



INGENIEURGRUPPE PTM

Gutachten Nr.: 24-7681

Projekt: Glockengarten
in Bochum

**Untersuchungs-
auftrag:** Erweiterte Bestandsuntersuchung und
Substanzbewertung

Auftraggeber: Stadt Bochum
Tiefbauamt
Hans-Böckler-Straße 19
44777 Bochum

- ASPHALTPRÜFSTELLE
- BAUSTOFFPRÜFUNGEN
- BAUGRUND
- GEOTECHNIK
- GEORADAR
- ZERSTÖRUNGSFREIE
MESSUNGEN
- ERDBAULABORATORIUM
- ALTLASTEN
- DEPONIEWESEN
- FACHBAULEITUNGEN
- FACHPLANUNGEN
- ROHSTOFFGEOLOGIE
- HYDROGEOLOGIE
- FORSCHUNG
UND ENTWICKLUNG
- SEMINARE
UND SCHULUNGEN

INGENIEURGESELLSCHAFT
PTM DORTMUND MBH

frische luft 155
44319 dortmund
telefon: 0231/92 71210
fax: 0231/92 712122
e-mail: dortmund@ptm.net
internet: www.ptm.net

geschäftsführung:
sarah mörchen
dr. daniel gogolin

st.-nr. fa unna 316/5741/0813
ust.-id-nr.: de 8147 53 914
hbr 19971 ag dortmund

national bank ag dortmund
BIC: NBAGDE3E
IBAN: DE23 3602 0030 0008 5309 71

sparkasse arnsberg-sundern
BIC: WELADED1ARN
IBAN: DE86 4665 0005 0001 0267 72

prüfstelle nach rap-stra 15
anerkannt für die fachgebiete

- A1 · A3 · A4
- BB3 · BB4
- F2 · F3 · F4
- G3 · G4
- H1 · H3 · H4
- I1 · I2 · I3 · I4

mitglied im bundesverband
unabhängiger prüfinstitute **bup**
ingenieurkammer nrw nr. 102497

Dieses Gutachten enthält 24 Seiten Text und 71 Blatt Anlagen.

Prüfberichte und Gutachten dürfen grundsätzlich nur ungekürzt vervielfältigt werden.
Die auszugsweise Wiedergabe und jede Veröffentlichung bedarf unserer schriftlichen Zustimmung.

Dortmund, 11. Dezember 2024

Sachbearbeiter: D. Wlecklik, M.Sc.

WEITERE STANDORTE

- ARNSBERG
- BAUTZEN
- DANZIG
- HAMBURG
- JENA
- RIGA
- STADE
- TOSTEDT



Inhaltsverzeichnis

1 Auftrag, Vorgang und Situationsbeschreibung.....	5
2 Untersuchungsschritte und -beschreibungen.....	6
2.1 Zerstörungsfreie Substanzerfassung mit dem Georadar (GPR).....	6
2.2 Probennahme.....	6
2.3 Rammkernbohrungen nach EN ISO 22475-1 (2007)	7
2.4 Rammsondierungen nach EN ISO 22476-2 (2012).....	7
2.5 Homogenbereiche nach DIN 18300 (2015).....	7
2.6 Chemische Untersuchungen im Labor	8
2.6.1 Untersuchung für die Verwertung von Ausbauasphalt.....	8
2.6.2 Untersuchungen zur Wiederverwertung und Deponierung	10
2.7 Substanzielle Untersuchungen im Labor.....	12
2.7.1 Hinweise zur Bewertung der Asphaltstruktur (Bohrkerne)	12
2.7.2 Substanzbewertung der ungebundenen Materialien.....	13
3 Ergebnisse der Untersuchungen.....	14
3.1 Vorhandene Schichtdicken und Zusammensetzung des Oberbaus.....	14
3.1.1 Georadar-Ergebnisse	14
3.1.2 Gebundener Oberbau (Bohrkerne).....	16
3.1.3 Ungebundener Oberbau (Rammkernbohrungen, Schürfe, Rammsondierungen).....	16
3.2 Homogenbereiche, Kenndaten und bodenmechanische Kennwerte.....	18
3.3 Chemische Untersuchungen	19
3.3.1 Teer-/pechhaltige Bestandteile im Bindemittel.....	19
3.3.2 Chemische Untersuchungen gemäß EBV und DepV	20
3.4 Bewertung der gebundenen Restsubstanz	23



3.4.1	Bewertung der Asphaltstruktur (Bohrkerne).....	23
3.4.2	Bewertung des Ausbausphaltes nach visueller Ansprache	24

Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1:	Entnahmestellen der Bohrkerne und Rammkernbohrungen / Schürfe und Ansatzpunkte der Rammsondierung	6
Tabelle 2:	Einstufung von Asphaltausbaumaterialien in Abhängigkeit der Schadstoffgehalte.....	9
Tabelle 3:	Abfallschlüsselnummern gemäß AVV.....	10
Tabelle 4:	Einbauklassen gemäß den Bestimmungen der EBV	10
Tabelle 5:	Abfallschlüsselnummern gemäß AVV.....	11
Tabelle 6:	Parameter der Georadar-Messung	14
Tabelle 7:	Klassifizierung gemäß den Belastungsklassen der RStO 12, Tafel 1, Zeile 1	15
Tabelle 8:	Gesamtstärken des gebundenen Oberbaus (Bohrkerne)	16
Tabelle 9:	Bodenmechanische Literaturwerte zur Interpretation der DPH.....	17
Tabelle 10:	Bodenkennwerte Lockergesteine	18
Tabelle 11:	Ergebnisse der Analyse auf teer-/pechhaltige Bestandteile	19
Tabelle 12:	Probenzusammenstellung	21
Tabelle 13:	Deklarationsanalyse nach Ersatzbaustoffverordnung (2021)	22
Tabelle 14:	Deklarationsanalyse nach DepV	22
Tabelle 15:	Orientierungswerte für die Ablagerung in Deponien der DK I bis DK II (maximal zulässige Schadstoffkonzentration im abzulagernden Abfall)	23
Tabelle 16:	Bewertung des gebundenen Oberbaus anhand der Bohrkernstruktur	24



Anlagen

Anlage 1:	Lagepläne	(3 Blatt)
Anlage 2:	Bohrkerndokumentation und -analyse	(8 Blatt)
Anlage 3:	Rammkern- und Schurfprofile	(1 Blatt)
Anlage 4:	Chemische Analyse nach RuVA	(1 Blatt)
Anlage 5:	Chemische Analyse nach EBV	(6 Blatt)
Anlage 6:	Chemische Analyse nach DepV	(3 Blatt)
Anlage 7:	Schichtenprofile GEORADAR	(1 Blatt)
Anlage 8:	Schichtenverzeichnis GEORADAR	(1 Excel)
Anlage 9:	Analysenprotokolle GBA	(47 Blatt)
Anlage 10:	Probenentnahmeprotokoll	(1 Blatt)



1 Auftrag, Vorgang und Situationsbeschreibung

Die Ingenieurgesellschaft PTM Dortmund mbH wurde von der Stadt Bochum beauftragt,

- den vorliegenden Bestand des gebundenen Oberbaus und ungebundenen Oberbaus für den Glockengarten in Bochum zu erfassen und
- eine Aussage über eine Wiederverwertung für die gebundenen Schichten nach RuVA-StB 01 sowie für die ungebundenen Schichten nach Ersatzbaustoffverordnung sowie über eine Entsorgung gemäß den Vorgaben der Deponieverordnung zu treffen.

Für die Bestandsuntersuchung wurden die nachfolgend aufgeführten Untersuchungsschritte in situ durchgeführt:

- Begutachtung der Verkehrsflächen und Festlegung der Probeentnahmestellen am 22.08.2024
- Zerstörungsfreie Substanzerfassung mit dem Georadar (GPR) am 07.08.2024
- Probenahme (Bohrkerne, Rammkernbohrungen, Rammsondierungen, Schürfe) am 22.08.2024

Die gewonnenen Proben wurden labortechnisch für weitere Materialanalysen (chemisch und substantiell) untersucht.

Die detaillierten Beschreibungen zu den einzelnen Arbeits- und Untersuchungsschritten werden in dem nachfolgenden Kapitel 2 erläutert.



2 Untersuchungsschritte und -beschreibungen

2.1 Zerstörungsfreie Substanzerfassung mit dem Georadar (GPR)

Die Georadar-Messung bietet – gerade bei ständig variierenden Straßenbauverhältnissen – durch eine lückenlose und flächendeckende Aufnahme grundsätzlich den Vorteil einer deutlich gesteigerten Aussagekraft gegenüber einer punktuellen Bohrkernentnahme.

2.2 Probennahme

Zur Substanzbewertung des vorhandenen gebundenen Aufbaus der Straße, zur Bestimmung von Straßenpech und zur Kalibrierung der Georadardaten wurden an den in der nachfolgenden Tabelle 1 sowie im Lageplan (Anlage 1) aufgeführten Untersuchungspunkten Asphaltbohrkerne entnommen und im Anschluss Rammkernbohrungen / Rammsondierungen bzw. Schürfe durchgeführt.

Tabelle 1: Entnahmestellen der Bohrkerne und Rammkernbohrungen / Schürfe und Ansatzpunkte der Rammsondierung

Proben -bezeichnung [BK / RKB / SCH / DPH]*	Durchmesser [mm]	Positionierung			
		Entnahmestelle	Ausrichtung	Ort	Anmerkungen
BK 1 / SCH 1	100 / -	St. 0+070	Links	Fahrbahn	-
BK 2 / RKB 2 / DPH 2	100 / 80 / 43	St. 0+100	Rechts	Fahrbahn	-
BK 3 / RKB 3 / DPH 3	100 / 80 / 43	St. 0+250	Rechts	Fahrbahn	-
BK 4	100	St. 0+350	Links	Fahrbahn	-
BK 5 / SCH 5	100 / -	St. 0+490	Links	Fahrbahn	-
BK 6 / RKB 6 / DPH 6	100 / 80 / 43	St. 0+550	Rechts	Fahrbahn	-
BK 7 / SCH 7	100 / -	St. 0+700	Rechts	Fahrbahn	-

(*) BK = Bohrkern; RKB = Rammkernbohrung; SCH = Schurf; DPH = schwere Rammsondierung

Durch die durchgeführten Rammkernbohrungen bzw. Schürfe werden nur punktuelle Aufschlüsse des ungebundenen Untergrundes dargestellt. Bei inhomogenen Bodenstrukturen können im angrenzenden Bereich der Entnahmestelle deutliche Abweichungen der Materialzusammensetzung und Schichtenfolge auftreten.



Die Einstufung der Materialien in Bodengruppen gemäß DIN EN 18196 erfolgt grundsätzlich nach organoleptischer Analyse der Materialien ohne eine Siebanalyse, sodass die Korngrößenanteile lediglich qualitativ geschätzt werden und abweichen können. Eine Verifizierung ist mittels eines erweiterten Laborprogramms (Siebung / Schläm-mung) möglich.

2.3 Rammkernbohrungen nach EN ISO 22475-1 (2007)

Nach EN ISO 22475-1 (Januar 2007) werden Rammkernbohrung für die Entnahme von Boden- und Felsproben und Grundwasserstandsmessungen im Bohrloch für geotechnische Erkundungen verwendet. Hierzu werden Kleinbohrungen mit einem Durchmesser zwischen 36 mm und 80 mm durchgeführt.

2.4 Rammsondierungen nach EN ISO 22476-2 (2012)

Nach EN ISO 22476-2 (März 2012) werden Rammsondierungen als indirekte geotechnische Untersuchung, zur Bestimmung der qualitativen Beurteilung der Bodenschichten hinsichtlich ihrer Lagerungsdichte bzw. ihrer Konsistenz durchgeführt. Für einen direkten und quantitativen Aufschluss über exakte Parameter wie Bodenzusammensetzungen, Schichtstärken, genaue Lagerungsdichten, Aussagen zur Tragfähigkeit und Frostsicherheit sind weitere in – situ Versuche, wie Plattendruckversuche und Schurfentnahmen / Rammkernbohrungen, aber auch Laborversuche, wie die Bestimmung der Korngrößenverteilung und Proctordichte notwendig.

2.5 Homogenbereiche nach DIN 18300 (2015)

Nach VOB/C DIN 18300 (August 2015) werden die Boden- und Felsarten gemäß dem Zustand vor dem Lösen in Homogenbereiche (HB) eingestuft. Der Homogenbereich definiert einen begrenzten Bereich bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- oder Felsschichten, der für das jeweilige Baugewerk bzw. Bauverfahren vergleichbare Eigenschaften aufzeigt. Diese bodenmechanischen Eigenschaften werden auf der Grundlage von geotechnischen Feld- und Laboruntersuchungen ermittelt und mit



Erfahrungswerten ergänzt. Des Weiteren sind die umweltrelevanten Parameter zu beachten.

2.6 Chemische Untersuchungen im Labor

Mit den chemischen Untersuchungen

- der gebundenen Proben (Asphalt) gemäß RuVA-StB 01/05⁽¹⁾
- der ungebundenen Proben gemäß EBV⁽²⁾ sowie DepV⁽³⁾,

wurde die Gesellschaft für Bioanalytik mbH (GBA), Bruchstraße 5c in 45883 Gelsenkirchen beauftragt. Die Ergebnisprotokolle liegen als Anlage 9 bei.

Nach Abgabe des Gutachtens werden die verbliebenen Bohrkernproben / Bodenproben der Laborversuche 6 Monate aufbewahrt und dann, falls vom Auftraggeber nicht anders gewünscht, entsorgt.

2.6.1 Untersuchung für die Verwertung von Ausbauasphalt

An den entnommenen Bohrkernen aus der Straßenkonstruktion wurde jeweils ein Nachweis auf teer-/pechhaltige Bestandteile im Bindemittel mittels Farbindikationsverfahren gemäß dem FGSV-Arbeitspapier 27/2⁽⁴⁾ durchgeführt.

Die Ergebnisse dieser qualitativen Untersuchung sind zumindest stichprobenartig durch quantitative chemische Untersuchungen auf PAK im Feststoff und Phenole im Eluat entsprechend den RuVA-StB 01/05 zu bestätigen.

(1) Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau (RuVA-StB 01/Fassung 2005)

(2) Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung, Berlin 11. Juni 2021

(3) Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung, DepV) vom 16.07.2009, BGBl. I 2009; zuletzt geändert: 03.2016.

(4) Prüfung von Straßenbaumaterial auf carbostämmige Bindemittel – Schnellverfahren, FGSV AP 27/2, 2000



Bei Bestätigung der qualitativ negativ geprüften Einbaulagen/Bohrkerne können diese nach RuVA-StB 01 der Verwertungsklasse A zugeordnet werden und im Heißmischverfahren wiederverwertet werden.

Positiv getestete Einbaulagen sind in Abhängigkeit von der PAK- und Phenol-Konzentration in die Verwertungsklassen B und C einzustufen und können nur im Kaltmischverfahren wiederverwertet werden.

Die Tabelle 2 führt die Einstufungen nach RuVA-StB 01 sowie die resultierenden Verwertungsverfahren auf.

Tabelle 2: Einstufung von Asphaltausbaumaterialien in Abhängigkeit der Schadstoffgehalte

Verwertungsklasse nach RuVA-StB 01		Verwertungsverfahren
A	< 25 mg/kg PAK < 0,1 mg/l Phenole	Heißmischverfahren
B	> 25 mg/kg PAK < 0,1 mg/l Phenole	Kaltmischverfahren
C	PAK-Gehalt ist anzugeben > 0,1 mg/l Phenole	

Die Untersuchungen gemäß RuVA-StB 01 sowie die detaillierten Bewertungen und Grenzwertkriterien liegen als Anlage 4 vor.

Ab dem 01.01.2018 wird von dem Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur empfohlen, auf den Wiedereinbau von Baustoffgemischen mit teer-/pechhaltigen Bestandteilen (Verwertungsklasse B und C gemäß RuVA-StB 01) in Bundesfernstraßen zu verzichten.

Des Weiteren gilt dies für die Verwendung in Straßenkörper, wie zum Beispiel als Verfüllmaterial in Widerlagern von Brücken oder zur Herstellung von Dammschüttungen und Lärmschutzwällen. Die thermische Verwertung (z.B. bei der Zementherstellung) oder die thermische Behandlung (vollständige Verbrennung der Schadstoffe und Wiederverwendung der enthaltenen Gesteinskörnungen) werden empfohlen.



Zusätzlich sind in der Anlage 4 die Konzentrationen von Benzo_(a)pyren und Σ PAK₁₆ den Grenzwerten nach VM-Hinweis gegenübergestellt und die jeweiligen Abfallschlüssel gemäß der AVV⁽⁵⁾ aufgeführt. In der Tabelle 3 sind die relevanten Abfallschlüsselnummern für Asphalt aufgelistet.

Tabelle 3: Abfallschlüsselnummern gemäß AVV

Asphalt	17 03 02	Bitumengemische mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 03 01* fallen
	17 03 01*	kohlenteerhaltige Bitumengemische

2.6.2 Untersuchungen zur Wiederverwertung und Deponierung

Am 1. August 2023 ist die Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke, die sogenannte Ersatzbaustoffverordnung (EBV) in Kraft getreten (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) und ersetzt damit die LAGA M20. Hierdurch soll die Kreislaufwirtschaft gefördert, natürliche Ressourcen geschont und Boden sowie Grundwasser nachhaltig geschützt werden.

Die Tabelle 4 stellt nachfolgend die Zuordnungsklassen BM-0 bis > BM-F3 dar.

Tabelle 4: Einbauklassen gemäß den Bestimmungen der EBV

BM-0	Gleichbedeutend mit der Einhaltung der Vorsorgewerte der BBodSchV
BM-0* / BM-F0*	Wiederverwertung im <u>uneingeschränkten, offenen</u> Einbau
BM-F1	Wiederverwertung im <u>eingeschränkten</u> Einbau: siehe Tabelle 6 der EBV
BM-F2	Wiederverwertung im <u>eingeschränkten</u> Einbau: siehe Tabelle 7 der EBV
BM-F3	Wiederverwertung im <u>eingeschränkten</u> Einbau: siehe Tabelle 8 der EBV <u>Es herrscht Anzeigepflicht</u>
> BM-F3	Keine Wiederverwertung möglich

⁽⁵⁾ Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung - AVV) vom 10.12.2001, BGBl. I S. 3379), zuletzt geändert: 22.12.2016



Die gewonnenen Materialien aus den Rammkernbohrungen und den Schürfen werden zu repräsentativen Mischproben zusammengestellt und homogenisiert.

In den Anlagen 5.1 bis 5.6 sind die Untersuchungsergebnisse den Zuordnungswerten der Einbauklassen BM-0 bis BM-F3 der Ersatzbaustoffverordnung gegenübergestellt.

Zur Bestimmung der Deponieklasse werden die Proben einer Deklarationsanalyse nach DepV unterzogen. Gemäß § 2 der DepV werden für die Ablagerung folgende Deponieklassen (DK) unterschieden:

- DK 0 - Deponie: Oberirdische Deponie für Inertabfälle (z. B. unbelasteter Boden und unbelasteter Bauschutt)
- DK I bis DK II – Deponie: Oberirdische Deponie für nicht gefährliche Abfälle
- DK III – Deponie: Oberirdische Deponie für nicht gefährliche und gefährliche Abfälle

In der deutschen Abfallverzeichnisverordnung (AVV) sind die Abfallarten nach der Herkunft und dem Entstehungsprozess in 20 Hauptgruppen unterteilt. Jeder Abfallart wird ein sechsstelliger Zahlencode (Abfallschlüsselnummer) zugeordnet. Des Weiteren werden die Abfälle als gefährliche Abfälle (durch einen Stern * gekennzeichnet) und als nicht gefährliche Abfälle klassifiziert. Diese Einstufung erfolgt über den Gehalt an gefährlichen Inhaltsstoffen oder Eigenschaften.

In der Anlage 6 sind die detektierten Schadstoffgehalte den Zuordnungswerten der Deponieklassen DK 0 – DK III gegenübergestellt und die jeweiligen Abfallschlüssel gemäß der AVV⁽⁶⁾ aufgeführt. In der Tabelle 5 sind die relevanten Abfallschlüsselnummern aufgelistet.

Tabelle 5: Abfallschlüsselnummern gemäß AVV

Boden	17 05 04	Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03* fallen
	17 05 03*	Boden und Steine, die gefährliche Stoffe enthalten

⁽⁶⁾ Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung - AVV) vom 10.12.2001, BGBl. I S. 3379), zuletzt geändert: 22.12.2016



2.7 Substanzielle Untersuchungen im Labor

2.7.1 Hinweise zur Bewertung der Asphaltstruktur (Bohrkerne)

Nachfolgend werden die zur Bewertung der Asphaltstruktur (Bohrkerne) herangezogenen Strukturmerkmale erläutert:

- **Offenporigkeit:**

(offensichtliche, über das übliche Maß hinausgehende Hohlraumstrukturen)

Die in diesem Gutachten als offenporig beschriebenen Bohrkernabschnitte zeigen aufgrund ihrer Struktur ein erhöhtes Risiko für Verformung und Rissbildung. Zudem wird durch das Eindringen von Luft und Wasser die Alterung des Bindemittels (Bitumen) beschleunigt und damit Schädigungen in Form von Ausmagerungen und Versprödung begünstigt.

- **Schichtenverbund:**

(fehlender Schichtenverbund zwischen zwei Einbaulagen)

Schädigungen dieser Art führen zwangsläufig zu einer Reduzierung der Nutzungsdauer durch eine verminderte Aufnahme von Schub- und Scherkräften bzw. Biegebeanspruchungen (kein monolithischer Aufbau).

- **Unterdimensionierung:**

(signifikante Unterschreitung der Mindestdicke nach den RStO 12)

Die Mindestdicke richtet sich nach Belastungsklassen, die sich durch die vorherrschende Verkehrsbeanspruchung ermittelt. Eine Unterdimensionierung führt zu verminderter Nutzungsdauer durch geringere Tragfähigkeit.

- **Rissbildung:**

(Auftreten bzw. Verlauf eines Risses durch eine einzelne Schicht oder die Gesamtkonstruktion)

Risse in Form von Ermüdungs-, Spannungs- und/oder Reflexionsrissen haben u.a. durch eindringendes Wasser in die Konstruktion einen wesentlichen Einfluss auf die Nutzungsdauer einer Straße.

2.7.2 Substanzbewertung der ungebundenen Materialien

Die Einstufung der Materialien in Bodengruppen gemäß DIN EN 18196 erfolgt nach organoleptischer Analyse der Materialien. Falls eine eindeutige Feststellung der Bodengruppe nicht möglich ist, wird eine Siebanalyse nach DIN ISO 17892-4 (für Boden) und DIN EN 933-1 (für Baustoffgemische) empfohlen, sodass die Korngrößenanteile verifiziert werden können.

Die folgende Abbildung 1 entsprechend den ZTV E-StB 17 führt die Bewertung der Frostempfindlichkeit in Abhängigkeit der Bodengruppe auf und bilden die Bewertungsgrundlage für die untersuchten Bodenproben.

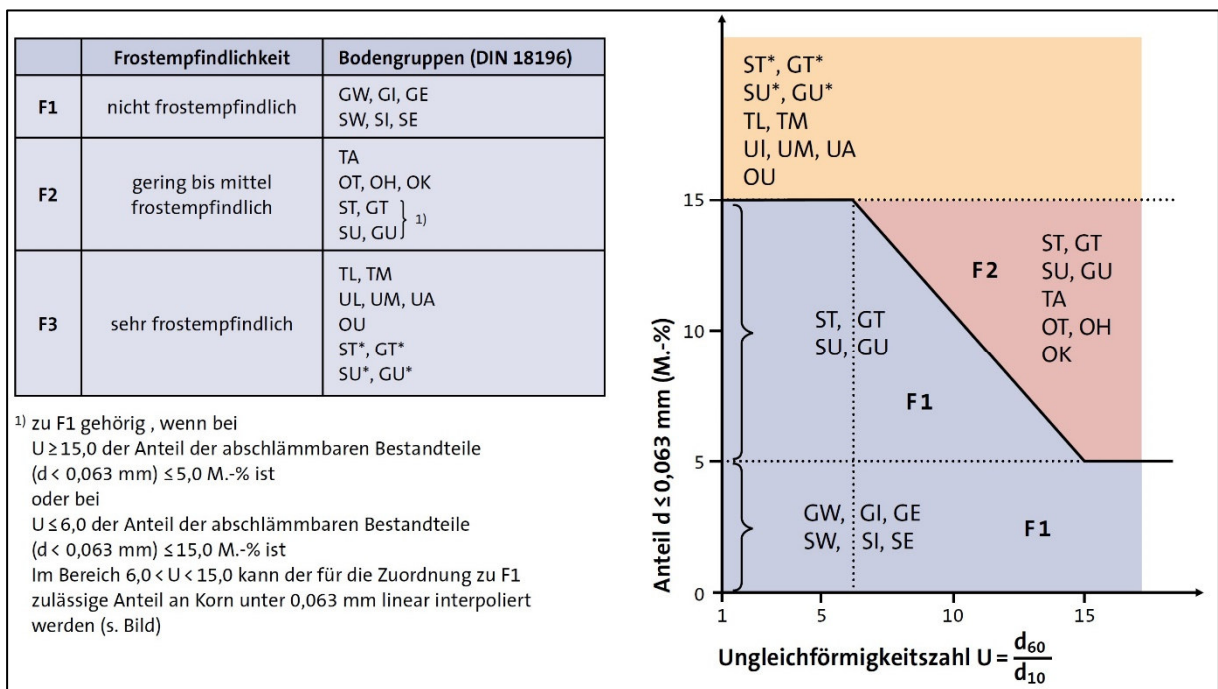


Abbildung 1: Zuordnung der Frostempfindlichkeitsklassen [ZTV E-StB 17]



3 Ergebnisse der Untersuchungen

3.1 Vorhandene Schichtdicken und Zusammensetzung des Oberbaus

3.1.1 Georadar-Ergebnisse

Der zu untersuchende Streckenabschnitt der Strecke Glockengarten wurde in beiden Richtungsfahrstreifen mittels Georadar erkundet (von der Wittener Straße in Fahrtrichtung West bis zur Sackgasse vor dem Springorum Radweg).

Die Randbedingungen zur Georadar-Aufzeichnung des zu untersuchenden Abschnitts sind in der folgenden Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Parameter der Georadar-Messung

Antennensysteme	Hornantennen 1 GHz und 2 GHz
Messgeschwindigkeit	< 30 km/h
Abtastfrequenz	50 scans/m
Anzahl der Messungen	2 Längsprofile
Gemessene Strecke gesamt	1.489 m (Längsprofil)

Die Auswertungen der Georadar-Messung sind

- in Form von Schichtenprofilen
- Bildung homogener Abschnitte
- einer Klassifizierung des gebundenen Oberbaus in Anlehnung an die RStO 12

den Anlagen 7 bis 8 zu entnehmen.

Die Ergebnisse der Georadar-Messung konnten anhand der durchgeführten Bohrkernanalysen verifiziert werden. Die detektierten Schichtgrenzen werden in schematischer Form in Streckenbänder im Anlagenteil 7 dargestellt.

In der Anlage 8 sind die jeweiligen Schichttiefen in tabellarischer Form aufgelistet.



Folgende Schichten wurden unterschieden:

- **Asphaltdeckschicht:** Unterseite (rot)
- **Asphalttragschicht:** Unterseite (blau)
- **Pflaster:** Unterseite (grau)
- **Makadam:** Unterseite (violett)
- **Asph.tragdeckschicht:** Unterseite (dunkelblau)
- **Auffüllung / Kies:** Unterseite (gelb)
- **Untergrund:** orange

In Anlehnung an den Soll-Aufbau für die Belastungsklassen gemäß den RStO 12 wurde die Gesamtstärke des asphaltgebundenen Oberbaus meterweise nach dem folgenden Schema eingestuft (vgl. Tabelle 7, Anlagen 7-8):

Tabelle 7: Klassifizierung gemäß den Belastungsklassen der RStO 12, Tafel 1, Zeile 1

Gesamtmächtigkeit des gebundenen Oberbaus [cm]	Korrespondierende Belastungsklassen in Anlehnung an die RStO 12	Farbschema
≥ 30	Bk 32 bis Bk 100	
≥ 26 bis < 30	Bk 10	
≥ 22 bis < 26	Bk 3,2	
≥ 20 bis < 22	Bk 1,8	
≥ 18 bis < 20	Bk 1,0	
≥ 14 bis < 18	Bk 0,3	
≤ 14	< Bk 0,3	

(kommunal, geringe Verkehrsbeanspruchung)



3.1.2 Gebundener Oberbau (Bohrkerne)

Die Gesamtstärken des gebundenen Oberbaus und die angrenzende ungebundene Schicht sind für alle entnommenen Bohrkerne in nachfolgender Tabelle 8 zusammengefasst.

Tabelle 8: Gesamtstärken des gebundenen Oberbaus (Bohrkerne)

Bohrkern	Gesamtstärke des gebundenen Oberbaus [cm]	Art der Befestigung	Unterlagerndes ungebundenes Material
BK 1	12,4	Asphalt	Schotter
BK 2	5,6	Asphalt	Schotter
BK 3	4,2	Asphalt	Schotter
BK 4	2,8 (5,7)	Asphalt (Makadam)	Schotter
BK 5	10,6	Asphalt	Schotter
BK 6	6,4	Asphalt	Schotter
BK 7	5,8	Asphalt	Schotter

Für die detaillierte Schichtenfolge und Strukturanalyse ist die Anlage 2 heranzuziehen.

3.1.3 Ungebundener Oberbau (Rammkernbohrungen, Schürfe, Rammsondierungen)

Auf Grundlage von Rammkernbohrungen (RKB) und Schürfen (SCH) wurde das ungebundene Material des Oberbaus analysiert. Die Schichtdicken und -zusammensetzungen sowie die vorgetroffene Bodengruppe und die entsprechende Einteilung in die Frostempfindlichkeitsklasse jeder Bohrung sind im Detail den Säulenprofilen der Anlage 3 zu entnehmen. Die Bodenansprache der einzelnen Schichten erfolgte organoleptisch.

Zur Ermittlung der Lagerungsdichte nicht-bindiger Böden bzw. der Konsistenz bindiger Böden wurden im direkten Umfeld der Rammkernbohrungen RKB 2, RKB 3 und RKB 6 jeweils eine schwere Rammsondierung (DPH) bis in eine Tiefe von maximal 1,0 m



unter GOK durchgeführt. In Tabelle 9 sind die Spannweiten der ermittelten Schlagzahlen (N_{10}) je nach angetroffener Bodenschicht dargestellt. Die Rammprogramme sind dem Anlagenteil 3 zu entnehmen.

Anhand der Schlagzahlen erfolgte in Anlehnung an die DIN EN ISO22476-2 eine Interpretation der Lagerungsdichte bzw. Konsistenzen der angetroffenen Bodenschichten.

Tabelle 9: Bodenmechanische Literaturwerte zur Interpretation der DPH

Konsistenz -bindige Böden-	Schlagzahlen N_{10}	Lagerungsdichte -nicht-bindige Böden-	Schlagzahlen N_{10}
breiig	0 - 2	sehr locker	0 - 1
weich	2 - 5	locker	1 - 4
steif	5 - 9	mitteldicht	4 - 13
halbfest	9 - 17	dicht	13 - 24
fest	>17	sehr dicht	>24

Die angetroffenen Böden und die durchgeführten Untersuchungen dieser auf der Strecke Glockengarten zeigen ein heterogenes Bild des Untergrundes. Die RKB und DPH 2 zeigt bereits ab 0,21 m bindige Auffüllungen, ab ca. 0,50 m bindige Böden. Die gesamte Untersuchungsstelle zeigt niedrige Schlagzahlen, die auf eine mitteldichte, bzw. durchgehend steife Lagerungsdichte bzw. Konsistenz hinweisen.

In den Bohrungen der RKB 3 und RKB 6 sind bis in einer Tiefe von ca. 0,60 m grob- und gemischtkörnige Auffüllungen angetroffen worden, auf die bindige Böden (Schluffe) folgen. Während die DPH 3 eher durchschnittliche Schlagzahlen aufweist (mitteldichte bis maximal dichte Lagerung bis 0,60 m, darunter eine steife bis halbfeste Konsistenz), zeigt die DPH 6 deutlich festere Böden, mit hohen Schlagzahlen (durchgehend dichte bis sehr dichte Lagerung und darauf folgende halbfeste Konsistenz bis in die Endtiefe von 1,0 m).



Für den Fall, dass auf dem Planum der erforderliche E_{v2} -Wert von 45 MPa nicht erreicht werden kann, empfehlen wir einen Austausch des Bodens mit Mineralstoffgemischen, z.B. Hartsteinbruch oder güteüberwachte Recyclingbaustoffe der Korngrößenverteilung 0/45 oder 0/56 mm mit einem maximal zulässigen Feinteilgehalt ($d \leq 0,063$ mm) von 5 M.-%.

Bei dem Bodenaustauschverfahren ($d = 30 - 40$ cm) kann zusätzlich ein Geogitter inklusive Trennfließ als Trennschicht und Bewehrung eingebaut werden.

3.2 Homogenbereiche, Kenndaten und bodenmechanische Kennwerte

Die charakteristischen Bodenkennwerte wurden nach Bodenansprache und Schätzwerten wie folgt festgelegt:

Tabelle 10: Bodenkennwerte Lockergesteine

Parameter		Schicht I:	Schicht II:	Schicht III:
1	Homogenbereich (DIN 18300:2015-08)	Bauteil 1.1	Bauteil 1.2	B
2	Ortsübliche Bezeichnung	Straßenoberbau	Straßenoberbau	Lockergesteine
3	Bodengruppen (DIN 18196)	GW, GU, SU, UL	GW	UL
4	Korngrößenverteilungen / Bodenarten	A,G,x''-x',s'-s,u''-u' – A,S,g',u' – A,U,g,s'	A,G,x''-x',s'-s,u''	U,g''-g',s'-s
5	Anteil Steine und Blöcke [%]	0 - 10	0 - 10	0 – 5
6	Dichte, feucht [g/cm³]	1,8 – 2,2	2,0 – 2,2	1,8 – 2,0
7	Wassergehalt [%]	5 – 25	5 – 10	10 – 25
8	Konsistenz (optional)	-	-	weich - steif
9	Konsistenzzahl I_c [-]	-	-	0,5 – 1
10	Plastizitätszahl I_p [-]	-	-	0,02 – 0,2
11	Lagerungsdichte bzw. Lagerung	mitteldicht – dicht	mitteldicht	-
12	Organischer Anteil v_{gl} [%]	0 - 2	0 – 2	0 – 2
13	Wichte γ_k [kN/m³]	17 - 21	19 - 21	17 – 19
14	Reibungswinkel φ'_k [Grad]	25 - 40	30 - 40	25 - 30
15	Kohäsion c'_k [kN/m²]	0 – 5	0 - 2	0 – 5



Parameter		Schicht I:	Schicht II:	Schicht III:
16	Steifeiziffer $E_{s,k}$ [MN/m ²]	5 - 40	30 - 40	5 - 15
17	Probenbezeichnung chemische Analysen	MP 1, MP 2, MP 5, MP 6	MP 4	MP 3
18	Einstufung nach EBV	BM-0*, BM-F1, BM-F3	> BM-F3	BM-0
19	Einstufung nach DepV	DK 0 – DK 0° DK I°	DK I	DK 0
20	Bodenklassen nach alter DIN 18300	3 - 5	3 - 5	3 - 5

Das Material des ungebundenen Straßenoberbaus der Schicht I kann gemäß den Mischproben zugeordneten Einbauklassen verwertet werden; das Material der Schicht II muss gemäß den Anforderungen der Deponieklasse DK I entsorgt werden. Zur Unterteilung der Bereiche können die Schichtenprofile der Anlage 7 hinzugezogen werden.

3.3 Chemische Untersuchungen

Die gebundenen sowie ungebundenen Schichten wurden entsprechend der geltenden Vorschriften Deklarationsanalysen unterzogen. Die Ergebnisse werden dabei entsprechend der Art des untersuchten Materials und der Untersuchungsmethode getrennt in den nachfolgenden Unterkapiteln aufgeführt.

3.3.1 Teer-/pechhaltige Bestandteile im Bindemittel

An den entnommenen Bohrkernen wurde jeweils ein Nachweis auf teer-/pechhaltige Bestandteile im Bindemittel mittels Farbindikationsverfahren nach FGSV-Arbeitspapier 27/2 durchgeführt (vgl. Anlage 2) und eine quantitative Bestimmung der PAK- und Phenolgehalte vorgenommen (vgl. Anlage 4).

Die Tabelle 11 fasst die Analyse auf teer-/pechhaltige Bestandteile zusammen.

Tabelle 11: Ergebnisse der Analyse auf teer-/pechhaltige Bestandteile

Bohrkern	Gesamtstärke des Bohrkerns [cm]	Nachweis auf teer-/pechhaltige Bestandteile (**)		Abweichende Probenbezeichnung	Verwertungs-kategorie gemäß RuVA-StB 01	Abfallschlüssel gemäß AVV
		[cm]	+/-			
BK 1	12,4	0,0 - 12,4	negativ	MP B1	A	17 03 02
BK 2	5,6	0,0 - 5,6	negativ	MP B1	A	17 03 02



Bohrkern	Gesamtstärke des Bohrkerns [cm]	Nachweis auf teer-/ pechhaltige Bestand- teile (**)		Abweichende Proben -bezeichnung	Verwertungs- klasse gemäß RuVA-StB 01	Abfall- schlüssel gemäß AVV
		[cm]	+/-			
BK 3	4,2	0,0 - 4,2	positiv	MP B2	B	17 03 01*
BK 4	2,8 (5,7)	0,0 - 5,7	negativ	MP B3	B	17 03 01*
BK 5	10,6	0,0 - 3,4	negativ	MP B4	A	17 03 02
		3,4 - 10,6		MP B5	A	17 03 02
BK 6	6,4	0,0 - 3,0	negativ	MP B4	A	17 03 02
		3,0 - 6,4		MP B5	A	17 03 02
BK 7	5,8	0,0 - 5,8	negativ	MP B4	A	17 03 02

(**) mittels Farbindikationsverfahren Analyse geprüft

Die durchgeführten Untersuchungen nach RuVA-StB 01 an den aufgelisteten Bohrkernen (siehe Tabelle 11) stellen eine stichprobenartige Untersuchung des gesamten Untersuchungsabschnittes dar.

In Bereichen von Ausbesserungsstellen, Aufgrabungen, alten Asphaltdecken, etc. besteht die Möglichkeit einer abweichenden PAK-Belastung bzw. Verwertungsklasse im Ausbaumaterial.

Es wird empfohlen, beim Ausbau der Asphaltbefestigung die aufgenommenen Materialien kontinuierlich einer organoleptischen Prüfung zu unterziehen und ggf. durch den Schnelltest mittels Farbindikationsverfahren gemäß dem FGSV-Arbeitspapier 27/2 auf eventuell mögliche Belastungsbereiche zu überprüfen.

3.3.2 Chemische Untersuchungen gemäß EBV und DepV

Hinsichtlich der Wiederverwertung und Deponierung der Ausbaumaterialien wurden für chemische Untersuchungen repräsentative Mischproben wie folgt zusammengestellt und homogenisiert (vgl. Tabelle 12):

**Tabelle 12: Probenzusammenstellung**

Proben- bezeichnung (*)	Zusammensetzung (RKB, SCH, Einbau- lage)	Teufe von - bis [m]	Material	Untersuchungsumfang
MP 1	1.1 – 1.4	0,12 – 0,68	Auffüllung, Kies, Sand, Ziegelbruch <10%, Kohlereste <10%	EBV (BM-0*) / DepV
MP 2	2.1 – 2.2	0,06 – 0,50	Auffüllung, Kies, Schluff	EBV (BM-0*) / DepV
MP 3	2.3 3.3 6.3	0,50 – 1,00 0,60 – 1,00 0,66 – 1,00	Schluff	EBV (BM-0*) / DepV
MP 4	3.1 – 3.2	0,04 – 0,60	Auffüllung, Kies	EBV (BM-0*) / DepV
MP 5	5.1 6.1 7.1	0,11 – 0,68 0,06 – 0,38 0,06 – 0,20	Auffüllung, Kies, Betonbruch <10%	EBV (BM-0*) / DepV
MP 6	6.2 7.2	0,38 – 0,66 0,20 – 0,55	Auffüllung, Kies, Ziegelbruch <10%, Asphaltbruch <10%	EBV (BM-0*) / DepV

(*) MP = Mischprobe

Die Zusammenstellungen der Mischproben und die daraus folgende Deklarationen gemäß EBV / DepV beruhen auf den punktuellen Aufschlüssen des ungebundenen Untergrunds. Bei inhomogenen Bodenstrukturen und insbesondere Auffüllungen mit unterschiedlichen Fremdstoffanteilen können Schwankungen in den Parameterkonzentrationen der jeweiligen Deklarationsanalyse auftreten.

Wenn im Zuge der Baumaßnahme andersartige Böden oder Fremdstoffe angetroffen werden, wird empfohlen eine weitere Analytik durchzuführen um mögliche Schadstoffquelle zu überprüfen.

3.3.2.1 Ersatzbaustoffverordnung

Die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen nach Ersatzbaustoffverordnung sind in den Anlagen 5.1 bis 5.6 den Zuordnungswerten BM-0 bis BM-F3 gegenübergestellt. Es lassen sich folgende Einbauklassen (siehe Tabelle 13) gemäß EBV (2021) ableiten.

**Tabelle 13: Deklarationsanalyse nach Ersatzbaustoffverordnung (2021)**

Proben- bezeichnung	Ursachen für die Einbauklasse		Einbauklasse	Einbauweise
	Feststoff	Eluat		
MP 1	Kupfer	-	BM-F3	Anhang 2 Tabelle 8
MP 2	ΣPAK_{16}	-	BM-F3	Anhang 2 Tabelle 8
MP 3	-	-	BM-0	Anhang 2 Tabelle 5 und Vorsorgewerte BBodSchV eingehalten
MP 4	ΣPAK_{16}	ΣPAK_{15}	> BM-F3	Siehe DepV
MP 5	Blei Cadmium Thallium Zink	-	BM-0*	Anhang 2 Tabelle 5
MP 6	-	ΣPAK_{15} Arsen	BM-F1	Anhang 2 Tabelle 6

3.3.2.2 Deponieverordnung (DepV)

In der Anlage 6 sind die jeweils analysierten Schadstoffgehalte den Zuordnungswerten der DK 0 – DK III gegenübergestellt.

Die ableitbaren Deponieklassen - unter Berücksichtigung zulässiger Ausnahmeregelungen gemäß der DepV - für die durch die Proben jeweils repräsentierten Materialien können der nachfolgenden Tabelle 14 entnommen werden.

Tabelle 14: Deklarationsanalyse nach DepV

Proben- bezeichnung	Ursachen für die Deponieklasse		Deponieklasse gem. DepV	Abfallschlüssel gem. AVV
	Feststoff	Eluat		
MP 1	Lipophile Stoffe	Fluorid	DK I°	17 05 04
MP 2	-	-	DK 0°	17 05 04
MP 3	-	-	DK 0	17 05 04
MP 4	Lipophile Stoffe $\Sigma \text{PAK}_{16}^{(1)}$	-	DK I	17 05 04



Proben- bezeichnung	Ursachen für die Deponieklasse		Deponieklasse gem. DepV	Abfallschlüssel gem. AVV
	Feststoff	Eluat		
MP 5	-	-	DK 0	17 05 04
MP 6	-	-	DK 0	17 05 04

° : Zulässige Anpassungen der Deponieklassen, die z. T. einer behördlichen Zustimmung bedürfen, können der Anlage 6 entnommen werden.

⁽¹⁾ In der aktuellen Deponieverordnung (Stand: September 2017) sind für die Deponieklasse DK I bis DK III keine Zuordnungswerte für die Feststoffparameter BTEX, $\sum \text{PCB}_7$, Kohlenwasserstoff (MKW C₁₀-C₄₀) und $\sum \text{PAK}_{16}$ definiert. In der Vollzugshilfe vom 6. Dezember 2011 „Ablagerungsempfehlungen für Abfälle mit organischen Schadstoffen“ des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, werden in Tabelle 1, Kapitel 3, Orientierungswerte für die Deponieklasse DK I und DK II angegeben (siehe Tabelle 15).

Tabelle 15: Orientierungswerte für die Ablagerung in Deponien der DK I bis DK II (maximal zulässige Schadstoffkonzentration im abzulagernden Abfall)

Deponieklasse	BTEX [mg/kg]	$\sum \text{PCB}_7$ [mg/kg]	MKW C ₁₀ -C ₄₀ [mg/kg]	$\sum \text{PAK}_{16}$ [mg/kg]
DK I	30	5	4.000	500
DK II	60	10	8.000	1.000

3.4 Bewertung der gebundenen Restsubstanz

3.4.1 Bewertung der Asphaltstruktur (Bohrkerne)

Um Aussagen über die nutzbare Restsubstanz einer Asphaltbefestigung zu treffen, muss die Bewertung/Prüfung generell aufsteigend - von der untersten Lage ausgehend - erfolgen. Die nachfolgende Tabelle 16 zeigt zusammenfassend die Bewertung des jeweils vorgefundenen gebundenen Oberbaus auf Grundlage der in Anlage 2 aufgeführten und analysierten Strukturen.

Die Bohrkerne BK 1, BK 3 und BK 5 bis BK 7 weisen keine substanziellen Auffälligkeiten auf.

**Tabelle 16: Bewertung des gebundenen Oberbaus anhand der Bohrkernstruktur**

Entnahme- stelle	Stärke [cm]	Vorhandene strukturelle Störungen		
		Merkmal	Betroffene Lagen	Bereich / Lage [cm]
BK 2	5,6	Offenporigkeit	ACD	2,3 bis 5,6
BK 4	2,8 (5,7)	Offenporigkeit	Mak	2,8 bis 5,7

ACD = Asphaltbetondeckschicht; Mak = Makadam

3.4.2 Bewertung des Ausbausphaltes nach visueller Ansprache

Aufgrund der Asphaltstruktur und der visuellen Zusammensetzung lässt sich für die entnommenen Bohrkern der Straße Glockengarten ein Alter der ursprünglichen Straßenkonstruktion des hier beprobten Asphaltaufbaus von über 25 Jahren schließen.

Hinsichtlich der vorherrschenden Belastungsklasse Bk1,0 ist die vorhandene Substanz als signifikant unterdimensioniert und somit als nicht geeignet einzustufen.

Die vorhandene Asphaltbefestigung verfügt über eine Dicke von 4,2 bis 12 cm, überwiegend jedoch < 11 cm. Gemäß RStO 12, Tafel 1 sind in Abhängigkeit der Bauweise (mit FSS, STS oder Verfestigung) 18 cm bzw. 14 cm Gesamtasphaltdicke erforderlich.

INGENIEURGESELLSCHAFT **PTM** DORTMUND MBH

D. Wlecklik, M.Sc.