

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1 Einführung	5
1.1 Veranlassung und Vorgeschichte	5
1.2 Aufgabenstellung	5
2 Verwendete Unterlagen	7
3 Verhältnisse vor Ort	8
3.1 Geographische Lage	8
3.2 Geplante Anordnung des Sportanlagenneubaus	8
3.3 Geologie	9
3.4 Hydrogeologische Verhältnisse	9
4 Durchführung der Untersuchungen	10
4.1 Rammkernsondierungen / Versickerungsmessstellenbau	10
4.2 Rammsondierungen	12
4.3 Bodenprobenahmen und Laboruntersuchungen	12
4.3.1 Bodenmechanische Analytik	13
4.3.2 Chemische Analytik von Tennen- / Tragschichtmaterial	13
4.3.3 Chemische Analytik von Bodenmaterial (Untergrund, TR LAGA)	16
5 Untersuchungsergebnisse	16
5.1 Rammkernsondierungen (RKS) / Untergrundaufbau	16
5.1.1 Tennenbelag / Dynamische Schicht / Tragschicht (RKS)	16
5.1.2 Auffüllungen mit Fremdstoffen (RKS)	18
5.1.3 Sande (RKS)	19
5.2 Beschreibung der Grundwasserverhältnisse	19
5.3 Beurteilung der Lagerungsdichte (DPL)	19
5.3.1 Tennenbelag / Dynamische Schicht / Tragschicht (DPL)	20
5.3.2 Auffüllungen mit Fremdstoffen (DPL)	20
5.3.3 Sande (DPL)	21
5.4 Bodenmechanische Messergebnisse	21
5.4.1 Tennenbelag / Dynamische Schicht / Tragschicht	22
5.4.2 Auffüllungen mit Fremdstoffen (Bodenmechanik)	22

5.4.3	Sande (Bodenmechanik)	23
5.5	Ingenieurgeologische Baugrundbeschreibung	24
5.5.1	Bodengruppen DIN 18196 / Bodenklassen DIN 18300	24
5.5.2	Bodenkenngößen nach DIN 1055	24
5.5.3	Zulässige Bodenpressungen, Setzungen	25
5.6	Auswertung der Versickerungsversuche / Infiltrationsrate	26
5.6.1	Oberboden / Tennenaufbau (Versickerung)	27
5.6.2	Auffüllungen (Versickerung)	27
5.6.3	Sande (Versickerung)	27
5.7	Durchlässigkeit der Böden	28
6	Versickerung	29
6.1	Hydrogeologische Voraussetzungen	29
6.2	Versickerungsvarianten	30
6.2.1	Schachtversickerung	31
6.2.2	Rigolenversickerung	33
6.2.3	Muldenversickerung	35
7	Vorbehandlung des Sickerwassers	37
7.1	Vorschaltung eines Absetzschachtes	37
7.2	Einhängen eines Filtersackes	38
8	Chemische Analysenergebnisse und Bewertung	39
8.1	Tennen-/ Tragschichtmaterial (Parameter TR LAGA)	39
8.2	Tennen-/Tragschichtmaterial (Parameter TCDD/ TCDF)	40
8.3	Chemische Analytik von Bodenmaterial (Untergrund)	42
9	Abfalltechnische Bewertung	44
10	Zusammenfassung / Empfehlungen / Hinweise	45
10.1	Zusammenfassung	45
10.2	Empfehlungen zur Versickerung von Niederschlagswasser	47
10.3	Empfehlungen zur Gründung	48
10.4	Chemische Analytik	49
10.5	Hinweise zur Bauausführung	49

ANLAGEN

- 1 Übersichtsplan, M 1 : 25.000.
- 2.1 Lageplan, Bohransatzpunkte der Rammkernsondierungen (Versickerung) SPAM V 1 (a, b, c) bis SPAM V 6 (a, b, c) , M 1 : 1.000.
- 2.2 Lageplan, Bohransatzpunkte der Rammkernsondierungen (Baugrund) SPAM B 1 bis SPAM B 5 und der Rammsondierungen SPAM BRS 1 bis SPAM BRS 5, M 1 : 1.000.
- 3.1 Schichtverzeichnisse nach DIN 4022 (Versickerung).
- 3.2 Bohrprofile nach DIN 4023 (Versickerung).
- 3.3 Schichtverzeichnisse nach DIN 4022 (Baugrund).
- 3.4 Bohrprofile nach DIN 4023 (Baugrund).
- 4 Widerstandskennliniendiagramme der Rammsondierungen (DPL) SPAM BRS 1 bis SPAM BRS 5.
- 5.1 Laborprotokolle (Kornverteilungen), Bodenproben SPAM V 5.3, SPAM V 5.4, SPAM V 5.5, SPAM B 1.4, SPAM B 1.5, SPAM B 2.3, SPAM B 2.4, SPAM B 3.3, SPAM B 3.4, SPAM B 3.5, SPAM B 4.4, SPAM B 4.5, SPAM B 5.4, SPAM B 5.5, SPAM B 5.6, Ingenieurgeologisches Labor Dr. Hölzer, 76646 Bruchsal.
- 5.2 Laborprotokolle (Wassergehalt, Organische Bestandteile) an der Bodenprobe SPAM V 5.3, Ingenieurgeologisches Labor Dr. Hölzer, 76646 Bruchsal.
- 6.1 Chemische Analysenprotokolle (Tennenmaterial, Probenbezeichnung: MP SPAM BV 1 aus SPAM B 1.1/2.1/3.1/4.1/5.1 und SPAM V 1.1/2.1/3.1/4.1/5.1 6.1), Parameter gemäß TR LAGA, Parameter „Dioxine“ = (Tetra-Octa) Polychlorierte Dibenzo-dioxine (TCDD) und (Tetra-Octa) Polychlorierte Dibenzofurane (TCDF), Wessling Laboratorien, 64295 Darmstadt.
- 6.2 Chemische Analysenprotokolle (Tragschicht), Probenbezeichnung: MP SPAM BV 2 aus SPAM B 1.2/2.2/3.2/4.2/5.2 und SPAM V 1.2/2.2/3.2/4.2/5.2/6.2), Parameter gemäß TR LAGA, Parameter „Dioxine“ = (Tetra-Octa) Polychlorierte Dibenzo-dioxine (TCDD) und (Tetra-Octa) Polychlorierte Dibenzofurane (TCDF), Wessling Laboratorien, 64295 Darmstadt.
- 6.3 Chemische Analysenprotokolle (Bodenmischprobe MP 1 aus SPAM B1.3 und B 5.3), Parameter gemäß TR LAGA, Wessling Laboratorien, 64295 Darmstadt.

- 6.4 Chemische Analysenprotokolle (Bodenprobe SPAM B 4.3), Parameter gemäß TR LAGA, Wessling Laboratorien, 64295 Darmstadt.
- 6.5 Chemische Analysenprotokolle (Bodenmischprobe MP 1 aus SPAM V 1.3/2.3/3.3/4.3/6.3), Parameter gemäß TR LAGA, Wessling Laboratorien, 64295 Darmstadt.
- 7 Versickerungsprotokolle, Berechnungsprotokolle der k_f -Werte.
- 8 Photodokumentation.

1 Einführung

1.1 Veranlassung und Vorgeschichte

Die Stadtverwaltung Frankenthal plant die Erschließung bzw. die Bereitstellung der Sportanlage an der Frühlingstraße im nordwestlichen Ortsteil von 67227 Frankenthal-Mörsch als Neubaugebiet. Hierzu sollen der zum gegenwärtigen Zeitpunkt vorhandene Tennensportplatz und das Vereinsheim, sowie die Flutlichtmasten vollständig rückgebaut werden. Das Sportgelände gehört zu dem Zuständigkeitsbereich des Grundstücks- und Gebäudemanagements, Neumayerring 72 der Stadtverwaltung Frankenthal. Die Lage des Plangebietes im Stadtgebiet von Frankenthal ist dem als Anlage 1 beigefügten Übersichtsplan zu entnehmen.

1.2 Aufgabenstellung

Nach Vorlage des Angebotes vom 12. Februar 2010 wurde das Geotechnische Büro Seifert + Partner, GTS, von Seiten des Grundstücks- und Gebäudemanagements der Stadtverwaltung Frankenthal im Vorfeld der geplanten Baumaßnahme mit der Durchführung der Orientierenden Erkundung im Bereich des oben genannten Areals beauftragt. Das Schriftstück mit der Auftragsbestätigung und die vertraglichen Unterlagen sind auf den 24. März 2010 datiert.

Der Untergrund im Bereich des geplanten Neubaugeländes war auftragsgemäß im Hinblick auf die Versickerungsleistung und die Tragfähigkeit der Gründungshorizonte zu überprüfen. Zu dem Auftrag zählten die Beschreibung der Grundwasserverhältnisse am Projektstandort und die Durchführung von chemisch-physikalischen Analysen von Bodenproben sowie das Aufzeigen möglicher Entsorgungswege für das anfallende Aushubmaterial.

Der mit dem Auftraggeber abgestimmte Untersuchungsumfang leitet sich aus der Zielsetzung ab:

- ◆ Durchführung von 6 Rammkernsondierungen, ca. 1 m Tiefe (Versickerungsuntersuchung).
- ◆ Durchführung von 6 Rammkernsondierungen, ca. 2 m Tiefe (Versickerungsuntersuchung).

- ◆ Durchführung von 6 Rammkernsondierungen, ca. 3 m Tiefe (Versickerungsuntersuchung).
- ◆ Durchführung von 5 Rammkernsondierungen ca. 7 m Tiefe (Baugrunduntersuchung).
- ◆ Entnahme von insgesamt 58 Bodenproben.
- ◆ Ausbau von 18 (6+6+6) Bohröffnungen zu ambulanten Versickerungsmessstellen (Rohrlängen: 1 m, 2 m und 3 m).
- ◆ Verrohrung des 7 m tiefen Bohrloches SPAM B 5 auf einer Bohrstrecke von 4 m und Messung des Grundwasserabstandes.
- ◆ Durchführung von Versickerungsversuchen („open-end-tests“) an 18 ambulant errichteten Versickerungsmessstellen [SPAM V 1 (a, b, c) - SPAM V 6 (a, b, c)].
- ◆ Abteufen von 5 Rammsondierungen mit der Leichten Rammsonde (DPL) bis ca. 7(8) m Tiefe zur Feststellung der Lagerungsdichten der Bodenschichten.
- ◆ Bestimmung der Kornverteilung an 15 ausgewählten Bodenproben im Bodenmechanischen Labor: Es wurden 14 (Nass-) Siebungen und 1 kombinierte Sieb- und Sedimentationsanalyse durchgeführt.
- ◆ Messung des Wassergehaltes und des Gehaltes an organischen Bestandteilen mit Hilfe des Glühverlustes an 1 Bodenprobe.
- ◆ Chemisch-physikalische Analytik von 3 Bodenproben auf die altlastenrelevanten Parameter nach TR LAGA.
- ◆ Herstellung einer repräsentativen Tennenmischprobe und einer Tragschichtmischprobe aus jeweils 11 Einzelproben und Analytik auf die Parameter TR LAGA, Boden (vgl. Kap. 2, Punkt [6]).
- ◆ Erweiterung des Analysenumfangs auf die Stoffklasse „Dioxine“ (Tetra-Octa) Polychlorierte Dibenzydioxine (TCDD) und (Tetra-Octa) Polychlorierte Dibenzofurane (TCDF) an der Tennenmischprobe und der Tragschichtmischprobe.

2 Verwendete Unterlagen

Für die Ausarbeitung des Berichtes standen die nachfolgenden Unterlagen zur Verfügung:

- ◆ Topographische Karte 6416 Blatt Mannheim Nord-west, Maßstab 1 : 25.000 Landesvermessungsamt Rheinland-Pfalz (1996) [1].
- ◆ Geologische Karte CC 7110 Blatt Mannheim Maßstab 1 : 200.000 Landesamt für Geologie und Rohstoffe Hannover (1988) [2].
- ◆ Leitungspläne, Maßstab 1 : 500, Stadtwerke Frankenthal GmbH Netzdokumentation / Vermessung [3].
- ◆ DIN 18035-3: 2006-12. Sportplätze Entwässerung (Teil 3) [4].
- ◆ ATV-DVWK-Kommentar zum ATV-DVWK-Regelwerk „Versickerung“, Oktober 2002 [5].
- ◆ Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen -Technische Regeln; Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (TR LAGA „Boden“, Tabellen II, 1.2-2 und 1.2.3), Stand November 2004 [6].
- ◆ Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 17. Juli 1999 (BBodSchV) [7].
- ◆ Orientierungswerte für die abfall- u. wasserwirtschaftliche Beurteilung, Stand Juli 1997; Merkblatt ALEX 02 (Altlasten Experten Kommission, Landesamt für Umweltschutz u. Gewerbeaufsicht, LfUG) [8].

Das vorliegende Gutachten wurde in Anlehnung an die Anforderungen an den Abschlussbericht von Erhebungen und Untersuchungen an Altlasten nach den Vorgaben der BBodSchV [7] sowie den Empfehlungen des Ministeriums für Umwelt und Forsten (MUF), Rheinland Pfalz erstellt.

3 Verhältnisse vor Ort

3.1 Geographische Lage

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im nördlichen Abschnitt des Vorortes 67227 Frankenthal-Mörsch. Die Entfernung zum Stadtkern von Frankenthal beträgt ca. 2 km. Das Gelände ist in der Gesamtbetrachtung als eben zu bezeichnen. Das Höhenniveau liegt auf ca. ± 91 m über NN [1]. Das Untersuchungsgebiet ist über die in Richtung Norden führende Frühlingstraße durch den Haupteingang befahrbar.

Die sportlich genutzte Fläche bestand zum Zeitpunkt der vorliegenden Erkundung aus einem mit Tennenmaterial hergestellten Fußballplatz. Außerhalb des eigentlichen Spielfeldes ist das Gelände nach allen Richtungen leicht angebösch. Im Vergleich zu dem eigentlichen Baugelände weist dieser Geländesprung Höhenunterschiede von lediglich $\pm 0,5$ m auf. Der Bezugspunkt liegt hierbei im Bereich der Geländesohle des Hauptspielfeldes. In einer Entfernung von ca. 20 m zur östlichen Außenlinie des Hauptspielfeldes ist ein bewirtschaftetes Vereinsgelände mit Gastraum, Terrasse, sowie Umkleide und sanitären Anlagen vorhanden, das an die städtischen Versorgungsleitungen angeschlossen ist.

Die Anschlüsse zu den Ver- und Entsorgungsleitungen verlaufen im Untergrund in Richtung Frühlingstraße. Das geringfügig exponierte Areal im Umfeld des Spielfeldes ist mit Rasen und niederem Strauchwerk begrünt. Ein leichter Geländeanstieg und Metallzäune markieren die Grenzen zum Umfeld des Sportgeländes.

3.2 Geplante Anordnung des Sportanlagenneubaus

Die derzeitige Planung des Auftraggebers geht von einem vollständigen Rückbau des vorhandenen Tennenspielfeldes und des Vereinsheims einschließlich der Flutlichtanlage aus. Die derzeitige Spielfläche erstreckt sich auf einer Länge von ca. 110 m und einer Breite von ca. ± 70 m. Für die baureife Erschließung soll evtl. ein vollständiger Ausbau der unzureichend tragfähigen Bodenschichten im oberflächennahen Horizont mit anschließendem Bodenaustausch durchgeführt werden.

3.3 Geologie

Das Plangebiet ist ein Teil der Rheinniederung. Ca. 1 km in westlicher Richtung verläuft die morphologische Grenze, die als Übergang zu den Sedimenten der Frankenthaler Terrasse beschrieben wird. Ausgehend von der Geologischen Karte [2] bestehen die fluviatilen Sedimente (Flussablagerungen) aus Sanden, Kiesen, Schluffen und Tonen. Die Mächtigkeiten der sandig-kiesigen Folgen können im Liegenden einige zehn bis mehrere hundert Meter betragen. Die Herkunft der weitgehend fluviatil geprägten Sedimente ist auf die Transportenergie mäandrierender Flüsse zurückzuführen, die das Rheintal im Tertiär und im frühen Quartär durchzogen. Begleitet wurde diese erdgeschichtliche Epoche durch eine im Oberrheingraben ablaufende Bruchtektonik.

Naturgemäß wurden entsprechend der jeweiligen Sedimentationsgeschwindigkeit fein- bis grobkörnige **Sande** und **Kiese** abgelagert. Während Stillwasserphasen kamen im Bereich der Flussmäander in der Rheinniederung **schluffige** bis ausgeprägt **tonige** Sedimente zur Ablagerung. **Torfige** Materialien sind in diesen Bereichen durchaus zu erwarten.

3.4 Hydrogeologische Verhältnisse

Für die Ausprägung der verschiedenen Grundwasserstockwerke im Untergrund sind die weitgehend wasserstauenden Tone und Schluffe von Bedeutung. Sind die tonigen Horizonte unterbrochen, kann eine hydraulische Verbindung der wasserführenden Schichten stattfinden. Für die oberflächennahen Erkundungen ist der Obere Grundwasserleiter (OGWL) maßgeblich. Die Ergebnisse der Rammkernsondierungen ergaben für das Untersuchungsgebiet am 27. April 2010 einen GW-Abstand (angebohrt) von **± 4,1 m** unter der Geländeoberkante (GOK). Der Ruhewasserspiegel (GW-Anstieg) wurde mit **4,0 m** u. GOK gemessen (vgl. Kap. 5.2).

4 Durchführung der Untersuchungen

Die Rammkernsondierungen (RKS) bis in Tiefen von ca. 7 m u. GOK dienten der Errichtung temporärer Versickerungsmessstellen der geologischen Profilaufnahme und der Entnahme von Bodenproben. Zur Feststellung der Lagerungsdichten wurden am Projektstandort 5 Rammsondierungen (RS) mit der Leichten Rammsonde (DPL) abgeteuft. Eine Bohröffnung wurde bis in eine Teufe von 4 m u. GOK zur ambulanten Grundwassermessstelle ausgebaut. Nach der Messung des GW-Abstandes wurde die GW-Messstelle wieder entfernt. Die Versickerungsversuche wurden an den Versickerungsmessstellen mit Hilfe einer Vollverrohrung nach der „open-end-Methodik“ durchgeführt.

Die Geländeuntersuchungen fanden in der Zeit vom 26. April 2010 bis 29. April 2010 statt. An den Bodenproben wurden bodenmechanische und chemisch-physikalische Analysen durchgeführt. Die Methoden im Hinblick auf die Untersuchungsmaßnahmen sind in den nachfolgenden Unterkapiteln erläutert.

4.1 Rammkernsondierungen / Versickerungsmessstellenbau

Zur versickerungstechnischen Überprüfung der Bodenhorizonte wurden im Bereich der Freisportanlage an der Frühlingstraße insgesamt 18 (6+6+6) Rammkernsondierungen (RKS) mit der Rammkernsonde Ø 50 mm und Ø 60 mm durchgeführt.

An den jeweils ca. 4 m² bis 6 m² umfassenden 6 Erkundungsteilflächen SPAM V 1 - SPAM V 6 wurden in einem Abstand von ca. 0,8 m je 3 Sondierungen niedergebracht (6 x 3 = 18). Je Teilfläche SPAM V wurde jeweils 1 RKS bis ca. 0,9 m Tiefe (**a**), 1 RKS bis ca. 1,9 m Tiefe (**b**) und 1 RKS bis in eine Tiefe von ca. 2,4 m (**c**) u. GOK abgeteuft.

Zur Verdeutlichung der unterschiedlichen Messhorizonte sind die punktuellen Bohraufschlüsse beispielsweise an der Untersuchungsteilfläche 1 mit SPAM V 1**a**, SPAM V 1 **b** und SPAM V 1**c** bezeichnet. Im Falle der Untersuchungsteilfläche 2 tragen die Bohrpunkte die Bezeichnungen SPAM V 2**a**, SPAM V 2**b** und SPAM V 2**c** usw. (SPAM V für **V**ersickerungsuntersuchung, **S**portplatz **a**lt, **M**örsch, an der **F**rühlingstraße).

In der Summe ergab sich je Erkundungsabschnitt (SPAM V) eine Teilbohrstrecke von maximal ca. 6 laufenden Metern (lfdm). Hieraus ergaben sich 36 Sondiermeter $[(1+2+3)*6 = 36]$. Unter Berücksichtigung der RKS SPAM B 5 mit dem Ausbau von einer Sondieröffnung zur ambulanten GW-Messstelle wurden insgesamt 71 $(36+5*7)$ lfdm. vollendet.

An den Flächen SPAM V 1 und SPAM V 2 wurde der Untergrund der nördlichen Spielfläche im Hinblick auf die Versickerungsfähigkeit überprüft. An der Untersuchungsteilfläche SPAM V 3 wurden die Sondierungen innerhalb des zentralen Spielfeldes abgeteuft. Im Bereich der Südseite des Hauptspielfeldes befinden sich die Bohransatzpunkte SPAM V 4 (a, b, c), SPAM V 5 (a, b, c) und SPAM V 6 (a, b, c).

Zur Anwendung der „open-end-tests“ wurden die 18 Bohraufschlüsse für die Versickerungsbohrungen SPAM V 1 (a, b, c) bis SPAM V 6 (a, b, c) jeweils mit Einfachrohranordnungen ausgerüstet. Verwendet wurden 1 m lange verzinkte Stahlrohre DN 50 und PVC-Vollrohre DN 50 in Längen von 2 m und 3 m. Um einen unerwünschten Wasseraustritt im Zuge des Auffüllungsvorgangs zu vermeiden, wurde der Ringraum zwischen Rohr und Bohröffnung jeweils mit einem quellfähigen Ton abgedichtet (Bentonit). Einer Verschlämmung wurde entgegengewirkt, indem die Sohlen der Bohröffnungen mit einer ca. 5 cm hohen Lage aus Filterkies bedeckt wurden. Nach Abschluss des Messvorgangs wurden die 18 Messstellen jeweils rückgebaut.

Die Bohröffnung SPAM B 5 (Baugrund) wurde zur Messung des Grundwasserstands bis ca. 4 m u. GOK ambulant verrohrt. Der Bohraufschluss wurde über die Teufe mit Hilfe von Filter- und Vollrohren aus Hart-PVC Ø 50 mm zur ambulanten GW-Messstelle ausgebaut.

Die Lage der Versickerungsteilflächen mit den Bohransatzpunkten SPAM V 1 (a, b, c) bis SPAM V 6 (a, b, c), sowie SPAM B1 bis SPAM B 5 für die Baugrunderkundung bis 7 m u. GOK ist aus den Lageplänen zu entnehmen, die dem Bericht als Anlagen 2.1 und 2.2 beigelegt sind. Die Ergebnisse der Bohrprofilaufnahmen sind nach DIN 4022, Teil 1 in den Schichtenverzeichnissen protokolliert (Anlagen 3.1 und 3.3).

Die zeichnerische Darstellung der Bohrprofile nach DIN 4023 ist aus den Anlagen 3.2 und 3.4 zu ersehen. Die ausführliche Beschreibung der Bohrergebnisse erfolgt in den Kapiteln 5.1.1 bis 5.1.3. In Kapitel 5.6.3 sind die Ergebnisse aus den Berechnungen der Infiltrationsraten tabellarisch zusammengestellt und erläutert. Die Messprotokolle mit den Berechnungen der k_f -Werte (GTS) liegen dem Bericht als Anlage 7 bei.

4.2 Rammsondierungen

Die fünf im randlichen und zentralen Bereich des Spielfeldes bis 7 m abgeteufte Rammkernsondierungen SPAM B 1 bis SPAM B 5 dienen der Bohrprofilaufnahme und der Bodenprobenahme (Baugrund). Zur Beurteilung der Lagerungsverhältnisse wurde parallel zu der Bohrkerngewinnung jeweils eine Rammsondierung mit der Leichten Rammsonde (DPL) bis in eine Tiefe von ca. 7(8) m u. GOK durchgeführt. Die Rammsondierungen wurden jeweils in einer Entfernung von ± 1 m zu dem Bohransatzpunkt der zugehörigen Rammkernbohrung abgeteuft.

Die Lage der Bohransatzpunkte SPAM BRS 1 bis SPAM BRS 5 ist aus dem Lageplan zu ersehen, der als Anlage 2.2 dem Bericht beiliegt. Die Ergebnisse der Rammsondierungen sind als Widerstandskennlinien in Diagrammen dargestellt, die als Anlage 4 beigelegt sind. Auf der Abszisse der Schaubilder ist die Anzahl der Schläge je 10 cm Eindringtiefe aufgetragen. Die Ordinate zeigt die Rammtiefe in Meter (Fallgewicht: 10 kp, Spitzenquerschnitt der Sonde: 10 cm²). In Kapitel 5.3 sind die Rammergebnisse ausführlich beschrieben.

4.3 Bodenprobenahmen und Laboruntersuchungen

Aus den Bohrkernen wurden horizontweise, bzw. je lfdm. insgesamt 58 gestörte Boden- und Materialproben entnommen. In den nachfolgenden Kapiteln sind die Bodenproben aufgelistet, an denen eine bodenmechanische Untersuchung (Kap. 4.3.1) bzw. eine chemisch-physikalische Analytik (Kap. 4.3.2) durchgeführt wurde.

4.3.1 Bodenmechanische Analytik

An den 14 im Nachfolgenden tabellarisch aufgelisteten, nach bautechnischen Kriterien ausgewählten Bodenproben, wurde im Ingenieurgeologischen Labor die Kornverteilung durch Siebung bestimmt:

Tabelle 1: Auflistung Bodenproben

Bohrung	Probenbezeichnung	Entnahmetiefe
SPAM V 5c	5.4	1,0-1,5 m
SPAM V 5c	5.5	1,5-3,0 m
SPAM B 1	1.4	1,0-3,8 m
SPAM B 1	1.5	4,0-7,0 m
SPAM B 2	2.3	0,4-2,0 m
SPAM B 2	2.4	2-4,4,0 m
SPAM B 3	3.3	0,4-2,0 m
SPAM B 3	3.4	2,0-4,0 m
SPAM B 3	3.5	4,0-7,0 m
SPAM B 4	4.4	1,1-3,5 m
SPAM B 4	4.5	3,5-7,0 m
SPAM B 5	5.4	1,0-2,0 m
SPAM B 5	5.5	2,0-4,0 m
SPAM B 5	5.6	4,0-7,0 m

Die unten angeführte Bodenprobe wurde einer kombinierten Sieb- und Sedimentationsanalyse unterzogen. An diesem Probenmaterial wurden zusätzlich der Wassergehalt und die Gehalte der organischen Bestandteile durch Glühverlust bestimmt:

- ◆ SPAM V(a) 5.3 (0,4-1,0 m).

Die Analysenergebnisse des Ingenieurgeologischen Labors Dr. Hölzer, 76646 Bruchsal, sind in Kopie dem Bericht als Anlagen 5.1 u. 5.2 beigelegt. Die ausführliche Beschreibung der Ergebnisse der bodenmechanischen Untersuchung erfolgt in Kap. 5.4.

4.3.2 Chemische Analytik von Tennen- / Tragschichtmaterial

Die nachfolgenden 11 Einzelproben aus dem Tennenbelag wurden zu der weitgehend repräsentativen Horizontmischprobe MP SPAM BV 1 vereinigt:

Tabelle 2: Einzelproben (Tennenmaterial)

Bohrung	Probe	Entnahmetiefe
SPAM B 1	1.1	0-10 cm
SPAM B 2	2.1	0-10 cm
SPAM B 3	3.1	0-10 cm
SPAM B 4	4.1	0-10 cm
SPAM B 5	5.1	0-10 cm
SPAM V 1c	1.1	0-10 cm
SPAM V 2c	2.1	0-10 cm
SPAM V 3c	3.1	0-10 cm
SPAM V 4c	4.1	0-10 cm
SPAM V 5c	5.1	0-10 cm
SPAM V 6c	6.1	0-10 cm

Aus den unten aufgelisteten 11 Einzelproben aus dem Tragschichtmaterial wurde die Horizontmischprobe MP SPAM BV 2 hergestellt.

Tabelle 3: Einzelproben (Tragschichtmaterial)

Bohrung	Probe	Entnahmetiefe
SPAM B 1	1.2	10-30 cm
SPAM B 2	2.2	10-40 cm
SPAM B 3	3.2	10-40 cm
SPAM B 4	4.2	10-40 cm
SPAM B 5	5.2	10-40 cm
SPAM V 1c	2.1	10-30 cm
SPAM V 2c	2.2	10-40 cm
SPAM V 3c	2.3	10-40 cm
SPAM V 4c	2.4	10-40 cm
SPAM V 5c	2.5	10-40 cm
SPAM V 6c	2.6	10-40 cm

Die Materialmischproben MP SPAM BV 1 und MP SPAM BV 1 wurden gemäß dem nachfolgenden Analysenumfang labortech- nisch untersucht.

Analytik auf die Parameter TR LAGA

Zur Überprüfung der Gehalte der Tennen- und der Tragschicht wurde an den zwei Horizontmischproben SPAM BV 1 und SPAM BV 2 jeweils eine chemisch-physikalische Analytik auf die Parameter TR LAGA durchgeführt. Die Bewertung der Ergebnisse erfolgt in Kapitel 8.1. Die Analysenprotokolle des Labors Wessling liegen in Kopie als Anlagen 6.1 und 6.2 bei.

Analytik auf die Parameter TCDD und TCDF („Dioxine“)

Im Zuge der Kupferverhüttung waren in der Zeit vor und während des Krieges größere Massen an Kupferschlacken angefallen. Die lebhaft rot gefärbten Stoffe wurden später als Bodenbeläge im Bereich von Hartplätzen jeglicher Art eingesetzt.

Mit Hilfe der chemischen Feinanalytik (Nanogrammbereich) wurden in den achtziger Jahren in den sogenannten Kieselrot-schlacken Gehalte der hochtoxischen „Dioxine“ nachgewiesen. Die zulässigen Grenzwerte waren z.T. um mehrere Zehnerpotenzen überschritten: Vielerorts wurden in den Hartplatzbelägen der Sorte „Kieselrot“ Konzentrationen von ca. 50.000 ng TE/kg der Parameter TCDD/TCDF in der Trockenmasse gemessen.

Für diese Stoffklasse („Dioxine“) werden seit in Kraft treten der BBodSchV (Juli 1999) u.a. auch Maßnahmenwerte für Kinderspielflächen von behördlicher Seite empfohlen.

Zur Messung der Gehalte der Stoffklasse (**Tetra-Octa-**) Polychlorierte **D**ibenzodioxine (TCDD) und (**Tetra-Octa-**) Polychlorierte **D**ibenzofurane (TCDF) wurden die Materialmischproben SPAM BV 1 und SPAM BV 2 auf die expositionsrelevanten Parameter analysiert.

Die Messergebnisse sind in Kapitel 8.2 tabellarisch zusammengestellt und bewertet. Die original Laborprotokolle zu der „Dioxinanalytik“ des akkreditierten Laboratoriums Wessling, 64295 Darmstadt, liegen in Kopie als Anlagen 6.1 und 6.2 dem Bericht bei.

4.3.3 Chemische Analytik von Bodenmaterial (Untergrund, TR LAGA)

Zur Überprüfung der stofflichen Konzentrationen der Auffüllungen aus abfalltechnischer Sicht wurden die 3 nachfolgenden Horizontmischproben chemisch-physikalisch analysiert.

Tabelle 4: Auflistung Bodenproben

Bohrung	Probenbezeichnung	Entnahmetiefe
SPAM B 1/ B 5	MP 1.3 und 5.3	0,4 m -1 m
SPAM B 4	4.3	0,4 m -1 m
SPAM Vc 1/2/3/4/6	MP 1.3, 2.3, 3.3, 4.3, 6.3	0,4 (0,3) m -1 m

Die nach organoleptischen Gesichtspunkten ausgewählten Bodenproben wurden kühl und dunkel verpackt in das Labor Wessling nach Darmstadt transportiert. Die restlichen Feststoffproben wurden für evtl. erforderliche Nachuntersuchungen als Rückstellproben fachgerecht eingelagert.

Die Analysenergebnisse sind in Kapitel 8.3 tabellarisch zusammengestellt und bewertet. Die originalen Analysenprotokolle des Labors Wessling sind in Kopie als Anlagen 6.3 bis 6.5 beigelegt.

5 Untersuchungsergebnisse

Bei der **Beurteilung** der Untersuchungsergebnisse muss beachtet werden, dass es sich bei allen untersuchten Proben und Messungen um **Stichproben** handelt. Daher können eventuell zwischen den Bohrpunkten vorhandene Verunreinigungen bzw. bautechnische Abweichungen, die nicht erfasst wurden, naturgemäß **nicht völlig** ausgeschlossen werden.

5.1 Rammkernsondierungen (RKS) / Untergrundaufbau

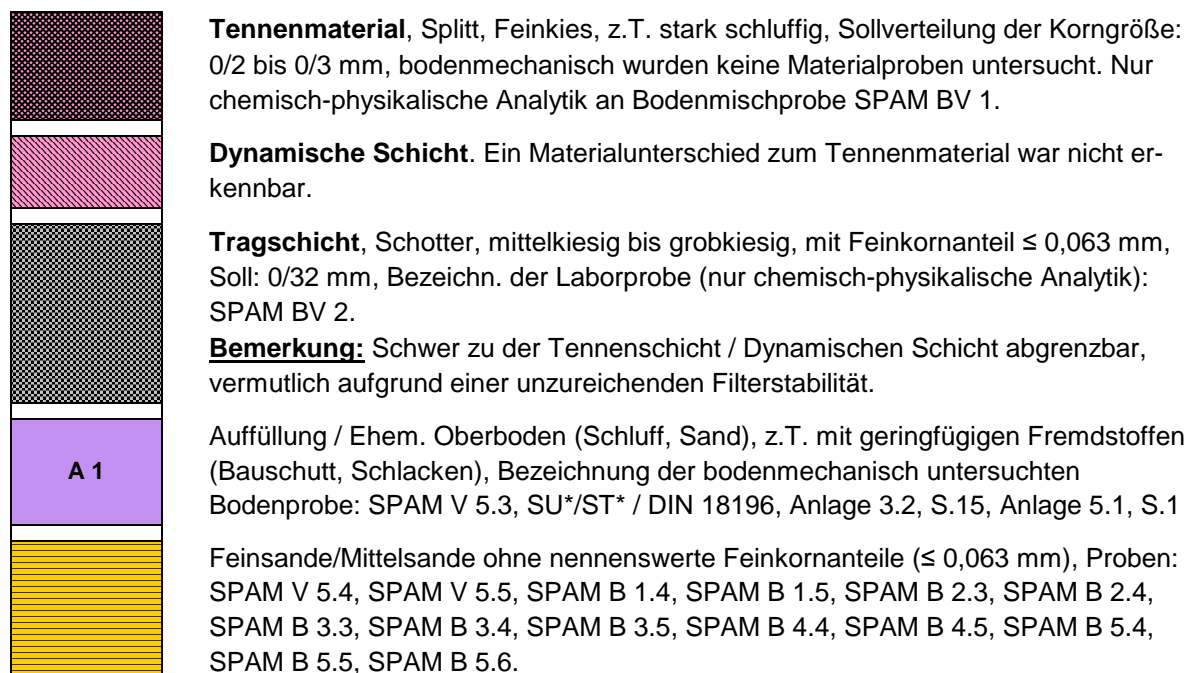
5.1.1 Tennenbelag / Dynamische Schicht / Tragschicht (RKS)

An dem rötlichen, splittartigen Tennenbelag des Hauptspielfeldes wurden mit ± 10 cm Schichtstärken in einem eher unerheblichen Schwankungsbereich gemessen. Eine aussagefähige Differenzierung von der Dynamischen Schicht im Sportplatzoberbau war mit Hilfe der Rammkernsondierungen nicht aussagefähig zu gewährleisten.

An den Bohrpunkten SPAM V 1-V 6 und SPAM B 1-B 5 wurde eine Gesamtmächtigkeit des Aufbaus von ca. ± 40 cm festgestellt. Hierbei entfällt auf das Tennenmaterial eine Schichtdicke von ca. ± 10 cm. An der zum Teil mit dem Tennenmaterial durchmischten Tragschicht wurde eine Dicke von ca. ± 30 cm gemessen. Für die Dynamische Schicht war aufgrund der Durchmischungsvorgänge respektive der fortgeschrittenen Filterinstabilität keine Mächtigkeit ableitbar.

An Bohrpunkt SPAM B 4 war unterhalb der „Tragschicht“ ein Horizont aus Feinsand und Mittelsand zu beobachten. Schluffe oder vergleichbare Materialien waren lediglich untergeordnet vorhanden. (Anlage 3.4, S. 4). In der nachfolgenden Abb. 1 ist der Untergrundaufbau im Bereich der Tennenspielfläche als Prinzipskizze dargestellt.

Abbildung 1: Skizzierung*, Untergrundaufbau der Sportanlage Mörsch, Frühlingstraße



* Die Konzeption wurde auf der Basis der Schichtenverzeichnisse nach DIN 4022 (Anlage 3.1/3.3) und der Bohrprofilardarstellungen nach DIN 4023 (Anlage 3.2/3.4) erarbeitet.

Geringfügig abweichend kann der Aufbau des Sportplatzes an Bohrpunkt SPAM V 1 beschrieben werden. In diesem Fall wird ein bindiger Schluff des Liegenden von einem insgesamt ca. 30 cm (10 cm + 20 cm) dicken Oberbau überlagert.

Bei einer ca. 10 cm dicken Tennenschicht und einer nicht definierten Schichtstärke des Dynamischen Materials beträgt die Tragschichtmächtigkeit lediglich ca. 20 cm (Anlage 3.2, Seite 1 bis 3). Unter Berücksichtigung der punkartigen Aufschlüsse und der damit verbundenen technisch bedingten Fehlerquellen war von einer erheblichen Durchmischung der Tennenschicht und der Dynamischen Schicht mit der Tragschicht auszugehen.

Die Sportanlage wird von dem Fußballverein Mörsch für das regelmäßige Training und die Austragung von Punktspielen genutzt. Im Rahmen der Untergrundaufschlüsse wurde daher auf die Durchführung weitangelegter Schürfe bzw. Profilanschnitte und der damit verbundenen großflächigen Zerstörung der Oberflächen verzichtet.

In der unten angeführten Abbildung 2 ist ein Sportplatzaufbau idealisiert dargestellt (DIN 18035). Die im Untergrund angetroffenen Bodenschichten sind unmaßstäblich ins Profil eingefügt.

Abbildung 2: Vereinfachte Darstellung des Untergrundes (Frühlingstraße)

	<p>Tennenbelag (Solldicke: 4cm)</p> <p>Dynamische Schicht (Solldicke: 6 cm)</p> <p>Tragschicht (Solldicke: 15 cm)</p>	<p>Bemerkung: Schematisierter Technischer Aufbau (am Sportplatz an der Frühlingstraße ist eine verlässliche Differenzierbarkeit nicht durchzuführen).</p>
<p>A</p>	<p>#Bindige Auffüllungen, z.T mit Fremdmaterial, z. T. ehemaliger Oberboden, ca. ± 1 m Mächtigkeit</p> <p>#Fluviale Sande (mit geringfügigen Feinkornanteilen, \varnothing Korn $\leq 0,063$ mm)</p>	

[#]in der o.a. Prinzipskizze unmaßstäblich

5.1.2 Auffüllungen mit Fremdstoffen (RKS)

An den Bohraufschlüssen wurden unterhalb des Sportplatzoberbaus Auffüllungen aus Schluffen und Feinsanden mit hohen Feinkornanteilen erbohrt, z.T. wurde ehemaliger Oberboden gefunden. Aufgrund der feinkörnigen Einschaltungen ($\leq 0,063$ mm) fungieren die aufgefüllten Horizonte als Wasserstauer.

Bei Horizontstärken von $\pm 0,8$ m war in Tiefen von grob abgeschätzt ca. $1 \text{ m} \pm 0,2 \text{ m}$ u. GOK ein Übergang in Feinsande und Mittelsande mit geringfügigen Feinkornanteilen (Kap. 5.4.3) zu beobachten. In den Auffüllungen waren geringfügige Anteile von Fremdstoffen wie Bauschutt und Schlacken erkennbar. Die anthropogenen Bodenschichten waren durch wenig auffällige Farbwechsel von braun bis dunkelgrau gekennzeichnet (vgl. d. Bilddokumentation, Anlage 8, Bild 1).

5.1.3 Sande (RKS)

Im Liegenden der wasserstauenden Auffüllungen stehen fein- bis mittelsandige Quartärsedimente mit geringfügigen Feinkornanteilen an. Aus feinstratigraphischer Sicht alternieren in den Profilen bis ca. 7 m u. GOK hochprozentige Sande und stark untergeordnet geringmächtige, leicht schluffige Horizonte (Kornanteile $\leq 0,063 \text{ mm}$) in einer Größenordnung von wenigen Zentimetern bis in den Dezimeterbereich (vgl. d. Bilddokumentation, Anlage 8, Bild 2). Mit zunehmender Teufe war eine deutliche Abnahme des Feinkorns zu protokollieren.

In Teufen von $\geq 1,5$ m wurden an den Bohraufschlüssen gelbliche bis graubraune Sande ohne nennenswerte Feinkornanteile erkannt. In einer Teufe von ≥ 4 m u. GOK wurden die Mittel- bis Grobsande der gesättigten Grundwasserzone angetroffen.

5.2 Beschreibung der Grundwasserverhältnisse

Die Grundwasser-Abstichmessungen wurden an der ambulanten Grundwassermessstelle SPAM B 5 durchgeführt. Das Grundwasser wurde bei ca. 4,1(4,3) m u. GOK erbohrt. Nach ca. 1 Std. war der GW-Spiegel bis auf ca. 4 m u. GOK angestiegen (vgl. Anlage 3.4, S. 3 und 5 sowie Kapitel 3.4 „Hydrogeologische Verhältnisse“).

5.3 Beurteilung der Lagerungsdichte (DPL)

Die Rammsondierungen nach DIN 4094, T 2 (Kap. 4.2), eignen sich zur Prüfung der Lagerungsdichte und somit der Tragfähigkeit von Sanden. Für plastische Böden sind mit Hilfe dieser Methode ohne zusätzliche Untersuchungen keine allgemein gültigen Zusammenhänge ableitbar.

In bindigen Böden kann der Spitzendruck durch die Konsistenz, die Plastizität und den Porenwasserdruck wesentlich beeinflusst werden. Zu den Zusammenhängen von Verdichtungskenngrößen, Sondierwiderstand, Steifemodul und Reibungswinkel vgl. Tabelle 5 für die Bodenart „Sand“.

Tabelle 5: Übersicht Lagerungsdichte u. Bodenkenngrößen

Lagerungsdichte	Sehr locker	Locker	Mitteldicht	Dicht	Sehr dicht
bez. Lagerungsdichte I_P	< 0,15	0,15 – 0,35	0,35 – 0,65	0,65 – 0,85	0,85 – 1,00
SPT ($n_K / 30 \text{ cm}$)	< 4	4 – 10	10 – 30	30 – 50	> 50
Drucksonde $s_S [\text{bar}]$	< 50	50 – 100	100 – 150	150 – 200	> 200
Leichte Rammsonde ($n_K / 10 \text{ cm}$)	< 10	10 – 20	20 – 30	30 – 40	> 40
Schwere Rammsonde ($n_K / 10 \text{ cm}$)	< 5	5 – 10	10 – 15	15 – 20	> 20
Trockendichte $\gamma_d [\text{kN} / \text{m}^3]$	< 14	14 – 16	16 – 18	18 – 20	> 20
Steifemodul $E_S [\text{MN} / \text{m}^2]$	15 – 30	30 – 50	50 – 80	80 – 100	> 100
Reibungswinkel $\varphi [^\circ]$	< 30	30 – 32,5	32,5 – 35	35 – 37,5	> 37,5

5.3.1 Tennenbelag / Dynamische Schicht / Tragschicht (DPL)

Die Ergebnisse der Rammsondierungen SPAM BRS 1 bis SPAM BRS 5 liegen als Anlage 3.4 und Anlage 4 dem Bericht bei. Aus den Schlagzahldiagrammen geht hervor, dass im „Oberbau“ (Tennenschicht bis Schottertragschicht) Lagerungsverhältnisse vorherrschen, die sich innerhalb der weiten Grenzen von locker bis dicht bewegen.

5.3.2 Auffüllungen mit Fremdstoffen (DPL)

An den Bohransatzpunkten SPAM BRS 1 und SPAM BRS 2 lassen die Ergebnisse der Rammsondierungen mit Schlagzahlen von $N_{10} = 6-7$ auf sehr weiches Material bzw. sehr lockere Lagerungsverhältnisse in den z.T. aufgefüllten Horizonten des Hauptspielfeldes (bis ca. 1 m u. GOK) schließen. An der Bohrung SPAM BRS 5 stehen schluffig-tonige Auffüllungen bis ca. 1,2 m u. GOK und locker gelagerte Feinsande mit Schlagzahlen von $N_{10} = \pm 9$ in einem ursächlichen Zusammenhang für eine Abnahme der Lagerungsdichte (Anl. 3.4, S. 5 und Anl. 4, S.5).

5.3.3 Sande (DPL)

Die Auswertung der Rammsondierungen ergab für die fein- bis mittelsandigen Schichten in Tiefen von ca. 1,2 m bis 1,5 m mit Schlagzahlen von $9 \leq N_{10} \leq 20$ eine sehr lockere bis lockere Lagerung. Mit zunehmender Tiefe (ca. $\geq 1,5$ m u. GOK) nehmen die Schlagzahlen respektive die Lagerungsdichte der hochprozentigen Sande sukzessive zu (mitteldichte bis dichte Lagerungsverhältnisse). Die Schwankungen der Widerstandslinien, die in einem ursächlichen Zusammenhang zu einer alternierenden Sedimentation von feinkornreichem Material ($\leq 0,063$ mm) und feinkornarmen Sanden stehen, sind an den Diagrammen mit den Widerstandslinien (Anlage 4) aussagefähig abzulesen (vgl. a. die Anlage 8, Bilder 1 und 2). Naturgemäß gehen die Schlagzahlen im Grundwasserbereich in Tiefen ≥ 4 m zurück (lockere bis mitteldichte Verhältnisse).

5.4 Bodenmechanische Messergebnisse

Die Ergebnisse der bodenmechanischen Messungen sind mit den Bezeichnungen der untersuchten Bodenproben in der nachfolgenden Tabelle 6 zusammengestellt und werden im Anschluss ausführlich beschrieben.

Tabelle 6: Probenbezeichnungen / Bodenmechanische Messergebnisse

Bez. der Bodenprobe	Untersuchte Parameter			
jeweils aus Bohrung c [a,b,c]: Versick.- Horiz.	Feinkorn <0,063 [%] (Nass-/ Siebung)	Feinkorn <0,063 [%] (Sedimentation)	Glühverlust [%] (org. Bestandteile)	Wassergehalt [%]
SPAM V 5.3 (0,4-1,0 m) [a]	37	37	12,22	13,9
SPAM V 5.4 (1,0-1,5 m) [c]	1,05	-	-	-
SPAM V 5.5 (1,5-3 m) [c]	0,16	-	-	-
SPAM B 1.4 (1,0-3,8 m)	0,39	-	-	-
SPAM B 1.5 (4-7 m)	0,81	-	-	-
SPAM B 2.3 (0,4-2 m)	0,26	-	-	-
SPAM B 2.4 (2-4,4 m)	0,41	-	-	-
SPAM B 3.3 (0,4-2)	0,21	-	-	-
SPAM B 3.4 (2-4 m)	0,4	-	-	-
SPAM B 3.5 (4-7 m)	1,97	-	-	-
SPAM B 4.4 (1,1-3,5 m)	0,22	-	-	-
SPAM B 4.5 (3,5-7 m)	0,97	-	-	-
SPAM B 5.4 (1-2 m)	0,37	-	-	-
SPAM B 5.5 (2-4 m)	0,27	-	-	-
SPAM B 5.6 (4-7 m)	0,43	-	-	-

5.4.1 Tennenbelag / Dynamische Schicht / Tragschicht

An den Stoffen des Sportplatzoberbaus wurden keine bodenmechanischen Analysen durchgeführt. Eine im Sportplatzbau normgerecht horizontierte Abstufung der Kornverteilungen von 0/32 mm für die Tragschicht war nur teilweise zu beobachten.

Verlässliche Angaben zu der Mächtigkeit der Dynamischen Schicht und zu einer postulierten Kornverteilung von 0/16 mm waren nicht abzuschätzen. Eine normgerechte, horizontierte Abstufung der Körnung (Filterstabilität der Aufbaumaterialien) ist aus den bodenmechanischen Beobachtungen nicht ableitbar (vgl. hierzu Abb. 1 und 2 sowie Anlage 8, Bilder 3 und 4).

Im Hinblick auf die Filterstabilität der Tennenschicht zu dem Dynamischen Schichtmaterial und zu der Tragschicht (Schotter) ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht von Daten auszugehen, die dem aktuellen Standard im Sportplatzbau entsprechen (vgl. a. die Bilddokumentation Anlage 8). Tendenziell waren deutliche Durchmischungen der Tennenschicht und der Dynamischen Schicht sowie der Tragschicht zu beobachten.

Vermutlich hat sich ein Gleichgewicht der Kornverteilungen innerhalb der Oberbauschichten zu Ungunsten der Frostsicherheit eingestellt. Die jahrzehntelange Nutzung der Sportanlage leistet naturgemäß einen maßgeblichen Beitrag zu einer unzulässigen Vergrößerung der Feinkornanteile.

5.4.2 Auffüllungen mit Fremdstoffen (Bodenmechanik)

Die ingenieurgeologische Untersuchung des Bodenmaterials SPAM V 5.3 aus der schluffigen Auffüllung des Hauptspielfeldes ergab Feinkornanteile ($\leq 0,063$ mm) von 37 %. Mit 13,9 % wurde an der Bodenprobe SPAM V 5.3 ein Wassergehalt gemessen, der auf eine weiche-steife Konsistenz schließen lässt (vgl. a. Anlage 5.1, Seite 1). Bei einer Zugabe geringfügiger Wassermengen ist ein „Verweichen“ des Bodens nicht auszuschließen. Die Standsicherheit etwaiger Konstruktionen ist unter diesem Gesichtspunkt stark gefährdet.

Das im südwestlichen Spielfeld im Erdplanum (0,4 m – 1 m) erbohrte, geringfügig fremdstoffhaltige Auffüllmaterial SPAM 5.3 kann aufgrund der schluffig-tonigen Komponenten ($\leq 0,063$ mm: 37 %) den Bodengruppen SU*/ST* nach DIN 18196 zugeordnet werden (Schluffe, Sande, stark schluffig, sehr frostempfindlich, F3 lt. ZTVE-StB 94/97). Aus dem gemessenen Glühverlust von 12,22 % ist ein deutlicher Anteil organischer Stoffe abzuleiten (vgl. a. Anlage 5.2, Seite 2).

5.4.3 Sande (Bodenmechanik)

An den Bohrpunkten SPAM B 2 und SPAM B 4 wurde der Sportplatzoberbau unmittelbar von Sanden unterlagert. Die oben beschriebenen schluffigen Auffüllungen wurden in diesen Fällen lediglich untergeordnet gefunden. Die Sieblinien der Bodenproben (vgl. Tabelle 6) aus den Tiefenhorizonten 0,4 m bis 7 m zeigten insgesamt einen gleichförmigen Verlauf im Bereich der Korngrößenintervalle 0,06 mm und 2 mm.

Die Siebung der Bodenproben aus den Tiefenhorizonten im Liegenden der schluffigen Auffüllungen ergab minimale Feinkornanteile von 0,16 % bis 1,97 %. Es wurde keine Überschreitung der 5 %- Grenze an den Sandproben dokumentiert. Die labortechnische Untersuchung weist das untersuchte Bodenmaterial als nicht frostempfindlich aus (F1, Bodengruppe SE, Sande, enggestuft, DIN 18196).

Aus den bodenmechanischen Messergebnissen ist für das Liegende eine deutliche Abnahme der feinkörnigen Anteile ableitbar. Im Umkehrschluss ist mit zunehmender Teufe (ca. $\geq 1,0$ m u. GOK) ein prozentualer Anstieg der mittelsandigen bis feinkie-sigen Stoffe zu verzeichnen.

Aufgrund der fluviatilen Sedimentationszyklen (vgl. Kapitel 3.3, Geologie) ist auch in größeren Teufen (≥ 2 m u. GOK) stets mit **schluffigen Horizonten** und etwaigen **feinkörnigen Einschaltungen** zu rechnen (s. d. Bilddokumentation, Anlage 8, Bild 2).

5.5 Ingenieurgeologische Baugrundbeschreibung

5.5.1 Bodengruppen DIN 18196 / Bodenklassen DIN 18300

Auf der Basis der oben erläuterten Analysenergebnisse wurden die erbohrten Schichten den Bodengruppen nach DIN 18196 mit den Bodenklassen nach DIN 18300 tabellarisch zusammengestellt. Die Einstufung in die Frostepfindlichkeitsklassen erfolgte nach ZTVE – StB 94/97.

Tabelle 7: Bodengruppen, Bodenklassen, Frostepfindlichkeitsklassen

Bodenart		Probenbezeichnung	Bodengruppe nach DIN 18196	Bodenklasse nach DIN 18300	Frostepfindlichkeitsklasse ZTVE-StB 94
Auffüllung ¹⁾ Tennenmaterial	A	nur chemische Analytik	-	-	-
Auffüllung ¹⁾ Dynamische Schicht	A	nur chemische Analytik	-	-	-
Auffüllung ¹⁾ Steine / Schotter	A	nur chemische Analytik	-	-	-
Auffüllung Sande, Schluffe, mit Fremdmaterial ²⁾	A1/2	SPAM V 5.3	SU*/ST*	4, 5	F 3
feinkornarme Sande		SPAM V 5.4, SPAM V 5.5, SPAM B 1.4, SPAM B 1.5, SPAM B 2.3, SPAM B 2.4, SPAM B 3.3, SPAM B 3.4, SPAM B 3.5, SPAM B 4.4, SPAM B 4.5, SPAM B 5.4, SPAM B 5.5, SPAM B 5.6	SE	3	F 1

¹⁾ Materialproben aus dem schwer differenzierbaren Oberbau, Tiefenhorizont 0 m bis 0,4 m (Tennenmaterial, Dynamische Schicht, „Tragschicht“ = Schotter, Steine).

²⁾ Diese fein- und gemischtkörnigen Böden verändern ihre Konsistenz bereits bei geringer Veränderung des Wassergehaltes. Wasserentzug lässt sie rasch austrocknen und schrumpfen, Wasserzufuhr in die Bodenklasse 2 (DIN 18300) übergehen.

5.5.2 Bodenkenngrößen nach DIN 1055

In Ergänzung zu den Tabellenwerten wurden den Stoffen Bodenkenngrößen nach DIN 1055, T 2 zugemessen. Es handelt sich dabei um **Rechenwerte**, die bei erdstatischen Berechnungen für Bemessungszwecke im Regelfall anzusetzen sind (vgl. Tab. 8 und Kap. 5.5.3).

Tabelle 8: Bodenkenngrößen nach DIN 1055, T2 (Rechenwerte)

Bodenart		Wichte γ [kN/m ³]	Wichte u.A. γ' [kN/m ³]	Reibungswinkel φ' [°]	Kohäsion c' [kN/m ²]	Steifemodul E_s [MN/m ²]
Auffüllungen	A	-	-	-	-	-
Schluffe / Tone		18	8	15 - 17,5	0	3-5
Sand (feinkornreich) SU / ST ; SU* / ST*		20	10	22,5 - 25	0	5-30
Sand (feinkornarm)						
locker		20	10	27,5 - 30	0	10-20
mitteldicht		22	12	30 - 32,5	0	20-50
dicht		24	14	32,5 - 35	0	50-80

Der Oberbau der Tennenanlage entspricht insgesamt nicht dem im Sportplatzbau aktuell geforderten technischen Standard. Im Hinblick auf die Tragfähigkeit des Erdplanums ist es anzuraten, im Zuge von evtl. geplanten Baumaßnahmen Probefelder zu errichten, um verlässliche Aussagen zu erhalten. Eine Auswahl evtl. in Frage kommender Sondermaßnahmen zur Stabilisierung bindiger Böden wird in Kap. 10.53 beschrieben.

5.5.3 Zulässige Bodenpressungen, Setzungen

Bei den geplanten Gründungen, d.h. dem Abtragen der Fundamentlasten in die anstehenden Mittelsande, ist zur Bemessung der Fundamente das Grundbruchkriterium bei Maximalwasserstand maßgebend.

Die bis ± 1 m mächtigen oberflächennahen humosen und z.T. aufgefüllten Schluffhorizonte sind aufgrund der Wasser- und Frostepfindlichkeit nicht tragfähig. Im Zuge der Gründungsmaßnahmen (Straßenbau, Fundamentierung, etc.) sind die bindigen, weichen Bodenschichten auszuheben und durch geeignetes Bodenmaterial zu ersetzen

Die entscheidende Bodenkenngröße ist hierbei der innere Reibungswinkel des Bodens in der Gründungssohle. Bei einer Ausführung von Bodenaustausch wird vorausgesetzt, dass im Austauschmaterial ein innerer Reibungswinkel erzielt wird, der die gleichen Bedingungen wie im anstehenden Mittelsand gewährleistet.

Zur Bemessung der Fundamente wurden früher gemäß DIN 1054, Tab. 1 in Abhängigkeit von der Einbindetiefe d [m] und der Fundamentbreite b [m] - die in Tabelle 9 genannten zulässigen Bodenpressungen σ [kN/m²] angeführt:

Tabelle 9: Nichtbindiger Baugrund und setzungsempfindliches Bauwerk

	Zulässige Bodenpressung in [kN/m ²] bei Streifenfundamenten mit Breiten b bzw. b' von					
Kleinste Einbindetiefe des Fundaments in [m]	0,5 m	1,0 m	1,5 m	2,0 m	2,5 m	3,0 m
1,0	270	370	360	310	270	240
1,5	340	440	390	340	290	260
2,0	400	500	420	360	310	280

Es ist zu beachten, dass sich der alluviale Untergrund mit einer intensiven fluviatilen Überprägung infolge der Neigung zur Ausbildung von **Mulden- und Rinnenstrukturen** auch kleinräumig stark **verändern** kann. Aufgrund der Größe der Fläche und der unterschiedlich kalkulierbaren Bodenbelastbarkeit und der Bodennachgiebigkeit ist daher für jede Baulichkeit (Gebäude, Straße, Grundleitungen etc.) ein entsprechend ausgerichtetes Baugrundgutachten zu erstellen.

Die in der Literatur für vergleichbare Untergrundbedingungen angegebenen zulässigen Bodenpressungen (zul $\sigma = 250$ kN/m² bis zul $\sigma = 270$ kN/m², vgl. Tabelle 9) sind nicht mehr gültig: Für die Bodenpressungen und Setzungen im Zuge der Fundamentierung (Streifenfundamente, Bodenplatte etc.) sind für **jedes einzelne Bauvorhaben** die sogenannten **charakteristischen Werte** zu berechnen. Insbesondere ist der **Grundbruch-Nachweis** nach den zum gegenwärtigen Zeitpunkt gültigen Vorgaben (DIN 1054:2005 / DIN 4017:2006) für jedes einzelne Bauobjekt zu führen.

5.6 Auswertung der Versickerungsversuche / Infiltrationsrate

Die Versickerungsprotokolle mit den Ergebnissen der Berechnungen der k_f -Werte liegen als Anlage 7 dem Bericht bei. Die Daten sind im Nachfolgenden ausführlich beschrieben und tabellarisch zusammengestellt.

5.6.1 Oberboden / Tennenaufbau (Versickerung)

Nach einer Sättigungsphase wurden an einem Doppelring-Infiltrometer für die eingebrachten Wassermengen Standzeiten von >60 min. protokolliert. Die Versickerungsversuche ergaben keinen Abfluss innerhalb eines auswertbaren Zeitrahmens (k_f -Werte abgeschätzt: Ca. $< 1 \cdot 10^{-7}$ m/s).

5.6.2 Auffüllungen (Versickerung)

Die Messergebnisse der Auffüllversuche der bis ca. -0,9 m in die schluffigen Auffüllungen eingebauten Versickerungsmessstellen ergaben k_f -Werte in den Schranken von $3,45 \cdot 10^{-7}$ m/s (SPAM V 1a) bis $3,22 \cdot 10^{-6}$ m/s (SPAM V 4, Horizont **a**, in Tabelle 10 orange markiert). Insgesamt wurden an den Messstellen in dem Tiefenhorizont **a** (-0,9 m) mit k_f -Werten von $\pm 1 \cdot 10^{-6}$ m/s keine ausreichenden Versickerungswerte gemessen.

Mit wasserstauenden Feinkornmassenanteilen ($< 0,063$ mm) von 37 % verhält sich das Siebergebnis der Bodenprobe SPAM V5.3 aus dem Tiefenhorizont **a** hierzu kompatibel.

5.6.3 Sande (Versickerung)

Im Bereich der geplanten Versickerungsflächen wurden in Abhängigkeit von dem Umfang der eingeschalteten Schluffhorizonte Zeitintervalle von 3 min bis 10 min bestimmt (Anlage 7, Tab. 10, Horizont **b + c**, blau und grün markiert). Die zum gegenwärtigen Zeitpunkt vorliegenden Versickerungszeiten lassen eine Anwendung bestimmter Versickerungsanlagen zu (vgl. Kapitel 6).

Das Bodenmaterial der Tiefenhorizonte in ca. 1,9 m bis ca. 2,4 m Tiefe wies Mittelwerte der Durchlässigkeitsbeiwerte in den Schranken von $k_f = 4,46 \cdot 10^{-5}$ m/s bis $k_f = 5,2 \cdot 10^{-5}$ m/s auf. Die berechneten Werte deuten weitgehend auf eine gute Versickerungsfähigkeit hin (gültig für Tiefen $\geq 1,2$ m).

Die Versickerungsdaten verhalten sich zu den geringen Feinkornanteilen von ± 1 % kompatibel (vgl. die Probenbezeichnungen und die Siebergebnisse in Tabelle 6).

Tabelle 10: k_f -Werte, Ergebnisse der Versickerungsversuche (vgl. d. Protokolle Anlage 5)

Bezeichnung der Bohrungen	Mess- dauer [min]	Wasserstand im Wasserbehälter			Mittlere Schwimmerhöhe H_s [cm]	$H = H_R - H_s$ [cm]	$Q = A \cdot dH/t$ [cm ³ /min]	$k_f = Q / 5,5 \cdot r \cdot H \cdot 6000$ [m/s]
		H [cm]	dH cm					
SPAM V 1a	60	34	33,7	0,3	10	90	3,1	$3,45 \cdot 10^{-7}$
SPAM V 1b	10	33,7	31	2,7	10	140	166,1	$1,44 \cdot 10^{-5}$
SPAM V 1c	8	32,5	25	7,5	10	190	576,6	$3,68 \cdot 10^{-5}$
SPAM V 2a	14	33	25,0	8	10	90	351,4	$3,94 \cdot 10^{-5}$
SPAM V 2b	9	32	25,5	6,5	10	140	444,2	$3,85 \cdot 10^{-5}$
SPAM V 2c	8	25,5	18,7	6,8	10	190	522,8	$3,33 \cdot 10^{-5}$
SPAM V 3a	15	30	24,9	5,1	10	90	209,1	$2,35 \cdot 10^{-5}$
SPAM V 3b	5	30	21,4	8,6	10	140	1057,8	$9,16 \cdot 10^{-5}$
SPAM V 3c	5	31,8	23,7	8,1	10	190	996,3	$6,36 \cdot 10^{-5}$
SPAM V 4a	60	35	32,2	2,8	10	90	28,7	$3,22 \cdot 10^{-6}$
SPAM V 4b	7	30	24,0	6	10	140	527,1	$4,56 \cdot 10^{-5}$
SPAM V 4c	8	31	25,5	5,5	10	190	422,8	$2,70 \cdot 10^{-5}$
SPAM V 5a	60	32	31,6	0,4	10	90	4,1	$4,60 \cdot 10^{-7}$
SPAM V 5b	8	31	26,2	4,8	10	140	369,0	$3,19 \cdot 10^{-5}$
SPAM V 5c	4	26	19,9	6,1	10	190	937,9	$5,98 \cdot 10^{-5}$
SPAM V 6a	60	29	27,7	1,3	10	90	13,3	$1,50 \cdot 10^{-6}$
SPAM V 6b	5	29	22,8	6,2	10	140	762,6	$6,60 \cdot 10^{-5}$
SPAM V 6c	3	31	25,7	5,3	10	190	1086,5	$6,93 \cdot 10^{-5}$

Erläuterung zu der Tabelle:

* Um kalkulierbare Werte zu erhalten, wurde bei Versuchszeiten >60 min nach Erfahrungen interpoliert. In diesem Fall wurden zur Berechnung jeweils 60 min Standzeit in den Berechnungsvorgang eingebracht.

k_f		= Infiltrationsrate [m/s]
Q		= Wasserzugabe [cm ³ /min]
r	[2,5/3]	= Radius des Messrohres [cm]
H_R	[100, 200, 300]	= Länge des Messrohres [cm]
H_s		= Mittlere Schwimmerhöhe [cm]
H		= Konstante Druckhöhe [cm]
A	[315]	= Grundfläche des Vorratsbehälters [cm ²]
#		= Bodenhorizonte an denen jeweils die Kornverteilung bestimmt wurde, vgl. Tab. 2.

Bemerkung: Der Radius des Messrohres ist eine Gerätekons-
tante. Aus der zeitabhängigen Zuflussmenge Q wird der
Durchlässigkeitsbeiwert (k_f) berechnet.

5.7 Durchlässigkeit der Böden

In der nachfolgenden Tabelle sind die Messergebnisse der Ver-
sickerungsversuche mit den angetroffenen Bodenhorizonten
zusammengestellt und nach DIN 18130 bewertet.

Tabelle 11: Versickerungsfähigkeit in den Bodenschichten

Bodenschicht	Mächtigkeiten/ Tiefe u. GOK [m]	Durchlässigkeit (kf-Wert) Gerundete Mittelwerte der Versickerungsversuche in [m/s]	Durchlässigkeit DIN 18130
Sportplatzaufbau	Ca. 0,0 bis 0,4	Nur abgeschätzt	Sehr gering
Auffüllungen /Schluffe / Feinsande	Ca. 0,4 bis ca. 1,0	Ca. $< 10^{-7}$ bis 10^{-5}	Sehr gering bis mäßig
*Sand (SE / SI)	Ca. $\pm 1,2$ bis 7,0	Ca. 10^{-5} bis ca. $\pm 10^{-4}$	Gut bis sehr gut

*Abhängig von eingeschalteten, sehr schluffigen Horizonten im Wechsel zu hochprozentigen Sandlagen.

Zieht man zum Vergleich die Ergebnisse der Siebanalysen der Bodenproben mit Feinkornanteilen von $\pm 1\%$ (Tabelle 6) heran, so ist insgesamt von einer guten Versickerungsleistung in den Horizonten ≥ 1 m auszugehen. Aufgrund möglicher **schluffiger Einschaltungen** ist eine evtl. **wasserstauende Wirkung** auch in den sandigen Tiefenhorizonten stets zu **beachten**.

6 Versickerung

Als rechtliche Grundlagen wurde der ATV-DVWK-Kommentar z. ATV-DVWK-Regelwerk („Versickerung“, 2002) herangezogen.

6.1 Hydrogeologische Voraussetzungen

Durch den Bau von Versickerungsanlagen dürfen die Belange Dritter nicht beeinträchtigt werden. Ohne Sanierungsmaßnahmen sind Versickerungsanlagen im Bereich von Verunreinigungen des Erdreichs nicht planbar. Im Rahmen der vorliegenden Erkundung wurden keine organoleptisch feststellbaren Hinweise auf gravierende Bodenbelastungen gefunden.

Neben dem rechtlichen Aspekt sind im Hinblick auf die Versickerung von Niederschlagswasser und die Dimensionierung von Sickeranlagen die nachfolgenden Faktoren zu formulieren:

- ♦ Die Durchlässigkeit des Untergrundes sollte den Anforderungen genügen (k_f -Werte im Bereich von 5×10^{-3} m/s bis 5×10^{-6} m/s, Kommentar z. ATV-DVWK-Regelwerk, 2002).

- ◆ Die Grundwasserdeckschichten sollten eine ausreichende Mächtigkeit aufweisen (Abstand zum Grundwasser).
- ◆ Ein ausreichender GW-Flurabstand zum GW-Schutz (Schutzpotential) sollte gewährleistet sein.
- ◆ Soweit möglich sollte ein natürliches Reinigungsvermögen des Untergrundes mit berücksichtigt werden.
- ◆ Grundwasserefassungsanlagen (z.B. Trinkwasserbrunnen) dürfen nicht beeinträchtigt werden.

6.2 Versickerungsvarianten

Eine Versickerung von Niederschlagswässern unter Berücksichtigung der hydrologischen und hydraulischen Güteaspekte gemäß Regelwerk ATV-DVWK-A 138 kann mit Hilfe der nachfolgenden 4 Anlagearten erfolgen:

- ◆ Schachtversickerung
- ◆ Rigolen- und Rohrversickerung
- ◆ Muldenversickerung
- ◆ Flächenversickerung

Das für das Grundwasser ausgehende Gefährdungspotential ist in der o.g. Rangfolge der Anlagearten absteigend. Demnach geht von der Flächenversickerung das geringste und von der Schachtversickerung das größte Gefährdungspotential aus.

Im Rahmen der zum gegenwärtigen Zeitpunkt vorliegenden hydraulischen und hydrogeologischen Situation eignen sich die vier oben angeführten Versickerungsvarianten nach Durchführung entsprechender Sondermaßnahmen (z.B. u.a. Bodenaustausch, -stabilisierung etc.) für einen Einsatz im Untersuchungsgebiet. Die Kombination verschiedener Versickerungssysteme ist grundsätzlich möglich. Aufgrund der begrenzten Fläche ist eine flächige Versickerung in Frage zu stellen. Im vorliegenden Fall bietet sich eine kombinierte Mulden-/ Rigolenversickerung an. Aus Gründen der Vollständigkeit sind die oben angeführten Versickerungseinrichtungen im Hinblick auf die bautechnischen Eigenschaften und die Wirkungsweisen in den nachfolgenden Unterkapiteln ausführlich beschrieben und z.T. als Graphik dargestellt.

6.2.1 Schachtversickerung

Die schluffige Überdeckung (Mächtigkeit ca. ± 1 m) weist eine unzureichende Durchlässigkeit auf. Die schluffigen Schichten könnten mit einem Versickerungsbauwerk durchgründet werden. Hierfür bietet sich eine Schachtversickerung an (bzw. Rigolenversickerung, vgl. Kap. 6.2.2). Versickerungsschächte sind in Deutschland zur Versickerung von Niederschlagswasser und gereinigtem Schmutzwasser aus Kleinkläranlagen (DIN 4261) traditionell stark verbreitet.

Das Wasser wird in einen an Sohle und Wandung durchlässigen Schacht geleitet, dort zwischengespeichert und allmählich in den Untergrund versickert.

Die Lage sollte an der Stelle mit dem geringsten Höhenniveau liegen, wenn nicht die Zuleitungen dies kompensieren können. In der ATV A 138 wird ein minimaler Abstand von 1,5 m zwischen der Sohle des Versickerungsbauwerkes und dem höchsten zu erwartenden Grundwasserstand gefordert.

Da das Grundwasser bei ca. $\pm 4,1$ m Tiefe, bei einem Anstieg auf ca. ± 4 m u. GOK angetroffen wurde, ist der geforderte Sicherheitsabstand zum Grundwasser von $>1,5$ m nur bei entsprechender Bauausführung zu gewährleisten.

Ein Nachteil besteht darin, dass aufgrund der zu erwartenden Klimaveränderungen, die längere Trockenperioden und extreme Regenereignisse implizieren, künftige Maximalstände des Grundwassers nur schwer abschätzbar sind. Die Bemessung für Schachtversickerungen findet in der ATV A 138 bei maximal 400 m² Fläche eine Grenze. Im vorliegenden Fall umfasst die Fläche eine Größe von überschlägig ca. > 10.000 m².

Man muss sich der Bemessung daher über die Niederschlags- und Versickerungsspenden, also der Menge Wasser pro Zeit und Fläche, nähern.

Wartung und Pflege der Anlage ist aufwendig, da es zum Schutz des Grundwassers und zur Erhaltung der Versickerungsfähigkeit erforderlich ist, einen Filtersack in den Sickerschacht einzuhängen.

Das gesamte Niederschlagswasser muss vor der Versickerung diesen Filtersack passieren. In dem Sack werden absetzbare und abfiltrierbare Stoffe aus dem Niederschlagswasser vor der Versickerung zurückgehalten. Die Funktionsweise und die erforderliche Wartung des Filtersackes sind in Kapitel 7.2 ausführlich beschrieben.

Ein Versickerungsschacht wird i. d. R. aus Betonschachtringen aufgebaut. Ein Mindestdurchmesser von DN 1000 darf nicht unterschritten werden. Grundsätzlich sind zwei Bauarten zu unterscheiden. Beim Schacht Typ A haben die Schachtringe, die oberhalb der Filterschicht des Sohlbereichs liegen, seitliche Durchtrittsöffnungen (DWA-A 138, 2005, Abbildung 3, S.33).

Beim Schacht Typ B (DWA-A 138, 2005), der mit dem Sickerschacht nach DIN 4261-1 identisch ist, liegen demgegenüber die seitlichen Durchtrittsöffnungen ausschließlich unterhalb der Filterschicht des Sohlbereichs. Die Durchsickerung verläuft nur durch die Filterschicht.

Die absetzbaren und abfiltrierbaren Stoffe werden auf der Oberfläche der Filterschicht zurückgehalten. Als Material für die Filterschicht wird karbonathaltiger Sand mit einer Körnung von 0,2 mm bis 2 mm empfohlen. Eine Wasserdurchlässigkeit von $k_f \leq 1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ muss gewährleistet sein.

Neben der Art der Durchsickerung unterscheiden sich die beiden Schachttypen wie folgt:

- ◆ Beim Schacht Typ A (vgl. die nachfolgende Abbildung) ist bei gleicher Schachttiefe das verfügbare Speichervolumen größer als beim Schacht Typ B.
- ◆ Beim Schacht Typ A ist bei Bedarf der Filtersack auszubauen und durch Rückspülen zu reinigen oder zu erneuern.
- ◆ Beim Schacht Typ B ist es erforderlich, bei Bedarf die Filterschicht abzuschälen (Entnahme der absetzbaren und abfiltrierbaren Stoffe) und durch neuen Filtersand zu ersetzen.

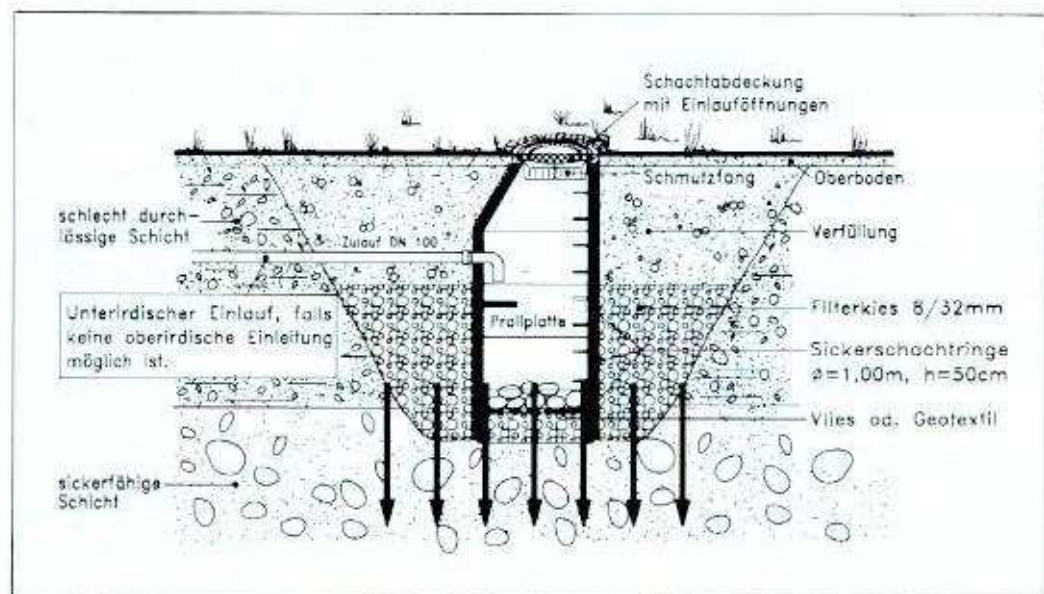


Abbildung 3: Ausführungsbeispiel Sickerwasserschacht Typ A

Im Falle eines erhöhten Anfalls an absetzbaren und abfiltrierbaren Stoffen im Niederschlagsabfluss ist es sinnvoll, dem Sickerschacht einen besonderen Absetzschacht mit undurchlässiger Sohle und Wandung vorzuschalten. Diese Maßnahme könnte evtl. eine Verlängerung der Wartungsintervalle bewirken.

6.2.2 Rigolenversickerung

Die Rigole sollte ca. 0,2 - 0,5 m in die sickerfähigen Sande einbinden. Da in den Sanden stark schluffige Lagen eingeschaltet sind, kann aufgrund der großen Untersuchungsfläche und der z.T. inhomogenen Sandschüttungen nur eine verlässliche Entscheidung im Zuge der Bauausführung getroffen werden. Der Aufbau muss gemäß ATV A 138 ausgeführt werden (Abb. 4).

Bei der Rigolenversickerung wird das Niederschlagswasser oberirdisch in einen mit Kies oder anderem Material mit großer Speicherkapazität gefüllten Graben (Rigole) geleitet, dort zwischengespeichert und entsprechend der Durchlässigkeit des umgebenden Bodens verzögert in den Untergrund abgegeben.

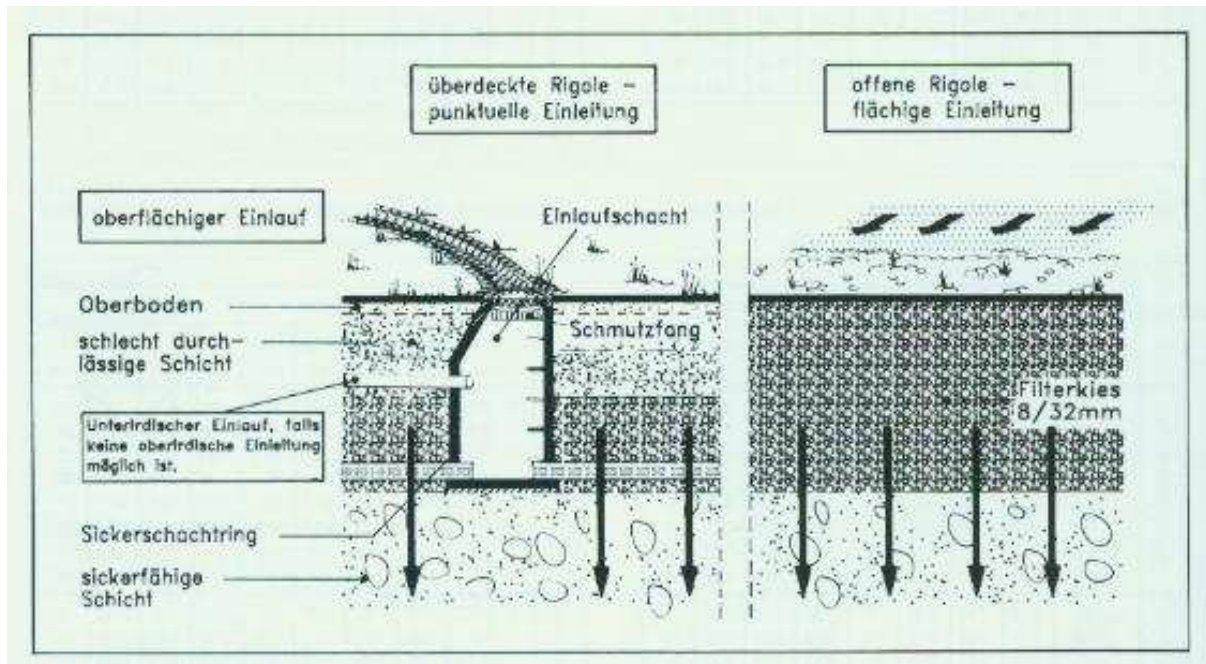


Abbildung 4: Rigolenversickerung (Schnitt)

Bei der Rohr-Rigolenversickerung (DWA-A 138, 2005, Abb. 4) erfolgt die Niederschlagswasserzuleitung unterirdisch in einen in Kies oder anderem Material gebetteten perforierten Rohrstrang (Rohr-Rigolenelement), der zur Geländeoberfläche hin mit einem Füllboden im Rohrgraben abgedeckt ist.

Eine Kombination von Rigolen- und Rohr-Rigolenversickerung ist möglich. Zum einen erfolgt die Niederschlagswasserzuleitung oberirdisch durch die bis zur Geländeoberfläche reichende Rigole. Im anderen Fall wird das Wasser unterirdisch dem in der Rigole liegenden perforierten Rohrstrang zugeführt.

Die Speicherkapazität ergibt sich aus den Querschnittsabmessungen der Rigole bzw. des Rohres, aus dem Porenvolumen des Füllmaterials und der beabsichtigten oder zur Verfügung stehenden Längsentwicklung des Versickerungsstranges. Da die Querschnittsabmessungen und die Längsentwicklung in weiten Grenzen variieren, sind auch die Speicherkapazität und damit die anschließbare undurchlässige Fläche in weiten Grenzen variierbar.



Abbildung 5: Ausführungsbeispiel Rigolenversickerung

Der Rückhaltung von im Niederschlagsabfluss mitgeführten absetzbaren Stoffen ist besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Bei Rohr-Rigolen mit unterirdischer Zuleitung sollte stets eine Absetzeinrichtung vorgeschaltet werden. Um ggf. Spülgut gemäß Wartung nach DWA-A 138, 2005 entnehmen zu können, ist ein Spülschacht am Ende der Rigole sinnvoll. Bei der baulichen Ausführung der Rigole ist darauf zu achten, dass das Wasser möglichst gleichmäßig auf der gesamten Länge des Grabens verteilt eintreten kann. Für das Sickerrohr ist eine ausreichende hydraulische Leistung sicherzustellen.

6.2.3 Muldenversickerung

Im vorliegenden Fall ist auch eine kombinierte Mulden- / Rigolenversickerung denkbar. Versickerungsmulden sind flache, meist mit Gras bewachsene Bodenvertiefungen, in denen das zulaufende Regenwasser kurzzeitig zwischengespeichert werden kann. Nach den zum gegenwärtigen Zeitpunkt vorliegenden Untersuchungsergebnissen weist die schluffige Bodenzone im Bereich des Sportplatzes z.T. eine Durchlässigkeit von $<10^{-6}$ m/s auf (vgl. hierzu die Mittelwerte, Horizont I, Anlage 7).

Diese Infiltrationsleistung ist für eine Muldenversickerung **ohne Sondermaßnahmen** nicht ausreichend. Die oberflächigen feinkörnigen Böden können anfänglich eine ausreichende Versickerungsrate vorweisen. Besonders ungesättigte Böden können zunächst mehr Wasser aufnehmen. Auch können evtl. im Unterboden vorhandene Makroporen eine größere Durchlässigkeit und Infiltrationsrate vortäuschen.

Die allmähliche Wassersättigung des Bodens und das Zusetzen der Makroporen durch Verschlammungsprozesse können langfristig zu einer deutlichen Verringerung der Versickerungsfähigkeit führen, so dass „Dauerteiche“ entstehen können. Versickerungsmulden sollten daher so bemessen werden, dass sie nur kurzzeitig unter Einstau stehen. Ein Dauerstau ist in jedem Falle zu vermeiden, weil dadurch die Gefahr der Verschlickung und Verdichtung der Oberfläche beträchtlich erhöht wird.

In diesem Zusammenhang hat sich bewährt, die Einstauhöhe auf 30 cm zu begrenzen. Sohlebenen und Sohllinien der Mulden sollten horizontal liegend hergestellt und unterhalten werden, um eine möglichst gleichmäßige Verteilung des zu versickernenden Wassers zu erreichen. Große oder lange Mulden sind insbesondere bei vorhandenem Geländegefälle durch Bodenschwellen zu unterbrechen.

Eine Flutung der Versickerungsmulden, möglichst oberirdisch mit offenen Zuleitungsrinnen, geschieht im Allgemeinen direkt von befestigten Flächen aus, wobei für ein möglichst gleichmäßiges Überfließen längs der Flächenkanten zu sorgen ist.

Eine Beschickung der Versickerungsmulden über Rohrleitungen oder Pflasterrinnen, z. B. bei der Versickerung von Dachabflüssen oder bei abseits gelegenen Versickerungsflächen, kann besondere Maßnahmen zur örtlichen Verteilung der Wassermengen erfordern.

Flächenversickerungen sind grundsätzlich im Bereich der feinkiesigen Sandböden rein technisch realisierbar (Grundwasserabstand beachten!). Bindige Böden könnten zur Speicherung auch mit Schotterlagen in geeigneter Mächtigkeit unterbaut werden.

Folgende Angaben über die Niederschlagshöhen und -spenden für Starkregenereignisse (15 Minuten) hat das Geotechnische Büro Seifert + Partner von Seiten des Entsorgungs- und Wirtschaftsbetriebes Frankenthal (EWF) erhalten:

1 Jährige Niederschlagsspende: 116,7 Liter / sec. und Hektar
 5 Jährige Niederschlagsspende: 200,2 Liter / sec. und Hektar
 20 Jährige Niederschlagsspende: 294,1 Liter / sec. und Hektar.

Bezieht man die Niederschlagsspende auf die zu entwässernden Flächen, ergeben sich die Daten wie folgt:

Tabelle 12: Niederschlagsereignis und Niederschlagsspenden

Bez. der Fläche	angenom. Größe der Fläche [m²]	Niederschlagsereignis	Niederschlagsspende [l / s Bezugsfläche]
Spielfeld	9.000	1 Jähriges	105,03
Spielfeld	9.000	5 Jähriges	180,18
Spielfeld	9.000	20 Jähriges	264,69

7 Vorbehandlung des Sickerwassers

Der Regenabfluss spült Staubpartikel, Tierexkremente, etc. in die Versickerungsanlage. Wenn keine Passage durch die belebte Bodenzone stattfindet, unterbleibt die filternde Wirkung dieser Bodenschicht. Daher ist das Regenwasser vor der Versickerung physikalisch aufzubereiten. Ohne die Abtrennung der Schwebstoffe wird der Sickerwasserschacht oder die Rigole verschlammten und die Sickerfähigkeit wird stark abnehmen.

7.1 Vorschaltung eines Absetzschachtes

Eine Möglichkeit der Vorreinigung ist die Vorschaltung eines Absetzschachtes. Die Reinigungsleistung ist allerdings auf gut absetzbare Stoffe beschränkt, und Turbulenzen behindern die Sedimentationsleistung.

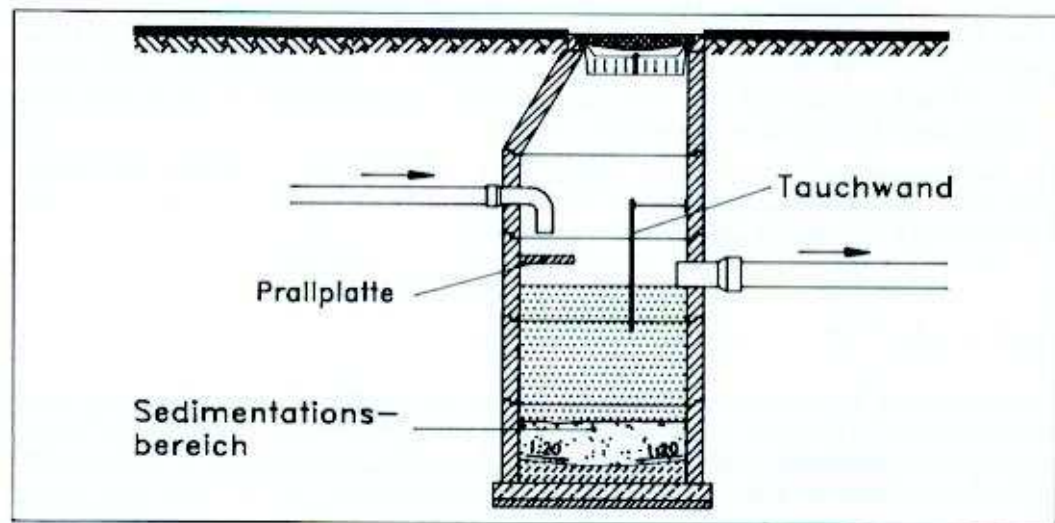


Abbildung 6: Absetzschacht (Beispiel)

Es ergeben sich die nachfolgenden Reinigungsleistungen:

- ◆ Reinigung durch Sedimentation.
- ◆ Rückhalt von Schwimm- und Leichtstoffen durch die Tauchwand.
- ◆ Rücklösung und Ausschwemmung bereits abgelagerter Partikel.

Bei der Dimensionierung der Tauchwände ist die DIN 4261, T.1 zu berücksichtigen.

7.2 Einhängen eines Filtersackes

Eine andere Möglichkeit der Vorreinigung besteht in dem Einhängen eines Filtersackes. Dieser besteht aus einem vernadelten Spezial-Geotextil und wird entsprechend der Größe des Sickerschachtes hergestellt.

Der Filtersack besitzt ein hohes Rückhaltevermögen für feste Stoffe, auch im Hinblick auf Staubpartikel und Partikel der Tonfraktion.

Damit ist seine Reinigungsleistung besser als eine Vorreinigung mit Schlammfang. Allerdings werden keine gelösten Stoffe zurückgehalten. Der Filtersack benötigt kein weiteres Bauwerk und kann nach Reinigung mehrfach wieder verwendet werden.



Abbildung 7: Ausführungsbeispiel Filtersack

Der Filtersack muss auch auf die zu erwartenden Mengen an Sinkstoffen ausgelegt werden. Die Reinigung des Filtersackes erfolgt bei Bedarf. Hierzu wird der Filtersack entnommen, entleert und mit Wasserstrahl gereinigt. Kombinationen von Vorbehandlungssystemen und Versickerungsanlagen sind ebenfalls möglich.

Die Möglichkeit, das anfallende Oberflächenwasser über Gräben oder geschlossene Rinnen in zentrale, kommunale Versickerungsmulden im Bereich des Bebauungsgebietes zu führen und zur Versickerung zu bringen, ist derzeit nicht realisierbar.

8 Chemische Analysenergebnisse und Bewertung

8.1 Tennen-/ Tragschichtmaterial (Parameter TR LAGA)

Die an der repräsentativen Materialmischprobe MP SPAM BV 1 aus dem rotbraunen Tennenbelag und der Materialmischprobe MP SPAM BV 2 durchgeführte chemische Analytik auf die Parameter TR LAGA Boden dokumentierte eine Überschreitung der Z0-Werte (TR LAGA). Die zum gegenwärtigen Zeitpunkt vorliegenden Daten lassen eine Klassifikation des Tennenmaterials und des Tragschichtmaterials nach TR LAGA Z1.1 zu. In beiden Fällen waren die Z0-Werte TR LAGA für Kupfer (20 mg/kg Cu) und Nickel (15 mg/kg Ni) geringfügig überschritten.

In Tabelle 16 sind die Analysenergebnisse des Tennenmaterials den Zuordnungswerten der TR LAGA gegenübergestellt. Das Original Laborprotokoll ist als Anlage 6.1 und 6.2 beigelegt.

8.2 Tennen-/Tragschichtmaterial (Parameter TCDD/ TCDF)

Der Analysenumfang TR LAGA [6] an der Tennenmaterialprobe MP SPAM BV 1 und der Schotterprobe MP SPAM BV 2 wurde aus den in Kap. 4.3.2 dargestellten Gründen um die Parameter Polychlorierte Dibenzodioxine (TCDD) und Polychlorierte Dibenzofurane (TCDF) erweitert. Die Ergebnisse der „Dioxinanalytik“ nach DIN 38414 S24^A sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 13: Analysenergebnisse Dioxine/Furane

Parameter	Einheit	MP SPAM BV 1	MP SPAM BV 2
Polychlorierte Dibenzodioxine			
2,3,7,8-TCDD	ng/kg	<0,3	<0,5
1,2,3,7,8-PeCDD	ng/kg	<0,6	<1,5
1,2,3,4,7,8-HxCDD	ng/kg	<0,9	2,38
1,2,3,6,7,8-HxCDD	ng/kg	<1	4,32
1,2,3,7,8,9-HxCDD	ng/kg	<1,2	2,29
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	ng/kg	<4,5	9,87
OctaCDD	ng/kg	<15	<25
Summe TetraCDD	ng/kg	<3	54,76
Summe PentaCDD	ng/kg	<6	58,63
Summe HexaCDD	ng/kg	8,11	46,26
Summe HeptaCDD	ng/kg	7,79	19,4
2,3,7,8-TCDF	ng/kg	<0,6	<1
1,2,3,7,8-PeCDF	ng/kg	<0,6	<1
2,3,4,7,8-PeCDF	ng/kg	<0,6	<1
1,2,3,4,7,8-HxCDF	ng/kg	3,51	3,74
1,2,3,6,7,8-HxCDF	ng/kg	1,47	1,83
2,3,4,6,7,8-HxCDF	ng/kg	1,74	2,09
1,2,3,7,8,9-HxCDF	ng/kg	<0,9	<1,5
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	ng/kg	7,27	9,23
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	ng/kg	<4,5	<7,5
OctaCDF	ng/kg	16,5	<25
Summe TetraCDF	ng/kg	<6	12,5
Summe PentaCDF	ng/kg	<6	6,81
Summe HexaCDF	ng/kg	15,6	20,5
Summe HeptaCDF	ng/kg	18,7	19,3
Summe PCDD (Tetra-Octa)	ng/kg	15,9	179
Summe PCDF (Tetra-Octa)	ng/kg	50,8	59,1
Summe PCDD + PCDF (Tetra-Octa)	ng/kg	66,7	238
I-TE (NATO CCMS) exkl. BG	ng/kg	0,761	1,86
I-TE (NATO CCMS) inkl. BG	ng/kg	2,26	4,03
TEQ (WHO 1997) exkl. BG	ng/kg	0,764	1,86
TEQ (WHO 1997) inkl. BG	ng/kg	2,53	4,74
TE-BGA exkl. BG	ng/kg	-/-	-/-
TE-BGA inkl. BG	ng/kg	-/-	-/-
Summe I der Chem.-Verbot-VO	µg/kg	-/-	-/-
Summe II der Chem.-Verbot-VO	µg/kg	0,00672	0,0167
Summe III der Chem.-Verbot-VO	µg/kg	0,0305	0,0358

Die Bewertung von PCDD/PCDF- Gehalten erfolgt über die so genannten Toxizitätsäquivalente (TE). Die Berechnung der TE erfolgt aus den Messwerten des gesamten Spektrums der Parameter PCDD und PCDF. Die Toxizitätsäquivalente (TE) bzw. die Internationalen Toxizitätsäquivalent-Faktoren (I-TEF) wurden nach I-TE NATO CCMS errechnet.

Seit dem 17. Juli 1999 wird als Prüfwert für Kinderspielflächen ein Rechenwert (TE) von 100 ng/kg TCDD/TCDF in der derzeit gültigen BBodSchV angeführt (vgl. die nachfolgenden Tabellen 13 und 14).

Mit I-TE (NATO CCMS) exkl. BG von 0,761 ng/kg und I-TE (NATO CCMS) inkl. BG von 2,26 ng/kg wurden an der Tennenmaterialmischprobe MP SPAM BV 1 nach den oben angeführten Kriterien keine signifikanten PCDD/PCDF-Gehalte nachgewiesen. In vergleichbarer Weise sind die Messergebnisse der Schottermischprobe MP SPAM BV 2 zu bewerten.

Mit Konzentrationen von I-TE (NATO CCMS) exkl. BG von 1,86 ng/kg und I-TE (NATO CCMS) inkl. BG von 4,03 ng/kg wurden keine auffälligen PCDD/PCDF-Gehalte an dem Tragschichtmaterial gefunden. Die berechneten Toxizitätsäquivalente implizieren insgesamt keine weiteren Maßnahmen im Hinblick auf das analysierte Tennenmaterial (gültig: Parameter PCDD/PCDF).

Tabelle 14: Bewertung der TCDD- und TCDF- Gehalte nach I-TE (NATO/CCMS)

Parameter	Einheit	Rechenwerte	Bezeichnung der Mischproben	Prüfwerte (BBodSchV)			
		I-TE (NATO CCMS)		Kinderspielflächen	Wohngebiete	Park- und Freizeitanlagen	Industrie-/ Gewerbegrundstücke
TCDD/TCDF	ng/kg	0,761 exkl. BG	MP SPAM BV 1	100	1.000	1.000	10.000
TCDD/TCDF	ng/kg	2,26 inkl. BG	MP SPAM BV 1	100	1.000	1.000	10.000
TCDD/TCDF	ng/kg	1,86 exkl. BG	MP SPAM BV 2	100	1.000	1.000	10.000
TCDD/TCDF	ng/kg	4,03 inkl. BG	MP SPAM BV 2	100	1.000	1.000	10.000

Erläuterungen zu der Tabelle:

*Summe der 2, 3, 7, 8 - TCDD-Toxizitätsäquivalente (nach NATO/CCMS)

Vor dem Inkrafttreten der BBodSchV wurden für die Bewertung der PCDD- / PCDF- Gehalte in Böden von Seiten des Bundesgesundheitsamtes (BGA) Richtwerte im Hinblick auf die Nutzung empfohlen. Für Kinderspielplätze war gemäß behördlicher Empfehlung ab 100 ng/kg TE ein Bodenaustausch durchzuführen.

Die an den Proben SPAM BV 1 + 2 analysierten PCDD/PCDF-Gehalte („Dioxine“) lagen im Vergleich zu den früheren Empfehlungen des BGA unterhalb des Maßnahmenwertes, der beispielsweise für eine uneingeschränkte landwirtschaftliche Nutzung vorgesehen war (TE <5 ng/kg).

Aus Gründen der Vollständigkeit sind die früheren Richtwerte und Empfehlungen (BGA) im Nachfolgenden tabellarisch zusammengestellt.

Tabelle 15: Richtwerte des BGA für PCDD/PCDF-Gehalte in Böden

PCDD/PCDF im Boden in TE (I-TEF, ng/kg)	empfohlene Nutzung/Maßnahme
<5	uneingeschränkte landwirtschaftliche Nutzung
<40	eingeschränkte landwirtschaftliche Nutzung
>40	landwirtschaftliche Nutzung nur mit nachweislich minimalem Dioxintransfer
>100	Bodenaustausch auf Kinderspielplätzen
>1.000	Bodenaustausch in Siedlungen
>10.000	Bodenaustausch unabhängig vom Standort; Entsorgung der belasteten Erde als Sonderabfall

8.3 Chemische Analytik von Bodenmaterial (Untergrund)

Die Bodenmischprobe MP 1 aus SPAM B 1.3 und SPAM B 5.3 wurde auf die Parameter TR LAGA analysiert. Im Feststoff der Bodenmischprobe SPAM B 1.3+5.3 (0,4-1,0 m) wurde mit 22 mg/kg ein Nickelwert gemessen, der oberhalb des Zuordnungswertes Z0 TR LAGA (15 mg/kg Ni) liegt. Mit 0,51 M.-%/TOC wurde ein Messwert oberhalb des Z0-Wertes (TR LAGA, 0,5 M.-% TOC) nachgewiesen (MP 1 SPAM B 1.3 + 5.3).

In der nachfolgenden Tabelle sind die Analysenergebnisse den Zuordnungswerten der TR LAGA gegenübergestellt. Das Original Analysenprotokoll des Labors Wessling ist als Anlage 6.3, S. 1-6 beigelegt.

Tabelle 16: Analysenergebnisse / Zuordnungswerte nach TR LAGA

Parameter		Probe					Zuordnungswerte LAGA			
		MP SPAM BV 1	MP SPAM BV 2	MP 1 SPAM V*	MP 1 SPAM B**	SPAM B 4.3	Z0	Z1		Z2
Feststoff	Einheit									
TOC	M.-%	0,25	0,38	0,62	0,51	<0,1	0,5	1,5		5
EOX	mg/kg	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1	3		10
Kohlenwasserstoffe	mg/kg	<10	<10	<10	<10	<10	100	300		1.000
Summe BTEX	mg/kg	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	1	1		1
Summe LHKW	mg/kg	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	1	1		1
Summe PAK	mg/kg	-/-	-/-	0,10	-/-	-/-	3	3		30
Naphthalin	mg/kg	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		0,5		
*Benzo(a)pyren	mg/kg	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	0,3	0,9		3
Summe PCB	mg/kg	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	0,05	0,15		0,5
Arsen	mg/kg	7	<5	<5	5	<5	10	45		150
Blei	mg/kg	19	11	12	11	<5	40	210		700
Cadmium	mg/kg	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,4	3		10
Chrom gesamt	mg/kg	24	22	16	26	9	30	180		600
Kupfer	mg/kg	21	39	11	10	<5	20	120		400
Nickel	mg/kg	29	52	17	22	9	15	150		500
Quecksilber	mg/kg	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	1,5		5
Thallium	mg/kg	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,4	2,1		7
Zink	mg/kg	41	40	38	34	10	60	450		1.500
Cyanid gesamt	mg/kg	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	-	3		10
Eluat							Z0	Z1.1	Z1.2	Z2
pH-Wert		7,6	7,5	7,5	7,8	7,5	6,5-9,5	6,5-9,5	6-12	5,5-12
El. Leitfähigkeit	µS/cm	170	110	17	175	130	250	250	1.500	2.000
Chlorid	mg/l	4	1	3	4	3	30	30	50	100
Sulfat	mg/l	13	4	17	14	5	20	20	50	200
Cyanid gesamt	µg/l	<5	<5	<0,005	<0,005	<0,005	5	5	10	20
Phenolindex	µg/l	<10	<10	<0,01	<0,01	<0,01	20	20	40	100
Arsen	µg/l	12	<5	9	<5	<5	14	14	20	60
Blei	µg/l	<2	<2	<2	<2	<2	40	40	80	200
Cadmium	µg/l	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	1,5	1,5	3	6
Chrom gesamt	µg/l	<5	<5	<5	<5	<5	12,5	12,5	25	60
Kupfer	µg/l	<5	<5	<5	<5	<5	20	20	60	100
Nickel	µg/l	<5	<5	<5	<5	<5	15	15	20	70
Quecksilber	µg/l	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,5	<0,5	1	2
Zink	µg/l	<5	<5	<5	<5	<5	150	150	200	600

Erläuterungen zu der Tabelle

* **MP 1 aus SPAM V** wurde zusammengestellt aus den Einzelproben SPAM V 1.3, 3.3, 2.3, 4.3 und 6.3.

** **MP 1 aus SPAM B** wurde zusammengestellt aus den Einzelproben SPAM B 1.3 und 5.3.

- **Z0:** Uneingeschränkter Einbau

- **Z1.1 / Z1.2:** **Z1.1= Eingeschränkter off. Einbau**, Z1.2=Geschloss. Vegetationsdecke, Erosionsschutz.

- **Z2:** Eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherheitsmaßnahmen (Obergrenze!).

->**Z2:** Besonders überwachungsbedürftiger Abfall, Deponierung, keine Verwertung möglich.

Die Analytik der Bodenmischprobe MP 1 aus SPAM V 1.3 + SPAM V 2.3 + SPAM V 3.3 + SPAM V 6.3 ergab mit 0,62 M.-% TOC und 17 mg/kg Ni Konzentrationen geringfügig oberhalb des jeweiligen Z0-Wertes. An beiden Bodenmischproben waren die Zuordnungswerte Z1 deutlich unterschritten. Das schluffige Bodenmaterial aus dem Teufenbereich 0,4-1 m kann auf Grundlage der o.g. Analysenergebnisse der TR LAGA Einbauklasse Z1.1 zugeordnet werden.

An der feinsandigen Feststoffprobe SPAM B 4.3 wurden lediglich Konzentrationen der Parameter TR LAGA unterhalb der Z0-Werte bzw. der Bestimmungsgrenzen gemessen.

9 Abfalltechnische Bewertung

Das Untersuchungsgebiet ist nach den derzeit vorliegenden Unterlagen keiner behördlich registrierten Altlastenverdachtsfläche zugeordnet.

Tennenbelag

Aufgrund der zum **gegenwärtigen Zeitpunkt** vorliegenden Analysendaten ist das **Tennenmaterial** abfallrechtlich in die LAGA-Einbauklasse **Z1.1** einzuordnen und entsprechend der gesetzlichen Bestimmungen zu verwerten. Vermutlich handelt es sich bei dem Stoff um gebrochenes Ergussgestein (Lava).

Das berechnete Toxizitätsäquivalent ergab keine zu besorgenden Gehalte der Parameter Polychlorierte Dibenzodioxine (TCDD) und Polychlorierte Dibenzofurane (TCDF).

Untergrund

Im Feststoff der Bodenproben aus dem Tiefenhorizont von ca. 0,4-1,0 m wurden Konzentrationen der Parameter TOC und Nickel oberhalb des Zuordnungswertes Z0 gefunden. An einer Bodenprobe wurden Gehalte analysiert, die eine Zuordnung in die Einbauklasse Z0 TR LAGA zulassen. Aufgrund der zum gegenwärtigen Zeitpunkt vorliegenden Analysenergebnisse ist für das schluffige Bodenmaterial insgesamt eine Zuordnung in die LAGA Einbauklasse Z 1.1 abzuleiten.

10 Zusammenfassung / Empfehlungen / Hinweise

10.1 Zusammenfassung

Die Stadtverwaltung Frankenthal plant die Erschließung bzw. die Bereitstellung der Sportanlage an der Frühlingstraße im nordwestlichen Ortsteil von 67227 Frankenthal-Mörsch als Neubaugebiet. Hierzu sollen der zum gegenwärtigen Zeitpunkt vorhandene Tennensportplatz und das Vereinsheim, sowie die Flutlichtmasten vollständig rückgebaut werden.

Das Geotechnische Büro Seifert + Partner, GTS, wurde im Vorfeld der geplanten Baumaßnahme mit der Durchführung der orientierenden Erkundung im Bereich des oben genannten Areals beauftragt. Insgesamt wurden die nachfolgenden Untersuchungsmaßnahmen durchgeführt:

- ◆ Durchführung von 6 Rammkernsondierungen, ca. 1 m Tiefe (Versickerungsuntersuchung).
- ◆ Durchführung von 6 Rammkernsondierungen, ca. 2 m Tiefe (Versickerungsuntersuchung).
- ◆ Durchführung von 6 Rammkernsondierungen, ca. 3 m Tiefe (Versickerungsuntersuchung).
- ◆ Durchführung von 5 Rammkernsondierungen ca. 7 m Tiefe (Baugrunduntersuchung).
- ◆ Entnahme von insgesamt 58 Bodenproben.
- ◆ Ausbau von 18 (6+6+6) Bohröffnungen zu ambulanten Versickerungsmessstellen (Rohrlängen: 1-3 m).
- ◆ Verrohrung des 7 m tiefen Bohrloches SPAM B 5 auf einer Bohrstrecke von 4 m und Messung des Grundwasserabstandes.
- ◆ Durchführung von Versickerungsversuchen („open-end-tests“) an 18 ambulant errichteten Versickerungsmessstellen [SPAM V 1 (a, b, c) - SPAM V 6 (a, b, c)].
- ◆ Abteufen von 5 Rammsondierungen mit der Leichten Rammsonde (DPL) bis ca. 7 m Tiefe zur Feststellung der Lagerungsdichten der Bodenschichten.
- ◆ Bestimmung der Kornverteilung an 15 ausgewählten Bodenproben im Bodenmechanischen Labor: Es wurden 14 (Nass-) Siebungen und 1 kombinierte Sieb- und Sedimentationsanalyse durchgeführt.

- ◆ Messung des Wassergehaltes und des Gehaltes an organischen Bestandteilen mit Hilfe des Glühverlustes an 1 Bodenprobe.
- ◆ Chemisch-physikalische Analytik von 3 Bodenproben auf die altlastenrelevanten Parameter nach TR LAGA.
- ◆ Herstellung einer repräsentativen Tennenmischprobe und einer Tragschichtmischprobe aus jeweils 11 Einzelproben und Analytik auf die Parameter TR LAGA, Boden (vgl. Kap. 2, Punkt [6]).
- ◆ Erweiterung des Analysenumfangs auf die Stoffklasse „Dioxine“ (Tetra-Octa) Polychlorierte Dibenzodioxine (TCDD) und (Tetra-Octa) Polychlorierte Dibenzofurane (TCDF) an der Tennenmischprobe und der Tragschichtmischproben.

Die wichtigsten Untersuchungsergebnisse zu dem erkundeten Gelände lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- ◆ Aufgrund des hohen Anteils an bindigem Material fungiert die Bodenzone von 0-1 m Tiefe weitgehend als Wasserstauer.
- ◆ Bis in Tiefen von ca. ± 1 m u. GOK wurden Auffüllungen aus bindigem Material mit geringfügigen Anteilen von Bauschutt / Schlacken gefunden.
- ◆ Aus den schwankenden Mächtigkeiten der bindigen Horizonte von ca. $\pm 0,1$ m bis $\pm 1,2$ m ist z.T. eine „Verzahnung“ der feinkörnigen Auffüllungen und der natürlich anstehenden Sande durchaus ableitbar.
- ◆ Im Liegenden (ca. ≥ 1 m u. GOK) der Auffüllungen wurden feinsandige bis mittelsandige Horizonte angetroffen. Sande und geringfügig schluffige Horizonte alternieren in Größenordnungen von einigen Zentimetern. Die feinkörnigen Einschaltungen könnten einer guten Versickerung evtl. entgegenwirken.
- ◆ Insgesamt stehen die natürlich gewachsenen gut versickerungsfähigen Bodenhorizonte in Tiefen von ca. $\pm 1,2$ m u. GOK an.
- ◆ Die grundwasserführenden Bodenschichten wurden in Form von feinkornarmen Mittelsanden in Tiefen von ca. 4 m bis ca. 4,1 m u. GOK angetroffen.

Das vorhandene Oberbaumaterial (Tennenschicht, Dynamische Schicht und Tragschicht) der Sportanlage erfüllt erwartungsgemäß nicht die Anforderungen des derzeitigen bautechnischen Standards. Die im Gründungshorizont (Erdplanum) erkannten schluffigen Stoffe stellen ohne Sondermaßnahmen voraussichtlich keinen tragfähigen Baugrund dar. Die feinkörnigen Komponenten (Korngrößen $\leq 0,063$ mm) verleihen dem Erdplanum eine Setzungsempfindlichkeit und neigen bei Wasserzugabe zum Verweichen, was zwangsläufig einen Verlust der Tragfähigkeit zur Folge hat.

Nach der ZTVE StB 94/97 sind die Auffüllungen bis ca. ± 1 m u. GOK aufgrund der gemessenen Feinkornanteile als sehr frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse F3) einzustufen.

10.2 Empfehlungen zur Versickerung von Niederschlagswasser

Auf der zum gegenwärtigen Zeitpunkt vorhandenen Datenbasis ist im Bereich des Baugeländes eine kombinierte Mulden-/ Rigolenversickerung anwendbar (vgl. Kap. 6.2). Hierbei gelten u.a. die nachfolgenden Unterlagen und Schriftstücke:

- ◆ Merkblatt für die Anwendung von Geotextilien und Geogitter im Erdbau und Straßenbau (FGSV Verlag GmbH, Köln).
- ◆ DIN EN 1610 Beiblatt 1 Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und Kanälen.

In diesem Fall sind im Hinblick auf die Errichtung und die Funktionsfähigkeit die nachfolgenden Faktoren anzuführen:

- ◆ Zur filterstabilen Trennung zwischen Baugrund und Rigole ist der gesamte Rigolenkörper zusätzlich mit einem Geotextil auszukleiden. Auf der zum gegenwärtigen Zeitpunkt vorhandenen Datenbasis könnte die Robustheitsklasse 3 bis 4 zum Einsatz kommen.
- ◆ Im Rohrbereich ist nach Angaben des Herstellers in der Regel ein Sand/Kies-Gemisch, z. B. nach der Körnung 0/16, so einzubringen, dass eine Verletzung des Rohres ausgeschlossen werden kann. Die DWA sieht eine Rohrüberdeckung mit dem feineren Korn von ca. 20 cm Mächtigkeit vor.

- ◆ Die Filterstabilität der liegenden und hangenden Schichten (Sande/Schotter) ist mit Hilfe der Sieblinien im Bodenmechanischen Labor nachzuweisen (Quotienten der Kornverteilungen D_{15}/d_{85} und D_{50}/d_{50}).
- ◆ Nach dem Zufalten des Geovlieses über dem Rigolenkörper kann als Abschluss ein filterstabiles Kies/Sand-Gemisch mit einem wasserdurchlässigen Oberbodensubstrat herangezogen werden. Die Eignung hat der Unternehmer nachzuweisen.

Bei der Ableitung der zu versickernden Wassermengen direkt in die natürlich anstehenden Sande des Untergrundes sind die eingeschalteten Schluffhorizonte zu beachten (Wasserstauer!). In diesem Fall ist ein Bodenaustausch erforderlich. Unter Berücksichtigung aller Unwägbarkeiten kann nach dem derzeitigen Sachstand eine Versickerung in einer **mittleren** Tiefe von **ca. > 1 m u. GOK** abgeleitet werden. Eine endgültige Entscheidung kann diesbezüglich erst im Zuge der Bauausführung und einer örtlichen Bewertung getroffen werden.

Im Untersuchungsgebiet wurden Grundwasserabstände von ca. 4 m u. GOK festgestellt. Um den behördlich empfohlenen Grundwasserabstand für Versickerungsanlagen von mindestens 1,5 m einzuhalten ist gegebenenfalls die Durchführung von Sondermaßnahmen erforderlich.

10.3 Empfehlungen zur Gründung

Die Größe der Fläche und die unterschiedlich kalkulierbare Bodenbelastbarkeit impliziert die Erstellung eines entsprechend ausgerichteten Baugrundgutachtens für jede Baulichkeit. Hierzu zählen sowohl die einzelnen Gebäude als auch die Festlegung der Bauklasse für die Zufahrtsstraßen und die Rohrauflager der Grundleitungen.

In Tiefen von ca. $\pm 1,2$ m u. GOK stehen im Untergrund gut tragfähige Sande und feinkiesige Sande an. Für die Bodenpressungen und Setzungen sind im Zuge der Fundamentierung (Streifenfundamente, Bodenplatte etc.) für jedes Bauvorhaben die sogenannten charakteristischen Werte zu berechnen.

Insbesondere der Grundbruch-Nachweis ist nach den zum gegenwärtigen Zeitpunkt gültigen Vorgaben (DIN 1054:2005 / DIN 4017:2006) für jedes einzelne Bauobjekt zu führen. Die in der früheren Literatur für vergleichbare Untergrundbedingungen angegebenen zulässigen Bodenpressungen (zul $\sigma = 250 \text{ kN/m}^2$ bis zul $\sigma = 270 \text{ kN/m}^2$ sind nicht weiter gültig.

10.4 Chemische Analytik

- ◆ An dem Tennenmaterial wurden Konzentrationen gefunden, die zum gegenwärtigen Zeitpunkt eine Klassifizierung TR LAGA Z1.1 zulassen.
- ◆ Die für das Tennenmaterial berechneten Toxizitäts-äquivalente ergaben keine erhöhten „Dioxingehalte“ (Parameter Polychlorierte Dibenzodioxine, TCDD und Polychlorierte Dibenzofurane, TCDF).
- ◆ An einer Bodenprobe aus den unterlagernden schluffig-tonigen Auffüllungen wurden geringfügige TOC-Werte und Nickelgehalte gemessen. Die Konzentrationen der **Parameter** weisen derzeit auf eine Verwertung nach TR LAGA Z1.1 hin.

Mit der Durchführung einer Gefährdungsabschätzung unter Berücksichtigung der Schutzgüter war das Geotechnische Büro GTS nicht beauftragt worden. Das gesamte Auffüllvolumen kann auf der derzeit vorhandenen Datenbasis nicht verlässlich abgeschätzt werden.

10.5 Hinweise zur Bauausführung

Das Erdplanum (ca. $\pm 0,6 \text{ m u. GOK}$) liegt im Bereich schluffiger Horizonte (z.T. ehemaliger Oberboden, z.T. Auffüllungen mit erhöhten Feinkornanteilen), so dass witterungsempfindliche Böden vorhanden sind. Für eine dauerhafte Befahrbarkeit des Arbeitsplanums mit Radfahrzeugen ist der Einbau einer Schotter-schicht der Körnung 0/56 zu empfehlen.

Verlässliche Aussagen im Hinblick auf die tatsächliche Lagerungsdichte und die eventuell erforderlichen Sondermaßnahmen (z.B. Bodenaustausch, Bodenstabilisierung) könnten im Zuge der Bauausführung mit Hilfe von Probefeldern auf dem Erdplanum erreicht werden.

Aus Gründen der Vorsorge sollte im Rahmen der Ausschreibung der Einsatz

- ◆ eines Geotextils kalkuliert werden.
- ◆ Alternativ bietet sich eine Baugrundstabilisierung mit hydrophobierendem Zement (z.B. Varilith) an.

Es ist dringend anzuraten, die Erdarbeiten während trockener Witterung auszuführen. Bei Vernässung droht die Verbreitung des Erdplanums. Bei Eintreten ungünstiger Wetterverhältnisse sind die Erdarbeiten einzustellen.

Es ist zu berücksichtigen, dass sich die konkreten Analysenwerte und die tatsächlich anfallenden Aushubmassen (Tennenbelag, Dynamische Schicht, Tragschicht und Untergrund) erst im Zuge der Bauausführung ergeben.

Die derzeitigen Grundwasserstände reichen nicht an den baurelevanten Bereich heran (gültig für Flachgründungen). Aus der Sicht des Bodengutachters ist für die ferne Zukunft aufgrund der nachgewiesenen klimatischen Verschiebungen jedoch nicht völlig auszuschließen, dass in letzter Konsequenz evtl. Beeinträchtigungen der Konstruktionen durch ansteigende Grundwasserstände stattfinden könnten.

Sollten im Zuge der Bauausführung wider Erwarten abweichende Untergrundverhältnisse und/oder organoleptische Auffälligkeiten wie Verfärbungen oder Geruch auftreten, sollte der Gutachter umgehend verständigt werden, um das betreffende Bodenmaterial zu beurteilen und um gegebenenfalls die erforderlichen Maßnahmen einzuleiten.

Wir weisen ausdrücklich darauf hin, dass seitens des **Bauherrn** die **Richtigkeit** der baulichen Randbedingungen, d.h. die dem Gutachten zugrunde liegenden Annahmen bzgl. der Planung, zu **überprüfen** ist. Die Erarbeitung der Konsequenzen für das Bauvorhaben erfolgte auf der Grundlage der durchgeführten Aufschlussmaßnahmen (bis maximal ca. 7 m).

Abweichungen von den beschriebenen Baugrundverhältnissen und der Planung im Hinblick auf die Gründung sind dem Unterzeichner umgehend **mitzuteilen**. Insbesondere sind Details, wie z.B. das Bauen im grundwasserrelevanten Bereich bzw. die Einrichtung von Versickerungsanlagen vor Beginn der Baumaßnahmen mit den zuständigen Behörden abzustimmen.

Aufgrund des komplexen Sachverhaltes ist eine fachtechnische Begleitung der gesamten Aushub-, Entsorgungs- und Gründungsmaßnahmen anzuraten.

Verbindlich sind die ausgearbeiteten Maßnahmen nur im Zusammenhang mit Abnahmen der Gründungssohlen und der Durchführung der erforderlichen Eignungs- und Verdichtungsprüfungen. Abschließend ist nochmals auf den stichprobenartigen Charakter der vorliegenden Erkundung zu verweisen. Das vorliegende Gutachten ist nur in seiner Gesamtheit gültig.

Frankenthal, den 15. November 2010.

.....
M. Seifert