



DR. SPANG

INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR BAUWESEN, GEOLOGIE UND UMWELTTECHNIK MBH

Stadt Essen
Der Oberbürgermeister
Grün und Gruga
Herr Michael Wolfram
Schnabelstr. 16
45134 Essen

Projekt-Nr.
46.10711

Datei
P10711b250627.docx

Diktat
Hi/See

Büro
Witten

Datum
27.06.2025

Essen-Werden Kellerbergwäldchen

- Geotechnische Begutachtung der Felsböschung -

Auftrag vom 28.01.2025 mit Bestellnummer 4200538989

Gesellschaft: HRB 8527 Amtsgericht Bochum, USt-IdNr. DE126873490, <https://www.dr-spang.de>
58453 Witten, Rosi-Wolfstein-Straße 6, Tel. (0 23 02) 9 14 02 - 0, Fax 9 14 02 - 20, zentrale@dr-spang.de

Geschäftsführer: Dipl.-Ing. Christian Spang, Dipl.-Wirtsch.-Ing. Christoph Spang

Niederlassungen: 73734 Esslingen/Neckar, Eberhard-Bauer-Str. 32, Tel. (0711) 351 30 49-0, Fax 351 30 49-19, esslingen@dr-spang.de
60528 Frankfurt/Main, Lyoner Straße 12, Tel. (069) 678 65 08-0, Fax 678 65 08-20, frankfurt@dr-spang.de
09599 Freiberg/Sachsen, Halsbrücker Straße 34, Tel. (03731) 798 789-0, Fax 798 789-20, freiberg@dr-spang.de
21079 Hamburg, Harburger Schloßstraße 30, Tel. (040) 524 73 35-0, Fax 524 73 35-20, hamburg@dr-spang.de
30655 Hannover, Leo-Symphor-Promenade 65, Tel. (0511) 132 291-50, Fax 132 291-90, hannover@dr-spang.de
06618 Naumburg, Wilhelm-Franke-Straße 11, Tel. (03445) 762-25, Fax 762-20, naumburg@dr-spang.de
90491 Nürnberg, Erlengartenstraße 72, Tel. (0911) 964 56 65-0, Fax 964 56 65-5, nuernberg@dr-spang.de
85521 Ottobrunn, Alte Landstraße 29, Tel. (089) 277 80 82-60, Fax 277 80 82-90, muenchen@dr-spang.de
14482 Potsdam, Walter-Klaus-Straße 25, Tel. (0331) 231 843-0, Fax 231 843-20, berlin@dr-spang.de
A-6330 Kufstein, Salurnerstraße 22, Tel. +43 (5372) 23 20-00, Fax 23 20-20, kufstein@dr-spang.at

Banken: Deutsche Bank AG, Witten, IBAN: DE42 4307 0024 0813 9511 00, BIC: DEUTDE33HAN
Sparkasse Witten, IBAN: DE59 4525 0035 0000 0049 11, BIC: WELADED1WTN



INHALT	SEITE
1. ALLGEMEINES	5
1.1 Projekt	5
1.2 Auftrag	5
1.3 Unterlagen	6
1.4 Untersuchungen	6
1.5 Historische Ereignisse	7
2. GEOTECHNISCHE VERHÄLTNISSE	7
2.1 Morphologie und Vegetation	7
2.2 Gesteine	8
2.3 Lagerungsverhältnisse und Trennflächen	8
2.4 Bergwasserverhältnisse	10
2.5 Sonstige Randbedingungen und Eigenschaften	11
2.6 Bauwerke	12
3. KENNWERTE UND HOMOGENBEREICHE	12
3.1 Felsmechanische Kennwerte	12
3.2 Homogenbereiche	14
3.2.1 Allgemeines	14
3.2.2 DIN 18 300 Erdarbeiten	16
3.2.3 DIN 18 301 Bohrarbeiten	18
3.2.4 DIN 18 320 Landschaftsbauarbeiten	20
4. UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE	20
4.1 Begriffe	20
4.2 Lokale Standsicherheit	21
4.3 Globale Standsicherheit	22
5. EMPFEHLUNGEN	22
5.1 Sicherungsvorschlag	22
5.2 Baukosten	23



6. ZUSAMMENFASSUNG

23

7. ANLAGEN

- Anlage 1: Übersichtslageplan 1 : 5.000 (1)
- Anlage 2: Lageplan 1 : 750 (1)
- Anlage 3: Dokumentation der Geländebegehung (6)
- Anlage 4: Kinematische Analyse (9)
- Anlage 5: Fotodokumentation (21)
- Anlage 6: Kostenschätzung (1)



DR. SPANG

Projekt: 46.10711

Seite 4

27.06.2025

Änderungshistorie

Rev.	Datum	Bearbeitender	Notiz



1. ALLGEMEINES

1.1 Projekt

Am Kellerbergwäldchen in Essen-Werden befindet sich ein bis zu 7 m hoher Böschungsbereich mit abschnittswisen Felsaufschlüssen und Stützmauern. Die Stützmauern weisen vielerorts Schäden auf und der Fels fällt ungünstig zum Fußweg ein. In der Vergangenheit kam es zu Steinschlägen, welche den Gehweg erreichten. Infolgedessen wurde der Gehweg abgesperrt. Durch eine geotechnische Untersuchung sollen die Gefährdungen für den Gehweg am Böschungsfuß eingeschätzt werden. Anschließend werden gegebenenfalls Sicherungsmaßnahmen empfohlen.

1.2 Auftrag

Mit der Bestellung Nr. 4200538989 erhielt die Dr. Spang GmbH auf der Basis des Angebotes vom 18.12.2024 durch den Fachbereich 67 der Stadt Essen den Auftrag, den Böschungsbereich bergseitig des Gehwegs am Kellerbergwäldchen in Essen-Werden geotechnisch zu untersuchen. Im Einzelnen waren folgende Leistungen zu erbringen.

- **Geotechnische Aufnahme** der Böschung einschließlich Aufnahme und Beschreibung der geologischen Gegebenheiten und Abschätzen der für die Standsicherheit relevanten felsmechanischen Kennwerte; Lokalisierung und ggf. Markierung instabiler Bereiche; Beschreibung der entsprechenden Stellen.
- **Auswertung der Geländeaufnahme**; Standsicherheitsbeurteilung unter Berücksichtigung des Trennflächengefüges; Beurteilen der globalen und lokalen Standsicherheit.
- **Bewerten der Geländeuntersuchungen** und der Standsicherheitsuntersuchung; Risikobeurteilung, Empfehlungen für Sicherungsmaßnahmen einschl. Kostenschätzung und ggf. Einteilung von Dringlichkeitsstufen.

Nachstehend werden die Ergebnisse der Geländeuntersuchung zusammengefasst und erläutert.



1.3 Unterlagen

Zur Bearbeitung des Projektes wurden die nachfolgend aufgeführten Unterlagen verwendet:

- [U 1] **Geologische Karte 1 : 25.000**; Blatt 4608 Velbert, Preußische Geologische Landesanstalt, Berlin, 1938.
- [U 2] **Land Nordrhein-Westfalen**, https://www.gdu.nrw.de/GDU_Buerger/, Abruf am 25.04.2025.
- [U 3] **MÜLLER, L.:** Der Felsbau, 1. Band: Grundlagen.- Stuttgart, 1978.
- [U 4] **SCHWINGENSCHLÖGL, R. & WEISS, E.H.:** Ingenieurgeologische Probleme bei der Boden- und Felsklassifikation im Autobahnabschnitt A 2. – Felsbau 3 (1985) Nr. 4, Essen.
- [U 5] **Schutz vor Massenbewegungsgefahren.** Vollzugshilfe für das Gefahrenmanagement von Rutschungen, Steinschlag und Hangmuren. – Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, 2016.
- [U 6] **Karte der Frosteinwirkungszonen in Deutschland 1:750.000**, Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), Bergisch Gladbach, 2012.
- [U 7] **Grundbau-Taschenbuch**, Teil 2, Geotechnische Verfahren. Stuttgart, 2009.
- [U 8] **Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe**, <https://geoviewer.bgr.de>, Abruf am 25.04.2025.

1.4 Untersuchungen

Die geotechnische Geländeaufnahme wurde vom Rechtsunterzeichner zusammen mit einem Mitarbeiter der Dr. Spang GmbH am 28.02.2025 durchgeführt. Im Zuge der Geländeaufnahme wurden die geologischen Verhältnisse und das Trennflächengefüge aufgenommen sowie die



felsmechanisch relevanten Kennwerte geschätzt. Hierzu wurde die Böschung im untersuchten Bereich zu Fuß begangen.

Der Untersuchungsbereich ist in den als Anlage 1 und 2 beigefügten Lageplänen eingetragen. Anlage 3 enthält die Dokumentation der Geländebegehung. In Anlage 4 sind die aufgenommenen Gefügewerte und die Standsicherheitsuntersuchung dokumentiert. Als Anlage 5 ist eine Fotodokumentation des untersuchten Bereichs enthalten. Als Anlage 6 ist eine Schätzung der Baukosten beigefügt. Zu den Ergebnissen der Untersuchungen führen wir wie folgt aus.

1.5 Historische Ereignisse

Die geotechnische Begutachtung wurde wegen seitens des AG berichteter Steinschläge durchgeführt. In der Anlage 3 sind im Untersuchungsabschnitt A2 bei 0+078 ein am Böschungsfuß abgelagerter Sturzkörper und bei 0+098 eine frische Ablösefläche dokumentiert. Großräumige Fehlstellen und Teileinstürze der Stützmauern weisen auf vorausgegangenes Teilversagen hin.

Die Analyse historischer Ereignisse bei Massenbewegungen kann nur bedingt als Grundlage zur Bestimmung der jährlichen Eintrittswahrscheinlichkeit dienen. Für kleinere Sturzereignisse wie Stein- und Blockschlag ist eine Analyse der Schuttproduktion im Ablagerungsraum jedoch ein gutes Mittel zur empirischen Bestimmung der Wahrscheinlichkeit [U 5].

2. GEOTECHNISCHE VERHÄLTNISSE

2.1 Morphologie und Vegetation

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Stadtteil Essen-Werden am Kellerbergwäldchen. Westlich liegt die Folkwang Uni, nördlich grenzt die Fläche der ehemaligen Werdener Feintuchwerke an, die aktuell als Parkplatz genutzt wird. Der 120 m lange Untersuchungsbereich erstreckt sich auf einen bis zu 7 m hohen und bis zu 60° geneigten (lokal größere Neigungen) Böschungsbereich bergseitig eines Fußwegs. Der Untersuchungsbereich beginnt bei der neuen Aula der Folkwang Uni, folgt dem Böschungsverlauf ca. 30 m in nordöstlicher Richtung, dann weitere ca. 70 m in östlicher



Richtung und wieder ca. 20 m in nordöstlicher Richtung. Die Vegetation besteht aus Flechten, Moosen, Gräsern, Kletterpflanzen, Sträuchern und Bäumen, deren Anteile bereichsweise schwanken. Das Niveau des Fußwegs nimmt von ca. 67 m ü. NHN in östliche Richtung auf ca. 74 m ü. NHN zu. Das Gelände wurde offenbar für die Errichtung nicht mehr bestehender Gebäude der Werdener Feintuchwerke angeschnitten. In der Stützmauer von 0+033 bis 0+057 sind vermutlich Überreste eines dieser Gebäude enthalten, worauf Aussparungen im Mauerwerk hindeuten.

2.2 Gesteine

Nach der Geologischen Karte [U 1] steht im Untersuchungsbereich Tonschiefer mit Sandsteinbänken der oberen Magerkohlschichten an. Bei der Begutachtung wurde nur Tonschiefer angetroffen.

Die nachfolgende Gesteinsbeschreibung basiert auf den Begriffen und Definitionen der DIN EN ISO 14689. Das Gestein ist im frischen Zustand hell- bis dunkelbraun, angewittert dunkelbraun. Die Festigkeit der Gesteine wird mit 5-50 MN/m² eingeschätzt. Die Gesteine haben eine mäßige Kornbindung; die Raumausfüllung ist dicht.

Die Lockergesteinsdecke des Hangs wurde im Rahmen des Auftrags nicht näher untersucht. Augenscheinlich besteht sie aus einer geschätzt geringmächtigen **Hanglehm- und Hangschuttdecke**. Für die globale Standsicherheit des untersuchten Felsaufschlusses ist sie ohne Belang.

2.3 Lagerungsverhältnisse und Trennflächen

Die Schichtung/Schieferung fällt im Abschnitt mit dem Felsaufschluss etwa parallel zur Böschung in nördliche Richtung ein. Dazu bilden die Hauptkluftscharen K1 und K2 ein annähernd orthogonales Trennflächensystem. Der Abschnitt kann hinsichtlich der Lagerung und Ausbildung der Trennflächen zu einem Gefügebereich zusammengefasst werden.

Die Eigenschaften der aufgenommenen Trennflächen sind in Tabelle 2.3-1 zusammengefasst. **Trennflächenfüllungen** wurden nicht festgestellt.



Trennfläche	Mittlere Orientierung α / β [° / °]	Trennflächen- ausbildung ¹⁾ [-]	Trennflächen- abstand* d [m]	Öffnungs- weite [mm]	Ebene Durch- trennung* χ [-]
Schichtung/ Schieferung SS/Sf	357/42	cm: 1-2 dm: 5-7 m: 5-7	0,01-0,4 (0,05)	-	1,0
Klüftung K1	173/60	cm: 4-6 dm: 4-7 m: 4-7	0,05-1 (0,3)	≤ 5	0,3 – 0,8 (0,5)
Klüftung K2	234/69	cm: 2-4 dm: 2-3 m: 2-5	0,05-1 (0,3)	≤ 10	0,3 – 0,8 (0,5)

* Spannweite, Mittelwerte in Klammern

1) Rauigkeit nach DIN 14689

Tabelle 2.3-1: Eigenschaften der Trennflächenscharen

Störungen sind nach der Geologischen Karte [U 1] im Untersuchungsgebiet nicht verzeichnet. Im Zuge der Geländeaufnahme wurden auch keine Störungen aufgenommen.

Bezeichnung	Verbandsfestigkeit		Charakteristik
gut verspannt	hoch, sehr gut	VF 1	Sehr guter Reibungsschluß der Teilkörper. Gebirge schwer lösbar, keine bevorzugte Richtung, kleiner Durchtrennungsgrad.
verspannt	gut	VF2	Einspannung der Kluftkörper, Festigkeitsanisotropie gegeben. Lösbarkeit nach einer Richtung deutlich bevorzugt.
aufgelockert	mäßig	VF3	Geringer Reibungsschluß, zahlreiche offene Klüfte, Gebirge zeigt keine Festigkeitsanisotropie.
lose	gering	VF4	Kluftkörper ohne Reibungsschluß, lockeres, loses Haufwerk.

Tabelle 2.3-2: Einteilung der Verbandsfestigkeit des Gebirges nach [U 4].

Die **Verbandsfestigkeit** wird nach [U 4] oberflächennah bis in eine geschätzte Tiefe von ca. 1,5 m bergseitig der Felsoberfläche als aufgelockert (mäßige Verbandsfestigkeit, VF3; s. Tabelle 2.3-2) eingeschätzt. Diese Tiefe ist ausschließlich für eine ggf. erforderliche Bemessung von



Verankerungslängen im Fels zu berücksichtigen. Im tieferen Gebirge wird der Verband als verspannt (gute Verbandsfestigkeit, VF2) angesehen. Die Auflockerung resultiert aus Verwitterung und talparalleler Entspannung.

Das Gestein zerfällt beim Abgang in mehr oder weniger regelmäßige Bruchkörper, die vorwiegend durch die oben beschriebenen Trennflächen begrenzt werden. Nach den örtlichen Verhältnissen handelt es sich mit Bezug auf Abb. 2.3-1 überwiegend um **kleintäfelige** Körper. Die maximale **Kluftkörpergröße** von möglichen Stein- und Blockschlagereignissen variiert im Untersuchungsbereich mit Bezug auf die örtlichen Gegebenheiten. Auf Basis der Geländeaufnahme (Anlage 3) ist mit maximalen Einzelblockgrößen bis 0,3 m³ zu rechnen; das Gesamtvolumen eines potenziellen Gesteinsabgangs wird auf etwa 2 m³ geschätzt.

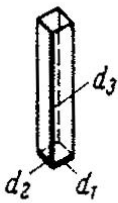
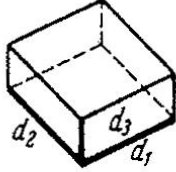
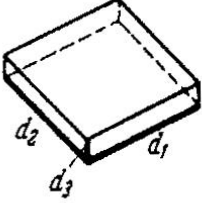
Form der Kluftkörper					
Kluftabstand d [cm]	d_2 d_1	d_2 d_1	d_2 d_3 d_1	d_2 d_3 d_1	d_2 d_3 d_1
Verhältnis $\frac{d_1}{d_2}; \frac{d_2}{d_3}$	$< 1:5$	$1:2 \text{ bis } 1:5$	$\sim 1:1$	$2:1 \text{ bis } 5:1$	$> 5:1$
$d_{max} > 100$	großsäulig	großblockig	großwürfelig	quaderig-bankig	großplattig
$100 > d_{max} > 10$	kleinsäulig	kleinblockig	kleinwürfelig	kleintäfelig	schiefbrig
$d_{max} < 10$	stängelig-faserig	kubisch-ruschelig	kubisch-ruschelig	splitterig	blättrig-kleinschuppig

Abb. 2.3-1: Einteilung der Trennflächenkörperformen nach [U 3].

2.4 Bergwasserverhältnisse

Zum Zeitpunkt der Geländeaufnahme herrschte trockenes Wetter. Die Felsoberfläche war größtenteils, vermutlich aufgrund vorangegangener Niederschläge, mit Wasser benetzt. **Wasseraustritte** wurden nicht verzeichnet.



Die **Gebirgsdurchlässigkeit** hängt von der Durchtrennung, der Verwitterung und den Trennflächenabständen ab. Grundsätzlich ist die Wasserwegsamkeit an die vorhandenen Trennflächen gebunden. Es handelt sich um einen **Kluftgrundwasserleiter**. Insgesamt ist das Gebirge als durchlässig nach Tabelle 2.4-1 einzustufen; im tiefen Untergrund wird das Gebirge schwach durchlässig sein. Angaben über den geschlossenen **Bergwasserspiegel** liegen nicht vor; er wird jedoch deutlich unterhalb des Untersuchungsbereichs erwartet.

k [m/s]	Bereich
unter 10^{-8}	sehr schwach durchlässig
10^{-8} bis 10^{-6}	schwach durchlässig
über 10^{-6} bis 10^{-4}	durchlässig
über 10^{-4} bis 10^{-2}	stark durchlässig
über 10^{-2}	sehr stark durchlässig

Tabelle 2.4-1: Durchlässigkeitsbereiche nach DIN 18 130

Wasserproben für hydrochemische Analysen und zur Untersuchung der Gefahr von Ausfällungen oder Verockerungen konnten im Zuge der Geländeaufnahme mangels Wasser nicht genommen werden. Nach [U 8] herrschen erdalkalische carbonatisch-sulfatische Wässer mit einer Gesamtmineralisation von 50 bis 200 mg/l vor.

Hinweise auf beton- und stahlangreifende Bestandteile des Grundwassers nach DIN 4030 bzw. DIN 50 929 liegen nicht vor. Die Einschätzungen sind – soweit erforderlich – im Zuge der weiteren Planung durch Wasseranalysen abzusichern.

2.5 Sonstige Randbedingungen und Eigenschaften

Nach DIN EN 1998-1/NA liegt das Projektgebiet in keiner **Erdbebenzone**.

Nach [U 6] liegt das Projektgebiet in der **Frosteinwirkungszone I**.



Angaben über **Kampfmittelbelastungen** und **Schutzgebiete** im Untersuchungsgebiet liegen nicht vor. Im Rahmen von Felssicherungsplanungen sind ggf. Anfragen bei den zuständigen Behörden durchzuführen.

Nach [U 2] bestehen im Untersuchungsgebiet **Gefährdungspotenziale** durch Gasaustritte in Bohrungen, verlassene Tagesöffnungen, oberflächennahen Bergbau (belegt) und tagesnahen Bergbau (möglich).

2.6 Bauwerke

Im Untersuchungsbereich befinden sich Stützmauern, Übernetzungen und Abmauerungen von Fels-hohlräumen (siehe Anlage 3). Das Mauerwerk der Stützmauern und Abmauerungen besteht aus Sandstein, Ziegelsteinen, Kalksandsteinen und Betonausbesserungen. Im Bereich des Felsaufschlusses wirken die Stützmauern als Verwitterungsschutz und als Widerlager gegen ein potenzielles Abgleiten von Felsinstabilitäten. Die Dicke der Stützmauern wird im Fußbereich auf bis zu 1 m geschätzt. Unmittelbar vor dem Untersuchungsbereich und am Anfang des Untersuchungsbereichs sind Übernetzungen aus Stahldrahtgeflecht vorhanden, welche mittels Mikropfählen rückverankert sind. Die Stahldrahtgeflechte weisen einen Drahtdurchmesser von ca. 2 mm und einen Innenkreisdurchmesser der Maschen von ca. 45 mm auf (vermutlich Fabrikat TECCO G45/2). Auf der untersten Nagelreihe sind Schutzkappen angebracht. Teilweise ist eine Hinterlegung mit Sekundärgeflecht oder Erosionsschutzmatte vorhanden.

3. KENNWERTE UND HOMOGENBEREICHE

3.1 Felsmechanische Kennwerte

Nach der beobachteten Ausbildung der Gesteine und Trennflächen lassen sich aufgrund von umfangreichen Erfahrungen für die Böschung die in den Tabellen 3.1-1 und 3.1-2 zusammengefassten Rechenwerte für Vorentwurfzwecke angeben.



Schicht Nr.	Felsart	Gestein				Gebirge E_k (isotrop) [MN/m ²]
		γ_k [kN/m ³]	ϕ'_k [°]	c'_k [MN/m ²]	$\sigma_{c,k}$ [MN/m ²]	
1	Tonschiefer	1,9 - 2,9	28 (25)	50 (3)	50 ¹⁾ (10)	5.000 (2.000)

1) höhere Einzelwerte möglich
Untere Kennwerte in Klammern

Tabelle 3.1-1: Charakteristische Gesteins- und Gebirgskennwerte.

Schicht Nr.	Felsart	Schichtung		Klüftung	
		$\phi'_{k,s}$ [°]	$c'_{k,s}$ [kN/m ²]	$\phi'_{k,k}$ [°]	$c'_{k,k}$ [kN/m ²]
1	Tonschiefer	28	20 (0) ¹⁾	25	50 (0) ¹⁾

1) Bei vollständiger Durchtrennung
Untere Kennwerte in Klammern

Tabelle 3.1-2: Trennflächenkennwerte; die Werte gelten für schwach verwittertes bis frisches Gebirge, sofern nicht anders angegeben.

Schicht Nr.	Felsart	Mantelreibung
		$q_{s;k}$ [kN/m ²]
1	Tonschiefer	300

Tabelle 3.1-3: Charakteristische Mantelreibungswerte $q_{s;k}$ für Mikropfähle.

Für Verankerungen im Fels werden in Anlehnung an [U 7] die in Tabelle 3.1-3 aufgeführten Werte für die Gebrauchsmantelreibung im unverwitterten Gebirge zugelassen. Für eine Berücksichtigung der Verwitterungszone ist die Mantelreibung zwischen 0 und 1,5 m Tiefe im Fels linear von $q_{s;k} = 0$ kN/m² auf den in der Tabelle angegebenen Wert zu interpolieren. Zur Überbrückung der oberflächennahen Verwitterung sowie Klüftungszonen und mit Bezug auf DIN EN 14 199 muss die Krafteintragungslänge mindestens 3 m betragen.



3.2 Homogenbereiche

3.2.1 Allgemeines

Boden und Fels sind gemäß den Normen der VOB/C (seit der Ausgabe 2015) in Homogenbereiche einzuteilen, die für die Ausschreibung verwendet werden sollen. Ein Homogenbereich ist dabei ein begrenzter Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- oder Felsschichten, der für die in den einzelnen Gewerken einsetzbaren Baugeräte vergleichbare Eigenschaften aufweist. Die Homogenbereiche sind somit ggf. gewerkespezifisch festzulegen und hängen von den einsetzbaren Baugeräten ab. Da die geplanten Bauverfahren zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung noch nicht festgelegt waren, erfolgt eine vorläufige Einteilung auf Basis der empfohlenen Verfahren gemäß Kap. 5, die im Zuge des Planungsprozesses bis zur Ausschreibung zu überprüfen und ggf. zu überarbeiten ist. Umweltrelevante Inhaltsstoffe sind bei der Einteilung der Homogenbereiche nicht berücksichtigt, da keine Analysen durchgeführt wurden.

Die Homogenbereiche und die angegebenen Eigenschaften beschreiben den Zustand von Boden und Fels vor dem Lösen. Bei den aufgeführten Eigenschaften und Kennwerten handelt es sich nicht um charakteristische Kennwerte für Berechnungen, sondern um mögliche Spannbreiten, die zur Abschätzung der Bearbeitbarkeit von Boden und Fels verwendet werden können.

Die Einteilung der Homogenbereiche ist zur Ausschreibung unter Berücksichtigung der geplanten Bauverfahren vom Planer und geotechnischen Gutachter zu überprüfen und ggf. anzupassen.

Bei den angegebenen Werten handelt es sich um Schätzwerte, die ggf. durch Versuche im Rahmen einer gesonderten Baugrunderkundung abgesichert werden müssen.

Für bauzeitliche Überprüfungen sind Versuche nach den in der Tabelle 3.2.1-1 aufgeführten Prüfvorschriften durchzuführen.



Eigenschaft / Kennwert		Prüfung/Prüfvorschrift
Bodenmechanik	Korngrößenverteilung	DIN EN ISO 17 892-4
	Massenanteil Steine, Blöcke, große Blöcke	Aussortieren, Vermessen, Wiegen
	Mineralogische Zusammensetzung der Steine und Blöcke	DIN EN ISO 14 689
	natürliche Dichte	DIN EN ISO 17 892-2
	undrainierte Scherfestigkeit c_u	DIN 4094-4
	Kohäsion c'	DIN 17 892-10
	Sensitivität c_{fv}/c_{Rv}	DIN 4094-4
	Wassergehalt w_n	DIN EN ISO 17 892-1
	Plastizität I_p	DIN 17 892-12
	Konsistenz I_c	DIN 17 892-12
	Durchlässigkeit k_f	DIN 17 892-11
	bezogene Lagerungsdichte I_D	DIN 18 126 in Verbindung mit Dichtebestimmung nach DIN EN ISO 17 892-2
	organischer Anteil v_{gl}	DIN 18 128
	Kalkgehalt v_{ca}	DIN 18 129
	Sulfatgehalt (säurelöslich)	DIN 4030-2
	Bodengruppe	DIN 18 196
	Abrasivität	LCPC-Test nach NF P18-579



Eigenschaft / Kennwert		Prüfung/Prüfvorschrift
Felsmechanik	Dichte	DIN EN ISO 17 892-2
	Verwitterung und Veränderungen / Veränderlichkeit	DIN EN ISO 14 689
	Kalkgehalt v_{ca}	DIN 18 129
	Sulfatgehalt (säurelöslich)	DIN 4030-2
	einaxiale Druckfestigkeit	DIN 18 141-1
	Trennflächenrichtung, Trennflächenabstand, Gesteinskörperform	DIN EN ISO 14 689
	Abrasivität	DGGT-Empfehlung Nr. 23: „Bestimmung der Abrasivität von Gesteinen mit dem CERCHAR-Versuch“ des AK 3.3 „Versuchstechnik Fels“

Tabelle 3.2.1-1: Für eine Überprüfung der Eigenschaften und Kennwerte der Homogenbereiche anzuwendende Prüfverfahren

3.2.2 DIN 18 300 Erdarbeiten

Für die Festlegung der Homogenbereiche für Erdarbeiten (DIN 18 300) wird davon ausgegangen, dass der Aushub mit einem Bagger mittlerer Leistungsklasse (ca. 10 – 30 to) ausgeführt wird, der Boden zumindest zum Teil auf der Baustelle zwischengelagert wird und vor Ort wieder eingebaut und verdichtet wird. Die Homogenbereiche berücksichtigen nur das Lösen. Sollte ein Wiedereinbau vorgesehen sein, müssen die Homogenbereiche weiter untergliedert werden. In der nachfolgenden Tabelle 3.2.2-1 und der Tabelle 3.2.2-2 sind die Zuordnung der in diesem Gutachten angegebenen geologischen Schichten zu Homogenbereichen für Erdarbeiten sowie die zusammengefassten Eigenschaften der Homogenbereiche angegeben. Es wird davon ausgegangen, dass der Aushub maximal bis in eine Tiefe von 2 m NHN erfolgt, sodass nur bis in diese Tiefe Homogenbereiche für Erdarbeiten ausgewiesen werden.



Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche	
	Erd-A	
Schicht Nr.	-	
ortsübliche Bezeichnung	Hangschutt / Hanglehm	
Korngrößenverteilung mit Korngrößenband ²⁾		
Massenanteil ^{*)}		
Steine [%]	< 40	
Blöcke [%]	< 20	
große Blöcke [%]	< 10	
natürliche Dichte ^{*)} [g/cm ³]	1,8 - 2,2	
undrainierte Scherfestigkeit c_u ^{*)} [kN/m ²]	< 100	
Wassergehalt w_n ^{*)} [%]	10 - 40	
Plastizitätszahl I_P ^{*)}	7 - 50	
Konsistenzzahl I_C / Bezeichnung ^{1)*)}	0,75 - >1 / steif bis halbfest	
bezogene Lagerungsdichte I_D / Bezeichnung ^{1)*)}	15 - 65 / locker bis mitteldicht	
organischer Anteil v_{gl} / Bezeichnung ^{1)*)}	≤ 5 / schwach organisch	
Bodengruppe	UL, UM, UA, TL, TM, TA, SE, SW, SU, SU*, ST, ST*, GW, GU, GU*, GT, GT*	

1) Begriffe nach DIN EN ISO 14 688-2

2) Das Körnungsband bezieht sich nur auf den Massenanteil ohne Steine, Blöcke und große Blöcke

*) keine Untersuchungen vorhanden

Tabelle 3.2.2-1: Homogenbereiche gemäß DIN 18 300 für Erdarbeiten in Boden

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche	
	Erd-B	
Schicht Nr.	1	
ortsübliche Bezeichnung	Obere Magerkohlschichten	
Benennung von Fels ¹⁾	Tonschiefer	
Dichte ^{*)} [g/cm ³]	1,9 - 2,9	
Verwitterung und Veränderungen, Veränderlichkeit ^{1)*)}	verfärbt - zerfallen nicht veränderlich	
einaxiale Druckfestigkeit ^{*)} [MN/m ²]	10 - 50	



Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche
	Erd-B
Trennflächenrichtung, Trennflächenabstand, Gesteinskörperform ¹⁾	Fallrichtung: s. Kap. 2.3 Fallwinkel: s. Kap. 2.3 Trennflächenabstand: s. Kap. 2.3 tafelförmige Gesteinskörper ¹⁾

1) Bezeichnung nach DIN EN ISO 14 689

*) keine Untersuchungen vorhanden

Tabelle 3.2.2-2: Homogenbereiche gemäß DIN 18 300 für Erdarbeiten im Festgestein

3.2.3 DIN 18 301 Bohrarbeiten

Für eine Rückverankerung der geplanten Felssicherungen können für die Bohrarbeiten die Zuordnung der in diesem Gutachten angegebenen geologischen Schichten zu Homogenbereichen für Bohrarbeiten, sowie die zusammengefassten Eigenschaften der Homogenbereiche gemäß Tabelle 3.2.3-1 und Tabelle 3.2.3-2 verwendet werden. Es wird davon ausgegangen, dass die erforderlichen Bohrungen durch Lafettenbohrgeräte ausgeführt werden.

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche
	Bohr-A
Schicht Nr.	-
ortsübliche Bezeichnung	Hangschutt / Hanglehm
Korngrößenverteilung mit Korngrößenband ^{2)*)}	
Massenanteil ^{*)}	
Steine [%]	< 40
Blöcke [%]	< 20
große Blöcke [%]	< 10
Kohäsion $c^{(*)}$ [kN/m ²]	≥ 0
undrainierte Scherfestigkeit $c_u^{(*)}$ [kN/m ²]	< 100
Wassergehalt $w_n^{(*)}$ [%]	10 - 40



Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche
	Bohr-A
Plastizitätszahl $I_P^{1*)}$	7 - 50
Konsistenz $I_C^{1*)}$	0,75 - >1 / steif bis halbfest
bezogene Lagerungsdichte $I_D^{1*)}$	15 - 65 / locker bis mitteldicht
LCPC-Abrasivitäts-Koeffizient LAK [g/to] / Bezeichnung ^{3*)}	≤ 2 / abrasiv
Bodengruppe	UL, UM, UA, TL, TM, TA, SE, SW, SU, SU*, ST, ST*, GW, GU, GU*, GT, GT*

1) Begriffe nach DIN EN ISO 14 688-2

2) Das Körnungsband bezieht sich nur auf den Massenanteil ohne Steine, Blöcke und große Blöcke

3) Begriffe gemäß Käsling, H. & Thuro, K.: Bestimmung der Gesteinsabrasivität - Versuchstechniken und Anwendung; in: DGGT, 31. Baugrundtagung, 2010

*) keine Untersuchungen vorhanden

Tabelle 3.2.3-1: Homogenbereiche gemäß DIN 18 301 für Bohrarbeiten in Boden.

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche
	Bohr-B
Schicht Nr.	1
ortsübliche Bezeichnung	Obere Magerkohlschichten
Benennung von Fels ^{1*)}	Tonschiefer
Verwitterung und Veränderungen, Veränderlichkeit ^{1*)}	verfärbt - zerfallen nicht veränderlich
einaxiale Druckfestigkeit ^{*)} [MN/m ²]	10 - 50
Trennflächenrichtung, Trennflächenabstand, Gesteinskörperform	Fallrichtung: s. Kap. 2.3 Fallwinkel: s. Kap. 2.3 Trennflächenabstand: s. Kap. 2.3 tafelförmige Gesteinskörper ¹⁾
Cerchar-Abrasivitätsindex CAI [-] / Bezeichnung ^{2*)}	≤ 4,0 / stark abrasiv

1) Bezeichnung nach DIN EN ISO 14 689

2) Begriffe gemäß Käsling, H. & Thuro, K.: Bestimmung der Gesteinsabrasivität - Versuchstechniken und Anwendung; in: DGGT, 31. Baugrundtagung, 2010

*) keine Untersuchungen vorhanden

Tabelle 3.2.3-2: Homogenbereiche gemäß DIN 18 301 für Bohrarbeiten im Festgestein



3.2.4 DIN 18 320 Landschaftsbauarbeiten

Oberboden ist nach DIN 18 320 als eigener Homogenbereich auszuweisen.

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche
	Oberboden
Bodengruppe nach DIN 18 196	OU / OH
ortsübliche Bezeichnung	Mutterboden
Bodengruppe nach DIN 18 915	1
Massenanteil	
Steine [%]	< 10
Blöcke [%]	< 5
große Blöcke [%]	< 5

Tabelle 3.2.4-1: Homogenbereiche gemäß DIN 18 320 für Oberboden

4. UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

4.1 Begriffe

Das Fehlen der auf oberflächennahe und räumlich eng begrenzte Mechanismen beschränkten **lokalen Standsicherheit** äußert sich in Block- und Steinschlägen. Die betreffenden Risiken können sowohl einzelne, als auch mehrere Kluftkörper umfassen. Die Grenze zwischen Stein- und Blockschlag ist begrifflich unscharf; nachfolgend werden die in Tabelle 4.1-1 aufgeführten Definitionen für Sturzereignisse im Fels verwendet.

Massenbewegung	Volumen [m ³]	Kantenlänge* [m]
Steinschlag	≤ 0,01	≤ 0,2
Blockschlag	> 0,01 – 5,0	> 0,2 – 1,71

* Werte für ideale Gesteinskörper in Würfelform

Tabelle 4.1-1: Definitionen der Sturzereignisse im Fels.



Lokale Instabilitäten treten, sofern sie nicht Äußerungen großräumiger Massenbewegungen sind, unter anderem im Gefolge von entspannungs- oder verwitterungsbedingten Auflockerungen entsprechend steiler Felsoberflächen, durch lokal ungünstige Trennflächenorientierungen, Unterschneidungen infolge Herauswittern weicherer Schichten, Wurzel- und Eisdruck sowie infolge herstellungsbedingter, mithin künstlicher Auflockerungen auf. Auslösend können u. a. kurzfristig auftretende Kluftwasserdrücke infolge von Starkregen oder Schneeschmelze, niederschlagsbedingte Erosion, Wild, Blitzschlag, Erschütterungen, Vegetationsdruck, Wind und Sprödbrüche sowie das Aufbringen von Verkehrslasten sein.

Unter **globaler Standsicherheit** einer Felsböschung oder eines Felshangs wird im Folgenden die Stabilität der gesamten Böschung bzw. des Hangs oder wesentlicher Abschnitte davon gegen tiefreichende, in der Regel durch Trennflächen vorgegebene Bruchmechanismen verstanden.

4.2 Lokale Standsicherheit

Nach den Beobachtungen im Zuge der Geländeaufnahme und der als Anlage 3.1 beigefügten Beschreibung wurden Gefährdungen durch Steinschlag und ein Versagen von Stützmauern festgestellt. Es wurden lokale und flächige Instabilitäten im Fels festgestellt. Die Ursachen der Felsinstabilitäten liegen überwiegend in dem ungünstigen Trennflächeneinfallen und der Verwitterung. Der oberflächennahe Bereich wird durch die Herstellung des Anschnitts aufgelockert sein. Die Schäden der Stützmauern umfassen Fehlstellen, Teileinsturz, unvollständige/lose Mörtelverfugung, Durchwurzelung und weitreichende geöffnete Risse. Die Ursachen der Mauerwerksschäden liegen abschnittsabhängig an einem fehlenden Auflager, Durchwurzelung, Alterungsprozessen und mangelhaften Ausbesserungsarbeiten.

Die Felsinstabilitäten zeigen sich als **Stein- und Blockschlagrisiken**, die durch Gleiten auftreten. Eine Übersicht der geschätzten Einzelblockgrößen sowie der erwarteten Gesamtvolumina von Gesteinsabgängen für die Untersuchungsabschnitte ist in Tabelle 4.2-1 enthalten.



Abschnitt [-]	Stationierung		Einzelblockgröße		Gesamtvolumen mögl. Abgang [m³]
	von [km]	bis [km]	bis [cm]	bis [m³]	
A1 ¹⁾	0+000	0+060	-	-	-
A2	0+060	0+105	100 x 100 x 30	0,3	2,0
A3 ¹⁾	0+105	0+120	-	-	-

1) Keine Felsausbisse vorhanden.

Tabelle 4.2-1: Geschätzte Einzelblockgrößen und Gesamtvolumina von Gesteinsabgängen.

4.3 Globale Standsicherheit

Nach der als Anlage 4 beigefügten kinematischen Analyse wurden im Untersuchungsgebiet Ebenes Gleiten, Keilgleiten, Biegekippen sowie direktes Kippen als kinematisch möglich bezeichnet. Nach den Beobachtungen im Gelände wird ebenes Gleiten als vorherrschender Versagensmechanismus betrachtet. Die Wahrscheinlichkeit eines globalen Versagens bzw. Böschungsbruchs wird aufgrund der Trennflächeneigenschaften und der Gesteinsfestigkeiten als gering eingeschätzt.

5. EMPFEHLUNGEN

5.1 Sicherungsvorschlag

Für die Abmauerung einschließlich des unterhalb liegenden Felsaufschlusses und der Stützmauer im **Abschnitt A1.1** sowie die Stützmauer im **Abschnitt A1.3** wird eine **Übernetzung** empfohlen. Im **Abschnitt A1.4** wird die Errichtung eines **Schutzwalls mit einem Warnschild Steinschlag** oder die Errichtung einer **doppelten Schutzplanke** empfohlen.

Auf Grundlage der vorangegangenen Ausführungen wird für die Sicherung des Gehwegs gegen die Gefahren aus der Felsböschung und der Stützmauern im **Abschnitt A2** eine **Übernetzung** empfohlen.



Auf den zu übernetzenden Flächen ist im Vorfeld ein Vegetationsrückschnitt und eine Beräumung durchzuführen. Der Bereich des Schutzwalls bzw. der Schutzplanke ist im Vorfeld ebenfalls freizuschneiden. Zudem wird ein Vegetationsrückschnitt in den Bereichen der vorhandenen Übernetzungen im gleichen Zuge empfohlen. Für die Übernetzungen ist ein hochfestes Stahldrahtgeflecht zu verwenden und mithilfe von Mikropfählen rückzuverankern.

Im **Untersuchungsabschnitt A3** wird für den Abschnitt der Stützmauer, hinter dem sich ein Hohlraum befindet, ein **Rückbau** empfohlen.

5.2 Baukosten

Nach der als Anlage 6 beigefügten Kostenschätzung auf Vorplanungsniveau ist für den Steinschlagenschutz und die Sicherung der Stützmauern mit mittleren Baukosten von etwa 210.000 € netto (Stand 2. Quartal 2025) zu rechnen. Die Kostenschätzung gemäß DIN 276 hat eine Genauigkeit von $\pm 30 \%$ (± 63.000 €).

Es ist zu berücksichtigen, dass diese Schätzung auf einer ersten groben Massenermittlung bei der Ortsaufnahme und der darauf aufbauenden Maßnahmenempfehlung basiert. Die Kosten sind über die entsprechende Masse (m / m^2) grob auf Grundlage von Erfahrungswerten abgeschätzt. Für eine Finanzierungsplanung ist eine Planung auf Grundlage einer Vermessung durchzuführen, die Maßnahmen sind im Zuge dieser Planung abzustimmen. Der vorgenannte Kostenrahmen kann sich daher auch im Zuge dieser Abstimmung noch erheblich nach oben oder unten verändern.

Leistungen für Verkehrssicherungsmaßnahmen / Sperrungen sowie für die weitere Planung und Bauüberwachung sind in den Kosten nicht enthalten.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Die entlang eines Gehwegs im Kellerbergwäldchen in Essen-Werden verlaufende Böschung weist Felsaufschlüsse und schadhafte Stützmauern auf.



Es wurde eine geotechnische Untersuchung des ca. 120 m langen Abschnitts durchgeführt, bei der lokale und flächige Steinschlag- und Blockschlagrisiken festgestellt wurden, die zu einer Gefährdung im Bereich des Gehwegs führen. Zudem wurde ein Sicherungsbedarf von großen Teilen der Stützmauern festgestellt.

Der Umfang der Gefährdung variiert in Abhängigkeit von den angetroffenen geotechnischen Verhältnissen. Es handelt sich nach unserer gutachterlichen Einschätzung um inakzeptable Gefährdungen, die Sicherungsmaßnahmen erfordern. Zur Minimierung der Gefährdung werden Übernetzungen, ein Schutzwall und der Rückbau eines Mauerabschnitts empfohlen. Die Baukosten werden auf etwa 210.000 Euro netto geschätzt.

Die Ausführung ist fachtechnisch zu überwachen. Es wird empfohlen, die Maßnahmen vor der Wiederfreigabe des zum Zeitpunkt der Untersuchung in den Untersuchungsabschnitten A2 und A3 gesperrten Gehwegs durchzuführen.

Zur Beantwortung weiterer Fragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

gez.

Bernd Hippler, Dipl.-Geol.
(Senior Experte KC Felsbau)

i.A.

Dipl.-Ing. Jannick Seelig
(Projektingenieur KC Felsbau)

Verteiler:

- Stadt Essen - Grün und Gruga, Herr Michael Wolfram, Essen, per E-Mail an <Michael.Wolfram@gge.essen.de>
- Dr. Spang GmbH, Witten