

Lowke Schiessl Ingenieure GmbH, Wendentorwall 25, 38100 Braunschweig

GUTACHTEN

LS-25-045

Beurteilung des Gefällebetons im 2.UG und 3.UG

Projekt

Tiefgarage Neues Rathaus Göttingen

Auftraggeber

Stadt Göttingen
Fachbereich Gebäude
FD 65.2 Gebäudemanagement
Herrn Michael Rink
Hiroshimaplatz 1-4
37083 Göttingen

Verfasser

Lowke Schiessl Ingenieure GmbH

Wendentorwall 25
38100 Braunschweig

Datum

19.09.2025

Ul

Umfang

30 Textseiten, 4 Anhänge



INHALTSVERZEICHNIS

Seite

1	AUSGANGSSITUATION UND FRAGESTELLUNG	2
2	UNTERLAGEN	4
3	BAUWERKSBESCHREIBUNG	6
4	INSTANDSETZUNGSMABNAHME UND AKTUELLER BAUWERKSZUSTAND	7
5	AUSSCHREIBUNGSUNTERLAGEN ZUR AUSFÜHRUNG DES GEFÄLLEBETONS	9
6	ANMERKUNGEN ZU DEN AUSSCHREIBUNGSUNTERLAGEN UND UNTERSUCHUNGSBEDARF	11
6.1	Anmerkungen zu den Ausschreibungsunterlagen	11
6.2	Normen und Technische Regelwerke	12
6.3	Möglichkeiten zur Bewertung von Soll- und Ist-Zustand	13
6.4	Untersuchungsbedarf	13
7	UNTERSUCHUNGEN UND ERGEBNISSE	15
7.1	Termine und Vorbemerkungen	15
7.2	Kartierung der Hohllagen	15
7.3	Bestimmung der Rautiefe	16
7.3.1	Messverfahren und Hintergrund	16
7.3.2	Messbereiche und Ergebnisse	16
8	BEANTWORTUNG DER FORMULIERTEN FRAGESTELLUNGEN	20
9	ZUSAMMENFASSUNG	30

ANHÄNGE

Anhang A: Grundrisse der Tiefgarage

Anhang B: Positionen und Langtexte unter dem Titel Aufbeton im Gefälle aus [U1]

Anhang C: Kartierung der Hohllagen

Anhang D: Bestimmung der Rautiefe



1 AUSGANGSSITUATION UND FRAGESTELLUNG

Mit Ihrem Schreiben vom 06.08.2025 wurden wir von Ihnen mit der Untersuchung des neu eingebauten Gefällebetons in der Tiefgarage Neues Rathaus am Hiroshimaplatz 1 - 4 in Göttingen beauftragt.

Die dreigeschossige Tiefgarage ist gegenwärtig aufgrund von umfangreichen Instandsetzungsmaßnahmen voll gesperrt und nicht in Nutzung. Die Instandsetzungsplanung sieht den Einbau eines unbewehrten Gefällebetons auf den befahrenen Bodenflächen vor. Hierbei ist es zu einer intensiven Rissbildung im Gefällebeton und zu bereichsweisen Ablösungen des Gefällebetons vom Altbeton der Zwischendecke bzw. der Bodenplatte (im Weiteren auch Hohlstellen oder Hohllage) gekommen. Der Einbau des Gefällebetons auf der bereits vorbereiteten Bodenfläche im 1. Untergeschoss (UG) wurde daraufhin gestoppt.

Zur Klärung des Sachverhalts wurden wir von Ihnen beauftragt, die folgende, gemäß [U4] und [U5] mit allen Beteiligten abgestimmten Fragen zu beantworten:

1. *Entspricht der im 2. UG und 3. UG ausgeführte Gefällebeton den allgemein anerkannten Regeln der Technik?*
2. *Für den Fall, dass der im 2. UG und 3. UG ausgeführte Gefällebeton nicht den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen sollte:*
 - A. *Was ist die Ursache für die vorhandenen Rissbildungen und Hohlstellen?*
 - B. *War das von der [REDACTED] erstellte Leistungsverzeichnis 2023 35_2023_Betonsanierung vom 28.11.2023 [U1], welches Gegenstand des Bauvertrages zwischen der Stadt Göttingen und der [REDACTED] ist, geeignet um einen mangelfreien Gefällebeton herstellen zu können?*
 - C. *Entspricht der im 2. UG und 3. UG ausgeführte Gefällebeton den Vorgaben aus dem zuvor aufgeführten Leistungsverzeichnis?*
 - D. *Sind die im Nachtrags-Leistungsverzeichnis „02 Anpassung Einbau Gefällebeton 1. UG“ vom 29.04.2025 [U2] aufgeführten Leistungen geeignet, ein dauerhaft haltbares, den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechendes Werk herzustellen?*
 - E. *Welche Kosten sind mit der Beseitigung der Mängel des Gefällebetons im 2. UG und 3. UG verbunden? Sind damit ggf. Sowieso-Kosten verbunden?*
3. *Ist der im Leistungsverzeichnis 2023 35_2023_Betonsanierung vom 28.11.2023 [U1] beschriebene Gefällebeton ebenfalls für den bewitterten Ein- und Ausfahrtsbereich nach den allgemein*



anerkannten Regeln der Technik geeignet? Falls nicht, wie muss dort der Betonuntergrund vorbereitet werden und wie muss der Gefällebeton in diesem Bereich beschaffen sein?

4. *Kann der Gefällebeton im 2. und 3.UG mit den nachfolgend empfohlenen Maßnahmen zur Mangelbeseitigung so nachgebessert werden, dass er seine Funktion plangemäß erfüllen kann? (Frage aus [U5])*

Die an diesem Bauvorhaben und an der Klärung des beschriebenen Sachverhaltes beteiligten Parteien sind:

- Stadt Göttingen, Fachbereich Gebäude, FD 65.2 Gebäudebaumanagement (Bauherrin, im Weiteren „Stadt Göttingen“), vertreten durch Herrn Rink
- [REDACTED] aus [REDACTED] (Planer der Instandsetzungsmaßnahme, im Weiteren [REDACTED], vertreten durch den [REDACTED])
- [REDACTED] aus [REDACTED] (Ausführendes Unternehmen, im Weiteren [REDACTED]), vertreten durch [REDACTED]
- [REDACTED] aus [REDACTED] (Tragwerksplanung, im Weiteren [REDACTED]), vertreten durch [REDACTED]

Für die Klärung des Sachverhaltes und die Beantwortung der formulierten Fragestellung sind unserer Einschätzung nach die nachfolgenden angeführten Punkte von Bedeutung. Die weiteren Ausführungen in diesem Gutachten fokussieren diese Punkte direkt und beleuchten sie jeweils mit einem Schwerpunkt auf Planung und Ausführung. Die Punkte von Bedeutung sind:

- A. die Rauigkeit der Verbundfuge zwischen dem Altbeton und dem Gefällebeton, welche nach dem Abbruch des Gussasphalts bzw. der lokalen Betoninstandsetzung hergestellt wurde
- B. die Einbaustärke des Gefällebetons sowie Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse beim Einbau
- C. die Zusammensetzung des Gefällebetons (Betonrezeptur) und die gewählten Möglichkeiten zur Steuerung der Betonerhärtung sowie die Festbetoneigenschaften
- D. betontechnologische und Konstruktive Maßnahmen zur Minimierung von Rissen und Rissbreiten (z.B. Nachbehandlung, Bewehrung, Fugen, Einbaustärke)

Die ergänzend aufgeführten Punkte erachten wir als für die Klärung des Sachverhaltes als nicht relevant bzw. ursächlich, weshalb diese im Zuge der weiteren Ausführungen nicht weiter thematisiert werden:



- E. Verformungsverhalten des Bestandsbetons und des Gesamtbauwerks
- F. Baustellenverkehr und bisherige Belastung der Flächen
- G. Erschütterungen infolge von Arbeiten in anderen Geschossen
- H. Ebenheitsanforderungen an die Betonoberflächen

2 UNTERLAGEN

Für die Ausarbeitung dieses Gutachtens standen uns die folgenden Unterlagen zur Verfügung:

- [U1] Leistungsverzeichnis „2023 35_2023_Betonsanierung“ zur Instandsetzung Tiefgarage Göttingen vom 28.11.2023, verfasst von [REDACTED]
- [U2] Nachtrags-Leistungsverzeichnis 801917 - 02 - Anpassung Einbau Gefällebeton vom 29.04.2025, verfasst von [REDACTED],
- [U3] Technischer Bericht Nr. 801955 der [REDACTED] zum Objekt Neues Rathaus Göttingen - Betonschadensdiagnose 3. Bauabschnitt vom 24.06.2021,
- [U4] E-Mail von Herrn Rink (Stadt Göttingen) mit Fragen an den Sachverständigen vom 16.06.2025,
- [U5] Schreiben der [REDACTED] vom 11.06.2025 mit Ergänzungsfrage an die Sachverständigen sowie empfohlenen Maßnahmen zur Mängelbeseitigung,
- [U6] Zweiseitige, eingescannte und handschriftliche Schadenskartierung des 2. und 3. Untergeschosses, erstellt von [REDACTED] Stand 14.01.2025,
- [U7] Prüfprotokolle zur Bestimmung der Oberflächenzugfestigkeit des Altbetons im 2.UG vom 25.10.2024 und des 3.UG vom 19.11.2024 von [REDACTED]
- [U8] Prüfprotokolle zur Bestimmung der Haftzugfestigkeit zwischen Altbeton und Gefällebeton sowie zugehörige Fotos (Datum unbekannt, nach dem 14.01.25) von [REDACTED]
- [U9] Statische Berechnung zum Projekt 21 424 von [REDACTED] vom Dezember 2023. Darin enthalten: Nachweis der Expositionsklasse, der Biegung, der Querkraft, der Fugenbemessung und der Bewehrungswahl für die Zwischendecken im 1. und 2. Untergeschoss der TG Göttingen,
- [U10] 4. Prüfbericht des Prüflingenieurs für Baustatik Dr. Göhlmann zu dem Verbundnachweis in [U9] vom 10.09.2025.
- [U11] Lieferscheine der Firma [REDACTED] an den Kunden [REDACTED] zum Einbau des Gefällebetons am 09.12., 10.12., 11.12. und 12.12.2024,



- [U12] Bautagesberichte von [REDACTED] der Einbautage des Gefällebetons (09.12. - 12.12.2024),
- [U13] Ergebnis der Eigenüberwachungsprüfung (Betondruckfestigkeit nach 28 Tagen) aller vier Einbautage von [REDACTED] an den Kunden [REDACTED],
- [U14] Prüfbericht Betonzusammensetzung Rezeptur 16541329 der [REDACTED] [REDACTED] an den Kunden [REDACTED] vom 21.06.2024,
- [U15] Protokolle zweier Rautiefe-Messungen vom 04.12.2024 von [REDACTED],
- [U16] Technisches Datenblatt zu dem bei [U15] verwendeten Messgerät der Firma Form+Test,
- [U17] Grundrisspläne des 1. UG, 2.UG und 3. UG komplett sowie in drei Teilplänen mit Teilung jeweils an den Bauwerksfugen, erstellt am 23.05.2023 durch den Fachdienst 65.3 „Bauunterhaltung“ der Stadt Göttingen,
- [U18] Bauzeitenplan „Neues Rathaus Göttingen Tiefgarage - V2 Beschichtung nach TGA“ Druckdatum 20.06.2024 von [REDACTED],
- [U19] Technisches Datenblatt der eingesetzten Fräsmaschine (RM 320 der Firma Odemo) und der Fräsrädchen (auf Auskunft [REDACTED] mit großer Wahrscheinlichkeit HMT-8.200 PIC) sowie Fotografie der Fräslamellen.

3 BAUWERKSDESCHEIBUNG

Die 1976 - 1978 erbaute Tiefgarage Neues Rathaus Göttingen am Hiroshimaplatz 1 - 4 befindet sich unterhalb des westlich des zentralen Hauptbaus gelegenen, flacheren Gebäudeteils und erstreckt sich über drei Untergeschosse (1. UG, 2. UG und 3. UG). Die Einfahrt erfolgt von der rückseitig zum Gesamtbauwerk gelegenen Gaußstraße direkt in das 1. UG (siehe **Bild 1** und **Bild 2**).

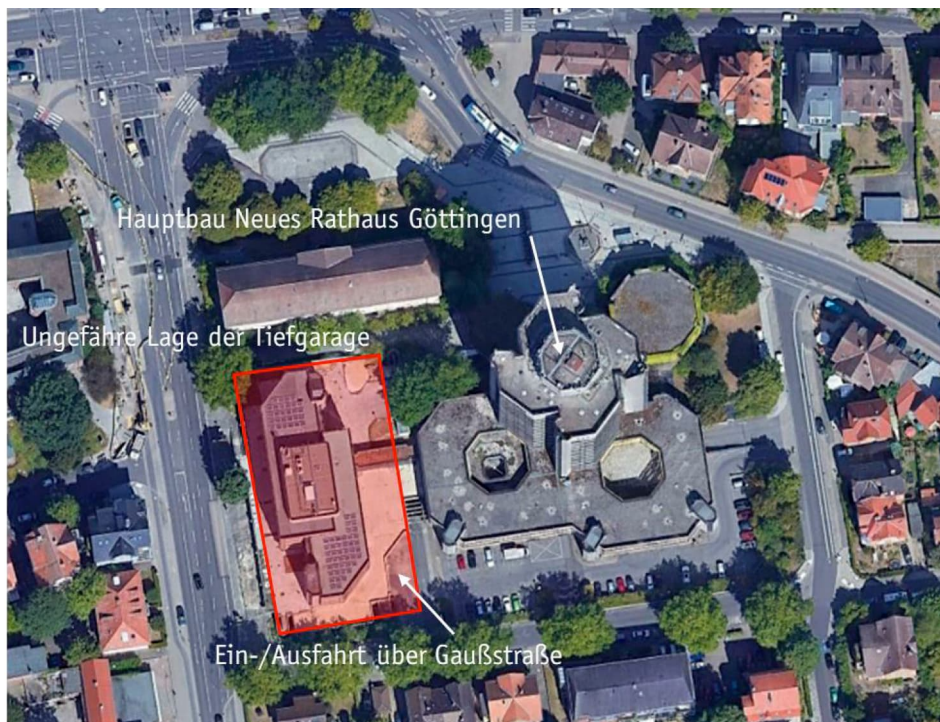


Bild 1: Luftbild Neues Rathaus Göttingen (Nordausrichtung), Hauptbau rechts, Lage Tiefgarage unter westlichem Gebäudeteil rot umrahmt (Bildquelle: google-earth).



Bild 2: Einfahrtsbereich der Tiefgarage von der Gaußstraße aus, Blick Richtung Norden.

Die in ihrem Grundriss rechteckige Tiefgarage hat eine geschossweise Ausdehnung von rd. 43 m x 68 m, und erstreckt sich damit über eine Fläche von rd. 2.900 m² je Geschoss. Die Untergeschosse sind für die Nutzung über zwei in den Grundriss integrierte Rampen je Geschoss miteinander verbunden. **Bild 3** zeigt exemplarisch den Grundriss des 2. UG inkl. der verwendeten Achsenbezeichnungen. Die übrigen Grundrisse können **Anhang A** entnommen werden.

Die Tiefgarage ist gänzlich als Stahlbetonbau errichtet. In der Tiefgarage werden die Lasten aus den Zwischendecken und den darüberliegenden Geschossen über Unterzüge in die Stützen und von dort in die Fundamente unter der nicht tragenden Bodenplatte eingeleitet.

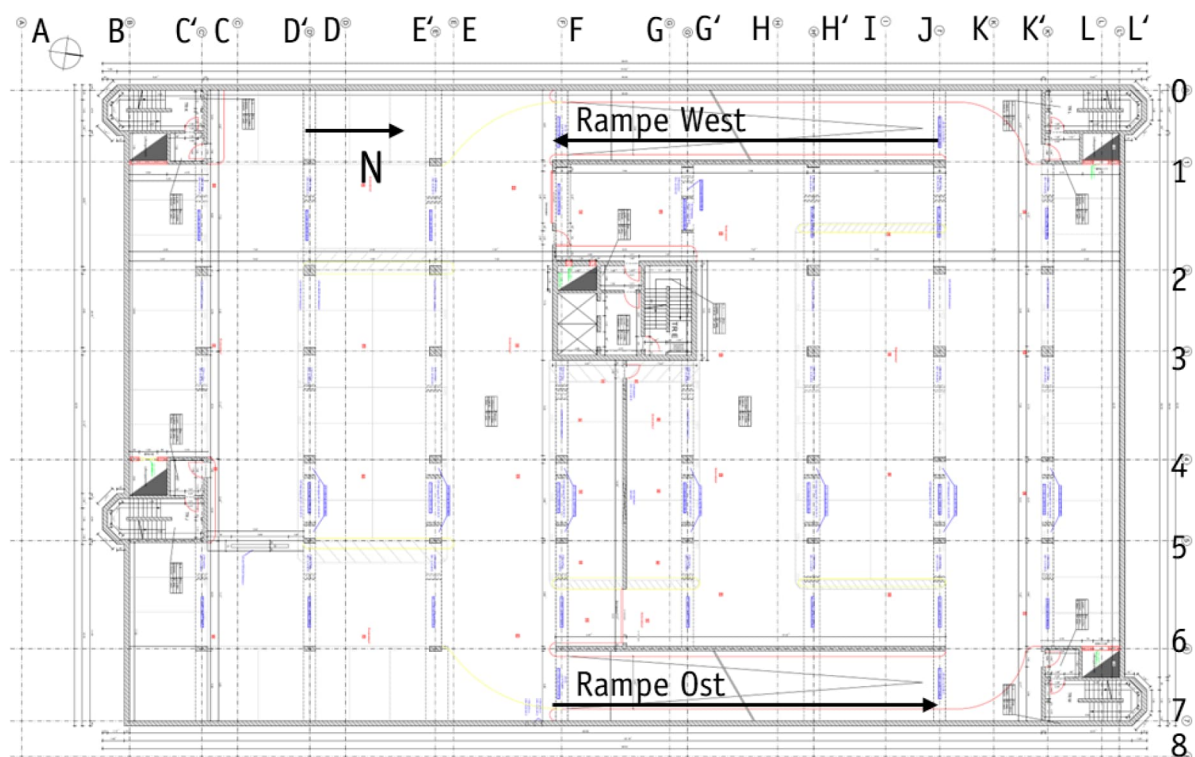


Bild 3: Grundriss des 2. UG der Tiefgarage [U17]. Rampe West & Ost zusätzlich gekennzeichnet.

4 INSTANDSETZUNGSMAßNAHME UND AKTUELLER BAUWERKSZUSTAND

Bis zum Beginn der Instandsetzungsmaßnahme war in den drei Geschossen der Tiefgarage ein Gussasphalt auf den befahrenen Bodenflächen vorhanden. Wie im Zuge der Instandsetzungsplanung festgestellt (beispielsweise [U3]), war es nutzungsbedingt zu einem Chlorideintrag in die Stahlbetonbauteile unterhalb des Gussasphalts gekommen. Aus diesem Grund wurde für alle drei Geschosse der vollflächige Ausbau des Gussasphalts, eine lokale Betoninstandsetzung der Deckenoberseiten und der Bodenplatte sowie der Neueinbau eines unbewehrten Gefällebetons festgelegt und ausgeschrieben ([U1]).

Der Wiedereinbau des Gefällebetons im 2. UG und 3. UG erfolgte im Dezember 2024. Bereits wenige Wochen danach traten die erwähnten Risse und die Hohllagen zwischen Altbeton und Gefällebeton auf. Aufgrund dessen wurde der Einbau des Gefällebetons auf der bereits für die Betonage vorbereiteten Bodenfläche des 1. UG bis auf Weiteres gestoppt. Ein exemplarischer Blick in das bereits mit einem Gefällebeton versehene 2. UG kann **Bild 4** entnommen werden. **Bild 5** zeigt einen Blick in das 1. UG, in dem eine Untergrundvorbehandlung stattgefunden hat, aber noch kein Gefällebeton aufgebracht wurde.



Bild 4: Blick in das 2. UG der Tiefgarage



Bild 5: Blick in das 1. UG der Tiefgarage

Eine im 3. UG bereits geöffnete Hohllage ist exemplarisch in **Bild 6** zu sehen. Zudem zeigt **Bild 7** exemplarisch die vorhandene und sich fein verästelnde Rissbildung.



Bild 6: Geöffnete Hohllage im 3. UG



Bild 7: Rissbildung Gefällebeton exemplarisch



5 AUSSCHREIBUNGSUNTERLAGEN ZUR AUSFÜHRUNG DES GEFÄLLEBETONS

In dem unter [U1] angeführten Leistungsverzeichnis sind die im Zuge der Gesamtmaßnahme auszuführenden Leistungen geschoss- bzw. bauteilweise gegliedert aufgeführt. Die wesentlichen Titel der Grobgliederung stellen sich wie folgt dar:

<u>Titel</u>	<u>Bauwerksteil</u>
1.3	Ebene 1. UG
1.4	Rampen 1. UG zu 2. UG
1.5	Ein- und Ausfahrtsbereiche
1.6	Ebene 2. UG
1.7	Rampen 2. UG zu 3. UG
1.8	Ebene 3. UG

Innerhalb der Titel 1.3 bis 1.8 findet sich wiederkehrend der für die Beantwortung der formulierten Fragestellungen relevante Untertitel „Aufbeton im Gefälle“ mit allen Positionen zu den rund um den Einbau eines Gefällebetons auf den befahrenen Oberflächen erforderlichen Leistungen. Diese schließen an den jeweiligen Abbruch des vorhandenen Gussasphalts und eine ggf. nachfolgende Betoninstandsetzung auf den Oberseiten der Bodenflächen an. Zu nennen sind hierbei die folgenden, wiederkehrend verwendeten Positionstitel, die gleichzeitig die vom Planer vorgesehenen erforderlichen Arbeitsschritte zum Aufbringen des Gefällebetons abbilden (Positionen zu Vermessungsleistungen nicht mit aufgeführt):

1. Bodenflächen fräsen
2. Untergrundvorbereitung mittels Kugelstrahlen
3. Kugelstrahlen - weiterer Strahlgang
4. Vornässen Aufbetonfläche
5. Abstellung Gefällebeton zu verschiedenen, angrenzenden Bereichen (z.B. Auf- und Abfahrten, Hochpunkte und Abläufe)
6. Einbau Aufbeton im Gefälle
7. Mehrschichtdicken zum Gefällebeton
8. Flügelglätten der Betonoberfläche
9. RM (Instandsetzungsmörtel) Gefälleflächen 1 - 3 cm
10. Einbau von Mehrschichtdicken des RM



Um die Beantwortung der formulierten Fragestellung innerhalb dieses Gutachtens in Gänze nachvollziehbar zu gestalten, sind die Langtexte zu den genannten Positionen im **Anhang B** aufgeführt. Die unter 9. genannte Position beschreibt die Ausbildung des Gefällebetons im Bereich der Abläufe. Da hier geringe Schichtdicken erzielt werden müssen, erfolgt die Ausführung in diesem Bereich nicht gemäß der Position unter 6. mit Beton, sondern mit einem feinkörnigen Reparaturmörtel (RM). Der Gefällebeton wird im Zuge der Betonage an diese Flächen angearbeitet (hierfür steht die Position unter 5.).



6 ANMERKUNGEN ZU DEN AUSSCHREIBUNGSUNTERLAGEN UND UNTERSUCHUNGSBEDARF

6.1 Anmerkungen zu den Ausschreibungsunterlagen

Für die Bewertung der vorliegenden Risse und der Hohllagen im bzw. unterhalb des Gefällebetons sowie der im **Abschnitt 1** genannten Punkte A - D sind die im vorangegangenen **Abschnitt 5** genannten Positionen 1 (Fräsen), 2 (Kugelstrahlen), 4 (Vornässen), 6 (Betoneinbau) und 8 (Flügelglätten) relevant. Hierzu möchten wir die folgenden Anmerkungen machen:

Zu 1:

Im Langtext der Position ist eine Abtragstiefe von 3 mm gefordert. Der gefräste Untergrund muss nach dem Fräsen eine Abreißfestigkeit von im Mittel $1,5 \text{ N/mm}^2$ aufweisen. Zudem ist ein Hinweis auf die Altbetonklasse A4 gegeben, was sich auf die Festigkeit des Bestandsbetons (zudem angegeben mit C30/37 bzw. B35 gemäß Bewehrungsplänen) bezieht. Der Verweis bzgl. des Umfangs der Nacharbeiten bezieht sich auf die zum Ausschreibungszeitpunkt bereits nicht mehr gültige Instandsetzungs-Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton von 2001. Die genannte Tabelle 2.5 ist jedoch in gleicher Form in der zum Ausschreibungszeitpunkt (und auch gegenwärtig) gültigen Anwendungshilfe (AH) des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb-Heft 638) zur Technischen Regel Instandhaltung von Betonbauteilen (TR-IH) des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) von 2020 zu finden (darin Tabelle AH-1).

Zu 2:

In der erwähnten Tabelle AH-1 des Heftes 638 wird das Kugelstrahlen als Nachbearbeitung der gefrästen Fläche genannt. Es trägt folglich nicht zur Intensivierung der vorangegangenen Arbeiten bei, sondern dient vielmehr einer Reinigung und Vergleichmäßigung der im Zuge der vorangegangenen Fräsarbeiten angerauten Betonoberflächen. Wiederum wird eine Oberflächen- bzw. Haftzugfestigkeit der kugelgestrahlten Oberflächen von $1,5 \text{ N/mm}^2$ (Mittelwert) und $1,0 \text{ N/mm}^2$ (kleinster Einzelwert) gefordert. Auch der Hinweis auf einen Bestandsbeton der Druckfestigkeitsklasse C30/37 (bzw. B35) und der Altbetonklasse A4 ist gegeben.

Zu 4:

Das Vornässen vor dem Aufbringen des Gefällebetons ist vollflächig auszuführen, wird aber im Umfang nicht näher spezifiziert.

Zu 6:

Der Einbau des Gefällebetons hat unbewehrt und mit einer mittleren Dicke von 8 cm zu erfolgen, wobei ein Gefälle von 10 cm auf 3 cm (Anschluss an RM-Flächen, siehe unter Punkt 9 genannte Position) herzustellen ist. Für die Betonrezeptur werden die folgenden Vorgaben gemacht:



- Expositionsklassen: XC4, XF4, XM1 und XD3
- Größtkorn: 8 mm
- Druckfestigkeitsklasse: C 30/37
- Zementgehalt: 320 kg/m³

Die Nachbehandlung hat mit nasser Jute oder Folie zu erfolgen.

Zu 8:

Das Flügelglätten erfolgt vollflächig und gemäß der Ausschreibung auf den Beton- und den RM-Flächen. Da die RM-Flächen zum Betonagezeitpunkt bereits erhärtet sind (Position zum Anarbeiten vorhanden) und ein vorheriges Flügelglätten auf den kleinen RM-Flächen technisch nicht umsetzbar ist, gehen wir davon aus, dass die RM-Flächen nur händisch geglättet wurden und das Flügelglätten nach dem Einbau des Gefällebetons nur auf den Betonoberflächen stattfand. Das Flügelglätten selbst wird in seiner Ausführungsart in der Ausschreibung nicht näher spezifiziert.

6.2 Normen und Technische Regelwerke

Für die Ausbildung der Fuge zwischen Gefällebeton und Altbeton sollten in unseren Augen in erster Linie die zwei folgenden Normen bzw. Regelwerke berücksichtigt werden:

- DIN EN 1992-1-1 Stand Jan. 2011 (Eurocode 2 - Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau - im Weiteren EC2)
- Technische Regel Instandhaltung von Betonbauteilen (im Weiteren TR-IH) des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) Stand Mai 2020

Der EC2 muss zur Führung eines Verbundnachweises in der Fuge zwischen Bestandsbeton und neu einzubauendem Gefällebeton und für die Vorgabe einer Rauigkeit der Fuge herangezogen werden. Die TR-IH wird relevant, da der Einbau des Gefällebetons im Zuge einer Betoninstandsetzungsmaßnahme und in direktem Verbund zum Altbeton erfolgt. Die TR-IH enthält Vorgaben zur Untergrundbeschaffenheit (Oberflächenzugfestigkeit und Rautiefe) und zur Verankerung eines Aufbetons auf einen Altbeton. Die ausgeschriebenen Betoneigenschaften beziehen sich auf die DIN EN 206-1 bzw. die DIN 1045-2:

- DIN EN 206-1 - Jun. 2021 - Beton - Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität
- DIN 1045-2 - Aug. 2023 - Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 2: Beton



6.3 Möglichkeiten zur Bewertung von Soll- und Ist-Zustand

Für eine Bewertung der geplanten (Soll-Zustand) und ausgeführten Arbeiten zum Einbau des Gefällebetons auf den Bodenflächen der Tiefgarage (Ist-Zustand) sind mit Blick auf die im vorangegangenen Abschnitt genannten Normen und Regelwerke die folgenden Kennwerte herauszustellen, welche sich mit Hilfe spezieller Prüfverfahren am Bauwerk abgreifen oder anhand von Lieferscheinen und Protokollen nachträglich zusammenstellen lassen. Für die Bewertung der Verbundfuge wären dies:

- Oberflächenzugfestigkeit [N/mm] Altbeton und Haftzugfestigkeit Gefällebeton auf Altbeton
- Betondruckfestigkeit [N/mm²] und Güteüberwachung Gefällebeton
- Art und Ausprägung der Risse und Ausdehnung der Hohllagen
- Rautiefe R_t [mm] des Altbetons nach dem Fräsen und dem Kugelstrahlen

Für den Gefällebeton selbst werden die folgenden Kennwerte relevant:

- Frischbetoneigenschaften nach Lieferschein
- Bautagesberichte zu Klimadaten, Nachbehandlung, Einbaudauer

Für die Bewertung der Oberflächen- bzw. Haftzugfestigkeit und der Betondruckfestigkeit liegen Ergebnisse aus der Eigenüberwachung von [REDACTED] vor ([U7], [U8], [U13] und [U14]). Eine Kartierung der Hohllagen erfolgte gemäß [U6] bereits im Januar (ggf. veraltet). Eine Risskartierung liegt nicht vor. Die Rautiefe der Verbundfuge wurde gemäß [U15] bestimmt. Die darin angegebene Messwertanzahl von „zwei“ ist jedoch für eine Fläche von fast 9.000 m² ungenügend. Zudem kann anhand der Unterlagen nicht nachvollzogen werden, wo die Messungen durchgeführt wurden.

Die Frischbetoneigenschaften nach Lieferschein sowie Daten aus den Bautagesberichten lassen sich anhand der Unterlagen [U11] und [U12] nachvollziehen.

6.4 Untersuchungsbedarf

Der Untersuchungsbedarf ergibt sich aus dem im vorangegangenen Kapitel genannten Fehlen oder der Unvollständigkeit bzw. aufgrund eines veralteten Stands von Bewertungsgrundlagen. Im Rahmen eines Ortstermins am 18.06.25 (siehe **Abschnitt 7.1**) wurde einvernehmlich festgelegt, dass ergänzend die folgenden Untersuchungen notwendig werden:



- a. eine vollflächige Kartierung der Hohllagen zwischen dem Altbeton und dem Gefällebeton sowie
- b. eine Bestimmung der Rautiefe auf der Altbetonoberfläche der bereits für das Aufbringen des Gefällebetons vorbereiteten Zwischendecke des 1. UG und auf dem Altbeton des 2. UG und des 3. UG in bereits geöffneten Hohllagen.

Die Untersuchungen gemäß a.) dienen einer Ermittlung des prozentualen Anteils hohlliegender Flächen an der Gesamtfläche der beiden unteren Geschosse der Tiefgarage und einer Aktualisierung der Schadenskartierung vom 14.01.2025 ([U6]). Die Untersuchungen gemäß b.) sollen zeigen, welche Rautiefe R_t mittels Fräsen und Kugelstrahlen für die Verbundfuge zwischen Altbeton und Gefällebeton hergestellt wurde und wie diese Messungen zu den zwei im Rahmen der Eigenüberwachung gemessenen Einzelwerten ([U15]) passt.

Auf die vollflächige Aufnahme des vorhandenen Rissbildes wurde aufgrund der Intensität der Rissbildung im Gefällebeton verzichtet. Der damit verbundene Aufwand hätte nach Meinung aller Beteiligten in keinem Verhältnis zum Nutzen einer solchen Rissaufnahme gestanden, da aufgrund der Vielzahl dieser Risse und der unterschiedlichen Rissbreiten eine dem Rissverlauf folgende Nachbearbeitung aller Risse nicht zielführend wäre.



7 UNTERSUCHUNGEN UND ERGEBNISSE

7.1 Termine und Vorbemerkungen

Zur Klärung der im **Abschnitt 1** gelisteten Fragestellungen fanden, unter Anwesenheit der ebenfalls genannten Personen, die folgenden Ortstermine statt:

Ortstermin am 18.06.2025 - Begehung der Tiefgarage und Abstimmung zum Vorgehen:

Anwesende: Frau Raffler, Herr Rink und Herr Haase sowie Frau Wessels und Herr Look (zeitweise)
(alle Stadt Göttingen)

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

Ortstermin am 08.07. und 09.07.2025 - Untersuchung des Gefällebetons:

Anwesende: Herr Rink (Stadt Göttingen, zeitweise)

[REDACTED]

7.2 Kartierung der Hohllagen

Für das Detektieren und die Kartierung der Hohllagen wurden die Gefällebetonflächen des 2. UG und des 3. UG mit einer schweren Gliederkette sowie einem Kugelstab (Holzstab mit einer massiven Stahlkugel) abgeklopft bzw. übergangen. Die Hohllagen sind dabei akustisch zu erkennen. Zur Ermittlung der genauen Ausdehnung der Hohllage wurde der detektierte Bereich ergänzend händisch mit einem Hammer abgeklopft.

Die detektierten Hohllagen sind im **Anhang C** farbig markiert. Hohllagen, die im Zuge erster Probeinstandsetzungen bereit geöffnet und teilweise verpresst wurden, sind hierbei ebenfalls markiert.

Eine Flächenermittlung ergab, dass sich die im **Anhang C** markierten Hohllagen über einen Anteil von rd. 5,5 % der Gesamtfläche beider Geschosse erstrecken.

Auffällig ist dabei, dass sich die Hohllagen überwiegend in Randbereichen (Außenwände, Bauwerksfugen) oder im Bereich rund um die Stützen befinden.



7.3 Bestimmung der Rautiefe

7.3.1 Messverfahren und Hintergrund

Das klassisch für die Bestimmung der Rautiefe R_t [mm] verwendete Messverfahren ist das Sandflächenverfahren nach Kauffmann, bei dem eine gewisse Menge Prüfsand kreisförmig auf der Betonoberfläche verteilt wird. Über die Ausdehnung des dabei entstandenen Sandkreises kann die Rautiefe (auch mittlere Texturtiefe (MTD)) berechnet werden. Sie bildet demnach idealisiert die Mittellinie zw. dem höchsten und dem tiefsten Punkt der gemessenen Betonoberfläche ab. Eine Rautiefe R_t von 1,5 mm bedeutet somit, dass ein Höhenunterschied zwischen dem höchsten und dem tiefsten Punkt von 3,0 mm vorliegt.

Da die Messwerte des Sandflächenverfahrens aus verschiedenen Gründen stark streuen, wurden laserbasierte Messgeräte zur Bestimmung der Rautiefe entwickelt. Die im Rahmen dieses Gutachtens durchgeführten Messungen erfolgten mit einem ELA-Textur-Messgerät der Firma IWS Messtechnik GmbH. Das Messgerät tastet die Betonoberfläche auf einer Kreisbahn mit einem Laser ab und ermittelt die auf einer Messlänge von 400 mm vorhandene mittlere Profiltiefe (MPD [mm]). Gemäß DIN EN ISO 13473-1 kann die mittlere Profiltiefe (MPD) über den nachfolgenden Zusammenhang (**Formel 1**) in eine erwartete Texturtiefe (ETD) umgerechnet werden. Der ETD-Wert entspricht dem MTD-Wert und somit auch der Rautiefe R_t .

$$ETD = 1,1 \times MPD$$

Formel 1

7.3.2 Messbereiche und Ergebnisse

Die Bestimmung der Rautiefe erfolgte im 3. UG und im 2. UG auf den Altbetonoberflächen von jeweils drei bereits geöffneten Hohllagen. Die Altbetonoberflächen wurden hierfür mit einem Besen gereinigt und im Messbereich durch ein Bürsten mit einem Handfeger bestmöglich von erhärtetem Zementleim befreit. Der Einfluss der verbliebenen Rückstände auf das Messergebnis wird als gering eingeschätzt. Die Bezeichnung der Messbereiche und die Anzahl der Einzelmessungen in dem jeweiligen Bereich kann nachfolgender Aufstellung entnommen werden (**Tabelle 1**). Eine Ansicht der sechs Messbereiche ist in **Bild 8** bis **Bild 13** zu sehen. Die Lage im Bauwerk geht aus den Unterlagen im **Anhang D** hervor.

Tabelle 1: Bezeichnung der Messbereiche zur Bestimmung der Rautiefe

2. UG Messbereich (Anzahl Messwerte)	3. UG Messbereich (Anzahl Messwerte)
U2-1 (12)	U3-1 (7)
U2-2 (15)	U3-2 (15)
U2-3 (7)	U3-3 (15)



Bild 8: Messbereich U2-1



Bild 9: Messbereich U2-2



Bild 10: Messbereich U2-3



Bild 11: Messbereich U3-1



Bild 12: Messbereich U3-2



Bild 13: Messbereich U3-3

Zudem wurde gemäß der Skizze im **Anhang D** auf dem inneren Bereich der Zwischendecke des 1. UG in jedem Feld zwischen den Bauteilachsen eine Texturmessung auf der bereits gemäß Leistungsverzeichnis für die Betonage vorbereiteten Altbetonoberfläche durchgeführt (32 Einzelmessungen). Eine für die grundsätzliche Beschaffenheit repräsentative Teilfläche ist in **Bild 14** zu sehen. Zusätzlich erfolgten

sieben Messungen auf den beiden Rampen zwischen dem 1. UG und dem 2. UG, welche in der Auswertung mit in die Ergebnisse des 1. UG zählen.



Bild 14: Beschaffenheit der Bodenfläche im 1. UG - exemplarische und repräsentative Aufnahme

Die Auswertung der Messergebnisse ist in **Tabelle 2** aufgeführt. Alle Einzelwerte finden sich im **Anhang D**.

Tabelle 2: Ergebnisse der Bestimmung der Rautiefe

Rautiefe R_t [mm]	1. UG	U2-1	U2-2	U2-3	U3-1	U3-2	U3-3
Mindestwert	0,65	0,67	0,53	0,74	0,72	0,16	0,88
Maximalwert	1,67*	1,06	0,95	1,23	1,16	1,42	1,43
Mittelwert	0,95	0,87	0,73	0,97	0,90	0,99	1,16
Standardabweichung	0,17	0,11	0,11	0,18	0,15	0,28	0,18
Anzahl Messwerte	39	12	15	7	7	15	15

* bewusst in einem lokal sehr rauen Bereich gemessen. Der zweithöchste Messwert lag im 1.UG bei 1,19 mm.

Mit Ausnahme des Messbereiches U3-3 liegen die Mittelwerte aller Messungen unterhalb eines R_t -Werts von 1,0 mm. Als optische Orientierung kann somit festgehalten werden, dass die Fläche in **Bild 14** annähernd einen R_t -Wert im Bereich von 1,0 mm abbildet.

Der maximale R_t -Wert (1,67 mm) konnte im 1. UG im Bereich der östlichen Rampe gemessen werden. Dieser wurden entsprechend der Fußnote in **Tabelle 2** bewusst erzeugt, um die Rautiefe in lokalen Maxima zu bestimmen. Die nachstehenden Bilder (**Bild 15** bis **Bild 20**) sollen ergänzend einen optischen Eindruck

der vorhandenen maximalen, mittleren und minimalen Rautiefen vermitteln. Die Optik wurde dafür auch im Streiflicht aufgenommen.



Bild 15: Messwert $R_t = 1,67$ mm



Bild 16: Messwert $R_t = 1,67$ mm im Streiflicht



Bild 17: Messwert $R_t = 1,03$ mm



Bild 18: Messwert $R_t = 1,03$ mm im Streiflicht



Bild 19: Messwert $R_t = 0,65$ mm



Bild 20: Messwert $R_t = 0,65$ mm im Streiflicht



8 BEANTWORTUNG DER FORMULIERTEN FRAGESTELLUNGEN

Für die nachfolgende Beantwortung der gemäß [U4] und [U5] formulierten Fragestellungen wurden die bereits im **Abschnitt 1** angeführten Fragen noch einmal aufgegriffen. Diese stehen *kursiv* vorangestellt, die Beantwortung folgt direkt darunter.

Frage 1:

Entspricht der im 2. UG & 3. UG ausgeführte Gefällebeton den allgemein anerkannten Regeln der Technik?

Hinweis: Unsere Antwort bezieht sich auf die Ausführung des Gefällebetons als Ganzes (also inkl. Planung sowie vor- und nachbereitender Maßnahmen) und nicht nur darauf, ob der Beton selbst (Rezeptur, Expositionsklassen etc.) den allgemein anerkannten Regeln der Technik entspricht.

Antwort zu Frage 1:

Nach Sichtung der vorliegenden Unterlagen kommen wir zu der Einschätzung, dass der Einbau des Gefällebetons nicht nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik geplant und ausgeführt wurde. Die Gründe dafür ergeben sich aus der nachfolgenden Beantwortung der weiteren Fragen.

Frage 2A:

Für den Fall, dass der im 2. UG und 3. UG ausgeführte Gefällebeton nicht den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen sollte:

Was ist die Ursache für die vorhandenen Rissbildungen und Hohlstellen?

Antwort zu Frage 2A:

Die vorhandene Rissbildung ist auf Zwangsspannungen infolge Hydratation und anschließender Schwindprozesse sowie fehlende konstruktive Maßnahmen zur Aufnahme oder Steuerung der Zwangsspannungen zurück zu führen.

Die Ursache für die Hohlstellen zwischen Altbeton und Gefällebeton liegt in einer unzureichenden Rauigkeit der Verbundfuge.

Erläuterungen zur Rissbildung infolge von Zwangsspannungen:

Die Hydratation beschreibt den Erhärtungsprozess von Betonbauteilen, welcher mit einer Wärmeentwicklung einher geht. Bei verformungsbehinderten Bauteilen führt die anfängliche Erwärmung zunächst zu Druckspannungen im erhärtenden Beton, da eine ungehinderte Ausdehnung nicht möglich

ist (siehe **Bild 21**). Nach dem Erreichen der maximalen Bauteiltemperatur kühlt das Bauteil ab und es kommt zu einem stetigen Rückgang der Druckspannungen. Bei Erreichen der Nullspannungstemperatur (in **Bild 21** mit T_{02} gekennzeichnet) kehren sich die Druckspannungen in Zugspannungen um und das Bauteil möchte sich verkürzen (temperaturbedingte Verformung). Das weitere Abkühlen erhöht die Zugspannungen stetig. Wenn die Zugspannungen im Inneren die Zugfestigkeit des jungen Betons überschreiten, kommt es zur Rissbildung. Ohne eine Verformungsbehinderung würde sich das Bauteil rissfrei verkürzen.¹

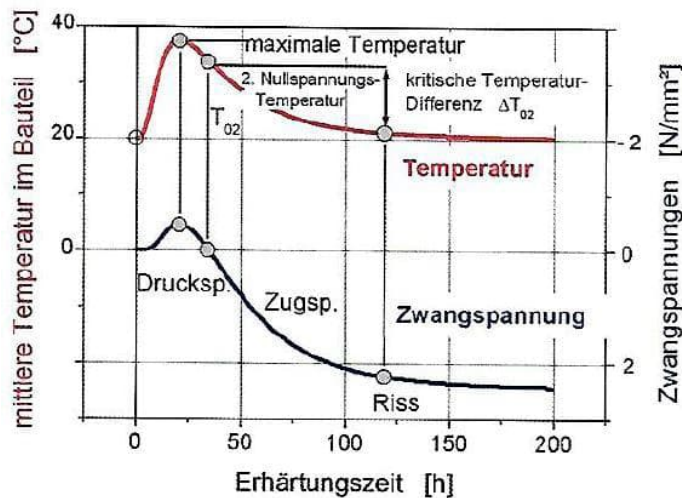


Bild 21: Entwicklung der mittleren Temperatur und zentraler Zwangsspannungen im Laborversuch aus ¹

Nach dem Abkühlen sorgt das Trocknungsschwinden des Betons für eine Volumenänderung der Zementsteinmatrix, was bei verformungsbehinderten Bauteilen stets zu weiteren Zwangsspannungen und immer wieder zum Erreichen der maximal aufnehmbaren Zugfestigkeit führt. Der Literatur kann entnommen werden, dass Schwindprozesse über viele Jahre andauern². Trotzdem spricht man allgemein davon, dass nach 6 - 12 Monaten ein weitestgehend abgeschlossenes Rissbild vorliegt und eine weitergehende Rissbildung nur noch vereinzelt auftritt.

Bei flächigen Betonbauteilen, die in direktem Verbund zum Untergrund stehen, wird die temperaturbedingte Verformung durch rückhaltende Kräfte behindert, die aus dem Eigengewicht, dem Verbund zum Untergrund oder durch den Anschluss an aufgehende Bauteile (Stützen, Treppenhaukerne) resultieren. Bei größeren Bauteildicken führt die Wärmeabgabe über die Oberfläche zudem zu einem Temperaturprofil

¹ „Zwangsspannungen infolge Hydratationswärme“ von Stefan Röhling. Verlag Bau+Technik GmbH Düsseldorf, 2009

² „Rissbildungen im Stahlbetonbau - Ursachen, Auswirkungen, Maßnahmen“ von Stefan Röhling und Heinz Meichsner, Fraunhofer IRB Verlag Stuttgart, 2018



im Bauteilquerschnitt, so dass die Rissbildung in der Regel an der Oberfläche beginnt und sich zunehmend in das Bauteilinnere und in Richtung der Verbundfuge fortsetzt. Um speziell bei flächigen Betonbauteilen einer Rissbildung entgegenzuwirken (vollständig zu verhindern ist sie nicht bzw. lässt sich vor allem die Breite der auftretenden Risse beeinflussen), müssen je nach Planungsziel und späterer Nutzung durch den Planer konstruktive Maßnahmen angeordnet und geplant werden. Dies sind zum Beispiel:

- Anordnung von rissbreitenbegrenzender Bewehrung
- Anordnung von Scheinfugen zur Steuerung der Risse
- Einbau einer Gleitebene und Anordnung von Arbeitsfugen zur Vermeidung einer Verformungsbehinderung

Auch anhand verschiedener betontechnologischer Maßnahmen lässt sich die Entwicklung der Zwangsspannung und die daran gekoppelte Rissneigung ebenfalls steuern. Dies sind beispielsweise:

- Begrenzung des Zementgehalts
- Einsatz von Zementen mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung (z.B. CEM III)
- Einsatz von schwindreduzierenden Zusatzmitteln
- intensive Nachbehandlung

Sowohl die Anordnung von Bewehrung als auch das Anordnen von Scheinfugen zur Steuerung der Risse ist nicht erfolgt. Der Einbau einer Gleitebene wäre im vorliegenden Fall nicht zielführend gewesen, da ein Abtrag der aus der Nutzung resultierenden Lasten über einen kraftschlüssigen Verbund zwischen Altbeton und Gefällebeton gewährleistet sein muss. Die betontechnologischen Möglichkeiten wurden teilweise angewandt (siehe dazu auch Antwort auf Frage 2B und Frage 2C).

Erläuterungen zur Rauigkeit der Verbundfuge:

Um beim Aufbringen einer neuen Betonschicht auf einen Altbeton einen dauerhaften Verbund (und damit eine belastbare Bodenfläche) gewährleisten zu können, muss verhindert werden, dass sich der Beton im Zuge der oben erwähnten temperatur- und schwindbedingten Längenänderung in horizontaler Richtung vom Untergrund lösen kann. Die aus den Zwangsspannungen im Beton resultierenden Schubspannungen in der Verbundfuge müssen von der Verzahnung zwischen Alt und Neu aufgenommen werden können. Hierfür ist die Rauigkeit der Fuge entscheidend.



Ein tragwerksplanerischer Nachweis der Verbundfuge ist Teil der Planung. Je nach Randbedingungen gelingt der Nachweis rein über die Ausbildung einer möglichst rauen Altbetonoberfläche. Andernfalls ist eine Verbundbewehrung notwendig, welche die Schubspannungen aus dem Gefällebeton in den Altbeton überträgt. Für Betonplatten ist bekannt (siehe Fußnote¹), dass es infolge der Zwangsspannungen zu einem Aufwölben der Randbereiche („Aufschüsseln“) kommt, weshalb in den Randbereichen häufig auch bei einer nachgewiesenen Verbundfuge eine Verbundbewehrung notwendig wird.

Im vorliegenden Fall wurde der Verbundnachweis durch [U9] gemäß [U9] nach EC 2 geführt. Die auftretenden Schubspannungen können danach bei Ausbildung einer „rauen Fuge“ ohne weitere Verbundbewehrung aufgenommen werden. Die maximale Ausnutzung der Fuge liegt gemäß dem Verbundnachweis bei rd. 70 % (V_{Edi} ggü. $V_{Rdi,c}$).

Gemäß EC2 liegt eine „raue Fuge“ bei einer Rautiefe R_t von mindestens 1,5 mm vor. Auch in der TR-IH findet sich die Angabe, dass beim Aufbringen einer neuen Betonschicht auf einen Altbeton, und der tragwerksplanerischen Vorgabe „raue Fuge“, eine Rautiefeklasse RT 1,5 vorliegen muss. Dies bedeutet, die Rautiefe R_t muss durchgehend zwischen 1,5 mm und 3,0 mm liegen. Die im Zuge unserer Untersuchungen festgestellte Rautiefe lag bei nur rd. 1,0 mm (siehe **Abschnitt 7.3.2**). Die beiden in [U15] genannten Ergebnisse einer stichprobenartigen Rautiefemessung ($R_t = 1,76$ mm und 1,54 mm) konnten nicht als repräsentativ bestätigt werden. Vielmehr zeigten die Messungen im Rahmen dieses Gutachtens, dass sich vergleichbare Werte durch Wahl besonders rauer Teilflächen bewusst erzielen lassen (siehe Fußnote **Tabelle 2** sowie **Bild 15** und **Bild 16**). Sie bilden aber in keiner Weise die durchschnittlich vorhandene Rauigkeit der Altbetonoberflächen ab.

Wie bereits im **Abschnitt 7.2** erwähnt, liegen die festgestellten Hohllagen häufig im Bereich entlang der Außenwände oder der Bauwerksfugen vor, was auf das erwähnte Aufwölben der Randbereiche (Aufschüsseln) hindeutet. Aus dem 4. Prüfbericht des Prüfsachverständigen [U10] wird angemerkt, dass auch bei Ausbildung einer „rauen Fuge“ in den Randbereichen auf einer Breite von 0,75 m eine solche Verbundbewehrung angeordnet werden muss, was im vorliegenden Verbundnachweis nicht ausgewiesen und aus diesem Grund auch nicht im Leistungsverzeichnis beschrieben ist.

Die TR-IH verweist ergänzend darauf, dass die flächige Sicherstellung eines ausreichenden Verbunds einer neuen Betonschicht auf einer alten bei Schichtdicken oberhalb von 6 cm zur Sicherung des Verbundes ohnehin nur durch die Anordnung von Verbundankern zwischen Altbeton und neuem Beton zulässig ist.



Frage 2B:

War das von der [REDACTED] erstellte Leistungsverzeichnis 2023 35_2023_Betonsanierung vom 28.11.2023 [U1], welches Gegenstand des Bauvertrages zwischen der Stadt Göttingen und der [REDACTED] ist, geeignet, um einen mangelfreien Gefällebeton herstellen zu können?

Antwort zu Frage 2B:

Das genannte Leistungsverzeichnis war aus den folgenden Gründen nicht geeignet, um einen mangelfreien Gefällebeton herzustellen:

1. Die Untergrundvorbereitung mittels Fräsen und Kugelstrahlen (1., 2. und 3. Position in diesem Gutachten) hat nachgewiesen (**Abschnitt 7.3.2**) nur zu einer Rautiefe von im Mittel 1,0 mm geführt. In der Position zum Fräsen der Oberflächen werden zwar Vorgaben zur Abtragstiefe (3 mm), aber nicht zu der zu erzielenden Rautiefe an der Oberfläche gemacht. Die Vorgaben des Tragwerksplaners zur Ausbildung einer „rauen Fuge“ ([U9]) wurden somit nicht in das Leistungsverzeichnis überführt. Der Fräs-Abtrag erfolgte mit einer für diese Aufgabe (Abtrag von 3 mm) geeigneten Maschine ([U19]), mit der entsprechend der gewählten Bestückung eine Rautiefe von rd. 1,0 mm hergestellt wurde. Eine „raue Fuge“ lässt sich in unseren Augen nur durch die Bearbeitung der Oberflächen mittels Höchstdruckwasserstrahlen (HDW) zielsicher herstellen.
2. Gemäß den Anmerkungen des Prüfenieurs zu dem vorliegenden Verbundnachweis [U10] hätte selbst bei tatsächlich ausgeführter „rauer Fuge“ zur Sicherstellung eines dauerhaften und vollflächigen Verbunds im Randbereich der Fläche eine Rückverankerung im Altbeton ausgeführt werden müssen. Dies geht aus dem Verbundnachweis nicht hervor und ist aus diesem Grund auch nicht im Leistungsverzeichnis enthalten.
3. Wie bereits in **Abschnitt 6.1** angemerkt, erzielt ein Kugelstrahlen der Oberfläche nach dem Fräsen einen vergleichmäßigen Effekt und wirkt somit dem eigentlichen Ziel (Herstellung einer „rauen Fuge“) entgegen. Zur Ausbildung einer möglichst rauen Fuge ist das Verfahren ungeeignet.
4. Zur Minimierung der Risse im Beton wären die bereits genannten betontechnologischen Maßnahmen sowie die Anordnung eines Fugenrasters oder die Anordnung einer rissbreitenbegrenzenden Bewehrung notwendig gewesen. Angaben zu der zu verwendenden Zementart oder dem Einsatz von Zusatzmitteln fehlen im Leistungsverzeichnis. Angaben bzgl. des Zementgehalts und zur Nachbehandlung sind vorhanden.



Frage 2C:

Entspricht der im 2. UG und 3. UG ausgeführte Gefällebeton den Vorgaben aus dem zuvor aufgeführten Leistungsverzeichnis?

Antwort zu Frage 2C:

Nein. Der ausgeführte Beton (Rezepturnr. 16541329) entspricht gemäß den vorliegenden Unterlagen ([U11] und [U14]) nicht den Vorgaben aus dem zuvor aufgeführten Leistungsverzeichnis. Die feststellbaren Abweichungen sind in **Tabelle 3** zusammengefasst dargestellt und **gelb hinterlegt**. Die Abweichungen sind nach Einschätzung des Verfassers bezüglich der aufgetretenen Hohlstellen und der Risse nicht als ursächlich oder intensivierend einzuschätzen.

Tabelle 3: Aufstellung Unterschiede Beton nach LV und nach Lieferschein

Vorgaben an den Beton nach LV [U1]	Beton nach Lieferscheinen [U11] und [U14]
Expositionsklasse: XC4, XF4, XM1, XD3	Expositionsklasse: XC4, XF1, -, XD1, XA1, WA
Größtkorn: 8 mm	Größtkorn: 8 mm
Druckfestigkeitsklasse: C30/37	Druckfestigkeitsklasse: C30/37
Zementgehalt: 320 kg/m ³	Zementgehalt: 370 kg/m ³ (CEM III/A 42,5N LH/NA)

Frage 2D:

Sind die im Nachtrags-Leistungsverzeichnis „02 Anpassung Einbau Gefällebeton 1. UG“ vom 29.04.2025 [U2] aufgeführten Leistungen geeignet, ein dauerhaft haltbares, den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechendes Werk herzustellen?

Antwort zu Frage 2D:

Das erwähnte Nachtrags-Leistungsverzeichnis bezieht sich auf die Fortsetzung der Arbeiten auf den bereits gefrästen Oberflächen des 1. UG und ergänzt gegenüber dem für die Ausführung verwendeten Leistungsverzeichnis die folgenden Arbeitsschritte:

1. zusätzliches Feuchtsandstrahlen der angrenzenden, aufgehenden Bauteile und Herstellung einer Rautiefe von mindestens 1,0 mm
2. Aufbringen einer Haftbrücke auf den bereits gefrästen und kugelgestrahlten Bodenflächen im 1 UG (1.850 m²)



3. Einbau des Gefällebetons in nur 7 cm statt 8 cm mittlerer Dicke
4. Anforderungen an die Betonrezeptur beziehen sich nur noch auf die Expositionsklassen (jetzt XC4, XF1 und XD1 - entspricht der tatsächlich verwendeten Rezeptur im 2. UG und 3. UG) und die Betondruckfestigkeitsklasse (C 30/37). Die Anforderungen an den Zementgehalt sind nicht mehr vorhanden.

Entstandene Hohllagen sollen zudem gemäß einer Zusatzposition 01.4 im Niederdruckverfahren mit einem niedrigviskosen Epoxidharz ver- bzw. unterpresst werden.

Nach Einschätzung des Verfassers eignen sich die ausgeschriebenen Maßnahmen nicht, um ein dauerhaft haltbares, den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechendes Werk herzustellen.

Wie in den vorangegangenen Absätzen erläutert, ist die Rauigkeit der Verbundfuge zu gering, um als „raue Fuge“ in tragwerksplanerischen Sinne zu funktionieren. Die ausgeschriebene Haftbrücke erhöht die Rautiefe der Verbundfuge nicht, verbessert aber die adhäsiven Kräfte in der Verbundfuge. Nach Einschätzung des Verfassers ist es aber nicht möglich, dies für den Verbundnachweis zum Ansatz zu bringen, weshalb die Anforderungen aus dem Verbundnachweis nach wie vor nicht erfüllt sind. Hierzu sollte eine abschließende Einschätzung des beteiligten Prüfsachverständigen (Herrn Dr. Göhlmann) eingeholt werden.

Die reduzierten Anforderungen an den Gefällebeton und die reduzierte Einbaudicke werden aufgrund der fehlenden Maßnahmen zur Vermeidung von Rissen zu derselben Intensität der Rissbildung führen wie bereits im 2. UG und dem 3. UG. Im Gegensatz zu einem Verzicht auf Angaben zu Zementgehalt und -art hätten Vorgaben präzisiert und ergänzt werden müssen, um eine Rissneigung zu reduzieren.

Das ausgeschriebene Unterpressen der vorhandenen Hohllagen erachten wir, wie in der Beantwortung zu **Frage 4** näher ausgeführt, als nicht zielführend.

Frage 2E:

*Welche Kosten sind mit der Beseitigung der Mängel des Gefällebetons im 2. UG und 3. UG verbunden?
Sind damit ggf. Sowieso-Kosten verbunden?*

Antwort zu Frage 2E:

Die grundlegende Anforderung an die Verbundfuge (Mindestrautiefe von 1,5 mm) wurde aufgrund der aufgezeigten Defizite der Ausschreibung vollflächig nicht erreicht. Da die Verbundfuge im 2. UG und 3.UG



bereits vollflächig mit dem Gefällebeton überbaut ist, besteht keine Möglichkeit, die Rautiefe nachträglich zu erhöhen. Eine dauerhafte Verbundsicherung ist somit nicht gewährleistet. Aus diesem Grund ist der vollflächige Ausbau des Gefällebetons und eine Intensivierung der Oberflächenrauigkeit zur Erreichung einer „rauen Fuge“ erforderlich.

Die Kosten für die Beseitigung des bereits eingebauten Gefällebetons, das Anrauen der Oberfläche und den Neueinbau des Gefällebetons auf eine „raue Fuge“ schätzen wir grob und nur für das im 2.UG und 3.UG wie folgt auf rd. 1,5 Mio. € (netto):

1. Abbruch Gefällebeton und Anrauen Bodenflächen mittels HDW Flächenansatz 5.800 m ² , 10 cm tiefer Abtrag (8 cm+2 cm)	928.000 €
2. Entsorgung Gefällebeton und Altbetonoberfläche Mengenansatz rd. 1.400 t	147.000 €
3. Neueinbau Gefällebeton Flächenansatz 5.800 m ² , 10 cm Einbaustärke	290.000 €
4. Baustelleneinrichtung und Nebenleistungen (10 % der Kosten)	136.500 €

Dem Verständnis des Verfassers nach wären mögliche Mehrkosten, die durch die Erhöhung der Rautiefe mittels HDW in allen drei Ebenen gegenüber der bereits ausgeführten Untergrundvorbereitung (Fräsen und 2 Strahlgänge Kugelstrahlen) entstehen, als Sowieso-Kosten zu verstehen. Dieses Anrauen würde einen mittleren Betonabtrag von rd. 2 cm mit sich bringen. Den Preis für diese Leistungen schätzen wir ohne die dafür nötige Baustelleneinrichtung auf rd. 25 €/m² (netto). Der Preis die ausgeführte Untergrundvorbereitung liegt nicht vor. Weitere Sowieso-Kosten entstehen entsprechend auch durch den notwendigen Einbau einer Verbundbewehrung in den Randbereichen der Flächen.

Wir weisen darauf hin, dass diese Aufstellung keine Planungsleistung abbildet, sondern diese Arbeitsschritte lediglich zur Verdeutlichung notwendiger Maßnahmen und zur Erstellung einer Grobkostenschätzung sinnvoll gewählt wurden.

Um die Frage nach Sowieso-Kosten in Bezug auf die Minimierung oder Vermeidung von Rissen beantworten zu können, fehlt aktuell die nötige Bewertungsgrundlage, da aus Sicht des Verfassers zunächst eine Erläuterung des ursprünglich gewählten Planungsansatzes und der geplanten Funktion des Gefällebetons durch ■■■■■ notwendig ist.



Frage 3:

Ist der im Leistungsverzeichnis 2023 35_2023_Betonsanierung vom 28.11.2023 [U1] ausgeschriebene Gefällebeton ebenfalls für den bewitterten Ein- und Ausfahrtsbereich nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik geeignet? Falls nicht, wie muss dort der Betonuntergrund vorbereitet werden und wie muss der Gefällebeton in diesem Bereich beschaffen sein?

Anmerkung: Wie bereits bei Frage 1 gilt die Annahme, dass die Frage auf die Ausführung des Gefällebetons als Ganzes und nicht nur auf den Beton selbst (Rezeptur, Expositionsclassen etc.) zielt.

Antwort zu Frage 3:

Nein, der Planungsansatz zum Aufbringen eines Gefällebetons ist nicht für die frei bewitterten Ein- und Ausfahrtsbereiche geeignet. Neben den fehlenden Anforderungen an die Verbundfuge sowie die notwendige Verbundbewehrung ist damit zu rechnen, dass aufgrund der Exposition des Betons zu jahreszeitlichen Temperaturverläufen mit einer hohen Temperaturdehnung ($\Delta T \approx 60 \text{ K}$) und einer damit verbundenen höheren Rissbewegung zu rechnen ist. Neben einer betontechnologischen und konstruktiven Lösung zur Minimierung der Rissneigung des Betons muss ein Planungsansatz für diese Flächen auch ein hochleistungsfähiges Beschichtungssystem enthalten, welches starke Temperaturdehnungen durch eine hohe Dehnfähigkeit bei gleichzeitig hohem Verschleißwiderstand kompensieren kann.

Frage 4:

Kann der Gefällebeton im 2. und 3.UG mit den nachfolgend empfohlenen Maßnahmen zur Mangelbeseitigung so nachgebessert werden, dass er seine Funktion plangemäß erfüllen kann? (Frage aus [U5], „nachfolgend empfohlene Maßnahmen“ darin enthalten.)

Antwort zu Frage 4:

Die im Schreiben von [REDACTED] formulierten nachfolgenden Maßnahmen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Bearbeitung von Rissen im 2.UG und 3.UG (Aufweiten und mit Epoxidharz tränken)
2. Bearbeitung von Hohllagen im 2.UG und 3.UG
 - 2.1. Bereits geöffnete Hohllagen
Aufrauen des Untergrunds, Einbringen Gefällebeton, Randbereiche unterpressen
 - 2.2. Nicht geöffnete Hohllagen
Variante 1: Fixieren Ausmaß mittels Unterpressen mit Epoxidharz, dann Ausbau alter Gefällebeton und Neueinbau gemäß 2.1,
Variante 2: Gefällebeton belassen und Hohllagen kraftschlüssig unterpressen



2.3. Hohllagen Außenwandbereich (Verkleben der Hohllagen mit dem Untergrund durch Injektion von Epoxidharz)

Die vorgeschlagene Nachbesserung des Gefällebetons im 2. UG und 3. UG ist nicht zielführend, da das Entfernen der Hohllagen und das Tränken der Risse nur die Folgen einer zu glatten Fuge bzw. eines zu starker Rissbildung neigenden Gefällebetons sind, nicht aber die Ursache dafür behebt.

Selbst wenn es durch vereinzelte Instandsetzungsmaßnahmen an den Rissen und den Hohllagen gelingt, diese kraftschlüssig zu verschließen bzw. mit dem Untergrund zu verbinden, so ist nicht auszuschließen, dass es im Zuge der weiteren Nutzung der Tiefgarage (angestrebte Restlebensdauer von 50 Jahren) zu einem erneuten Aufreißen der Rissflanken bzw. einer Erweiterung des Rissverlaufs oder einem Fortschreiten der Hohllagen infolge auftretender Schubkräfte und einer zu geringen Rauigkeit in der Fuge kommt. Die vorgeschlagenen Instandsetzungsmöglichkeiten erachten wir somit als nicht geeignet.



9 ZUSAMMENFASSUNG

Mit Ihrem Schreiben vom 06.08.2025 wurden wir von Ihnen mit der Untersuchung des im Zuge einer Instandsetzungsmaßnahme im Dezember 2024 neu eingebauten Gefällebetons in der Tiefgarage Neues Rathaus am Hiroshimaplatz 1 - 4 in Göttingen beauftragt. Im Nachgang zum Einbau ist es zu einer intensiven Rissbildung im Gefällebeton und zu bereichsweisen Ablösungen des Gefällebetons vom Altbeton der Zwischendecke bzw. der Bodenplatte gekommen. Der Einbau des Gefällebetons auf der bereits vorbereiteten Bodenfläche im 1. Untergeschoss (UG) wurde daraufhin bis auf Weiteres gestoppt.

Im Rahmen des Auftrags wurden die aufgetretenen Auffälligkeiten von unserer Seite untersucht und bewertet. Hierfür wurden zahlreiche Unterlagen zusammengetragen und gesichtet. Zudem wurden wesentliche Inhalte des für die Ausführung maßgeblichen Leistungsverzeichnisses herausgestellt und im Kontext zu den gültigen Normen und Regelwerken bewertet. Ergänzend wurde im Rahmen eines Ortstermins eine Kartierung der Hohllagen und eine repräsentative Rauigkeitsmessung durchgeführt.

Die Beantwortung der von allen am Bau Beteiligten an den Gutachter gerichteten Fragestellungen erfolgte unter Einbezug der zur Verfügung gestellten Unterlagen, der Untersuchungsergebnisse und der Fachliteratur. Danach kommen wir zu der Bewertung, dass es sich bei den aufgetretenen Hohlstellen um einen Schaden handelt, der aufgrund einer zu geringen Rautiefe der Altbetonoberfläche entstanden ist. Die im Verbundnachweis für den Gefällebeton formulierte Vorgabe der „rauen Fuge“ wurde nicht durch das für die Ausführung relevante Leistungsverzeichnis abgefordert bzw. war mit den darin beschriebenen Arbeitsschritten nicht herstellbar. Zudem weist der vorliegende Verbundnachweis gemäß den Anmerkungen des Prüfenieurs ein Defizit bezüglich einer in den Randbereichen notwendigen Verbundbewehrung auf.

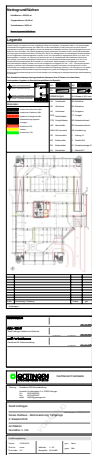
Die aufgetretene Rissbildung ist in Ihrem Ausmaß für einen unbewehrten und flächig aufgetragenen Beton ohne Fugen und in dieser Dicke erwartbar intensiv. In Verbindung mit den bereits aufgetretenen Hohlstellen besteht auch aufgrund der Intensität der Rissbildung keine Alternative zu einem Komplettaustausch des Gefällebetons. Eine Teilinstandsetzung wird nicht als zielführend erachtet, da ein nutzungsbedingtes Wiederauftreten oder Fortschreiten von Rissen und Hohlstellen aufgrund der unzureichenden Rautiefe der Verbundfuge nicht ausgeschlossen werden kann.

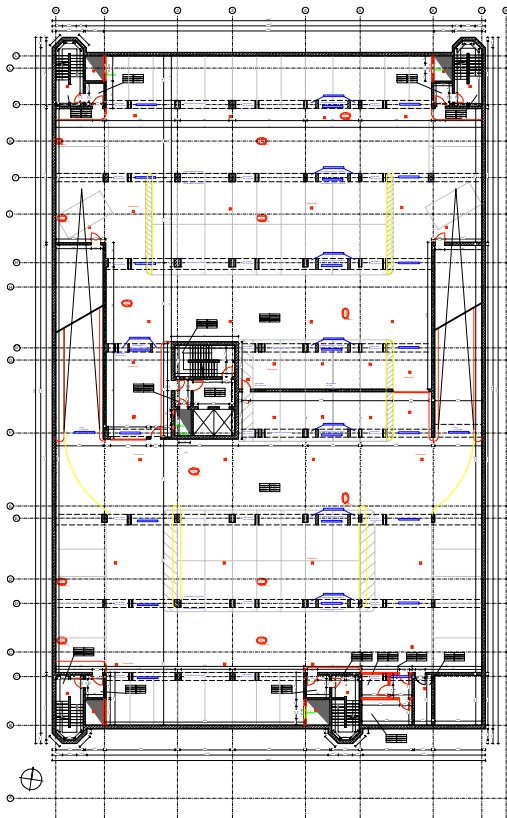
LOWKE - S
Ingenieur
2025.09.19 23:18:51 +02'00'



ANHANG A

Grundrisse der Tiefgarage





PROJEKTANT Projektant: [Name] Datum: [Date]	
LEGENDA [Color-coded symbols and their corresponding descriptions]	
PLAN [Small-scale overview map of the project area]	
TECHNICAL SPECIFICATIONS [Table with technical details and standards]	
APPROVALS [Signatures and stamps of project stakeholders]	
CONTACT INFORMATION [Project contact details]	





ANHANG B

Positionen und Langtexte unter dem Titel „Aufbeton im Gefälle“ aus [U1]



1. Bodenflächen fräsen

Vorbereiten des Untergrundes durch Fräsen (ca. 3 mm tief) zur Egalisierung und Erhöhung der Tragfähigkeit.

Die Abreißfestigkeit muss im Mittel = 1,5 N/mm² betragen. Das abgetragene Material wird Eigentum des AN und ist umweltgerecht nach den Bestimmungen des Gesetzgebers zu entsorgen. Die örtlich geltenden Immissionsschutzbestimmungen sind zu beachten.

Umfang der Nachbearbeitung gemäß Instandsetzungs-Richtlinie 2001-10 Teil 2, Tab.2.5

Händische Bearbeitung der Randbereiche sind mit einzukalkulieren.

Altbetonklasse: A4

vorhandene Druckfestigkeit: C30/37 (B35 gemäß vorliegenden Bewehrungsplänen)

vorhandene Oberfläche: Beton

Bauteil: Deckenoberseite

Abtragstiefe: bis 3 mm

[m²]

2. Untergrundvorbereitung mittels Kugelstrahlen

Vorbereiten des Betonuntergrundes durch Stahlkugelstrahlen im Kreuzgang in einen Zustand zu versetzen, der den allgemein anerkannten Regeln der Bautechnik entspricht. Insbesondere sind eine Oberflächenzugfestigkeit von im Mittel = 1,5 N/mm² und eine ausreichende Rauigkeit sicherzustellen. Anschließendes Absaugen mit Industriestaubsauger. Mit einzurechnen ist die Randbearbeitung in Bereichen, die vom Kugelstrahlgerät nicht erreicht werden.

Kugelstrahlen der Bodenfläche als Vorbereitung zum Einbau eines Verbundestrichs zur Gefälleausbildung.

Die Abreißfestigkeit muss im Mittel 1,5 N/mm² betragen, der kleinste Einzelwert darf 1,0 N/mm² nicht unterschreiten.

Das abgetragene Material wird Eigentum des AN und ist umweltgerecht nach den Bestimmungen des Gesetzgebers zu entsorgen. Die örtlich geltenden Immissionsschutzbestimmungen sind zu beachten.

Händische Bearbeitung der Randbereiche sind mit einzukalkulieren.

Altbetonklasse: A4

vorhandene Druckfestigkeit: C30/37 (B35 gemäß vorliegenden Bewehrungsplänen)

vorhandene Oberfläche: Beton

Bauteil: Deckenoberseite

[m²]



3. Kugelstrahlen - weiterer Strahlgang

Kugelstrahlen je weiterer Arbeitsgang, falls die Anforderungen nicht erreicht werden.

Vor Beginn ist ein Probestrahlen in Abstimmung mit dem AG oder dem bauüberwachenden Ingenieurbüro durchzuführen.

Das abgetragene Material wird Eigentum des AN und ist umweltgerecht nach den Bestimmungen des Gesetzgebers zu entsorgen. Die örtlich geltenden Immissionsschutzbestimmungen sind zu beachten.

[m²]

4. Vornässen Aufbetonfläche

Die Aufbetonfläche ist für das Einbringen des Gefällebetons vorzunässen.

[m²]

5. Abstellung Gefällebeton zu RM Flächen (exemplarisch für Positionen „Abstellung“)

Die Abstellungen für die Betonage und den RM Flächen sind dem Gefälle im Untergrund folgend lagegerecht zu fixieren und montieren.

Höhe der Abstellung: bis 3,0 cm.

Nach dem Ausschalen ist die geschaltete Beton- und bzw. RM Kante von verbundtrennenden Schalungsresten zu säubern.

Material, Montage und Demontage sind in diese Position miteinzukalkulieren.

[m]

6. Einbau Aufbeton im Gefälle

Einbau eines Gefällebetons, unbewehrt, mittlere Dicke von 8 cm Ort beton der Deckenergänzung im Gefälle von 10 cm auf 3 cm am Tiefpunkt mit einer Ebenheit gemäß DIN 18202 Tab. 3, Zeile 3 fachgerecht herstellen.

Expositionsklasse (DIN EN 206-1 / DIN 1045-2): XC 4, XF 4, XM 1, XD 3

Größtkorn: 8 mm

Druckfestigkeitsklasse: C30/37

Zementgehalt: 320 kg/m³

Oberfläche flügelgeglättet wird in gesonderter Position abgerechnet.

Nachbehandlung durch Abdecken mit nasser Jute und Folie als Verdunstungsschutz ist einzurechnen.

[m²]



7. Mehrschichtdicke (zu 6.)

wie vor, jedoch für jeden weiteren cm Schichtdicke.

[m²]

8. Flügelglätten der Betonoberfläche

Beton- und RM Flächen sind durch Flügelglätten zu bearbeiten. Randbereiche sind händisch zu bearbeiten.

[m²]

9. RM Gefälleflächen 1-3 cm

Einbau von Gefälleflächen aus RM, Dicke von 1,0 cm - 3,0 cm. Anpassung an Bestandshöhen im Bereich von Türen etc.

Es handelt sich um XX Einzelflächen. Die RM Gefälleflächen sind dem Gefälle im Untergrund folgend zu applizieren.

Innerhalb der einzelnen RM Gefälleflächen sind Gefällewechsel im Untergrund von 0 bis 3 % in der Kalkulation zu berücksichtigen.

Haftbrücke ist einzukalkulieren.

Die Oberflächenbeschaffenheit ist entsprechend der Position x.x.x.x herzustellen und wird gesondert vergütet.

Nachbehandlung durch Abdecken nasser Jute und Folie als Verdunstungsschutz ist einzurechnen.

Die anzubietende mittlere Dicke beträgt 2,0 cm.

Gewähltes Produkt:

'.....'

[m²]

10. Mehrschichtdicke (zu 9.)

wie vor, jedoch für jeden weiteren cm Schichtdicke.

[m²]

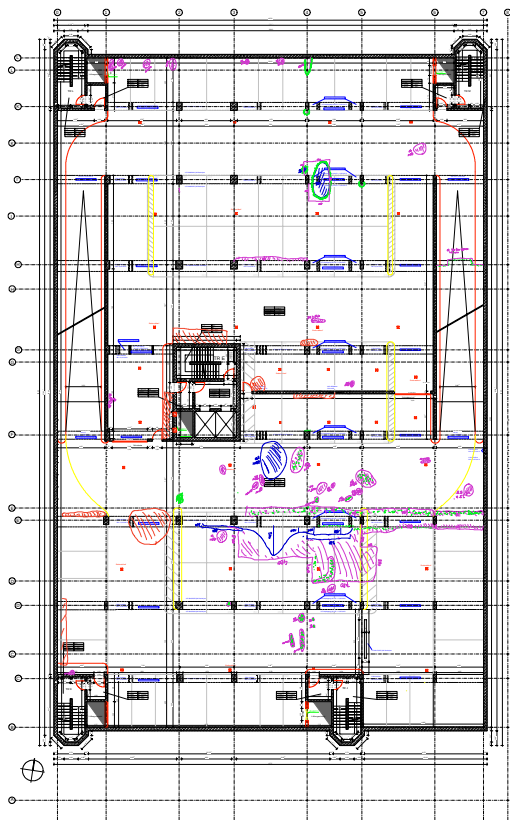
Anmerkung:

Die ebenfalls unter dem Titel „Aufbeton im Gefälle“ genannten Vermessungspositionen und die Position zur erhöhten Oberflächenbeschaffenheit wurden hier aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht angeführt, da Sie nicht in Zusammenhang mit der in diesem Gutachten behandelten Fragestellung stehen.



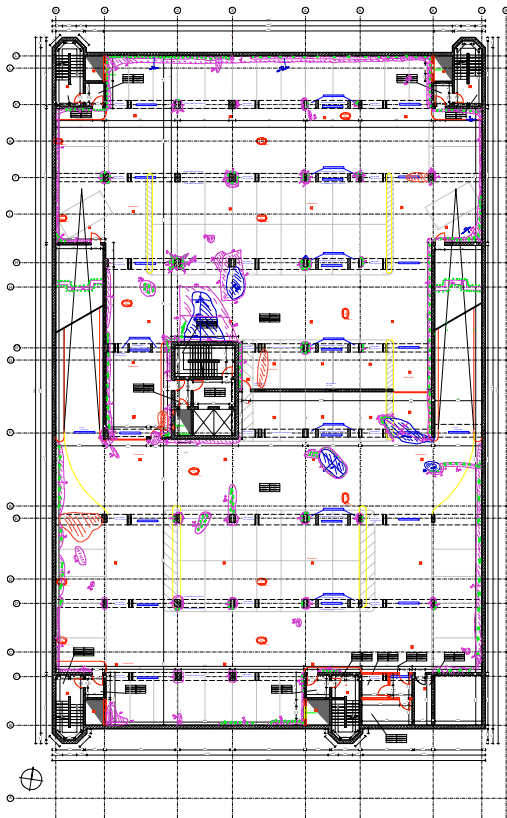
ANHANG C

Kartierung der Hohllagen



1. Eingang
 2. Auslass des Lüfters
 3. Lüftung
 4. Lüftung
 5. Lüftung

PROJEKT Name: ... Datum: ... Blatt: ...	
LEGENDA (Color-coded symbols and text)	
DETAILANSICHTEN (Small architectural drawings)	
ANMERKUNGEN (Notes and specifications)	
VERZEICHNIS DER VERWENDETEN SYMBOLE (Symbol index)	
PROJEKTLEITER (Signature and stamp)	
PROJEKTANT (Signature and stamp)	
PROJEKT (Additional project information)	



1. Eingang
 2. Auslass des Abfalls
 3. 1. Stiegen
 4. 2. Stiegen
 5. 3. Stiegen
 6. 4. Stiegen

PROJEKT Name: _____ Datum: _____ Blatt: _____	
LEGENDE 1. Eingang 2. Auslass des Abfalls 3. 1. Stiegen 4. 2. Stiegen 5. 3. Stiegen 6. 4. Stiegen	
DETAILANSICHTEN 1. Eingang 2. Auslass des Abfalls 3. 1. Stiegen 4. 2. Stiegen 5. 3. Stiegen 6. 4. Stiegen	
PROJEKTANT Name: _____ Datum: _____ Blatt: _____	
PROJEKT Name: _____ Datum: _____ Blatt: _____	



ANHANG D

Bestimmung der Rautiefe

1. UG Gesamtfäche				
Messung	MPD	ETD	Nr	ETD sortiert
642	0,82	0,90	1	0,65
643	0,695	0,76	2	0,67
644	0,805	0,89	3	0,74
645	0,89	0,98	4	0,76
646	1,521	1,67	5	0,77
647	0,922	1,01	6	0,77
648	0,588	0,65	7	0,80
650	0,866	0,95	8	0,81
651	0,703	0,77	9	0,83
652	0,826	0,91	10	0,84
653	0,893	0,98	11	0,86
654	0,754	0,83	12	0,89
655	1,029	1,13	13	0,89
656	0,81	0,89	14	0,90
657	0,976	1,07	15	0,90
658	0,786	0,86	16	0,91
659	0,873	0,96	17	0,91
660	0,725	0,80	18	0,93
661	0,892	0,98	19	0,95
662	0,906	1,00	20	0,96
663	0,966	1,06	21	0,96
664	0,871	0,96	22	0,96
665	0,677	0,74	23	0,98
666	0,702	0,77	24	0,98
667	0,89	0,98	25	0,98
668	0,739	0,81	26	0,98
669	0,938	1,03	27	1,00
670	0,821	0,90	28	1,00
671	0,831	0,91	29	1,01
672	0,931	1,02	30	1,02
673	0,844	0,93	31	1,03
674	0,76	0,84	32	1,06
675	0,971	1,07	33	1,07
676	1	1,10	34	1,07
677	0,873	0,96	35	1,10
678	0,907	1,00	36	1,13
679	1,078	1,19	37	1,18
680	1,074	1,18	38	1,19
681	0,607	0,67	39	1,67
min	0,65			
max	1,67			
mw	0,95			
Stabws	0,17			
Anzahl	39			

ETD Wert	Anzahl
0,65	1
0,67	1
0,74	1
0,76	1
0,77	2
0,80	1
0,81	1
0,83	1
0,84	1
0,86	1
0,89	2
0,90	2
0,91	2
0,93	1
0,95	1
0,96	3
0,98	4
1,00	2
1,01	1
1,02	1
1,03	1
1,06	1
1,07	2
1,10	1
1,13	1
1,18	1
1,19	1
1,67	1

U3-1		
Messung	MPD	ETD
605	0,651	0,72
606	1,051	1,16
607	0,789	0,87
608	0,792	0,87
609	0,828	0,91
610	0,926	1,02
611	0,705	0,78
min	0,72	
max	1,16	
mw	0,90	
Stabws	0,15	
Anzahl	7	

U3-2		
Messung	MPD	ETD
612	0,639	0,70
613	0,144	0,16
614	0,855	0,94
615	1,02	1,12
616	0,867	0,95
617	0,824	0,91
618	0,989	1,09
619	0,854	0,94
620	0,99	1,09
621	0,911	1,00
622	0,916	1,01
623	1,101	1,21
624	1,032	1,14
625	1,025	1,13
626	1,287	1,42
min	0,16	
max	1,42	
mw	0,99	
Stabws	0,28	
Anzahl	15	

U3-3		
Messung	MPD	ETD
627	0,939	1,03
628	1,067	1,17
629	0,888	0,98
630	0,85	0,94
631	1,213	1,33
632	0,879	0,97
633	1,283	1,41
634	1,144	1,26
635	1,302	1,43
636	1,225	1,35
637	1,182	1,30
638	1,111	1,22
639	0,803	0,88
640	1,038	1,14
641	0,906	1,00
min	0,88	
max	1,43	
mw	1,16	
Stabws	0,18	
Anzahl	15	

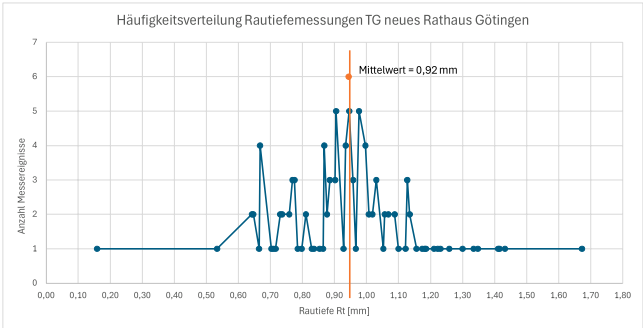
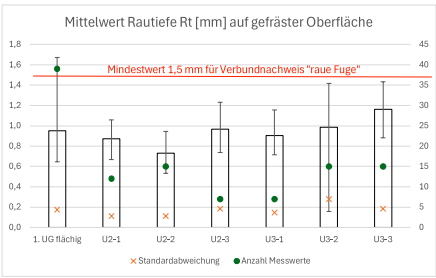
U2-1		
Messung	MPD	ETD
570	0,795	0,87
571	0,864	0,95
572	0,776	0,85
573	0,805	0,89
574	0,737	0,81
575	0,937	1,03
576	0,795	0,87
577	0,705	0,78
578	0,851	0,94
579	0,961	1,06
580	0,699	0,77
581	0,608	0,67
min	0,67	
max	1,06	
mw	0,87	
Stabws	0,11	
Anzahl	12	

U2-2		
Messung	MPD	ETD
582	0,589	0,65
583	0,584	0,64
584	0,666	0,73
585	0,713	0,78
586	0,607	0,67
587	0,664	0,73
588	0,86	0,95
589	0,586	0,64
590	0,485	0,53
591	0,645	0,71
592	0,82	0,90
593	0,604	0,66
594	0,714	0,79
595	0,797	0,88
596	0,612	0,67
min	0,53	
max	0,95	
mw	0,73	
Stabws	0,11	
Anzahl	15	

U2-3		
Messung	MPD	ETD
597	0,69	0,76
598	0,957	1,05
599	1,119	1,23
600	0,823	0,91
601	0,865	0,95
602	1,031	1,13
603	0,67	0,74
min	0,74	
max	1,23	
mw	0,97	
Stabws	0,18	
Anzahl	7	

Alle Werte	Alle Werte	
0,90	0,16	1
0,76	0,53	1
0,89	0,64	2
0,98	0,65	2
1,67	0,66	1
1,01	0,67	4
0,65	0,70	1
0,95	0,71	1
0,77	0,72	1
0,91	0,73	2
0,98	0,74	2
0,83	0,76	2
1,13	0,77	3
0,89	0,78	3
1,07	0,79	1
0,86	0,80	1
0,96	0,81	2
0,80	0,83	1
0,98	0,84	1
1,00	0,85	1
1,06	0,86	1
0,96	0,87	4
0,74	0,88	2
0,77	0,89	3
0,98	0,90	3
0,81	0,91	5
1,03	0,93	1
0,90	0,94	4
0,91	0,95	5
1,02	0,96	3
0,93	0,97	1
0,84	0,98	5
1,07	1,00	4
1,10	1,01	2
0,96	1,02	2
1,00	1,03	3
1,19	1,05	1
1,18	1,06	2
0,67	1,07	2
0,72	1,09	2
1,16	1,10	1
0,87	1,12	1
0,87	1,13	3
0,91	1,14	2
1,02	1,16	1
0,78	1,17	1
0,70	1,18	1
0,16	1,19	1
0,94	1,21	1
1,12	1,22	1
0,95	1,23	1
0,91	1,26	1
1,09	1,30	1
0,94	1,33	1
1,09	1,35	1
1,00	1,41	1
1,01	1,42	1
1,21	1,43	1
1,14	1,67	1
1,13		
1,42		
1,03		
1,17		
0,98		
0,94		
1,33		
0,97		
1,41		
1,26		
1,43		
1,35		
1,30		
1,22		
0,88		
1,14		
1,00		
0,87		
0,95		
0,85		
0,89		
0,81		
1,03		
0,87		
0,78		
0,94		
1,06		
0,77		
0,67		
0,65		
0,64		
0,73		
0,78		
0,67		
0,73		
0,95		
0,64		
0,53		
0,71		
0,90		
0,66		
0,79		
0,88		
0,67		
0,76		
1,05		
1,23		
0,91		
0,95		
1,13		
0,74		
min	0,16	
max	1,67	
mw	0,94	
Stabws	0,21	
Anzahl	110	

	1. UG flächig	U2-1	U2-2	U2-3	U3-1	U3-2	U3-3
min	0,65	0,67	0,53	0,74	0,72	0,16	0,88
	0,31	0,21	0,20	0,23	0,19	0,83	0,28
max	1,67	1,06	0,95	1,23	1,16	1,42	1,43
	0,72	0,18	0,22	0,26	0,25	0,43	0,27
mw	0,95	0,87	0,73	0,97	0,90	0,99	1,16
Standardabweichung	0,17	0,11	0,11	0,18	0,15	0,28	0,18
Anzahl Messwerte	39	12	15	7	7	15	15



25/04/5

8/7/25 1/3

ELA-texten

- notierte Werte sind die MPD-Werte

Stemmnarben in
Oberfläche ausblenden!

Fläche U2-1

Kartierung des #000569

von Ort nach Wert

0570	-	0,795	(ETDalt 0,836)
571	-	0,864	0,871
572	-	0,776	
573	-	0,905	0,944
74	-	0,737	
75	-	0,737	
76	-	0,795	
77	-	0,905	
79	-	0,851	
79	-	0,961	
80	-	0,699	
81	-	0,608	

Fläche U2-2

	MPD	ETD
581		
582	- 0,589	(0,671)
3	- 0,584	
4	- 0,666	
5	- 0,713	
6	- 0,607	
7	- 0,664	
8	- 0,860	
9	- 0,586	
590	- 0,485	
91	- 0,645	
92	- 0,820	
93	- 0,604	
94	- 0,714	
95	- 0,797	
96	- 0,612	

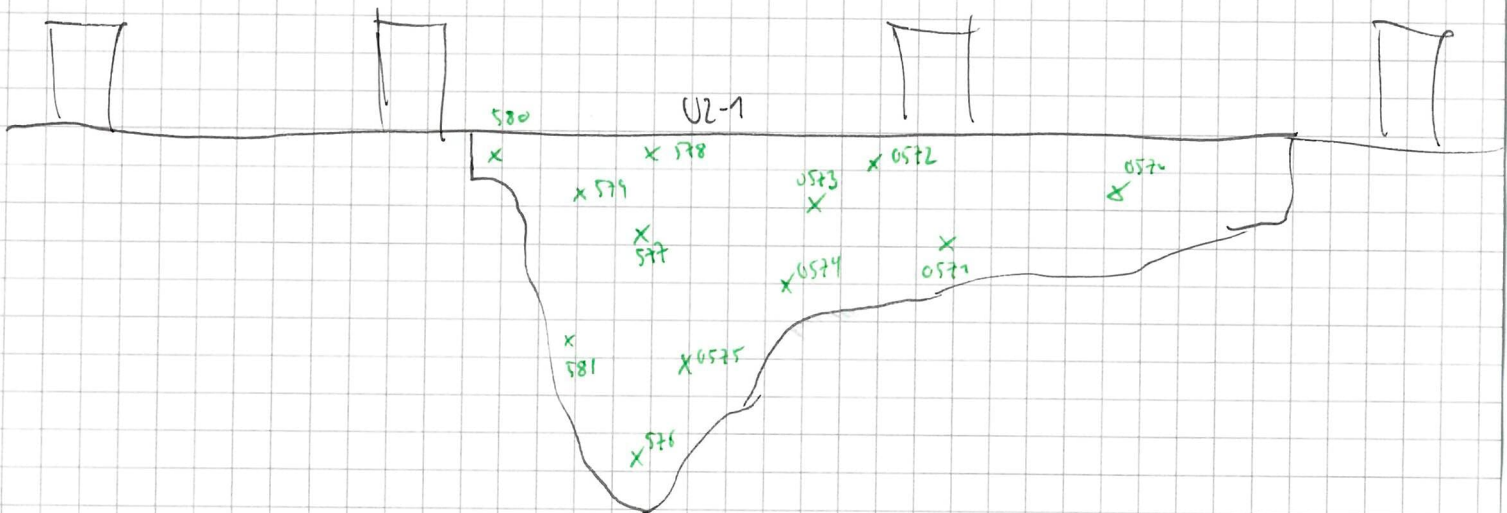
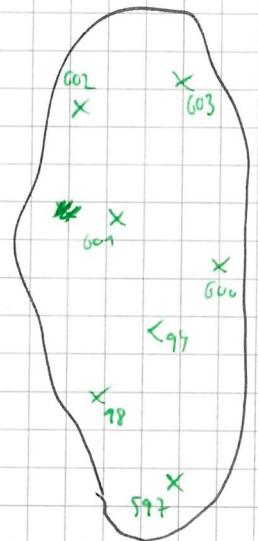
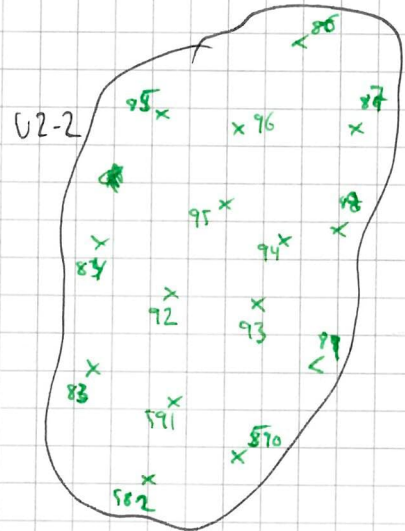
U2-3

597	-	0,690
98	-	0,957
99	-	1,119
600	-	0,823
601	-	0,965
602	-	1,031
603	-	0,670

U2-4 zu klein und
voller Stemmnarben

- nicht messbar

in Stemmnarben: 604: 0,878



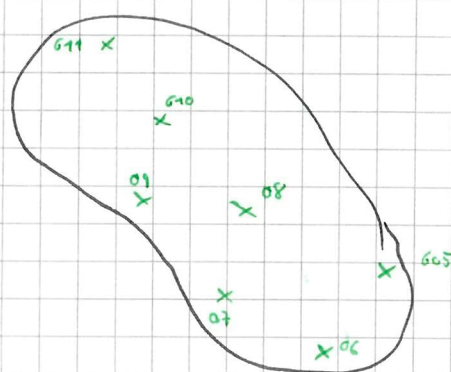
25/045

2/3

U3-1

605 : 0,651
 06 : 1,051
 07 : 0,789
 08 : 0,792
 09 : 0,828
 10 : 0,926
 11 : 0,705

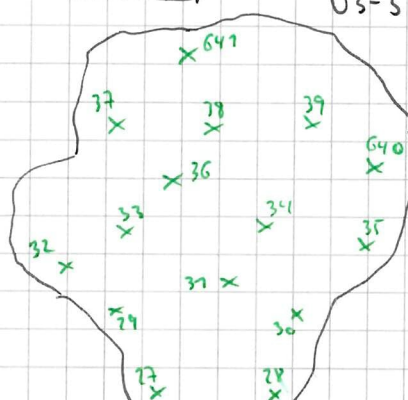
relativ viel
 Zeugnisschlämpe
 vorhanden und durch
 intensives Borschen
 so gut möglich entfernt.

U3-2

612 : 0,639
 13 : 0,144
 14 : 0,855
 15 : 1,020
 16 : 0,867
 17 : 0,824
 18 : 0,989
 19 : 0,854
 20 : 0,990
 21 : 0,911
 22 : 0,916
 23 : 1,101
 24 : 1,032
 25 : 1,025
 26 : 1,187

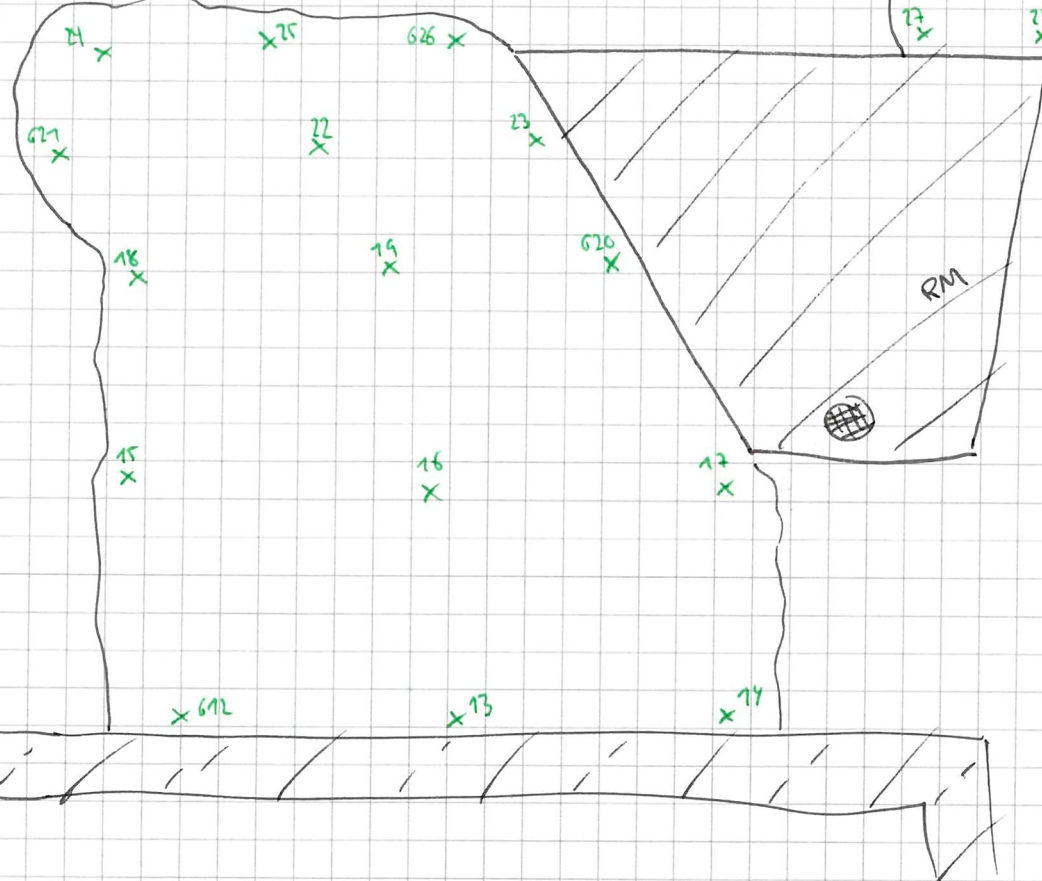


U3-3

U3-3

627 : 0,939
 28 : 1,067
 29 : 0,888
 30 : 0,850
 31 : 1,213
 32 : 0,879
 33 : 1,283
 34 : 1,144
 35 : 1,302
 36 : 1,225
 37 : 1,182
 38 : 1,111
 39 : 0,803
 40 : 1,038
 41 : 0,906

U3-2



Zusätzliche Messwerte U1:

Rampe West von unten nach oben, mittig, in der Fahrspur.

642 : 0,820

643 : 0,695

644 : 0,805

645 : 0,890

Fuge

Rampe Ost, gleiches Prinzip, aber erst ab der Fuge aufwärts:

646 : optisch sehr gut
1,521 ✓

647 : knapp daneben,
wie überall
0,922 ⚡

648 dann : definitiv zu flach
649 auch 0,588 ⚡
2x
wg Foto

	MPD	ETD
650 :	0,866	(0,892)
51 :	0,703	
52 :	0,826	
53 :	0,873	
54 :	0,754	

655 : 1,029
56 : 0,810
57 : 0,976
58 : 0,786
59 : 0,873

660 : 0,725
61 : 0,892
62 : 0,906
63 : 0,966
64 : 0,871
65 : 0,677

666 : 0,702
67 : 0,890
68 : 0,739
69 : 0,938
70 : 0,821
71 : 0,831
72 : 0,931
73 : 0,844

674 : 0,760
75 : 0,971
76 : 1,000
77 : 0,873

678 : 0,907
79 : 1,078
80 : 1,074
81 : 0,607

