BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG

Angewandte Geologie, Baugrundsachverständigenwesen
Geophysik & Geotechnik

BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG · Glockenplatz 1 · 34388 Trendelburg

BREMER AG
Jörg Sehrbrock
Grüner Weg 28 - 48

33098 Paderborn

Projektnummer: 221114-1
Ansprechpartner: Dr. Claus Schubert
Datum: 23.04.2021
Telefon: 0 56 71 – 77 97 0
Fax: 0 56 71 – 77 97 10
eMail: info@bbu-schubert.de
www.bbu-schubert.de

INGENIEURGEOLOGISCHES GUTACHTEN

Paderborn, Ahornallee 20 - Ahorn - Sportpark - Neubau einer Baseballhalle und einem Parkdeck
Hier: Orientierende geologische Voruntersuchung nach DIN 4020 mit ingenieurgeologischer Baugrundbeurteilung sowie gründungs- und erdbautechnischen Empfehlungen

Bauvorhaben:	Neubau einer Baseballhalle und einem Parkdeck Ahorn - Sportpark Ahornallee 20 33106 Paderborn
Bauherr:	Ahorn - Sportpark gGmbH Ahornallee 20 33106 Paderborn
Projektplanung:	BREMER AG Grüner Weg 28 - 48 33098 Paderbornn
Auftraggeber:	Wie vor
Tragwerksplanung:	Wie vor

Nachfolgend wird das Ingenieurgeologische Gutachten mit den Seiten 2 bis 48 und den Anlagen 1.1 bis 4 vorgelegt.

Inhaltsverzeichnis:

1. Bauvorhaben und Auftrag 3

2. Grundlagen, Bearbeitungsunterlagen 5

3. Lage und örtliche Situation 6

4. Baugrunderkundung 7
4.1 Geologische und hydrologische Übersicht, Erkundungsprogramm 7
4.2 Bodenaufbau 8
4.3 Grundwasserverhältnisse 15
4.4 Charakteristische Bodenkennwerte 16
4.5 Bautechnische Einteilung 17
4.6 Durchlässigkeit und Versickerungsfähigkeit 20
4.7 Erdbebensicherheit 20

5. Ingenieurgeogische Beratung 21
5.1 Baseballhalle 21
5.1.1 Planung 21
5.1.2 Erdarbeiten; Anlegung des Planums 23
5.1.3 Gründungskonzept Fundamente 25
5.1.4 Gründung Fußboden 33
5.2 Parkdeck 35
5.2.1 Planung 35
5.2.2 Erdarbeiten; Anlegung des Planums 35
5.2.3 Gründungskonzept Fundamente 39
5.2.4 Gründung Fußboden 44

6. Analyseergebnis Umweltuntersuchung 47

7. Schlussbemerkungen 48

1. Bauvorhaben und Auftrag

Die **Ahorn - Sportpark gGmbH, Paderborn**, beabsichtigt die Erweiterung ihrer Sportstätte "Ahorn - Sportpark" auf dem Gelände der Ahornallee 20 in Paderborn.

Die Baumaßnahme umfasst im Rahmen des aktuellen Planungsvorhabens den Neubau:

- ***Baseballhalle mit Zwischenbau und nordseitiger Angrenzung an das Bestandsgebäude***

- ***Parkdeckgebäude, freistehend - ostseitig Bestandsgebäude***

Die nachfolgende Abbildung zeigt in einem Luftbild das Sportgelände und die Verortung der geplanten Neubauten.

Abbildung 1: Luftbild "Sportgelände" und Verortung der gepl. Neubauten

Quelle: BREMER AG, Paderborn

Eine Unterkellerung wird nicht beabsichtigt.

Im Hinblick auf die zu erwartenden Baugrundverhältnisse und als Grundlage für die Beurteilung der Baumaßnahme soll zur Gewährleistung der zulässigen geotechnischen Rahmenbedingungen, insbesondere aber zur Sicherstellung einer technisch einwandfreien und sicheren Gründungsausführung, eine ***ingenieurgeologische Voruntersuchung*** der anstehenden Boden- und Bodenwasserverhältnisse durchgeführt werden.

In diesem Zusammenhang hat die **BREMER AG** die **BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG** beauftragt, die im Gründungseinwirkungsbereich der Baumaßnahme anstehenden Baugrundverhältnisse in einer orientierenden Erkundung festzustellen und auf deren Grundlage sowie unter Berücksichtigung der Planungsvorgaben eine Empfehlung für die Gründung zu bearbeiten.

Gemäß der vorstehenden Zielsetzung wird das Ergebnis mit nachfolgendem ***Ingenieurgeologischen Gutachten*** dargestellt, ausgewertet und bekannt gegeben.

Das vorliegende Gutachten beschreibt die Baugrunderkundung, -untersuchung und -bewertung der geologischen Voruntersuchung nach DIN 4020 und entbehrt zur Realisierung von erd- und grundbautechnischen Arbeiten nicht die geologische Hauptuntersuchung nach DIN 4020.

Die schriftliche Ausarbeitung gilt nur nach Verifizierung und vorbehaltlich einer ausreichenden Fachbauleitung bzw. geotechnischen Baustellenbegleitung durch das Unterzeichnerbüro.

Anmerkung: Der örtlich begrenzte Untersuchungsumfang kann Änderungen der außerhalb des Untersuchungsbereiches anstehenden Baugrundverhältnisse, die Einfluss auf die Gebäudegründung sowie die erd- und gründungstechnischen Arbeiten haben können, naturgemäß nicht ausschließen.

2. Grundlagen, Bearbeitungsunterlagen

Als Grundlage zur Bearbeitung wurden die einschlägigen Normen, Regelwerke und sonstigen Bauvorschriften sowie das zugehörige Fachschrifttum herangezogen, unter anderem:

- **DIN 4020**
  "Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke"
- **DIN EN ISO 22 475**
  "Geotechnische Erkundung und Untersuchung (ersetzt DIN 4021)"
- **DIN EN ISO 14 688**
  "Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Böden (ersetzt DIN 4022 und DIN 4023)"
- **DIN 1997 - 1 (Eurocode EC - 7)**
  "Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln"
  und nationales Anwendungsdokument (NAD)
- **DIN 1997 - 2 (Eurocode EC - 7)**
  "Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrundes" und nationales Anwendungsdokument (NAD)
- **DIN 1054**
  "Baugrund, Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau"
- **VOB**
  "Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen"
- **DIN 18300**
  "Erdarbeiten"
- **DIN 4124**
  "Baugruben und Gräben; Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau"
- **DIN 18533**
  "Abdichtung von erdberührten Bauteilen"
- **DIN 4095**
  "Baugrund; Dränung zum Schutz baulicher Anlagen; Planung, Bemessung und Ausführung"
- **DIN 18195, T.4 + T.5**
  "Bauwerksabdichtungen; Abdichten gegen Bodenfeuchtigkeit; Bemessung und Ausführung" + "Bauwerksabdichtungen; Abdichtungen gegen nichtdrückendes Wasser; Bemessung und Ausführung"
- **Prinz, Helmut**
  "Abriss der Ingenieurgeologie - 4. Auflage, München, 2006"
- **Grundbau - Taschenbuch**
  "Teil 1 bis 3 - 7. Auflage, Berlin, 2009"

Zum Zeitpunkt der Berichtsverfassung standen dem Unterzeichnerbüro folgende Projektunterlagen für die Bearbeitung zur Verfügung:

- **Übersichtsplan (Luftbild) mit Einzeichnung gepl. Neubauten** - BREMER AG - ohne Datumsangabe
- **Angebotspläne Baseballhalle mit Dachkonstruktion Halle, Decke über 1. Obergeschoss, Erdgeschoss, Schnitt, Gründung** - BREMER AG, Paderborn - Massstab M 1 : 333 / 1 : 200 / 1 : 25 - Planstand: 01. / 02.03.2021
- **Lageplan Parkplätze (Baustandort gepl. Parkdeck)** - ohne Autoren-, Maßstabs- und Datumsangabe

Bisherige Ausarbeitung des Unterzeichnerbüros:

- **Stellungnahme zum Baustellentermin / Probenahme am 12. und 13.04.2021** - Andreas Dorndeck - st221114-1 vom 14.04.2021

3. Lage und örtliche Situation

Das Sportstättengelände befindet sich am westlichen Rand der Stadt Paderborn.

Die verkehrstechnische Anbindung erfolgt über die Ahornallee im Osten. Diese verläuft auf der Nordseite des geplanten Parkdeckgebäudes vorbei. Im Norden setzt sich die Verkehrsführung mit der Bezeichnung "Almeaue" fort und führt ostseitig an der geplanten Baseballhalle vorbei.

Im Baubereich der geplanten Neubauten bestehen derzeitig befestigte Parkplätze für PKW.

Die Umgebung gehört zur "Alme - Aue", wobei das Fließgewässer unweit westlich des Baustandortes verläuft.

4. Baugrunderkundung

4.1 Geologische und hydrologische Übersicht, Erkundungsprogramm

Der geologische Untergrund im Untersuchungsgebiet besteht aus **Mergeln und Kalkmergeln der Kreidezeit**. Infolge **Verwitterungseinfluss** ist der Deckgebirgshorizont stark bindige zersetzt.

Darüber lagern **Almekiese** in Form von Rundkornmaterial aus Kalksteinen (Hochterrassenablagerungen). Gelegentlich sind auch **quartäre Lößlehme** anzutreffen.

Die grobkörnigen Almekiese fungieren als Grundwasserleitschicht. Während länger andauernden Niederschlägen (auch Starkregenereignissen) reichern sich versickernde Wässer innerhalb der Grobsedimente an und führen zu **Stauwasseransammlungen** über den wassersperrenden tonig zersetzten Verwitterungsbildungen des unterlagernden Gesteins.

Zur Erzielung eines **orientierenden** Überblickes über die tatsächlichen Baugrundverhältnisse im Standortbereich der geplanten Gebäudeneubauten und als Grundlage für die **Vorbeurteilung** der erdbau- und gründungstechnischen Arbeiten wurden am 12. und 13.04.2021 auftragsgemäß:

5 Baggerschürfgruben
(Kurzbezeichnung: **SCH 1** bis **SCH 5**)

und

6 Rammkernsondierungen Ø 50 - 80 mm
(Kurzbezeichnung: **RKS 1** bis **RKS 6**)

nach DIN 4020, DIN EN ISO 22475 und DIN EN ISO 14688 ausgeführt.

4.2 Bodenaufbau

Das im Verlauf der Erkundungsarbeiten angetroffene Bodenprofil wurde ingenieurgeologisch detailliert aufgenommen. Nachfolgendend werden die Profilaufnahmen wiedergegeben.

Baubereich "Parkdeck"

Abbildung 2a: Lage der Erkundungsstellen

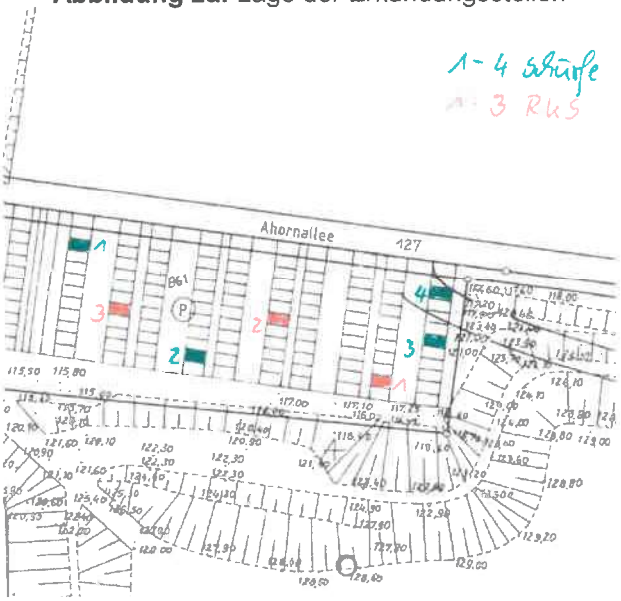
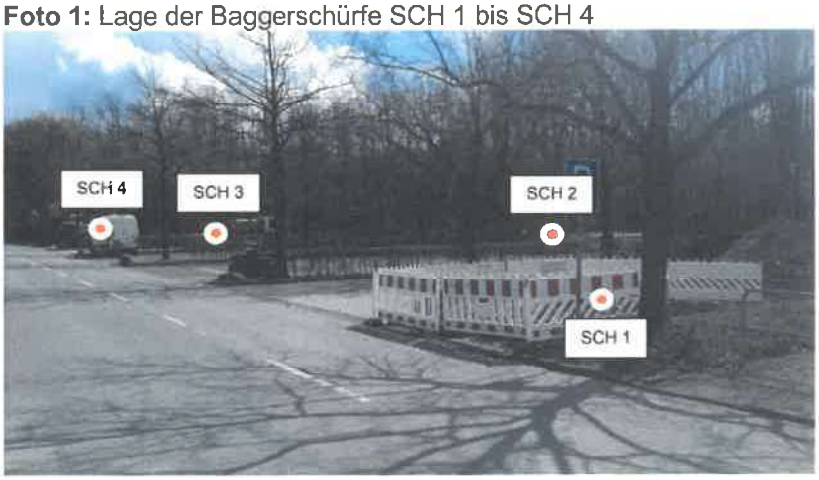


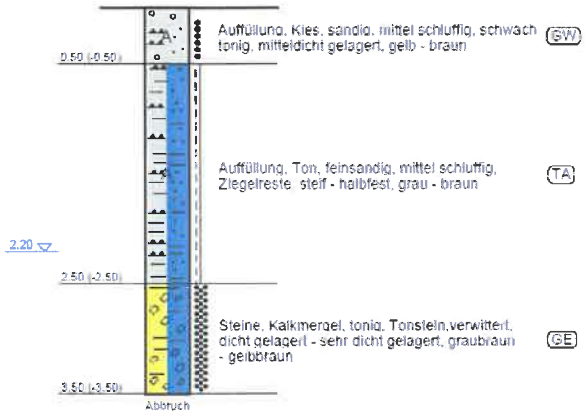
Foto 1: Lage der Baggerschürfe SCH 1 bis SCH 4



Abbildungen 2b bis 2h: Profilbalkendarstellung der Baggerschürfe und Rammkernsondierungen

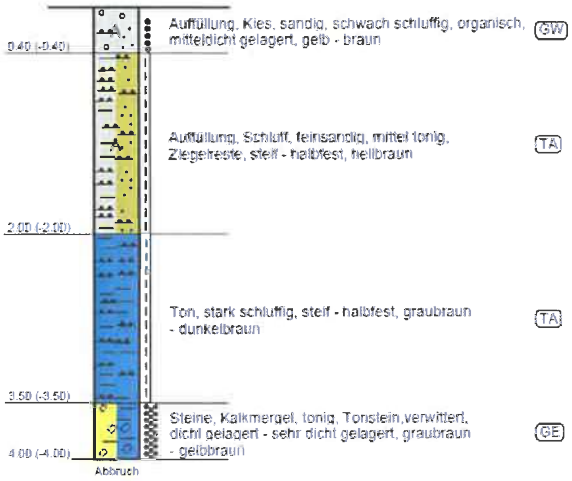
SCH 1

0,0 m = OK Gelände



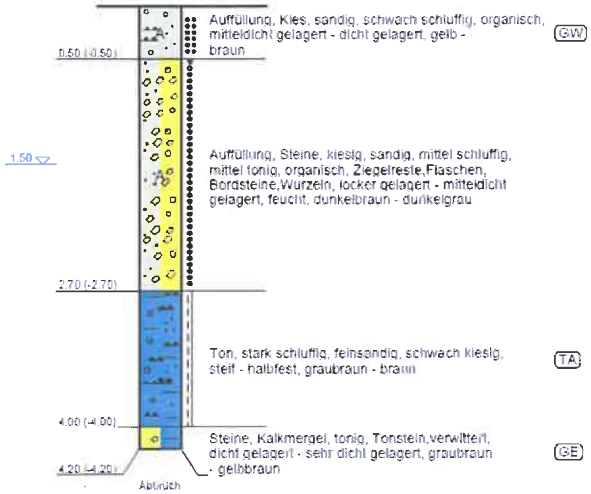
SCH 2

0,0 m = OK Gelände



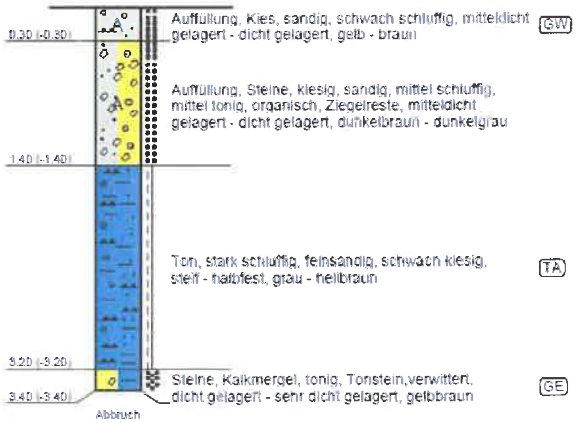
SCH 3

0,0 m = OK Gelände



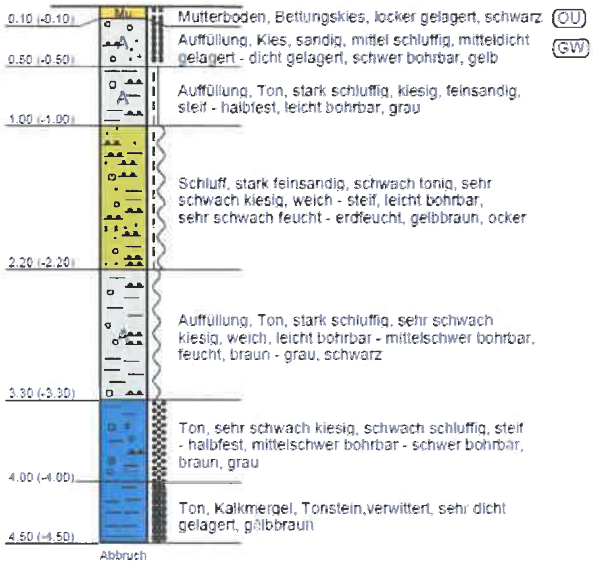
SCH 4

0,0 m = OK Gelände



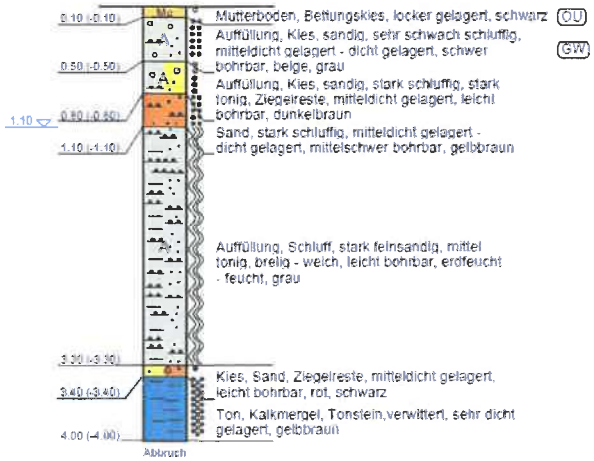
RKS 1

0,0 m = OK Gelände



RKS 2

0,0 m = OK Gelände



RKS 3

0,0 m = OK Gelände

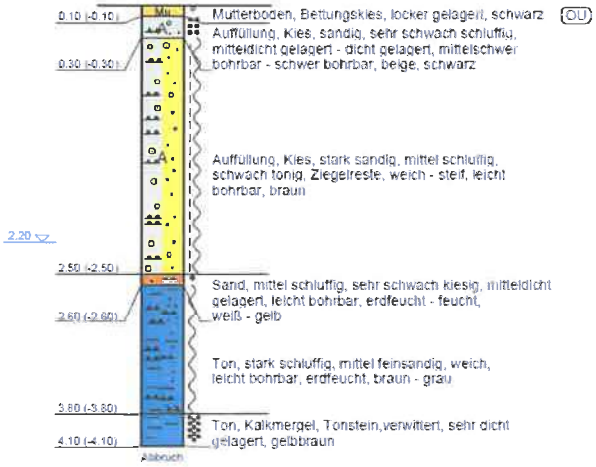


Foto 2: Baggerschurf SCH 1

Foto 3: Baggerschurf SCH 2

Foto 4: Baggerschurf SCH 3

Foto 5: Baggerschurf SCH 4

Baubereich "Baseballhalle"

Abbildung 3a: Lage der Erkundungsstellen

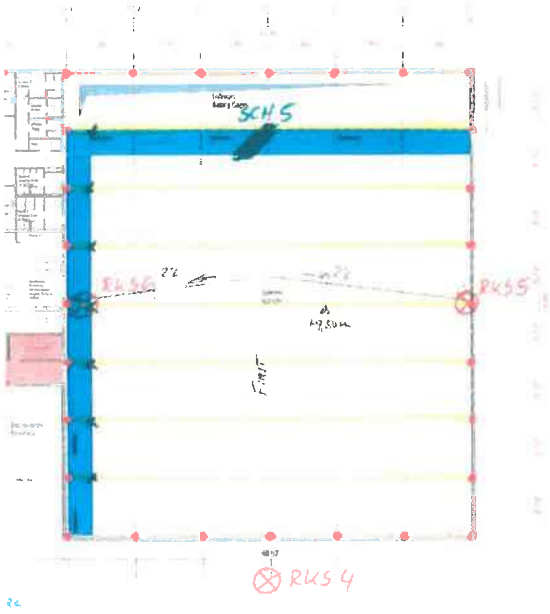


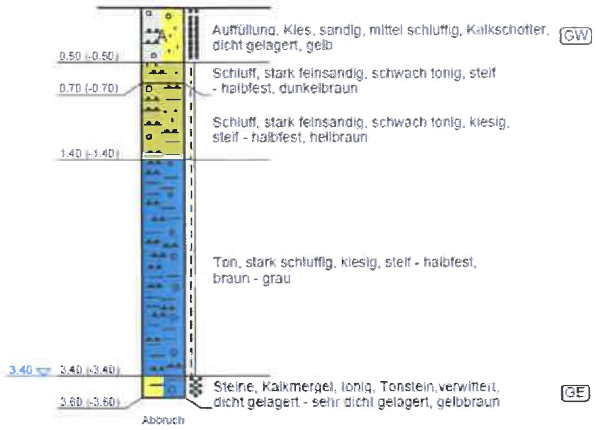
Foto 6: Lage der Rammkernsondierungen RKS 4 bis RKS 6

Foto 7: Lage der Baggerschürfgrube SCH 5

Abbildungen 3b bis 3e: Profilbalkendarstellung des Baggerschurfes und Rammkernsondierungen

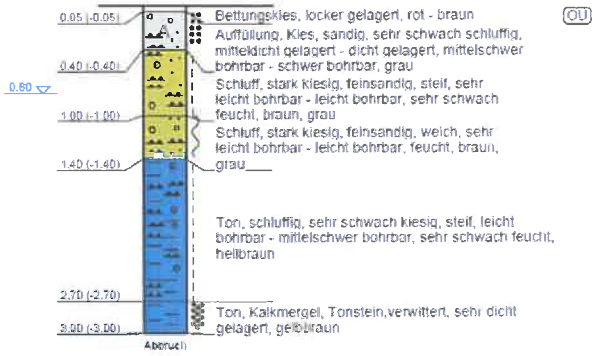
SCH 5

0,0 m = OK Gelände



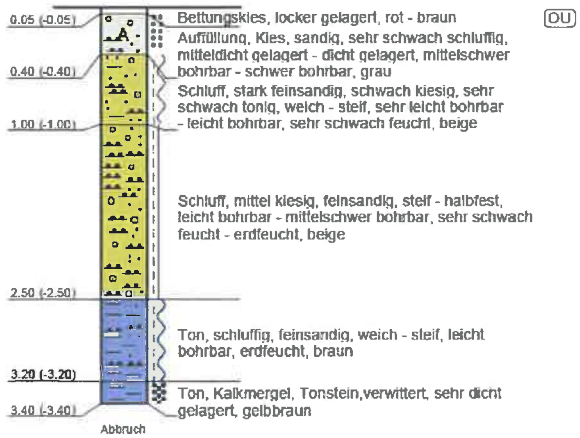
RKS 4

0,0 m = OK Gelände



RKS 5

0,0 m = OK Gelände



RKS 6

0,0 m = OK Gelände

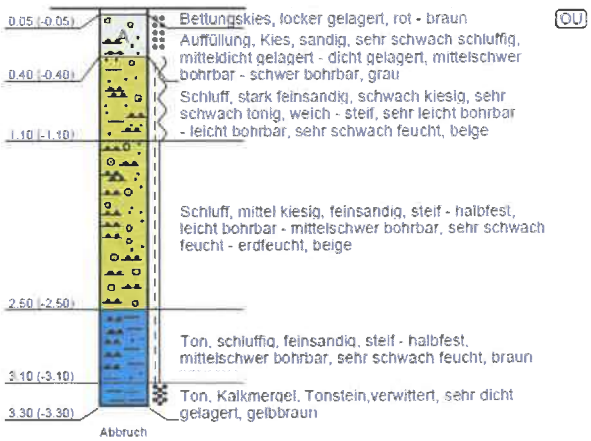


Foto 8: Baggerschurf SCH 5

Zusammenfassung:

Baubereich Parkdeck: Die Geländeoberfläche an den Erkundungsstellen (außerhalb der Verbundsteinoberfläche angesetzt) ist zunächst durch Kalkschotter abgedeckt (d = 0,3 bis 0,5 m). Örtlich besteht Oberboden aus Mutterboden und Bettungskies. Darunter hat der Erkundungsbefund Auffüllungen (z.T. als Bauschutt) bis in Tiefen zwischen 2,0 und 3,4 m unter GOK festgestellt. Ab deren Basis befinden sich vorwiegend weiche bis steife, örtlich auch halbfeste Ton- und Schluffböden. Den Abschluss des erkundeten Bodenprofils bilden dicht bis sehr dicht gelagerte Kalkmergel / Tonsteine ab Tiefen zwischen 2,5 und 4,0 m unter GOK.

Baubereich Baseballhalle: Nach ca. 0,5 m Kalksteinschotterbefestigung der Oberfläche (außerhalb der Verbundsteinoberfläche) folgen Schluffe und Tone in teils weicher, meist jedoch steif bis halbfester Konsistenz. Ab Tiefen zwischen 2,7 und 3,4 m unter GOK beginnt auch hier der dicht bis sehr dicht gelagerter Schichthorizont aus Kalkmergel / Tonstein.

4.3 Grundwasserverhältnisse

Während den Erkundungsarbeiten konnte in einigen Schürf- und Bohrstellen Grundwasser eingemessen werden wie folgt:

Baubereich "Parkdeck"

Schurf / Bohrung	Wasserstand m u. GOK	Bemerkungen
SCH 1	2,20	-----
SCH 2	n.a.	-----
SCH 3	1,60	-----
SCH 4	n.a.	-----
RKS 1	n.a.	Bohrloch zugefallen bei 1,70 m unter GOK
RKS 2	1,10	Bohrloch zugefallen bei 2,95 m unter GOK
RKS 3	2,20	Bohrloch zugefallen bei 3,90 m unter GOK

Tabelle 1a: Ergebnisse Grundwassermessung n.a. = nicht angetroffen

Baubereich "Baseballhalle"

Schurf / Bohrung	Wasserstand m u. GOK	Bemerkungen
SCH 5	3,40	-----
RKS 4	0,80	Bohrloch zugefallen bei 1,00 m unter GOK
RKS 5	n.a.	Bohrloch zugefallen bei 2,70 m unter GOK
RKS 6	n.a.	Bohrloch zugefallen bei 3,10 m unter GOK

Tabelle 1b: Ergebnisse Grundwassermessung n.a. = nicht angetroffen

Bei den Einzelwasserführungen handelt es sich um Schichtenwasser, welches sich kavernös über geringer durchlässigen Bodenzonen staut.

Generell gilt es zu beachten, dass die aktuelle Situationserhebung lediglich die Gegebenheiten zum Zeitpunkt der Erkundungsdurchführung wiederspiegeln. Langzeitmessungen liegen nicht vor.

Im Verlauf länger andauernder Niederschläge und Anreicherung aus dem umliegenden Niederschlagseinzugsgebiet können vermehrt Grundwasserführungen auftreten. In diesem Zusammenhang sollte beachtet werden, dass die tonig zersetzten Verwitterungsbildungen wasserstauend wirken, d.h. versickerndes Niederschlagswasser kann nicht oder nur sehr zeitversetzt in tiefere Untergrundregionen abgeführt werden.

Beim Anschnitt sind somit im ungünstigsten Fall Wasserzutritte nicht auszuschließen. Dies betrifft vor allem die niederschlagsreicheren Frühjahrsmonate. Demgegenüber kann in den niederschlagsdefizitären Sommermonaten jeglicher Wassereinfluss ausbleiben.

Langfristige Aussagen der bodenhydrologischen Gegebenheiten können nur nach Herstellung von verrohrten Messpegeln bzw. -brunnen erfolgen. Die u.s. Empfehlungen sind daher vorbehaltlich einer eingehenderen und langfristigeren Grundwasserbeobachtung zu sehen.

4.4 Charakteristische Bodenkennwerte

Auf der Grundlage der bodenkundlichen Prüfungen werden die bis zur maximalen Erkundungstiefe angetroffenen Bodenschichten hinsichtlich ihrer wahrscheinlichen Kennwerte abgeleitet und sind **Mittelwerte**. Die Tabellenwerte gelten für den natürlichen, d.h. ungestörten Zustand.

Bodenschicht	Wichte γ / γ' kN / m³	Reibungs-winkel φ' Grad	Steife-modul E_s kN / m²	Kohäsion c' / c_u kN / m²
Mutterboden (Oberboden)	17,0 / 7,0	17,5	kein Lastboden	0,0 / 15,0
Kies (Kalkschotter - Auffüllung)	18,5 / 8,5	37,5	60.000	0,0 / 0,0
Ton (Auffüllung)	19,5 / 9,5	22,5	5.000	25,0 / 75,0
Schluff (Auffüllung)	19,5 / 9,5	22,5	5.000	5,0 / 25,0

Fortsetzung nächste Seite

Kies, schluffig (Auffüllung)	19,0 / 9,0	35,0	20.000	0,0 / 2,0
Sand, schluffig (Verwitterungslehm)	19,0 / 9,0	30,0	20.000	0,0 / 2,0
Schluff (Verwitterungslehm)	19,5 / 9,5	22,5	5.000	5,0 / 25,0
Ton (Verwitterungslehm)	20,5 / 10,5	22,5	8.000	35,0 / 75,0
Ton, Kalkmergel, Tonstein (Verwitterungszone, Kreide)	21,0 / 11,0	30,0	80.000	15,0 / 35,0
Steine, Kalkmergel, Tonstein (Verwitterungshorizont Kreide)	22,0 / 12,0	>45,0	150.000	0,0 / 0,0

Tabelle 2: Charakteristische Bodenkennwerte

4.5 Bautechnische Einteilung

Bis zur maximalen Tiefe der Erkundungsstellen werden die angetroffenen Bodenschichten hinsichtlich ihrer wahrscheinlichen Kennwerte abgeleitet und sind **Mittelwerte**. Die Kennwerte der Tabelle gelten für den natürlichen, d.h. ungestörten Zustand.

Bodenschicht	**Boden-gruppe** DIN 18196	**Klassifikation** DIN 18196	**Boden-klasse** DIN 18300	**Homogen-bereich** "Erdarbeiten" *)	**Frost-empfindlichkeit** ZTVE-StB
Mutterboden (Oberboden)	OU	Böden mit organischen Beimengungen	1	A	F 2
Kies (Kalkschotter - Auffüllung)	GW	bindige, feinkörnige und bindige, gemischt-körnige Böden	3	B	F 1
Ton (Auffüllung)	TM - TA	bindige, feinkörnige und schwach bindige, gemischt-körnige Böden	4 - 5	C	F 3

Fortsetzung nächste Seite

		bindige,			

Kies, schluffig (Auffüllung)	GU	gemischt-körnige Böden	3	B	F 2
Sand, schluffig (Verwitterungslehm)	SU - SU*	bindige, feinkörnige Böden	4	C	F 3
Schluff (Verwitterungslehm)	UL	bindige, feinkörnige Böden	4	C	F 3
Ton (Verwitterungslehm)	TM - TA	bindige, feinkörnige Böden	4 + 5	C	F 3
Ton, Kalkmergel, Tonstein (Verwitterungszone, Kreide)	-----	-----	6	D	F 3
Steine, Kalkmergel, Tonstein (Verwitterungshorizont Kreide)	-----	-----	6	D	F 3

Tabelle 3: Bautechnische Einteilung *) Vorschlag - ohne VOB - rechtswirksamen Charakter

Erläuterungen zu den Einteilungen

➢ **Bodengruppen (DIN 18196)**

- **GE**: enggestufte Kiese **GW** weitgestufte Kies - Sand - Gemische **GI**: intermittierend gestufte Kies - Sand - Gemische
- **SE**: enggestufte Sande **SW** weitgestufte Sand - Kies - Gemische **SI**: intermittierend gestufte Sand - Kies - Gemische
- **GU bzw. GU***: Kies - Schluff - Gemische **GT bzw. GT***: Kies - Ton - Gemische
- **SU bzw. SU***: Sand - Schluff - Gemische **ST bzw. ST***: Sand - Ton - Gemische
- **UL:** leicht plastische Schluffe **UM**: mittelplastische Schluffe **UA**: ausgeprägt plastische Schluffe
- **TL:** leicht plastische Tone **TM**: mittelplastische Tone **TA**: ausgeprägt plastische Tone
- **OU:** Schluffe mit organischen Beimengungen **OT**: Tone mit organischen Beimengungen
- **OH:** grob- bis gemischtkörnige Böden mit Beimengungen humoser Art **HN**: nicht bis mäßig zersetzte Torfe (Humus)
- **HZ:** zersetzte Torfe **A**: Auffüllungen

➢ **Bodenklassen (DIN 18300 und VOB "Erdarbeiten"):**

- **Bodenklasse 1**: Oberboden (Mutterboden) - oberste Bodenschicht, die neben anorganischen Stoffen auch Humus und Bodenlebewesen enthält.
- **Bodenklasse 2**: Fließende Bodenarten - von flüssiger bis zähflüssiger Beschaffenheit, die das Wasser schwer abgeben.
- **Bodenklasse 3**: Leicht lösbare Bodenarten - nicht bindige bis schwach bindige Sande, Kiese, und Sand - Kies - Gemische mit bis zu 15 Gewichtsprozent Beimengungen an Schluff und Ton und mit höchstens 30 Gew.-% Steinen über 63 mm Korngröße und bis zu 0,01 m³ Rauminhalt. Organische Bodenarten mit besserer als breiiger Konsistenz sowie Torfe.
- **Bodenklasse 4**: Mittelschwer lösbare Bodenarten - Gemische von Sand, Kies, Schluff und Ton mit einem Anteil von mehr als 15 Gew.-%, sowie bindige von leichter bis mittlerer Plastizität und höchstens 30 Gew.-% Steine von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m³ Rauminhalt.
- **Bodenklasse 5**: Schwer lösbare Bodenarten - Bodenarten nach den Bodenklassen 3 und 4, jedoch mit mehr als 30 Gew.-% Steinen von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m³ Rauminhalt. Ebenso nicht bindige und bindige Bodenarten mit höchstens 30 Gew.-% Steinen von über 0,01 m³ bis 0,1 m³ Rauminhalt sowie ausgeprägt plastische Tone, die je nach Wassergehalt weich bis fest sind.

- **Bodenklasse 6**: Felsarten, die einen inneren, mineralisch gebundenen Zusammenhalt haben, jedoch stark klüftig, brüchig, bröckelig, schiefrig, weich oder verwittert sind, sowie vergleichbare verfestigte bindige und nicht bindige Bodenarten, wie sie z.B.

durch Austrocknen, Gefrieren oder chemischen Bindungen hervorgerufen werden; nicht bindige und bindige Bodenarten mit mehr als 30 Gew.-% Steinen von über 0,01 m³ bis 0,1 m³ Rauminhalt.

- **Bodenklasse 7**: Schwer lösbarer Fels - Felsarten, die einen inneren, mineralisch gebundenen Zusammenhalt und hohe Gefügefestigkeit haben und die nur wenig klüftig oder verwittert sind. Festgelagerter, unverwitterter Tonschiefer, Nagelfluhschichten, Schlackenhalden der Hüttenwerke sowie dergleichen.

➢ **Homogenbereiche (DIN 18300 (2015) und VOB / C "Erdarbeiten"):**

- ***Definition:*** *Gemäß ATV DIN 18304 (2012) sind Boden und Fels in Homogenbereiche (Schichteneinteilung) einzuteilen. Ein Homogenbereich ist ein begrenzter Bereich aus einer oder mehreren Boden- und Felsschichten nach DIN 4020 und DIN EN 1997, T. 2, dessen bautechnische Eigenschaften eine definierte Streuung aufweisen und sich von den Eigenschaften der abgegrenzten Bereiche abheben.*

- Die DIN 18300 (2012) wurde zurückgezogen - **die Einteilung in Bodenklassen (bisher 1 - 7) entfällt.**

➢ **Frostempfindlichkeit (ZTVE - StB 09):**

- **Frostempfindlichkeitsklasse F1**: nicht frostempfindlich
- **Frostempfindlichkeitsklasse F2**: gering bis mittel frostempfindlich
- **Frostempfindlichkeitsklasse F3**: sehr frostempfindlich

Hinweise:

Die Abschätzung der Werte für die Homogenbereiche erfolgt auf Grundlage der durchgeführten Untersuchungen und der Erfahrung aus Projekten mit ähnlichen / vergleichbaren Böden sowie auf Grundlage von Literatur- und Tafelwerten. Die Angabe der nach DIN 18300 vorgesehenen Kennwerte für die Homogenbereiche ist mit entsprechender Genauigkeit und Aussagekraft nur auf der Grundlage eines entsprechenden Umfangs an Feld- und Laboruntersuchungen möglich.

Homogenbereich A: Oberboden - Die ATV DIN 18300 gilt nicht für Oberbodenarbeiten und Rodungsarbeiten sowie den Schutz von Bäumen, Pflanzenbeständen und Vegetationsflächen (siehe ATV DIN 18915 / DIN 18320 - "Landschaftsbauarbeiten") Umweltrelevante Inhaltsstoffe sind zu beachten. Es sind zudem die Belange des Bodenschutzes im Rahmen einer bodenkundlichen Fachbauleitung im Zuge des Projektes zu berücksichtigen.

4.6 Durchlässigkeit und Versickerungsfähigkeit

Zur Bestimmung der hydraulischen Leitfähigkeit (= Wasserdurchlässigkeit) für den Untergrund oberhalb der Grundwasseroberfläche ist es notwendig den k_f - Wert (so genannter "Durchlässigkeitsbeiwert") festzustellen.

Für die Bodenschichten bis in maximale Tiefe des Erkundungsaufschlusses werden die Durchlässigkeiten nach Erfahrung wie folgt abgeschätzt:

Bodenschicht	k_f - Wert m / s	Durchlässigkeit nach DIN 18130
Mutterboden (Oberboden)	10^{-5} - unter 10^{-6}	durchlässig bis schwach durchlässig
Kies (Kalkschotter - Auffüllung)	10^{-3} - 10^{-4}	stark durchlässig
Ton (Auffüllung)	unter 10^{-8}	sehr schwach durchlässig
Kies, schluffig (Auffüllung)	10^{-5} - unter 10^{-6}	durchlässig bis schwach durchlässig
Sand, schluffig (Verwitterungslehm)	10^{-5} - unter 10^{-6}	durchlässig bis schwach durchlässig
Schluff (Verwitterungslehm)	unter 10^{-6} - unter 10^{-8}	schwach durchlässig bis sehr schwach durchlässig
Ton (Verwitterungslehm)	unter 10^{-8}	sehr schwach durchlässig
Ton, Kalkmergel, Tonstein (Verwitterungszone, Kreide)	unter 10^{-8}	sehr schwach durchlässig
Steine, Kalkmergel, Tonstein (Verwitterungshorizont Kreide)	unter 10^{-8}	sehr schwach durchlässig

Tabelle 4: Abschätzung Durchlässigkeit

4.7 Erdbebensicherheit

Nach DIN EN 1998-1 / NA: 2011-01 und der aktuellen zugehörigen "Karte der Erdbebenzonen in der Bundesrepublik Deutschland" gehört die Umgebung zu keiner Erdbebenzone.

5. Ingenieurgeogische Beratung

5.1 Baseballhalle

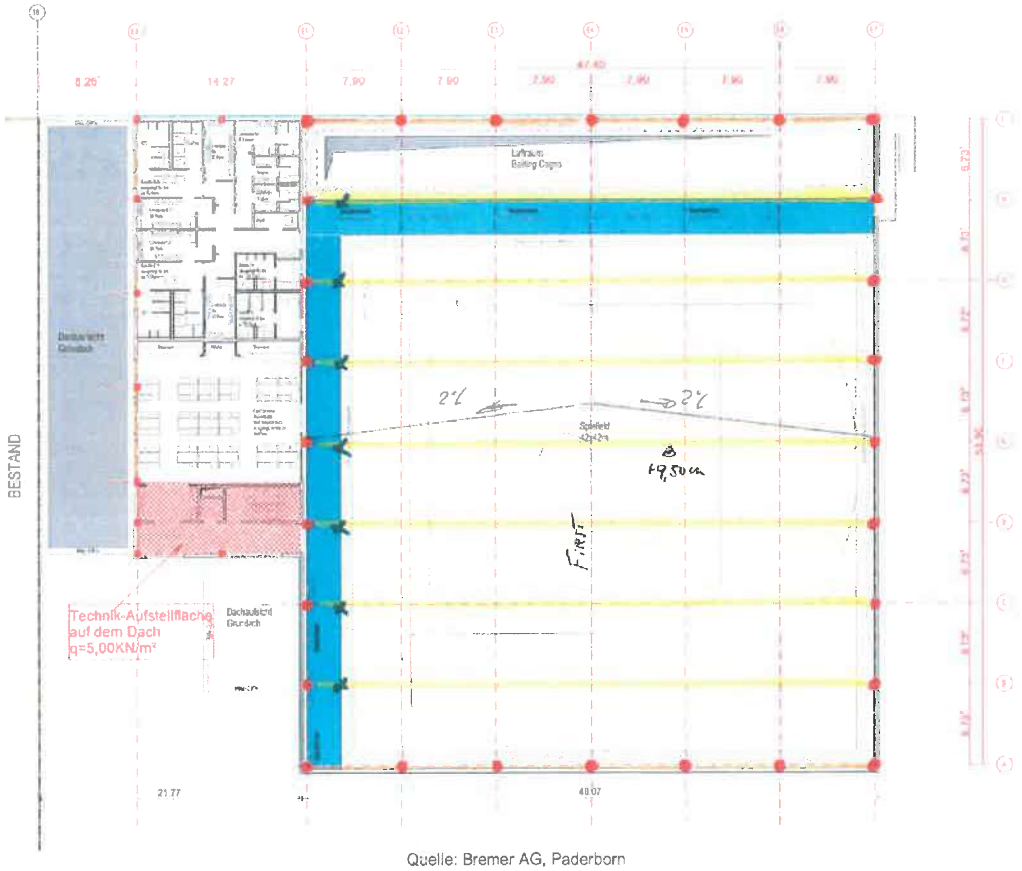
5.1.1 Planung

Die Anordnung erfolgt auf der Nordseite an das bestehende Sportstättengebäude zunächst über einen ein- bis zwei- geschossigen Zwischenbau, an dem sich die Baseballhalle anschließen soll.

Die Halle erhält die Abmessungen zwischen den Außenachsen von L = 53,90 m Länge und B = 47,40 m Breite. Eine Unterkellerung wird nicht beabsichtigt. Geplant ist, die Fußbodenoberkante des Erdgeschosses durchlaufend anzuordnen. Eine Höheneinstellung ist noch nicht festgelegt.

Die nachstehende Abbildung zeigt mit dem zur Verfügung gestellten Grundriss "Dachkonstruktion Halle" die Draufsicht auf das geplante Gebäude.

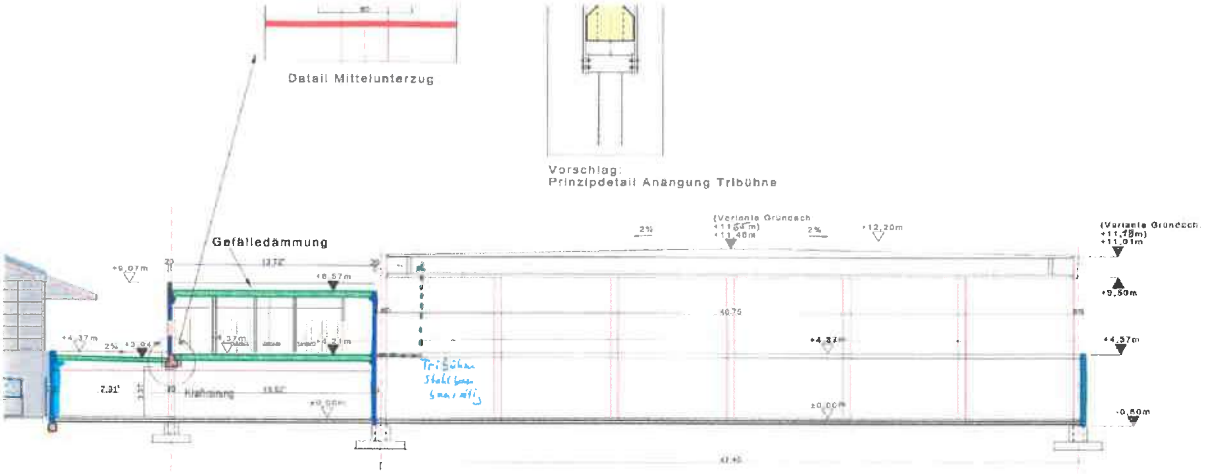
Abbildung 4: Dachkonstruktion Halle (Planstand: 02.03.2021)



Quelle: Bremer AG, Paderborn

Die nächste Abbildung zeigt einen Schnitt durch das Gebäude.

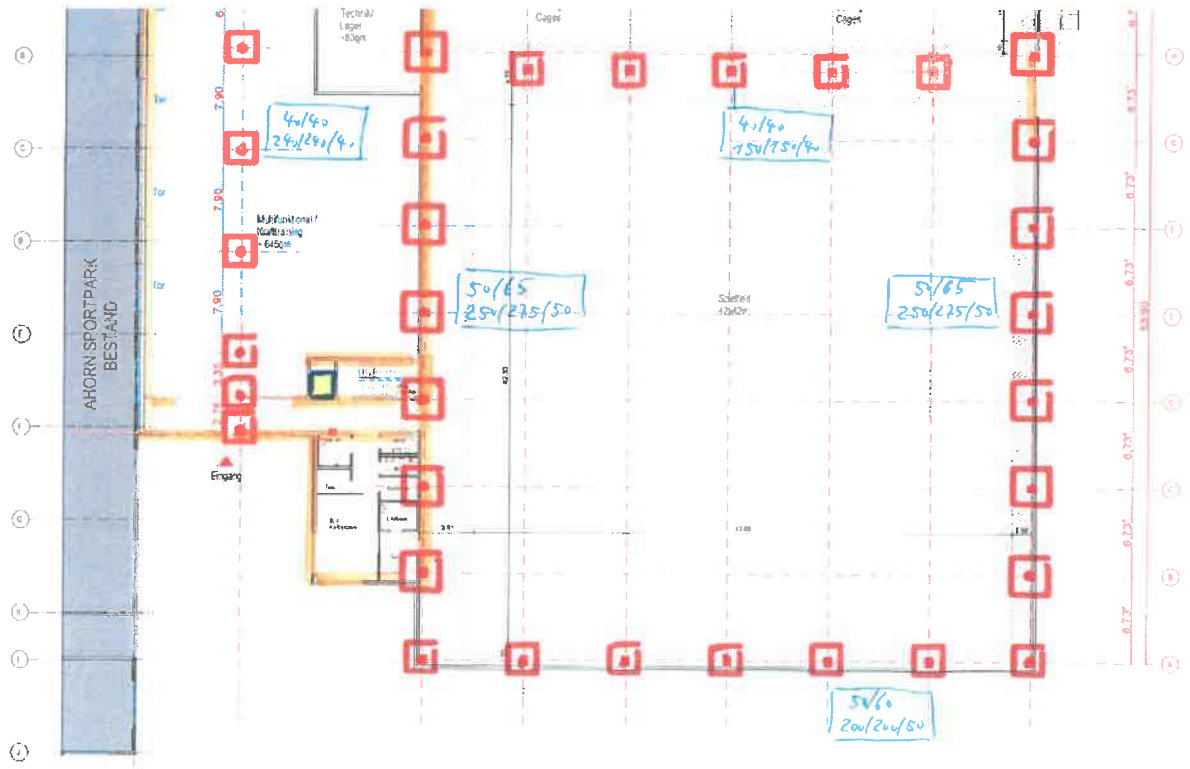
Abbildung 5: Schnitt (Planstand: 02.03.2021)



Quelle: Bremer AG, Paderborn

Die Gründung ist über Einzelfundamente im Stützenrastersystem über angeformte Gründungskörper konzipiert. Zudem werden Raumwände des Zwischenbaus mit Ortbeton - Streifenfundamenten gegründet. Die nachstehende Abbildung zeigt das entwickelte Konzept.

Abbildung 6: Gründung (Planstand: 01.03.2021)



Quelle: Bremer AG, Paderborn

Innerhalb des Zwischenbaus wird ein Aufzug integriert.

Den zur Verfügung gestellten Unterlagen ist zu entnehmen, dass zur Bemessung eine vorläufige zulässige mittlere Bodenpressung von zul. σ_k = 250 kN / m² zugrunde liegt. Das Steifemodul wird mit $E_{s,k}$ = 30 MN / m³ angesetzt.

5.1.2 Erdarbeiten; Anlegung des Planums

Das Baufeld im Bereich der geplanten Baseballhalle liegt in den überwiegenden Flächenbereichen über einer bisher als PKW - Parkplatz genutzten Fläche. Die Fläche ist mit Pflaster und Schotter befestigt. Richtung Westen schließt sich eine Geländefläche mit Gehölzbestand an.

Eine exakte Höheneinmessung des Geländes liegt noch nicht vor. Dennoch kann davon ausgegangen werden, dass die topografischen Verhältnisse +/- eben ausgeprägt sind. Höhenunterschiede dürften sich im wenigen Zentimeter- bis Dezimeterbereich bewegen.

Unterhalb des Pflasterbelags mit unterlagerndem Bettungskies (d = 0,05 m) oder geländeabdeckender Kalkschotterschicht (d = 0,50 m) schließt sich am Nordrand (SCH 5) steif bis halbfestkonsistenter Schluff bis Tiefe von 1,40 m an. Die an den Ost-, West- und Südrändern des Hallengrundrisses angesetzten Rammkernsondierungen RKS 4 bis 6 haben aufgefüllten sandig - sehr schwach schuffigen Kies bis Tiefe von 0,40 m angetroffen. Darunter folgen in allen Untersuchungsstellen unterschiedlich sandig - kiesige Schluffe in weich bis halbfester Konsistenz. Ab Tiefen zwischen 2,70 und 3,40 m unter Gelände wechselt der Untergrund zu verwitterten Gesteinen aus Kalkmergeln und Tonsteinen. Diese liegen im Schichthorizont in tonig zersetzter Matrix vor. Nach sensitiver Einschätzung sind die Böden dicht bis sehr dicht gelagert.

Eine konkrete Höheneinstellung für die Fußbodenoberkante lag während der Bearbeitung noch nicht vor. Auch Angaben zum geplanten Fußbodenaufbau sind aktuell noch nicht bekannt.

Wird vorerst von einem Konstruktionsaufbau für Fußboden und kapillarbrechendem Kiesunterbau von insgesamt 0,50 m ausgegangen und erfolgt die Höheneinstellung in Oberkante derzeitigem Gelände, erreicht das Niveau des Planums den Schichthorizont der weich bis halbfesten Schluffe.

Übliche Tragfähigkeitsanforderungen für das Planum umfassen:

$E_{V2} \geq 45$ MN / m²	Erdplanum
$E_{V2} / E_{V1} = 2{,}5$	Verdichtungsverhältnis

Die flächendeckende Prüfung erfolgt über Lastplattendruckversuche nach DIN 18134.

Für Flächenabschnitte mit eingeschränkter Konsistenz (z.B. "weich bis steif") sind erfahrungsgemäß Tragfähigkeiten zwischen E_{V2} = 12 bis 15 MN / m² zu erwarten, so dass für derartige Bereiche Verbesserungen der Tragfähigkeitseigenschaften angezeigt sind. Zu diesem Zweck bieten sich folgende Varianten an:

Variante 1: Austausch der konsistenzabgeminderten Böden in Schichtdicke von d = 0,30 m und Ersatz durch gleichmäßig kornabgestufte und raumbeständig verdichtbare mineralische Erdbaustoffe. Denkbar wäre für diesen Zweck die vorab abgetragenen und separierten mineralischen Oberbauschichten der bisherigen Oberflächenbefestigung zu verwenden, deren Eignung für diesen Zweck erwartet wird. Die Erdbaustoffen sind intensiv in Längs- und Querrichtung sowie überlappenden Übergängen zu verdichten. Die Qualität der Verdichtung ist durch Lastplattendruckversuche nachzuweisen.

Variante 2: Verbesserung der Verdichtbarkeit und Tragfähigkeit des anstehenden bindig, feinkörnigen Bodens durch Einarbeiten von Kalk. Hierzu wird dem Boden je nachvorliegendem natürlichen Wassergehalt Feinkalk oder Kalkhydrat hinzugefügt (Hauptziel: Sofortwirkung), homogenisiert und anschließend verdichtet. Die derart verbesserte Schicht sollte eine Dicke von d = 0,30 m umfassen. Zur Festlegung der Kalkmenge werden baubegleitend Bestimmungen des natürlichen Wassergehaltes w_n und der Proctordichte D_{pr} erforderlich.

Aufgrund der örtlichen Bedingungen ist zu beachten, dass bindige oder stark verdichtete Böden zu Stauwasserbildungen und in dessen Folge zu Aufweichungen bis hin zu Verbreiungen neigen. Daher ist grundsätzlich im Hinblick auf die Befahrbarkeit, Bearbeitbarkeit und die Tragfähigkeit des Erdplanums für die betreffenden Geländebereiche eine Tagwasserhaltung mittels Dränagen, Pumpensümpfen und Schmutzwasserpumpen vorzusehen, um Oberflächenwasser effektiv abzuführen.

Allgemeine Eigenschaften der anstehenden Böden

Für die geländenah anstehenden Schluffe ist zu beachten, dass diese stark wasserempfindlich sind. Jegliche Wassergehaltsänderung bewirkt eine Veränderung der Eigenschaften. Insbesondere bei erhöhter Feuchteanreicherung (z.B. im Verlauf länger andauernder Niederschläge) kann eine Verschlechterung der bodenphysikalischen Eigenschaften zur Folge haben. Die Lehme gelten im Allgemeinen als nur mäßig durchlässig.

Aufgrund seiner Kornstruktur besitzt dieser Boden jedoch eine recht hohe Aufnahmekapazität gegenüber Wasser. Diese Eigenschaft bewirkt ein schwammartiges Aufsaugen von einwirkenden Sickerwässer bis zum Sättigungspunkt. Danach tritt eine Stauwirkung auf, da der Boden das Wasser nur langsam zur Tiefe hin abgeben kann. Ist der Boden bereits wassergesättigt, ist mit einer stark verminderten Aufnahmekapazität zu rechnen.

Er reagiert somit sehr empfindlich auf geringfügige Erhöhungen des natürlichen Wassergehaltes, z.B. durch Niederschläge oder Zutritt von Grundwasser, sowie auf

dynamische Beanspruchung, z.B. durch Befahren mit schwerem Gerät oder durch dynamisches Verdichten. Durch beide Vorgänge vermindert sich die Konsistenz bis hin zur Verbreiung.

Plötzliche Belastung und dynamische Beanspruchung von durchfeuchteten Böden führen zum Ausquetschen und Grundbruch. Beim Befahren des durchfeuchteten Bodens mit schwerem Gerät, wie z.B. Raupen- oder Radbagger, wird dieser durchwalkt. Es entsteht eine teigartige Masse, eine Emulsion aus feinstverteiltem Wasser, Luftbläschen und Erdstoff. Diese teigartige Masse ist im Übrigen auch für Rohrbettungen oder als Untergrund von Verkehrsflächen völlig ungeeignet.

Außerdem sind die Böden darüber hinaus sehr frost- und witterungsempfindlich.

Die Verdichtbarkeit der feinkörnigen Böden ist je nach Konsistenz mäßig bis schlecht. Weiche und breiig bis weiche Böden sind nicht verdichtbar.

Die bindigen Böden müssen vor einem Wiedereinbau mechanisch aufbereitet (Fräsen) und mit Branntkalk oder Mischbinder versetzt werden.

Den Schluffen schließen sich Tone an. Sie sind ähnlich zu bewerten wie die Schluffe. Im Unterschied zum Schluff reagieren Tone, insbesondere die ausgeprägt plastischen Tone, bei Abnahme ihres Wassergehaltes durch erhebliche Volumenminderung und schrumpfen. Je größer die Plastizität eines Gesteins ist, desto mehr kann dieses bei Wasserentzug schrumpfen. Sie sind darüber hinaus sehr frost-, witterungs- und erosionsempfindlich. Frostempfindlichkeit und Erosionsempfindlichkeit der ausgeprägt plastischen Tone sind deutlich geringer.

Tone lassen sich nur schlecht verdichten und sind daher für den Wiedereinbau wenig bis ungeeignet.

Das unterste erkundete Schichtglied wird von verwitterten Mergelgesteinen bestimmt. Die Verwitterungsbildungen sind als "dicht bis sehr dicht" beschrieben worden. Bodenmechanisch zeigte sich der Boden im Baggerschurf in Form von tonig durchsetzten Steinen. Es handelt sich um einen gut belastungsfähigen Baugrund. Bei Lasteinleitung wird eine geringe Verformungsempfindlichkeit erwartet.

5.1.3 Gründungskonzept Fundamente

Im Folgenden wird auf der Grundlage der vorliegenden Erkundungsergebnisse ein Gründungskonzept vorgestellt. Hierbei gilt besonders zu beachten, dass der statischen Bemessung des Gründungssystems die maßgebliche Interaktion zwischen Bauwerk und Baugrund zugrunde liegt. Für die Gründung des Bauvorhabens sind neben den projektspezifische Lasten und Konstruktionsbesonderheiten auch die Nutzungsanforderungen des Bauwerkes zu berücksichtigen.

Vom Grundsatz her ist zudem zu beachten, dass die Gründung des Bauvorhabens zur Gewährleistung gleichartiger Bedingungen innerhalb eines ausreichend tragfähigen Baugrundes erfolgt.

Die Region befindet sich in Anlehnung an das Regelwerk RStO 12 - *"Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen"* innerhalb der **Frosteinwirkungszone II**. Nach FLOSS, Kirschbaum-Verlag, 3. Auflage, Bild 54, wird bei Zone I, Gebiet 2, die Berücksichtigung einer Frosteindringtiefe von >90 bis 95 cm empfohlen, d.h. Gründungskörper sollten mit ihrer Sohle eine seitliche Erdüberdeckung entsprechend der angegebenen Tiefe aufweisen.

Da bisher noch keine detaillierten Auskünfte hinsichtlich der statischen Fundament - Absetztiefen vorliegen, wird vorerst von einer frostfreien Konstruktionshöhe von 1 m für Fußboden und statischen Fundament ausgegangen.

Wird dieses Niveau als Bearbeitungsgrundlage bestätigt, stehen an im Bereich der Erkundungsstellen:

SCH 5 → Schluff - steif bis halbfest

RKS 4 → Schluff, stark kiesig - weich

RKS 5 → Schluff - steif bis halbfest

RKS 6 → Schluff, stark feinsandig - weich bis steif / Übergang Schluff - steif bis halbfest

Die unmittelbare Einwirkung der Bauwerkslasten erreicht somit bindige, feinkörnige und somit plastisch reagierende Untergrundverhältnisse. Zudem sind teilweise unterschiedlich steife Böden zu beachten. Schließlich ist die Tiefe der mittelbaren Lasteinwirkung bedeutsam, die etwa der 1,5 - fachen Fundamentbreite entspricht. Hier sind Tone in steif bis halbfester Konsistenz anzutreffen, die zwar als Baugrund geeignet sind, jedoch keine ausreichenden Steifemodule (Maß der Verformbarkeit) aufweisen.

Gemäß den Vorgaben wird für die Lastabtragung vorläufig die mittlere Bodenpressung von zul. σ_k = 250 kN / m^2 angestrebt. Demgegenüber wird die

aufnehmbare Bodenpressung (Sohldruck) des anstehenden Bodens mit σ_k = 150 kN / m² zu begrenzen sein (Ton maßgebend).

Als sichere und optimierte Gründung ist eine Tragfähigkeitsverbesserung über den Einbau eines **mineralischen Gründungspolsters** unterhalb der Fundamente in die Diskussion einzuführen.

Zu diesem Zweck wird ein gleichmäßig kornabgestuftes, hohlraumarm verdichtbares und raumbeständiges Brechkorngemisch prismatisch unterhalb der Fundamente hergestellt (z.B. Körnung 0 - 32 oder 0 - 45 mm).

Qualifizierte Erdbaustoffe finden in Anlehnung an die TL SoB-StB - *"Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau"* bzw. ZTV SoB-StB - *"Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau"* ihre Anwendung.

Folgende mittlere bodenphysikalische Kennwerte werden bei Verwendung eines mineralischen Gesteins der Bodengruppe GW und Gewährleistung einer dichten Lagerung (D_{Pr} = 103 %) abschätzend erwartet:

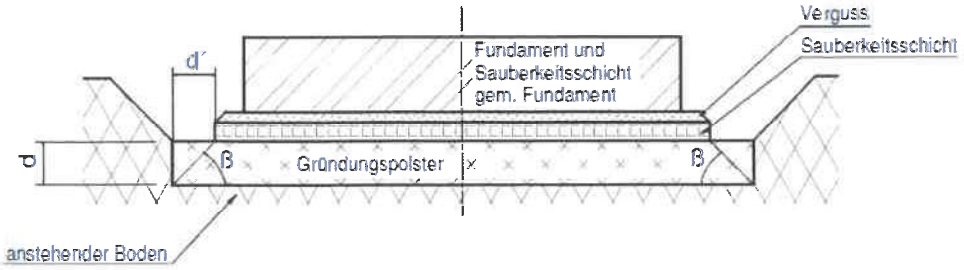
$\gamma / \gamma`$	=	19,0 / 12,0 kN / m³	Wichte
φ	=	37,5 °	Reibungswinkel
c	=	0,0 kN / m²	Kohäsion
$\mathbf{E_s}$	=	80.000 kN / m²	Steifemodul

Der Steifemodul (Maß der Verformbarkeit) ist demnach deutlich günstiger anzusetzen, als bei den geogenen Schluffen und Tonen. Somit geht dieser Wert in die geotechnischen Nachweise als setzungsreduzierender Wert ein.

Der Einbau erfolgt grundsätzlich im Lastausbreitungswinkel von 45° ab Fundamentrand nach unten. Zweck dieser Maßnahme ist die Erreichung einer verbreiterten Aufstandsfläche zur Verteilung der Lasten auf einer größeren Gründungsebene. Gegebenenfalls empfiehlt sich das durchgehende Profilieren eines Grabens entlang der Einzelfundamente, da hier eine Erleichterung der erd- und gründungstechnischen Arbeiten erreicht werden kann.

Nachstehende Abbildung zeigt das Prinzip der Gründung.

Abbildung 7: Prinzip Einzelfundamentgründung



- Material : verdichtungsfähiger Boden, gem. ZTV A-StB, oder nach Angabe/ Freigabe

- Einbau : Fundamentgrube an Baugrund und örtliche Verhältnisse anpassen.
DIN 4124 ist zu beachten.
Gründungspolster lagenweise einbauen und verdichten.
ZTV E-StB ist zu beachten.

- Einbauqualitäten : Verdichtung DPr. >/- 100 %

Verformungsmodul EV2 60 MN/m²

Verhältniswert EV2 / EV1 >/- 2,3

oder nach Angabe

- Geometrie : Stärke d nach Angabe, seitlicher Überstand d´entsprechend Tabelle

Stärke d	Lastausbreitungswinkel ß	Überstand d
0 - 50	45°	d´= d
> 50	-	d´= 50 cm

Quelle: BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG

Zur Ermittlung der erforderlichen Schichtmächtigkeit des Gründungspolsters und zur Prüfung der Zulässigkeit des gewählten Gründungssystems wurde mit Hilfe des Programmes *"GGU - Footing"* eine orientierende rechnerische Prognose hinsichtlich der zu erwartenden Setzungen und Grundbruchsicherheiten durchgeführt. Das Ergebnis wird als Rechnerausdrucke in den **Anlagen 2.1 bis 2.3** dargestellt.

Berechnet werden:

Einzelfundamente 1,50 x 1,50 m und 2,00 x 2,00 m bei:
SCH 5 Bodenprofil (Anlage 2.1)

Einzelfundament 2,50 x 2,75 m bei:
RKS 5 Bodenprofil (Anlage 2.2)

Streifenfundament Grenzwand Zwischenbau 36,31 x 0,40 m (0,60 / 0,80 m) bei:
RKS 6 Bodenprofil (Anlage 2.3)

In die Berechnung fließt ein:

250 kN / m²	aufnehmbarer (charakteristischer) Sohldruck (DIN 1054, 2005)
0,00 m	Oberkante Fertigfußboden (OK FFB) = Oberkante Gelände
-1,00 m	Unterkante Fundamente
d = 0,60 / 0,90	Dicke Gründungspolster

Bodenkennwerte Gründungspolster:

γ / γ'	=	19,0 / 12,0 kN / m³	Wichte
φ	=	37,5 °	Reibungswinkel
c	=	0,0 kN / m²	Kohäsion
E_s	=	80.000 kN / m²	Steifemodul

Bodenkennwerte ab Unterkante Gründungspolster:
- gemäß Tabelle 2 - "charakteristische Bodenkennwerte" -

0,50	Verhältnis Veränderliche / Gesamtlasten

Abbildung 8a: Ergebniszusammenstellung **Gründungspolster d = 0,60 m** - Einzelfundamente bei Schurf SCH 5

a [m]	b [m]	$\sigma_{\sigma,k}$ [kN/m²]	zul σ [kN/m²]	zul R [kN]	s [cm]	cal φ [°]	cal c [kN/m²]	γ_2 [kN/m³]	$\sigma_Ü$ [kN/m²]	t_g [m]	UK LS [m]	k_s [MN/m³]
1.50	1.50	498.7	250.0	562.5	1.25	27.5 *	14.07	11.25	17.60	5.21	3.18	20.0
2.00	2.00	498.7	250.0	1000.0	1.55	27.5 *	10.30	11.35	17.60	6.14	3.91	16.1

* phi wegen 5° Bedingung abgemindert
zul $\sigma = \sigma_{\sigma,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{\sigma,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{\sigma,k} / 1.99$
Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50

Abbildung 8b: Ergebniszusammenstellung **Gründungspolster d = 0,90 m** - Einzelfundament bei RKS 5

a [m]	b [m]	$\sigma_{Rd,k}$ [kN/m²]	zul σ [kN/m²]	zul R [kN]	s [cm]	cal φ [°]	cal c [kN/m²]	γ_2 [kN/m³]	σ 0 [kN/m²]	t_g [m]	UK LS [m]	k_s [MN/m³]
2.75	2.50	498.7	250.0	1718.8	2.38	26.2 *	13.79	19.85	19.00	6.11	4.49	10.5
2.75	2.75	498.7	250.0	1890.6	2.46	26.2 *	13.88	19.93	19.00	6.30	4.84	10.1
3.00	3.00	498.7	250.0	2250.0	2.62	26.2 *	13.98	20.01	19.00	6.67	5.19	9.5

* phi wegen 5° Bedingung abgemindert
zul $\sigma = \sigma_{Rd,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{Rd,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{Rd,k} / 1.99$
Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50

Abbildung 8c: Ergebniszusammenstellung **Gründungspolster d = 0,60 m** - Streifenfundamente bei RKS 6

a [m]	b [m]	$\sigma_{Rd,k}$ [kN/m²]	zul σ [kN/m²]	zul R [kN/m]	s [cm]	cal φ [°]	cal c [kN/m²]	γ_2 [kN/m³]	σ 0 [kN/m²]	t_g [m]	UK LS [m]	k_s [MN/m³]
36.31	0.40	352.7	176.8	70.7	1.04	28.4 *	0.00	19.00	19.00	3.87	1.60	17.0
36.31	0.60	399.5	200.3	120.2	1.66	27.5 *	2.31	19.09	19.00	4.80	1.87	12.1
36.31	0.80	387.8	194.4	155.5	1.99	26.3 *	2.92	19.16	19.00	5.33	2.12	9.8

* phi wegen 5° Bedingung abgemindert
zul $\sigma = \sigma_{Rd,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{Rd,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{Rd,k} / 1.99$
Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50

Für die Einzelfundamente 1,50 x 1,50 m und 2,00 x 2,00 m auf der Nord- und Südseite genügt demnach eine Polsterstärke von d = 0,60 m. Hingegen sollte für die Fundamente der Abmessungen 2,75 x 2,50 m die Schichtdicke auf d = 0,90 m erhöht werden. Streifenfundamente des Zwischenbaus sind auf einem Gründungspolster d = 0,60 m zu gründen.

Bei Fundamenten anderer Abmessungen und Lasten sind Abweichungen gegenüber den rechnerisch prognostizierten Setzungen und Grundbruchsicherheiten einzukalkulieren.

Zur Bemessung der Fundamente wird unter der Voraussetzung, dass die Gründung wie empfohlen ausgeführt, geprüft und freigegeben wird, der aufnehmbare Sohldruck mit

$\sigma_{zul.}$ **= 250 kN / m²** aufnehmbarer Sohldruck

bestätigt (DIN 1054, 2005).

Der Bemessungswert des Sohlwiderstandes ($\sigma_{R,d}$) nach EC 7 kann für die unterschiedlichen Bemessungssituationen durch Multiplikation des aufnehmbaren Sohldrucks mit nachstehend aufgeführten Faktoren ermittelt werden.

- BS - P (Ständige Bemessungssituation) = 1,4
- BS - T (Vorübergehende Bemessungssituation) = 1,5
- BS - A (Außergewöhnliche Bemessungssituation) = 1,7
- BS - E (Bemessungssituation infolge von Erdbeben) = entfällt

Für Fundamentüberschüttungen gelten folgende Anforderungen:

Verwendung eines einbau- und verdichtungsfähigen sowie raumbeständig verdichtbaren Bodenmaterials (z.B. Körnung 0 - 32 mm).

D_{pr}	= 98 %	Verdichtungsgrad

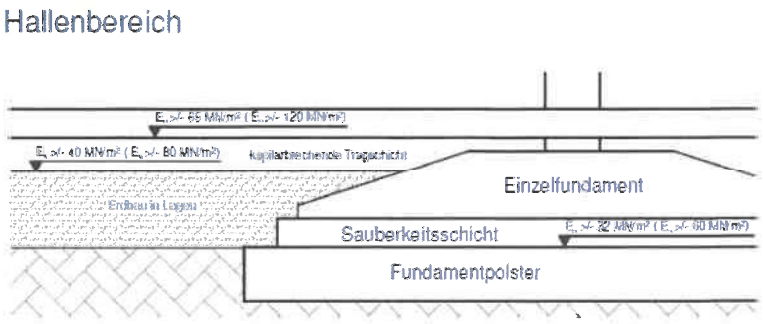
ersatzweise

E_{v2}	= 80 MN / m²	Verformungsmodul
E_{v2} / E_{v1}	≤ 2,5	Verhältniswert

Die Prüfung der Verdichtung erfolgt über Lastplattendruckversuche nach DIN 18134 oder über dynamische Plattendruckversuche mit Hilfe des leichten Fallgewichtsgerätes nach TP BF-StB, Teil 8.3. Kontrollprüfungen sollten zweckmäßigerweise durch das Büro des Baugrundsachverständigen oder einem anderen öffentlich bestellten und vereidigten Sachverständigen durchgeführt werden.

Nachstehende Abbildung zeigt zeichnerisch die Anforderungen an die Tragfähigkeit und die Verdichtung.

Abbildung 8: Anforderungen Tragfähigkeit und Verdichtung



Quelle: BBU Dr. Schubert GmbH & Co. KG

Das Planum der Fundamentgruben und -gräben ist vor dem Einbau der Erdbaustoffe für das Gründungspolster handgeführt intensiv zu verdichten. Anschließend sollten die Planien vom Baugrundsachverständigen abgenommen und vor Beginn der weiteren Arbeiten freigegeben werden.

Der nachfolgende Einbau der Erdbaustoffe erfolgt lagenweise (d = 0,30 m), wobei jede Lage verdichtet wird.

Streifenfundamente sollten zum Ausgleich von naturbedingt nicht erfassbaren Steifigkeitsunterschieden im Untergrund und möglichen Belastungswechseln aus der Bauwerkskonstruktion mit einer konstruktiven Bewehrung 6 ∅ 14 oben und unten sowie Bügel als Mattenkorb R 188A verstärkt werden (einschließlich Eck- und Kreuzungspunkte).

Entlang der Angrenzung des Zwischenbaus an die Bestandshalle ist zu beachten:

- keine Zusatzbelastung auf bestehende Fundamente und Fußboden ohne vorherige Prüfung (Gründung Bestandshalle prüfen! - Lasten ermitteln / recherchieren!)

- kein durchgehendes Freilegen von bestehenden Fundamenten! - ggf. DIN 4123 - *"Gebäudesicherung im Bereich von Ausschachtungen, Gründungen und Unterfangungen"* beachten! - Sollten Bauzustände entstehen, die nicht durch die DIN 4123 gedeckt sind, ist der Baugrundsachverständige hiervon unverzüglich in Kenntnis zu setzen

Bauzeitliche Wasserhaltungsmaßnahmen (Tagwässer und lokal nicht auszuschließende Schichtenwässer) sind in Anpassung an die örtlichen Verhältnisse auszuführen. Prinzipiell gilt, dass Wässer innerhalb der Fundamentgruben und -gräben fernzuhalten sind.

Fundamentgruben und -gräben können prinzipiell mit Kleinbaggergerät ausgehoben werden. Bei durchlaufender Grabenprofilierung der äußeren Fundamentreihen erfolgt ein entsprechend leistungsfähiger Maschineneinsatz.

Die Abgrabungsneigung orientiert sich dabei an den Eigenschaften der kohäsionsintensiven Schluffe und Tone. Nach Einschätzung wird die Eigenstandsicherheit kurzzeitig senkrecht möglich sein.

Gruben und Gräben mit Tiefen >1,25 m dürfen nicht begangen werden. Umlaufend ist ein Streifen in Breite von b = 1 m lastfrei zu halten.

5.1.4 Gründung Fußboden

Angaben zur Höheneinstellung der Fußbodenoberkante der Halle und zum Konstruktionsaufbau des Fußbodens lagen während der Bearbeitung noch nicht vor.

Nach Sichtung der zur Verfügung gestellten Angebotspläne ("Dachkonstruktion Halle" vom 02.03.2021 - BREMER AG) liegt der Bemessung ein Steifemodul für die Auflagerung der Bodenplatte von $E_{s,k}$ = 30 MN / m² zugrunde.

Der Untergrund muss daher sicherstellen, dass dieser zur Aufnahme der Lasten aus der Fußbodenkonstruktion und betriebsbedingter Lasten über ausreichend verformungsarme Eigenschaften verfügt. Diese sind in Abhängigkeit der Belastungssituation zu beurteilen.

Ausgehend von der Vorgabe für die Tragfähigkeit des Planums eines üblicherweise einzuhaltenden Verformungsmoduls von $E_{v2} \geq 45$ MN / m² (s. Abschnitt 5.1.2 - *"Erdarbeiten; Anlegung des Planums"*) erfolgt anschließend der Aufbau der obligatorischen kapillarbrechenden Kiesschicht und hiernach die planungsgemäße Fußbodenkonstruktion.

Aufgrund der erwarteten geringen Flächengleichlast wird oberhalb des Erdplanums bis zum Erreichen der Konstruktionssohle des Fußbodens nach derzeitiger Einschätzung kein zusätzlicher mineralischer Unterbau (Trag- und Lastverteilungsschicht) benötigt.

Zur Bemessung der Hallenfußbodenkonstruktion wird bei bestimmungsgemäßer Herstellung, Prüfung und Freigabe des Planums und der kapillarbrechenden Schicht abschätzend angegeben:

Bemessung nach dem Bettungsmodulverfahren

$k_{s,k}$ = 10.000 kN / m³ Bettungsmodul

(Das Bettungsmodul wird auf der Basis der Funktion $k_s = \sigma_{vorh} / s$ (vorhandener Sohldruck σ_{vorh} / Setzung s ermittelt. Zur Optimierung des Bemessungswertes wird die Angabe der genauen Lastbeanspruchung erforderlich).

Bemessung nach dem Steifemodulverfahren

$E_{s,k}$ = 60 MN / m² kapillarbrechende Schicht

$E_{s,k}$ = 40 MN / m² Erdplanum bei E_{v2} = 45 MN / m²

$E_{s,k}$ = 5 MN / m² Untergrund Schluff - weich bis halbfest (ungünstig)

Das geforderte Steifemodul $E_{s,k}$ = 30 MN / m² wird somit als zulässig beurteilt.

Zum Schutz des Hallenfußbodens vor Durchfeuchtung bzw. kapillar aufsteigender Grundfeuchte gelten die Bestimmungen der **DIN 4095** (Dränung erdberührter Bauwerke) und **DIN 18533** (Abdichtung von erdberührten Bauteilen).

Unterhalb der Fußbodenkonstruktion ist hiernach der Einbau einer kapillarbrechenden Schicht vorzusehen.

Im Regelfall erfolgt unterhalb von Bodenplatten folgender flächiger Aufbau:

mind. d = 0,10 m Filterschicht z.B. 0 / 4 mm (0 / 4 a n. DIN 4226, T. 1)

und

mind. d = 0,10 m Sickerschicht z.B. 4 / 16 mm (n. DIN 4226, T. 1)

oder

mind. d = 0,15 m Kies z.B. 8 / 16 (n. DIN 4226, T.1) und Geotextil

Vor dem Gießen der Bodenplatte muss eine PE - Folie zum Schutz der Schicht vor einsickernden Betonschlämmen ausgelegt werden.

Auf die Frostsicherheit entlang der Außenwände und im Bereich von Wandöffnungen (Tore usw.) ist zu achten. Ggf. sind Frostschürzen aus frostsicheren und -beständigen Erdbaustoffen herzustellen.