen Bodenspannung** (charakteristischer Wert) von

$$\sigma_{zul} = 200 \text{ kN/m}^2$$

belastet werden.

Nach Kenntnis auftretender Lastgrößen und daraus resultierender Fundamentabmessungen wäre ggf. auch der Ansatz höherer Werte für die Bodenspannung zulässig.

Das Tragverhalten der natürlich abgelagerten, ungestörten bindigen bis teils auch nichtbindigen Erdstoffe und von ausreichend verdichtetem tragfähigen Bettungsmaterial erlaubt eine **Flachgründung der nicht unterkellerten Bauwerke** mit Abtrag von Bauwerkslasten je nach Art des Lastanfalles über **Streifen- und Einzelfundamente** oder ggf. auch in Kombination mit einer Stahlbetonfundamentplatte (= Hallenfußbodensohle).

Auf dem genügend verdichteten (100 % Proctordichte) Bettungskörper aus nichtbindigem Bettungsmaterial kann die Hallen- bzw. Erdgeschoßfußbodensohle direkt aufgelagert und diese bei entsprechender Bemessung als Gründungselement auch durch Innenwände der Neubauten belastet werden. Im Verlauf der Gebäudeaussenfronten sind an den Plattenrändern stets zugeordnete Grundbalken als **Frostschürzen** vorzusehen.

Bei Flachgründung mit Lastabtrag über eine Sohlplatte kann für den gegebenen ungestörten „sandigen bis bindigen Untergrund“ erfahrungsgemäß ein **Bettungsmodul**

$$\text{von mindestens } k_s = 20 \text{ MN/m}^3$$

angesetzt werden.

Weitere Einzelheiten zur Gründungsgestaltung und Fundamentbemessung wären nach Kenntnis der entsprechenden Bauwerksdaten mit den an Planung und Ausführung beteiligten Fachingenieuren ggf. noch näher abzusprechen und festzulegen.

Aus Konsolidation der durch die Bauwerke belasteten ungestörten nichtbindigen Sande und unterlagernden schluffig-tonigen Erdstoffe des Geschiebelehmes werden nur vergleichsweise geringe Bauwerkssetzungen entstehen.

Bei den angetroffenen Baugrundgegebenheiten veranschlagen wir die Setzungen der 1-geschossigen hallenartigen Gebäude auf Werte in der Größenordnung um

$s = \text{wenige mm bis ca. 1,5 cm.}$

Aus ingenieurgeologischer Sicht vermögen die Bauwerke solche Setzungen noch sicher aufzunehmen, ohne dass daraus konstruktive Schäden entstehen werden. Demzufolge erlaubt auch das Setzungsverhalten des aufgeschlossenen Baugrundes eine Flachgründung der geplanten Bauwerke mittels Einzel- und Streifenfundamente.

Der Fortbestand der Tragfähigkeit von im Gründungsniveau freigelegter bindiger Erdstoffe mit steifer bis fester Konsistenz erfordert, dass diese an der Sohle der Baugrube bzw. Fundamentgruben unter den Einflüssen aus Bauvorgängen und oberflächlich zusitzendem Wasser (Niederschläge) nicht aufweichen.

**Die im Baugebiet verbreiteten bindigen Böden gelten insgesamt als sehr wasserempfindlich.** Das Erdplanum ist im Verlauf der Bauarbeiten immer so auszubilden, dass keine "abflußlosen" Einmündungen entstehen.

Zum Schutz gegen Aufweichen bzw. Auflockerung sind zufließende Wässer aus dem Untergrund des Baugebietes samt anfallender Niederschlagswässer bei Arbeiten für Bodenaustausch und Gründung stets komplett mittels entsprechender Kurzbrunnen und Zulaufgräben bzw. Dränagen zu erfassen und abzuleiten. Der betreffende oberflächennahe Schichtkomplex sollte bei hohen Grundwasserspiegellagen schon vor erstem Abtrag von Bodenmassen entwässert werden.

Der Umfang erforderlicher Maßnahmen zur Entwässerung und Schutz der bindigen Erdstoffe gegen Aufweichen an der Baugrubensohle wird besonders von der zur Zeit der Baugrubenarbeiten herrschenden Witterung bestimmt.



Fertig ausgehobene Baugruben- bzw. Fundamentgruben-Abschnitte sind an ihrer Sohle **sofort** mit zu verdichtendem Bettungsmaterial (Mineralgemisch) oder Beton abzudecken. Aufgeweichte und anderweitig gestörte bindige Bodenpartien sind stets zusätzlich auszuheben und durch Beton oder zu verdichtendes nichtbindiges grobkörniges Material (Sande bis Sand-Kies-Gemische odgl.) zu ersetzen. Art und Umfang solcher zusätzlichen Bodenauskoffnung wären auf der Baustelle zu gegebener Zeit festzulegen.

Der maschinelle Abtrag von Bodenmassen (samt Mutterboden) ist möglichst mittels Hydraulikbagger und Grablöffel mit glatter Schneidkante (ohne Reißzähne) abschnittsweise in rückschreitender Arbeitsweise auszuführen, ohne dass die fertige Aushubsohle befahren wird. Keinesfalls darf für den Bodenabtrag ein Schaufellader auf Räderfahrwerk benutzt werden. Bei Einsatz eines solchen Gerätes bestünde die Gefahr, daß der bindige Untergrund unnötig gestört wird (Radspuren).

In den vom späteren Fahrzeugverkehr (LKW) beanspruchten Flächen ist ein frostsicherer ausreichend tragfähiger Oberbau herzustellen. Vorhandene Auftragsböden samt Mutterboden-Horizont sollten möglichst komplett abgetragen werden. Die Tragschichten des Oberbaues sind aus frostsicherem Korngemisch entsprechend den Technischen Baubestimmungen wie ZTVT-StB. und RStO aufzubauen und optimal zu verdichten.

Im Detail wären Fragen zur Bodenauskoffnung und zur Gestaltung des Oberbaues unter Verkehrsflächen nach Kenntnis der betreffenden Planvorgaben und zwar insbesondere der vorgesehenen Höhenordinaten zu gegebener Zeit noch näher abzusprechen und festzulegen.

Die innerhalb des Baugebietes im Abtrag gewonnenen bindigen bis sandig-bindigen sowie teils humosen Erdstoffe eignen sich nicht für die Herstellung optimal sackungsfrei bleibender Anschüttungen.

Zwecks Überprüfung der von uns in dieser Stellungnahme gemachten Angaben zum Untergrund halten wir eine Besichtigung der an der fertig ausgehobenen Baugrubensohle bzw. Fundamentgrubensohle freigelegten Erdstoffe vor Einbau von Bettungskörper und Fundamenten für angebracht.

  
(H. Kaiser)