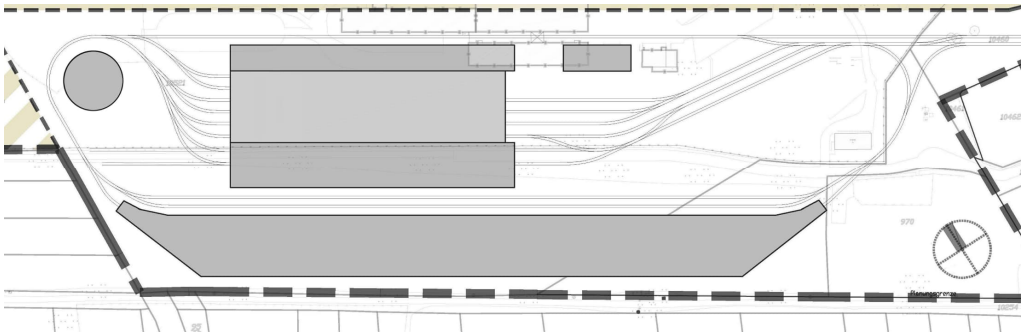


MVB
Magdeburger Verkehrsbetriebe Gmbh & Co. KG
Neubau Straßenbahnbetriebshof Nord

Tragwerksplanung – WU-Konzept
Genehmigungsplanung – 3. Nachtrag
Ersatzdokument:
Ergänzung hochwertiges Untergeschoss und Änderung Entwurfsgrundsatz

Bauherr:
MVB
Magdeburger Verkehrsbetriebe Gmbh & Co. KG

Auftraggeber:
PXG
PLANUNGXGRUPPE
Architekten Generalplaner Part-mbB

Verfasser:
INROS LACKNER SE
Rosa-Luxemburg-Str.16
18055 Rostock

Planungsleistung:
Genehmigungsplanung

Datum:
22.11.2024

INROS LACKNER

Dokument Kontrollblatt

Projektdaten

Bauherr: MVB

Magdeburger Verkehrsbetriebe Gmbh & Co. KG
Otto-von-Guericke-Straße 25
39126 Magdeburg

Auftraggeber: PXG

PLANUNGXGRUPPE

Architekten Generalplaner PartmbB

Baumwollbörse 107
Wachtstraße 17-24
28195 Bremen

Projektbezeichnung: Neubau Straßenbahnbetriebshof Nord
August-Bebel-Damm 15
39126 Magdeburg

IL Projekt-Nr: 2015-0363
Projektteil: Tragwerksplanung – WU-Konzept
Leistungsphase: Genehmigungsplanung 3. Nachtrag
Ergänzung hochwertiges Untergeschoss

Dokumentdaten

Titel: Statidokument

Revisionsverzeichnis: 03

Bearbeiter:	**Unterschrift:**	**Datum:**	**Seiten:**
Bearbeiter: Dipl.-Ing. Torsten Krüger Tragwerksplanung		21.08.2020	
Bearbeiter: Dipl.-Ing. Gabriele Krüger Tragwerksplanung		08.11.2024	1 – 48
Bearbeiter: Dipl.-Ing. Gabriele Krüger Tragwerksplanung		14.11.2024	1 – 47
Bearbeiter: Dipl.-Ing. Gabriele Krüger Tragwerksplanung		22.11.2024	1 – 47
abgestimmt mit: Objektplanung			

Inhaltsverzeichnis

Dokument Kontrollblatt 2
Inhaltsverzeichnis 3
Anlagenverzeichnis: 4

1 ALLGEMEINES 5
1.1 Vorbemerkungen 5
1.2 Regelungen und Empfehlungen 6
1.3 Allgemeine Erläuterungen zu WU-Bauwerken (aus WU-Richtlinie) 6
1.3.1 Allgemeines 6
1.3.2 Entwurfsgrundsätze 6
1.3.3 Nutzungsanforderungen 7
1.4 Beteiligte und Zuständigkeiten in der Planung von WU-Bauwerken: 7
1.5 Aufgaben der Planung im Sinne der WU-Richtlinie 8
1.6 Besonderheiten des geplanten Bauwerks bezüglich WU-Richtlinie 9
1.7 Allgemeine Erläuterungen zu FBV-Systemen 10
1.8 Beteiligte und Zuständigkeiten im Sinne des DBV-Merkblatt FBVS 10

2 BEDARFSPLANUNG UND NUTZUNGSANFORDERUNGEN 13
2.1 Bedarfsplanung 13
2.2 Nutzungsanforderungen und Nutzungsklasse 14
2.3 Abdichtungsart 15
2.4 EnEV-Nachweis, Bemessung Wärmedämmung 15

3 BEANSPRUCHUNGSKLASSE UND BEMESSUNGSWASSERSTAND 15
3.1 Ermittlung der Beanspruchungsklasse (BAK) 15
3.2 Ermittlung des Bemessungswasserstands 15
3.3 Besonderheiten Straßenbahnbetriebshof Nord 16

4 CHEMISCHE ZUSAMMENSETZUNG DES ANSTEHENDEN WASSERS 16
4.1 Besonderheiten Straßenbahnbetriebshof Nord 16

5 BAUTEILABMESSUNGEN UND LAGERUNGSBEDINGUNGEN 17
5.1 Bestimmung der Mindestbauteildicken 17
5.2 Lagerungsbedingungen 17
5.3 Besonderheiten Straßenbahnbetriebshof Nord 18

6 ENTWURFSGRUNDSATZ GEMÄß WU-RICHTLINIE 18
6.1 Trennrisse und Wassereindringvermögen 18
6.2 Entwurfsgrundsätze – Bauweisen 18
6.3 Konsequenzen und Risiken aus der Wahl des Entwurfsgrundsatzes 19

7 BISHERIGE ABSTIMMUNGEN UND ENTSCHEIDUNGEN 21
7.1 Abstimmungen und Entscheidungen zu den WU-Bauteilen der Genehmigungsplanung 21
7.2 Übersicht WU-Bauteile aktualisiert 21
7.3 Einordnungen der WU-Betonkonstruktionene und Empfehlungen 23
7.4 Risikobetrachtung 25
7.4.1 Hochwertiges Untergeschoss für Lager und Sanitärräume – FB1-UG2A, FB1-UG2B 25
7.4.2 Hebergrube FB1-AG9 26
7.4.3 Luftkanäle Lackieranlage FB1-AG15a/b 27
7.4.4 Grube Drehgestellreinigung FB1-AG19a/b 28
7.4.5 Arbeitsgruben FB1-AG1, FB1-AG3, FB1-AG5, FB1-AG6, FB1-AG7 und FB1-AG12 28
7.4.6 Anlagengruben FB1-AG11, FB1-AG13 und FB1-AG19 29
7.4.7 Grube der Unterflurradsatzdrehmaschine (UFD) FB1-AG4a/b 30
7.4.8 Drehgestellheber und Drehgestellprüfstand FB1-AG16, FB1-AG17, FB1-AG18 30
7.4.9 Gruben Radsatzdiagnose und Kurzschlussmessgeräte FB1-AG20 bis FB1-AG22 31
7.4.10 Installationskanal FB1-AG23 Aufzugsgrube Achse 33 und Hausanschlussgrube 31

7.5 ABSTIMMUNGEN UND ENTSCHEIDUNGEN ZU DEN WU-BAUTEILEN DES 2. UNTERGESCHOSSES 32

8 NACHWEISE UND BERECHNUNGEN 34
8.1 NACHWEISE FÜR NUTZUNGSKLASSE A UNTER BEANSPRUCHUNGSKLASSE 1 34
8.2 NACHWEISE FÜR NUTZUNGSKLASSE A UNTER BEANSPRUCHUNGSKLASSE 2 34
8.3 NACHWEISE FÜR NUTZUNGSKLASSE B UND BEANSPRUCHUNGSKLASSE 1 35
8.4 NACHWEISE FÜR NUTZUNGSKLASSE B UND BEANSPRUCHUNGSKLASSE 2 35
8.5 BERECHNUNGEN FÜR ENTWURFSGRUNDSATZ A) 35
8.6 BERECHNUNGEN FÜR ENTWURFSGRUNDSATZ B) 35
8.6.1 Berechnung des Druckgefälles i 36
8.6.2 Festlegung der zulässigen rechnerischen Rissbreite wk 36
8.7 BERECHNUNGEN FÜR ENTWURFSGRUNDSATZ C) 36

9 FESTLEGUNGEN FÜR ENTWURFSGRUNDSATZ B) 37

10 FESTLEGUNGEN FÜR ENTWURFSGRUNDSATZ C) 38
10.1 FESTLEGUNG VON BAUTEILDICKE, EXPOSITIONSKLASSEN, BETONGÜTE UND BETONDECKUNG 38
10.2 FESTLEGUNG DES ABDICHTUNGSSYSTEMS VON ARBEITSFUGEN 40

11 MÖGLICHE MAßNAHMEN IN PLANUNG UND AUSFÜHRUNG 41
11.1 VERMEIDUNG VON FESTHALTEPUNKTEN DURCH EBENE UNTERSEITEN 41
11.2 VERMINDERUNG DER REIBUNG DURCH GEGLÄTTETE SAUBERKEITSSCHICHT 42
11.3 MÖGLICHE ANORDNUNG VON TRENNLAGEN ODER GLEITSCHICHTEN 42
11.4 ZWANGSSPANNUNGEN IN DEN WÄNDEN 42
11.5 ANORDNUNG VON HYDRATATIONSGASSEN 42
11.6 ANORDNUNG VON FUGEN UND SOLLRISSFUGEN 43
11.6.1 Betrachtung für das 2. UG und weitere WU-Beton-Konstruktionen mit FBVS 43
11.6.2 Betrachtung für die Räume ohne hochwertige Nutzung 43
11.7 VORSPANNUNG 44
11.8 FESTLEGUNG WEITERER BETONTECHNISCHER MAßNAHMEN ZUR VERRINGERUNG RISSAUSLÖSENDER ZWANGSPANNUNGEN 44
11.9 AUSFÜHRUNGSTECHNISCHE MAßNAHMEN ZUR REDUZIERUNG VON VERFORMUNGEN 44
11.10 WEITERE AUSFÜHRUNGSTECHNISCHE MAßNAHMEN 45
11.11 MAßNAHMEN ZUR NACHBEHANDLUNG 45
11.12 AUSFÜHRUNGSTECHNISCHE MAßNAHMEN IM ZUSAMMENHANG MIT DEM FBVS 45
11.13 EINBAUTEILE, DURCHDRINGUNGEN 45
11.14 HINWEIS FÜR DIE BAUZEITENPLANUNG / BAUREIHENFOLGE 46

SCHLUSSSEITE 47

Anlagenverzeichnis:

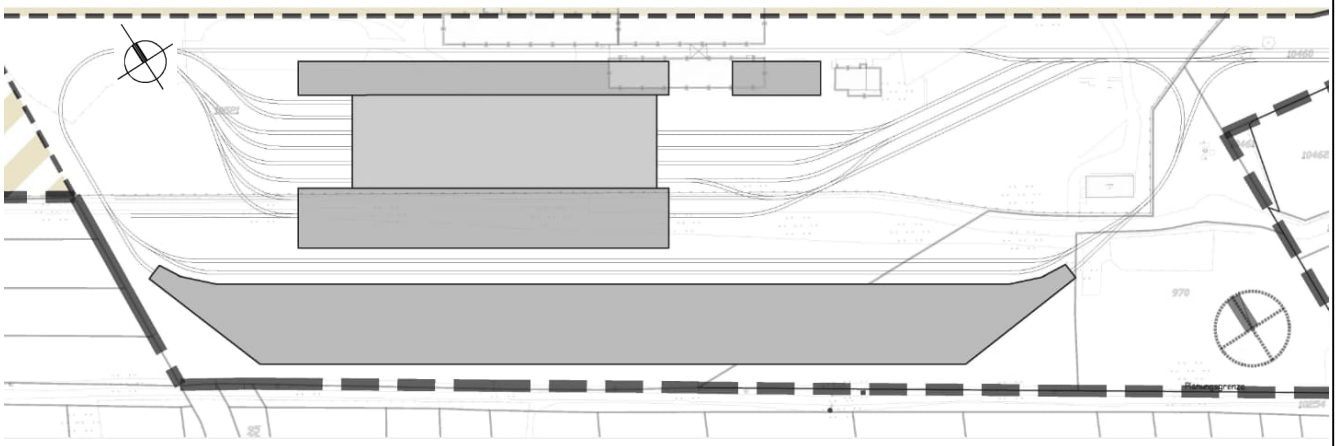
01 Übersicht WU-Bauteile_Tabelle
02 Bauherrenabstimmung_WU-Konzept_20241023
03 Fachplanung Freischbetonverbundsysteme 23-151/1.2 vom Juli 2024 von IB Schießl Gehlen Sodeikat GmbH (IB SGS)
04 Reinigungskonzept FBVS

Pläne:
BHN_T_1_5_6854_SD_V01_Weisse_Wanne_Details_Ebene_-2_Lager_241107
BHN_T_1_5_6855_SD_V01_WW_Details_Ebene_-2_Waschtechnik_UFD2_Luftkanäle_241107
BHN_T_1_5_6856_SD_V01_WW_Details_Ebene_-2_AG11_UMG_3-4_AG13_241107
BHN_T_1_5_6857_SD_V01_WW_Details_Ebene_-1_241107
BHN_T_1_5_6858_SD_V01_Weisse_Wanne_Details_Ebene_0_241107

1 ALLGEMEINES

1.1 Vorbemerkungen

Für die Magdeburger Verkehrsbetriebe soll am Standort des bestehenden Betriebshofes Nord ein Betriebshof mit integrierter Hauptwerkstatt realisiert werden. Zur Vermeidung zukünftiger Hochwasserschäden des Neubaus wurde für die Entwurfsplanung eine Aufhöhung des Geländes um ca. 2,00 m festgelegt, um das Objekt nachhaltig gegen künftige Hochwasser zu schützen.



Im Zusammenhang mit dem Bau der neuen Gebäude und Anlagen werden auch Bauteile und Bauwerke aus wasserunduchlässigen Beton erforderlich. Für diese Bauteile und Bauwerke werden deren Anforderungen an den Beton im Sinne der WU-Richtlinie geprüft.

Im neuen Werkstattgebäude werden mehrere Arbeits- Heber- und sonstige Gruben unterschiedlicher Tiefe benötigt, die in den Bereich von Hochwasserständen hineinreichen. Die Gruben sind aus Stahlbeton in WU-Bauweise zu errichten.

Für die Sprühnebelanlage der Abstellhalle ist ein Vorratsbehälter erforderlich.

Auf dem Betriebshofgelände sind weitere Ingenierbauwerke verortet, für die ggf. wasserundurchlässigkeit gefordert wird.

Als wasserundurchlässige (WU-) Konstruktionen bezeichnet man Bauwerke aus Beton, die ohne zusätzliche äußere hautförmige Abdichtung erstellt werden und allein aufgrund des Baustoffs und besonderer konstruktiver Maßnahmen wie Fugenabdichtung und Rissbreitenbegrenzung einen Wasserdurchtritt in flüssiger Form verhindern (Bild 1). Eine Diffusion von Wasserdampf wird nicht unterbunden. WU-Bauwerke aus Beton gehören zu der Gruppe der starren Abdichtungen und verbinden die tragende und abdichtende Funktion in einer Schicht miteinander.

Im Rahmen dieses 1. Nachtrags (Roteintragungen) zum WU-Konzept wird das später hinzugekommene Untergeschoss integriert. Dieses wird aufgrund seiner hochwertigen Nutzung als WU-Beton mit einem zusätzlichen Frischbetonverbundsystem (FBV-S) versehen.

Gemäß aktueller Objektplanung erhält auch die Grube in der Drehgestellreinigung außenseitig ein FBV-S, da dieser Bereich zum Schutz von Boden und Grundwasser vor Verunreinigung eine innenseitige„WHG-Beschichtung“ erhält.

Für die UG-Bereiche, die nicht mit einem FBV-S ausgestattet werden wird nicht der ursprünglich gewählte Entwurfsgrundsatz „b“ angewendet. Im Zuge der Neubetrachtung soll für die übrigen Untergeschossbereiche der Entwurfsgrundsatz „c“ angewendet werden. Das Fluten der Arbeitsgruben wäre problematisch und würde ggf. nicht mit Sicherheit zum gewünschten Ergebnis (Selbstheilung des Betons) führen, da das notwendige Durchfließen des Betons und die notwendige chemische Zusammensetzung des Wassers für den Selbstheilungsprozess nicht sichergestellt werden kann.

1.2 Regelungen und Empfehlungen

- Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: DAfStb-Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie) Ausgabe Dezember 2017
- Regelungen und Empfehlungen für wasserundurchlässige (WU-)Bauwerke aus Beton von Freimann: Beton-Informationen 3/4 - 2005
- Lohmeyer, G.: Weiße Wannen – einfach und sicher. Verlag Bau+Technik, Düsseldorf 2004
- Prof. Dr.-Ing. Holschemacher: HTWK AK Stahlbetonbau – Konstruktionen aus WU-Beton
- DBV-Merkblatt „Frischbetonverbundsysteme“, September 2023
- DBV-Heft 54 „Frischbetonverbundsysteme – Grundlegende Erläuterungen zum DBV-Merkblatt“, September 2023

1.3 Allgemeine Erläuterungen zu WU-Bauwerken (aus WU-Richtlinie)

1.3.1 Allgemeines

Wasserundurchlässige Betonbauwerke sind so zu planen und auszuführen, dass die durch den Bauherrn festgelegten und in der Bedarfsplanung dokumentierten Gebrauchseigenschaften und Nutzungsanforderungen erfüllt werden. Die Richtlinie regelt die Planung und die Ausführung von wasserundurchlässigen Bauwerken aus Beton (WU-Betonbauwerke) hinsichtlich der Dichtfunktion gegenüber Wasser.

Die in der Richtlinie gestellten Anforderungen können nur durch intensive Zusammenarbeit aller Baubeteiligten erfüllt werden. Es ist insbesondere erforderlich, dass die technischen Verantwortlichkeiten der Baubeteiligten und der Koordinierungsbedarf für ihre Tätigkeit vom Bauherrn oder Objektplaner festgelegt und dokumentiert werden.

1.3.2 Entwurfsgrundsätze

Das Erreichen der Wasserundurchlässigkeit für eine gewünschte Nutzungsqualität hängt maßgeblich von der Beherrschung der Trennrisse ab. Hierzu werden in dieser Richtlinie entsprechende Entwurfsgrundsätze festgelegt.

Eine ungerissene WU-Betonkonstruktion erfüllt bei Einhaltung der erforderlichen Planungs- und Ausführungssorgfalt hohe Dichtheitsanforderungen auch bei großem Wasserdruck, da kein Wasserdurchtritt erfolgt. Allerdings kann in der Praxis kaum eine ungerissene WU-Konstruktion erreicht werden. Bei der Planung stehen die Bauteildicke, die Betonqualität, die Fugenabdichtungssysteme und die Einbauteile im Vordergrund. Biege- und Trennrisse sind zur Erreichung der Dichtheitsanforderungen besonders zu bewerten.

Trennrisse entstehen meist aus Zwangbeanspruchungen. Um Zwangbeanspruchungen soweit zu reduzieren, dass Risse vermieden werden, sind aufeinander abgestimmte konstruktive, betontechnische und ausführungstechnische Maßnahmen erforderlich. Bemessungstechnische Maßnahmen alleine, wie z. B. eine Rissbreitenbegrenzung, sind in vielen Fällen unzureichend.

Die in Bezug auf die Rissbeherrschung entwickelten Entwurfsgrundsätze sind im Ergebnis gleichermaßen zielführend, um ein WU-Betonbauwerk zu erhalten. Sie sind jedoch auf die geforderte Nutzung abzustimmen.

Das WU-Konzept dient als Grundlage für die Werkplanung der Bauausführung. Inhalt sind die für die Ausführung der WU-Beton-Konstruktionen relevanten Anforderungen, Randbedingungen und Bauherrenentscheidungen. Detailausbildungen sind den zugehörigen Detailplänen

BHN_T_5_685x_SD_V01_Weiße Wanne Details… zu entnehmen.

1.3.3 Nutzungsanforderungen

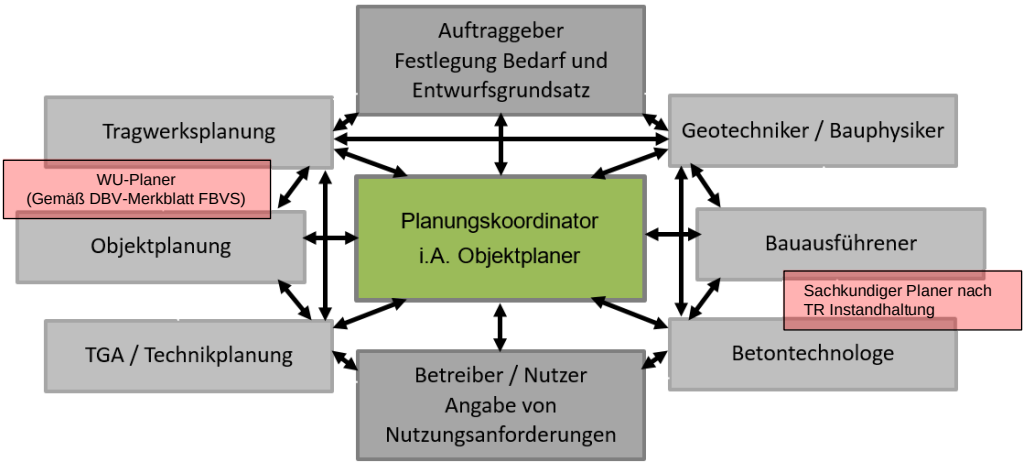
Je nach Nutzungsanforderung sind unterschiedliche Entwurfsgrundsätze und Konstruktionsprinzipien anzuwenden, um Risse zu beherrschen. Dabei muss differenziert werden zwischen trennrissfreien Konstruktionen, Konstruktionen mit vielen Trennrissen kleiner Breite, die sich selbst heilen, und Konstruktionen mit wenigen breiteren Trennrissen, die planmäßig zusätzlich abzudichten sind. Unabhängig davon sind in jedem Fall planmäßig nachträgliche Dichtmaßnahmen für unvorhergesehene wasserführende Risse vorzusehen.

Bei allen nicht abgedichteten Trennrissen, auch bei sehr kleiner Rissbreite (< 0,10 mm), muss von einem zumindest temporären Wasserdurchtritt ausgegangen werden.

Die Nutzungsanforderungen können so gering sein, dass ein temporärer Wasserdurchtritt akzeptiert werden kann, weil die luftseitigen Bauteiloberflächen einsehbar und Wasserdurchtrittsstellen bei Bedarf nachträglich abgedichtet werden können.

Bei hochwertiger Nutzung (NK A) ist ein Wasserdurchtritt durch Risse und Fugen, auch temporär, während der Nutzung durch Maßnahmen in der Planung und Ausführung soweit möglich auszuschließen.

1.4 Beteiligte und Zuständigkeiten in der Planung von WU-Bauwerken:



DAfStb-Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie)

Anhang A (informativ) – Orientierungshilfe zur Abstimmung der Zuständigkeit bei der Planung und der Ausführung von wasserundurchlässigen Bauwerken aus Beton

Der Verfasser des WU-Konzepts ist für die sorgfältige Planung der WU-Betonkonstruktionen zuständig. Die Planung ist in diesem Dokument und den benannten Anlagen zusammengefasst.

Die Ausführung der der WU-Betonkonstruktion erfordert eine sorgfältige Begleitung, betontechnologische Beratung und Bauüberwachung. Die Hinzuziehung eines Betontechnologen bzw. einer Fachfirma wird der Baufirma empfohlen.

Die Planung der Rissverpressung hat gemäß Merkblatt FVBS durch einen Sachkundigen Planer nach TR Instandhaltung zu erfolgen. Diese Leistung ist Bestandteil der Bauausführung des AN.

Tabelle A.1 – Orientierungshilfe für Zuständigkeiten (Checkliste)

S	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z	**Aufgabe**	**Baugrundgutachter**	**Bauphysiker**	**Bauherr**	**Objektplaner**	**Tragwerksplaner**	**TA-Planer**	**Sachkundiger Planer[a]**	**Bauausführender**
1	Bedarfsplanung			V	M				
2	Koordinierung				V				
3	Festlegung der Nutzungsanforderungen, Definition Raumklima einschl. zulässiger Grenzwerte			V	M				
4	Festlegung der Nutzungsklasse			M	V				
5	Festlegung der Abdichtungsart (z. B. Entscheidung über weiße Wanne oder schwarze Wanne)			V	M	M			
6	Vorgaben zu flexibler Umnutzbarkeit			V	M				
7	EnEV-Nachweis, Bemessung Wärmedämmung, Nachweis Tauwasser und Wärmebrücken		V		M	M			
8	Angabe von Beanspruchungsklasse und Bemessungswasserstand	V							
9	Angabe chemische Zusammensetzung des anstehenden Wassers	V							
10	Festlegung Bauteilabmessungen und Lagerungsbedingungen				M	V			
11	Entwurfsgrundsatz gemäß WU-Richtlinie (evtl. differenziert nach Bauteilen) und alle erforderlichen Maßnahmen zur Umsetzung				M	V			
12	Aufklärung des Bauherrn über Konsequenzen aus Entwurfsgrundsatz				V	M			
13	Risikoverteilung hinsichtlich Entwurfsgrundsatz			V	M	M			M
14	Planung aus dem Entwurfsgrundsatz erforderlich werdender Rissverfüllarbeiten				M	V		M	M
15	Planung Zugänglichkeit für Abdichtungsarbeiten während der Nutzung				V		M		
16	Planung verträglicher Oberflächenbeläge/Beschichtungen		M	M	V				
17	Planung und Konstruktion von Dehn-/Arbeits-/Sollrissfugen				M	V			M[b]
18	Detailplanung von Dehn-/Arbeits-/Sollrissfugen				V	M			M
19	Planung Heizungs-, Klima-, Lüftungskonzept				M		V		
20	Festlegung Betondruckfestigkeitsklasse					V			M
21	Rechenwert Betonzugfestigkeit des jungen Betons					V			M
22	Betonzusammensetzung					M			V
23	Planung und Durchführung der Nachbehandlung								V
24	Festlegung von Füllgut und Verfahren zur Abdichtung wasserführender Risse oder Fehlstellen				M	M		V	
25	Planung Zeitpunkt Abstellen Wasserhaltung und Zeitpunkt der Dichtheitsprüfung (Auftriebssicherheit)	M			M	V			M

V: Verantwortung (beinhaltet Verpflichtung zur Einbindung der Mitwirkenden und Beschaffung der Informationen)
M: Mitwirkung
[a] Sachkundiger Planer nach DAfStb-Richtlinie „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen".
[b] Mitwirkung des Bauausführenden nur bei Festlegung der Arbeitsfugen.

DAfStb-Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie)

1.5 Aufgaben der Planung im Sinne der WU-Richtlinie

Die Planung im Sinne der WU-Richtlinie umfasst die Festlegung der Funktion und der Nutzungsanforderungen des Bauwerks und der hierzu erforderlichen Regelungen zur Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit für Entwurf und Ausführung.

Bei der Planung sind die folgenden die Wasserundurchlässigkeit beeinflussenden Gesichtspunkte einzeln und in ihrem Zusammenwirken zu berücksichtigen:

Falls die Regelungen der WU-Richtlinie zur Erfüllung der festgelegten Nutzungsanforderungen nicht ausreichen, sind in der Planung zusätzliche bauphysikalische und raumklimatische Maßnahmen vorzusehen.

Die technischen Verantwortlichkeiten der Baubeteiligten für die einzelnen Teilbereiche der Planung (Entwurf und Ausführung), der Koordinierungsbedarf bzw. Informationsaustausch sind festzulegen.

Alle geforderten Festlegungen und Entscheidungen in der Planung sind zu dokumentieren.

1.6 Besonderheiten des geplanten Bauwerks bezüglich WU-Richtlinie

Bei der Werkstatthalle handelt es sich um ein sehr komplexes Gebäude mit einer Vielzahl von Nutzungsanforderungen und daraus resultierender Geometrie, die sehr verschiedenen und größtenteils ungünstigen Randbedingungen:

a) Eine Vielzahl von Arbeits- und Maschienengruben und weiteren Bauwerken im Untergrund, ein hochwertige zu nutzendes Untergeschoss sind Bauteile, die in Gründungsebene angeordnet sind. Diese stellen Festhaltungen im Baugrund in unterschiedlichen Gründungstiefen dar, so dass eine horizontale Verformung der Gründungskonstruktion im Baugrund kaum möglich ist. Dies trifft auch auf die Bauzustände zu, so dass der Beton bereits beim Aushärten hohen Zwangsbeanspruchungen ausgesetzt sein wird, was mit einer hohen Rissgefahr verbunden ist. Nach Erhärtung sind aufgrund fortschreitender Bauausführung und späterer Nutzung weiterhin hohe Zwangskräfte zu erwarten.

b) Das anstehende Grund- und vorallem Hochwasser unterliegen sehr starken Schwankungen in der Höhe. Der Bemessungswasserstand wird nicht vor Nutzungsbeginn anstehen. Weiterhin ist das anstehende Grundwasser stark betonangreifend. Eine Selbstheilung selbst von kleinen Rissen im Beton durch anstehendes Wasser in der Baugrube muss ausgeschlossen werden. Eine Selbstheilung von Rissen von innen ist nach WU-Richtlinie nicht vorgesehen. Bezüglich chemischer Zusammensetzung des Wassers und ausreichender Durchströmung der WU-Betonkonstruktion bestehen Bedenken. Alle Maschinengruben und das hochwertige Untergeschoss liegen im Wasserschwankungsbereich. Lediglich die einfachen Arbeitsgruben liegen mit OK Betonsohle oberhalb des Bemessungshochwasserstands und mit UK Sohle oberhalb des Hochwassers von 2013. Der Bemessungsgrundwasserstand liegt tiefer.

c) Funktionsbedingt sind nahezu alle im Bereich des Bemessungswasserstands befindlichen WU-Konstruktionen entweder zu verkleiden (z.B. Fliesen, Dämmung und Bodenbeläge im hochwertigen Untergeschossbereich) oder sind aufgrund der Maschieneneinbauten usw. späterhin nicht frei zugänglich. Aufgrund der starken Zwangsbeanspruchungen (sh. a) entstehende Risse können ggf. nicht vor Nutzungsabeginn erkannt und verpresst werden, da dann das Grundwasser bzw. insbesondere das Hochwasser wahrscheinlich noch nicht ansteht. Durch eine Vielzahl nicht rechtzeitig erkannter und verpresster Risse kann im Nutzungszeitraum wiederholt Wasser eindringen, was wiederholt zu Reparaturmaßnahmen und Nutzungsausfall führen kann verbunden mit dem Rückbau von Belägen (um zu verpressende Risse zu finden) oder verbunden mit zumindest teilweiser Demontage von Maschinen und Ausrüstungen, um die Zugänglichkeit und Verpressbarkeit herzustellen, die in der WU-Richtlinie gefordert ist aber nutzungsbedingt nicht gewährleistet werden kann.

Im Ergebnis obiger Betrachtungen ist festzustellen, dass für die vorliegende Gebäudegeometrie und Gebäudeanforderungen bei gleichzeitig vorliegenden sehr ungünstigen Randbedingungen keine WU-Richtlinien-konforme WU-Betonkonstruktion möglich ist.

Im Verlauf der Planung haben zum Thema WU-Planung eine Vielzahl von Beratungen zwischen Tragwerksplaner, Architekt und Bauherrn stattgefunden. Anlässlich der Aufgabe, ein hochwertiges Untergeschoss auszubilden, wurde vom Architekten ein WU-Beton-Fachplaner für Beratungleistungen einbezogen. Die Abweichungen von der WU-Richtlinie werden für einige WU-Bauwerke durch ein Frischbetonverbundsystem kompensiert. Für die anderen WU-Bauwerke erfolgte eine Beratung des Bauherrn durch den Architekten und eine Risikoabwägung durch den Bauherrn unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit. Risiken und festgelegte Maßnahmen sind in Kapitel 7 und folg. dokumentiert.

1.7 Allgemeine Erläuterungen zu FBV-Systemen

Der Anwendungsbereich der FBVS ist in Deutschland nur als zusätzliche Abdichtung an WU-Bauwerken mit WU-Frischbeton (keine Halbfertigteile) zulässig. Das FBVS ist auf der Wasserseite vor der Verlegung der Bewehrung einzubauen und geht mit dem Frischbeton eine Verbundwirkung ein, so dass eine flächige Abdichtung und ein Hinterlaufschutz gewährleistet wird.

Mit der Einführung des DBV-Merkblattes FBV-Systeme ist die Bauart: WU-Beton mit zusätzlichem FBVS als Bauart eingeführt aber noch nicht allgemein anerkannt. Sie setzt sich zusammen aus:

- WU-Betonkonstruktion (WU-Beton, Bewehrung, Fugeneinlagen, Dichtelemente
- FBV-Bahn und FBV-Zubehör (Selbstklebestöße an Bahnen, Dichtbänder, Klebemassen und Klebstoffe, Spachtelmassen, außenliegenden streifenförmige oder flächige Abklebesysteme, FBVS-Verarbeitungshilfen, systemgeeignete Abstandhalter, Dichtleisten für verlorene Schalungen usw.).

1.8 Beteiligte und Zuständigkeiten im Sinne des DBV-Merkblatt FBVS

Auf Planungsseite kommen als zusätzliche Beteiligte der WU-Planer und der Sachkundige Planer nach TR Instandhaltung hinzu. Auf bauausführender Seite kommen FBVS-Fachverarbeitungsbetrieb und Produkthersteller hinzu. Diese sind durch den Ausführenden rechtzeitig einzubeziehen.

Tabelle Z1. Orientierungshilfe für Zuständigkeiten im Planungsprozess bei ganzheitlicher Planung und Ausführung von WU-Betonkonstruktionen mit FBVS

Table Z1. Orientation guide for responsibilities in the planning process for holistic planning and execution of water-impermeable concrete structures with pre-applied fully bonded membrane systems

S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Z	Aufgabe	Baugrundgutachter	Bauphysiker	Bauherr	Objektplaner	Tragwerksplaner	WU-Planer[a)]	TA-Planer	Sachkundiger Pl.[b)]	Bauausführender[d)]
1	Bedarfsplanung			V	M					
2	Gesamtkoordinierung WU-Planung				V					
3	Festlegung der Nutzungsanforderungen, Definition Raumklima einschl. zulässiger Grenzwerte			V	M					
4	Festlegung der Nutzungsklasse			M	V					
5	Festlegung WU-Betonkonstruktion mit oder ohne FBVS			V	M	M				
6	Vorgaben zu flexibler Umnutzbarkeit			V	M					
7	Energetischer GEG-Nachweis, Bemessung Wärmedämmung, Nachweis Tauwasser und Wärmebrücken		V		M	M				
8	ggf. Abstimmung Perimeterdämmung mit FBVS		M		V		M			M
9	Angabe von Bemessungswasserstand und Beanspruchungsklasse	V								
10	Angabe chemische Zusammensetzung des anstehenden Wassers	V								
11	Festlegung Anforderungen an FBVS (u. a. Leistungsklasse)			M	V	M	M			
12	ggf. Anforderungen aus chemischem Angriff an FBVS festlegen	M			V		M			M
13	Festlegung Bauteilabmessungen und Lagerungsbedingungen				M	V				
14	Festlegung der FBVS-Ausführungsvariante FBVS-1 (additive WU-Bauweise) oder FBVS-2 (kompensierende WU-Bauweise) mit Auswahl eines FBVS mit aA-FBVS			M	M	M	V			M
15	Aufklärung Bauherr über Konsequenzen aus FBVS-Ausführungsvariante und Entwurfsgrundsatz				V	M	M			

Fortsetzung Tabelle Z1. Orientierungshilfe für Zuständigkeiten im Planungsprozess bei ganzheitlicher Planung und Ausführung von WU-Betonkonstruktionen mit FBVS
Continued Table Z1. Orientation guide for responsibilities in the planning process for holistic planning and execution of water-impermeable concrete structures with pre-applied fully bonded membrane systems

S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Z	**Aufgabe**	**Baugrundgutachter**	**Bauphysiker**	**Bauherr**	**Objektplaner**	**Tragwerksplaner**	**WU-Planer[a)]**	**TA-Planer**	**Sachkundiger Pl.[b)]**	**Bauausführender[d)]**
16	Risikoverteilung FBVS-Ausführungsvariante FBVS-1 oder FBVS-2			V	M	M	M			M
17	Festlegung und Nachweis der Qualifikation des Personals für Planung und Ausführung mit FBVS				V		M		M	M
18	Planung erforderlicher Riss- und Fugendichtmaßnahmen				M	M	V		M	M
19	Planung Zugänglichkeit für Dichtmaßnahmen während der Nutzung				V		M	M		
20	Planung WU-verträglicher Oberflächenbeläge bzw. Oberflächenschutzsysteme		M	M	V					
21	Planung und Konstruktion Fugen: Dehn-/Arbeits-/Sollrissfugen (DF/AF/SF)				M	M	V			M[c)]
22	Detailplanung Fugen: DF/AF/SF				M	M	V			M
23	Planung FBVS-kompatible Dehnfugenausbildung, Durchdringungen, Übergänge				M	M	V			M
24	Planung Übergabekriterien zwischen den Ausführungstakten						V			M
25	Planung Heizungs-, Klima-, Lüftungskonzept				M			V		
26	Festlegung Betondruckfestigkeitsklasse					V				M
27	Rechenwert der Betonzugfestigkeit des jungen Betons					V	M			M
28	Betonzusammensetzung					M	M			V
29	Planung betontechnischer Maßnahmen für EGS sowie Konsistenzvorgaben für FBVS					M	V			M
30	Planung und Durchführung der Nachbehandlung									V
31	Festlegung Füllgut und Verfahren zur Abdichtung wasserführender Risse oder Fehlstellen				M	M	M		V	
32	Planung Zeitpunkt Abstellen der Wasserhaltung und Dichtigkeitsprüfung	M			M	V	M			M
33	Planung und Durchführung der Qualitätssicherung mit FBVS (u. a. Übergabekriterien, Trockenheits- und Scherfestigkeitsprüfung der Fügenähte, Checklisten usw.)				M		M			V

Anmerkung: Diese Aufgabe (29) wird hier nicht durch den Ersteller des WU-Konzepts übernommen. Die Hinzuziehung eines Betontechnologen wird empfohlen.

Anmerkung: Die Tabelle ist angelehnt an Tabelle A.1 aus der WU-Richtlinie [R1] mit grau hinterlegten Ergänzungen bzw. Änderungen für WU-Betonkonstruktionen mit FBVS. Für die Fortschreibung und Dokumentation (z. B. über mehrere Ausführungsverlaufsgespräche) wird empfohlen, eine Spalte „Festlegungen/Kommentare" zu ergänzen.

V: Verantwortung **M**: Mitwirkung

a) Objektplaner bzw. Tragwerksplaner kann auch der WU-Planer sein.
b) Sachkundiger Planer nach TR Instandhaltung [R19]
c) Mitwirkung des Bauausführenden nur bei Festlegung der Arbeitsfugen
d) ggf. unter Einbeziehung des FBVS-Fachverarbeitungsbetriebs und der Produkthersteller

2 BEDARFSPLANUNG UND NUTZUNGSANFORDERUNGEN

2.1 Bedarfsplanung

Bauteil Funktion	Lage (Achsen)	Kurz-bezeicnung	Tiefe RF OK Sohle	Besonderheiten Arbeitsstand
Lager UG2	I-M/10-18	FB1-UG2-L	-4,40	Lagerung hochwertiger Teile
Sanitärbereich UG2	J-M/18-25	FB1-UG2-S	-4,40	Sanitärbereich, Umkleiden
Grube 9	H-I/10-18	FB1-AG9	-4,40	Arbeitsstand / Hebestand
Grube 1	E-F/26-35	FB1-AG1	-1,78	Inspektion / Wartung / Besanden
Grube 2a	E-F/10-20		-0,11	Waschhalle, obere Grube
Grube 2b	E-F/10-20	FB1-AG2	-0,44	Waschhalle, untere Grube
Grube 3	D-E/28-35	FB1-AG3	-1,78	Grundreinigung
Grube 4a	D-E/15-17	FB1-AG4	-1,78	Radsatzbearbeitung
UFD Grube 4b	D-E/15-17	FB1-AG4	-1,78	Radsatzbearbeitung / UFD
UFD Grube 4c	D-E/15-17	FB1-AG4	-3,20	Radsatzbearbeitung / UFD
Grube 5	F-G/10-19	FB1-AG5	-1,78	Inspektion KD
Grube 6	F-G/26-35	FB1-AG6	-1,78	Arbeitsstand / Inspektion KD
Grube 7	G-H/10-18	FB1-AG7	-1,78	Arbeitsstand
~~**Grube 8**~~	~~I-J/10-18~~	~~FB1-AG8~~	~~-1,78~~	~~Arbeitsstand~~
~~**Grube 9**~~	~~H-I/10-18~~	~~FB1-AG9~~	~~-4,38~~	~~Arbeitsstand / Hebestand~~
Arbeitsstand 10	J-K/10-18		-0,11	Klebestand (ohne Grube)
Grube 11	H-I/27-35	FB1-AG11	-4,40	Arbeitsstand / Hebestand
Grube 12	G-H/27-35	FB1-AG12	-1,78	Arbeitsstand
Grube 13	C-D/29-36	FB1-AG13	-3,55	Blechbearbeitung
Grube 14	C-D/10-17		-0,11	Vorbereitungsstand ohne Grube
Grube 15a	C-D/17-24	FB1-AG15	-1,96	Lackierstand
Entlüftung 15b	C-E/18-23	FB1-AG15	-2,90	Lackierstand Entlüftung
Grube 16	H-J/20-21	FB1-AG16	-3,18	UMG Drehgestellheber 1+2
Grube 17	I-K/28-29	FB1-AG17	-3,18	Drehgestellheber 3+4
Grube 18	J-K/20-23	FB1-AG18	-1,63	Drehgestellprüfstand
Grube 19a	H-I/25-27	FB1-AG19	-0,50	Drehgestellreinigung WHG-Anf.
Gruben 19b	H-I/25-26	FB1-AG19	-1,95	Drehgestellreinigung WHG-Anf.
Grube 20	E-F/25-26	FB1-AG20	-1,00	UMG Radsatzdiagnose 2
Grube 21	E-F/20-21	FB1-AG21	-1,91	UMG Radsatzdiagnose 1
Grube 22	F-G/25-26	FB1-AG22	-1,00	UMG Achsenkurzschlußmesser
Sandsilo	A-B/35-36	FB1-SS1		Besandungsanlage
Aufzug-UF FB1	L-M/19&33	1X-GG-01	-0,11	Aufzugunterfahrten
Bodenplatte FB1	A-M/10-36	1X-GG-01	-0,11	Bodenplatte
Rampe				
Aufzug-UF FB4	L-M/19&33	4X-GF-02	-0,11	Aufzugunterfahrten
Stützwände FB5		5X-GW-01/02/03		Geländeabfangung
Sprinklertank	(alt N2/99´-110´)	(5X-GW-04)	(-5,00)	Ortbeton-Bauteil

Der Sprinklertank wurde im Zuge der Genehmigungs- und Ausführungsplanung der Abstellhalle FB3 in seiner Lage und Form geändert. Der Tank liegt nun innerhalb des Gebäudes FB3.
Die Grundrissform und Höhenlage wurde in diesem Zuge ebenfalls verändert.
Sprinklertank und Stützwände sind bereits ausgeführt.

2.2 Nutzungsanforderungen und Nutzungsklasse

Es erfolgt die Prüfung von Nutzungsanforderungen und gewünschtem Raumklima in Bezug auf:

- Wasserdurchtritt in flüssiger Form
- Luftfeuchtigkeit
- Festlegung zulässiger Grenzwerte
- Vorgaben zu flexibler Umnutzbarkeit

Demgemäß erfolgt die Einordnung der Bauteile in Nutzungsklasse A oder B

Anforderungen in Abhängigkeit von der Nutzung		
	Nutzungsklasse NK A	Nutzungsklasse NK B
Feuchtetransport in flüssiger Form	nicht zulässig	In begrenztem Maße zulässig
Feuchtestellen auf der Oberfläche	nicht zulässig, als Folge von Wasserdurchtritt	Zulässig, jedoch nur als feuchtebedingte Dunkelverfärbungen, ggf. auch Bildung von Wasserperlen, kein Wasserdurchtritt, kein Ablaufen oder Abtropfen , keine Pfützen
Übliche Bauteile / Bauwerke	Standard für Wohnungsbau, hochwertige Lagerräume	Tiefgaragen, normale Lagerräume, Installationsschächte und -kanäle

Die Nutzungsklasse A wird noch entsprechen der Art der Raumnutzung in Unterklassen unterteilt:

Differenzierung der Nutzungsklasse A in Abhängigkeit von raumseitigen Anforderungen				
NK	Raum-nutzung	Raumklima	Beispiele	Maßnahmen[2)]
A***	anspruchs-voll	warm, sehr geringe Luftfeuchte, geringe Toleranz der Klimadaten	Archive, Bibliotheken, Technikräume mit feuchteempfindlichen Geräten (Labor, Server usw.), Lager für stark feuchte- oder temperaturempfindliche Güter	Wärmedämmung (EnEV), Heizung, Zwangslüftung, Klimaanlage (Luftentfeuchtung)
A**	normal	Warm, geringe Luftfeuchte, mäßige Toleranz der Klimadaten	Räume für dauerhaften Aufenthalt von Menschen, wie Versammlungs-, Büro-, Wohn-, Aufenthalts-oder Umkleideräume, Verkaufsstätten, Lager für feuchteempfindliche Güter, Technikzentralen	Wärmedämmung (EnEV), Heizung, Zwangslüftung, ggf. Klimaanlage
A*	einfach	Warm bis kühl, normale Luftfeuchte, große Toleranz der Klimadaten	Räume für zeitweiligen Aufenthalt von wenigen Menschen, ausgebaute Kellerräume, wie Hobbyräume, Werkstätten, Waschküche im Einfamilienhaus, Wäschetrockenraum Abstellräume	Wärmedämmung ggf. ohne Heizung, natürliche Lüftung (Fenster, Lufttschächte, ggf. nutzerabhängig
A^{0} [1)]	untergeordnet	Keine Anforderungen	EinfacheTechnikräume, z.B. Hausanschlussraum	-

.1) entspricht der WU-Richtlinie 5.3.2 (2), u.U. ist eine Umstufung in NK B möglich
.2) Baukonstruktive Anforderungen an Zugänglichkeit der umschließenden Bauteile beachten

2.3 Abdichtungsart

Die Wasserdichtigkeit kann mittels „weißer Wanne“ oder „schwarzer Wanne“ erreicht werden. Bei der „weißen Wanne“ wird die Stahlbetonkonstruktion so ausgebildet, dass die Stahlbetonkonstruktion selbst die Abdichtungsfunktion erfüllt. Die „schwarze Wanne“ ist durch eine außerhalb der Tragkonstruktion liegende Abdichtung gekennzeichnet.

2.4 EnEV-Nachweis, Bemessung Wärmedämmung

Die Notwendigkeit einer Wärmedämmung wird im Rahmen der Untersuchungen der Thermischen Bauphysik geprüft. Erforderliche Wärmedämmungen werden in der Ausführungsplanung berücksichtigt.

3 BEANSPRUCHUNGSKLASSE UND BEMESSUNGSWASSERSTAND

3.1 Ermittlung der Beanspruchungsklasse (BAK)

Beansprungsklasse 1	**Beansprungsklasse 2**
Kontakt des Bauteils mit anstehendem Wasser	**Kontakt des Bauteils mit Feuchte oder herabsinkendem Wasser**
Drückendes Wasser: Grundwasser, Hochwasser, Schichtenwasser oder anderes Wasser, das einen hydrostatischen Druck ausübt (auch zeitlich begrenzt)	**Bodenfeuchte:** kapillar im Boden gebundenes Wasser
zeitweise aufstauendes Sickerwasser: Wasser, das sich auf wenig durchlässigen Bodenschichten ohne Dränung aufstauen kann, auch wenn die Bauwerkssohle mehr als 30 cm über Bemessungswasserstand liegt	**nichtstauendes Sickerwasser:** nur bei stark durchlässigem Boden oder dauerhaft rückstaufreier Dränage Wasser, das bei wenig durchlässigen Böden durch eine dauerhaft funktionierende Dränung abgeführt wird
nichtdrückendes Wasser, ausschließlich auf horizontale und geneigte Flächen Wasser in tropfbarer flüssiger Form mit geringem hydrostatischen Druck	

3.2 Ermittlung des Bemessungswasserstands

Der Bemessungswasserstand ist definiert als „...der höchste innerhalb der planmäßigen Nutzungsdauer zu erwartende Wasserstand (Grundwasser, Schichtenwasser, Hochwasser) unter Berücksichtigung langjähriger Beobachtungen und zukünftiger Gegebenheiten: der höchste planmäßige Wasserstand“.

Auszug aus Baugrundgutachten 316/3685 der BAUGRUND UND UMWELT GESELLSCHAFT mbH vom 20. März 2013 zum 2013 geplanten Ausbau und Erweiterung des Straßenbahnbetriebsbahnhofs Nord, August-Bebel-Damm 15, Magdeburg-Rothensee**:**

Aufgrund der Höhenlage des Untersuchungsgebietes und der vorhandenen Bodenschichtung können bei Hochwasserführung der Elbe gespannte Grundwasserverhältnisse auftreten. Zum Erkundungszeitpunkt wurde am Standort ein Grundwasseranschnitt jeweils unterhalb der Auetondeckschicht nachgewiesen.

Die Grundwasserstände im Bebauungsbereich wurden bei 40,8 bis 41,2 mHN im Januar 2013 und bei 41,4 bis 41,7 mHN im Februar 2013 eingemessen. Hier wirkten sich die im Erkundungszeitraum deutlich angestiegenen Wasserstände der Elbe aus.

Von einer ca. 1100 m nordöstlich gelegenen GWMS sind folgende Daten bekannt:
- HGW-Stand 42,90 mNN = 42,75 mHN
- MHGW-Stand 41,75 mNN = 41,60 mHN

Unter Berücksichtigung des nur geringen Fließgefälles wird im Baugrundgutachten von 2013 für den Betriebsbahnhof ein HGW Stand bei ca. 42,95 mHN als Bemessungsannahme empfohlen.

Auszug aus "Stellungnahme Nr. 471 3/13 zur Einschätzung der Standsicherheit des Straßenbahnbetriebshofes Nord unter Berücksichtigung des Hochwassers 2013 und im Hinblick auf zukünftig zu erwartende Hochwasser im Rahmen der Standsicherheit und Dauerhaftigkeit“ von Obering. Prof. Dr. Dieter Beyer vom 18. Juli 2013 (sinngemäß):

Folgendes wurde festgestellt,
- dass der gesamte Bereich - 60 bis 80 cm durch das Elbehochwasser (2013) überflutet wurde.
- dass der höchste Grundwasserstand 1974 mit rd. 50 cm unter OK-Gelände angenommen wurde. (Dieser Grundwasserstand entsprach den Erkenntnissen der damaligen Hochwasserstände der Elbe.

Es wurde dringend empfohlen, nach dem Hochwasser von 2013 die Bemessungsgrundwasserstände zu korrigieren.

Da noch keine Aktualisierung des Bemessungswasserstandes vorliegt, wird für den neu zu planenden Betriebshof Nord eine Annahme getroffen.

Ausgangswerte:

OK Gel Bestand	=	+43,50 bis +43,70 m üNHN
Hochwasser 2013:	=	60 bis 80 cm ü Gel
HHW (2013)	=	+44,30 m üNHN

Annahmen:

Bemessungswasserstand BHWS = HHW + 1,00 m = 45,30 m üNHN

3.3 Besonderheiten Straßenbahnbetriebshof Nord

Es handelt sich hierbei um den Bemessungshochwasserstand. Es kann nicht davon ausgegangfen werden, dass Risse in den WU-Betonkonstruktionen früh erkannt werden, da der Bemessungswasserstand nicht dauerhaft ansteht und sich daher die Risse nicht durch Feuchtestellen abzeichnen.

4 CHEMISCHE ZUSAMMENSETZUNG DES ANSTEHENDEN WASSERS

In Abhängigkeit von den chemischen (und weiteren) Eigenschaften ergeben sich für Stahlbetonkonstruktionen unterschiedliche Einwirkungen, die in Expositionsklassen unterschieden werden. Hieraus resultiereun unterschiedliche Anforderungen an die Stahlbetonkonstruktion:
- Mindestbetonfestigkeitsklasse
- Mindestbetondeckung der Bewehrung

4.1 Besonderheiten Straßenbahnbetriebshof Nord

Im Grundwasser sind gemäß o.g. Baugrundgutachten 316/3685 mäßig betonangreifende Eigenschaften zu verzeichnen, die den Selbstheilungsprozess des Betons (Entwurfsgrundsatz b) verhindern.

5 BAUTEILABMESSUNGEN UND LAGERUNGSBEDINGUNGEN

5.1 Bestimmung der Mindestbauteildicken

Bauteil	Beanspruchungsklasse (BAK)	Mindestbauteildicken in mm in Abhängigkeit von der Ausführungsart		
		Ortbeton	Elementwände	Fertigteile
Boden-platte	1 - Druckwasser	250		200
	2 - Bodenfeuchtigkeit, Sickerwasser	150		100
Wände	1 - Druckwasser	240	240	200
	2 - Bodenfeuchtigkeit, Sickerwasser	200	240	100

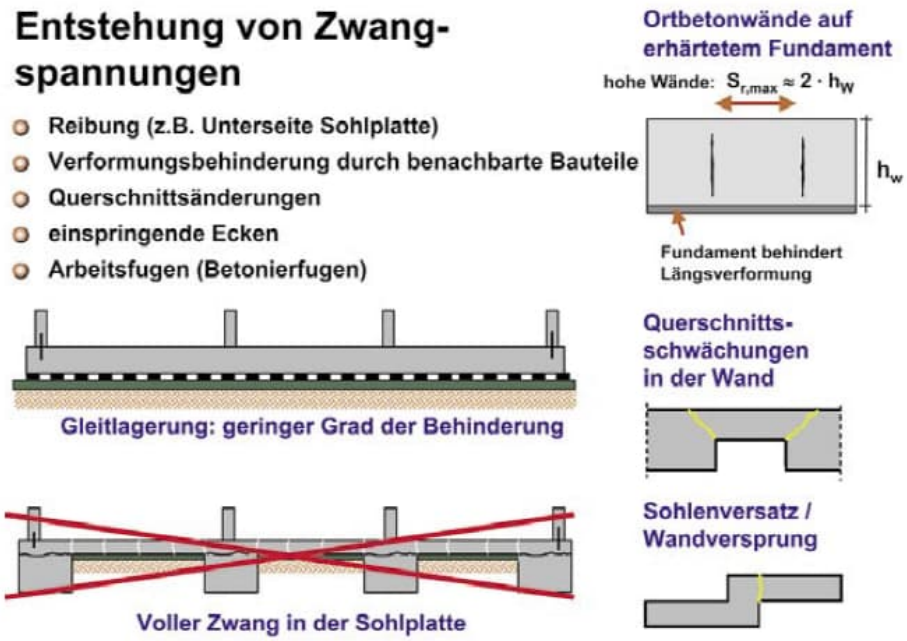
Bei Ausnutzung der Mindestbauteildicken nach Abschnitt (Abweichung < 15%) ist bei Beanspruchungsklasse 1 ein WU-Beton mit einem (w/z)eq ≤ 0,55 und bei Wänden zusätzlich ein Größtkorn der Gesteinskörnung Dmax ≤ 16 mm zu verwenden. Diese zusätzlichen Anforderungen sind in die Ausschreibung und in die Ausführungsunterlagen aufzunehmen.

5.2 Lagerungsbedingungen

Die Lagerungsbedingungen des Bauwerks als Ganzes werden maßgebend durch die Gliederungen der erdberührten Bereiche, die Eigenschaften der dort vorhandenen, konstruktionsbedingten Schichten (Dämmung, Sauberkeitsschicht, Gleitschichten), die Steifigkeitsverhältnisse des Baugrundes und der Gründungsabschnitte bestimmt.

Der Grad der Verformungsbehinderung und der hierdurch erzeugten Zwangbeanspruchungen ist abhängig von den Lagerungsbedingungen des Bauwerks als Ganzes und der einzelnen Bauteile.

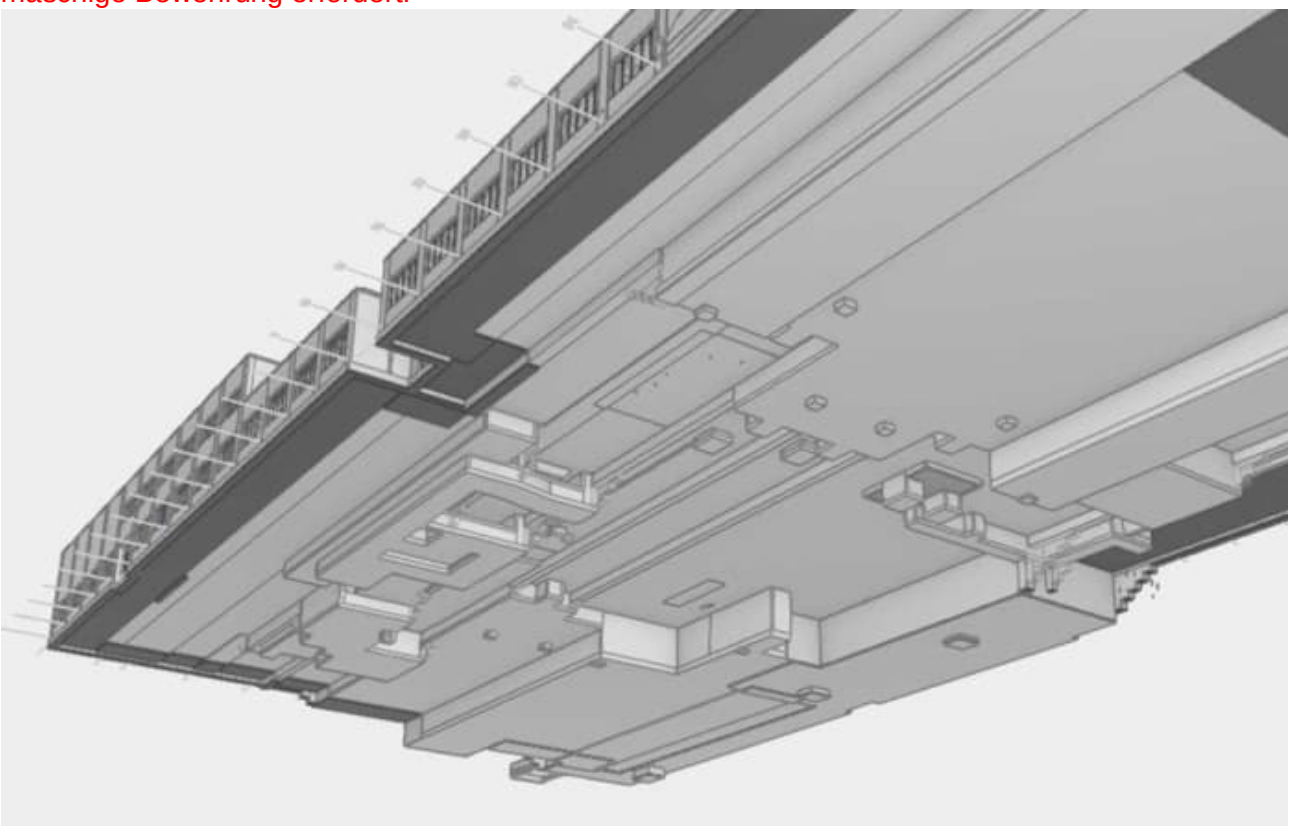
Zwangbeanspruchungen sind häufig Ursache von Rissbildungen in Betonbauwerken.



Quelle: Regelungen und Empfehlungen für wasserundurchlässige (WU-) Bauwerke aus Beton von Freimann: Beton-Informationen 3/4 – 2005

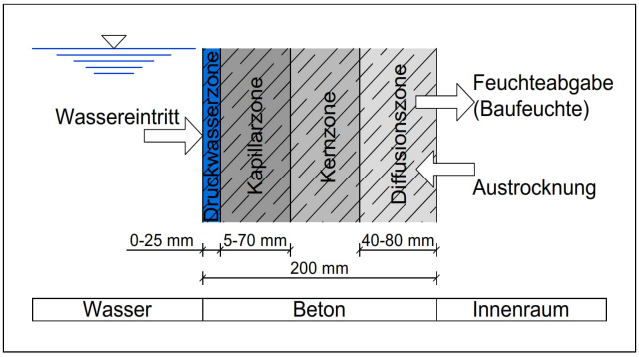
5.3 Besonderheiten Straßenbahnbetriebshof Nord

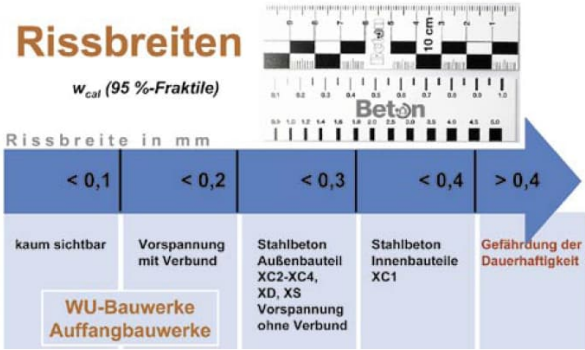
Geometrie: Aufgrund der nutzungsbedingten Konstruktion entsteht eine ungünstige Geometrie, die zu hohen Zwangsbeanspruchungen und einer erhöhten Rissanzahl führt sowie teilweise eng-maschige Bewehrung erfordert.



6 ENTWURFSGRUNDSATZ GEMÄß WU-RICHTLINIE

6.1 Trennrisse und Wassereindringvermögen





6.2 Entwurfsgrundsätze – Bauweisen

Alle WU-Betonkonstruktionen sollen eine einfache und eindeutige Lastabtragung ermöglichen. Zur Absicherung der Wasserundurchlässigkeit werden je nach Zulässigkeit und Abdichtung von Trennrissen 3 Entwurfsgrundsätze unterschieden.
a) „Risse vermeiden“ – Bauweise ohne unkontrollierte Trennrisse (Vermeidung von Zwang)
b) „Rissbreiten für Selbstheilung begrenzen“ – Bauweise mit zulässigen Rissbreiten nach WU-RiLi

c) „Einzelrisse zulassen und planmäßig abdichten“ - Bauweise mit Rissen und nachträgl. Dichtung.

Je nach Entwurfsgrundsatz und Nutzungsklasse und Beanspruchungsklasse müssen zur Erfüllung der Nutzungsanforderungen bei Biegerissen eine Mindestdruckzonenhöhe nachgewiesen sowie Trennrissbildung vermieden oder Rissbreiten begrenzt werden.

Bei Biegerissen ist zur Erfüllung der Anforderungen der Nutzungsklasse A für Beanspruchungsklasse 1 eine Mindesthöhe der Druckzone einzuhalten oder eine Begrenzung der Biegerissbreite vorzusehen. Für Nutzungsklasse B sowie für Beanspruchungsklasse 2 (unabhängig von der Nutzungsklasse) wird eine Mindestdruckzonenhöhe nicht gefordert.

6.3 Konsequenzen und Risiken aus der Wahl des Entwurfsgrundsatzes

a) Bauweise ohne unkontrollierte Trennrisse (Vermeidung von Zwang)

konstruktive Maßnahmen sofern möglich
- Lagerung mit geringer Verformungsbehinderung – wenig Bewehrung
- Anordnung von Sollbruchstellen (mit Fugenabdichtung) – viele Scheinfugen inkl. Abdichtung
- einfache und klare Lastführung

betontechnologische Maßnahmen
- Betonzusammensetzung
- Hydratationswärme / Festigkeitsentwicklung
- Schwinden

ausführungstechnische Maßnahmen,
- Betonierabschnitte, Hydratationsgassen
- Betonierzeitpunkt / Reihenfolge
- witterungsbedingte Schutzmaßnahmen
- Nachbehandlung

Entwurfsgrundsatz a ist aufgrund der nutzungsbedingten Geometrie der Gründung (viele Versprünge in Grundriss und Schnitt, damit Verformungsbehinderung) nicht möglich.

b) Bauweise mit Trennrissbreiten nach Tab. 2 der WU-RiLi und Selbstheilung der Risse klassische Weiße Wanne

Aufnahme von Zwang durch Mindestbewehrung
- voller Zwang – viel Bewehrung

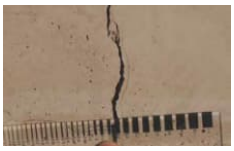
zulässige Rissbreiten ermöglichen Selbstheilung
- anfangs begrenzter Wasserdurchtritt
- Selbstheilung nach 10-50 Tagen Durchströmung

wasserführende Risse sind zu schließen
(für Nutzungsklasse A bedingt tauglich, raumklimatische Maßnahmen erforderlich)

Entwurfsgrundsatz b mit dem Ziel der Selbstheilung der Risse ist nur für Nutzungsklasse B und u. U. während der Bauzeit anwendbar.

Entwurfsgrundsatz b ist aufgrund der betonangreifenden Eigenschaften des Grundwassers und den wechselnden Wasserständen nicht möglich.

c) Bauweise mit Trennrissen und nachträglicher Dichtung wasserführender Risse



Ausführung eines „normalen“ Betonbauwerkes mit „WU-Beton“ – ohne Scheinfugen
- Rissbreitenbegrenzung gemäß Expositionsklasse
- Stahlbeton wk = 0,3 – wenig Bewehrung

wasserführende Trennrisse sind planmäßig nachträglich abzudichten
- Betonierfugen sind mit Fugenabdichtung zu planen.
- Rissverpressung
- Nachträgliche Abdichtung ist planmäßiger Bestandsteil der Baumaßnahme

Nachteile: für Nutzungsklasse A bedingt tauglich, dauerhafte Zugänglichkeit erforderlich, Ästhetik

Entwurfsgrundsatz c ist nur für Bauteile möglich, die für eine planmäßige Rissbehandlung zugänglich sind.

Können entstehende Risse im Beton können nicht frühzeitig genug mit Sicherheit erkannt und verpresst werden, kann die planmäßige Rissverpressung durch den Einsatz eines Frischbetonverbundsystems (FBVS) in Verbindung mit der WU-Konstruktion kompensiert werden.

Das Frischbetonverbundsystem (FBVS) ersetzt dabei NICHT die sorgfältige Planung und Ausführung der WU-Betonkonstruktion. Das FBVS erfüllt gemäß DBV-Merkblatt seine abdichtungsfunktion nur im Zusammenspiel mit der sorgfältig geplanten und ausgeführten WU-Betonkonstruktion.

7 BISHERIGE ABSTIMMUNGEN UND ENTSCHEIDUNGEN

7.1 Abstimmungen und Entscheidungen zu den WU-Bauteilen der Genehmigungsplanung

Im Zuge der Genehmigungsplanung wurde 2020 das erste WU-Konzept erstellt und abgestimmt. Hierin wurden alle im UG befindlichen Räume in NK B eingeordnet und entsprechend geplant.

Die ersten Bauherrenabstimmungen fanden am 26.06.2019 statt.
Die Abstimmungsergebnisse wurden am 25.06.2020 durch den Bauherrn bestätigt.
Aufgrund einer Vielzahl von Änderungen (u.A. hinzugekommens hochwertiges Untergeschoss) wurde eine erneute Abstimmung mit dem Bauherrn durch PXG und IB SGS am 23.10.2024 durchgeführt. Die im Anhang beigefügte Präsentation beinhaltet allgemeine Erläuterungen sowie bauteilbezogene Erläuterungen zur umfassenden Beratung des Bauherrn und Entscheidungsfindung. Die „Aktuell geplante Ausführung“ wurde jeweils durch den Bauherrn bestätigt.

Für das 2021 neu hinzugekommene hochwertig genutzte 2. UG kann Entwurfsgrundsatz b nicht angewendet werden. Da die Grundwasserstände stark veränderlich sind (Hochwassergefahren), wird ggf. eine Selbstheilung des Betons nicht vor Nutzungsbeginn erfolgen. Hierfür wird die Bauweise mit Trennrissen nach Entwurfsgrundsatz c mit zusätzlichem Einsatz eines Frischbetonverbundsystems (FBVS) gewählt und vorab 2023 vom Bauherrn bestätigt.

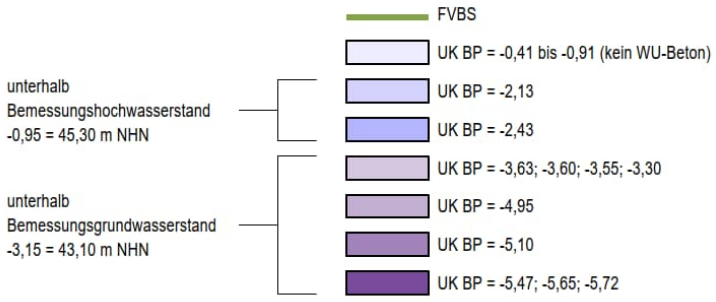
Die WU-Abstimmung und WU-Planung wird begleitet durch die Beratung von Herrn Zitzelsberger (IB SGS). Für die Entscheidungsfindung auf Bauherrenseite, für die Planung und Ausschreibung der mit dem Einbau des FBVS verbundenen Leistungen wurden entsprechende Dokumentationen zur Verfügung gestellt (sh. Anlagen).

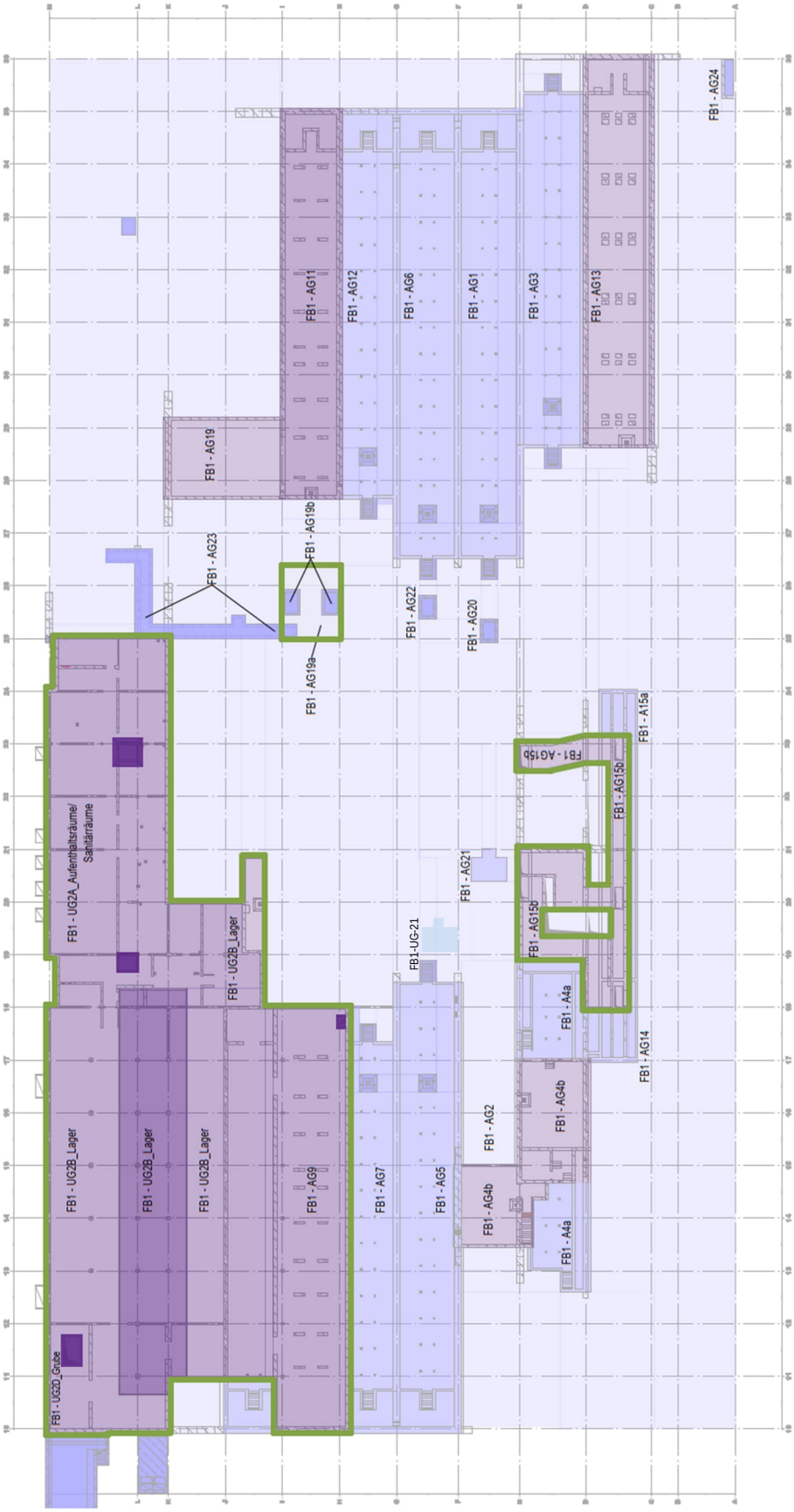
Für die UG-Bereiche, die nicht hochwertig genutzt werden, wurde in der Planung von 2020 Entwurfsgrundsatz b gewählt. Da das Grundwasser betonaggresiv ist, kann keine Selbstheilung des Betons infolge Wasserdurchströmung von außen (aus der Baugrube in die Arbeitsgruben) erfolgen. Die Zuverlässigkeit der chemischen Zusammensetzung des Wassers hinsichtlich Rissheilung ist bei Flutung von außen nicht gegeben. Das gewünschte Ergebnis (Selbstheilung des Betons) kann nicht sichergestellt werden. Entstehende Risse im Beton können nicht frühzeitig genug mit Sicherheit erkannt und verpresst werden. Nach Abstimmung mit der Objektplanung und dem Bauherrn wurde 2020 das Fluten der Arbeitsgruben von innen als einzige technisch und wirtschaftlich ausführbare Lösung abgestimmt. Allerdings liegen hierzu bisher in der Literatur und in der Praxis keine Erfahrungen vor.

Zur Minimierung des Risikos wird nach intensiver Beratung der Beteiligten (Objektplaner, WU-Berater und WU-Planer (Ersteller des WU-Konzepts) im Zuge der Neubetrachtung 2024 für die UG-Bereiche, die nicht hochwertig genutzt werden, ebenfalls Entwurfsgrundsatz c (**nicht** wie ursprünglich gewählt Entwurfsgrundsatz b) vorgeschlagen. Alle Risse im Beton müssen bauzeitlich verpresst sowie ggf. während der gesamten Nutzungsdauer wiederholt nachverpresst werden.

7.2 Übersicht WU-Bauteile aktualisiert

Die WU-Betonkonstruktionen befinden sich in unterschiedlichen Gründungstiefen und sind damit unterschiedlichen Gefährdungen ausgesetzt:




FB1 - AG24
FB1 - AG13
FB1 - AG3
FB1 - AG1
FB1 - AG6
FB1 - AG12
FB1 - AG11
FB1 - AG19
FB1 - AG19b
FB1 - AG23
FB1 - AG19a
FB1 - AG22
FB1 - AG20
FB1 - A15a
FB1 - AG15b
FB1 - AG15b
FB1 - UG2A_Aufenthaltsräume/ Sanitärräume
FB1 - AG21
FB1 - UG2B_Lager
FB1-UG-21
FB1 - AG15b
FB1 - A4a
FB1 - AG14
FB1 - AG4b
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - AG9
FB1 - AG7
FB1 - AG5
FB1 - AG2
FB1 - AG4b
FB1 - A4a
FB1 - UG2D_Grube

7.3 Einordnungen der WU-Betonkonstruktionene und Empfehlungen

In den folgenden Tabellen erfolgt die Prüfung von Nutzungsanforderungen und die Zuordnung der Bauteile in Nutzungsklasse (NK) A oder B, die Wahl der Abdichtungsart und Beanspruchungsklasse (BAK) 1 oder 2 sowie die Empfehlung des Entwurfsgrundsatzes.

Zuordnung der Bauteile in Nutzungsklasse (NK) A oder B

OKG Bestand: +43,50 müNHN bis +43,70 müNHN
OKFF neu: ±0,00 = +46,25 müNHN
HHW: +44,30 müNHN **BWS:** +45,30 müNHN HGW = -0,95 m

Bauteil Kurzbezeichn. Funktion	WU-Position	UK Bauteil	Feuchtetransport n = nicht zulässig b = begrenzt zul.	Feuchtestellen n = nicht zulässig D = Dunkelverf.	Umnutzbarkeit j = erforderlich n = nicht erforderl.	Empfohlene NK	gewählte NK	Abdichtungsart WU - WU-Beton AA - Außenl. Abd.	Wasserdruckhöhe h	Bauteilkontakt D = Drückend. W. F = Bodenfeuchte	Beanspruchungs-klasse BAK	Bauteil BP - Bodenplatte W - Wand	O = Ortbeton F = Fertigteil	Empfehlung Entwurfsgrundsatz
		[m]	n / b	n / D	j / n	A/B	A/B	WU/AA	[m]	D / F	1 / 2	BP / W	O / F	a / b / c
Lager 1 / Sanitärräume	1N-UG2B-60							WU+						
FB1-UG2B_Lager	Lagersohle	-5,00	n	n	n	A	A	FBVS	4,05	D	1	BP	O	c
	1N-UG2B-75							WU+						
	Sohle verstärkt	-5,15	n	n	n	A	A	FBVS	4,20	D	1	BP	O	c
Hubtisch	1N-UG2B-HT							WU+						
	Sohle Hubtisch	-6,12	n	j	n	A	A	FBVS	5,17	D	1	BP	O	c
Hebeanlage	1N-UG2B-75							WU+						
	Sohle Hebeanl.	-5,47	n	j	n	A	A	FBVS	4,52	D	1	BP	O	c
Aufzug	1N-UG2B-75							WU+						
	Sohle Aufzug	-5,70	n	j	n	A	A	FBVS	4,75	D	1	BP	O	c
	1N-UW2B-80							WU+						
	Lagerwand	-4,40	n	n	n	A	A	FBVS	3,45	D	1	W	O	c
	1N-UW2B-60							WU+						
	Hebeanlage	-4,40	n	n	n	A	A	FBVS	3,45	D	1	W	O	c
	1N-UW2B-40							WU+						
	Lagerwand	-4,40	n	n	n	A	A	FBVS	3,45	D	1	W	O	c
	1N-UW2B-30							WU+						
	Wand Hubtisch	-5,82	n	n	n	A	A	FBVS	4,87	D	1	W	O	c
Grube 1	1H-UG-01													
FB1-AG1	Grubensohle	2,13	b	D	j	B	B	WU	0,00	F	2	BP	O	c
Besanden	1H-UW-01													
	Grubenwand	-1,78	b	D	j	B	B	WU	0,83	D	1	W	O	c
Grube 2	1H-UW-02b													
FB1-AG2	Grubenwand	-0,41	b	D	n	B	B	WU	0,00	F	2	W	O	c
Waschhalle	1H-UG-02b													
	Grubensohle	-0,76	b	D	n	B	B	WU	0,00	F	2	BP	O	c
Trockeneis - CO2	1H-UD-02a													
Salz / Säure	Tragplatte	-0,44	b	D	n	B	B	WU	0,00	F	2	BP	O	c
Grube 3	1H-UG-01													
FB1-AG3	Grubensohle	-2,13	b	D	j	B	B	WU	1,18	D	1	BP	O	c
Grundreinigung	1H-UW-01													
	Grubenwand	-1,78	b	D	j	B	B	WU	0,83	D	1	W	O	c
Grube 4a	1H-UG-04a													
FB1-AG4	Grubensohle	-2,13	b	D	n	B	B	WU	1,18	D	1	BP	O	c
UFD	1H-UW-04a													
	Grubenwand	-1,78	b	D	n	B	B	WU	0,83	D	1	W	O	c
Grube 4b	1H-UG-04b													
FB1-AG4	Grubensohle	-3,25	b	D	n	B	B	WU	2,30	D	1	BP	O	c
UFD	1H-UW-04b													
	Grubenwand	-3,20	b	D	n	B	B	WU	2,25	D	1	W	O	c
Gruben 5-6, 12	1H-UG-01													
FB1-AG5, 6, 12	Grubensohle	-2,13	b	D	j	B	B	WU	1,18	D	1	BP	O	c
Inspektions /	1H-UW-01													
Arbeitsstände	Grubenwand	-1,78	b	D	j	B	B	WU	0,83	D	1	W	O	c
Grube 7	1H-UG-01													
FB1-AG7	Grubensohle	-2,13	b	D	j	B	B	WU	1,18	D	1	BP	O	c
Inspektions /	1H-UW-01													
Arbeitsstände	Grubenwand	-1,78	b	D	j	B	B	WU	0,83	D	1	W	O	c
Grube 8 - Decke ü UG2	kein WU-Beton													
FB1-AG8														
Grube 9	1H-UG-09													
FB1-AG9	Grubensohle	-5,00	n	n	n	B	B	WU	4,05	D	1	BP	O	c
Hebestand	1H-UW-09													
	Grubenwand	-4,40	n	n	n	B	B	WU	3,45	D	1	W	O	c
Klebestand 10	kein WU-Beton													
FB1-AG10														

Bauteil Kurzbezeichn. Funktion	WU-Position	UK Bauteil	Feuchtetransport n = nicht zulässig b = begrenzt zul.	Feuchtestellen n = nicht zulässig D = Dunkelverf.	Umnutzbarkeit j = erforderlich n = nicht erforderl.	Empfohlene NK	gewählte NK	Abdichtungsart WU - WU-Beton AA - Außenl. Abd.	Wasserdruckhöhe h	Bauteilkontakt D = Drückend. W. F = Bodenfeuchte	Beanspruchungs-klasse BAK	Bauteil BP - Bodenplatte W - Wand	O = Ortbeton F = Fertigteil	Entwurfsgrundsatz
		[m]	n / b	n / D	j / n	A/B	A/B	WU/AA	[m]	D / F	1 / 2	BP / W	O / F	a / b / c
Grube 11	1H-UG-11													
FB1-AG11	Grubensohle	-5,00	b	D	n	B	B	WU	4,05	D	1	BP	O	c
Hebestand	1H-UW-11													
	Grubenwand	-4,40	b	D	n	B	B	WU	3,45	D	1	W	O	c
Grube 13	1H-UG-13													
FB1-AG13	Grubensohle	-4,00	b	D	n	B	B	WU	3,05	D	1	BP	O	c
Blechbearbeitung	1H-UW-13													
	Grubenwand	-3,55	b	D	n	B	B	WU	2,60	D	1	W	O	c
Grube 14	kein WU-Beton													
FB1-AG14														
Grube 15a	1H-UG-15a													
FB1-AG15a	obere Sohle	-2,26	b	D	n	B	B	WU	1,31	D	1	BP	O	c
Lackierstand	1H-UW-15a													
	obere Wände	-1,96	b	D	n	B	B	WU	1,01	D	1	W	O	c
Entlüftung	1H-UG-15b													
Grube 15b	untere Sohle	-3,30	b	D	n	B	B	WU	2,35	D	1	BP	O	c
	1H-UW-15b													
	untere Wände	-2,90	b	D	n	B	B	WU	1,95	D	1	W	O	c
Grube 16	1H-UG-16													
FB1-AG16	Grubensohle	-3,48	b	D	n	B	B	WU	2,53	D	1	BP	O	c
Drehgestellheber 1+2	1H-UW-16													
	Grubenwand	-3,18	b	D	n	B	B	WU	2,23	D	1	W	O	c
Grube 17	1H-UG-16													
FB1-AG17	Grubensohle	-3,48	b	D	n	B	B	WU	2,53	D	1	BP	O	c
Drehgestellheber 3+4	1H-UW-16													
	Grubenwand	-3,18	b	D	n	B	B	WU	2,23	D	1	W	O	c
Grube 18	1H-UG-01													
FB1-AG18	Grubensohle	-1,93	b	D	j	B	B	WU	0,98	D	1	BP	O	c
Drehgestellprüfst.	1H-UW-01													
	Grubenwand	-1,63	b	D	j	B	B	WU	0,68	D	1	W	O	c
Grube 19a	1H-UG-19a							WU+						
FB1-AG19	Grubensohle	-0,90	b	D	n	B	B	FBVS	0,00	F	2	BP	O	c
Drehgestellreinig.	1H-UW-19a							WU+						
mit WHG-Beschichtung	Grubenwand	-0,50	b	D	n	B	B	FBVS	0,00	F	2	W	O	c
Grube 19b	1H-UG-19b							WU+						
FB1-AG19	Grubensohle	-2,40	b	D	n	B	B	FBVS	1,45	D	1	BP	O	c
Drehgestellreinig.	1H-UW-19b							WU+						
mit WHG-Beschichtung	Grubenwand	-1,95	b	D	n	B	B	FBVS	1,00	D	1	W	O	c
Grube 20	1H-UG-20													
FB1-AG20	Grubensohle	-1,40	b	D	n	B	B	WU	0,45	D	1	BP	O	c
Radsatzdiagnose 2	1H-UW-20													
OS	Grubenwand	-1,10	b	D	n	B	B	WU	0,15	D	1	W	O	c
Grube 21	1H-UG-21													
FB1-AG21	Grubensohle	-1,21	b	D	n	B	B	WU	0,26	D	1	BP	O	c
Radsatzdiagnose 1	1H-UW-21													
OS	Grubenwand	-1,91	b	D	n	B	B	WU	0,96	D	1	W	O	c
Grube 22	1H-UG-22													
FB1-AG22	Grubensohle	-1,40	b	D	n	B	B	WU	0,45	D	1	BP	O	c
Achsenkurzschlussmesser	1H-UW-22													
OS	Grubenwand	-1,10	b	D	n	B	B	WU	0,15	D	1	W	O	c
Versorgungs-	1H-UG-23													
kanal	Grubensohle	-2,26	b	D	n	B	B	WU	1,31	D	1	BP	O	c
FB1	1H-UW-23													
	Grubenwand	-1,91	b	D	n	B	B	WU	0,96	D	1	W	O	c
Versorgungs-	1H-UG-24													
schacht 1	Grubensohle	-1,76	b	D	n	B	B	WU	0,81	D	1	BP	O	c
FB1	1H-UW-24													
	Grubenwand	-1,46	b	D	n	B	B	WU	0,51	D	1	W	O	c
Sandsilo	1H-EW-20													
	Silotrichterw.	1,00	b	D	n	B	B	WU	0,00	F	2	W	O	c
	1H-EW-20													
	Silowand	1,50	b	D	n	B	B	WU	0,00	F	2	W	O	c

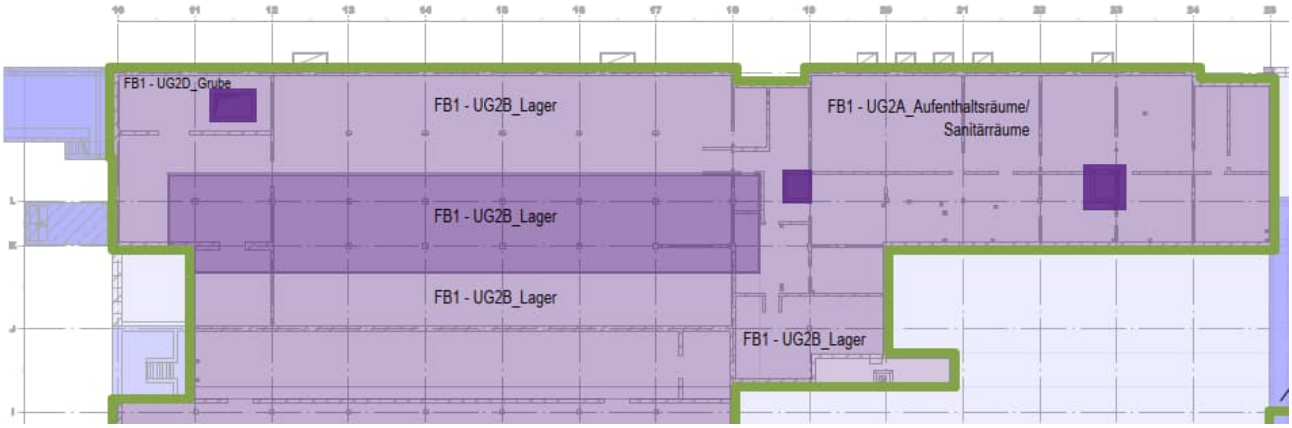
Bauteil Kurzbezeichn. Funktion	WU-Position	UK Bauteil	Feuchtetransport n = nicht zulässig b = begrenzt zul.	Feuchtestellen n = nicht zulässig D = Dunkelverf.	Umnutzbarkeit j = erforderlich n = nicht erforderl.	Empfohlene NK	gewählte NK	Abdichtungsart WU - WU-Beton AA - Außenl. Abd.	Wasserdruckhöhe h	Bauteilkontakt D = Drückend. W. F = Bodenfeuchte	Beanspruchungs-klasse BAK	Bauteil BP - Bodenplatte W - Wand	O = Ortbeton F = Fertigteil	Entwurfsgrundsatz
		[m]	n / b	n / D	j / n	A/B	A/B	WU/AA	[m]	D / F	1 / 2	BP / W	O / F	a / b / c
Aufzugs-Unterfahrten	1N-UG-01 Grubensohle	-1,45	b	D	n	B	B	WU	0,50	D	1	BP	O	c
FB1	1N-UW-01 Grubenwand	-1,15	b	D	n	B	B	WU	0,20	D	1	W	O	c
Bodenplatte Werkstatt	1X-GG-01	-0,41	b	D	n	B	B	WU	0,00	F	2	BP	O	c
Rampe	1N-UG-20 Rampensohle	1,75	b	D	n	B	B	WU	0,00	F	2	BP	O	c
	1N-UW-20 Rampenwand	-1,15	b	D	n	B	B	WU	0,20	D	1	W	O	c

7.4 Risikobetrachtung

Es erfolgte eine Risikobetrachtung für die jeweiligen Bauteile zur Abwägung für den Bauherrn. Diese bildete die Grundlage für die Bauherrenabstimmung und wurde in übersichtlicher Form als Präsentation für den Termin am 23.10.2024 (Anlage zum WU-Konzept) aufbereitet.

Die „Aktuell geplante Ausführung“ wurde durch den Bauherrn per E-Mail am 06.11.2024 bestätigt.

7.4.1 Hochwertiges Untergeschoss für Lager und Sanitärräume – FB1-UG2A, FB1-UG2B



Umkleide-/Sanitärräume und Lager für feuchteempfindliche Güter sind in Nutzungsklasse A** einzuordnen und demgemäß mit Wärmedämmung, Heizung und Zwangslüftung (ggf. Klimaanlage) auszustatten. Die Kubatur verspringt in Grund- und Aufriss, so dass hohe Zwangskräfte entstehen. OKRF liegt bei -4,40 m und damit 3,45 m unterhalb Bemessungshochwasserstand (BHWS = -0,95). Der Bereich Hubtisch liegt mit OKRF bei -5,82 m und damit 4,87 m unterhalb BHWS. Die Bereiche Aufzugsunterfahrt (OKRF bei -5,40 m) und Hebeanlage OKRF bei -5,17 m) liegen ebenfalls mehr als 4 m unterhalb BHWS. Gleichzeitig bilden diese 3 Gruben zusammen mit einigen Pumpensümpfen jeweils Festhaltepunkte für die Bodenplatte des Untergeschosses. Eine zwangfreie Konstruktion ist nicht herstellbar.

Die Grundwasserstände liegen ca. 3,00 m tiefer als der BHWS. Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass während der Bauzeit des UG2 in der Baugrube Wasser bis zum Bemessungsgrund-/-hochwasserstand ansteht. Wenn dies der Fall wäre, müsste zur Auftriebssicherung das UG2 ebenfalls zumindest teilweise geflutet werden, um es gegen Auftrieb zu sichern. Ein ausreichender Wasserdurchtritt zur Selbstheilung des Betons ist in keinem Fall gewährleistet.

Die vorliegende Gebäudegeometrie und Gebäudeanforderungen bei gleichzeitig vorliegenden sehr ungünstigen Randbedingungen ermöglichen keine WU-Richtlinien-konforme WU-Betonkonstruktion (sh. Kapitel 1.6). Gleichzeitig ist das Schadenspotential bei wiederholt eintretendem Wasser sehr hoch, da die Abdichtung von aufgetretenen Rissen mit großflächigen Reparaturmaßnahmen und Nutzungsausfall verbunden wäre.

Im Ergebnis der Beratungen zwischen Architekt, Tragwerksplaner, WU-Berater wird vorgeschlagen, das hochwertige UG mit Lager, Sanitär- und Umkleideräumen als WU-Betonkonstruktion nach Entwurfsgrundsatz c (soweit möglich) auszubilden und mit einem Frischbetonverbundsystem auszustatten.

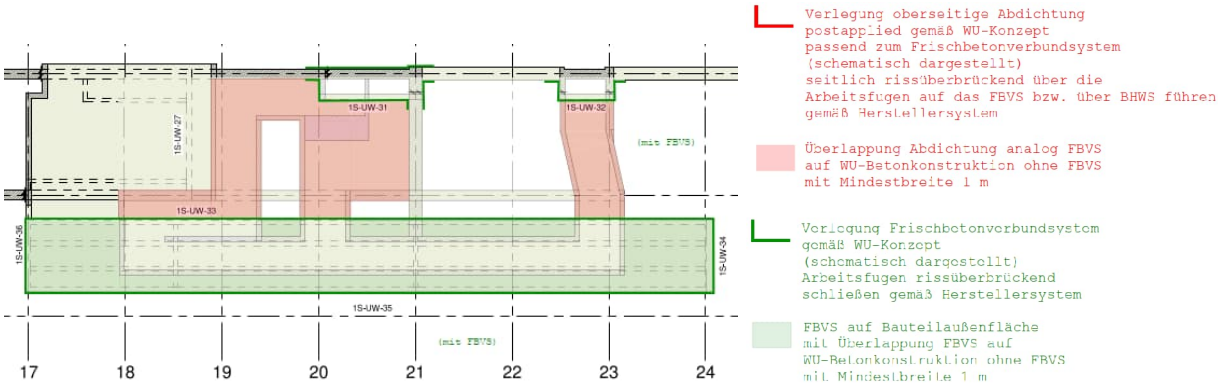
Nach EGc sind Risse planmäßig zu verpressen. Es ist wahrscheinlich, dass ein Großteil der Risse nicht rechtzeitig gefunden wird und nicht verpresst werden kann, da in der Baugrube kein Wasser ansteht. Um zu vermeiden, dass durch nicht rechtzeitig erkannte und verpresste Risse im Nutzungszeitraum wiederholt Wasser eindringen würde, was wiederholt zu Reparaturmaßnahmen mit sehr hohem Aufwand und Nutzungsausfall führen würde, wird ein Frischbetonverbundsystem (FBVS) eingebaut. Das FBVS kompensiert die Verpressung von Rissen, da diese nicht zuverlässig erkennbar sind. **Die Rissverpressung ist damit für die Bereiche mit FBVS nicht erforderlich.**

7.4.2 Hebergrube FB1-AG9

Die Hebergrube 9 grenzt unmittelbar an das hochwertige UG an. OKRF liegt ebenfalls bei -4,40 m und damit 3,45 m unterhalb Bemessungshochwasserstand (BHWS = -0,95).

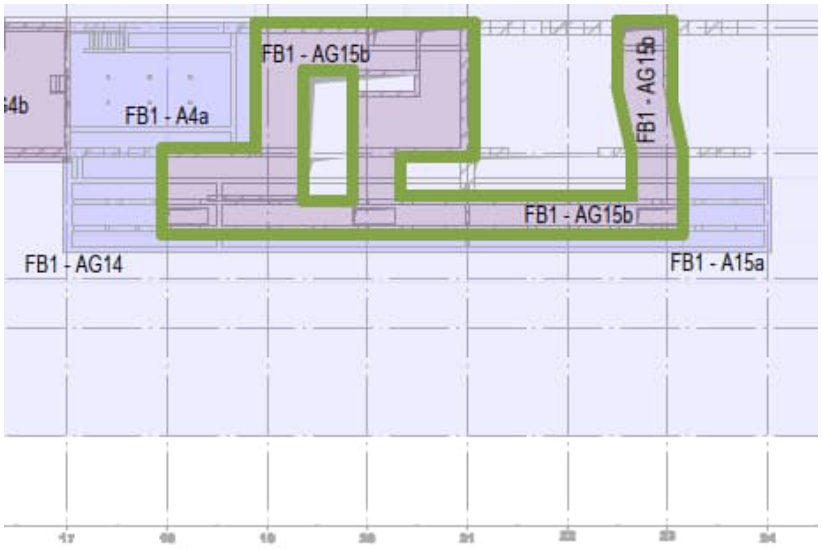
Im Ergebnis der Beratungen zwischen Architekt, Tragwerksplaner, WU-Berater wird vorgeschlagen, die Hebergrube zusammen mit dem hochwertigen UG als WU-Betonkonstruktion nach Entwurfsgrundsatz c (soweit möglich) auszubilden und mit einem Frischbetonverbundsystem als Kompensationsmaßnahme anstelle Rissverpressung auszustatten. Die Rissverpressung ist dadurch nicht erforderlich.

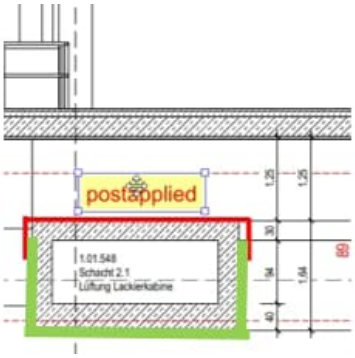
7.4.3 Luftkanäle Lackieranlage FB1-AG15a/b



Grundriss UG1

Die Lackieranlage hat eine Grube FB1-AG15a (OKRF -1,96 m und damit 1,01 m unterhalb BHWS).





Grundriss UG2 *Prinzipschnitt Luftkanal 2.UG*

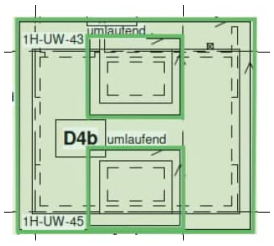
Die Be- und Entlüftung der Grube erfolgt durch unterirdische Luftkanäle FB1-AG15b (OKRF -2,90 m und damit 1,95 m unterhalb BHWS). Die Luftkanäle haben Anforderungen an die Luftqualität (Luftfechte) und sind aufgrund ihrer Geometrie (lichte Höhe 0,84 m) schwer zugänglich für Verpressarbeiten. Gleichzeitig besteht das Risiko eines Nutzungsausfalls der Lackierkabine bei eventuellem Wasserdurchtritt.

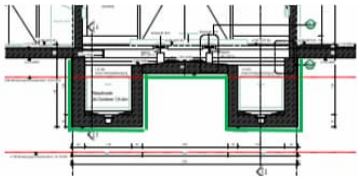
Im Ergebnis der Beratungen zwischen Architekt, Tragwerksplaner, WU-Berater wird vorgeschlagen, die Luftkanäle als WU-Betonkonstruktion nach Entwurfsgrundsatz c (soweit möglich) auszubilden und Bodenplatte und Wände mit einem Frischbetonverbundsystem als Kompensationsmaßnahme anstelle Rissverpressung auszustatten. Die Rissverpressung ist dadurch nicht erforderlich.

Die Decke der Luftkanäle sollte ein nachträgliches Abdichtungssystem passend zur FBVS erhalten (postapplied).

Die Anschlüsse an angrenzende Bauteile sind durch den AN in Abhängigkeit von der Betonierreihenfolge und Technologie zu planen.

7.4.4 Grube Drehgestellreinigung FB1-AG19a/b



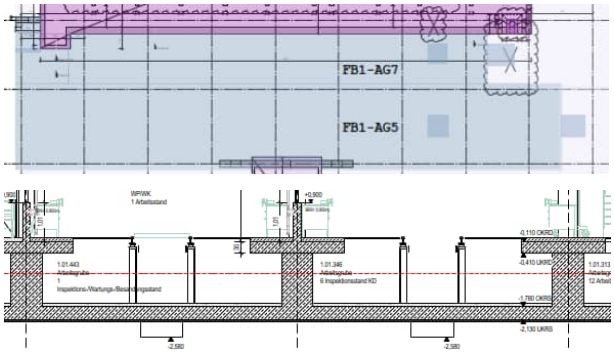


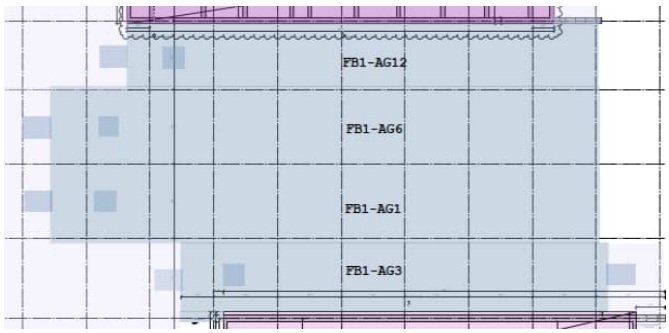
Die Drehgestellreinigung hat eine Grube FB1-AG19a (OKRF -0,85 m und damit oberhalb BHWS). Nach Wasserhaushaltsgesetz ist das gesamte Bauwerk als WU-Beton-Konstruktion zu errichten.

Im Ergebnis der Beratungen zwischen Architekt, Tragwerksplaner, WU-Berater wird vorgeschlagen, die Grube als WU-Betonkonstruktion nach Entwurfsgrundsatz c (soweit möglich) auszubilden und mit einem Frischbetonverbundsystem als Kompensationsmaßnahme anstelle Rissverpressung auszustatten.

7.4.5 Arbeitsgruben FB1-AG1, FB1-AG3, FB1-AG5, FB1-AG6, FB1-AG7 und FB1-AG12

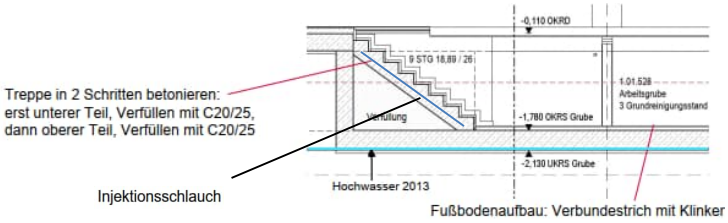
Die Arbeitsgruben 1, 3, 5, 6, 7und 12 sind ähnlich. OKRF liegt bei -1,78 m und damit 0,83 m unterhalb Bemessungshochwasserstand (BHWS = -0,95). Jede Grube hat einen Pumpensumpf mit OKRF -2,13 m und damit 1,13 m unterhalb BHWS). Für eine 100%-ige Sicherheit vor eindringendem Wasser wäre auch für die Arbeitsgruben ein FBVS erforderlich, jedoch auch mit hohen Herstellungskosten verbunden. Aufrund der Anzahl und gleicher Nutzbarkeit der Arbeitsgruben erscheint hier eine Redundanz vorhanden zu sein. Ein eventueller Nutzungsausfall einzelner oder mehrere Arbeitsgruben kann erst ab einem mit dem HW 2013 vergleichbaren Hochwasser eintreten. Außerdem sind die Arbeitsgruben nutzungsbedingt feucht von oben (Tropfwasser, Schnee). Der Grubenboden erhält einen Fußbodenaufbau, der bei evtl. Wassereindringen die Auffindung des undichten Risses erleichtert und dann kleinflächig zur Rissverpressung freigestemmt und anschließend erneuert werden muss. Damit hält sich der Instandsetzungsaufwand in Grenzen.





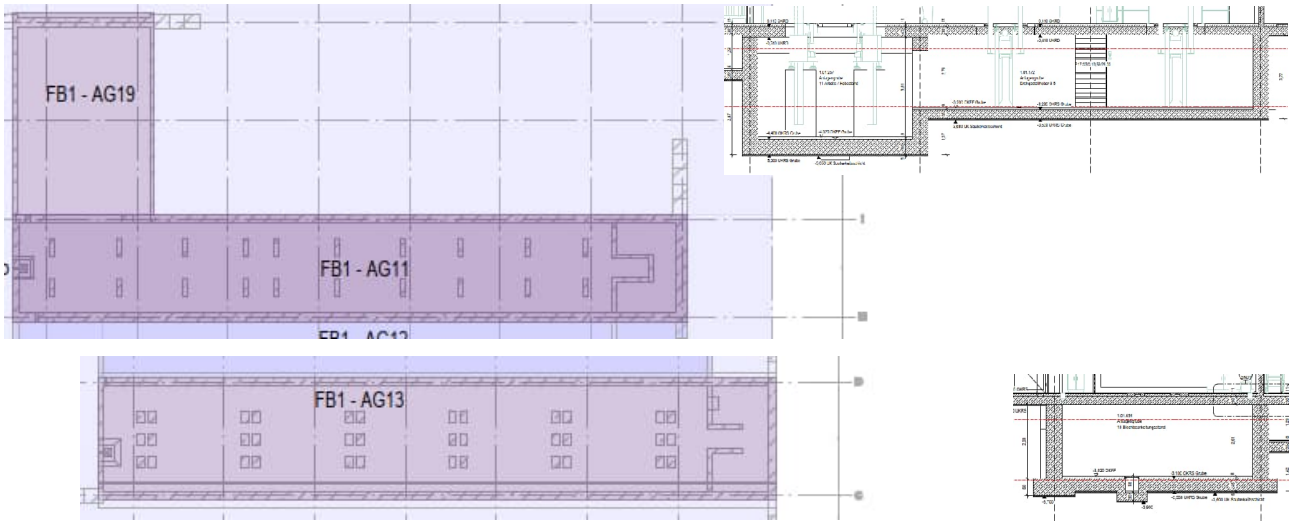
Im Ergebnis der Beratungen zwischen Architekt, Tragwerksplaner und WU-Berater wurde durch die Objektplanung die Ausführung der Arbeitsgruben als WU-Betonkonstruktion nach Entwurfsgrundsatz c (soweit möglich) ohne FBVS aber mit einer sorgfältigen Rissüberprüfung mit anschließendem Verpressen aller Risse im Nachgang als wirtschaftliche Ausführung mit eingegrenztem Risiko gewählt. Die Rissverpressung ist unbedingt erforderlich.

Der Bereich jeweils unter der Treppe in die Arbeitsgruben ist später nicht mehr zugänglich. Risse, durch die Feuchtigkeit eintreten kann sind nicht später verpressbar. Zwischen FT-Treppe und Grubenwandsind Injektionsschläuche zum nachträglichen Verpressen einzulegen.



7.4.6 Anlagengruben FB1-AG11, FB1-AG13 und FB1-AG19

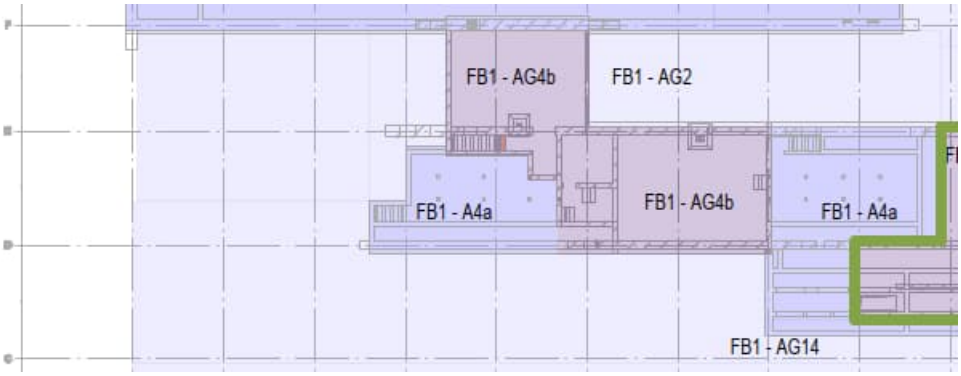
Für eine 100%-ige Sicherheit vor eindringendem Wasser wäre auch für die die Hebergrube 11 (OKRF -4,40 m und 3,45 m unter BHWS), die Grube Blechbearbeitung 13 (OKRF -3,10 m und 2,15 m unter BHWS) und die Drehgestellhebergrube 19 (OKRF -3,28 m und 2,33 m unter BHWS) ein FBVS erforderlich, jedoch auch mit hohen Herstellungskosten verbunden. Ein eventueller Nutzungsausfall einzelner oder mehrere Anlagengruben kann erst ab einem mit dem HW 2013 vergleichbaren Hochwasser eintreten. Außerdem sind die Anlagengruben nutzungsbedingt feucht von oben (Tropfwasser, Schnee). Der Grubenboden erhält einen Fußbodenaufbau, der bei evtl. Wassereindringen die Auffindung des undichten Risses erleichtert und dann kleinflächig zur Rissverpressung freigestemmt und anschließend erneuert werden muss. Damit hält sich der Instandsetzungsaufwand in Grenzen. Allerdings verbleibt ein Restrisiko des Wassereindringens im Nutzungszeitraum ggf. auch mehrmals, da evtl. nicht alle auftretenden Risse im Vorfeld der Nutzung gefunden und abgedichtet werden können. Spätere Verpressarbeiten können mit Behinderung durch die stehenden Anlagen, ggf. Anlagenausbau und Nutzungsausfall verbunden sein.



Im Ergebnis der Beratungen zwischen Architekt, Tragwerksplaner und WU-Berater wurde durch die Objektplanung die Ausführung der Anlagengruben als WU-Betonkonstruktion nach Entwurfsgrundsatz c (soweit möglich) ohne FBVS aber mit einer sorgfältigen Rissüberprüfung mit anschließendem Verpressen aller Risse im Nachgang als wirtschaftliche Ausführung mit eingegrenztem Risiko gewählt. Die Rissverpressung ist unbedingt erforderlich.

7.4.7 Grube der Unterflurradsatzdrehmaschine (UFD) FB1-AG4a/b

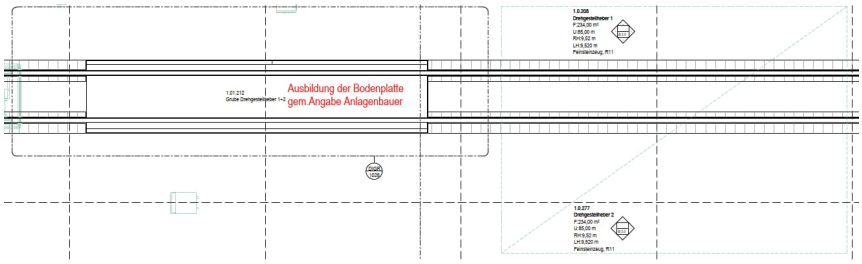
Die Maschienengrube 4b (OKRF -3,20 m und 2,25 m unter BHWS) ist in eine Arbeitsgrube 4a bestehend aus Gruben 1UFD und 3UFD (jeweils OKRF -1,78 m und 0,83 m unter BHWS) integriert. Seitlich schließt ein Raum für Wastechnik (OKRF -3,20 m und 2,25 m unter BHWS) an. Bei der UFD handelt es sich um eine komplexe Maschinenanlage. Für die Anlagengrube AG 4a und die Arbeitsgruben AG4b(1UFD und 2UFD) sowie für den Waschtechnikraum wäre ein FBVS empfehlenswert, um vor eindringendem Wasser komplett abgesichert zu sein, da evtl. nicht alle auftretenden Risse im Vorfeld der Nutzung gefunden und abgedichtet werden können. Es verbleibt ein Restrisiko des Wassereindringens im Nutzungszeitraum ggf. auch mehrmals. Spätere Verpressarbeiten können mit Behinderung durch die stehenden Anlagen und Nutzungsausfall verbunden sein. Außerdem erhält der Boden der Arbeitsgruben 1UFD und 3UFD sowie der Waschtechnikraum einen Fußbodenaufbau, der bei evtl. Wassereindringen die Auffindung des undichten Risses erschwert und zur Rissverpressung freigestemmt und anschließend erneuert werden muss. Die Anlagengrube 2UFD erhält einen Gitterrostboden um die Maschine herum, der im Falle von Rissuntersuchungen und Rissverpressungen zurück gebaut werden muss. Der Instandsetzungsaufwand ist daher sehr hoch. Allerdings sollte kein Nutzungsausfall entstehen, da anfallendes Prozess- und eindringendes Wasser unterhalb der Gitterrostebene entwässert wird.



Im Ergebnis der Beratungen zwischen Architekt, Tragwerksplaner und WU-Berater wurde durch die Objektplanung die Ausführung der UFD-Gruben als WU-Betonkonstruktion nach Entwurfsgrundsatz c (soweit möglich) ohne FBVS aber mit einer sorgfältigen Rissüberprüfung mit anschließendem Verpressen aller Risse im Nachgang als wirtschaftliche Ausführung mit eingegrenztem Risiko gewählt. Die Rissverpressung ist unbedingt erforderlich.

7.4.8 Drehgestellheber und Drehgestellprüfstand FB1-AG16, FB1-AG17, FB1-AG18

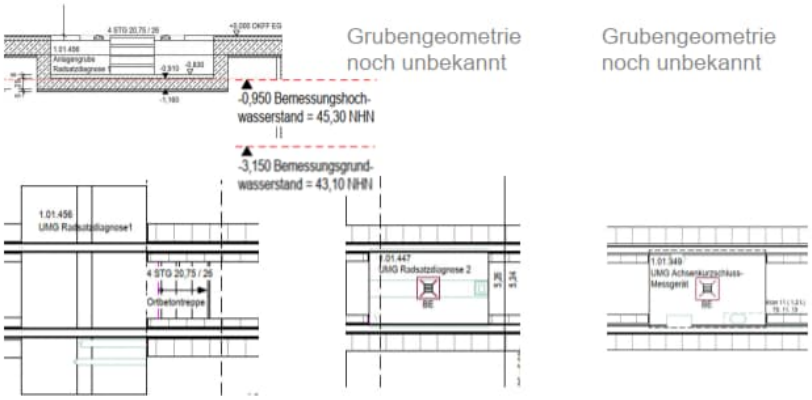
Verbindlich für die Ausführung ist die aktuelle Werk- u. Montageplanung des Auftragnehmers. Die Werkplanung des Anlagenbauers liegt noch nicht vor. Hierzu können noch keine Aussagen oder Empfehlungen zu evtl. erforderlichen WU-Beton-Konstruktionen getroffen werden.



Unabhängig von der späteren Werkplanung wird im Ergebnis der Beratungen zwischen Architekt, Tragwerksplaner, WU-Berater ist die Ausführung der Gruben als WU-Betonkonstruk-

tion nach Entwurfsgrundsatz c (soweit möglich) ohne FBVS aber mit einer sorgfältigen Rissüberprüfung mit anschließendem Verpressen aller Risse im Nachgang. Die Rissverpressung ist unbedingt erforderlich.

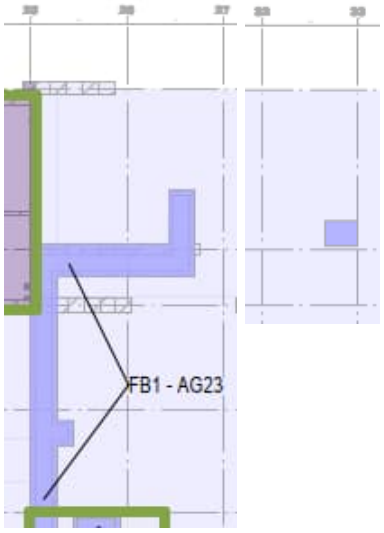
7.4.9 Gruben Radsatzdiagnose und Kurzschlussmessgeräte FB1-AG20 bis FB1-AG22



Verbindlich für die Ausführung ist die aktuelle Werk- u. Montageplanung des Auftragnehmers. Die Werkplanung des Anlagenbauers liegt noch nicht vor. Hierzu können noch keine Aussagen oder Empfehlungen zu evtl. erforderlichen WU-Beton-Konstruktionen getroffen werden. Gegenwärtig sind keine Hinweise für die Notwendigkeit der Ausführung von WU-Beton mit FBVS gegeben

Unabhängig von der späteren Werkplanung wird im Ergebnis der Beratungen zwischen Architekt, Tragwerksplaner, WU-Berater ist die Ausführung der Gruben als WU-Betonkonstruktion nach Entwurfsgrundsatz c (soweit möglich) ohne FBVS aber mit einer sorgfältigen Rissüberprüfung mit anschließendem Verpressen aller Risse im Nachgang. Die Rissverpressung ist unbedingt erforderlich.

7.4.10 Installationskanal FB1-AG23 Aufzugsgrube Achse 33 und Hausanschlussgrube



Der Installationskanal grenzt unmittelbar an das hochwertige UG an wird aber seitens AG in Nutzungsklasse B eingestuft.

Die Aufzugsgrube an Achse 33 und die Hausanschlussgrube FB1-AG24 an Achse 36 werden ebenfalls in NK B eingestuft.

Ergebnis der Beratungen zwischen Architekt, Tragwerksplaner, WU-Berater ist die Ausführung von Kanal und Gruben als WU-Betonkonstruktion nach Entwurfsgrundsatz c (soweit möglich) ohne FBVS aber mit einer sorgfältigen Rissüberprüfung mit anschließendem Verpressen aller Risse im Nachgang. Die Rissverpressung ist unbedingt erforderlich.

7.5 Abstimmungen und Entscheidungen zu den WU-Bauteilen des 2. Untergeschosses

Im Verlauf der weiteren Planung kam ein hochwertiges Untergeschoss dazu, das im Rahmen dieses Dokuments betrachtet wird. Im Vorfeld haben Gespräche zur bauherrenseitig gewünschten Nutzungsklasse stattgefunden, die in der folgenden Tabelle enthalten sind.

Bauteil Kurzbezeichn. Funktion	WU-Position	UK Bauteil	Feuchtetransport n = nicht zulässig b = begrenzt zul.	Feuchtestellen n = nicht zulässig D = Dunkelvert.	Unnutzbarkeit j = erforderlich n = nicht erforderl.	Empfohlene NK	gewählte NK	Abdichtungsart WU - WU-Beton AA - Außenl. Abd.	Wasserdruckhöhe h	Bauteilkontakt D = Druckend. W. F = Bodenfeuchte	Beanspruchungs-klasse BAK	Bauteil BP - Bodenplatte W - Wand	O = Crituelon F = Fertigteil	Empfehlung Entwurfsgrundsatz
		[m]	n / b	n / D	j / n	A/D	A/D	WU/AA	[m]	D / F	1 / 2	BP / W	O / F	a / b / c
Lager 1 / Sanitärräume	1N-UG2B-60							WU+						
FB1-UG2B_Lager	Umkl./Lagersohle	-5,00	n	n	n	A**	A**	FBVS	4,05	D	1	BP	O	c
	1N-UG2B-75							WU+						
	Sohle verstärkt	-5,15	n	n	n	A**	A**	FBVS	4,20	D	1	BP	O	c
Hubtisch	1N-UG2B-HT							WU+						
	Sohle Hubtisch	-6,12	n	j	n	A*	A*	FBVS	5,17	D	1	BP	O	c
Hebeanlage	1N-UG2B-75							WU+						
	Sohle Hebean.	-5,47	n	j	n	A*	A*	FBVS	4,52	D	1	BP	O	c
Aufzug	1N-UG2B-75							WU+						
	Sohle Aufzug	-5,70	n	j	n	A*	A*	FBVS	4,75	D	1	BP	O	c
	1N-UW2B-80							WU+						
	Umkl./Lagerwand	-4,40	n	n	n	A**	A**	FBVS	3,45	D	1	W	O	c
	1N-UW2B-60							WU+						
	Hebeanlage	-4,40	n	n	n	A*	A*	FBVS	3,45	D	1	W	O	c
	1N-UW2B-40							WU+						
	Umkl./Lagerwand	-4,40	n	n	n	A**	A**	FBVS	3,45	D	1	W	O	c
	1N-UW2B-30							WU+						
	Wand Hubtisch	-5,82	n	n	n	A*	A*	FBVS	4,87	D	1	W	O	c
Grube 1	1H-UG-01													
FB1-AG1	Grubensohle	2,13	b	D	j	B	B	WU	0,00	F	2	BP	O	c
Besanden	1H-UW-01													
	Grubenwand	-1,78	b	D	j	B	B	WU	0,83	D	1	W	O	c
Grube 2	1H-UW-02b													
FB1-AG2	Grubenwand	-0,41	b	D	n	B	B	WU	0,00	F	2	W	O	c
Waschhalle	1H-UG-02b													
	Grubensohle	-0,78	b	D	n	B	B	WU	0,00	F	2	BP	O	c
Trockeneis - CO2	1H-UD-02a													
Salz / Säure	Tragplatte	-0,44	b	D	n	B	B	WU	0,00	F	2	BP	O	c
Grube 3	1H-UG-01													
FB1-AG3	Grubensohle	-2,13	b	D	j	B	B	WU	1,18	D	1	BP	O	c
Grundreinigung	1H-UW-01													
	Grubenwand	-1,78	b	D	j	B	B	WU	0,83	D	1	W	O	c
Grube 4a	1H-UG-04a													
FB1-AG4	Grubensohle	-2,13	b	D	n	B	B	WU	1,18	D	1	BP	O	c
UFD	1H-UW-04a													
	Grubenwand	-1,78	b	D	n	B	B	WU	0,83	D	1	W	O	c
Grube 4b	1H-UG-04b													
FB1-AG4	Grubensohle	-3,25	b	D	n	B	B	WU	2,30	D	1	BP	O	c
UFD	1H-UW-04b													
	Grubenwand	-3,20	b	D	n	B	B	WU	2,25	D	1	W	O	c
Gruben 5 6, 12	1H-UG-01													
FB1-AG5,6, 12	Grubensohle	-2,13	b	D	j	B	B	WU	1,18	D	1	BP	O	c
Inspektions /	1H-UW-01													
Arbeitsstände	Grubenwand	-1,78	b	D	j	B	B	WU	0,83	D	1	W	O	c
Grube 7	1H-UG-01													
FB1-AG7	Grubensohle	-2,13	b	D	j	B	B	WU	1,18	D	1	BP	O	c
Inspektions /	1H-UW-01													
Arbeitsstände	Grubenwand	-1,78	b	D	j	B	B	WU	0,83	D	1	W	O	c
Grube 8 - Decke 3 UG2	kein WU-Beton													
FB1-AG8														
Grube 9	1H-UG-09							WU+						
FB1-AG9	Grubensohle	-5,00	n	n	n	B	B	FBVS	4,05	D	1	BP	O	c
Hebestand	1H-UW-09							WU+						
	Grubenwand	-4,40	n	n	n	B	B	FBVS	3,45	D	1	W	O	c
Klebestand 10	kein WU-Beton													
FB1-AG10														

Bauteil Kurzbezeichn. Funktion	WU-Position	UK Bauteil	Feuchtetransport n = nicht zulässig b = begrenzt zul.	Feuchtestellen n = nicht zulässig D = Durkelverf.	Umnutzbarkeit j = erforderlich n = nicht erforderl.	Empfohlene NK	gewählte NK	Abdichtungsart WU - WU-Beton AA - Außenl. Abd.	Wasserdruckhöhe h	Bauteilkontakt D = Drückend. W. F = Bodenfeuchte	Beanspruchungs-klasse BAK	Bauteil BP - Bodenplatte W - Wand	O = Ortbeton F = Fertigteil	Entwurfsgrundsatz
		[m]	n / b	n / D	j / n	A/B	A/B	WU/AA	[m]	D / F	1 / 2	BP / W	O / F	a / b / c
Grube 11	1H-UG-11													
FB1-AG11	Grubensohle	-5,00	b	D	n	B	E	WU	4,05	D	1	BP	O	c
Hebestand	1H-UW-11													
	Grubenwand	-4,40	b	D	n	B	E	WU	3,45	D	1	W	O	c
Grube 13	1H-UG-13													
FB1-AG13	Grubensohle	-4,00	b	D	n	B	E	WU	3,05	D	1	BP	O	c
Blechbearbeitung	1H-UW-13													
	Grubenwand	-3,55	b	D	n	B	E	WU	2,60	D	1	W	O	c
Grube 14	kein WU-Beton													
FB1-AG14														
Grube 15a	1H-UG-15a													
FB1-AG15a	obere Sohle	-2,26	b	D	n	B	E	WU	1,31	D	1	BP	O	c
Lackierstand	1H-UW-15a													
	obere Wände	-1,96	b	D	n	B	E	WU	1,01	D	1	W	O	c
Entlüftung	1H-UG-15b							WU+						
Grube 15b	untere Sohle	3,30	b	D	n	B	E	FBVS	2,35	D	1	BP	O	c
	1H-UW-15b							WU+						
	untere Wände	-2,90	b	D	n	B	E	FBVS	1,95	D	1	W	O	c
Grube 16	1H-UG-16													
FB1-AG16	Grubensohle	-3,48	b	D	n	B	E	WU	2,53	D	1	BP	O	c
Drehgestellheber 1+2	1H-UW-16													
	Grubenwand	-3,18	b	D	n	B	E	WU	2,23	D	1	W	O	c
Grube 17	1H-UG-16													
FB1-AG17	Grubensohle	-3,48	b	D	n	B	E	WU	2,53	D	1	BP	O	c
Drehgestellheber 3+4	1H-UW-16													
	Grubenwand	-3,18	b	D	n	B	E	WU	2,23	D	1	W	O	c
Grube 18	1H-UG-01													
FB1-AG18	Grubensohle	-1,93	b	D	j	B	E	WU	0,98	D	1	BP	O	c
Drehgestellprüfst.	1H-UW-01													
	Grubenwand	-1,63	b	D	j	B	E	WU	0,68	D	1	W	O	c
Grube 19a	1H-UG-19a							WU+						
FB1-AG19	Grubensohle	-0,90	b	D	n	B	E	FBVS	0,00	F	2	BP	O	c
Drehgestellreinig.	1H-UW-19a							WU+						
mit WHG-Beschichtung	Grubenwand	0,50	b	D	n	B	E	FBVS	0,00	F	2	W	O	c
Grube 19b	1H-UG-19b							WU+						
FB1-AG19	Grubensohle	-2,40	b	D	n	B	E	FBVS	1,45	D	1	BP	O	c
Drehgestellreinig.	1H-UW-19b							WU+						
mit WHG-Beschichtung	Grubenwand	-1,95	b	D	n	D	C	FBVS	1,00	D	1	W	O	c
Grube 20	1H-UG-20													
FB1-AG20	Grubensohle	-1,40	b	D	n	B	E	WU	0,45	D	1	BP	O	c
Radsatzdiagnose 2	1H-UW-20													
OS	Grubenwand	-1,10	b	D	n	B	E	WU	0,15	D	1	W	O	c
Grube 21	1H-UG-21													
FB1-AG21	Grubensohle	-1,21	b	D	n	B	E	WU	0,26	D	1	BP	O	c
Radsatzdiagnose 1	1H-UW-21													
OS	Grubenwand	-1,91	b	D	n	B	E	WU	0,96	D	1	W	O	c
Grube 22	1H-UG-22													
FB1-AG22	Grubensohle	-1,40	b	D	n	B	E	WU	0,45	D	1	BP	O	c
Achsenkurzschlussmesser	1H-UW-22													
OS	Grubenwand	-1,10	b	D	n	B	E	WU	0,15	D	1	W	O	c
Versorgungs-	1H-UG-23													
kanal	Grubensohle	-2,26	b	D	n	B	E	WU	1,31	D	1	BP	O	c
FB1	1H-UW-23													
	Grubenwand	-1,91	b	D	n	B	E	WU	0,96	D	1	W	O	c
Versorgungs-	1H-UG-24													
schacht 1	Grubensohle	-1,76	b	D	n	D	C	WU	0,81	D	1	BP	O	c
FB1	1H-UW-24													
	Grubenwand	-1,46	b	D	n	B	E	WU	0,51	D	1	W	O	c
Sandsilo	1H-EW-20													
	Silotrichterw.	1,00	b	D	n	B	E	WU	0,00	F	2	W	O	c
	1H-EW-20													
	Silowand	1,50	b	D	n	B	E	WU	0,00	F	2	W	O	c

Bauteil Kurzbezeichn. Funktion	WU-Position	UK Bauteil	Feuchtetransport n = nicht zulässig b = begrenzt zul.	Feuchtestellen n = nicht zulässig D = Dunkelverf.	Umnutzbarkeit j = erforderlich n = nicht erforderl	Empfohlene NK	gewählte NK	Abdichtungsart WU - WU Beton AA - Außenl. Abd.	Wasserdruckhöhe h	Bauteilkontakt D = Drückend. W. F - Bodenfeuchte	Beanspruchungsklasse BAK	Bauteil BP - Bodenplatte W - Wand	O = Ortbeton F = Fertigteil	Entwurfsgrundsatz
		[m]	n / b	n / D	j / n	A/B	A/B	WU/AA	[m]	D / F	1 / 2	BP / W	O / F	a / b / c
Aufzugs-Unterfahrten	1N-UG-01 Grubensohle	-1,45	b	D	n	B	B	WU	0,50	D	1	BP	O	c
FB1	1N-UW-01 Grubenwand	-1,15	b	D	n	B	B	WU	0,20	D	1	W	O	c
Bodenplatte Werkstatt	1X-GG-01	-0,41	b	D	n	B	B	WU	0,00	F	2	BP	O	c
Rampe	1N-UG-20 Rampensohle	1,75	b	D	n	B	B	WU	0,00	F	2	BP	O	c
	1N-UW-20 Rampenwand	-1,15	b	D	n	B	B	WU	0,20	D	1	W	O	c

8 NACHWEISE UND BERECHNUNGEN

Der Nachweis der Wasserundurchlässigkeit ist ein zusätzlicher Gebrauchstauglichkeitsnachweis. Für die Nachweise zur Begrenzung der Rissbreite nach der Richtlinie ist in der Regel von der häufigen Einwirkungskombination auszugehen.

8.1 Nachweise für Nutzungsklasse A unter Beanspruchungsklasse 1

Für Nutzungsklasse A (keine Feuchtstellen auf der Bauteiloberfläche zulässig) unter BAK 1 muss nachgewiesen werden, dass unter der charakteristischen Einwirkungskombination die Druckzonenhöhe x folgende Bedingungen erfüllt:

$x \geq 30$ mm

$x \geq 1{,}5 * D_{max}$

mit D_{max} – Durchmesser des Größtkorns der Gesteinskörnung

Bei hochwertiger Nutzung werden die Entwurfsgrundsätze a oder c gewählt und nachgewiesen.

Das neue UG2 sowie einige weitere Bauteile werden hochwertig genutzt und ist in Beanspruchungsklasse 1 einzuordnen.

Die Planung erfolgt gemäß Entwurfsgrundsatz c, da EG a und EG b aufgrund der vorliegenden Randbedingungen nicht ausführbar sind. Anstelle der vorgeschriebenen aber im vorliegenden Bauvorhaben nicht sicher herstellbaren Rissverpressung wird kompensierend ein Frischbetonverbundsystem geplant und ausgeschrieben.

Die Frischbetonverbundtechnologie ist als ein Gesamtsystem der FBV-Bahn, der Fugen, der Detailausbildungen und der Betonkonstruktion zu verstehen. Für den WU-Beton gelten alle Anforderungen aus der WU-Richtlinie mit Ausnahme der Rissverpressung.

8.2 Nachweise für Nutzungsklasse A unter Beanspruchungsklasse 2

Entwurfsgrundsatz b nur bei Beanspruchungsklasse 2:
(hier dann ohne Wasserdurchtritt und ohne Selbstheilung)

- Alle Trennrisse sind planmäßig vor dem hochwertigen Nutzungsbeginn zu schließen
  ➔ Begrenzung der zulässigen, rechnerischen Trennrissbreite auf wk = 0,20 mm.

8.3 Nachweise für Nutzungsklasse B und Beanspruchungsklasse 1

Bei Nutzungsklasse B und BAK 1 sind die rechnerischen Trennrissbreiten nach folgender Tabelle zu begrenzen:

Rechenwerte der Trennrissbreiten bei Nutzungsklasse B und Entwurfsgrundsatz b, wenn der Wasserdurchtritt durch Selbstheilung der Risse begrenzt werden soll		
Druckgefälle $i = h_w/h_b$ [a]	Maximale Druckhöhe h_w [a] [m]	Zulässige Rissbreite w_k [b] [mm]
≤ 10	3,0	0,20
> 10 bis ≤ 15	6,0	0,15
> 15 bis ≤ 25	10,0	0,10

[a] h_w = Druckhöhe des Wassers in m; h_b = Bauteildicke in m
[b] Für angreifende Wässer mit > 40 mg/l CO_2 (kalklösende Kohlensäure) oder mit pH-Wert < 5,5 darf die Selbstheilung der Risse nicht in Ansatz gebracht werden.

Die Tabellenwerte gelten für Risse mit nur sehr geringer zeitabhängiger Änderung ($\Delta w \leq 0{,}1w$) der Rissbreiten.
Bei Einhaltung der Werte der Tabelle kann davon ausgegangen werden, dass der anfängliche Wasserdurchtritt mit der Zeit durch Selbstheilung der Risse stark reduziert wird. Feuchtstellen an der Bauteiloberfläche können jedoch auch zum späteren Zeitpunkt nicht ausgeschlossen werden.

8.4 Nachweise für Nutzungsklasse B und Beanspruchungsklasse 2

Bei BAK 2 oder Nutzungsklasse B werden keine Anforderungen an die Druckzonenhöhe gestellt. Nachgewiesen wird die Begrenzung der Breite der Biegerisse unter häufiger Einwirkungskombination auf die in obiger Tabelle angegebenen Werte.

8.5 Berechnungen für Entwurfsgrundsatz a)

- Begrenzung der Zwangschnittgrößen (Ermittlung mit aufwändigen Rechenverfahren mit Berücksichtigung der zeitlichen Entwicklung unter Zugrundelegung der wirksamen Betonzugfestigkeit fct,eff zum betrachteten Zeitpunkt) so, dass Trennrisse im Beton – mit Ausnahme von abgedichteten Sollrissquerschnitten – zu keinem Zeitpunkt zu erwarten sind
  - ➔ auftretende, überwiegend zentrische Zugspannungen zu keinem Zeitpunkt größer als charakteristische Zugfestigkeit des Betons $f_{ctk;0,05(t)}$
  - ➔ planmäßige Vermeidung oder Verminderung von Zwang durch betontechnische, konstruktive und ausführungstechnische Maßnahmen erforderlich (Sollrissfugen usw.).

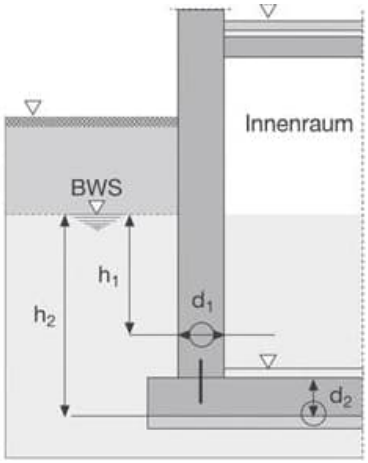
Für das neue UG2 ist eine konstruktive Begrenzung der Zwangsschnittgrößen aufgrund der nutzungsbedingt vielfach verspringenden Konturen nicht möglich. Damit ist EGa) nicht anwendbar.

8.6 Berechnungen für Entwurfsgrundsatz b)

Mit der Einhaltung der in obiger Tabelle angegebenen Werte wird nachgewiesen, dass die Trennrissbreite rechnerisch so begrenzt wird, dass die Selbstheilung der Risse möglich ist (nicht für nutzungsklasse A zulässig).

8.6.1 Berechnung des Druckgefälles i

Druckgefälle: i = h / d



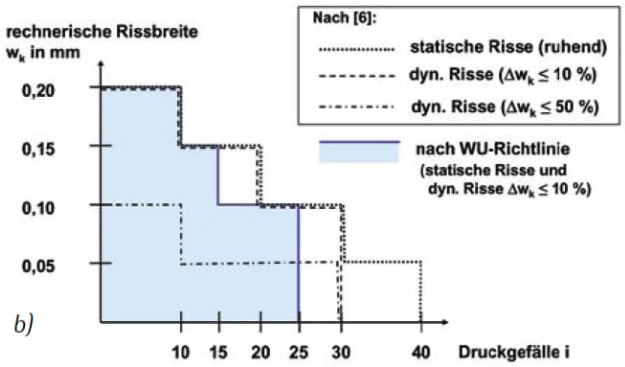
h = Wasserdruckhöhe bis zur betrachteten Stelle (möglicher Risseintritt)

d = Dicke des Bauteils

BWS = Bemessungswasserstand

8.6.2 Festlegung der zulässigen rechnerischen Rissbreite wk

Die Festlegung der rechnerischen Rissbreite w_k bei Nutzungsklasse B und BAK 1 erfolgt mit dem Ziel, die Selbstheilung sich bildender Risse zu erreichen.
Rissbreiten-Bereich der Selbstheilung von Rissen in Abhängigkeit vom Druckgefälle i:



(sh. obenstehende Tabelle)

8.7 Berechnungen für Entwurfsgrundsatz c)

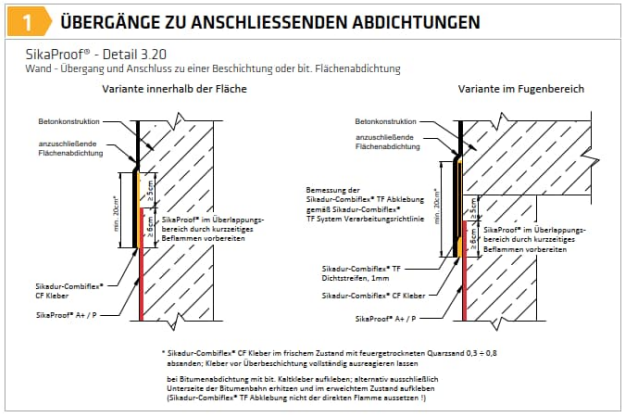
- konstruktive, betontechnische und ausführungstechnische Maßnahmen zur planmäßigen Minimierung der Anzahl der zu erwartenden Trennrisse
  - ➔ Luftseitig: Nachweis der rechnerischen Rissbreiten (zur Ermöglichung des planmäßigen Abdichtens der Risse)
  - ➔ Auf der erdberührten Bauteiloberfläche: Anforderung an die Begrenzung der rechnerischen Rissbreiten mit wk = 0,30 mm bei XC2/XC3 unter der quasi-ständigen Einwirkungskombination

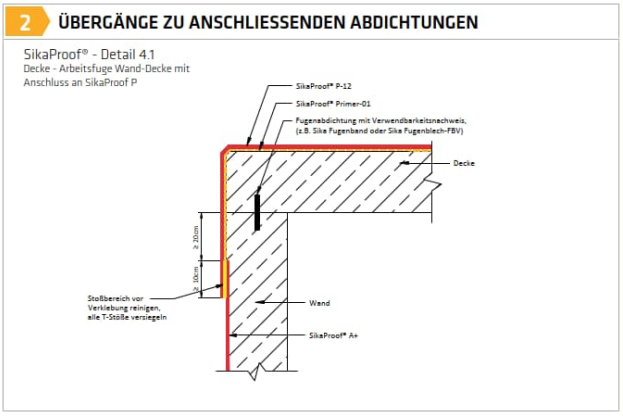
Nutzungsbedingt erfordern alle Fußbodenbereiche bei diesem Bauvorhaben Aufbauten und Deckschichten. Die Außenwände sind größtenteils durch Deckschichten, Installationswände oder Regale unzugänglich bzw. verstellt. Damit sind die Außenbauteile des neuen UG2 nutzungsbedingt innenseitig größtenteils nicht für Wartung und Instandhaltung zugänglich bzw. können nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand (Rückbau Deckschichten und Lagergut), hohem Nutzungsausfall und sehr hohen Kosten zugänglich gemacht werden.

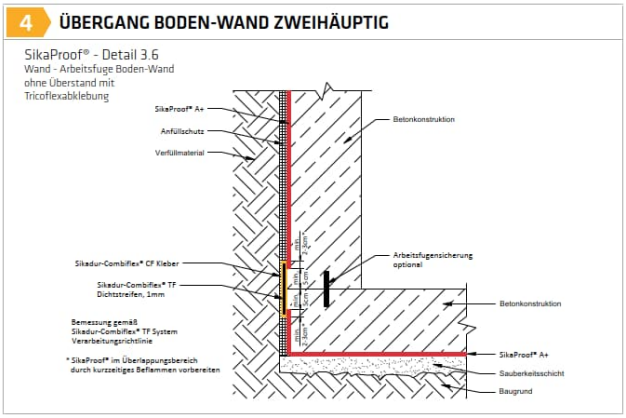
Die nicht vorhandene aber nach WU-Richtlinie geforderte Zugänglichkeit ist ein Verstoß gegen die WU-Richtlinie, die konstruktiv und nutzungsbedingt wie bei ähnlichen Bauobjekten unvermeidlich ist. Aus der Unzugänglichkeit resultiert, dass die anerkannten Regeln der Technik nicht eingehalten werden können. Zudem befindet es sich in einer Zone, in der das Wasser im Baugrund nicht ständig ansteht, so dass ein rechtzeitiges Erkennen und Verpressen auftretender Risse nicht sicher möglich ist.

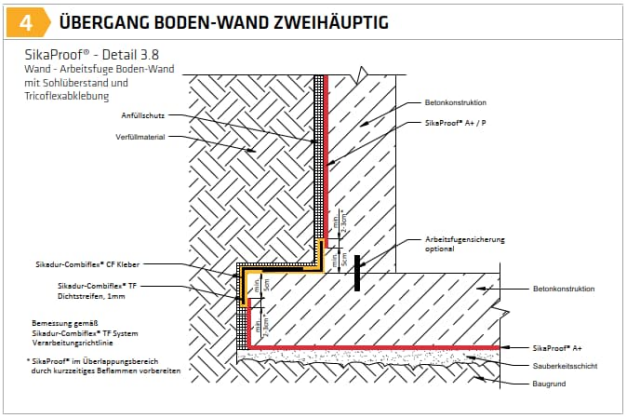
Diese Unsicherheit wird kompensiert durch den Einbau eines Frischbetonverbundsystems FBVS. Die Kombination aus WU-Beton und FBVS ist noch keine allgemein anerkannte Regel der Technik. Die Bauart ist geregelt gemäß DBV-Merkblatt FBVS.

Das FBVS muss als durchgehendes System auch die Arbeitsfugen sicher überbrücken. Die Herstellervorgaben des FBVS sind zu beachten, z.B. Arbeitsfuge am Sohle-Wandknoten für das System SikaProof:









9 FESTLEGUNGEN FÜR ENTWURFSGRUNDSATZ b)

entfällt

10 FESTLEGUNGEN FÜR ENTWURFSGRUNDSATZ c)

10.1 Festlegung von Bauteildicke, Expositionsklassen, Betongüte und Betondeckung

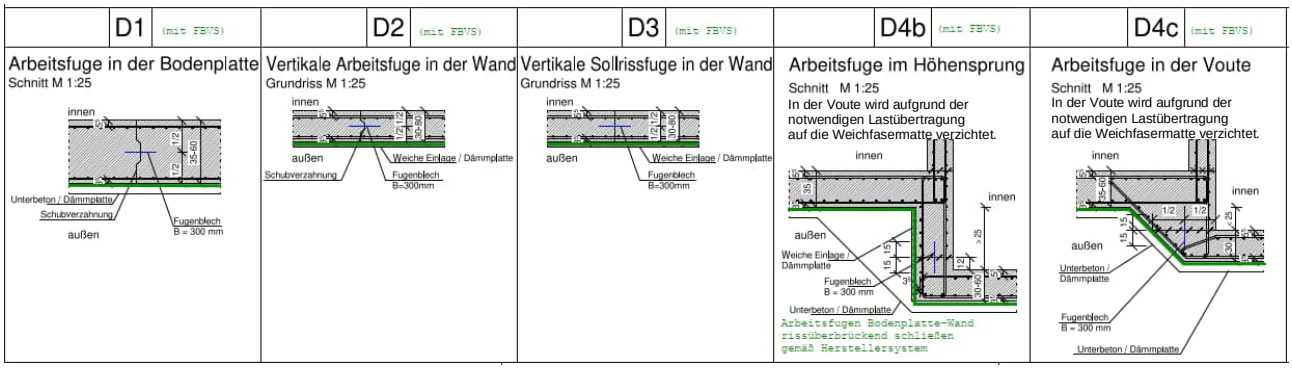
Auf Basis der Bauherrenentschiedungen unter Pkt. 7.2 sind in den folgenden Tabellen weitere Entscheidungen und Berechnungen enthalten.

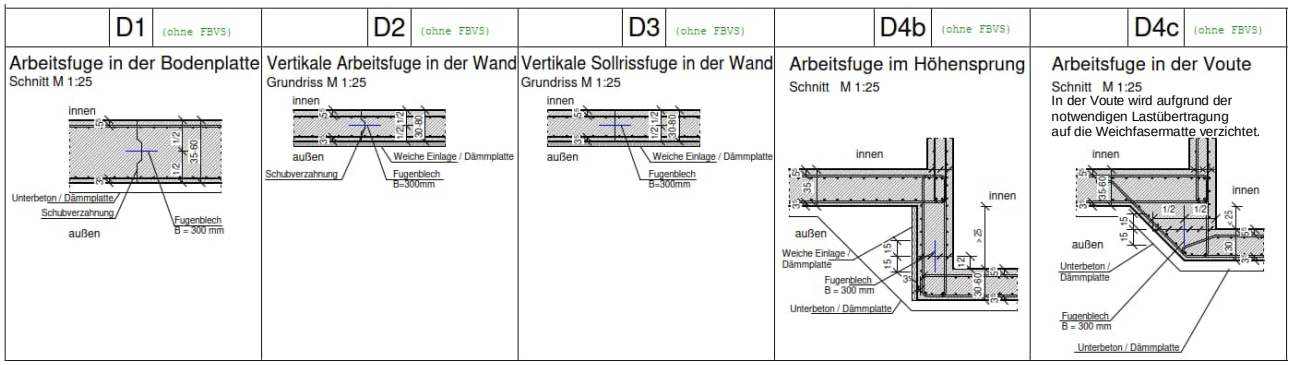
Bauteil Kurzbezeichn. Funktion	WU-Position	Mindest-bauteildicken	gewählte Bauteil-dicke d	Entwurfsgrundsatz	Druckgefälle i = h / d	zulässige chem. Beanspruchung	aus Rissbreite	Mindestfestig-keitsklasse	gewählte Beton-festigkeitsklasse	F. Bewehr. maßgeb. Expositionsklasse	Mindestbetondeckung nach Tab.	erf. Vorhaltemaß	Nennmaß gewählte Betondeckung		Bestätigung
		[mm]	[mm]	a / b / c		j / n	[mm]				[mm]	[cm]	[cm]		
Lager 1 / Sanitärräume	1N-UG2B-60									XD3	40	15	55	b	kompensierendes
FB1 UG2B_Lager	Umkl./Lagerschle	250	600	c	6,8		0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	FEV-System+WU
	1N-UG2B-75									XD3	40	15	55	b	kompensierendes
	Sohle verstärkt	250	750	c	5,8		0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	FEV-System+WU
Hubtisch	1N-UG2B-HT									XD3	40	15	55	b	kompensierendes
	Sohle Hubtisch	250	300	c	17,2		0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	FEV-System+WU
Hebeanlage	1N-UG2B-75									XD3	40	15	55	b	kompensierendes
	Sohle Hebeanl.	250	300	c	15,1		0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	FEV-System+WU
Aufzug	1N-UG2B-75									XD3	40	15	55	b	kompensierendes
	Sohle Aufzug	250	300	c	15,6		0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	FEV-System+WU
	1N-UW2B-60									XD3	40	15	55	i	kompensierendes
	Umkl./Lagerwand	240	600	c	4,3		0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	FEV-System+WU
	1N-UW2B-60									XD3	40	15	55	i	kompensierendes
	Hebeanlage	240	600	c	6,8		0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	FEV-System+WU
	1N-UW2B-40									XD3	40	15	55	i	kompensierendes
	Umkl./Lagerwand	240	400	c	6,6		0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	FEV-System+WU
	1N-UW2B-30									XD3	40	15	55	i	kompensierendes
	Wand Hubtisch	240	300	c	16,2		0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	FEV-System+WU
Grube 1	1H-UG-01									XD3	40	15	55	b	Risse vergressen
FB1-AG1	Grubenschle	150	350	c	0,0		0,30	C30/37	C30/37	XC2	20	15	35	a	planmäßig
Besanden	1H-UW-01									XD3	40	15	55	i	Risse vergressen
	Grubenwand	240	350	c	2,4		0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	planmäßig
Grube 2	1H-UW-02b									XD3	40	15	55	i	Risse vergressen
FB1-AG2	Grubenwand	200	300	c	0,0		0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	planmäßig
Waschhalle	1H-UG-02b									XD3	20	15	35	b	Risse vergressen
	Grubenschle	150	350	c	0,0		0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	planmäßig
Trockeneis - CO2	1H-UD-02a									XD3	40	15	55	b	Risse vergressen
Salz ; Säure	Tragplatte	150	220	c	0,0		0,30	C35/45	C35/45	XD3	40	15	55	a	planmäßig
Grube 3	1H-UG-01									XD3	40	15	55	b	Risse vergressen
FB1-AG3	Grubenschle	250	350	c	3,4		0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	planmäßig
Grundreinigung	1H-UW-01									XD3	40	15	55	i	Risse vergressen
	Grubenwand	240	350	c	2,4		0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	planmäßig
Grube 4a	1H-UG-04a									XD3	40	15	55	b	Risse vergressen
FB1-AG4	Grubenschle	250	350	c	3,4		0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	planmäßig
UFD	1H-UW-04a									XD3	40	15	55	i	Risse vergressen
	Grubenwand	240	400	c	2,1		0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	planmäßig
Grube 4b	1H-UG-04b									XD3	40	15	55	b	Risse vergressen
FB1-AG4	Grubenschle	250	400	c	5,7		0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	planmäßig
UFD	1H-UW-04b									XD3	40	15	55	i	Risse vergressen
	Grubenwand	240	400	c	5,6		0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	planmäßig
Gruben 5-6, 12	1H-UG-01									XD3	40	15	55	b	Risse vergressen
FB1-AG5, 6, 12	Grubenschle	250	350	c	3,4		0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	planmäßig
Inspektions ;	1H-UW-01									XD3	40	15	55	i	Risse vergressen
Arbeitsstände	Grubenwand	240	350	c	2,4		0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	planmäßig
Grube 7	1H-UG-01									XD3	40	15	55	b	Risse vergressen
FB1-AG7	Grubenschle	250	350	c	3,4		0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	planmäßig
Inspektions ;	1H-UW-01									XD3	40	15	55	i	Risse vergressen
Arbeitsstände	Grubenwand	240	350	c	2,4		0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	planmäßig
Grube 8 - Decke ü UG2	kein WU-Beton														Risse vergressen
FB1-AG8															planmäßig
Grube 9	1H-UG-09									XD3	40	15	55	b	kompensierendes
FB1-AG9	Grubenschle	250	600	c	6,8		0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	FEV-System+WU
Hebestand	1H-UW-09									XD3	40	15	55	i	kompensierendes
	Grubenwand	240	600	c	6,8		0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	FEV-System+WU
Klebestand 10	kein WU-Beton														Risse vergressen
Grube 11	1H-UG-11									XD3	40	15	55	b	Risseverpressen
FB1-AG 11	Grubensohle	250	600	c	6,8		0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	planmäßig
Hebestand	1H-UW-11									XD3	40	15	55	i	Risseverpressen
	Grubenwand	240	600	c	6,8		0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	planmäßig
Grube 13	1H-UG-13									XD3	40	15	55	b	Risseverpressen
FB1-AG 13	Grubensohle	250	450	c	6,8		0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	planmäßig
Blechbearbeitung	1H-UW-13									XD3	40	15	55	i	Risseverpressen
	Grubenwand	240	450	c	6,8		0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	planmäßig
Grube 14	kein WU-Beton														Risseverpressen
FB1-AG 14															planmäßig

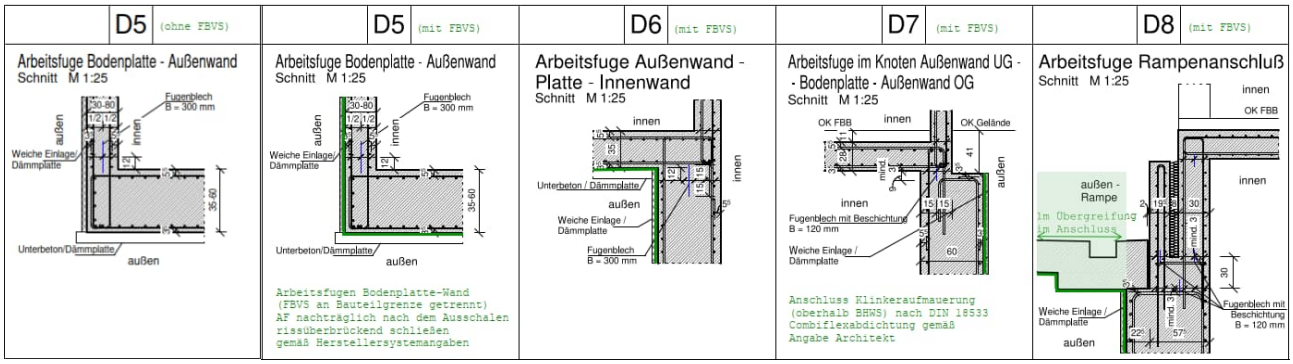
Bauteil Kurzbezeichn. Funktion	WU-Position	Mindestbauteildicken	gewählte Bauteildicke c	Erwurfsgrundsatz	Druckgefälle j = h / c	nutzungsbedingt chem. Beanspruchung	zul. Rissbreite	Mindestfestigkeitsklasse	gewählte Betonfestigkeitsklasse	F. Bewehr. maßgeb. Expositionsklasse	Mindestbetondeckung c+u / i+a	arf. Vorhaltemaß	Nennmaß gewählte Betondeckung		Bedingung
		[mm]	[mm]	a / b / c		j / n	[mm]				[mm]	[mm]	[mm]		
Grube 15a	1H-UG-15a									XD3	40	15	55	o	Risse verpressen
FB1-AG 15a	obere Sohle	250	300	c	4,4	j	0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	u	planmäßig
Lackierstand	1H-UW-15a									XD3	40	15	55	i	Risse verpressen
	obere Wände	240	300	c	3,4	j	0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	planmäßig
Entlüftung	1H-UG-15b									XD3	40	15	55	o	kompensiertes
Grube 15b	untere Sohle	250	400	c	5,9	j	0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	u	FBV-System+WL
	1H-UW-15b									XD3	40	15	55	i	kompensiertes
	untere Wände	240	300	c	6,5	j	0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	FBV-System+WL
Grube 16	1H-UG-16									XD3	40	15	55	o	Risse verpressen
FB1-AG 16	Grubensohle	250	600	c	4,2	j	0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	u	planmäßig
Drehgestellheber 1+2	1H-UW-16									XD3	40	15	55	i	Risse verpressen
	Grubenwand	240	350	c	6,1	j	0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	planmäßig
Grube 17	1H-UG-16									XD3	40	15	55	o	Risse verpressen
FB1-AG 17	Grubensohle	250	600	c	4,2	j	0,30	C35/45	C35/45	XC3	20	15	35	u	planmäßig
Drehgestellheber 3+4	1H-UW-16									XD4	40	15	55	i	Risse verpressen
	Grubenwand	240	350	c	6,1	j	0,30	C35/45	C35/45	XC3	20	15	35	a	planmäßig
Grube 18	1H-UG-01									XD3	40	15	55	o	Risse verpressen
FB1-AG 18	Grubensohle	250	300	c	3,3	j	0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	u	planmäßig
Drehgestellprüfst.	1H-UW-01									XD3	40	15	55	i	Risse verpressen
	Grubenwand	240	300	c	2,3	j	0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	planmäßig
Grube 19a	1H-UG-19a									XD3	40	15	55	o	kompensiertes
FB1-AG 19	Grubensohle	150	350	c	0,0	j	0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	u	FBV-System+WL
Drehgestellreinig.	1H-UW-19a									XD3	40	15	55	i	kompensiertes
mit WHG-Beschichtung	Grubenwand	200	300	c	0,0	j	0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	FBV-System+WL
Grube 19b	1H-UG-19b									XD3	40	15	55	o	kompensiertes
FB1-AG 19	Grubensohle	250	350	c	4,1	j	0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	u	FBV-System+WL
Drehgestellreinig.	1H-UW-19b									XD3	40	15	55	i	kompensiertes
mit WHG-Beschichtung	Grubenwand	240	300	c	3,3	j	0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	FBV-System+WL
Grube 20	1H-UG-20									XD3	40	15	55	o	Risse verpressen
FB1-AG 20	Grubensohle	250	300	c	1,5	j	0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	u	planmäßig
Radsatzdiagnose 2	1H-UW-20									XD3	40	15	55	i	Risse verpressen
OS	Grubenwand	240	300	c	0,5	j	0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	planmäßig
Grube 21	1H-UG-21									XD3	40	15	55	o	Risse verpressen
FB1-AG 21	Grubensohle	250	300	c	0,9	j	0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	u	planmäßig
Radsatzdiagnose 1	1H-UW-21									XD3	40	15	55	i	Risse verpressen
OS	Grubenwand	240	300	c	3,2	j	0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	planmäßig
Grube 22	1H-UG-22									XD3	40	15	55	o	Risse verpressen
FB1-AG 22	Grubensohle	250	300	c	1,5	j	0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	u	planmäßig
Achsenkurzschlussmesser	1H-UW-22									XD3	40	15	55	i	Risse verpressen
OS	Grubenwand	240	300	c	0,5	j	0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	planmäßig
Versorgungs-	1H-UG-23									XD3	40	15	55	o	Risse verpressen
kanal	Grubensohle	250	300	c	4,4	j	0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	u	planmäßig
FB1	1H-UW-23									XD3	40	15	55	i	Risse verpressen
	Grubenwand	240	300	c	3,2	j	0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	planmäßig
Versorgungs-	1H-UG-24									XD3	40	15	55	o	Risse verpressen
schacht 1	Grubensohle	250	300	c	2,7	j	0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	u	planmäßig
FB1	1H-UW-24									XD3	40	15	55	i	Risse verpressen
	Grubenwand	240	300	c	1,7	j	0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	planmäßig
Sandsilo	1H-EW-20									XC3	25	15	40	i	Risse verpressen
	Silotrichterw.	200	300	c	0,0	n	0,30	C30/37	C30/37	XC1	20	15	35	a	planmäßig
	1H-EW-20									XC3	25	15	40	i	Risse verpressen
	Silowand	200	300	c	0,0	n	0,30	C30/37	C30/37	XC1	20	15	35	a	planmäßig
Aufzugs-	1N-UG-01									XD3	40	15	55	o	Risse verpressen
Unterfahrten	Grubensohle	250	300	c	1,7	j	0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	u	planmäßig
FB1	1N-UW-01									XD3	40	15	55	i	Risse verpressen
	Grubenwand	240	300	c	0,7	j	0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	planmäßig
Bodenplatte	1X-GG-01									XD3	40	15	55	o	Risse verpressen
Werkstatt		150	300	c	0,0	j	0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	u	planmäßig
Rampe	1N-UG-20									XC4	45	15	60	o	Risse verpressen
	Rampensohle	150	350	c	0,0	j	0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	u	planmäßig
	1N-UW-20									XC4	40	15	55	i	Risse verpressen
	Rampenwand	240	300	c	0,7	j	0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	planmäßig

10.2 Festlegung des Abdichtungssystems von Arbeitsfugen

Das Fugenabdichtungssystem muss als geschlossenes System an den Stoßpunkten zwischen horizontalen und vertikalen Fugen miteinander verbunden sein.







Geregelte Fugenabdichtungen

- unbeschichtete Fugenbleche (innen liegend)
- Fugenbänder (innen/außen liegend; für Raumfugen ausschließlich)

Nicht geregelte Fugenabdichtungen (Allgenmeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis (AbP) erforderlich):

- Injektionsschläuche / Verpressschläuche (innen)
- Quellprofile (innen liegend)
- Dichtrohre (innen liegend)
- Bentonitfolien (außen liegend)
- beschichte Fugenbleche (innen liegend)
- streifenförmige außen liegende Dichtungen
- Kombinationen
  (z.B. Fugenblech + Quellprofil)

Abdichtungssystem	AbP	
	nicht erforderlich	erforderlich
Fugenbänder nach DIN 7865	x	
Fugenbänder nach DIN 18541	x	
Fugenbänder nach Werksvorschrift		x
Unbeschichtete Fugenbleche	x	
Beschichtete Fugenbleche		x
Kombi-Arbeitsfugenband KAB		x
Verpresste Injektionsschlauchsysteme		x
Quellfähige Fugeneinlage		x
Abklebe- und Adhäsionsabdichtung		x
Andere Systeme		x

Tabelle: Für welche Abdichtungssysteme ist ein Allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis (AbP) erforderlich? [1]

Eine Liste mit geprüften „nicht geregelten“ Fugenabdichtungssystemen mit Angabe des Verwendungsbereichs (Wasserdruck) ist im Internet unter www.abp-fugenabdichtungen.de zu finden.

Zur Arbeitsfugenabdichtung wird ein Fugenblech gewählt. Zur Vermeidung evtl. möglicher Streustromkorrosion im Nutzungszeitraum sind die Fugenbleche analog zur Bewehrung regelmäßig durch Schweißen oder Klemmen an die Erdungsanlagen anzuschließen.

Örtlich ist der Wasserzutritt durch das Frischbetonverbundsystem verhindert. Obwohl das FBVS in Verbindung mit dem WU-Beton als kompensierende Bauweise geplant ist, darf die Fugensicherung nach WU-Richtlinie (mittels Fugenblech) nicht entfallen sondern ist sorgfältig zu planen und auszuführen.

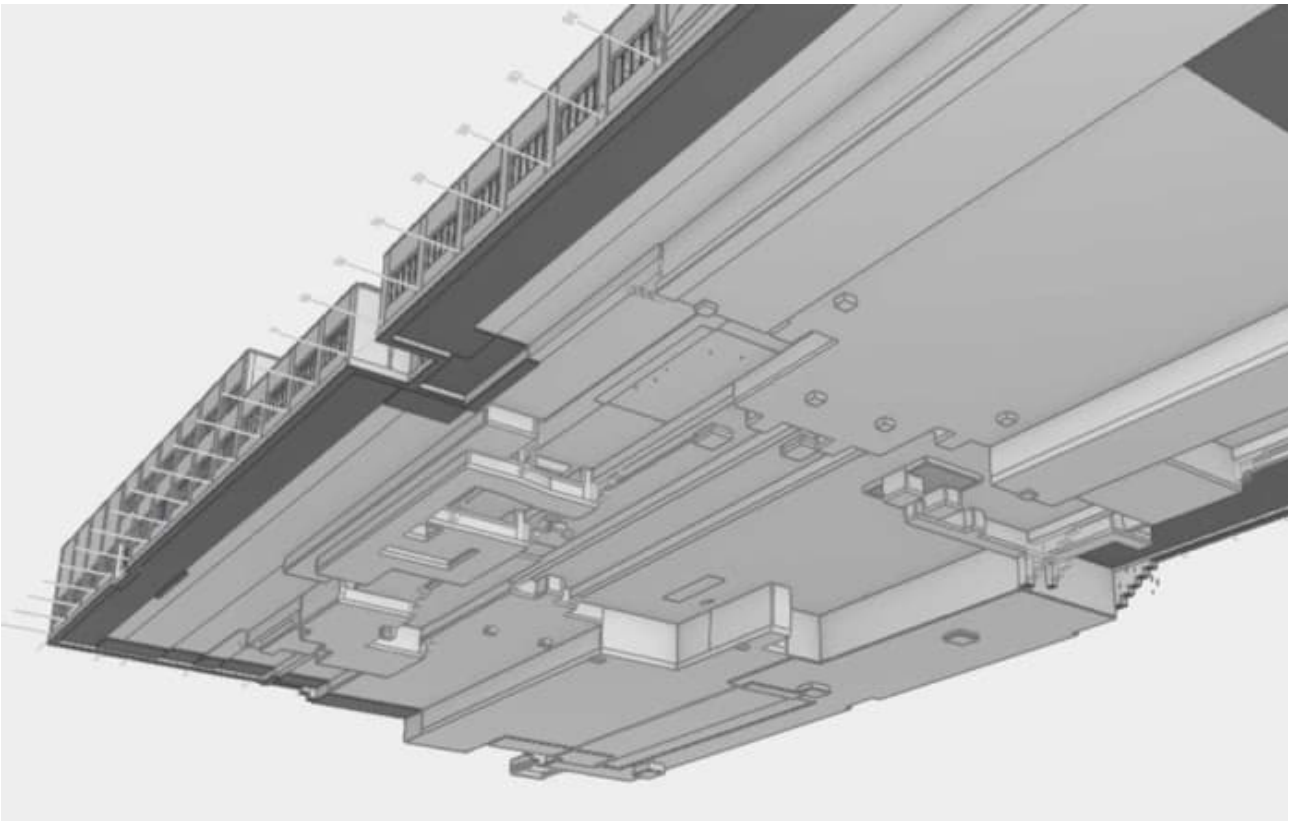
Für das Fugenblech ist durch die ausführende Firma eine Werkplanung zu erstellen.

11 MÖGLICHE MAßNAHMEN IN PLANUNG UND AUSFÜHRUNG

11.1 Vermeidung von Festhaltepunkten durch ebene Unterseiten

Die Bauteile sollten eine ebene Grundfläche ohne eine Verformungsbehinderung haben. Alle Absätze, Vertiefungen und Versprünge sind Festpunkte, die eine Verformungen der Sohle behindern und damit zu höheren Zwangsspannungen führen, die Risse verursachen können.

➔ **Die Bauteilsohlen sind mit möglichst wenigen Festhaltpunkten zu planen**



Die Sohlhöhen wurden in der Planung weitgehend angeglichen. Aufgrund der Nutzung sind jedoch diverse tieferliegende Gruben an verschiedenen Stellen im Bereich der Bodenplatte des 2. UG erforderlich. Diese Verformungsbehinderungen lassen sich nicht vermeiden. Damit kann das 2. UG nicht gemäß Entwurfsgrundsatz a) ausgeführt werden. Es wird EG c) gewählt. Soweit möglich wurden im Planungsverlauf die Gründungssohle vereinheitlicht.

11.2 Verminderung der Reibung durch geglättete Sauberkeitsschicht

Aufgrund der nicht vermeidbaren Reibung der Bauteile auf dem Baugrund entstehen umso höhere Zwangsspannungen je größer die Oberflächenrauhigkeit am Übergang ist.

➔ **Zur Verringerung der Oberflächenrauigkeit ist ein geglätteter Unterbeton vorgesehen.**

11.3 Mögliche Anordnung von Trennlagen oder Gleitschichten

Untergrund	Gleitschicht	Rechenwerte von Reibungsbeiwerten 1. Verschiebung
Mineralgemisch (Kies)	keine	1,4 … 2,1
Sandbett	keine	0,9 … 1,1
Unterbeton	2 Lagen PE-Folie	0,6 … 1,0
Unterbeton	PTFE (Teflon)-beschichtete Folie	0,2 … 0,5
Unterbeton	Bitumen 5 bis 8 mm dick Sorten 30/45, 50/70 oder 70/100	≈ 0 (bei T > 0°C)

Durch Anordnung einer Trennlage zwischen Unterbeton und Grubensohle kann der Rechenwert des Reibungsbeiwertes verringert werden. Aufgrund der hohen Lasten bleiben die Reibungskräfte dennoch hoch. Eine wirksame Vermeidung der Verformungsbehinderung kann daher auch bei Einbau einer Trennlage nicht sichergestellt werden.

➔ **Der Einbau einer Trennlage wird nicht empfohlen.**

11.4 Zwangsspannungen in den Wänden

Die Verfomung der Wände wird durch die Sohle behindert. Um dies zu vermeiden, müssten einzelne kurze Wandabschnitte nacheinander ohne Festhaltungen untereinander hergestellt werden.

➔ **Die Ausführung ist in begrenztem Umfang in Abhängigkeit von der Ausführungstechnologie auf der Baustelle möglich. Die Planung muss in diesem Fall durch den Baubetrieb erfolgen.**

11.5 Anordnung von Hydratationsgassen

Bei sehr großflächigen Bauteilen ist es sinnvoll, Hydratationsgassen (kleine Abschnitte zwischen großen Betonierabschnitten) anzuordnen, um durch die Verringerung der Betonierabschnittsflächen Zwangsspannungen zu verringern.

➔ **Die Ausführung ist in begrenztem Umfang in Abhängigkeit von der Ausführungstechnologie auf der Baustelle möglich. Die Planung muss in diesem Fall durch den Baubetrieb erfolgen.**

11.6 Anordnung von Fugen und Sollrissfugen

11.6.1 Betrachtung für das 2. UG und weitere WU-Beton-Konstruktionen mit FBVS

Bewegungsfugen sind in den Bereichen der Untergeschosse und Gruben nicht geplant. Alle Arbeits- und Sollrissfugen im WU-Beton werden entsprechend geplant:

In den Bereichen der Fugen ist das kompensierende Frischbetonverbundsystem sorgfältig entsprechend Fachplanung FBVS (Sh. Anhang) zu planen und zu verarbeiten.

Die Kompensationsmaßnahme FBVS (kompensierende WU-Bauweise FBVS-2) ist durch die ausführende Fachfirma in Abhängigkeit vom gewählten System detailliert zu planen und sorgfältig auszuführen.

Für das FBVS gilt die Fachplanung (IB SGS). Es ist ein leistungsfähiges FBV-System Leistungsklasse LK3, bestehend aus FBV-Bahn inkl. sämtl. FBVS-Zubehör, Systemkomponenten und Systemlösungen mit hochwertigstem Fügeverfahren (z.B. thermische Fügung) zu wählen. Der Verwendbarkeitsnachweis nach DBV-Merkblatt FBVS erfolgt durch den Ausführenden nach Anhang A, Tabelle A3 und Tabelle A4 Zeilen 24,26 u. 28 und weitere Prüfberichte gem. Fachplanung FBVS. Leitprodukte sind Preprufe Plus (GCP) / SikaProof A+ (Sika). Alternativprodukte können nur nach Freigabe durch die Fachplanung FBVS (IB SGS) zur Anwendung kommen. Der Prüfaufwand für eventuelle Alternativprodukte geht zulasten des AN. Es ist eine Werkstattplanung des AN nach Festlegung des FBV-Systems zu erstellen. Hierfür gelten die Regeldetails D1 bis D7 (mit FBVS).

Einbau durch zertifiziertes Fachpersonal gemäß Herstellervorgaben.

11.6.2 Betrachtung für die Räume ohne hochwertige Nutzung

Es sind keine Bewegungsfugen geplant.

Gemäß Planung nach Entwurfsgrundsatz c) sind Sollrissfugen notwendig. Hierfür gilt Regeldetail D3 (ohne FBVS). Arbeitsfugen ergeben sich geometrisch (Sohle-Wand-Knoten) und ggf. ausführungstechnisch (zusätzliche Betonierabschnitte). Hierfür gelten die weiteren Details D1 bis D7 (ohne FBVS) ohne D3.

Die notwendigen Arbeitsfugen am Übergang Sohle zur Wand werden mit ihrer Abdichtung durch die Tragwerksplanung geplant. (Fugenbleche gemäß Schalplan)

➔ **in Abhängigkeit von der Ausführungstechnologie auf der Baustelle sind ggf. weitere Arbeitsfugen erforderlich. Die Planung muss in diesem Fall durch den Baubetrieb erfolgen.**

11.7 Vorspannung

Das Aufbringen einer Vorspannung wird aufgrund der geometrischen Bedingungen und dem Laufenden Straßenbahnbetrieb als nicht praktikabel angesehen.

➔ **Das Aufbringen einer Vorspannung wird nicht empfohlen**

11.8 Festlegung weiterer betontechnischer Maßnahmen zur Verringerung rissauslösender Zwangspannungen

In Abhängigkeit von der Größe der Betonierabschnitte, den Witterungsbedingungen und dem Einbauverfahren sind durch die ausführende Firma ggf. unter Hinzuziehung eines Betontechnologen bzw. einer Fachfirma betontechnologische Maßnahmen festzulegen zur Optimierung der Betonzusammensetzung und der Ausführung z.B. Wahl der Zementart und der Zuschlagstoffe, Maßnahmen zur Begrenzung der Frischbetontemperatur und dem Temperaturanstieg:

- Festlegung von Betonrezepturen mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung
- Betonage mit möglichst niedrigen Frischbetontemperaturen
- Kühlung des Frischbetons
- Verwendung grundsätzlich langsam erhärtender Betone besonders in den Sommermonaten, bzw. bei anhaltend hohen Außentemperaturen.

➔ **Betontechnische Maßnahmen sind in Abhängigkeit den Witterungsbedingungen und dem Einbauverfahren durch die ausführende Firma festzulegen.**

➔ **Die Hinzuziehung eines Betontechnologen bzw. einer Fachfirma wird empfohlen.**

Im Bereich des hochwertig genutzten Untergeschosses und an den Übergängen sind die Herstelleranforderungen aus dem FBVS zu beachten. An den Übergängen zu Bauteilen ohne FBVS ist eine Überlappung des FBVS von min 1,00 m gefordert.

Im Bereich ohne FBVS wird bei hohen Außentemperaturen ein Beton mit einer 56-Tage-Festigkeitsentwicklung empfohlen.

11.9 Ausführungstechnische Maßnahmen zur Reduzierung von Verformungen

In Abhängigkeit von den Witterungsbedingungen und dem Einbauverfahren sind durch die ausführende Firma ggf. unter Hinzuziehung eines Betontechnologen bzw. einer Fachfirma ausführungstechnische Maßnahmen festzulegen zur Nachbehandlung:

- Festlegung von Betonzusammensetzungen mit der Witterung angepasster Hydratationswärmeentwicklung
- Betonage mit möglichst niedrigen Frischbetontemperaturen, unter Berücksichtigung der Lufttemperatur
- Wahl des richtigen Betonierzeitpunktes
- Verwendung von Beton mit hohem Wassereindringwiderstand
- WU-Beton mit einem (w/z)eq ≤ 0,55
- bei Wänden (w/z)eq ≤ 0,55 und Größtkorn mit max. 16 mm
- Verwendung wärmereduzierte Zemente
- Keine nachträgliche Wasserzugabe auf der Baustelle
- Kein Restwasser im Fahrmischer (Vorsicht beim Reinigen des Trichters)
- Vorsicht beim Betonieren an Regentagen (Kein Wasser in der Schalung)
- Beim Anbetonieren an bestehende Bauteile sind diese vorzunässen
- Kühlen des Frischbetons

11.10 Weitere ausführungstechnische Maßnahmen

- Begrenzung der Fallhöhe und für Anschlussmischungen, Konsistenzklasse usw.

Zusätzlich bei Ausführung mit Elementwänden (nicht empfohlen):

- volle Füllung der Wand, keine Kiesnester
- kein Auslaufen des Feinmörtels an den Schalungsstößen und Ecken (bei Elementwänden gilt das auch für die 3 cm Aufständern) unter den Fertigteilen
- höhere Rauigkeit der Elementwände an den Innenseiten beachten

11.11 Maßnahmen zur Nachbehandlung

In Abhängigkeit von den Witterungsbedingungen sind durch die DIN EN 206-1 und DIN 1045 Dauer und Maßnahmen zur Nachbehandlung vorgegeben.

- Frühzeitig einsetzende Nachbehandlung (wärmebehandeln, besprühen)
- Schutz vor direkter Sonneneinstrahlung und Austrocknung (Abdecken mit Folie, mit Dämmmatten, mit Flies unter ständigem Feuchthalten)
- Zwischennachbehandlung und wärmehaltende Nachbehandlung nach Überschreiten des Temperaturmaximums
- Beheizung (wenn nötig im Winter)

➔ **Ausführungstechnische Maßnahmen sind in Abhängigkeit den Witterungsbedingungen und dem Einbauverfahren durch die ausführende Firma festzulegen.**

➔ **Die Hinzuziehung eines Betontechnologen bzw. einer Fachfirma wird empfohlen.**

11.12 Ausführungstechnische Maßnahmen im Zusammenhang mit dem FBVS

Im Bereich des hochwertig genutzten Untergeschosses und an den Übergängen sind die Herstelleranforderungen aus dem FBVS zu beachten und die Vorgaben aus dem Fachplanung FBVS zu beachten.

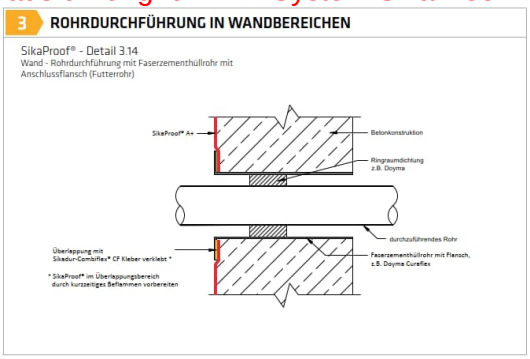
- Das FBV-System ist vor Verschmutzung zu schützen und erforderlichenfalls zu reinigen.
- Maximale Dauer der Verlegung bis zur Betonage (UV-Schutz) gemäß Herstellerangaben

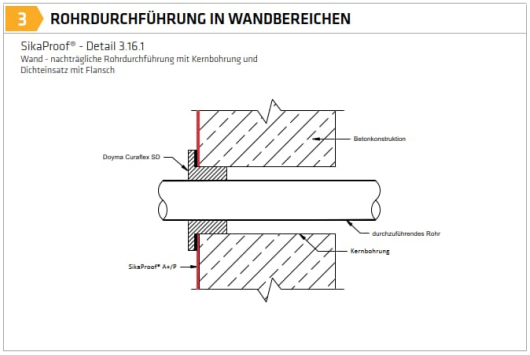
11.13 Einbauteile, Durchdringungen

➔ **Einbauteile im Grund- und Hochwasserbereich sind wasserdicht auszuführen (Rohrdurchführungen mit Dichtungen z.B. Doyma).**

➔ **Für die WU-Betonbauteile mit einem Frischbetonverbundsystem sind die Herstellerdetails für die Ausführung des FBVS zu beachten. (Spezielle Einbauteile zum Anschluss an das FBVS)**

Beispielausführung für FVB-System SikaProof:





11.14 Hinweis für die Bauzeitenplanung / Baureihenfolge

Die Betonage von WU-Betonbauteilen bei hohen Außentemperaturen ist für einen zügigen Baufortschritt nicht vermeidbar. Risse in Betonkonstruktionen sind trotz bester Planung nicht auszuschließen.

Die **WU-Betonbauteile mit einem Frischbetonverbundsystem** sind vor eindringender Feuchtigkeit durch Risse sehr gut geschützt, da das FBVS eine hohe Rissüberbrückungsfähigkeit hat.

Demgegenüber sind die **WU-Betonbauteile ohne Frischbetonverbundsystem** vor eindringender Feuchtigkeit durch Risse wesentlich schlechter geschützt.

Dieser Umstand sollte zur Risikominimierung bei der Festlegung der Baureihenfolge berücksichtigt werden. Die Betonage der Arbeits- und Anlagengruben ohne FBVS sollte nach Möglichkeit im Frühjahr/Herbst oder Winter (ohne Frost) erfolgen, während die WU-Beton-Konstruktionen mit FBVS auch im Sommer erfolgen kann, da das FBVS entstehende Risse gut überbrücken kann. **Die Betontechnologie und Nachbehandlung ist in jedem Fall an die Witerungsverhältnisse anzupassen.**

Schlussseite

Erstellt:

Gabriele Krüger
Projektingenieur Tragwerksplanung

INROS LACKNER SE
Rosa-Luxemburg-Str. 16
18055 Rostock

Tel.: 0381 45 67 859 | Fax: 0381 45 67 855 | Mobil: 0162 10 92 558
mailto:Gabriele.Krueger@inros-lackner.de
http://www.inros-lackner.de

INROS LACKNER SE | Handelsregister: Amtsgericht Bremen HRB 29334 HB
Geschäftsführende Direktoren: Ingo Aschmann (Vors.), Frank Bernhardt, Gesche Fremerey, Dr. Ronny Glaser, Lutz Hempelt, Torsten Retzlaff, Dr. Klaus Richter
Verwaltungsrat: Ingo Aschmann (Vors.)

Zuordnung der Bauteile in Nutzungsklasse (NK) A oder B

OKG Bestand: +43,50 müNHN bis +43,70 müNHN
OKFF neu: ±0,00 = +46,25 müNHN
HHW: +44,30 müNHN **BWS:** +45,30 müNHN HGW = -0,95 m

Bauteil Kurzbezeichn. Funktion	WU-Position	UK Bauteil	Feuchtetransport n = nicht zulässig b = begrenzt zul.	Feuchtestellen n = nicht zulässig D = Dunkelverf.	Umnutzbarkeit j = erforderlich n = nicht erforderl.	Empfohlene NK	gewählte NK	Abdichtungsart WU - WU-Beton AA - Außenl. Abd.	Wasserdruckhöhe h	Bauteilkontakt D = Drückend. W. F = Bodenfeuchte	Beanspruchungs-klasse BAK	Bauteil BP - Bodenplatte W - Wand	O = Ortbeton F = Fertigteil	Empfehlung Entwurfsgrundsatz	Mindest-bauteildicken	gewählte Bauteil-dicke d	Entwurfsgrundsatz	Druckgefälle i = h / d	nutzungsbed. chem. Beanspruchung	zul. Rissbreite	Mindestfestig-keitsklasse	gewählte Beton-festigkeitsklasse	F. Bewehr. maßgeb. Expositionsklasse	Mindestbeton-deckung o+u / i+a	erf. Vorhaltemaß	Nennmaß gewählte Betondeckung		Bedingung
		[m]	n / b	n / D	j / n	A/B	A/B	WU/AA	[m]	D / F	1 / 2	BP / W	O / F	a / b / c	[mm]	[mm]	a / b / c		j / n	[mm]				[mm]	[cm]	[cm]		
Lager 1 / Sanitärräume	**1N-UG2B-60**							**WU+**															XD3	40	15	**55**	o	kompensierendes
FB1-UG2B_Lager	Umkl./Lagersohle	-5,00	n	n	n	A**	A**	**FBVS**	4,05	D	**1**	BP	O	c	250	**600**	c	6,8	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XC2	20	15	**35**	u	FBV-System+WU
	1N-UG2B-75							**WU+**															XD3	40	15	**55**	o	kompensierendes
	Sohle verstärkt	-5,15	n	n	n	A**	A**	**FBVS**	4,20	D	**1**	BP	O	c	250	**750**	c	5,6	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XC2	20	15	**35**	u	FBV-System+WU
Hubtisch	**1N-UG2B-HT**							**WU+**															XD3	40	15	**55**	o	kompensierendes
	Sohle Hubtisch	-6,12	n	j	n	A*	A*	**FBVS**	5,17	D	**1**	BP	O	c	250	**300**	c	17,2	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XC2	20	15	**35**	u	FBV-System+WU
Hebeanlage	**1N-UG2B-75**							**WU+**															XD3	40	15	**55**	o	kompensierendes
	Sohle Hebeanl.	-5,47	n	j	n	A*	A*	**FBVS**	4,52	D	**1**	BP	O	c	250	**300**	c	15,1	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XC2	20	15	**35**	u	FBV-System+WU
Aufzug	**1N-UG2B-75**							**WU+**															XD3	40	15	**55**	o	kompensierendes
	Sohle Aufzug	-5,70	n	j	n	A*	A*	**FBVS**	4,75	D	**1**	BP	O	c	250	**300**	c	15,8	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XC2	20	15	**35**	u	FBV-System+WU
	1N-UW2B-80							**WU+**															XD3	40	15	**55**	i	kompensierendes
	Umkl./Lagerwand	-4,40	n	n	n	A**	A**	**FBVS**	3,45	D	**1**	W	O	c	240	**800**	c	4,3	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XC2	20	15	**35**	a	FBV-System+WU
	1N-UW2B-60							**WU+**															XD3	40	15	**55**	i	kompensierendes
	Hebeanlage	-4,40	n	n	n	A*	A*	**FBVS**	3,45	D	**1**	W	O	c	240	**600**	c	5,8	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XC2	20	15	**35**	a	FBV-System+WU
	1N-UW2B-40							**WU+**															XD3	40	15	**55**	i	kompensierendes
	Umkl./Lagerwand	-4,40	n	n	n	A**	A**	**FBVS**	3,45	D	**1**	W	O	c	240	**400**	c	8,6	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XC2	20	15	**35**	a	FBV-System+WU
	1N-UW2B-30							**WU+**															XD3	40	15	**55**	i	kompensierendes
	Wand Hubtisch	-5,82	n	n	n	A*	A*	**FBVS**	4,87	D	**1**	W	O	c	240	**300**	c	16,2	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XC2	20	15	**35**	a	FBV-System+WU
Grube 1	**1H-UG-01**																						XD3	40	15	**55**	o	Risse verpressen
FB1-AG1	Grubensohle	2,13	b	D	j	B	B	**WU**	0,00	F	**2**	BP	O	c	150	**350**	c	0,0	j	**0,30**	C30/37	C30/37	XC2	20	15	**35**	u	planmäßig
Besanden	**1H-UW-01**																						XD3	40	15	**55**	i	Risse verpressen
	Grubenwand	-1,78	b	D	j	B	B	**WU**	0,83	D	**1**	W	O	c	240	**350**	c	2,4	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XC2	20	15	**35**	a	planmäßig
Grube 2	**1H-UW-02b**																						XD3	40	15	**55**	i	Risse verpressen
FB1-AG2	Grubenwand	-0,41	b	D	n	B	B	**WU**	0,00	F	**2**	W	O	c	200	**300**	c	0,0	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XC2	20	15	**35**	a	planmäßig
Waschhalle	**1H-UG-02b**																						XD3	20	15	**35**	o	Risse verpressen
	Grubensohle	-0,76	b	D	n	B	B	**WU**	0,00	F	**2**	BP	O	c	150	**350**	c	0,0	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XC2	20	15	**35**	u	planmäßig
Trockeneis - CO2	**1H-UD-02a**																						XD3	40	15	**55**	o	Risse verpressen
Salz / Säure	Tragplatte	-0,44	b	D	n	B	B	**WU**	0,00	F	**2**	BP	O	c	150	**220**	c	0,0	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XD3	40	15	**55**	u	planmäßig
Grube 3	**1H-UG-01**																						XD3	40	15	**55**	o	Risse verpressen
FB1-AG3	Grubensohle	-2,13	b	D	j	B	B	**WU**	1,18	D	**1**	BP	O	c	250	**350**	c	3,4	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XC2	20	15	**35**	u	planmäßig
Grundreinigung	**1H-UW-01**																						XD3	40	15	**55**	i	Risse verpressen
	Grubenwand	-1,78	b	D	j	B	B	**WU**	0,83	D	**1**	W	O	c	240	**350**	c	2,4	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XC2	20	15	**35**	a	planmäßig
Grube 4a	**1H-UG-04a**																						XD3	40	15	**55**	o	Risse verpressen
FB1-AG4	Grubensohle	-2,13	b	D	n	B	B	**WU**	1,18	D	**1**	BP	O	c	250	**350**	c	3,4	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XC2	20	15	**35**	u	planmäßig
UFD	**1H-UW-04a**																						XD3	40	15	**55**	i	Risse verpressen
	Grubenwand	-1,78	b	D	n	B	B	**WU**	0,83	D	**1**	W	O	c	240	**400**	c	2,1	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XC2	20	15	**35**	a	planmäßig
Grube 4b	**1H-UG-04b**																						XD3	40	15	**55**	o	Risse verpressen
FB1-AG4	Grubensohle	-3,25	b	D	n	B	B	**WU**	2,30	D	**1**	BP	O	c	250	**400**	c	5,7	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XC2	20	15	**35**	u	planmäßig
UFD	**1H-UW-04b**																						XD3	40	15	**55**	i	Risse verpressen
	Grubenwand	-3,20	b	D	n	B	B	**WU**	2,25	D	**1**	W	O	c	240	**400**	c	5,6	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XC2	20	15	**35**	a	planmäßig
Gruben 5-6, 12	**1H-UG-01**																						XD3	40	15	**55**	o	Risse verpressen
FB1-AG5, 6, 12	Grubensohle	-2,13	b	D	j	B	B	**WU**	1,18	D	**1**	BP	O	c	250	**350**	c	3,4	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XC2	20	15	**35**	u	planmäßig
Inspektions /	**1H-UW-01**																						XD3	40	15	**55**	i	Risse verpressen
Arbeitsstände	Grubenwand	-1,78	b	D	j	B	B	**WU**	0,83	D	**1**	W	O	c	240	**350**	c	2,4	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XC2	20	15	**35**	a	planmäßig

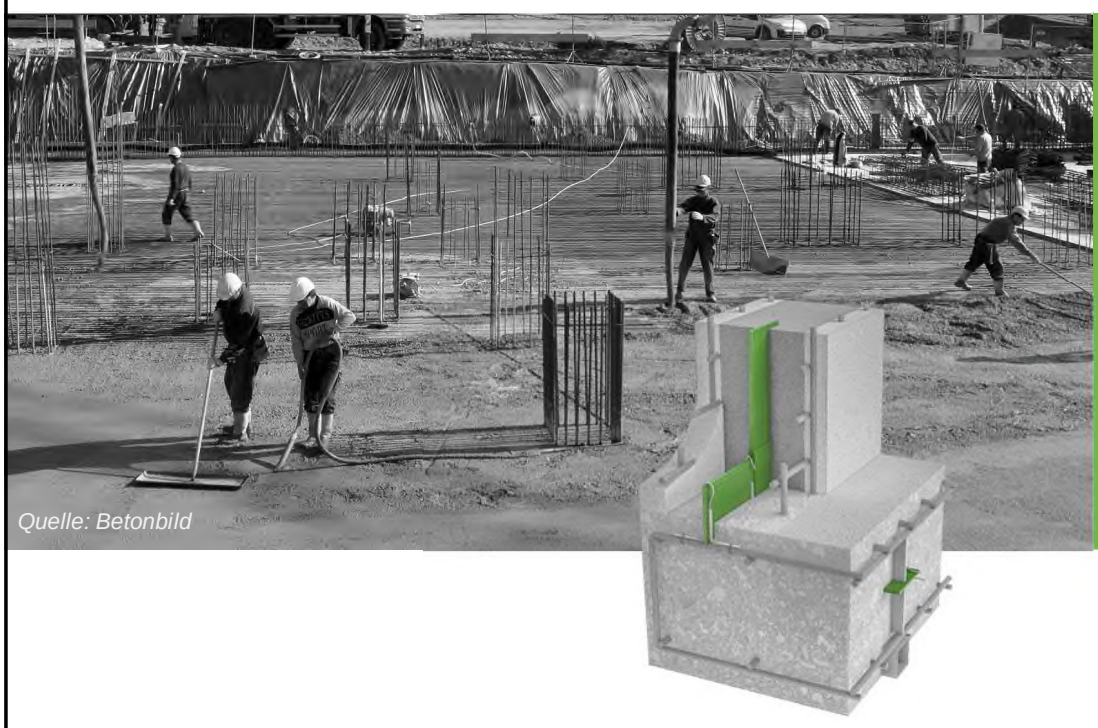
Bauteil Kurzbezeichn. Funktion	WU-Position	UK Bauteil	Feuchtetransport n = nicht zulässig b = begrenzt zul.	Feuchtestellen n = nicht zulässig D = Dunkelverf.	Umnutzbarkeit j = erforderlich n = nicht erforderl.	Empfohlene NK	gewählte NK	Abdichtungsart WU - WU-Beton AA - Außenl. Abd.	Wasserdruckhöhe h	Bauteilkontakt D = Drückend. W. F = Bodenfeuchte	Beanspruchungs-klasse BAK	Bauteil BP - Bodenplatte W - Wand	O = Ortbeton F = Fertigteil	Entwurfsgrundsatz	Mindest-bauteildicken	gewählte Bauteil-dicke d	Entwurfsgrundsatz	Druckgefälle i = h / d	nutzungsbed. chem. Beanspruchung	zul. Rissbreite	Mindestfestig-keitsklasse	gewählte Beton-festigkeitsklasse	F. Bewehr. maßgeb. Expositionsklasse	Mindestbeton-deckung o+u / i+a	erf. Vorhaltemaß	Nennmaß gewählte Betondeckung		Bedingung
		[m]	n / b	n / D	j / n	A/B	A/B	WU/AA	[m]	D / F	1 / 2	BP / W	O / F	a / b / c	[mm]	[mm]	a / b / c		j / n	[mm]				[mm]	[cm]	[cm]		
Grube 7	**1H-UG-01**																						XD3	40	15	**55**	o	Risse verpressen
FB1-AG7	Grubensohle	-2,13	b	D	j	B	B	**WU**	1,18	D	**1**	BP	O	c	250	**350**	c	3,4	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XC2	20	15	**35**	u	planmäßig
Inspektions /	**1H-UW-01**																						XD3	40	15	**55**	i	Risse verpressen
Arbeitsstände	Grubenwand	-1,78	b	D	j	B	B	**WU**	0,83	D	**1**	W	O	c	240	**350**	c	2,4	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XC2	20	15	**35**	a	planmäßig
Grube 8 - Decke ü UG2 - AG8	**kein WU-Beton**																											
Grube 9	**1H-UG-09**							**WU+**															XD3	40	15	**55**	o	kompensierendes
FB1-AG9	Grubensohle	-5,00	n	n	n	B	B	**FBVS**	4,05	D	**1**	BP	O	c	250	**600**	c	6,8	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XC2	20	15	**35**	u	FBV-System+WU
Hebestand	**1H-UW-09**							**WU+**															XD3	40	15	**55**	i	kompensierendes
	Grubenwand	-4,40	n	n	n	B	B	**FBVS**	3,45	D	**1**	W	O	c	240	**600**	c	5,8	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XC2	20	15	**35**	a	FBV-System+WU
Klebestand 10 - FB1-AG10	**kein WU-Beton**																											
Grube 11	**1H-UG-11**																						XD3	40	15	**55**	o	Risse verpressen
FB1-AG11	Grubensohle	-5,00	b	D	n	B	B	**WU**	4,05	D	**1**	BP	O	c	250	**600**	c	6,8	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XC2	20	15	**35**	u	planmäßig
Hebestand	**1H-UW-11**																						XD3	40	15	**55**	i	Risse verpressen
	Grubenwand	-4,40	b	D	n	B	B	**WU**	3,45	D	**1**	W	O	c	240	**600**	c	5,8	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XC2	20	15	**35**	a	planmäßig
Grube 13	**1H-UG-13**																						XD3	40	15	**55**	o	Risse verpressen
FB1-AG13	Grubensohle	-4,00	b	D	n	B	B	**WU**	3,05	D	**1**	BP	O	c	250	**450**	c	6,8	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XC2	20	15	**35**	u	planmäßig
Blechbearbeitung	**1H-UW-13**																						XD3	40	15	**55**	i	Risse verpressen
	Grubenwand	-3,55	b	D	n	B	B	**WU**	2,60	D	**1**	W	O	c	240	**450**	c	5,8	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XC2	20	15	**35**	a	planmäßig
Grube 14 - FB1-AG14	**kein WU-Beton**																											
Grube 15a	**1H-UG-15a**																						XD3	40	15	**55**	o	Risse verpressen
FB1-AG15a	obere Sohle	-2,26	b	D	n	B	B	**WU**	1,31	D	**1**	BP	O	c	250	**300**	c	4,4	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XC2	20	15	**35**	u	planmäßig
Lackierstand	**1H-UW-15a**																						XD3	40	15	**55**	i	Risse verpressen
	obere Wände	-1,96	b	D	n	B	B	**WU**	1,01	D	**1**	W	O	c	240	**300**	c	3,4	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XC2	20	15	**35**	a	planmäßig
Entlüftung	**1H-UG-15b**							**WU+**															XD3	40	15	**55**	o	kompensierendes
Grube 15b	untere Sohle	-3,30	b	D	n	B	B	**FBVS**	2,35	D	**1**	BP	O	c	250	**400**	c	5,9	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XC2	20	15	**35**	u	FBV-System+WU
	1H-UW-15b							**WU+**															XD3	40	15	**55**	i	kompensierendes
	untere Wände	-2,90	b	D	n	B	B	**FBVS**	1,95	D	**1**	W	O	c	240	**300**	c	6,5	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XC2	20	15	**35**	a	FBV-System+WU
Grube 16	**1H-UG-16**																						XD3	40	15	**55**	o	Risse verpressen
FB1-AG16	Grubensohle	-3,48	b	D	n	B	B	**WU**	2,53	D	**1**	BP	O	c	250	**600**	c	4,2	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XC2	20	15	**35**	u	planmäßig
Drehgestellheber 1+2	**1H-UW-16**																						XD3	40	15	**55**	i	Risse verpressen
	Grubenwand	-3,18	b	D	n	B	B	**WU**	2,23	D	**1**	W	O	c	240	**350**	c	6,4	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XC2	20	15	**35**	a	planmäßig
Grube 17	**1H-UG-16**																						XD3	40	15	**55**	o	Risse verpressen
FB1-AG17	Grubensohle	-3,48	b	D	n	B	B	**WU**	2,53	D	**1**	BP	O	c	250	**600**	c	4,2	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XC3	20	15	**35**	u	planmäßig
Drehgestellheber 3+4	**1H-UW-16**																						XD4	40	15	**55**	i	Risse verpressen
	Grubenwand	-3,18	b	D	n	B	B	**WU**	2,23	D	**1**	W	O	c	240	**350**	c	6,4	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XC3	20	15	**35**	a	planmäßig
Grube 18	**1H-UG-01**																						XD3	40	15	**55**	o	Risse verpressen
FB1-AG18	Grubensohle	-1,93	b	D	j	B	B	**WU**	0,98	D	**1**	BP	O	c	250	**300**	c	3,3	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XC2	20	15	**35**	u	planmäßig
Drehgestellprüfst.	**1H-UW-01**																						XD3	40	15	**55**	i	Risse verpressen
	Grubenwand	-1,63	b	D	j	B	B	**WU**	0,68	D	**1**	W	O	c	240	**300**	c	2,3	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XC2	20	15	**35**	a	planmäßig
Grube 19a	**1H-UG-19a**							**WU+**															XD3	40	15	**55**	o	kompensierendes
FB1-AG19	Grubensohle	-0,90	b	D	n	B	B	**FBVS**	0,00	F	**2**	BP	O	c	150	**350**	c	0,0	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XC2	20	15	**35**	u	FBV-System+WU
Drehgestellreinig.	**1H-UW-19a**							**WU+**															XD3	40	15	**55**	i	kompensierendes
mit WHG-Beschichtung	Grubenwand	-0,50	b	D	n	B	B	**FBVS**	0,00	F	**2**	W	O	c	200	**300**	c	0,0	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XC2	20	15	**35**	a	FBV-System+WU
Grube 19b	**1H-UG-19b**							**WU+**															XD3	40	15	**55**	o	kompensierendes
FB1-AG19	Grubensohle	-2,40	b	D	n	B	B	**FBVS**	1,45	D	**1**	BP	O	c	250	**350**	c	4,1	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XC2	20	15	**35**	u	FBV-System+WU
Drehgestellreinig.	**1H-UW-19b**							**WU+**															XD3	40	15	**55**	i	kompensierendes
mit WHG-Beschichtung	Grubenwand	-1,95	b	D	n	B	B	**FBVS**	1,00	D	**1**	W	O	c	240	**300**	c	3,3	j	**0,30**	C35/45	C35/45	XC2	20	15	**35**	a	FBV-System+WU

Bauteil Kurzbezeichn. Funktion	WU-Position	UK Bauteil	Feuchtetransport n = nicht zulässig b = begrenzt zul.	Feuchtestellen n = nicht zulässig D = Dunkelverf.	Umnutzbarkeit j = erforderlich n = nicht erforderl.	Empfohlene NK	gewählte NK	Abdichtungsart WU - WU-Beton AA - Außenl. Abd.	Wasserdruckhöhe h	Bauteilkontakt D = Drückend. W. F = Bodenfeuchte	Beanspruchungs-klasse BAK	Bauteil BP - Bodenplatte W - Wand	O = Ortbeton F = Fertigteil	Entwurfsgrundsatz	Mindest-bauteildicken	gewählte Bauteil-dicke d	Entwurfsgrundsatz	Druckgefälle i = h / d	nutzungsbed. chem. Beanspruchung	zul. Rissbreite	Mindestfestig-keitsklasse	gewählte Beton-festigkeitsklasse	F. Bewehr. maßgeb. Expositionsklasse	Mindestbeton-deckung o+u / i+a	erf. Vorhaltemaß	Nennmaß gewählte Betondeckung		Bedingung
		[m]	n / b	n / D	j / n	A/B	A/B	WU/AA	[m]	D / F	1 / 2	BP / W	O / F	a / b / c	[mm]	[mm]	a / b / c		j / n	[mm]				[mm]	[cm]	[cm]		
Grube 20	1H-UG-20																						XD3	40	15	55	o	Risse verpressen
FB1-AG20	Grubensohle	-1,40	b	D	n	B	B	WU	0,45	D	1	BP	O	c	250	300	c	1,5	j	0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	u	planmäßig
Radsatzdiagnose 2	1H-UW-20																						XD3	40	15	55	i	Risse verpressen
OS	Grubenwand	-1,10	b	D	n	B	B	WU	0,15	D	1	W	O	c	240	300	c	0,5	j	0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	planmäßig
Grube 21	1H-UG-21																						XD3	40	15	55	o	Risse verpressen
FB1-AG21	Grubensohle	-1,21	b	D	n	B	B	WU	0,26	D	1	BP	O	c	250	300	c	0,9	j	0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	u	planmäßig
Radsatzdiagnose 1	1H-UW-21																						XD3	40	15	55	i	Risse verpressen
OS	Grubenwand	-1,91	b	D	n	B	B	WU	0,96	D	1	W	O	c	240	300	c	3,2	j	0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	planmäßig
Grube 22	1H-UG-22																						XD3	40	15	55	o	Risse verpressen
FB1-AG22	Grubensohle	-1,40	b	D	n	B	B	WU	0,45	D	1	BP	O	c	250	300	c	1,5	j	0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	u	planmäßig
Achsenkurzschlussmesser	1H-UW-22																						XD3	40	15	55	i	Risse verpressen
OS	Grubenwand	-1,10	b	D	n	B	B	WU	0,15	D	1	W	O	c	240	300	c	0,5	j	0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	planmäßig
Versorgungs-	1H-UG-23																						XD3	40	15	55	o	Risse verpressen
kanal	Grubensohle	-2,26	b	D	n	B	B	WU	1,31	D	1	BP	O	c	250	300	c	4,4	j	0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	u	planmäßig
FB1	1H-UW-23																						XD3	40	15	55	i	Risse verpressen
	Grubenwand	-1,91	b	D	n	B	B	WU	0,96	D	1	W	O	c	240	300	c	3,2	j	0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	planmäßig
Versorgungs-	1H-UG-24																						XD3	40	15	55	o	Risse verpressen
schacht 1	Grubensohle	-1,76	b	D	n	B	B	WU	0,81	D	1	BP	O	c	250	300	c	2,7	j	0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	u	planmäßig
FB1	1H-UW-24																						XD3	40	15	55	i	Risse verpressen
	Grubenwand	-1,46	b	D	n	B	B	WU	0,51	D	1	W	O	c	240	300	c	1,7	j	0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	planmäßig
Sandsilo	1H-EW-20																						XC3	25	15	40	i	Risse verpressen
	Silotrichterw.	1,00	b	D	n	B	B	WU	0,00	F	2	W	O	c	200	300	c	0,0	n	0,30	C30/37	C30/37	XC1	20	15	35	a	planmäßig
	1H-EW-20																						XC3	25	15	40	i	Risse verpressen
	Silowand	1,50	b	D	n	B	B	WU	0,00	F	2	W	O	c	200	300	c	0,0	n	0,30	C30/37	C30/37	XC1	20	15	35	a	planmäßig
Aufzugs-	1N-UG-01																						XD3	40	15	55	o	Risse verpressen
Unterfahrten	Grubensohle	-1,45	b	D	n	B	B	WU	0,50	D	1	BP	O	c	250	300	c	1,7	j	0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	u	planmäßig
FB1	1N-UW-01																						XD3	40	15	55	i	Risse verpressen
	Grubenwand	-1,15	b	D	n	B	B	WU	0,20	D	1	W	O	c	240	300	c	0,7	j	0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	planmäßig
Bodenplatte	1X-GG-01																						XD3	40	15	55	o	Risse verpressen
Werkstatt		-0,41	b	D	n	B	B	WU	0,00	F	2	BP	O	c	150	300	c	0,0	j	0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	u	planmäßig
Rampe	1N-UG-20																						XC4	45	15	60	o	Risse verpressen
	Rampensohle	1,75	b	D	n	B	B	WU	0,00	F	2	BP	O	c	150	350	c	0,0	j	0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	u	planmäßig
	1N-UW-20																						XC4	40	15	55	i	Risse verpressen
	Rampenwand	-1,15	b	D	n	B	B	WU	0,20	D	1	W	O	c	240	300	c	0,7	j	0,30	C35/45	C35/45	XC2	20	15	35	a	planmäßig

MVB-BHN BAUHERRENABSTIMMUNG ZUM WU-KONZEPT 23.10.2024

PLANUNGXGRUPPE

INGENIEURBÜRO
SCHIESSL · GEHLEN · SODEIKAT



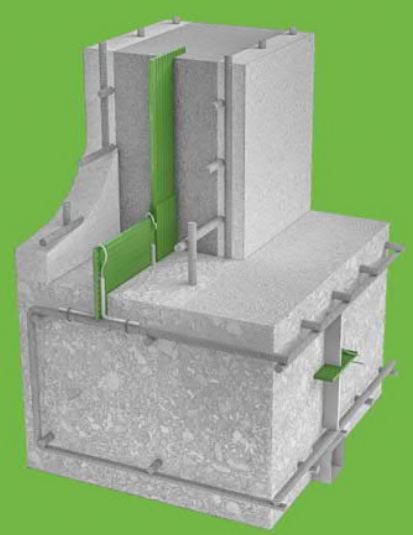
WU-Betonkonstruktion Straßenbahnbetriebshof Nord

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtschaftsing.
Thomas Zitzelsberger

1

Inhalt

1. Grundlagen der WU-Bauweise
2. Funktionsweise FBV-System
3. Besonderheiten BV Straßenbahnbetriebshof Nord



2

2

Bauweisen WU-Konstruktion

Schwarze Wanne

Weiße Wanne

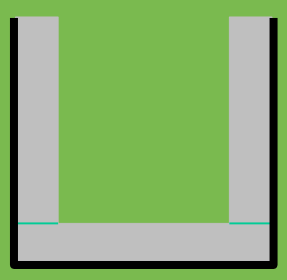
Frischbeton-verbundsystem

3

3

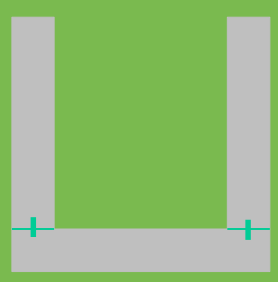
Bauweisen WU-Konstruktion

Schwarze Wanne



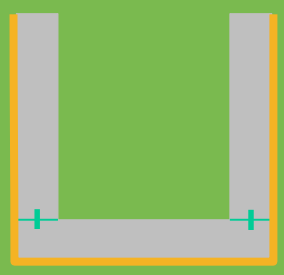
- Betonkonstruktion besitzt rein lastabtragende Funktion
- Abdichtung durch flüssig oder bahnenförmig applizierte Stoffe als flächig ausgebildete und geschlossene Wanne
- DIN 18533

Weiße Wanne



- Betonkonstruktion übernimmt neben der lastabtragenden Funktion auch die Abdichtungswirkung
- DAfStb-Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“

Frischbeton-verbundsystem



- Betonkonstruktion in Kombination mit FBV-System
- DAfStb-Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“ ergänzt mit DBV-Heft 44 (zukünftig DBV-Merkblatt)
- Keine aRdT

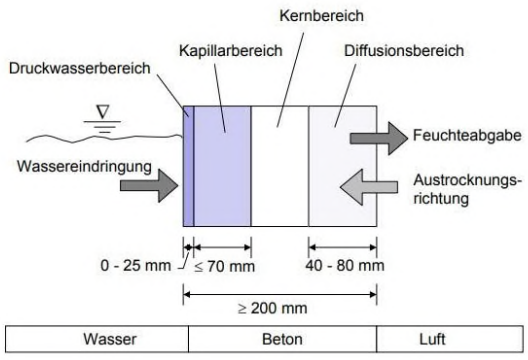
4

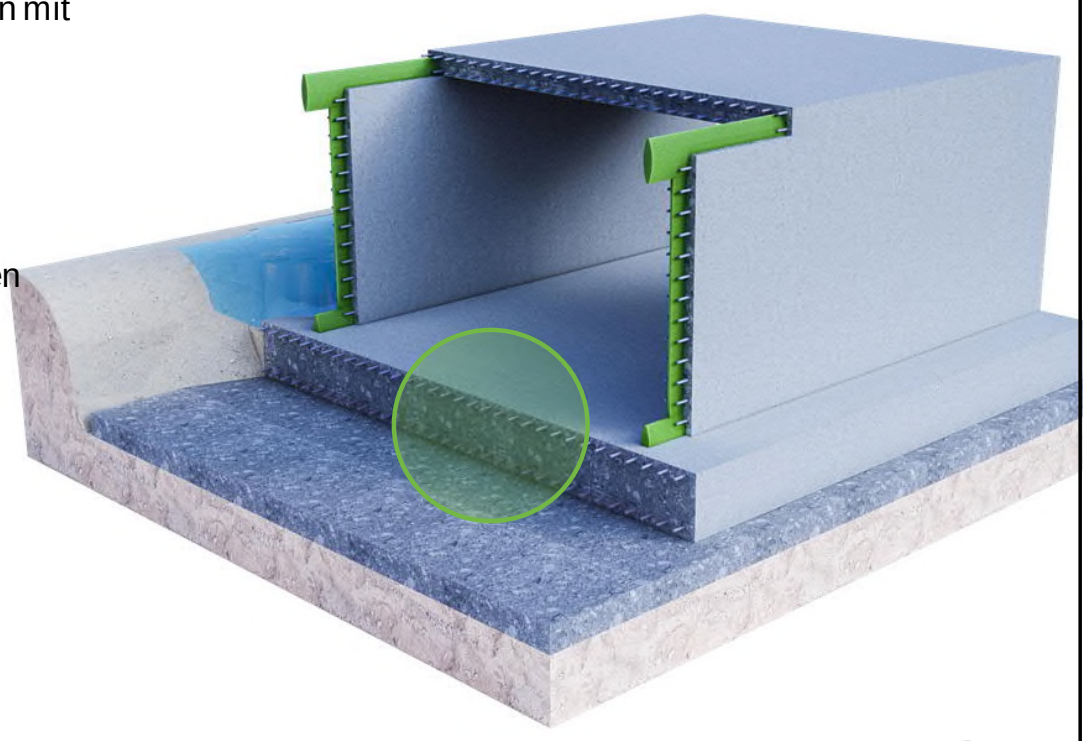
4

Grundlagen WU-Betonkonstruktion

Die Zielstellung bei WU-Betonkonstruktion mit hochwertiger Nutzung und drückendem Grundwasser ist:

- Jedes Bauteil besteht aus einem hohlraumfreien wasserundurchlässigen Beton erfüllt die jeweilige Mindestbauteildicke





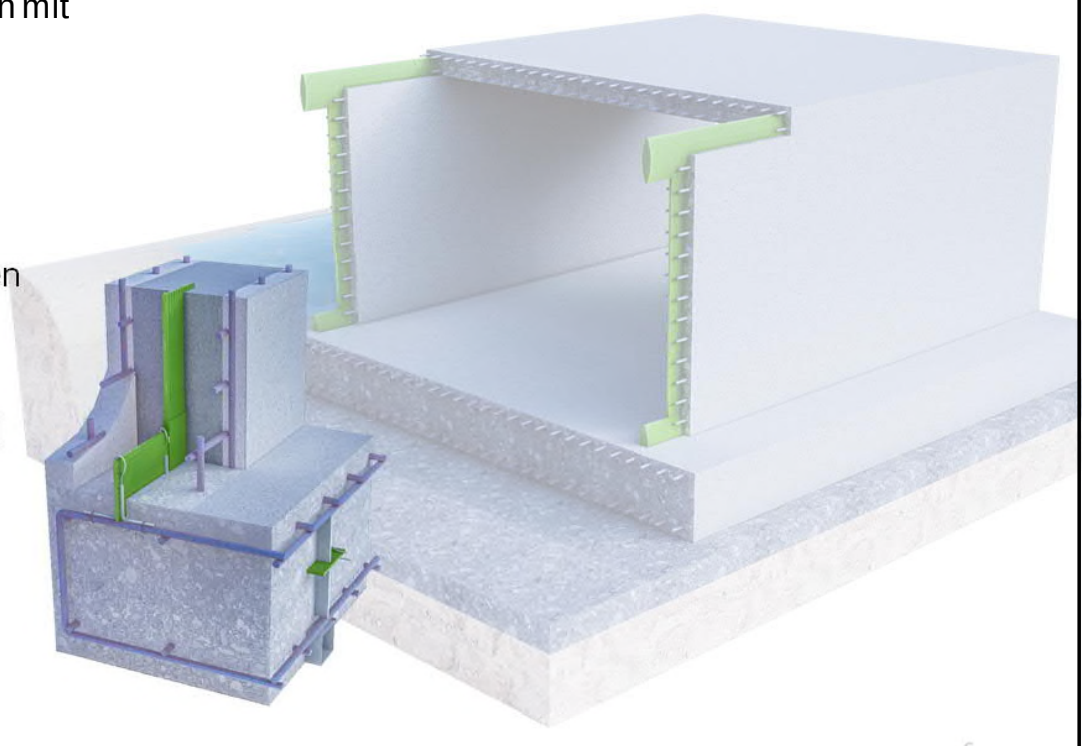
5

5

Grundlagen WU-Betonkonstruktion

Die Zielstellung bei WU-Betonkonstruktion mit hochwertiger Nutzung und drückendem Grundwasser ist:

- Jedes Bauteil besteht aus einem hohlraumfreien wasserundurchlässigen Beton erfüllt die jeweilige Mindestbauteildicke
- Alle Fugen und Durchdringungen sind wasserdicht abgedichtet



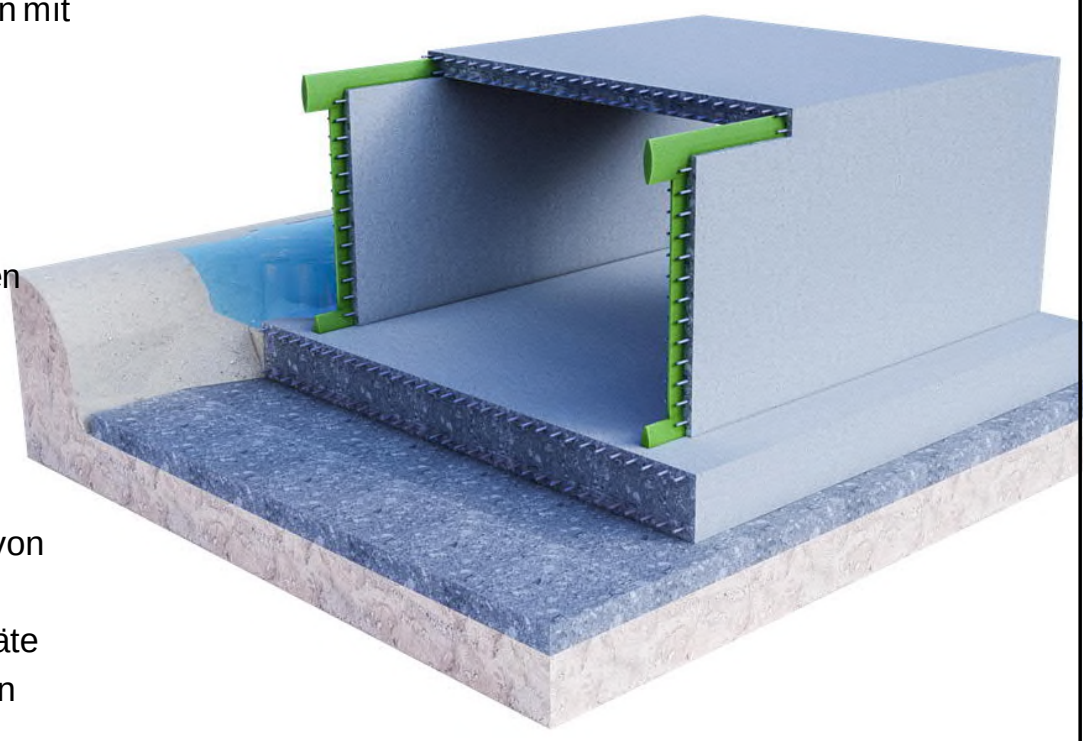
6

6

Grundlagen WU-Betonkonstruktion

Die Zielstellung bei WU-Betonkonstruktion mit hochwertiger Nutzung und drückendem Grundwasser ist:

- Jedes Bauteil besteht aus einem hohlraumfreien wasserundurchlässigen Beton erfüllt die jeweilige Mindestbauteildicke
- Alle Fugen und Durchdringungen sind wasserdicht abgedichtet
- Alle Betonbauteile sind entweder frei von wasserführenden Rissen oder diese werden vor Nutzung geschlossen. Späte Risse sind oft zu erwarten und müssen nachträglich geschlossen werden.



7

7

Grundlagen WU-Betonkonstruktion

Nutzungsklassen

- **Nutzungsklasse A**: Feuchtstellen auf der luftseitigen Bauteiloberfläche als Folge von Wasserdurchtritt sind nicht zulässig (kein Wasserdurchtritt)

DEUTSCHER AUSSCHUSS FÜR STAHLBETON

DAfStb-Richtlinie

Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton
(WU-Richtlinie)

Ausgabe Dezember 2017

Ersatz für Ausgabe November 2003; bisherige Vertriebs-Nr. 65035

Notifiziert gemäß der Richtlinie (EU) 2015/1535 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. September 2015 über ein Informationsverfahren auf dem Gebiet der technischen Vorschriften und der Vorschriften für die Dienste der Informationsgesellschaft (ABl. L 241 vom 17.9.2015, S. 1).

Bezüglich der in dieser Richtlinie genannten Normen, anderen Unterlagen und technischen Anforderungen, die sich auf Produkte oder Prüfverfahren beziehen, gilt, dass auch Produkte bzw. Prüfverfahren angewandt werden dürfen, die Normen oder sonstigen Bestimmungen und/oder technischen Vorschriften anderer Mitgliedstaaten der Europäischen Union oder der Türkei oder eines EFTA-Staat, der Vertragspartei des EWR-Abkommens ist, entsprechen, sofern das geforderte Schutzniveau in Bezug auf Sicherheit, Gesundheit und Gebrauchstauglichkeit gleichermaßen dauerhaft erreicht wird.

Herausgeber:
Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e. V. – DAfStb
Budapester Straße 31
D-10787 Berlin
Telefon: 030 2693-1320
info@dafstb.de

Der Deutsche Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb) beansprucht alle Rechte, auch das der Übersetzung in fremde Sprachen. Ohne ausdrückliche Genehmigung des DAfStb ist es nicht gestattet, diese Veröffentlichung oder Teile daraus auf fotomechanischem Wege oder auf andere Art zu vervielfältigen.

Verkauf durch den Beuth Verlag GmbH, Berlin, Vertriebs-Nummer 65784

8

8

Grundlagen WU-Betonkonstruktion

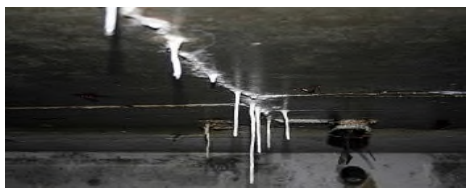
Nutzungsklassen

- **Nutzungsklasse A**: Feuchtstellen auf der luftseitigen Bauteiloberfläche als Folge von Wasserdurchtritt sind nicht zulässig (kein Wasserdurchtritt)
- **Nutzungsklasse B**: Feuchtstellen auf der luftseitigen Bauteiloberfläche (im Sinne von feuchtebedingten Dunkelverfärbungen, ggfs. Bildung von Wasserperlen an diesen Stellen) als Folge von Wasserdurchtritt sind zulässig (begrenzter Wasserdurchtritt).

9

9

Grundlagen WU-Betonkonstruktion

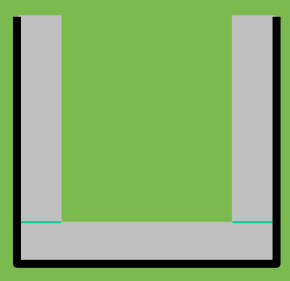
Entwurfsgrundsatz nach WU-Richtlinie:	Betonoberfläche:	Anwendung im Projekt (Kommentar)
EGS a Vermeiden von Trennrissen		nicht anwendbar: verschachtelete Geometrie des Untergeschosses bedingt Zwänge u. Risse
EGS b Zulassen von Trennrissen, Begrenzung der Rissbreite für Selbstheilung		nicht anwendbar: betonaggressives Wasser verhindert Selbstheilung
EGS c Zulassen von Trennrissen, Verschluss der geplanten und erwarteten Risse		möglich und angemessen: Betroffen von möglichen Feuchtestellen sind in erster Linie die tiefliegenden Gruben = Anlagen-gruben (= Maschinenräume)

10

10

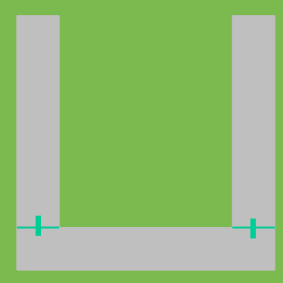
Bauweisen WU-Konstruktion

Schwarze Wanne



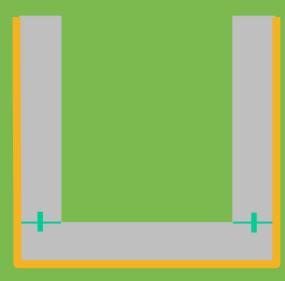
- Betonkonstruktion besitzt rein lastabtragende Funktion
- Abdichtung durch flüssig oder bahnenförmig applizierte Stoffe als flächig ausgebildete und geschlossene Wanne
- DIN 18533

Weiße Wanne



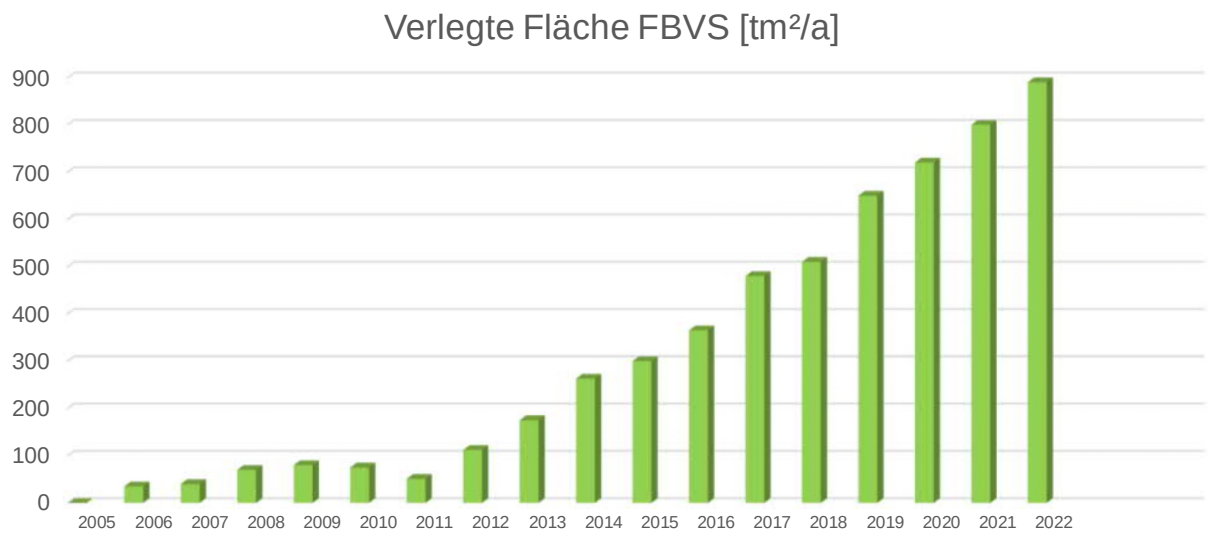
- Betonkonstruktion übernimmt neben der lastabtragenden Funktion auch die Abdichtungswirkung
- DAfStb-Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“

Frischbeton-verbundsystem



- Betonkonstruktion in Kombination mit FBV-System
- DAfStb-Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“ ergänzt mit DBV-Heft 44 (zukünftig DBV-Merkblatt)
- Keine aRdT

Frischbetonverbundsysteme



- In den letzten Jahren wurden vermehrt Frischbetonverbundsysteme in Kombination mit WU-Konstruktionen eingesetzt.
- Bis 2022 wurden in Deutschland über 4,5 mio m² FBVS eingebaut
- Es gibt bereits über 12 Anbieter mit unterschiedlichen Eigenschaften und Qualitäten

Entscheidungsgründe

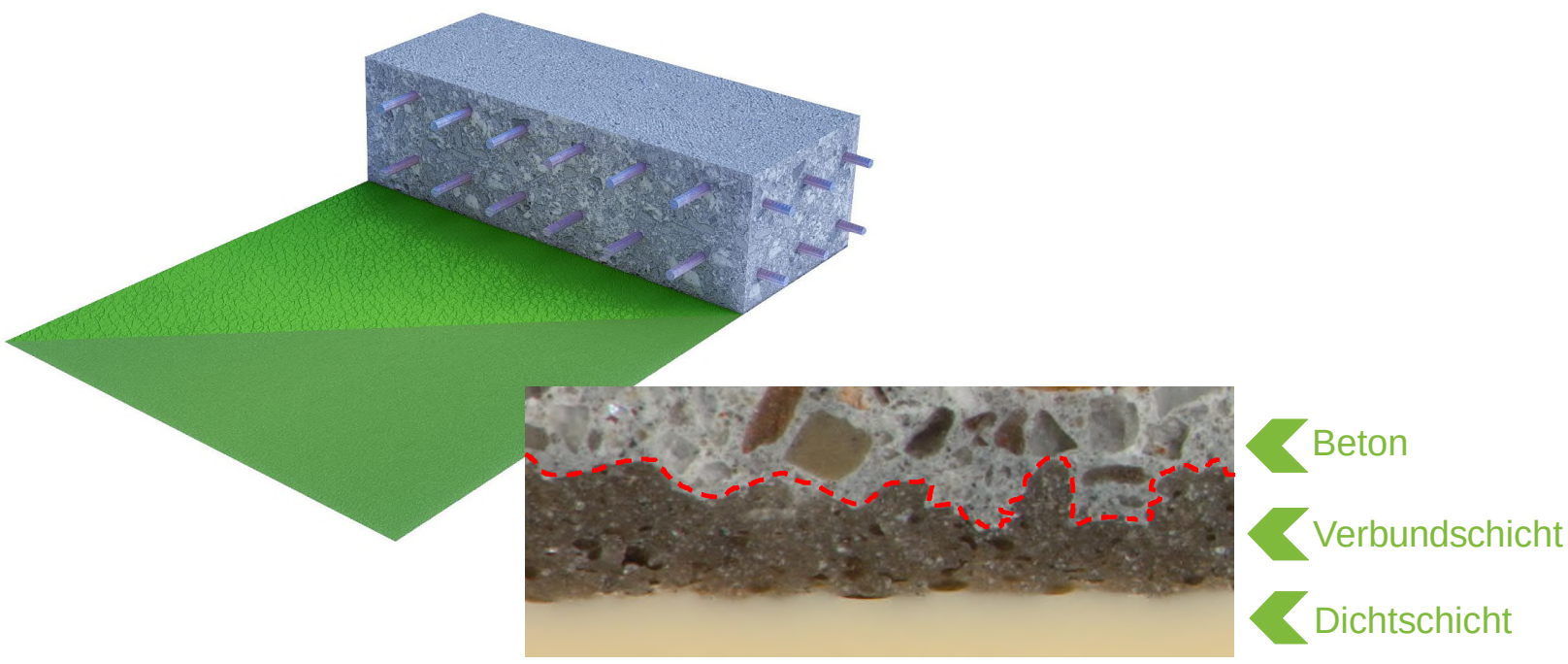
FBV-Systeme finden hauptsächlich Verwendung wenn eine **hochwertige Nutzung** bei **drückendem Grundwasser** geplant wird und die Nutzung eine **weitestmögliche Risikominimierung** eines ungewollten Feuchteeintrittes bedingt.

- Trennrisse im Beton konzeptionell nicht ausgeschlossen werden können und eine nachträgliche Injektion von Rissen
  - nicht gewollt (Sichtbetonoberflächen),
  - sehr aufwändig (massige Bauteile) oder
  - nicht möglich ist, weil zum Beispiel die Zugänglichkeit zur Bauteilinnenfläche nicht gegeben ist,
- Trennrisse im Beton konzeptionell nicht ausgeschlossen werden können, aber vor Nutzungsbeginn nicht zielsicher erkennbar sind (z. B. bei Wasserwechselzonen), bzw. die Wasserbeaufschlagung erst während der Nutzung erfolgt,
- ein Schutz der Betonkonstruktion erforderlich ist, z. B. bei betonangreifendem Grundwasser,
- eine besondere Gasdichtigkeit des Baukörpers erforderlich ist, z. B. Radon

13

13

Aufbau eines FBV-Systems



14

14

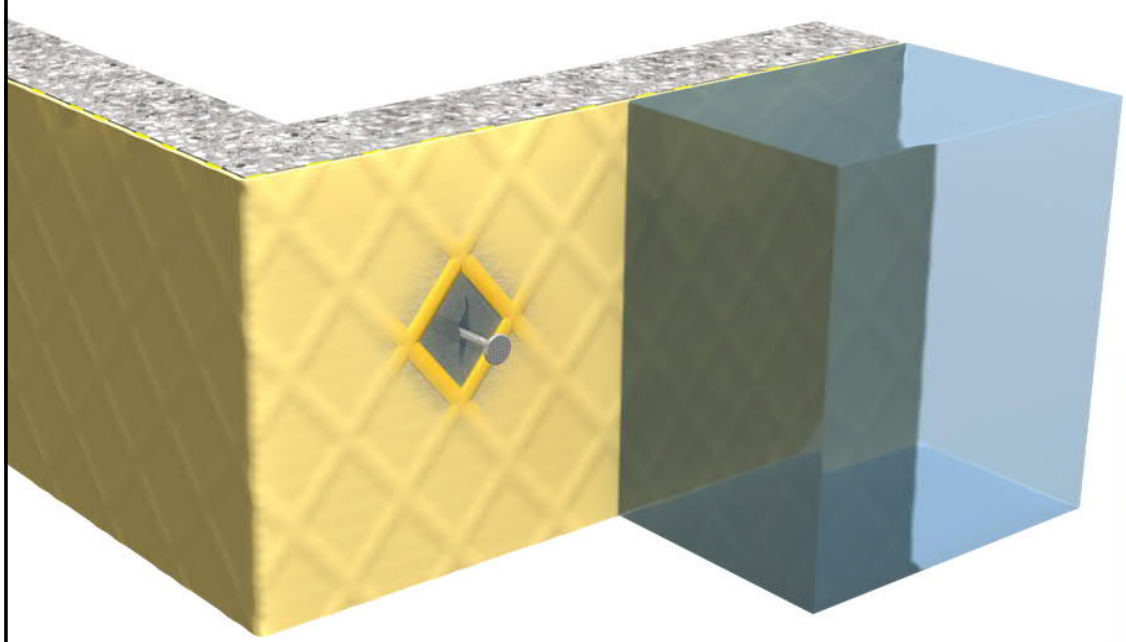
Wirkungsweise eines FBV-Systems

Sichere Rissüberbrückung der Membran und aller Systembestandteile

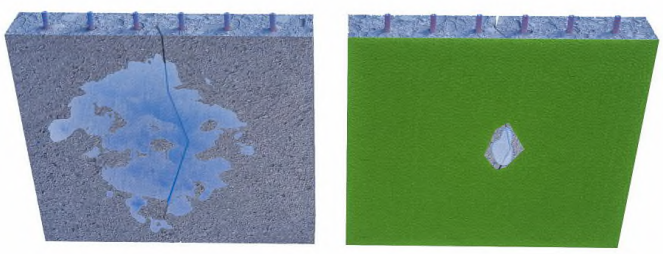
15

15

Aufbau eines FBV-Systems



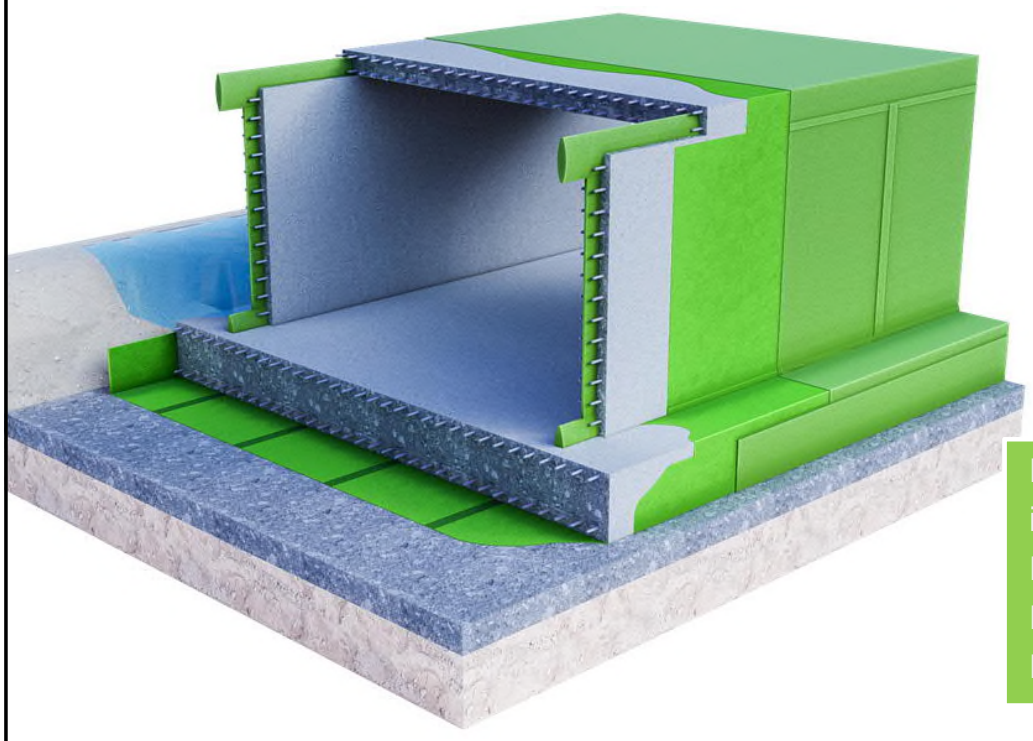
Der Hinterlaufschutz verhindert im Schadensfall eine Ausbreitung des Wassers zwischen Bauteil und Abdichtung.



16

16

Wirkungsweise eines FBV-Systems



Die Frischbetonverbundtechnologie ist als ein **Gesamtsystem** der FBV-Bahn, der Fugen, der Detailausbildungen und der Betonkonstruktion zu verstehen

17

17

Wirkungsweise eines FBV-Systems

Die Frischbetonverbundtechnologie ist als ein **Gesamtsystem** der FBV-Bahn, der Fugen, der Detailausbildungen und der Betonkonstruktion zu verstehen

Leistungsmerkmale:

- Vollflächiger Hinterlaufschutz
- Druckwasserdichtigkeit
- Rissüberbrückung

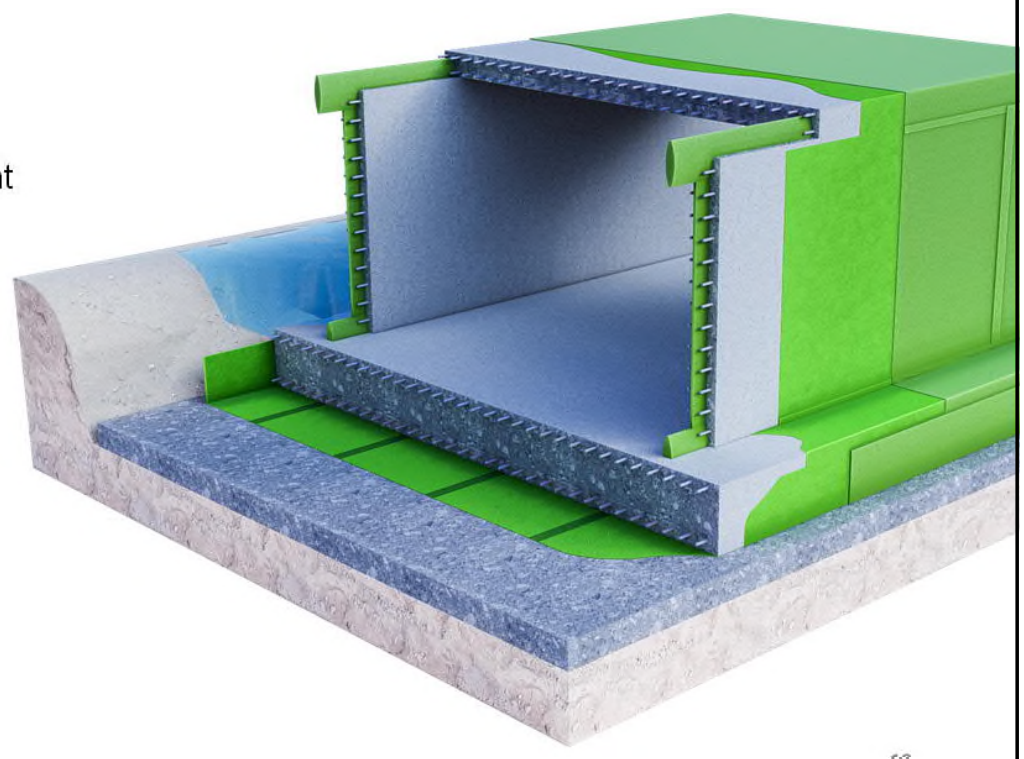
18

18

Frischbetonverbundsysteme

In den letzten Jahren wurden vermehrt Frischbetonverbundsysteme in Kombination mit WU-Konstruktionen eingesetzt:

- Frischbetonverbundsysteme richtig geplant und ausgeführt erhöhen signifikant die Nutzungssicherheit



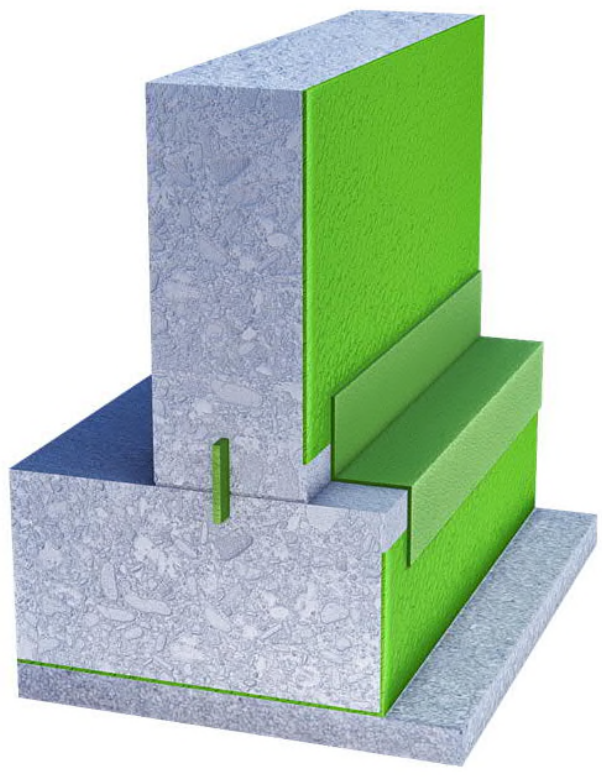
19

19

Frischbetonverbundsysteme

In den letzten Jahren wurden vermehrt Frischbetonverbundsysteme in Kombination mit WU-Konstruktionen eingesetzt:

- Frischbetonverbundsysteme richtig geplant und ausgeführt erhöhen signifikant die Nutzungssicherheit
- FBV-Systeme sind in Ihren Eigenschaften und Leistungsfähigkeiten deutlich unterschiedlich und müssen entsprechend ausgewählt werden



20

Quelle: Sika Deutschland GmbH

20

Besonderheiten BV Straßenbahnbetriebshof

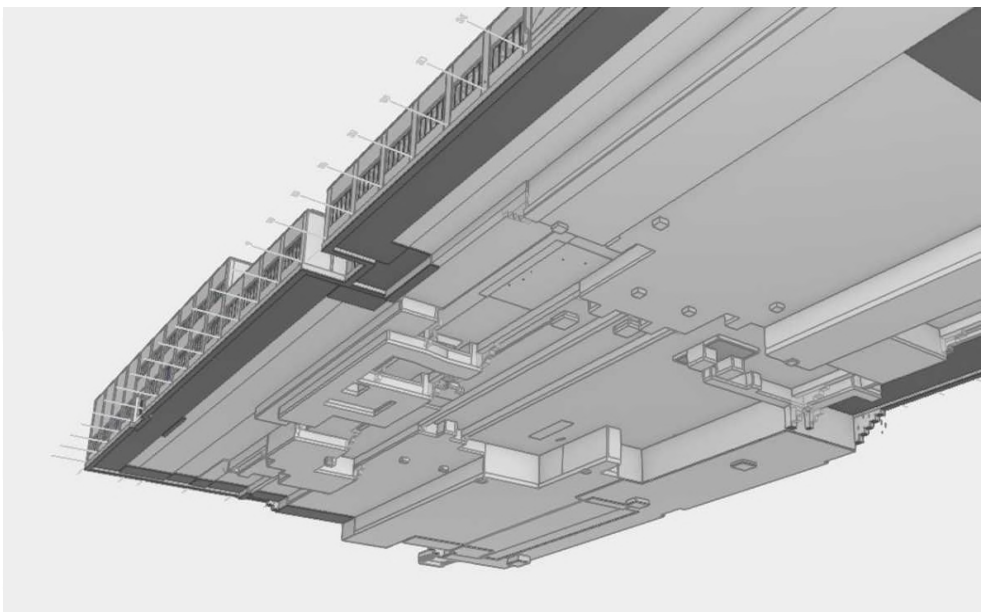
21

Quelle: Sika Deutschland GmbH

21

Besonderheiten BV Straßenbahnbetriebshof

Geometrie: Aufgrund der nutzungsbedingten Konstruktion entsteht eine ungünstige Geometrie, die zu einer erhöhten Rissanzahl führt und teilweise engmaschige Bewehrung erfordert.



verschachtelte Geometrie des Untergeschosses (nutzungsbedingt) -> Entwurfsgrundsatz a) scheidet aus

22

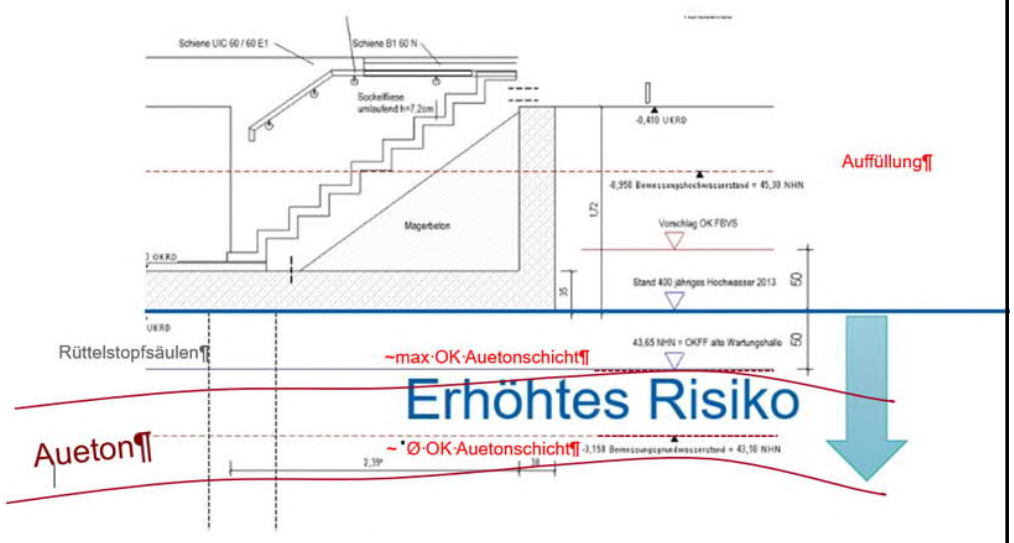
Quelle: Sika Deutschland GmbH

22

Besonderheiten BV Straßenbahnbetriebshof

Geometrie: Aufgrund der nutzungsbedingten Konstruktion entsteht eine ungünstige Geometrie, die zu einer erhöhten Rissanzahl führt und teilweise engmaschige Bewehrung erfordert.

Wasserbeanspruchung: Eine Wasserbeanspruchung erfolgt nur bei Hochwasser oder Sickerwasser. Es ist kein Dichtheitsnachweis möglich.



23

Quelle: Sika Deutschland GmbH

23

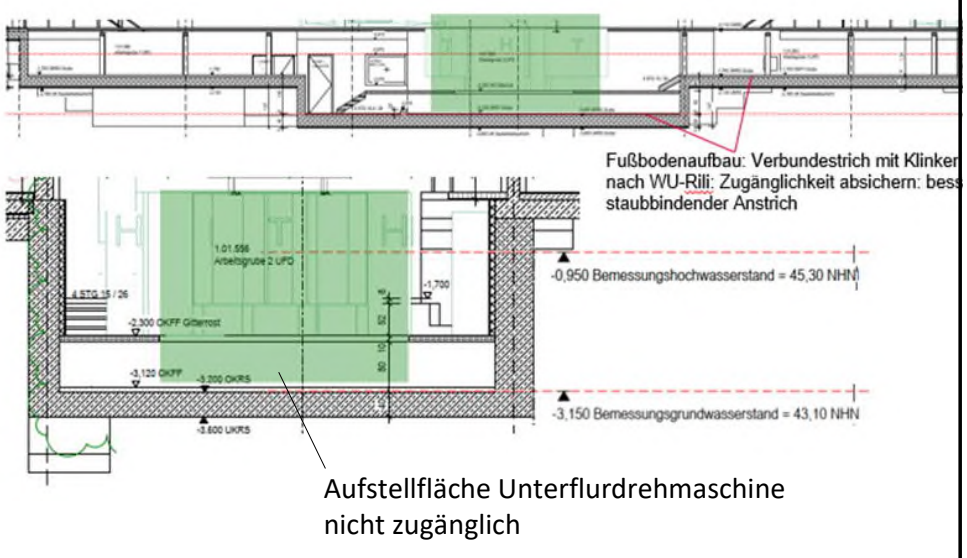
Besonderheiten BV Straßenbahnbetriebshof

Geometrie: Aufgrund der nutzungsbedingten Konstruktion entsteht eine ungünstige Geometrie, die zu einer erhöhten Rissanzahl führt und teilweise engmaschige Bewehrung erfordert.

Wasserbeanspruchung: Eine Wasserbeanspruchung erfolgt nur bei Hochwasser oder Sickerwasser. Es ist kein Dichtheitsnachweis möglich.

Zugänglichkeit: In vielen Bereichen ist die Zugänglichkeit nicht gegeben, um Undichtigkeiten zu finden und zu reparieren

und Belastungen aus der Nutzung ist von einer Rissbildung während der Nutzung auszugehen



24

Quelle: Sika Deutschland GmbH

24

Grundlage des WU-Entwurfes

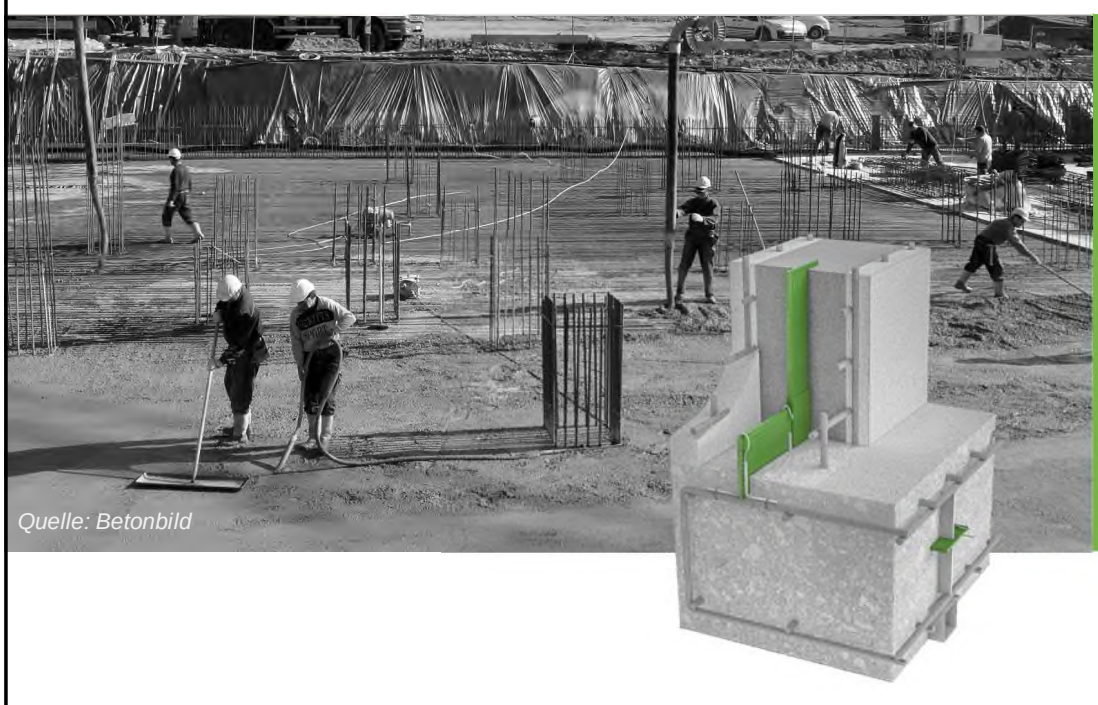
- **Aufgabenstellung**:
  Erstellung eines wirtschaftlichen Entwurfs!
-
  Betonkonstruktionen mit und ohne FBV-System
- Die WU-Betonkonstruktion hat Ihre Grenzen insbesondere bei diesem BV, insbesondere die fehlende Zugänglichkeit und die nachträgliche Rissbildung
- Bisher wurden alle Bauteile mit hohen Nutzungsanforderungen und schlechter Zugänglichkeit mit FBV-System geplant. Auch Undichtigkeiten durch nachträgliche Rissbildung wären dadurch abgedeckt.
- Es ist nicht auszuschließen,wenn auch unwahrscheinlich, dass bei einer ungünstigen Konstellation von Rissbildung, Wasserbeaufschlagung und Zugänglichkeit die Zusatzmaßnahme FBVS auf die Lebensdauer gerechnet günstiger ist

25

Quelle: Sika Deutschland GmbH

25

INGENIEURBÜRO
SCHIESSL · GEHLEN · SODEIKAT



Quelle: Betonbild

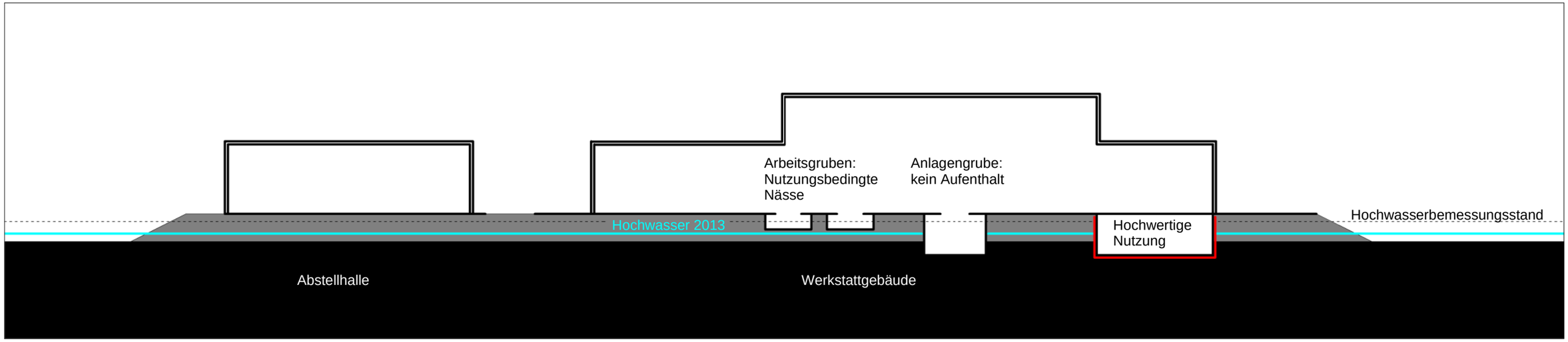
Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit!

Haben Sie noch Fragen?
www.ib-schiessl.de

Thomas Zitzelsberger

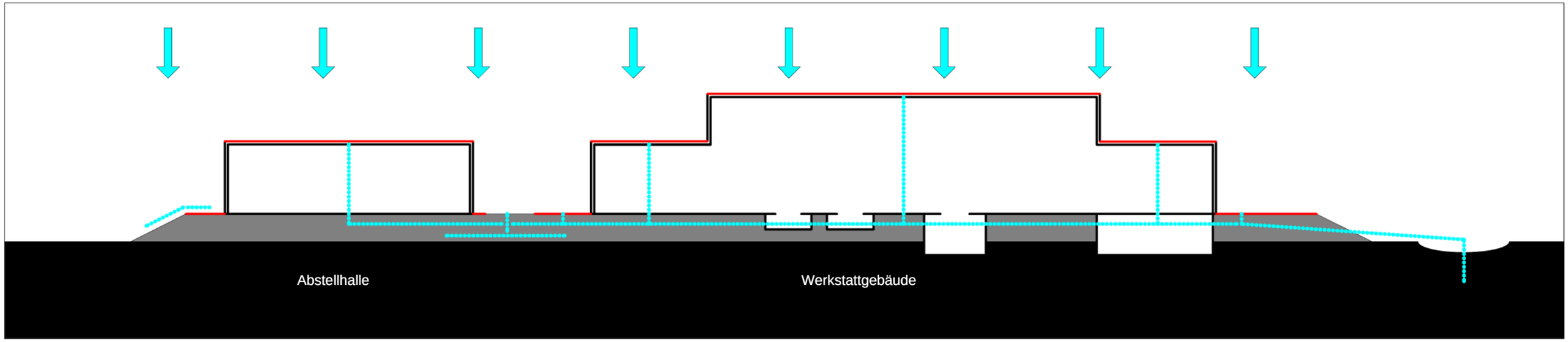
26

Prinzipschnitt - Hochwassersituation Betriebshof/
Risikoeinschätzung -> geringeres Risiko für Bauteile oberhalb des Hochwasserstandes 2013



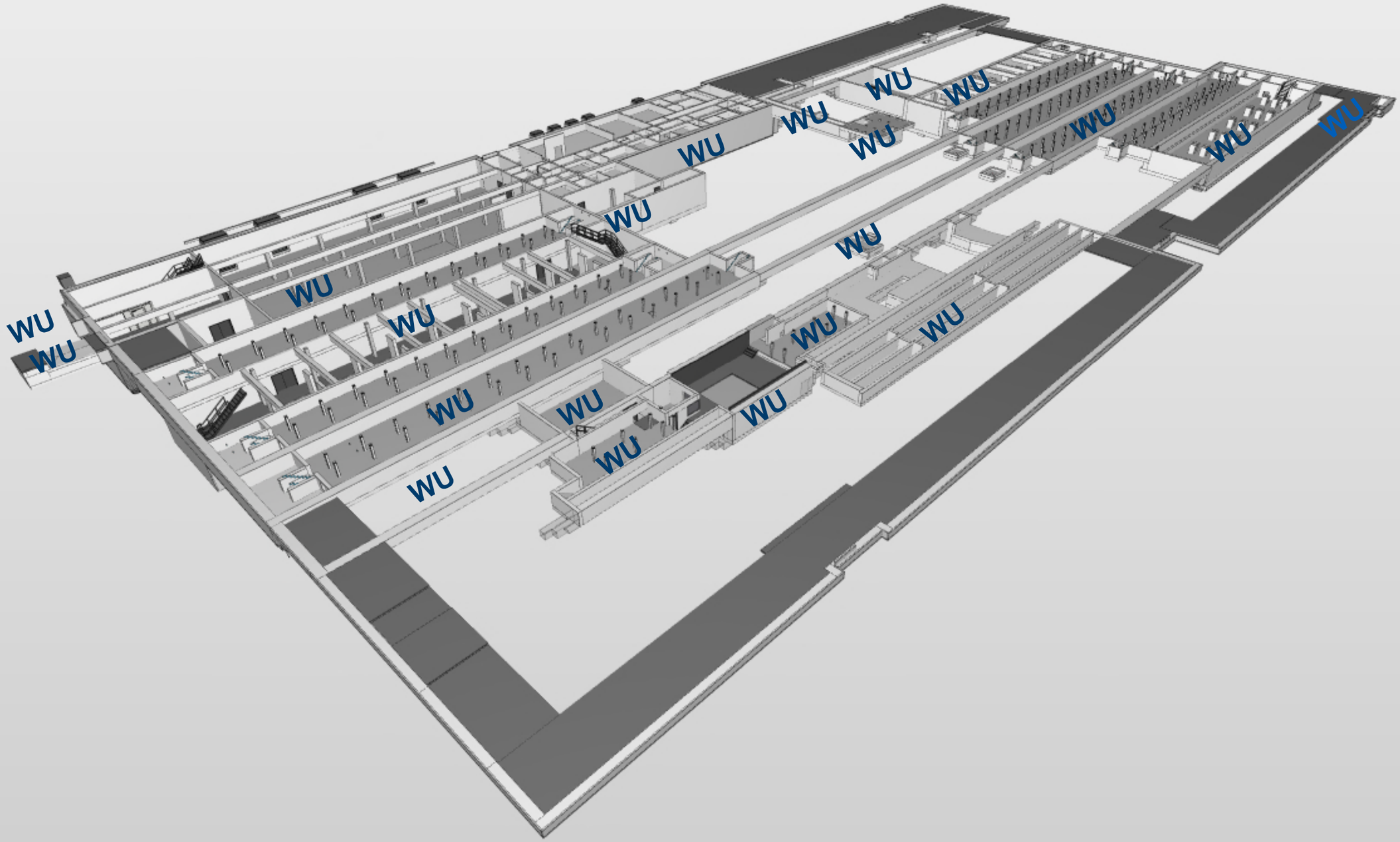
PLANUNGXGRUPPE

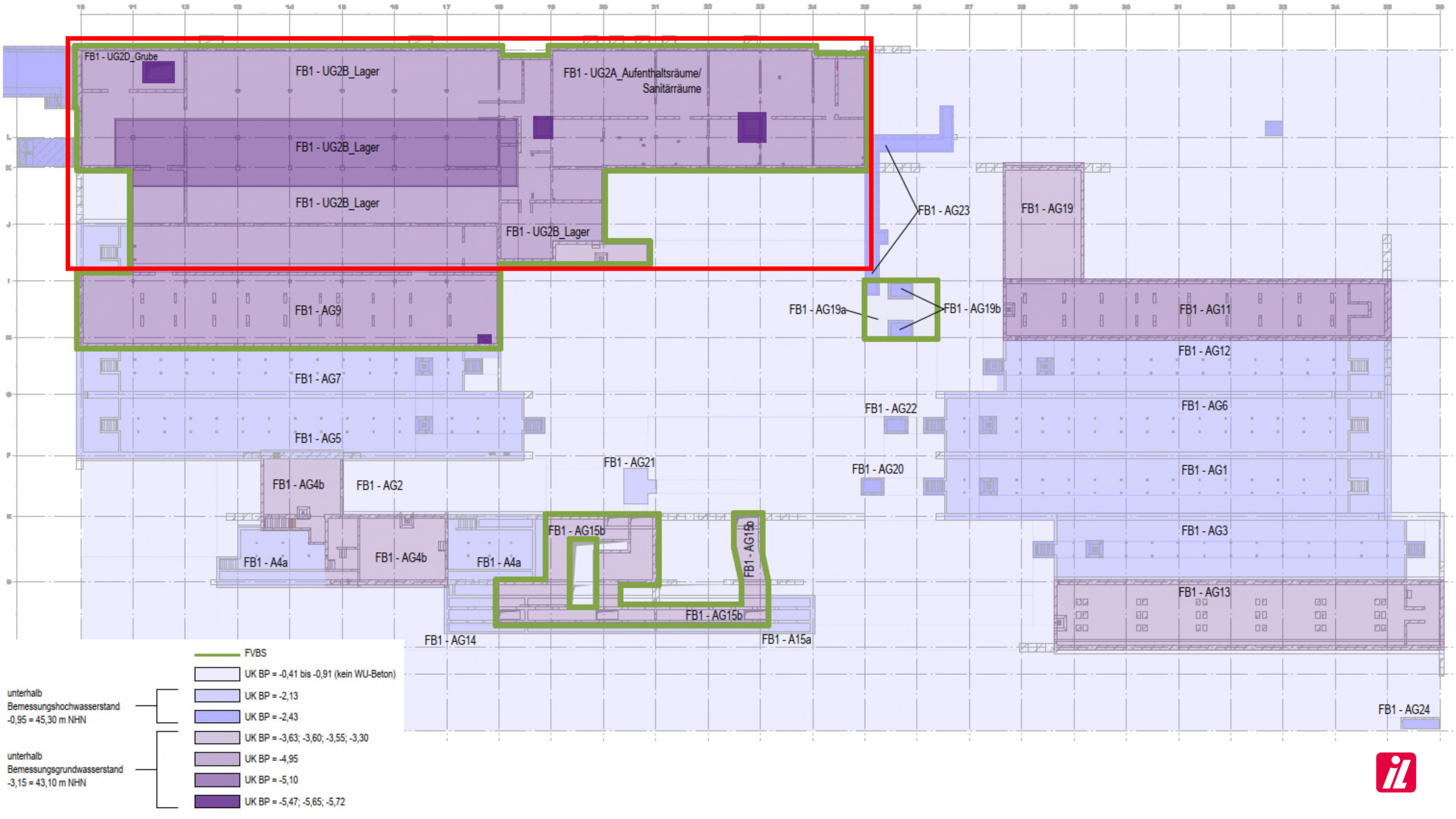
Prinzipschnitt - Oberflächenentwässerung Betriebshof
-> geringer Anfall von Sickerwasser



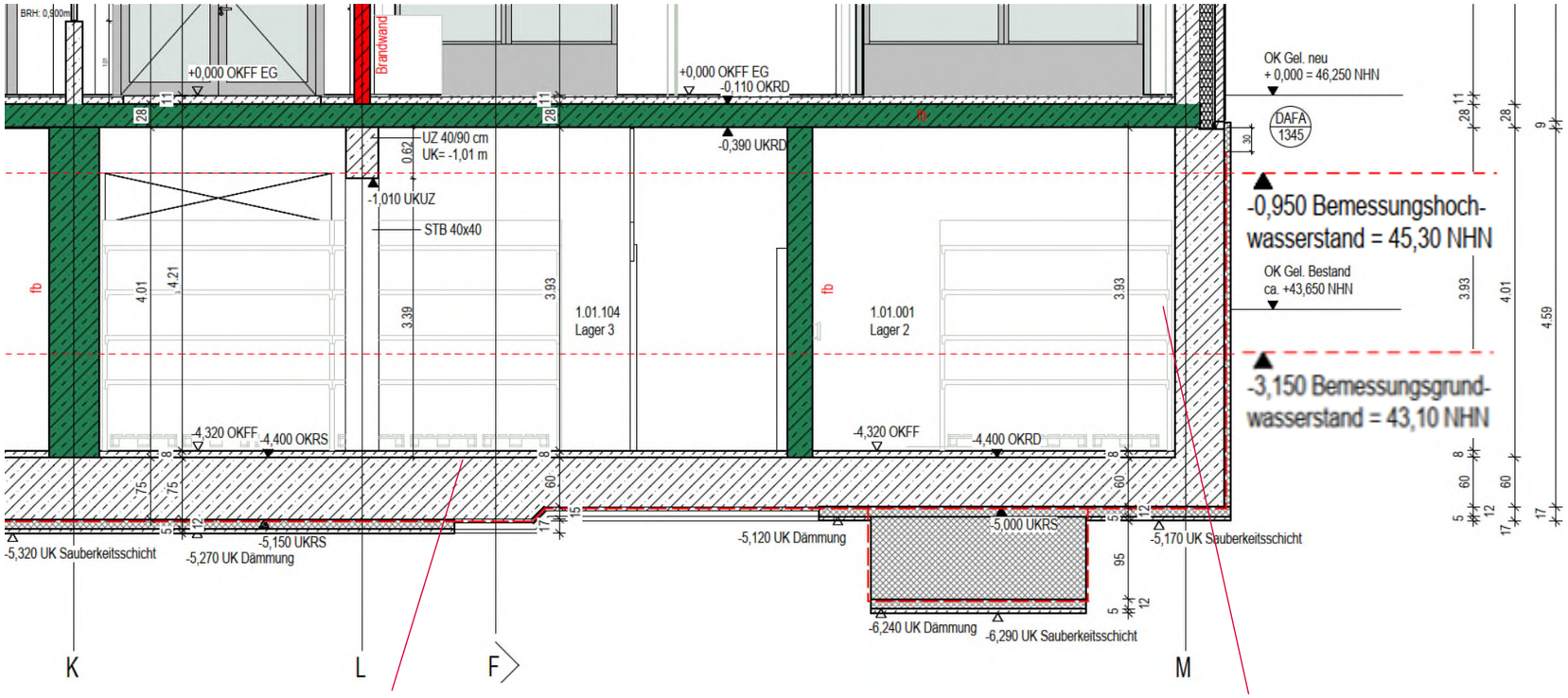
PLANUNGXGRUPPE

WU-Betonkonstruktion Untergeschoss




FB1 - UG2D_Grube
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - UG2A_Aufenthaltsräume/
Sanitärräume
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - AG23
FB1 - AG19
FB1 - AG9
FB1 - AG19a
FB1 - AG19b
FB1 - AG11
FB1 - AG12
FB1 - AG7
FB1 - AG22
FB1 - AG6
FB1 - AG5
FB1 - AG21
FB1 - AG20
FB1 - AG1
FB1 - AG4b
FB1 - AG2
FB1 - AG15b
FB1 - AG15b
FB1 - AG3
FB1 - A4a
FB1 - AG4b
FB1 - A4a
FB1 - AG13
FB1 - AG15b
FB1 - AG14
FB1 - A15a
FB1 - AG24
FVBS
UK BP = -0,41 bis -0,91 (kein WU-Beton)
unterhalb
Bemessungshochwasserstand
-0,95 = 45,30 m NHN
UK BP = -2,13
UK BP = -2,43
UK BP = -3,63; -3,60; -3,55; -3,30
unterhalb
Bemessungsgrundwasserstand
-3,15 = 43,10 m NHN
UK BP = -4,95
UK BP = -5,10
UK BP = -5,47; -5,65; -5,72

Hochwertiges Untergeschoss für Lager und Sanitärräume – FB1-UG2A, FB1-UG2B



Fußbodenaufbau: Verbundestrich mit Hartstoffließmörtel

Wände, von Lagerregalen verstellt

Randbedingungen:

Hochwertige Nutzung

→ Nutzungsklasse A**

Wärmedämmung, Heizung, Zwangslüftung (ggf. Klima)

Bauteil und anstehendes Wasser:

OKRF -4,40 m (3,45 m unter BHWS = -0,95)

Bereich Hubtisch OKRF -5,82 m (4,87 m unter BHWS)

Aufzugsunterfahrt und Hebeanlage: >4 m unter BHWS

→ Beanspruchungsklasse 1

große Rissgefahr infolge:

- Kubatur verspringt, 3 Gruben und zus. Pumpensümpfe jeweils Festhaltepunkte → hohe Zwangskräfte
- Thermische Belastung (offenes Tor, Entladung LKW)
- Laständerungen (Schwerlastregale, Stapler)

→ Risse ggf. nicht früh erkennbar

Keine Sicherheit, dass alle Risse verpresst werden

Schadenspotential wiederholt sehr hoch, großflächige Reparaturmaßnahmen und Nutzungsausfall

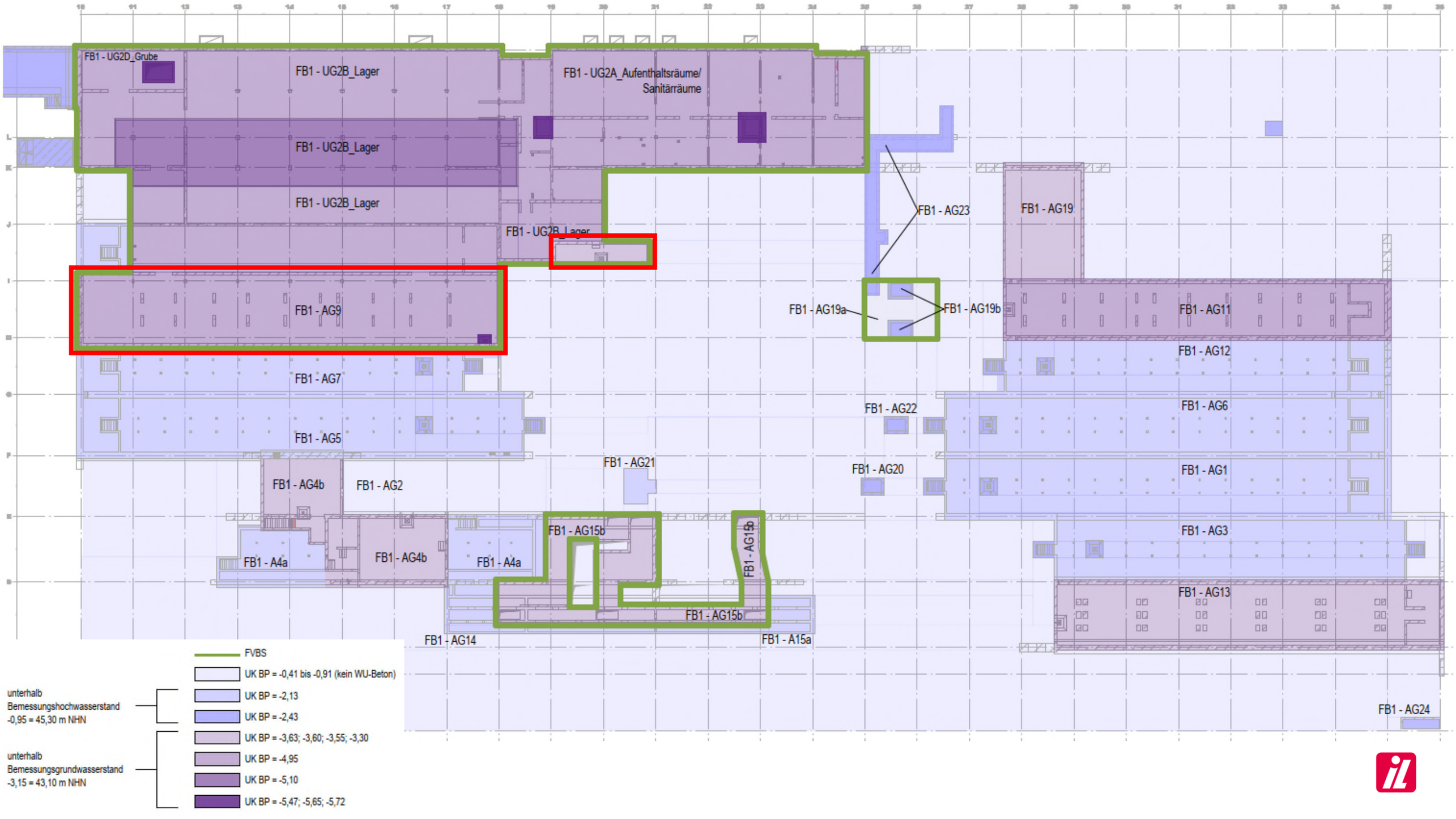
→ Zugänglichkeit stark eingeschränkt

FB-Aufbau, Wandfliesen, von Lagerregalen verstellt

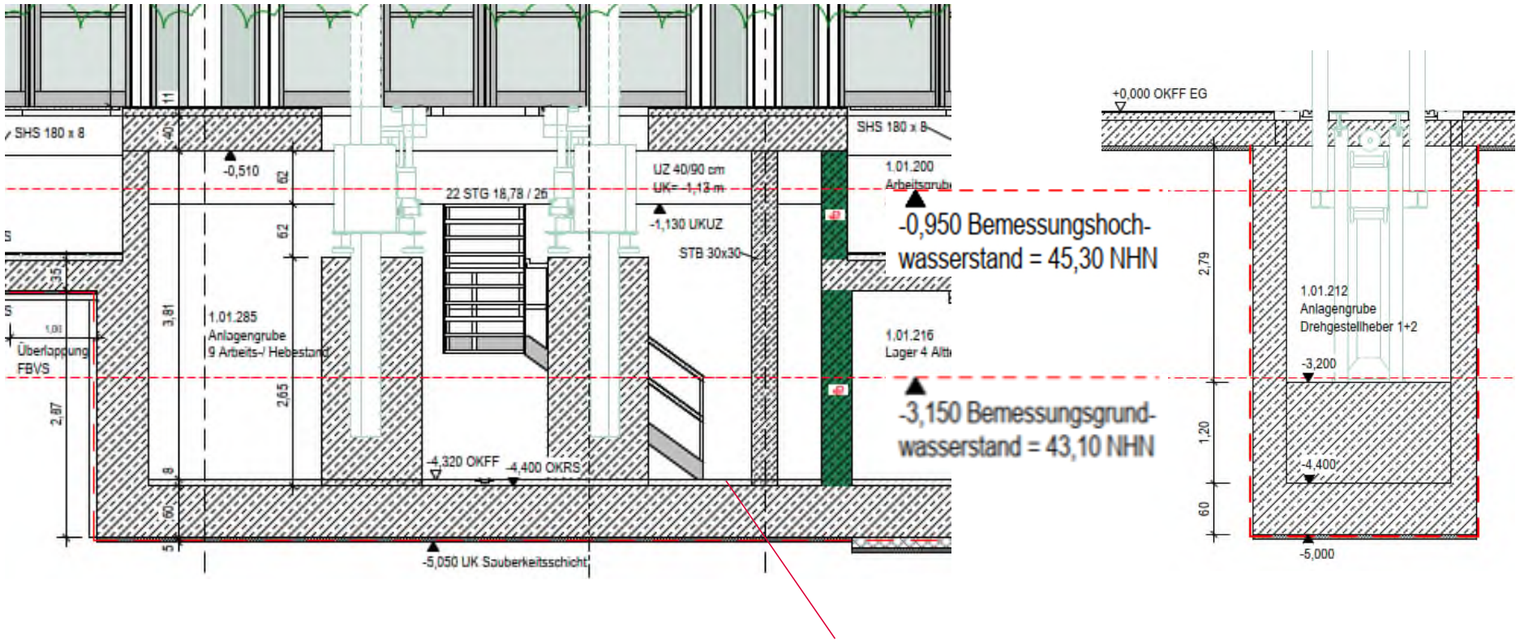
Aktuell geplante Ausführung:

WU-Beton Entwurfsgrundsatz c (EGc) mit kompensierendem Frischbetonverbundsystem – FBVS

(anstelle Rissverpressung)


FB1 - UG2D_Grube
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - UG2A_Aufenthaltsräume/
Sanitärräume
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - AG23
FB1 - AG19
FB1 - AG9
FB1 - AG19a
FB1 - AG19b
FB1 - AG11
FB1 - AG12
FB1 - AG7
FB1 - AG22
FB1 - AG6
FB1 - AG5
FB1 - AG21
FB1 - AG20
FB1 - AG1
FB1 - AG4b
FB1 - AG2
FB1 - AG15b
FB1 - AG15b
FB1 - AG3
FB1 - A4a
FB1 - AG4b
FB1 - A4a
FB1 - AG13
FB1 - AG15b
FB1 - AG14
FB1 - A15a
FB1 - AG24
FVBS
UK BP = -0,41 bis -0,91 (kein WU-Beton)
unterhalb
Bemessungshochwasserstand
-0,95 = 45,30 m NHN
UK BP = -2,13
UK BP = -2,43
UK BP = -3,63; -3,60; -3,55; -3,30
unterhalb
Bemessungsgrundwasserstand
-3,15 = 43,10 m NHN
UK BP = -4,95
UK BP = -5,10
UK BP = -5,47; -5,65; -5,72

Hebergrube FB1-AG9



Fußbodenaufbau:
Verbundestrich mit Epoxi-Beschichtung

Randbedingungen:

grenzt unmittelbar an das hochwertige UG

Teilweise gedämmt (Dämmung nur Achse 10-11)

→ **Nutzungsklasse B**

Bauteil und anstehendes Wasser:

OKRF -4,40 m (3,45 m unter BHWS = -0,95)

Pumpensumpf OKRF -4,90 m (3,95 m unter BHWS)

→ **Beanspruchungsklasse 1**

große Rissgefahr infolge:

- Verformungsbehinderung (angrenzender Bereich Lager) und zus. Pumpensümpfe jeweils Festhaltepunkte → hohe Zwangskräfte
- Thermische Belastung (offenes Tor)
- Laständerungen, Erschütterungen STRAB / Stapler

→ **Risse ggf. nicht früh erkennbar**

Keine Sicherheit, dass alle Risse verpresst werden

Schadenspotential sehr hoch, wiederholt

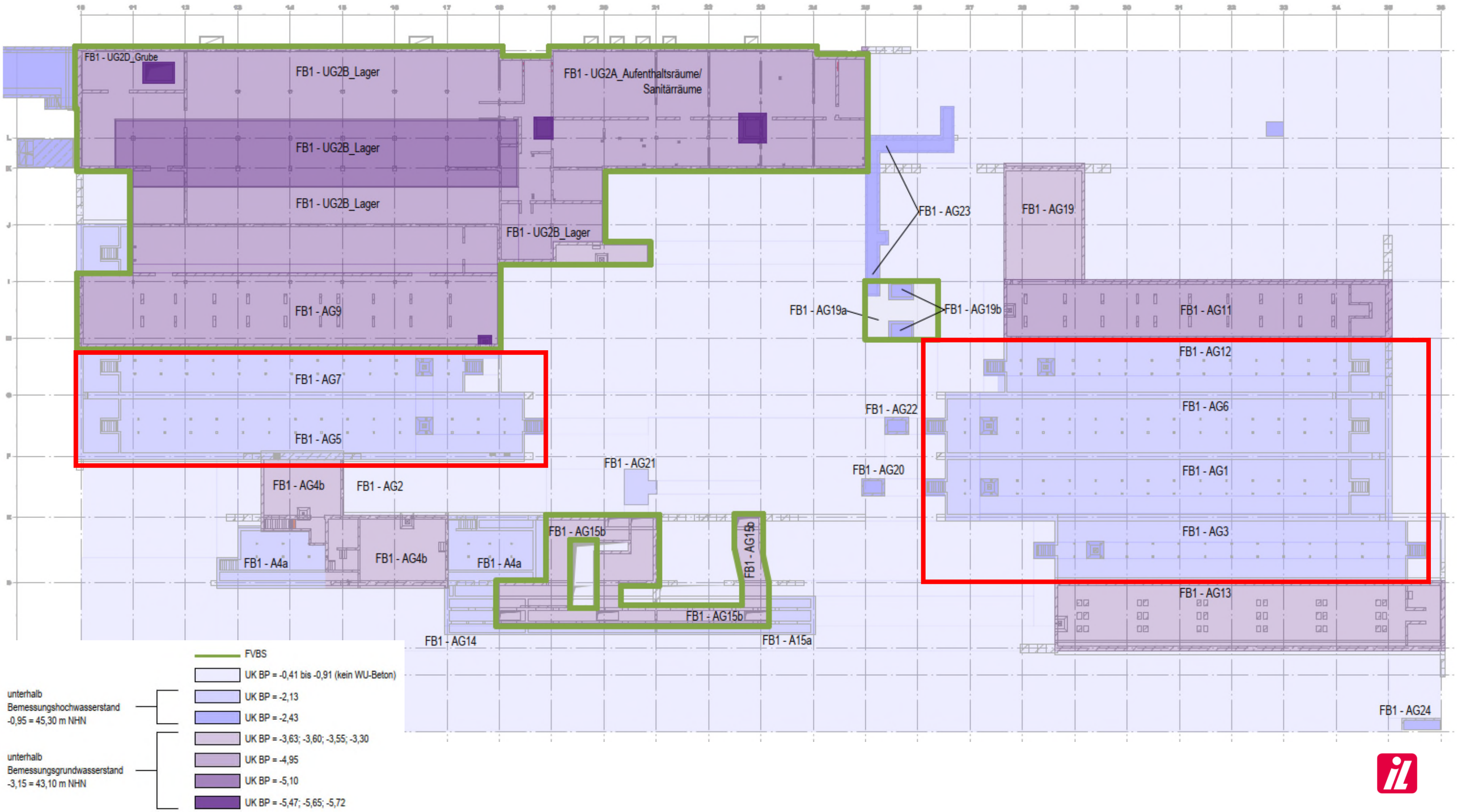
großflächige Reparaturmaßnahmen und Nutzungsausfall

FB-Aufbau, Heberstützen, Treppe bzw. Füllbeton

Aktuell geplante Ausführung:

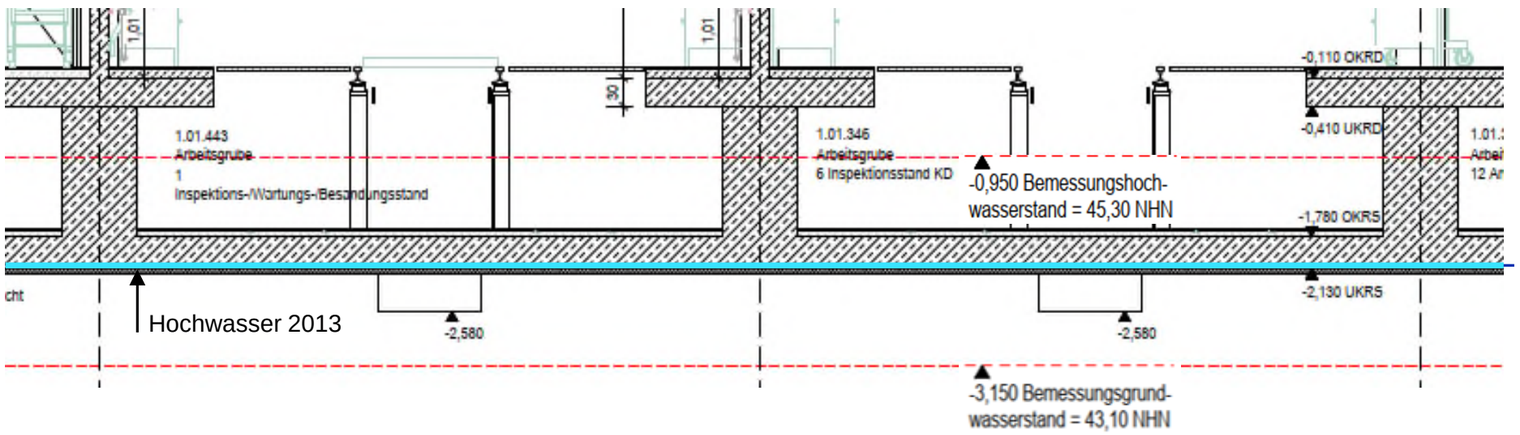
WU-Beton Entwurfsgrundsatz c (EGc) mit kompensierendem Frischbetonverbundsystem – FBVS

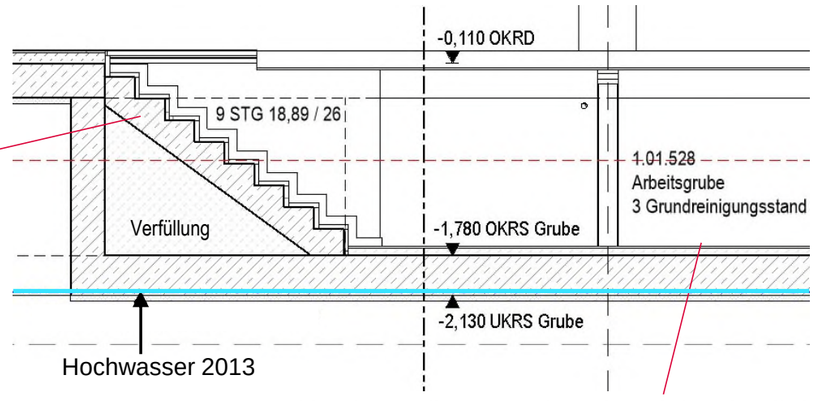
(anstelle Rissverpressung)



Anlage 02 - Bauherrenabstimmung_WU-Konzept_20241023

Arbeitsgruben FB1-AG1, FB1-AG3, FB1-AG5, FB1-AG6, FB1-AG7 und FB1-AG12





Treppe in 2 Schritten betonieren:
erst unterer Teil, Verfüllen mit C20/25,
dann oberer Teil, Verfüllen mit C20/25

Fußbodenaufbau: Verbundestrich mit Klinker

Randbedingungen:

→ Nutzungsklasse B

Bauteil und anstehendes Wasser:

OKRF -1,78 m (0,83 m unter BHWS = -0,95)

aber 1,37 m über BGWS = -3,15

Pumpensümpfe OKRF -2,28 m (1,33 m unter BHWS)

aber 0,87 m über BGWS = -3,15

→ Beanspruchungsklasse 1

große Rissgefahr infolge:

- Unterschiedliche Grubenlängen und zus. Pumpensümpfe jeweils Festhaltepunkte
  → hohe Zwangskräfte
- Thermische Belastung (offene Tore)
- Laständerungen (Schwerlastregale, Stapler)

→ Risse ggf. nicht früh erkennbar

Keine Sicherheit, dass alle Risse verpresst werden

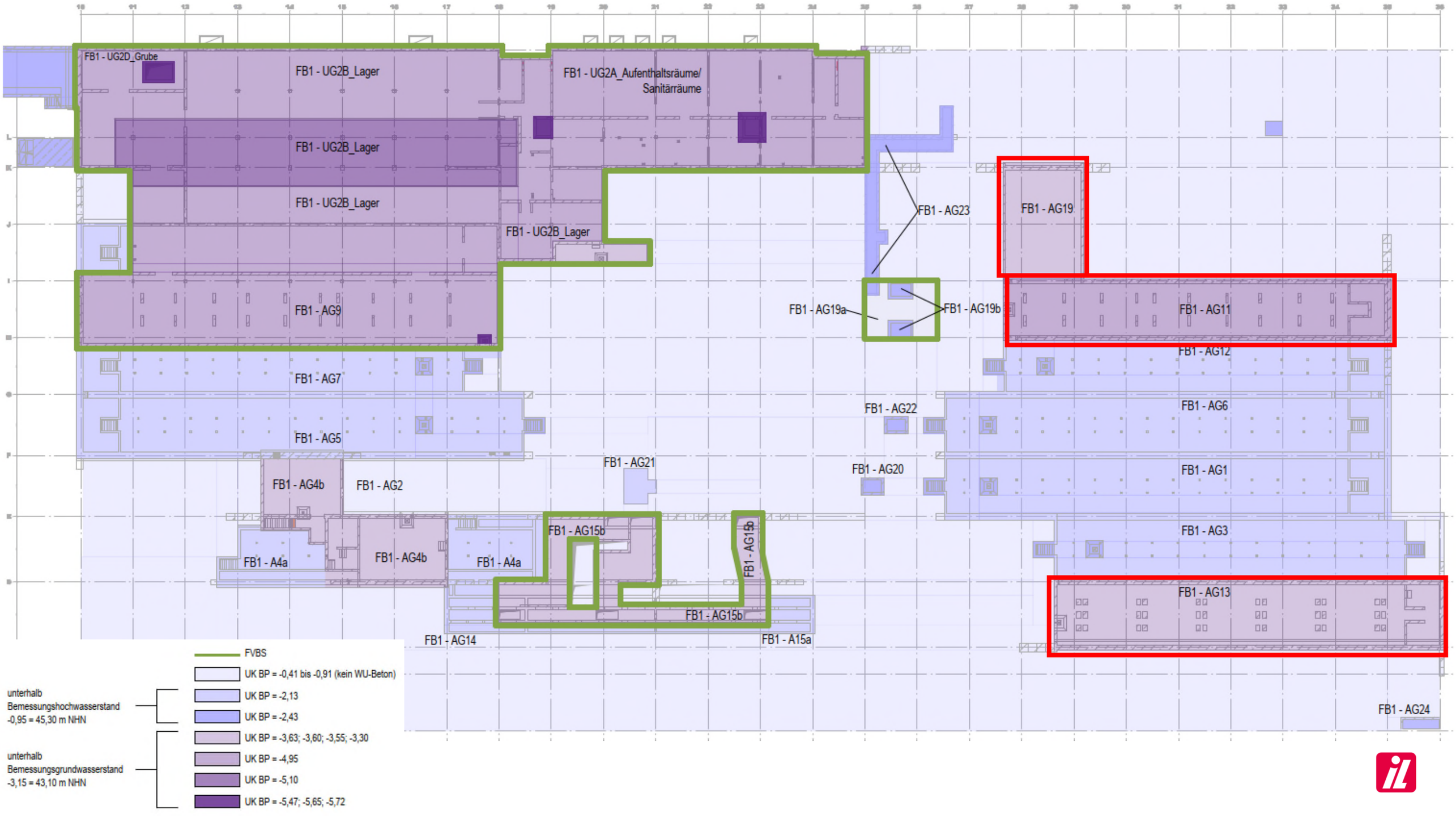
Schadenspotential wiederholt bei Hochwasser vorhanden, großflächige Reparaturmaßnahmen und Nutzungsausfall

Ggf. wiederholtes Nachverpressen neuer Risse über gesamte Nutzungsdauer erforderlich

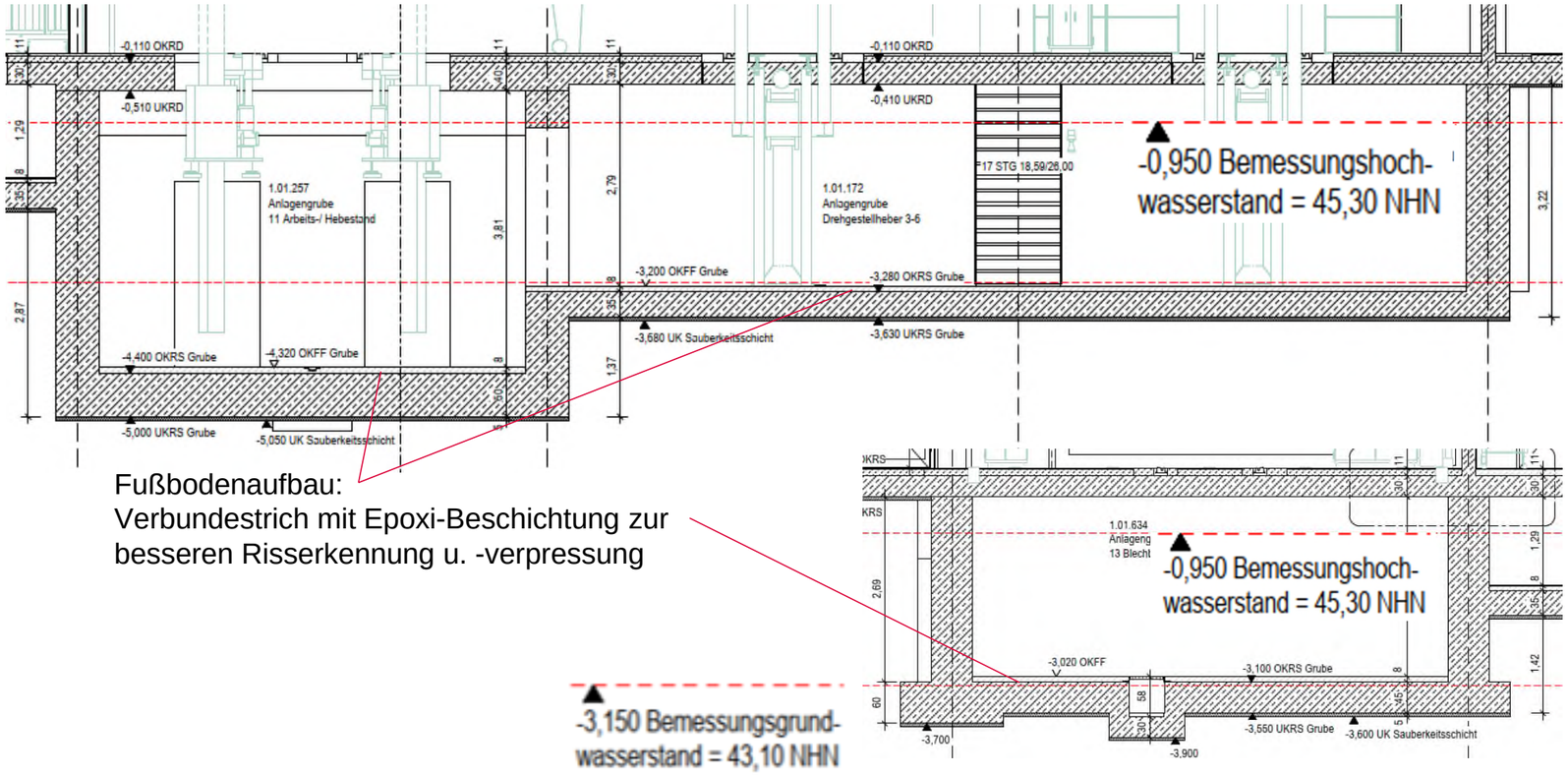
Aktuell geplante Ausführung:

WU-Beton Entwurfsgrundsatz c (EGc) mit planmäßiger Rissverpressung (ggf. wiederholt)

Mit Injektionsschlauch zum nachträglichen Verpressen im Treppenbereich


FB1 - UG2D_Grube
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - UG2A_Aufenthaltsräume/
Sanitärräume
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - AG23
FB1 - AG19
FB1 - AG9
FB1 - AG19a
FB1 - AG19b
FB1 - AG11
FB1 - AG12
FB1 - AG7
FB1 - AG22
FB1 - AG6
FB1 - AG5
FB1 - AG21
FB1 - AG20
FB1 - AG1
FB1 - AG4b
FB1 - AG2
FB1 - AG15b
FB1 - AG15b
FB1 - AG3
FB1 - A4a
FB1 - AG4b
FB1 - A4a
FB1 - AG13
FB1 - AG15b
FB1 - AG14
FB1 - A15a
FB1 - AG24
FVBS
UK BP = -0,41 bis -0,91 (kein WU-Beton)
unterhalb
Bemessungshochwasserstand
-0,95 = 45,30 m NHN
UK BP = -2,13
UK BP = -2,43
UK BP = -3,63; -3,60; -3,55; -3,30
unterhalb
Bemessungsgrundwasserstand
-3,15 = 43,10 m NHN
UK BP = -4,95
UK BP = -5,10
UK BP = -5,47; -5,65; -5,72

Anlagengruben FB1-AG11, FB1-AG13 und FB1-AG19



Fußbodenaufbau:
Verbundestrich mit Epoxi-Beschichtung zur besseren Risserkennung u. -verpressung

Randbedingungen:

→ Nutzungsklasse B

Bauteil und anstehendes Wasser:
AG11: OKRF -4,40 m (3,45 m unter BHWS = -0,95)
2,25 m über BGWS = -3,15
AG13: OKRF -3,28 m (2,33 m unter BHWS)
0,13 m unter BGWS = -3,15
AG19: OKRF -3,10 m (2,15 m unter BHWS)
0,05 m über BGWS = -3,15

→ Beanspruchungsklasse 1

große Rissgefahr infolge:
- Verspringende Kubatur in Grundriss und Höhe, zus. Pumpensümpfe jeweils Festhaltepunkte
  → hohe Zwangskräfte
- Thermische Belastung (offenes Tor)
- Laständerungen, Erschütterungen STRAB / Stapler

→ Risse ggf. nicht früh erkennbar

Keine Sicherheit, dass alle Risse verpresst werden

Schadenspotential wiederholt bei Hochwasser vorhanden, großflächige Reparaturmaßnahmen und Nutzungsausfall

Ggf. wiederholtes Nachverpressen neuer Risse über gesamte Nutzungsdauer erforderlich

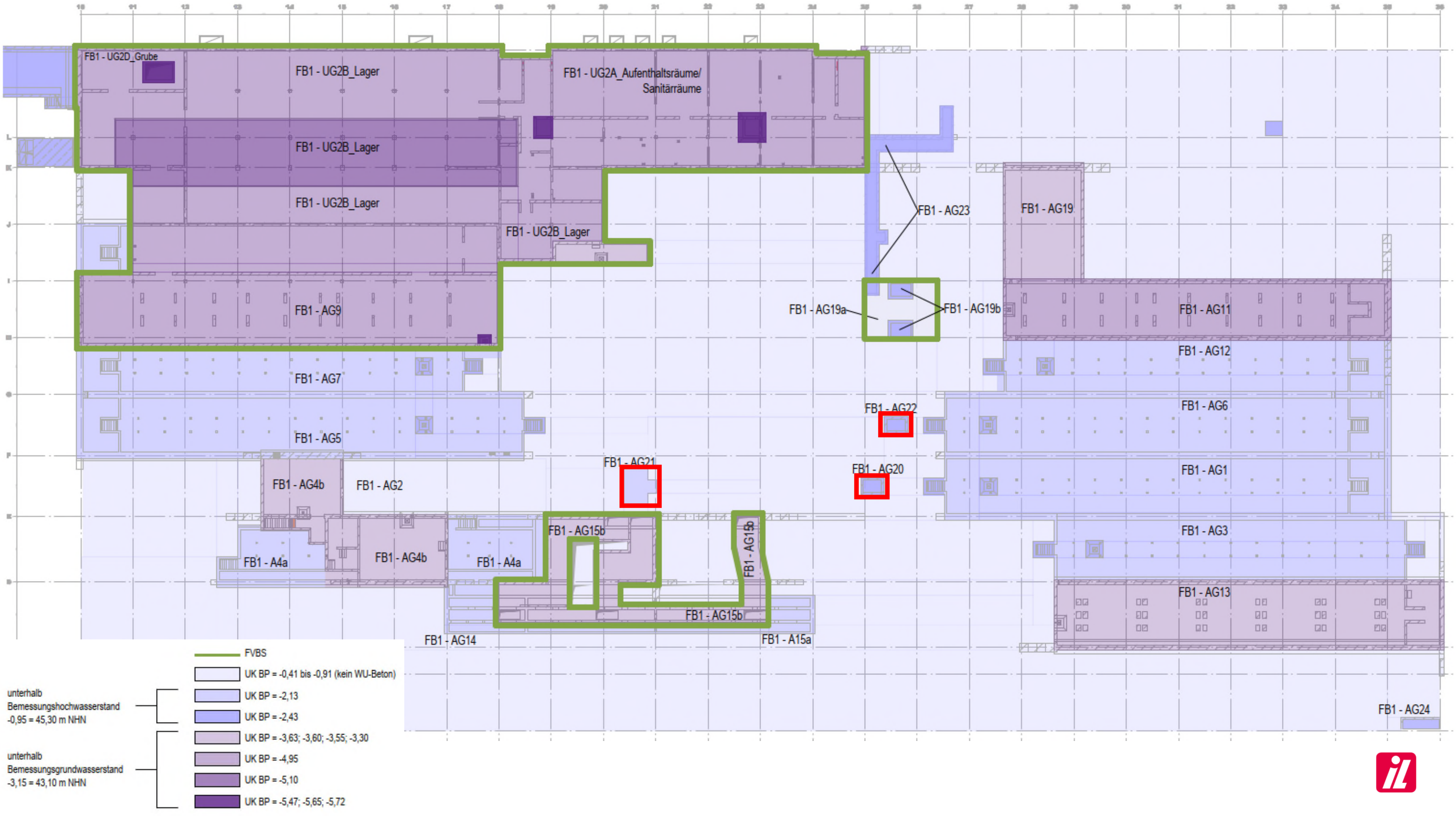
→ Zugänglichkeit bedingt eingeschränkt

Bereich Maschinenaufstellflächen

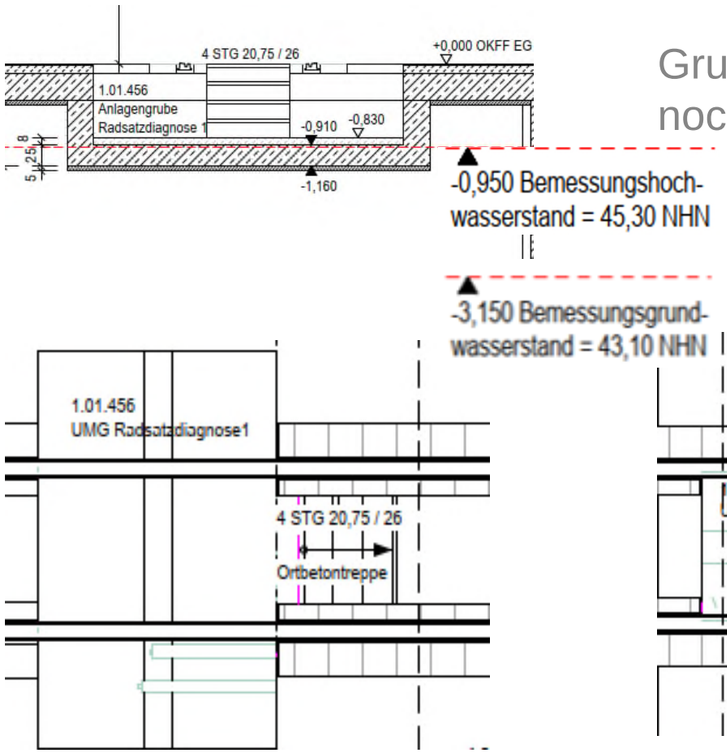
Aktuell geplante Ausführung:

WU-Beton Entwurfsgrundsatz c (EGc) mit planmäßiger Rissverpressung

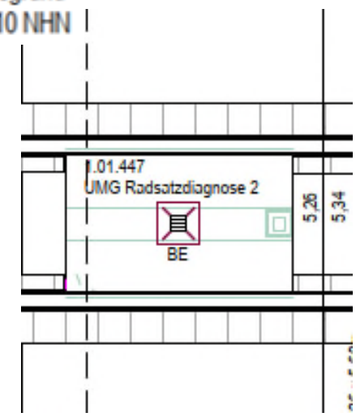
(ggf. wiederholt)


FB1 - UG2D_Grube
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - UG2A_Aufenthaltsräume/
Sanitärräume
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - AG23
FB1 - AG19
FB1 - AG9
FB1 - AG19a
FB1 - AG19b
FB1 - AG11
FB1 - AG12
FB1 - AG7
FB1 - AG6
FB1 - AG22
FB1 - AG5
FB1 - AG21
FB1 - AG20
FB1 - AG1
FB1 - AG4b
FB1 - AG2
FB1 - AG15b
FB1 - AG15b
FB1 - AG3
FB1 - A4a
FB1 - AG4b
FB1 - A4a
FB1 - AG13
FB1 - AG15b
FB1 - AG14
FB1 - A15a
FB1 - AG24
FVBS
UK BP = -0,41 bis -0,91 (kein WU-Beton)
unterhalb
Bemessungshochwasserstand
-0,95 = 45,30 m NHN
UK BP = -2,13
UK BP = -2,43
UK BP = -3,63; -3,60; -3,55; -3,30
unterhalb
Bemessungsgrundwasserstand
-3,15 = 43,10 m NHN
UK BP = -4,95
UK BP = -5,10
UK BP = -5,47; -5,65; -5,72

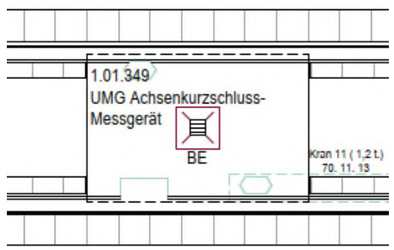
Gruben Radsatzdiagnose und Kurzschlussmessgeräte FB1-AG20 bis FB1-AG22



Grubengeometrie noch unbekannt



Grubengeometrie noch unbekannt



Randbedingungen:

→ **Nutzungsklasse B**

Bauteil und anstehendes Wasser:

OKRF -0,91 m (0,04 m über BHWS = -0,95)

→ **Beanspruchungsklasse 2**

Pumpensumpf OKRF -1,41 m (0,46 m unter BHWS)

→ **Beanspruchungsklasse 1**

geringe Rissgefahr:
- Kleine Gruben mit Pumpensümpfen
  → geringe Zwangskräfte
- Laständerungen, Erschütterungen STRAB / Stapler

→ **Risse ggf. nicht früh erkennbar**

Eindringende Feuchtigkeit in Pumpensumpf unkritisch

Geringfügiges Schadenspotential (nur bei Extremhochwasser)

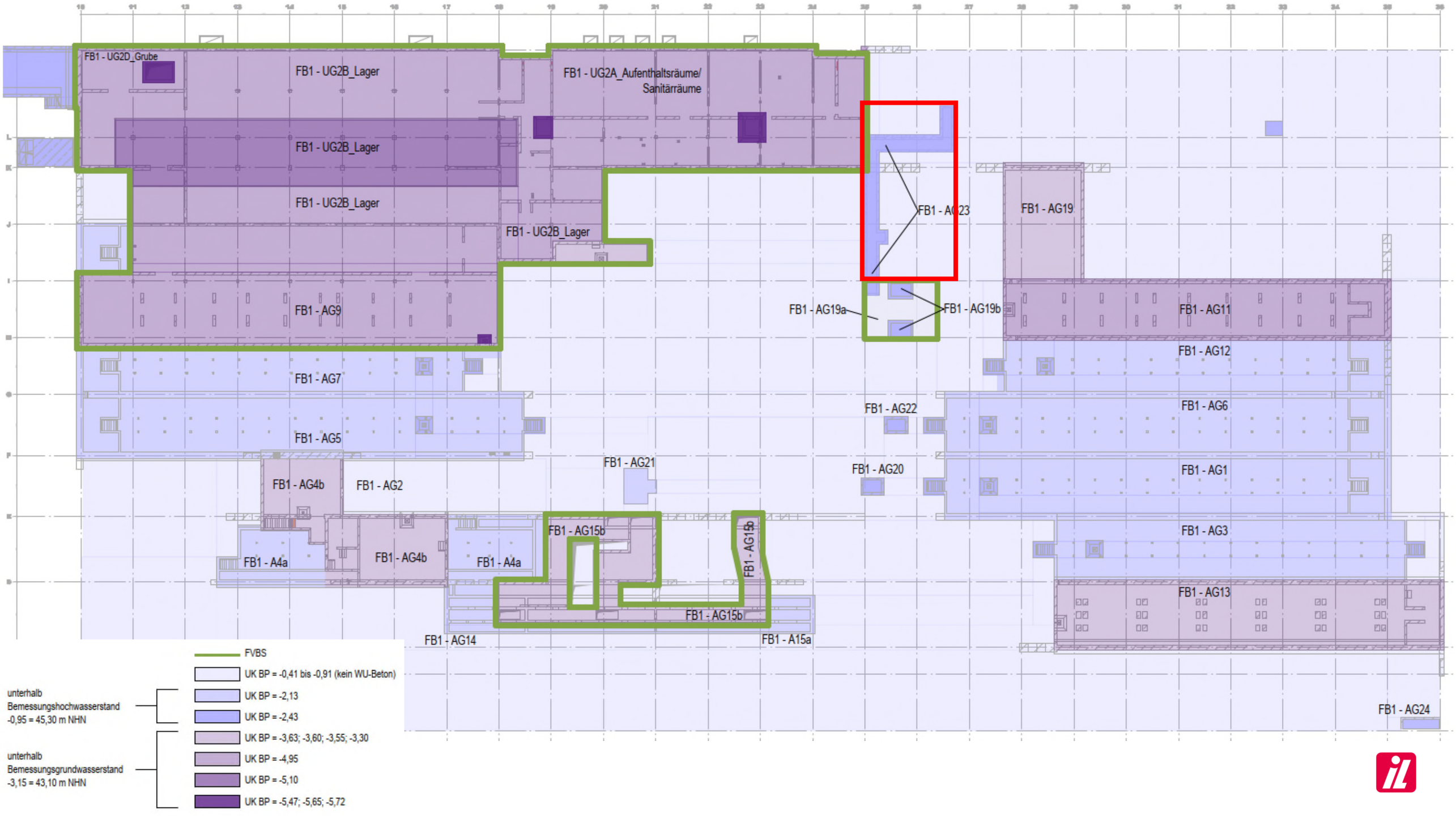
→ **Zugänglichkeit stark eingeschränkt**

FB-Aufbau, Treppe

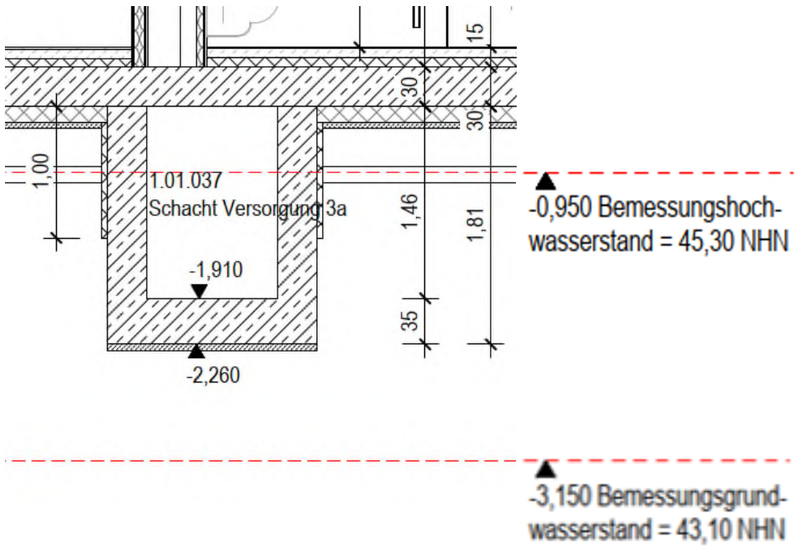
Aktuell geplante Ausführung:

WU-Beton Entwurfsgrundsatz c (EGc) mit planmäßiger Rissverpressung

(ggf. wiederholt)


FB1 - UG2D_Grube
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - UG2A_Aufenthaltsräume/
Sanitärräume
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - AG23
FB1 - AG19
FB1 - AG9
FB1 - AG19a
FB1 - AG19b
FB1 - AG11
FB1 - AG12
FB1 - AG7
FB1 - AG22
FB1 - AG6
FB1 - AG5
FB1 - AG21
FB1 - AG20
FB1 - AG1
FB1 - AG4b
FB1 - AG2
FB1 - AG15b
FB1 - AG15b
FB1 - AG3
FB1 - A4a
FB1 - AG4b
FB1 - A4a
FB1 - AG13
FB1 - AG15b
FB1 - AG14
FB1 - A15a
FB1 - AG24
FVBS
UK BP = -0,41 bis -0,91 (kein WU-Beton)
unterhalb
Bemessungshochwasserstand
-0,95 = 45,30 m NHN
UK BP = -2,13
UK BP = -2,43
UK BP = -3,63; -3,60; -3,55; -3,30
unterhalb
Bemessungsgrundwasserstand
-3,15 = 43,10 m NHN
UK BP = -4,95
UK BP = -5,10
UK BP = -5,47; -5,65; -5,72

Installationskanal FB1-AG23



Randbedingungen:

→ Nutzungsklasse B

Bauteil und anstehendes Wasser:

OKRF -1,91 m (0,96 m unter BHWS = -0,95)

Pumpensumpf OKRF -2,41 m (1,46 m unter BHWS)

→ Beanspruchungsklasse 1

große Rissgefahr:

- Langer Kanal (Schacht) abgewinkelt mit Pumpensümpfen (und Medieneinführungen)
  → hohe Zwangskräfte
- Laständerungen, Erschütterungen STRAB / Stapler

→ Risse ggf. nicht früh erkennbar

Eindringende Feuchtigkeit

Schadenspotential in Abhängigkeit von Medien

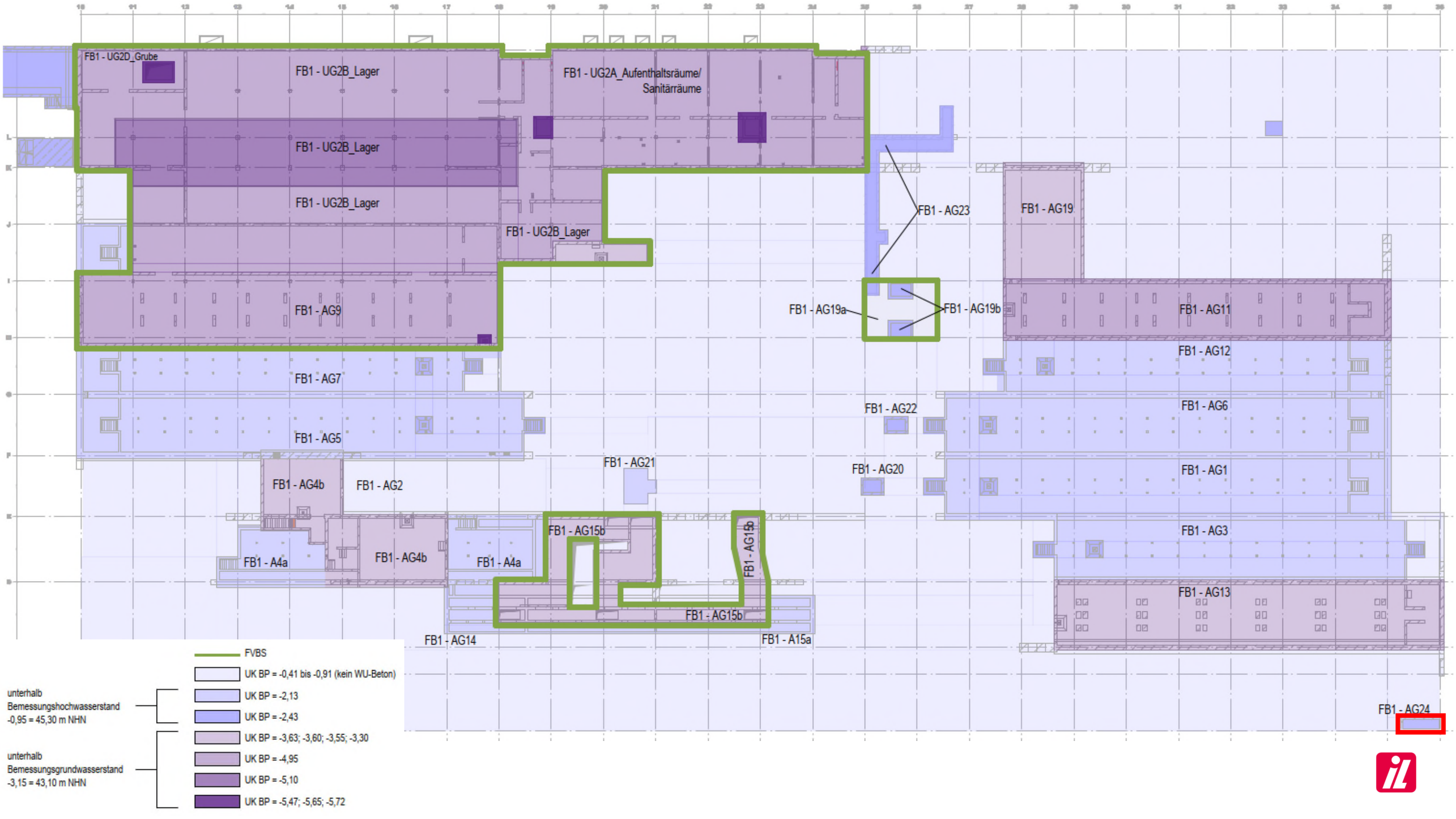
→ Zugänglichkeit stark eingeschränkt

geometrisch bedingt und durch verlegte Medien

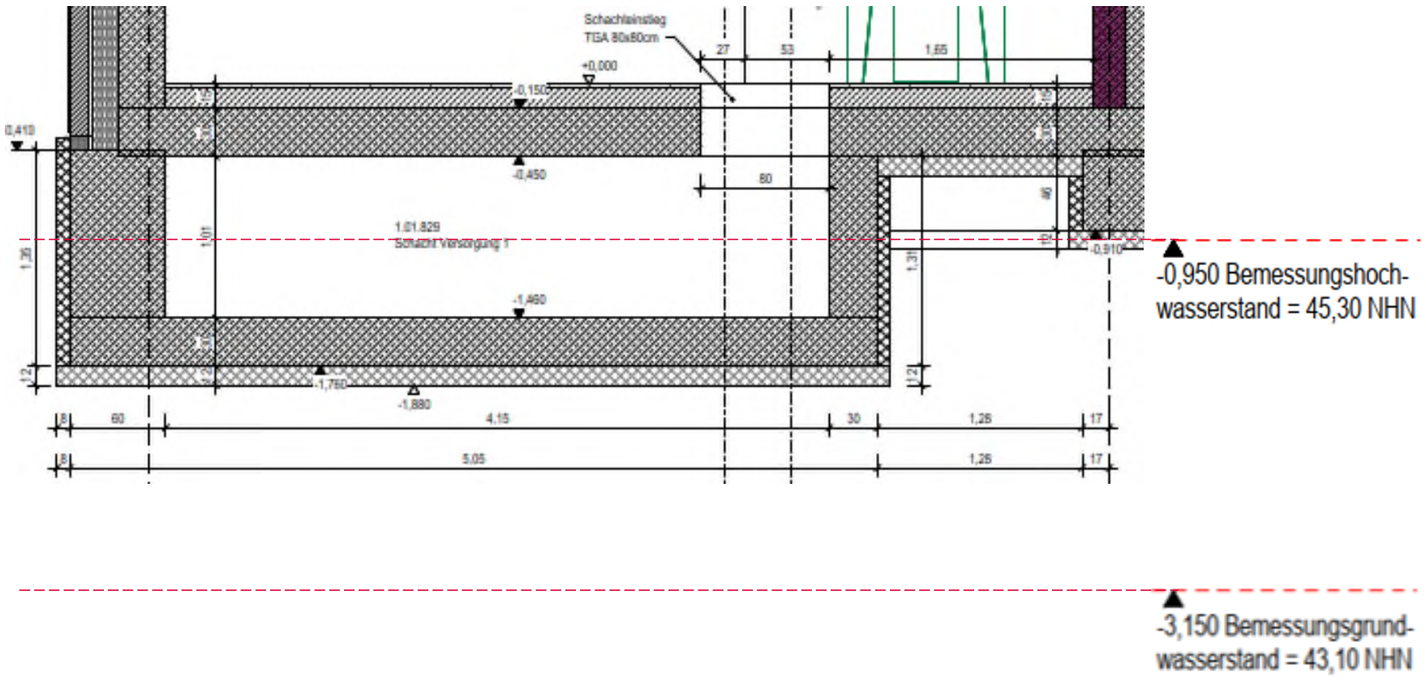
Aktuell geplante Ausführung:

WU-Beton Entwurfsgrundsatz c (EGc) mit planmäßiger Rissverpressung

(ggf. wiederholt)


FB1 - UG2D_Grube
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - UG2A_Aufenthaltsräume/
Sanitärräume
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - AG23
FB1 - AG19
FB1 - AG9
FB1 - AG19a
FB1 - AG19b
FB1 - AG11
FB1 - AG12
FB1 - AG7
FB1 - AG22
FB1 - AG6
FB1 - AG5
FB1 - AG21
FB1 - AG20
FB1 - AG1
FB1 - AG4b
FB1 - AG2
FB1 - AG15b
FB1 - AG15b
FB1 - AG3
FB1 - A4a
FB1 - AG4b
FB1 - A4a
FB1 - AG13
FB1 - AG15b
FB1 - AG14
FB1 - A15a
FB1 - AG24
FVBS
UK BP = -0,41 bis -0,91 (kein WU-Beton)
unterhalb
Bemessungshochwasserstand
-0,95 = 45,30 m NHN
UK BP = -2,13
UK BP = -2,43
unterhalb
Bemessungsgrundwasserstand
-3,15 = 43,10 m NHN
UK BP = -3,63; -3,60; -3,55; -3,30
UK BP = -4,95
UK BP = -5,10
UK BP = -5,47; -5,65; -5,72

Hausanschlussgrube FB1-AG24



Randbedingungen:

→ **Nutzungsklasse B**

Bauteil und anstehendes Wasser:

OKRF -1,46 m (0,51 m unter BHWS = -0,95)

→ **Beanspruchungsklasse 1**

Kleine Grube

→ geringe Zwangskräfte

mittlere Rissgefahr:
- größere Grube für Medieneinführung,
- Laständerung bei Befüllung /Entleerung Sandsilo
  → mittlere Zwangskräfte

Risse ggf. nicht früh erkennbar

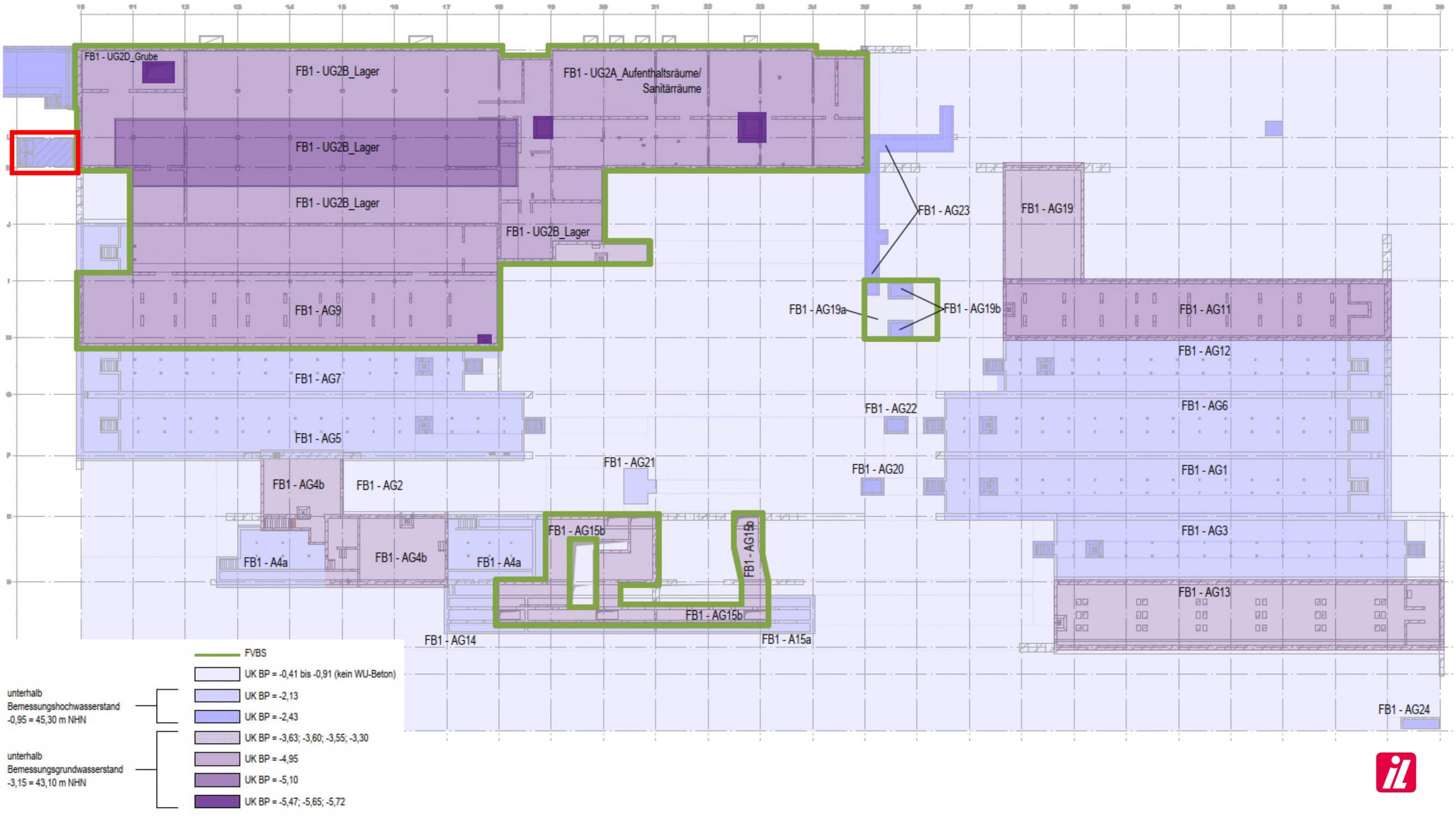
→ **Zugänglichkeit stark eingeschränkt**

geometrisch bedingt und durch verlegte Medien

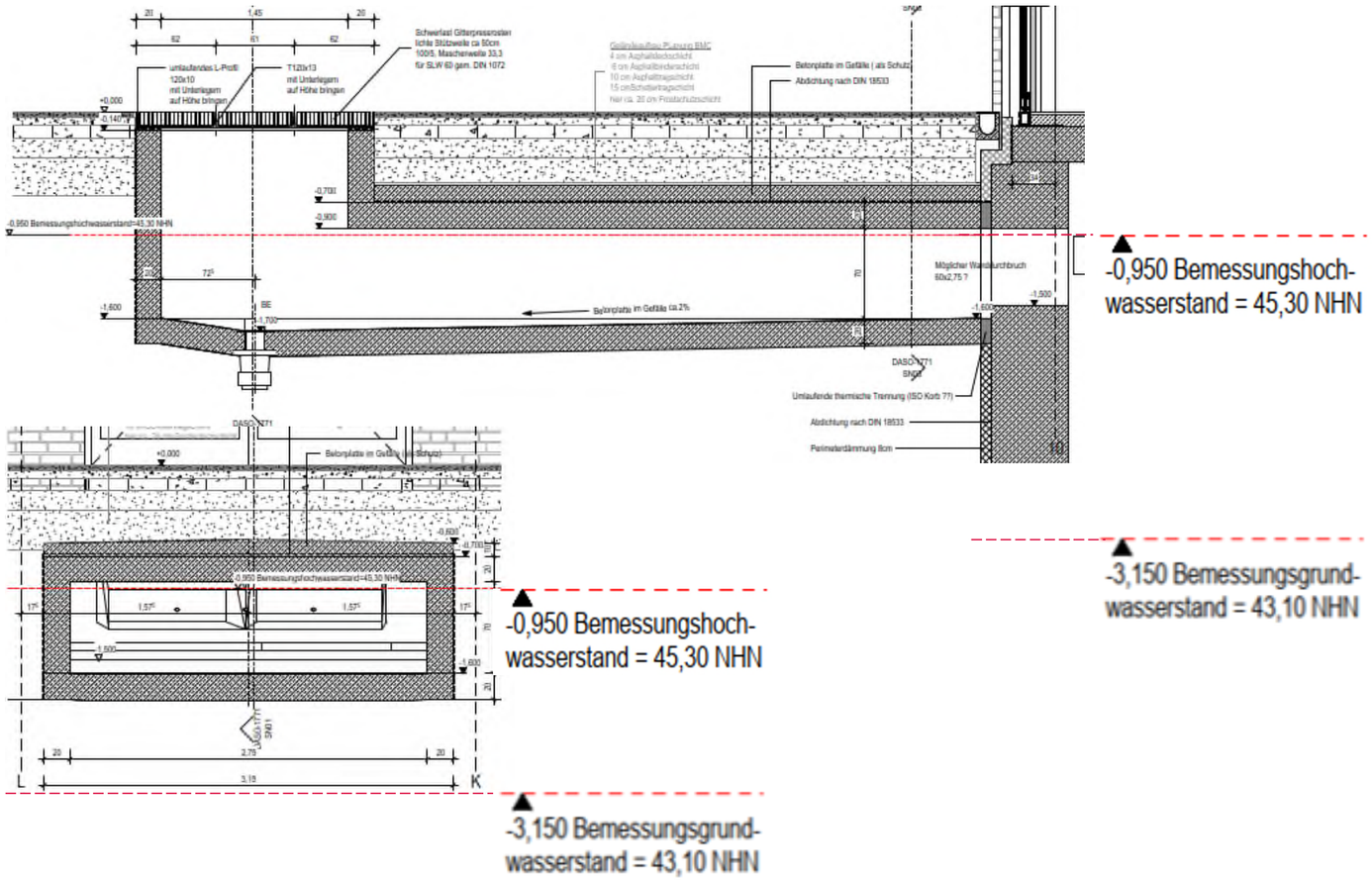
Aktuell geplante Ausführung:

WU-Beton Entwurfsgrundsatz c (EGc) mit planmäßiger Rissverpressung

(ggf. wiederholt)


FB1 - UG2D_Grube
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - UG2A_Aufenthaltsräume/
Sanitärräume
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - AG23
FB1 - AG19
FB1 - AG9
FB1 - AG19a
FB1 - AG19b
FB1 - AG11
FB1 - AG12
FB1 - AG7
FB1 - AG22
FB1 - AG6
FB1 - AG5
FB1 - AG21
FB1 - AG20
FB1 - AG1
FB1 - AG4b
FB1 - AG2
FB1 - AG15b
FB1 - AG15b
FB1 - AG3
FB1 - A4a
FB1 - AG4b
FB1 - A4a
FB1 - AG13
FB1 - AG15b
FB1 - AG14
FB1 - A15a
FB1 - AG24
FVBS
UK BP = -0,41 bis -0,91 (kein WU-Beton)
unterhalb
Bemessungshochwasserstand
-0,95 = 45,30 m NHN
UK BP = -2,13
UK BP = -2,43
UK BP = -3,63; -3,60; -3,55; -3,30
unterhalb
Bemessungsgrundwasserstand
-3,15 = 43,10 m NHN
UK BP = -4,95
UK BP = -5,10
UK BP = -5,47; -5,65; -5,72

Lüftungskanal an Achse 10



Randbedingungen:

→ **Nutzungsklasse B**

Bauteil und anstehendes Wasser:

OKRF -1,70 m (0,75 m unter BHWS = -0,95)

→ **Beanspruchungsklasse 1**

Kleine Grube

→ geringe Zwangskräfte

mittlere Rissgefahr:
- größere Grube für Medieneinführung,
- Laständerung bei Befüllung /Entleerung Sandsilo
  → mittlere Zwangskräfte

Mittleres Schadenspotential (bei Hochwasser)

Risse ggf. nicht früh erkennbar

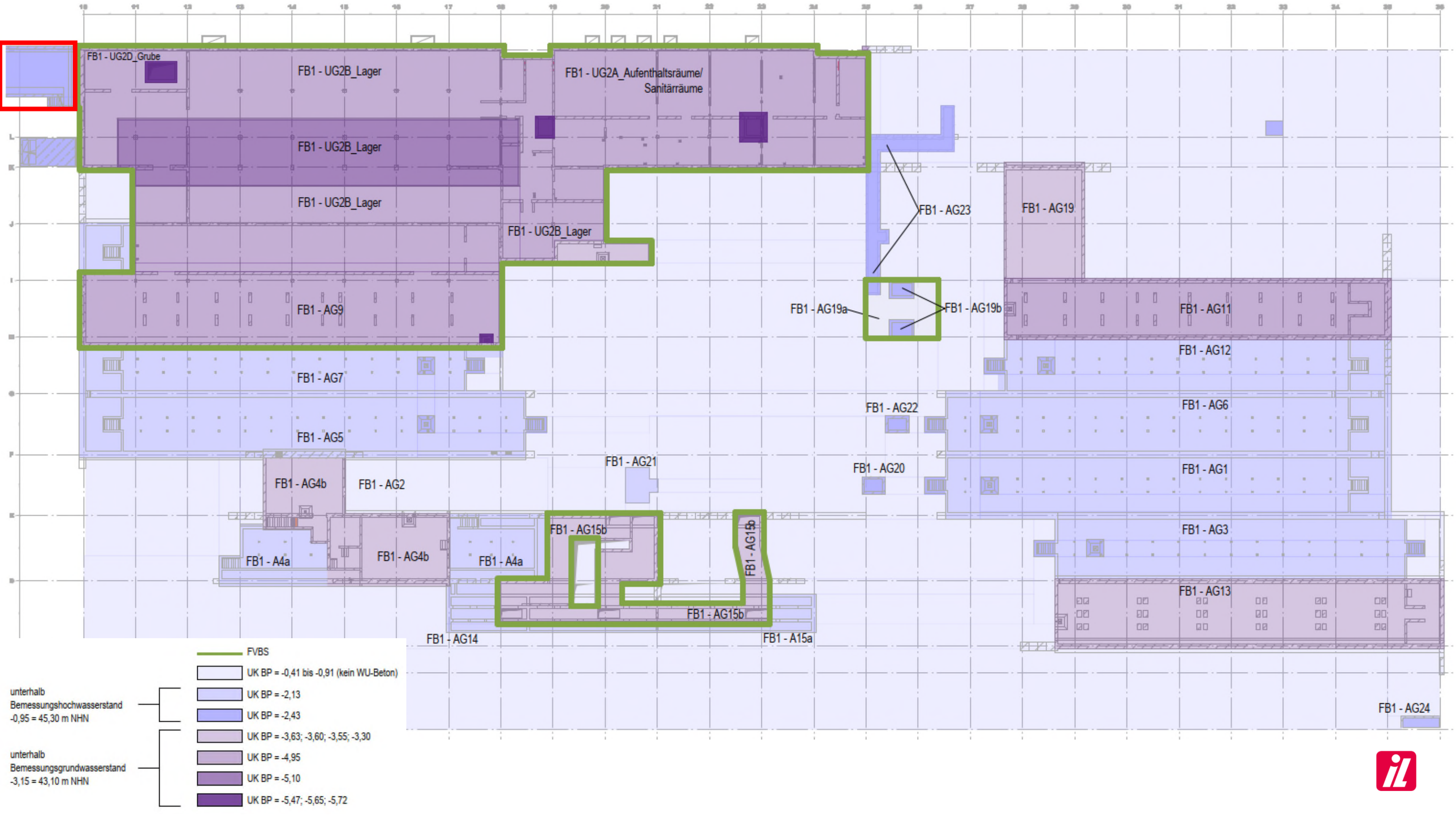
→ **Zugänglichkeit stark eingeschränkt**

geometrisch bedingt und durch verlegte Medien

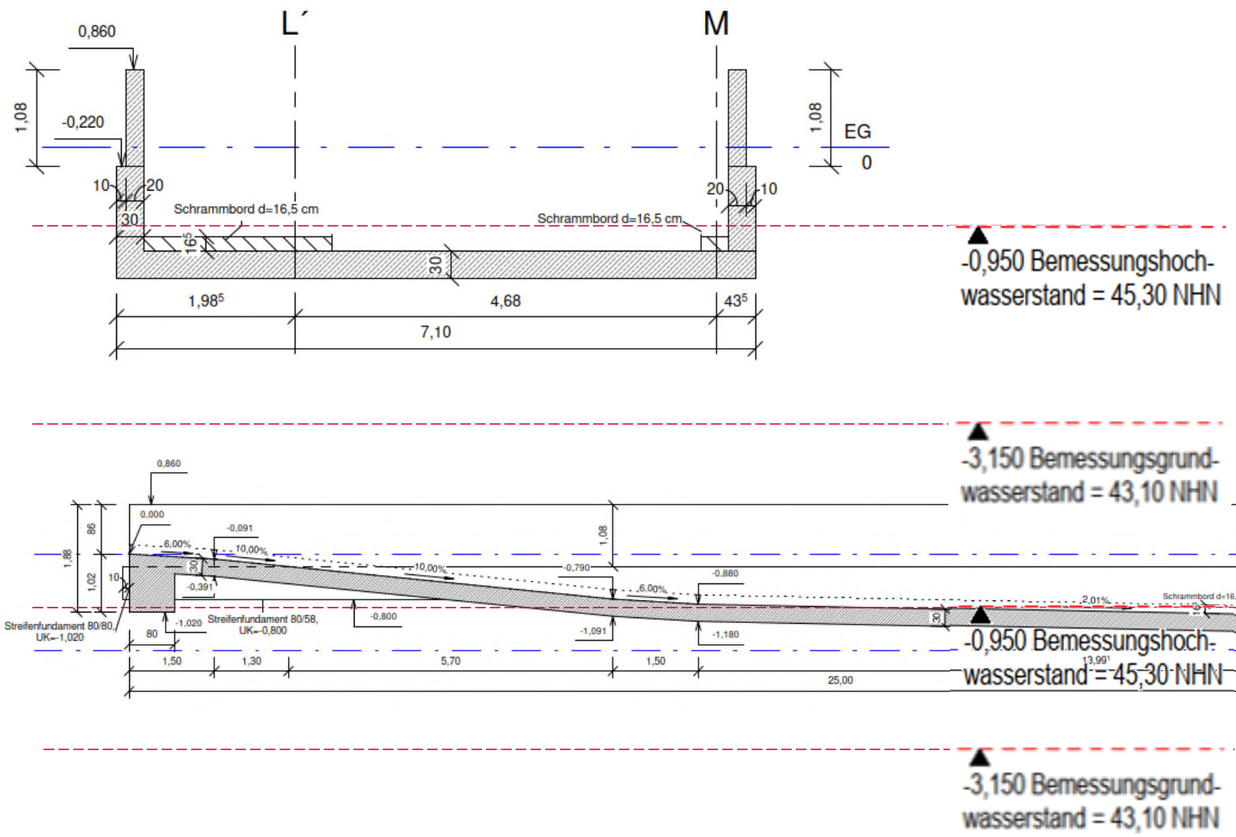
Aktuell geplante Ausführung:

WU-Beton Entwurfsgrundsatz c (EGc) mit planmäßiger Rissverpressung

(ggf. wiederholt)


FB1 - UG2D_Grube
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - UG2A_Aufenthaltsräume/
Sanitärräume
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - AG23
FB1 - AG19
FB1 - AG9
FB1 - AG19a
FB1 - AG19b
FB1 - AG11
FB1 - AG12
FB1 - AG7
FB1 - AG22
FB1 - AG6
FB1 - AG5
FB1 - AG21
FB1 - AG20
FB1 - AG1
FB1 - AG4b
FB1 - AG2
FB1 - AG15b
FB1 - AG15b
FB1 - AG3
FB1 - A4a
FB1 - AG4b
FB1 - A4a
FB1 - AG13
FB1 - AG15b
FB1 - AG14
FB1 - A15a
FB1 - AG24
FVBS
UK BP = -0,41 bis -0,91 (kein WU-Beton)
unterhalb
Bemessungshochwasserstand
-0,95 = 45,30 m NHN
UK BP = -2,13
UK BP = -2,43
UK BP = -3,63; -3,60; -3,55; -3,30
unterhalb
Bemessungsgrundwasserstand
-3,15 = 43,10 m NHN
UK BP = -4,95
UK BP = -5,10
UK BP = -5,47; -5,65; -5,72

Rampe an Achse 10



Randbedingungen:

→ Nutzungsklasse B

Bauteil und anstehendes Wasser:

OKRF -1,35 m (0,40 m unter BHWS = -0,95)

→ Beanspruchungsklasse 1

große Rissgefahr:
- Schwerlastverkehr,
- Direkte Bewitterung, Sonneneinstrahlung, Frost
- Geometrisch bedingte Zwangskräfte (separates Bauteil, durch Fuge vom Gebäude getrennt)
  → wechselnde Zwangskräfte während gesamter Nutzungsdauer

Risse nicht früh erkennbar

Hohes Schadenspotential

Hauptgefährdung durch Temperaturdifferenzen, Frost/Tausalz, Spritzwasser, LKW-Befahrung,

→ Zugänglichkeit vorhanden

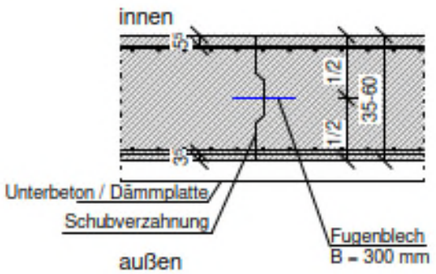
Aktuell geplante Ausführung:

WU-Beton Entwurfsgrundsatz c (EGc) mit planmäßiger Rissverpressung

(ggf. wiederholt)

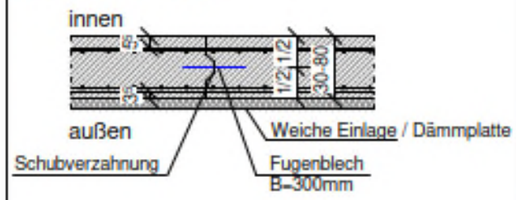
D1

Arbeitsfuge in der Bodenplatte
Schnitt M 1:25



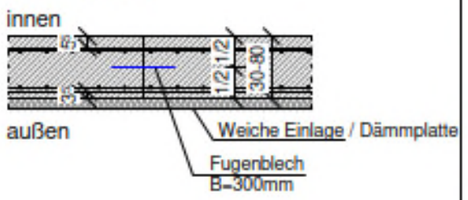
D2

Vertikale Arbeitsfuge in der Wand
Grundriss M 1:25



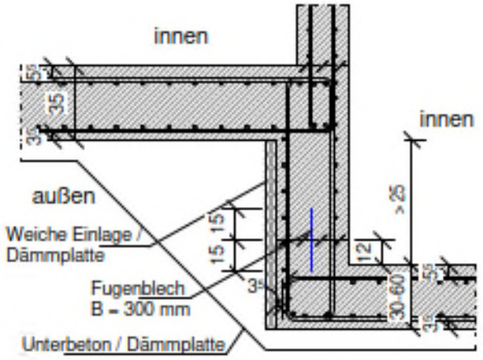
D3

Vertikale Sollrissfuge in der Wand
Grundriss M 1:25



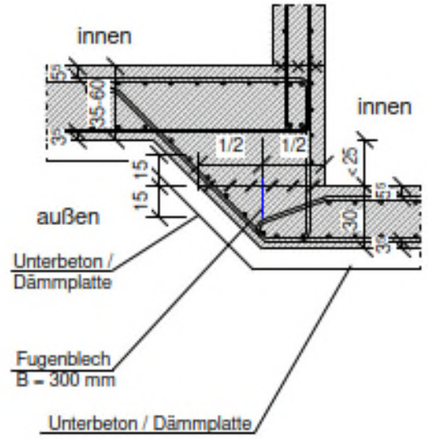
D4b

Arbeitsfuge im Höhensprung
Schnitt M 1:25



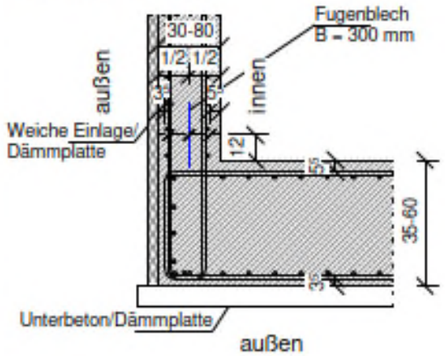
D4c

Arbeitsfuge in der Voute
Schnitt M 1:25



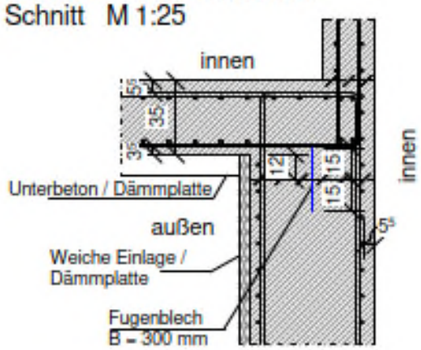
D5

Arbeitsfuge Bodenplatte - Außenwand
Schnitt M 1:25



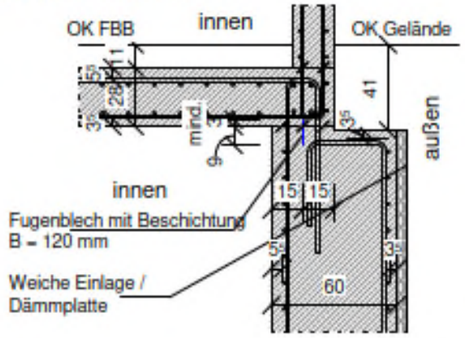
D6

Arbeitsfuge Außenwand - Platte - Innenwand
Schnitt M 1:25



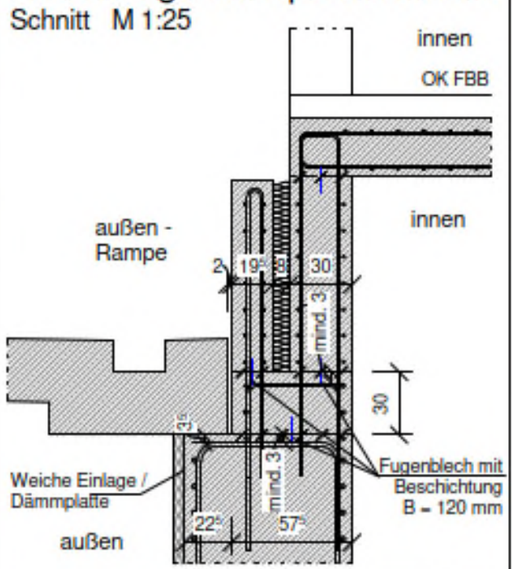
D7

Arbeitsfuge im Knoten Außenwand UG - - Bodenplatte - Außenwand OG
Schnitt M 1:25

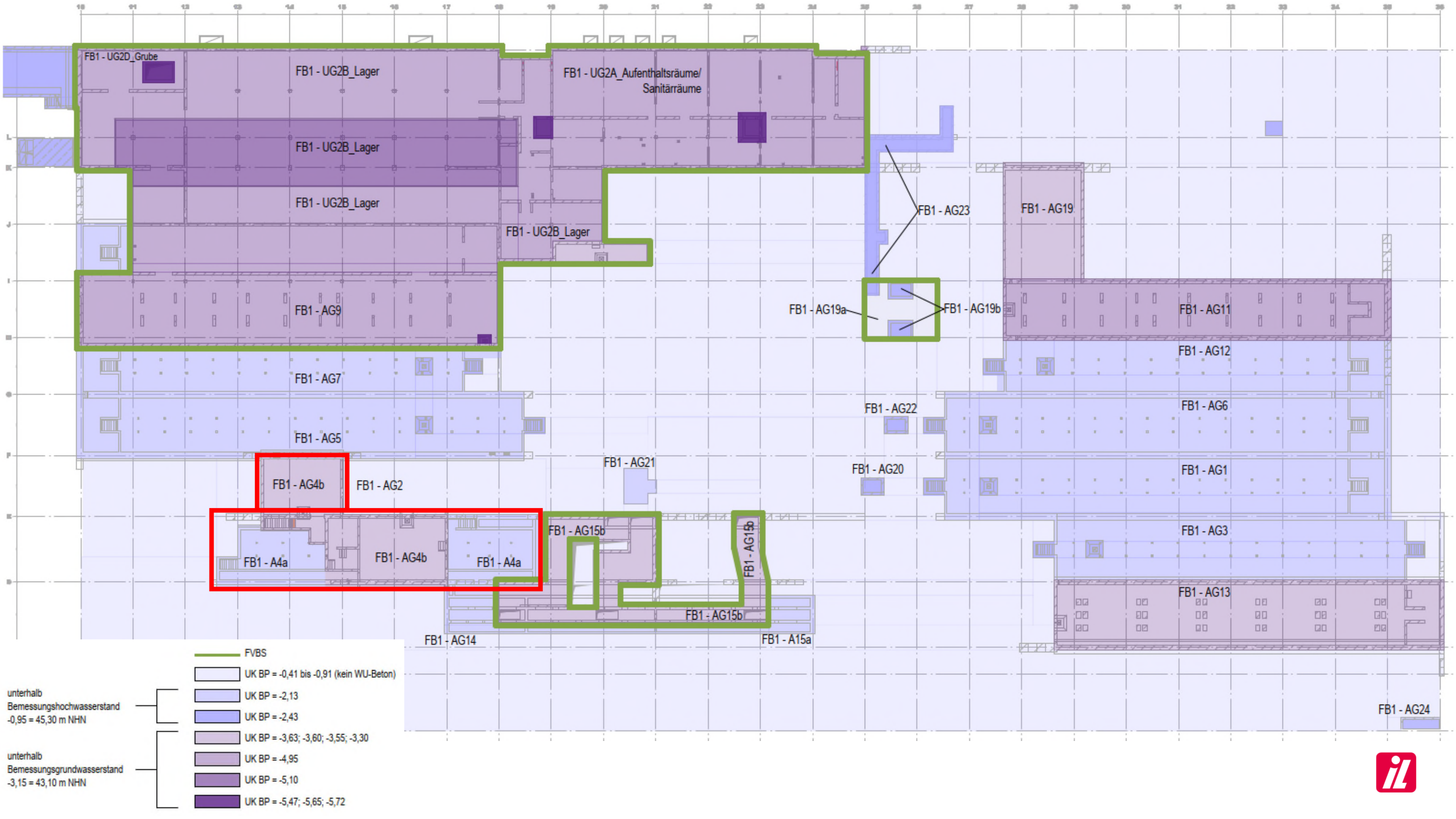


D8

Arbeitsfuge Rampenanschluß
Schnitt M 1:25

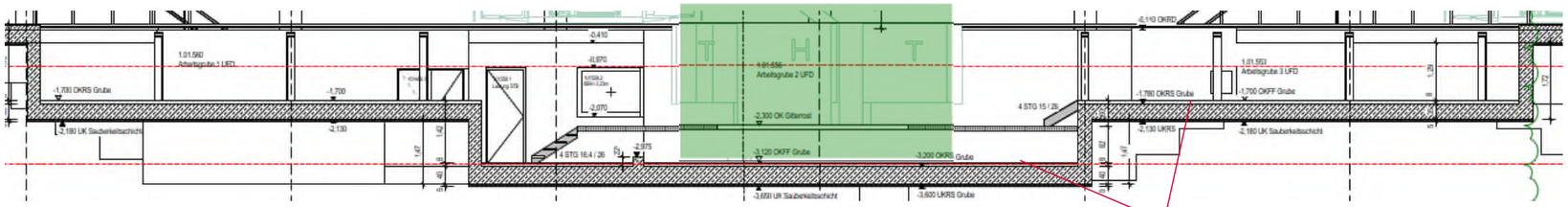


Regeldetails WU-Fugen:
In diesen Details sind keine Injektionsschläuche erforderlich.

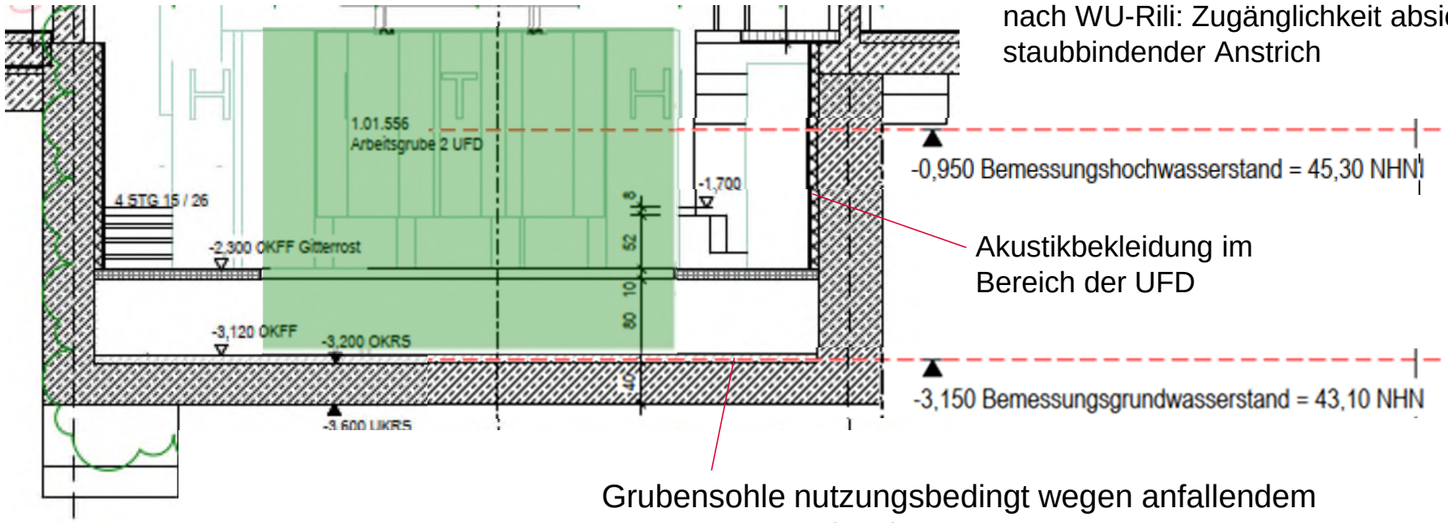

FB1 - UG2D_Grube
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - UG2A_Aufenthaltsräume/
Sanitärräume
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - AG23
FB1 - AG19
FB1 - AG9
FB1 - AG19a
FB1 - AG19b
FB1 - AG11
FB1 - AG12
FB1 - AG7
FB1 - AG22
FB1 - AG6
FB1 - AG5
FB1 - AG21
FB1 - AG20
FB1 - AG1
FB1 - AG4b
FB1 - AG2
FB1 - AG15b
FB1 - AG15b
FB1 - AG3
FB1 - A4a
FB1 - AG4b
FB1 - A4a
FB1 - AG13
FB1 - AG15b
FB1 - AG14
FB1 - A15a
FB1 - AG24
FVBS
UK BP = -0,41 bis -0,91 (kein WU-Beton)
unterhalb
Bemessungshochwasserstand
-0,95 = 45,30 m NHN
UK BP = -2,13
UK BP = -2,43
UK BP = -3,63; -3,60; -3,55; -3,30
unterhalb
Bemessungsgrundwasserstand
-3,15 = 43,10 m NHN
UK BP = -4,95
UK BP = -5,10
UK BP = -5,47; -5,65; -5,72

Sonderfall: Grube Unterflurradsatzdrehmaschine (UFD) FB1-AG4a/b

Grubensohle nutzungsbedingt wegen anfallendem Prozesswasser feucht



Fußbodenaufbau: Verbundestrich mit Klinker nach WU-Rili: Zugänglichkeit absichern: besser staubbindender Anstrich



Akustikbekleidung im Bereich der UFD

Grubensohle nutzungsbedingt wegen anfallendem Prozesswasser feucht

Randbedingungen:

→ Nutzungsklasse B

Bauteil und anstehendes Wasser:
OKRF -1,78 m (0,83 m unter BHWS = -0,95)
aber 1,37 m über BGWS = -3,15
Pumpensümpfe OKRF -2,28 m (1,33 m unter BHWS)
aber 0,87 m über BGWS = -3,15

→ Beanspruchungsklasse 1

große Rissgefahr infolge:

- Verspringende Kubatur in Grundriss und Höhe, zus. Pumpensümpfe jeweils Festhaltepunkte
  → hohe Zwangskräfte
- Laständerungen, Erschütterungen STRAB / Maschine

→ Risse ggf. nicht früh erkennbar

Keine Sicherheit, dass alle Risse verpresst werden

Schadenspotential wiederholt bei Hochwasser vorhanden, großflächige Reparaturmaßnahmen und Nutzungsausfall

Ggf. wiederholtes Nachverpressen neuer Risse über gesamte Nutzungsdauer erforderlich

→ Zugänglichkeit stark eingeschränkt

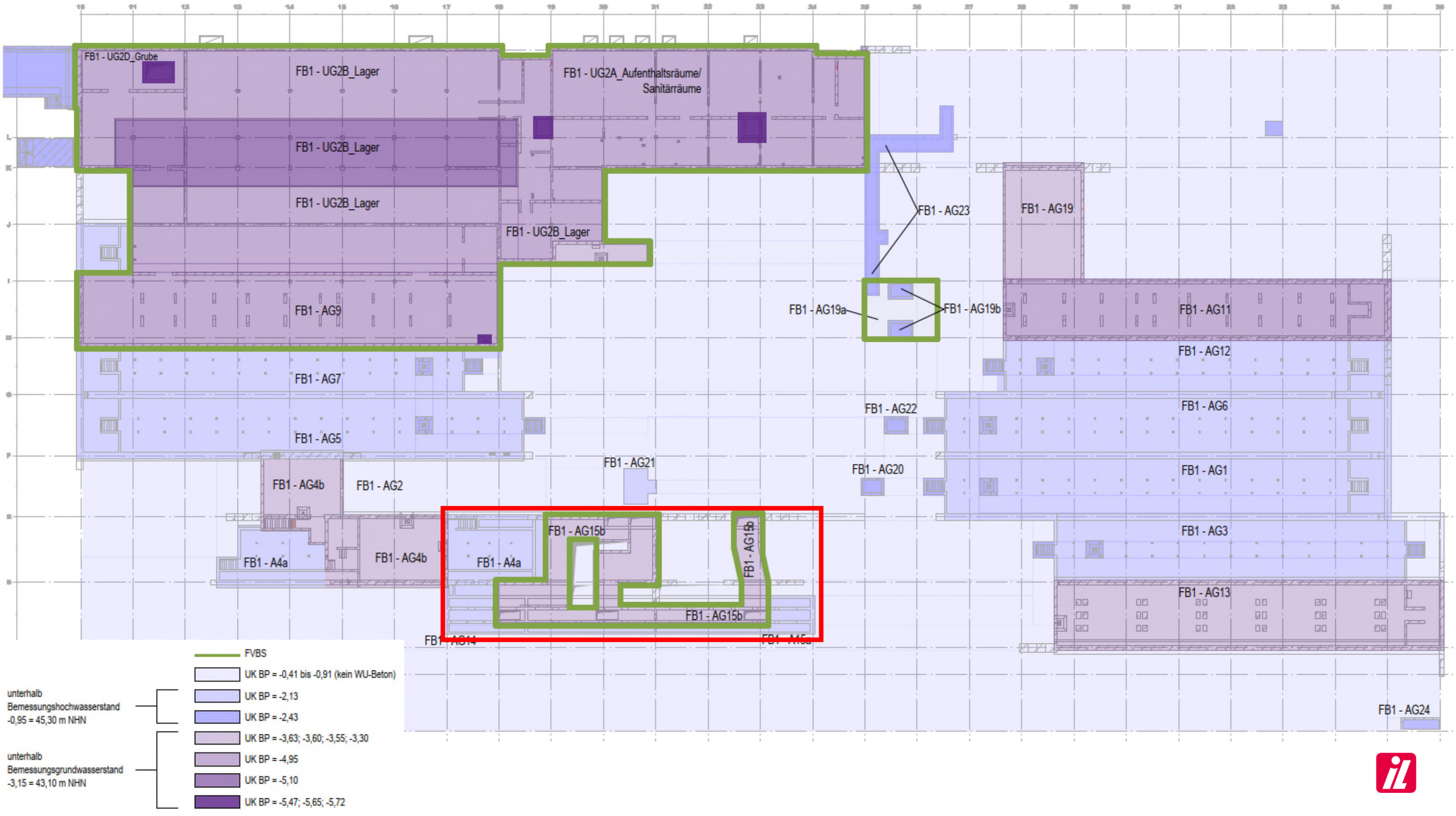
Maschine, FB-Aufbau, Gitterrostebene, Treppe, Einbauten, Schallschutzpanele,

- UFD-Fläche später nicht zugänglich

Aktuell geplante Ausführung:

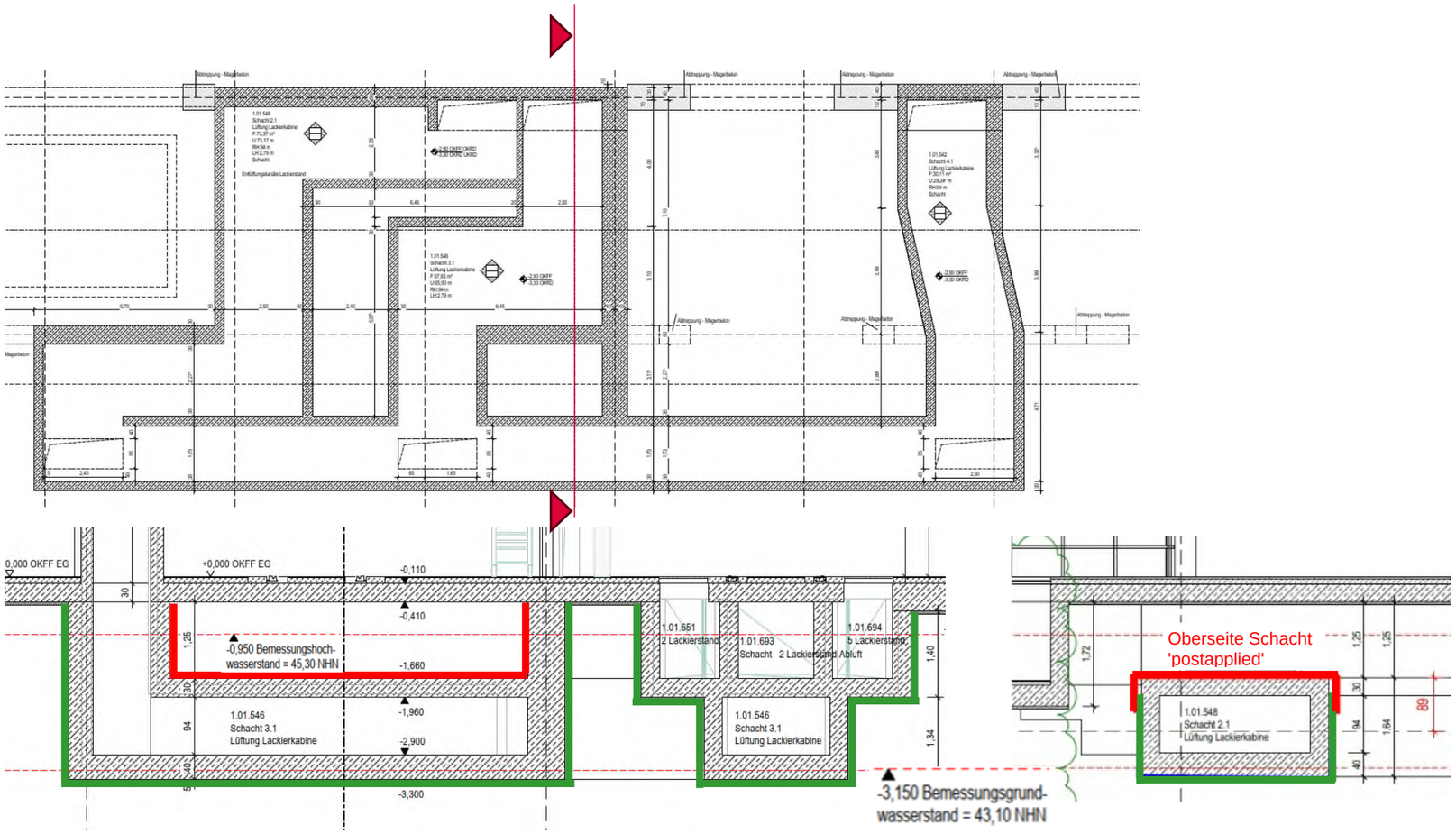
WU-Beton Entwurfsgrundsatz c (EGc) mit planmäßiger Rissverpressung

(ggf. wiederholt)


FB1 - UG2D_Grube
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - UG2A_Aufenthaltsräume/
Sanitärräume
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - AG23
FB1 - AG19
FB1 - AG9
FB1 - AG19a
FB1 - AG19b
FB1 - AG11
FB1 - AG12
FB1 - AG7
FB1 - AG22
FB1 - AG6
FB1 - AG5
FB1 - AG21
FB1 - AG20
FB1 - AG1
FB1 - AG4b
FB1 - AG2
FB1 - AG15b
FB1 - AG15b
FB1 - AG3
FB1 - A4a
FB1 - AG4b
FB1 - A4a
FB1 - AG13
FB1 - AG15b
FB1 - AG14
FB1 - A15a
FB1 - AG24
FVBS
UK BP = -0,41 bis -0,91 (kein WU-Beton)
unterhalb
Bemessungshochwasserstand
-0,95 = 45,30 m NHN
UK BP = -2,13
UK BP = -2,43
UK BP = -3,63; -3,60; -3,55; -3,30
unterhalb
Bemessungsgrundwasserstand
-3,15 = 43,10 m NHN
UK BP = -4,95
UK BP = -5,10
UK BP = -5,47; -5,65; -5,72

Sonderfall: Luftkanäle Lackieranlage FB1-AG15a/b

wegen Randbedingungen



Randbedingungen:

Hohe Luftqualität notwendig, geringe Luftfeuchtigkeit

→ Nutzungsklasse A

Bauteil und anstehendes Wasser:

OKRF -3,30 m (2,35 m unter BHWS = -0,95)

→ Beanspruchungsklasse 1

große Rissgefahr infolge:

- Kubatur verspringt, ungünstige Geometrie zus. Pumpensümpfe jeweils Festhaltepunkte
  → hohe Zwangskräfte
- Thermische Belastung (offenes Tor, Entladung LKW)
- Laständerungen (Schwerlastregale, Stapler)

→ Risse ggf. nicht früh erkennbar

Keine Sicherheit, dass alle Risse verpresst werden

Schadenspotential wiederholt sehr hoch, großflächige Reparaturmaßnahmen und Nutzungsausfall

Schwierige Rissverpressung in beengten Kanälen

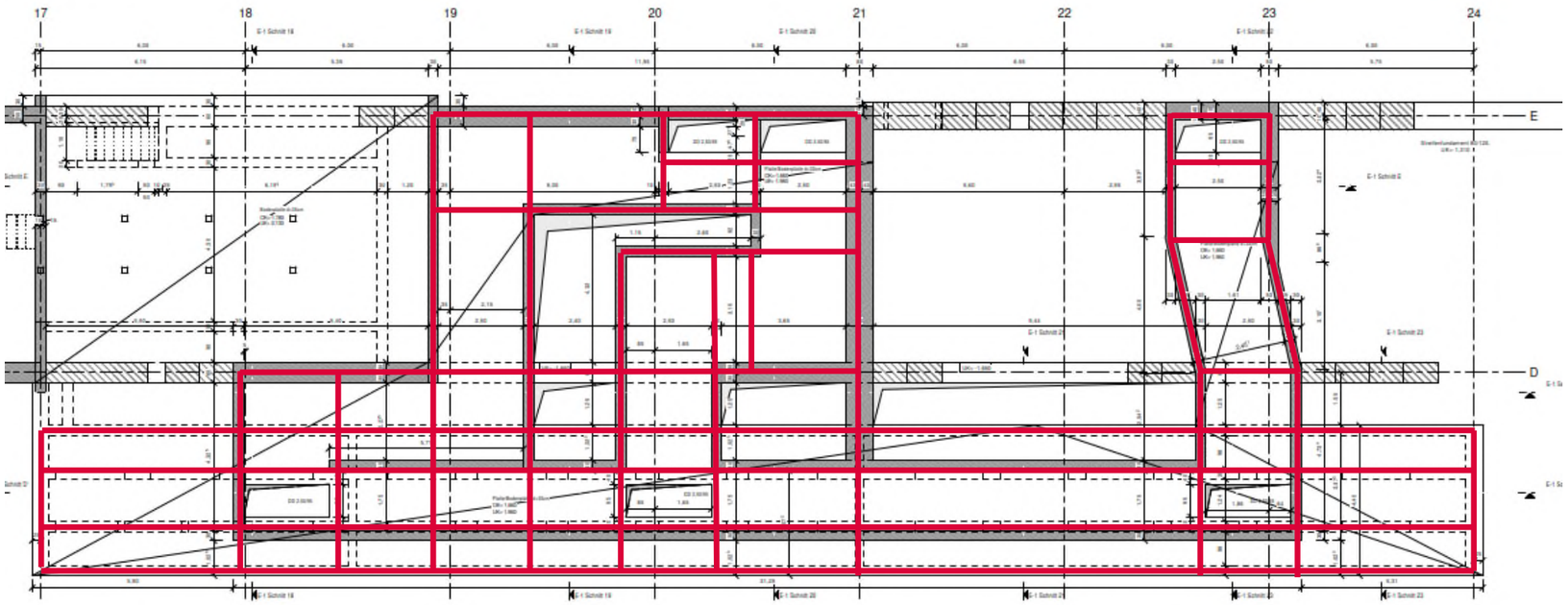
→ Zugänglichkeit stark eingeschränkt

Enge, abgeknickte Kanäle

Aktuell geplante Ausführung:

WU-Beton Entwurfsgrundsatz c (EGc) mit kompensierendem Frischbetonverbundsystem – FBVS zum FBV-System passendes Abdichtungssystem auf Kanaldecken (postapplied)

Luftkanäle Lackieranlage FB1-AG15a/b



Luftkanäle:
WU+FBVS (auf Decken postapplied)

Wegen extrem ungünstiger Geometrie und hoher Rissgefahr werden üblicherweise zusätzliche Bewegungsfugen an jedem Übergang/Ecke eingebaut.

Im konkreten Fall: sehr viele Bewegungsfugen
- Unwirtschaftlich
- Schwierig in der Ausführung
- Herstellerseitige Vorfertigung (Fügung) schwierig
- Anlieferung und baustellenseitige Lagerung unmöglich

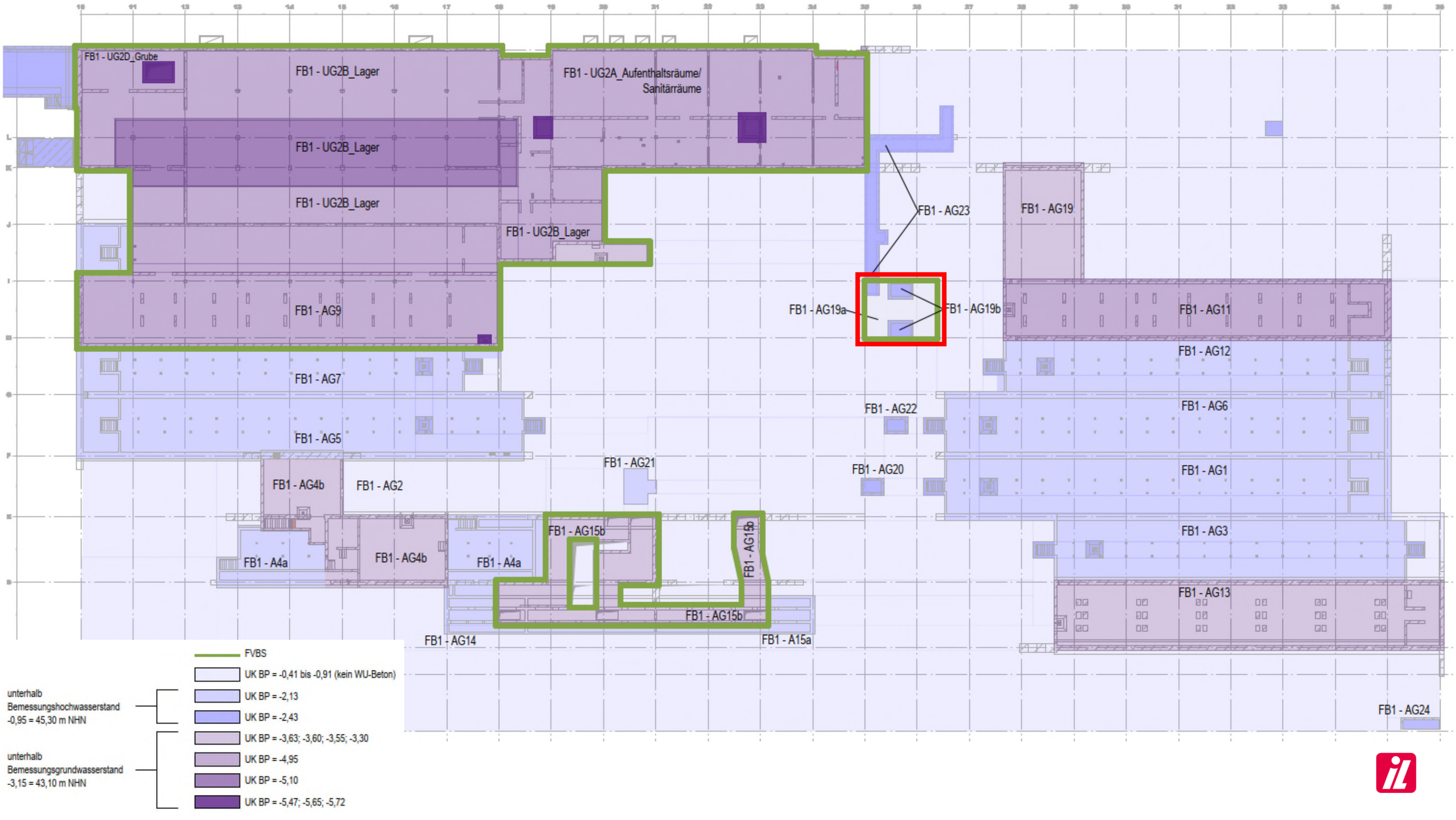
→ Jede Fuge ist gleichzeitig wieder eine Schwachstelle

empfohlene Anordnung von Fugen

Aktuell geplante Ausführung:

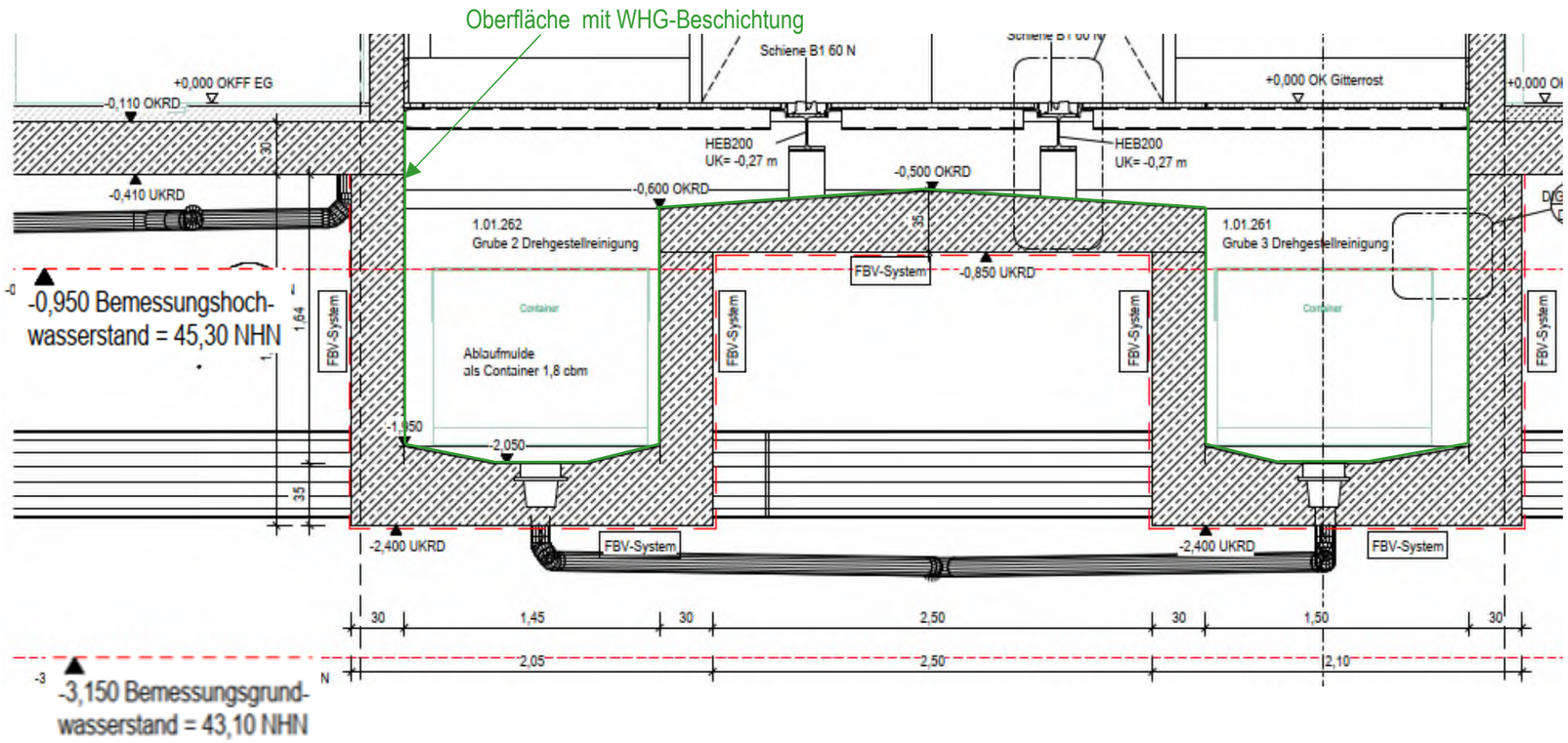
WU-Beton Entwurfsgrundsatz c (EGc) mit kompensierendem Frischbetonverbundsystem – FBVS zum FBV-System passendes Abdichtungssystem auf Kanaldecken (postapplied)

WU-Beton ohne zusätzliche Bewegungsfugen


FB1 - UG2D_Grube
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - UG2A_Aufenthaltsräume/
Sanitärräume
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - UG2B_Lager
FB1 - AG23
FB1 - AG19
FB1 - AG9
FB1 - AG19a
FB1 - AG19b
FB1 - AG11
FB1 - AG12
FB1 - AG7
FB1 - AG22
FB1 - AG6
FB1 - AG5
FB1 - AG21
FB1 - AG20
FB1 - AG1
FB1 - AG4b
FB1 - AG2
FB1 - AG15b
FB1 - AG15b
FB1 - AG3
FB1 - A4a
FB1 - AG4b
FB1 - A4a
FB1 - AG13
FB1 - AG15b
FB1 - AG14
FB1 - A15a
FB1 - AG24
FVBS
UK BP = -0,41 bis -0,91 (kein WU-Beton)
unterhalb
Bemessungshochwasserstand
-0,95 = 45,30 m NHN
UK BP = -2,13
UK BP = -2,43
UK BP = -3,63; -3,60; -3,55; -3,30
unterhalb
Bemessungsgrundwasserstand
-3,15 = 43,10 m NHN
UK BP = -4,95
UK BP = -5,10
UK BP = -5,47; -5,65; -5,72

Sonderfall: Grube Drehgestellreinigung FB1-AG19a/b

wegen Randbedingungen



Randbedingungen:

Anforderung aus WHG:

zuverlässige Abdichtung nur durch dauerhaft trockenen Beton!

→ Nutzungsklasse A

Bauteil und anstehendes Wasser:

OKRF -0,60 m (0,35 m über BHWS = -0,95)

→ Beanspruchungsklasse 2

Bereich Gruben OKRF -2,05 m (1,10 m unter BHWS)

→ Beanspruchungsklasse 1

große Rissgefahr infolge:

- Kubatur mit 2 Gruben jeweils Festhaltepunkte
  → hohe Zwangskräfte
- Thermische Belastung (offenes Tor, Entladung LKW)
- Laständerungen (Schwerlastregale, Stapler)

→ Risse ggf. nicht früh erkennbar

Keine Sicherheit, dass alle Risse verpresst werden

Schadenspotential wiederholt sehr hoch, großflächige Reparaturmaßnahmen und Nutzungsausfall

Umweltgefährdung

→ Zugänglichkeit geometrisch stark eingeschränkt

Aktuell geplante Ausführung:

WU-Beton Entwurfsgrundsatz c (EGc) mit kompensierendem Frischbetonverbundsystem – FBVS

(anstelle Rissverpressung)

INGENIEURBÜRO
SCHIESSL · GEHLEN · SODEIKAT

FACHPLANUNG

FRISCHBETONVERBUNDSYSTEM

23-151/1.2

Fachplanung Frischbetonverbundsysteme als Teil der WU-Planung

Projekt

Magdeburger Verkehrsbetriebe GmbH & Co. KG

Neubau Straßenbahnbetriebshof Nord

Auftraggeber
PLANUNGXGRUPPE
Wachtstraße 17-24
28195 Bremen

Verfasser
Ingenieurbüro Schiessl Gehlen Sodeikat GmbH
Dr. Ing. Till Felix Mayer, Dipl. Ing. Thomas Zitzelsberger
Landsberger Str. 370
80687 München

Datum
25.11.2024
Ma/Zi

Umfang
25 Textseiten

Eine gekürzte oder auszugsweise Vervielfältigung und Veröffentlichung dieser Stellungnahme bedürfen der vorherigen schriftlichen Genehmigung durch den Verfasser.

INHALTSVERZEICHNIS Seite

1 MOTIVATION 2

2 BESCHREIBUNG DER WU-KONSTRUKTION 3

2.1 WU-Bauteile 3

2.2 Beanspruchungsklasse 4

2.3 Nutzungsklasse 5

2.4 Zugänglichkeit 5

2.5 Besonderheiten der WU-Konstruktion 8

3 AUSWAHL DER KONSTRUKTIONSART 9

4 FBV-SYSTEM 11

4.1 Grundlagen 11

4.2 Leistungsbeschreibung des FBV-Systems 12

4.3 Ausführung 14

5 LEITDETAILS 15

LITERATUR 25

Anhang Reinigungskonzept FBV-Systeme

1 MOTIVATION

In Ergänzung zu dem WU-Konzept soll eine Fachplanung des Frischbetonverbundsystems (nachfolgend FBV-System) für den hochwertig genutzten Bereich des Bauvorhaben Straßenbahnbetriebshof Nord erfolgen. FBV-Systeme sind eine zusätzliche Maßnahme zu einer WU-Betonkonstruktion nach DAfStb Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke [1].

2 BESCHREIBUNG DER WU-KONSTRUKTION

2.1 WU-Bauteile

Die Gründung des Neubaus des Bauvorhabens Straßenbahnbetriebshof Nord erfolgt für die Bauteile Bodenplatte Untergeschoss und Kelleraußenwände als WU-Betonkonstruktion nach DAfStb-Richtlinie »Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton« (WU-Richtlinie), Ausgabedatum 12-2017 des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton [1], siehe **Bild 1** und **Bild 2**.

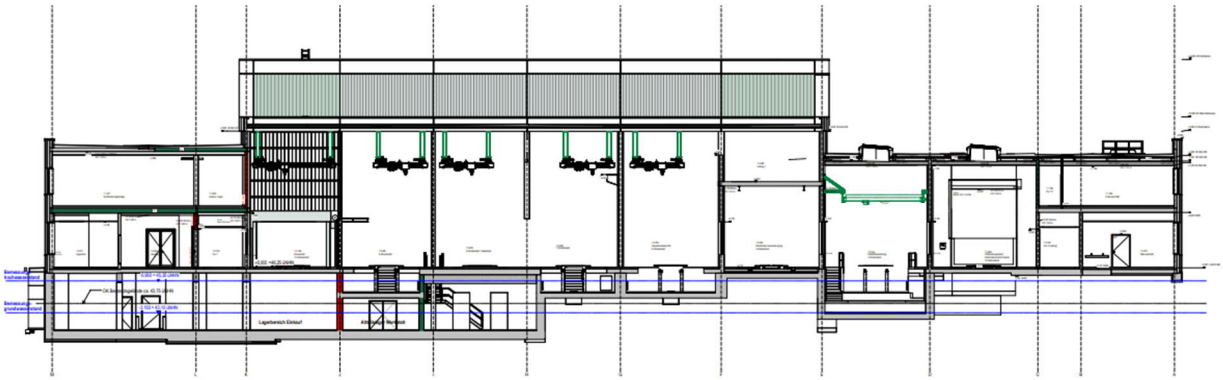


Bild 1: Übersicht WU-Konstruktion, Längsschnitte

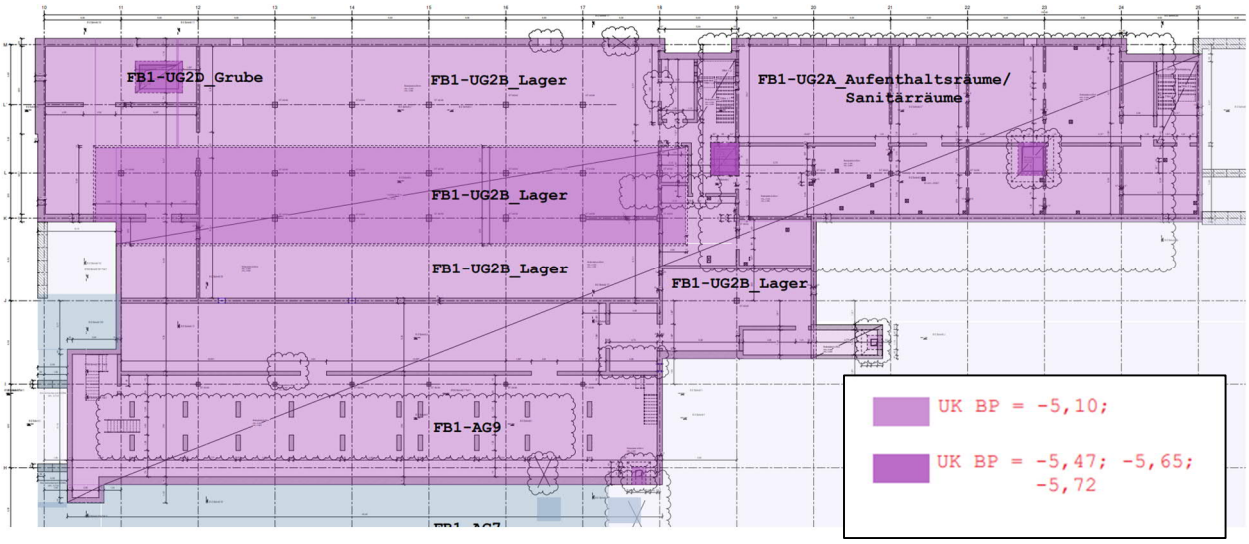


Bild 2: Übersicht WU-Konstruktion, Grundriss

2.2 Beanspruchungsklasse

Gemäß dem Geotechnischen Bericht 29/15 INROS LACKNER liegt die Bodenplatte des Untergeschosses teilweise in einem Aueton mit einer Wasserundurchlässigkeit von $k \leq 1x10^{-8}$ bis $k \leq 1x10^{-11}$, der nach DIN 18130, Teil 1 als sehr schwach durchlässig einzustufen ist. Somit besteht die Gefahr, dass sich das versickernde Niederschlagswasser am Untergeschoss staut. Weiterhin wurde Schichtwasser 0,5m unter OKG angetroffen.

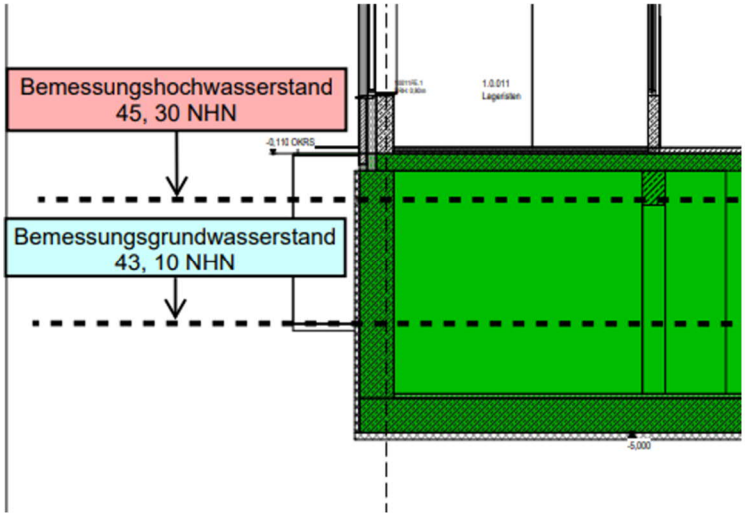


Bild 3: Übersicht Grund- und Hochwasserstand

Der Bemessungsgrundwasserstand mit 43,10 m NHN und der Bemessungshochwasserstand mit 45,30 NHN liegen deutlich über der OK Bodenplatte Untergeschoss, siehe **Bild 3**. Die Gefahr eines Hochwassers wird als sehr groß eingestuft, da es bereits 2002 und 2013 zu solchen Ereignissen kam.

Gemäß WU-Richtlinie werden die Bauteile der Untergeschosse der Beanspruchungsklasse 1 zugeordnet. Alle Untergeschosse des geplanten Gebäudes sind somit druckwasserdicht gemäß WU-Richtlinie des DAfStb zu erstellen (auch Gebäudedurchdringungen).

2.3 Nutzungsklasse

Für die Räume des Untergeschosses ist die Nutzungsklasse A vorgesehen, siehe **Bild 4**. Die Nutzungsklasse B (feuchte Flecken an der Wand oder versinterte Risse durch Entwurfsgrundsatz b nach WU-Richtlinie) wird von Seiten des Bauherren ausgeschlossen aus optischen und Nutzungsgründen.

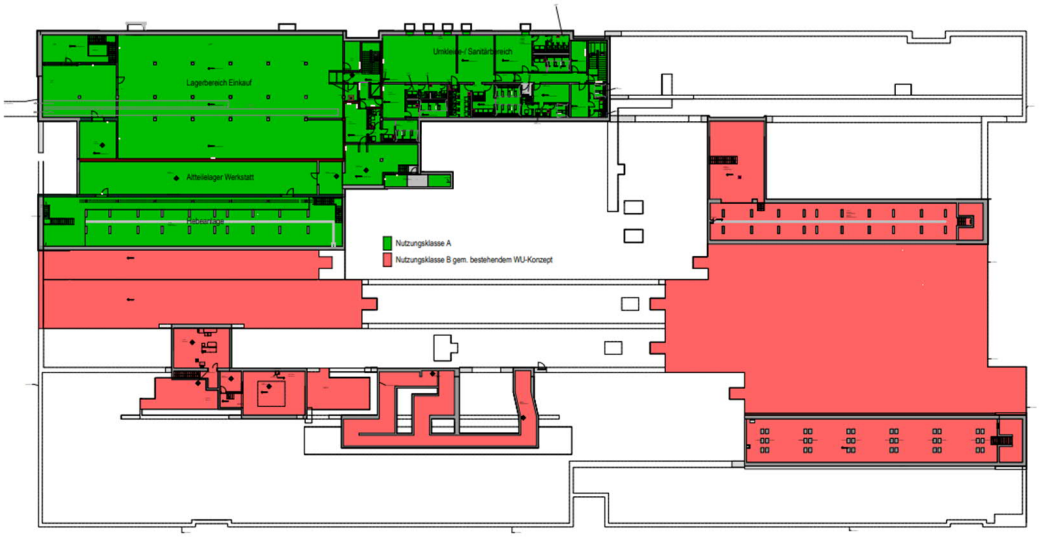


Bild 4: Einteilung Nutzungsklassen Untergeschoss UG

2.4 Zugänglichkeit

Die WU-Richtlinie fordert, die Innenflächen eines WU-Bauteils so zu gestalten, dass die Ortung und Instandsetzung von Undichtigkeiten mit „verhältnismäßigen Aufwand“ gegeben sind. Nutzungsbedingt benötigen alle Fußbodenbereiche bei diesem Bauvorhaben Aufbauten bzw. Deckschichten, die die Zugänglichkeit der Betonsohle im Falle einer Undichtigkeit erheblich einschränken oder behindern (siehe **Bild 5** und **Bild 6**).

Im Lager sind die Wände mit Regalen und Lagergut verstellt und in den Sanitärräumen sind Wandbeläge z.B. aus Fliesen vorgesehen. Die erforderlichen Sanitärinstallationen werden in sog. Installationswänden integriert, die eine Zugänglichkeit der Betonwandoberflächen verhindern (siehe **Bild 7**).

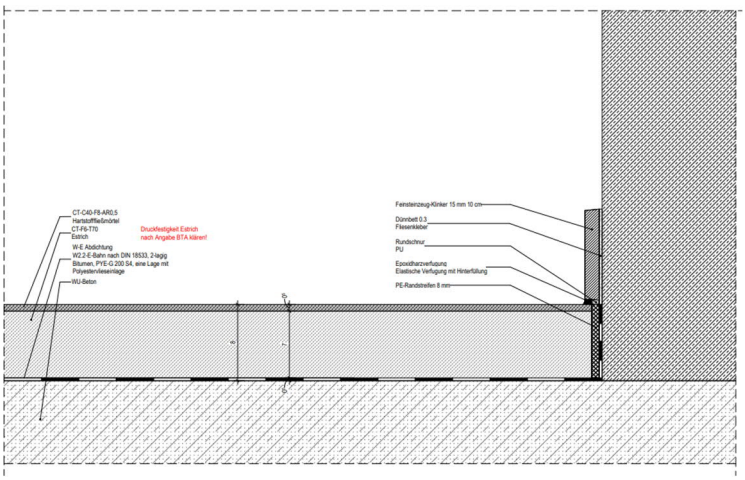


Bild 5: Übersicht Fußbodenaufbau Detail 1

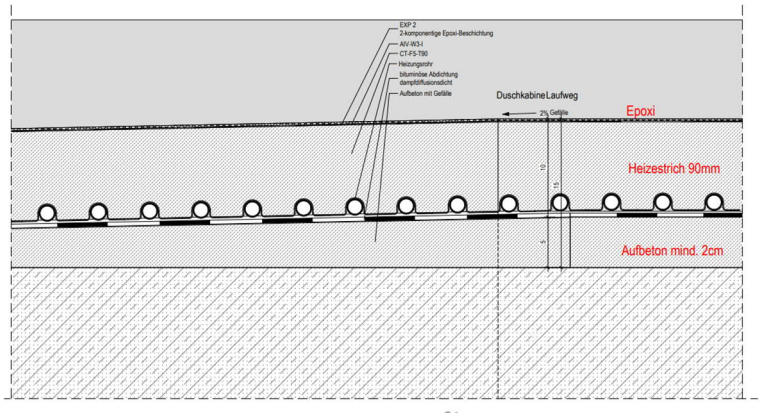


Bild 6: Übersicht Fußbodenaufbau Detail 2

Bild 7: Übersicht Fußbodenaufbauten und Zugänglichkeit

Somit ist die in der WU-Richtlinie geforderte luftseitige Zugänglichkeit bei dieser Baumaßnahme nicht gegeben. Diese Abweichung ist bei dieser Art der Nutzung nicht zu verhindern. Je nach Art des Wassereintritt ist es möglich, dass dieser erst verspätet entdeckt wird und für die Beseitigung ein Rückbau von Bodenaufbauten und technischen Anlagen erfolgen muss. Der Aufwand einer ggfs. notwendigen Risssanierung ist ebenso wie das Risiko eines Nutzungsausfalles entsprechend groß.

2.5 Besonderheiten der WU-Konstruktion

Folgende Besonderheiten sind bei der WU-Konstruktion hervorzuheben:

- Das Grundwasser ist im Sinne der DIN 4030 als stark angreifend anzunehmen. Eine Selbstheilung von Rissen und anderen Undichtigkeiten ist somit nicht möglich.
- Da das tatsächlich anstehende Grundwasser nicht zuverlässig über der Bodenplatte ansteht, ist ein Dichtheitsnachweis der Konstruktion vor Nutzung nicht zuverlässig möglich.
- Aufgrund thermischer Spannungen besteht die Gefahr der späten Rissbildung/bzw. der damit verbundenen Undichtigkeit während der Nutzung.
- Aufgrund der in vielen Bereichen nicht gegebenen Zugänglichkeit können eventuell auftretende Undichtigkeiten während der Nutzung nur schwer und spät erkannt und mit hohem Aufwand instandgesetzt werden.
- Die Konstruktion hat eine ungünstigen Geometrie, die eine rissvermeidende Bauweise erschwert.
- Lokal muss eine engmaschige Bewehrung angeordnet werden, die eine fachgerechte Betonage erschwert.

3 AUSWAHL DER KONSTRUKTIONSART

Wie in den vorangegangenen Kapiteln beschrieben, wird das Untergeschoss hochwertig genutzt. Es wird der Nutzungsklasse A zugeordnet.

Die bei jedem WU-Bauwerk, egal ob Weiße Wanne, Schwarze Wanne oder FBV-System, grundsätzlich geforderte Zugänglichkeit ist bei diesem Objekt nicht gegeben, so dass eine Reparatur von Undichtigkeiten während der Nutzung je nach Bauteil mit großem Aufwand und mit hohen Nutzugsausfall verbunden ist.

Aufgrund der anstehenden Wasserbelastung in Kombination mit der geplanten Nutzung wird eine druckwasserdichte Konstruktion ausgeführt.

Eine Ausführung als Schwarze Wanne hat gegenüber einer weißen Wanne technische und juristische Risiken. Im Falle einer Undichtigkeit kann die gesamte Bodenplatte hinterläufig werden und die Maßnahme wäre wirkungsfrei. Dieses Schadensbild ist dann nur schwer, ggfs. gar nicht reparierbar. Deshalb scheidet diese Konstruktionsform in Abstimmung mit dem Bauherrn aus.

Die Ausführung erfolgt deshalb als sogenannte **„WU-Betonkonstruktion“ nach WU-Richtlinie**. Aufgrund der Nutzung und der Gegebenheiten des Bauwerkes wird der EGS c verwendet. Bei diesem Entwurfsgrundsatz werden planmäßig Risse zugelassen. Die potenziell wasserführenden Risse werden mit, entsprechenden Maßnahmen vor Ausbau- bzw. Nutzungsbeginn abgedichtet.

Durch betontechnologische und konstruktive Maßnahmen werden weiterhin die Anzahl der Risse minimiert.

Aufgrund von jahreszeitlichen Temperaturschwankungen können während der Nutzung trotz geeigneter zwangsmindernder Maßnahmen Risse auftreten. Diese Temperaturschwankungen in Verbindung mit dem nicht zuverlässig durchführbaren Dichtheitsnachweis erhöhen die Gefahr von Undichtigkeiten während der Nutzung signifikant. Um dem entgegenzuwirken wird ein leistungsfähiges FBV-System empfohlen.

Bei drückendem Grundwasser und hochwertiger Nutzung des Bauwerkes werden in den letzten Jahren in Deutschland häufig FBV-Systeme in Kombination mit einer WU-Konstruktionen nach WU-Richtlinie ausgeführt. FBV-Systeme verbinden sich mit dem Beton zu einer dichten und hinterlaufgeschützen Hülle, siehe **Bild 8**. Diese Bauweise hat sich in der Praxis bewährt und hat aufgrund seiner Zuverlässigkeit und

des integrierten Hinterlaufschutzes deutliche Vorteile im Vergleich zu einer Abdichtung nach DIN 18533 [2] (Schwarzabdichtung).

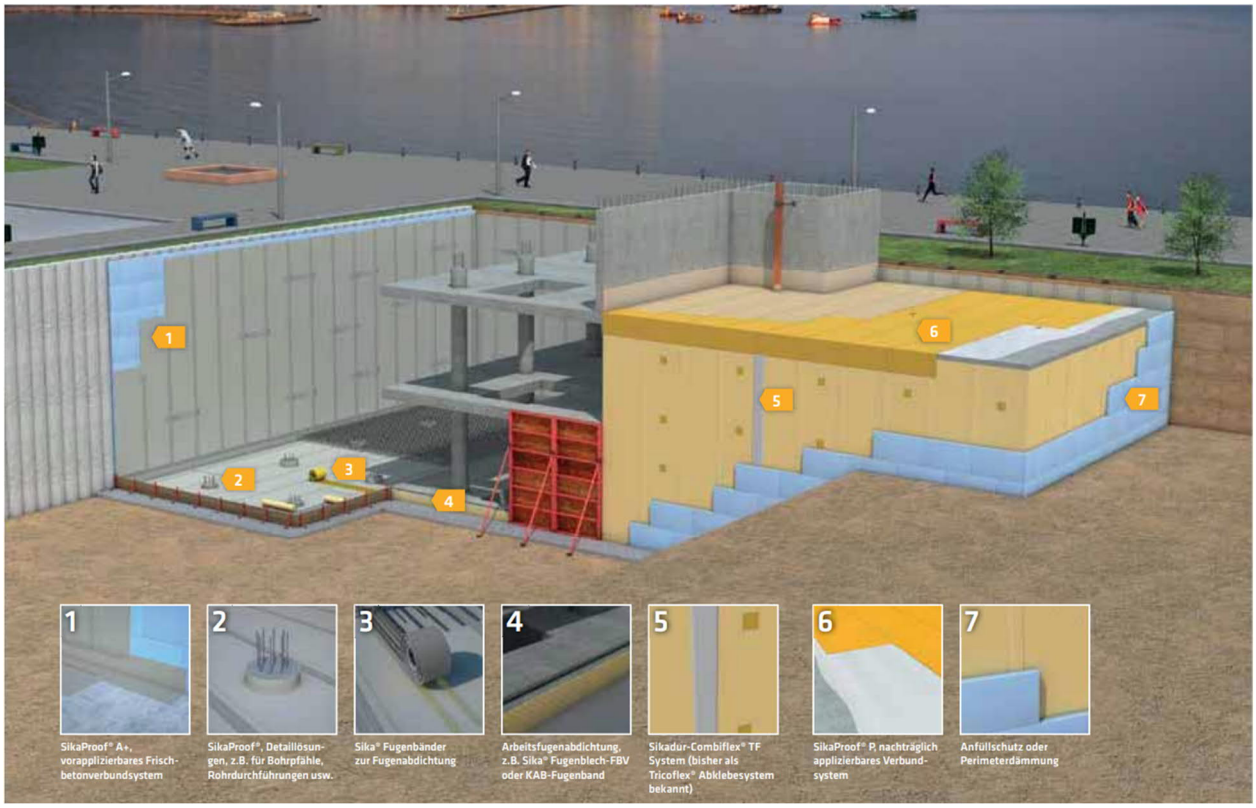


Bild 8: Darstellung eines FBV-Systems inkl. aller zugehöriger Systemkomponenten

4 FBV-SYSTEM

4.1 Grundlagen

Um das Risiko einer Undichtigkeit im Bereich der hochwertigen Nutzung zu reduzieren, wird die WU-Betonkonstruktion mit einem leistungsfähigen Frischbetonverbundsystem kombiniert. Das Ziel der Zusatzmaßnahme ist es, planmäßig oder unplanmäßig entstehende Trennrisse und Undichtigkeiten vor einer Durchfeuchtung zu schützen, um somit das Sicherheitsniveau der WU-Konstruktion zu erhöhen. Die sonst in der WU-Richtlinie vorgeschriebene nachträgliche Rissabdichtung erfolgt nur bei einem tatsächlichen Wassereintritt. Trockene, durch das FBV-System abgedichtete Trennrisse und Undichtigkeiten werden nicht abgedichtet. Hierbei ist die Zuverlässigkeit des FBV-Systems eine elementare Voraussetzung für die Funktionstauglichkeit der Gesamtkonstruktion. Nach Rücksprache mit dem Bauherren wird diese Vorgehensweise gewählt. Gemäß dem DBV-Merkblatt „Frischbetonverbundsysteme“ [3] entspricht dies der **kompensierenden WU-Bauweise FBVS-2**.

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass die Frischbetonverbundtechnologie keine normativ geregelte Bauweise ist und derzeit nicht als anerkannte Regel der Technik angesehen wird. FBV-Systeme werden nicht von der aktuell geltenden DIN 18533 [2] erfasst und können folglich nicht im Rahmen dieser Norm angewendet werden. Auch die WU-Richtlinie [1] regelt die Bauweise zum aktuellen Zeitpunkt nicht. 2017 wurde seitens des DBV ein Arbeitskreis zu dieser neuen Bauart gegründet. Bereits 2018 wurde ein Sachstandsbericht mit Handlungsempfehlungen erarbeitet (DBV-Heft Frischbetonverbundsysteme 44 [4]). In der Folge hat der Arbeitskreis das DBV-Merkblatt „Frischbetonverbundsysteme“ erarbeitet, das 2023 erschienen ist und als Anwendungsdokument Grundlagen für die Planung und Ausführung enthält. Der Leistungsfähigkeit des FBV-Systems kommt eine zentrale Bedeutung zu. Das System muss alle relevanten Details der zu planenden Konstruktion sicherstellen können. Dazu gehören sämtliche Detailausbildungen wie Übergänge, Durchdringungen, Anschlüsse und Materialkombinationen. Alle Details und Kombinationen müssen aufeinander abgestimmt und hinsichtlich Funktionstauglichkeit geprüft sein. Die auf dem Markt befindlichen FBV-Systeme haben in dieser Hinsicht z.T. deutliche Unterschiede in ihrer Leistungsfähigkeit.

4.2 Leistungsbeschreibung des FBV-Systems

Das Frischbetonverbundsystem (FBV-Bahn inkl. sämtlichem FBVS-Zubehör, Systemkomponenten und Systemlösungen) muss dabei eine vollflächige, dauerhafte, wasserdichte und hinterlaufsichere Verbindung der FBV-Bahn und aller seiner Systemkomponenten mit dem erhärtenden Frischbeton sicherstellen können. Dazu wird einerseits, unabhängig vom Bemessungswasserstand, die Leistungsklasse LK 3 gefordert, um eine hohe Resilienz des FBV-Systems gegenüber ungeplanten Einflüssen sicherzustellen. Andererseits wird eine Verbundschicht ohne Vlieslage gefordert, aufgrund der höheren Zuverlässigkeit während des Betoneinbaus, und eine Dichtschicht aus einem druckbeständigen Kunststoff. Die Nahtstellen sind mit dem hochwertigsten Fügeverfahren des Herstellers zu erstellen (z.B. thermische Fügung). Dabei muss eine kapillarfreie Fügenaht entstehen, die betonseitige Wasserbewegungen entlang der Nahtstelle verhindert. Außerdem muss es zum FBV-System ein kompatibles und geprüftes Post-Applied-System geben. Nicht zulässig sind FBV-Systeme mit Stumpfstößen sowie Fügenähten, die auf einer granulierten Verbundschicht mit einem Tape gefügt werden. Eine Ausnahme davon kann getroffen werden, wenn für die genannten Fügungen eine Dichtheitsprüfung ohne Betonverbund für die Leistungsklasse LK3 vorliegt.

Entspricht ein FBV-System den vorgenannten Anmerkungen, müssen als Nachweis der Funktion und Verwendbarkeit mindestens die Leistungsmerkmale des DBV-Merkblatts FBVS Anhang A, Tabelle A3 sowie Anhang A Tabelle A4 Zeilen 24, 26 & 28 nachgewiesen werden, wie sie im nachfolgenden beschrieben sind:

- Prüfberichte gemäß DBV-Merkblatt FBVS Anhang A3 zur Leistungsklasse LK 3 durch ein unabhängiges akkreditiertes Prüfinstitut / Materialprüfungsamt. Es müssen alle Eigenschaften des Anhangs A3 erbracht werden.
- Prüfberichte zu den optionalen Leistungsmerkmalen der Zeilen 24, 26 & 28 des DBV-Merkblatts FBVS Anhang A, Tabelle A4 durch ein unabhängiges akkreditiertes Prüfinstitut / Materialprüfungsamt für alle in diesem WU-Konzept vorgesehenen Details:
    - Wasserdichtheit an Übergangsabdichtungen, geprüft in Anlehnung an PG-FBB Teil 1 mit einem Prüfdruck der LK 3
    - Beständigkeit gegen Einwirkungen von betonangreifenden Medien mit einem Prüfdruck der LK 3
    - Wasserdichtheit aller verwendeten Zubehörmaterialien / Komponenten am Betonverbundkörper mit einem Prüfdruck der LK 3

- Prüfbericht einer PÜZ-Stelle für den Übergang und Kombination aller nachträglich zu applizierenden Systeme, wie zum Beispiel nachträglich applizierbare Verbundsysteme oder Fugenabklebesysteme
- Prüfung aller Detailausbildungen aus diesem WU-Konzept
- Verwendung der hochwertigsten Nahtvariante des FBV-Herstellers

Die Leistungsmerkmale sind gemäß DBV-Merkblatt FBVS Anhang E in einem allgemeinen Anwendbarkeitsnachweis (aA-FBVS) zusammenzufassen. Der aA-FBVS muss insbesondere auch eine FBVS-Verarbeitungsrichtlinie mit Hinweisen zur Verarbeitung, Reinigung und Instandsetzung enthalten und ist von einer PÜZ-Stelle auszustellen. Die geforderten Unterlagen sind dem Auftraggeber vor Einbau des Systems in vollem Umfang vorzulegen.

Das FBV-System muss in der Praxis erfolgreich erprobt sein. Dazu ist eine entsprechende Referenzliste mit Angabe der Druckwasserhöhe beizulegen.

Die hier beschriebenen Leistungsmerkmale werden von folgenden Leitprodukten erfüllt und die geforderten Nachweise liegen vor:

- Preprufe Plus von GCP
- SikaProof A+ von Sika

Alternativvorschläge müssen von der WU-Planung geprüft und freigeben werden. Ggf. entstehende Aufwendungen, wie z.B. die Prüfung eines Alternativvorschlags und eine Umplanung durch den WU-Fachplaner, gehen zu Lasten des Vorschlagenden

Die vom Hersteller herausgegebenen Regeldetails bzw. die Vorgaben aus der WU-Fachplanung sind umzusetzen. Eine Abweichung von dem ausgeschriebenen und geprüften Gesamtsystem erhöht das Schadensrisiko maßgeblich.

4.3 Ausführung

Das FBV-System wird nicht über die Boden-Wand-Fuge geführt, sondern es erfolgt eine nachträgliche geprüfte Abdichtung in diesem Übergang nach der jeweiligen Herstellervorgaben.

Dem Schutz des FBV-Systems vor Beschädigungen und Verschmutzungen bzw. ggfs. der Reinigung und der Reparatur kommen eine besondere Bedeutung zu. Die Vorgaben des DBV-Merkblattes Frischbetonverbundsysteme [3]bzw. die Herstellervorgaben sind einzuhalten. Insbesondere müssen die Abschalungen in der Bodenplatte geeignet sein, um Verunreinigung aus Beton durch benachbarte Betonierabschnitte zu vermeiden. Der Bauablauf und die Qualitätsüberwachung müssen so gestaltet sein, dass Beschädigungen und Verschmutzungen vermieden werden und eine ggfs. notwendige Reinigung und Reparatur möglich ist.

Nach Festlegung des FBV-Systems erfolgt eine Werkstattplanung durch den Verlegebetrieb. Diese ist durch die WU-Planung zu kontrollieren.

Der Einbau ist durch vom Hersteller zertifiziertes Fachpersonal gemäß den Vorgaben der Planung, des Verwendbarkeitsnachweises und der Verarbeitungsvorgaben des Herstellers durchzuführen. Die Verlegung erfolgt durch geschultes und in der Bauweise erfahrenen FBVS-Fachverarbeiter (Nachweis Referenzliste und Schulungszertifikat).

5 LEITDETAILS

Anhand der nachfolgenden Leitdetails erfolgt eine Werkstatt- und Montageplanung durch den Bauausführenden. Diese ist durch die WU-Planung zu kontrollieren. Bei der Werkstatt- und Montageplanung ist darauf zu achten, dass die Gesamtlänge der Stöße möglichst gering gehalten wird. Im Bereich des Untergeschosses des Hauptgebäudes müssen soweit möglich die FBV-Bahnen parallel zu den Arbeitsfugen verlegt werden.

Das FBV-System wird, wo möglich, nicht über die Boden-Wand-Fuge geführt. Es erfolgt eine nachträgliche geprüfte Abdichtung in diesem Übergang nach der jeweiligen Herstellervorgaben.

Nachfolgend werden Leitdetails des FBV-Systems dargestellt. Es handelt sich um größtenteils produktneutrale Prinzipienskizzen, Details wie z.B. Bauteildimensionen und Untergründe können von dem tatsächlichen Bauwerk abweichen. Sobald das einzusetzende FBV-System festgelegt ist, muss die Planung für das FBV-System kontrolliert und ggf. bei gleicher Qualität angepasst werden.

Grundsätzlich ist die hochwertigste Nahtvariante des FBV-Herstellers zu wählen, wie z.B. eine thermische Fügung. Ein Abweichen von dieser Forderung ist nur nach Freigabe durch die WU-Fachplanung möglich.

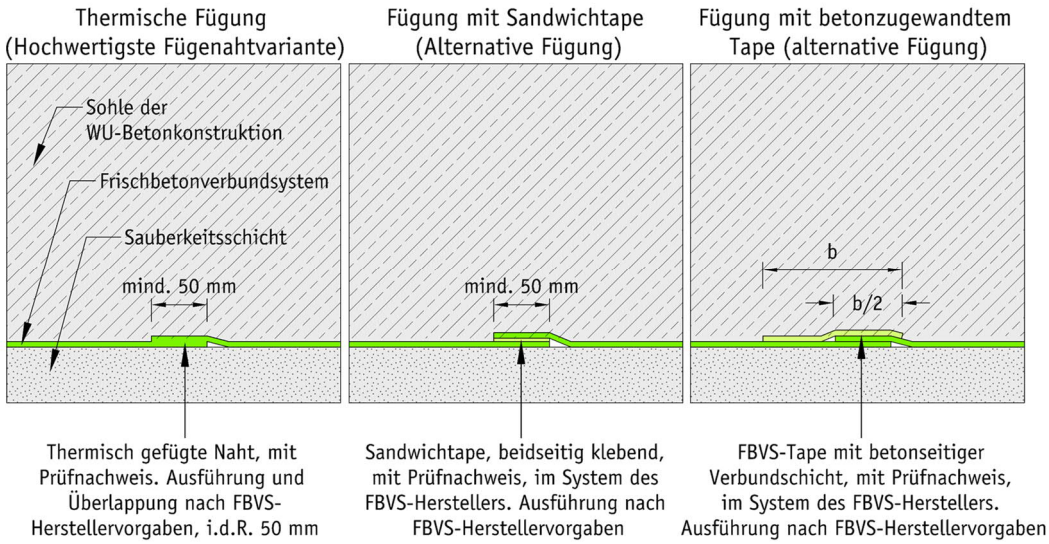


Bild 9: Leitdetails der Fügungen eines FBV-Systems. Die thermische Fügung wird als Standardfügung festgelegt.

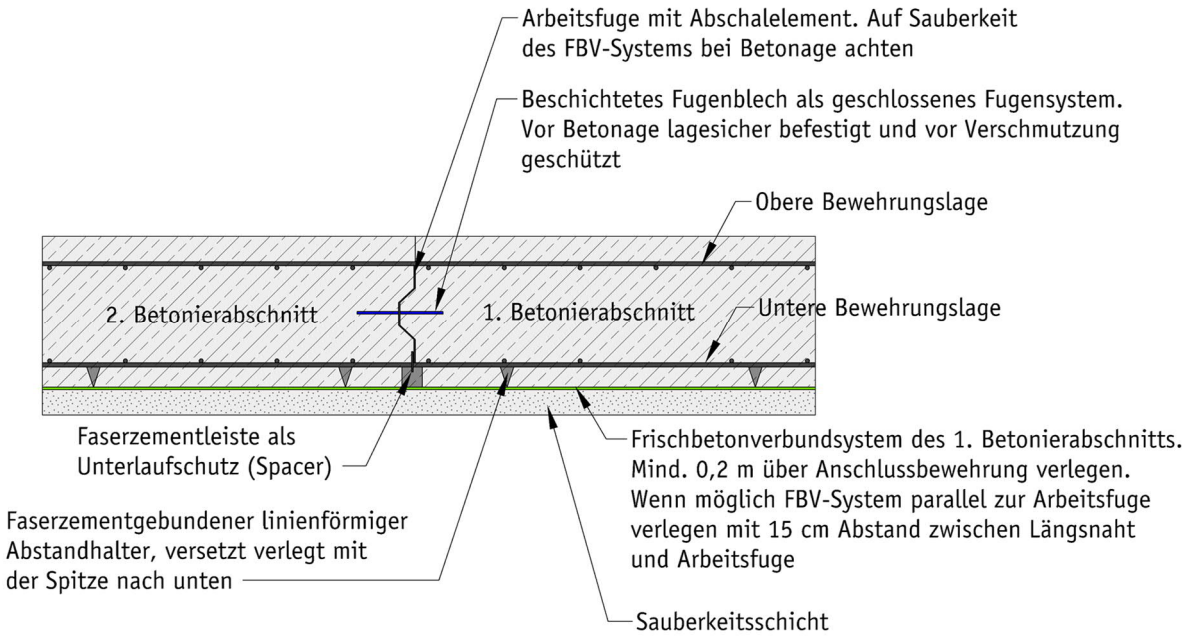


Bild 10: Leitdetail horizontale Arbeitsfuge

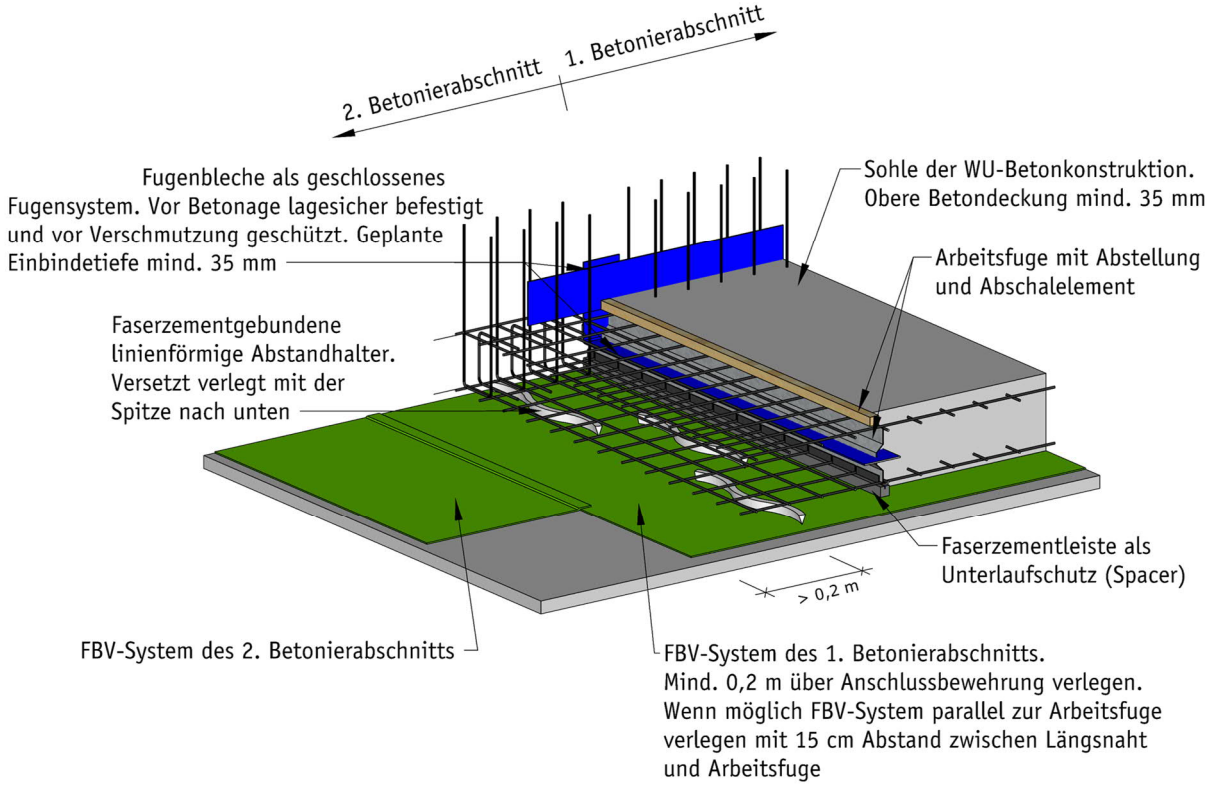


Bild 11: Leitdetail horizontale Arbeitsfuge (räumliche Ansicht)

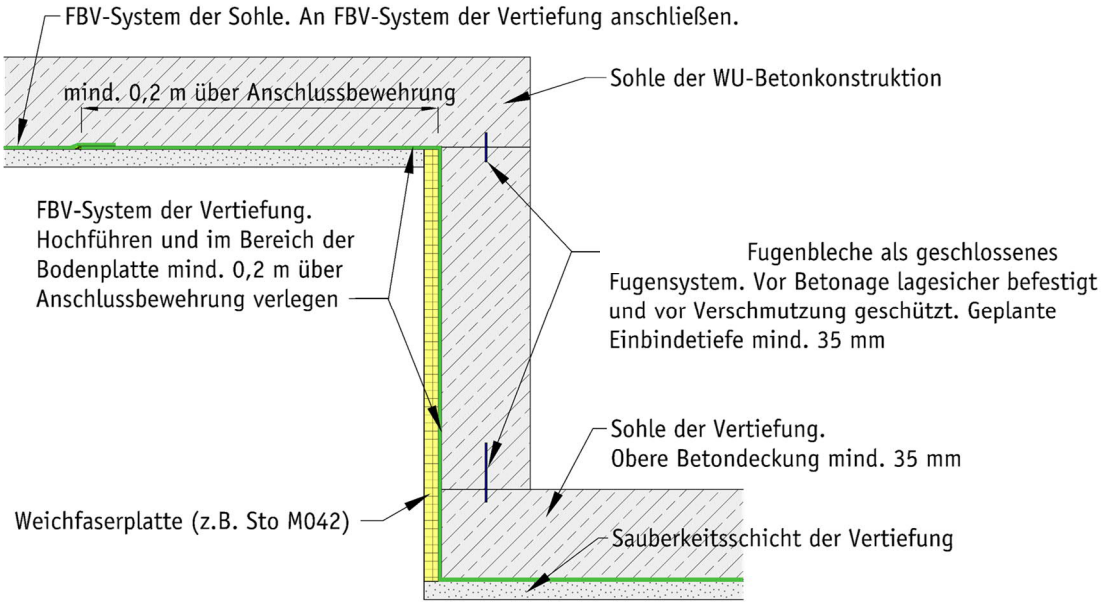


Bild 12: Leitdetail Pumpensumpf, Aufzugsunterfahrt, Versätze Bodenplatte, Voute

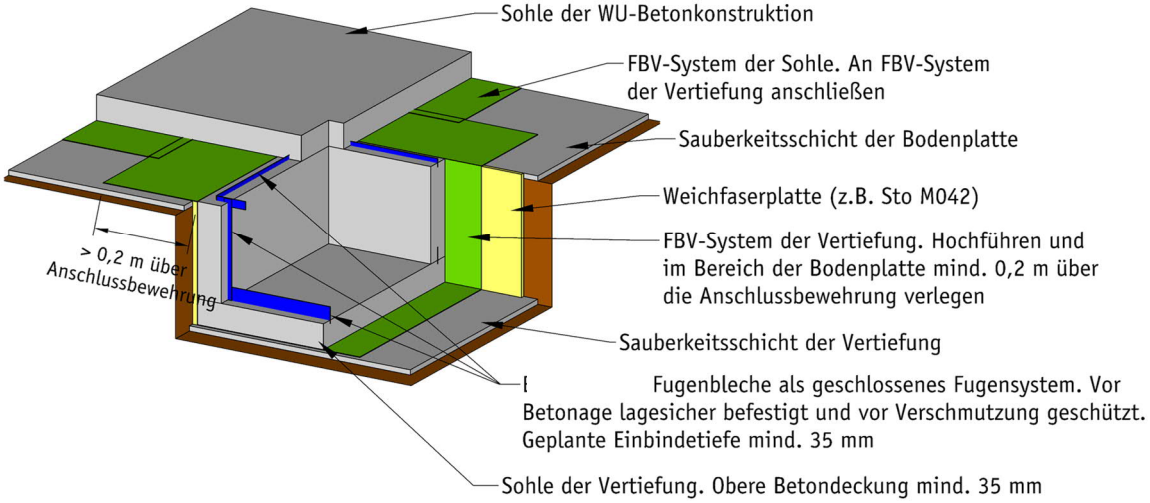


Bild 13: Leitdetail Pumpensumpf, Aufzugsunterfahrt (räumliche Ansicht)

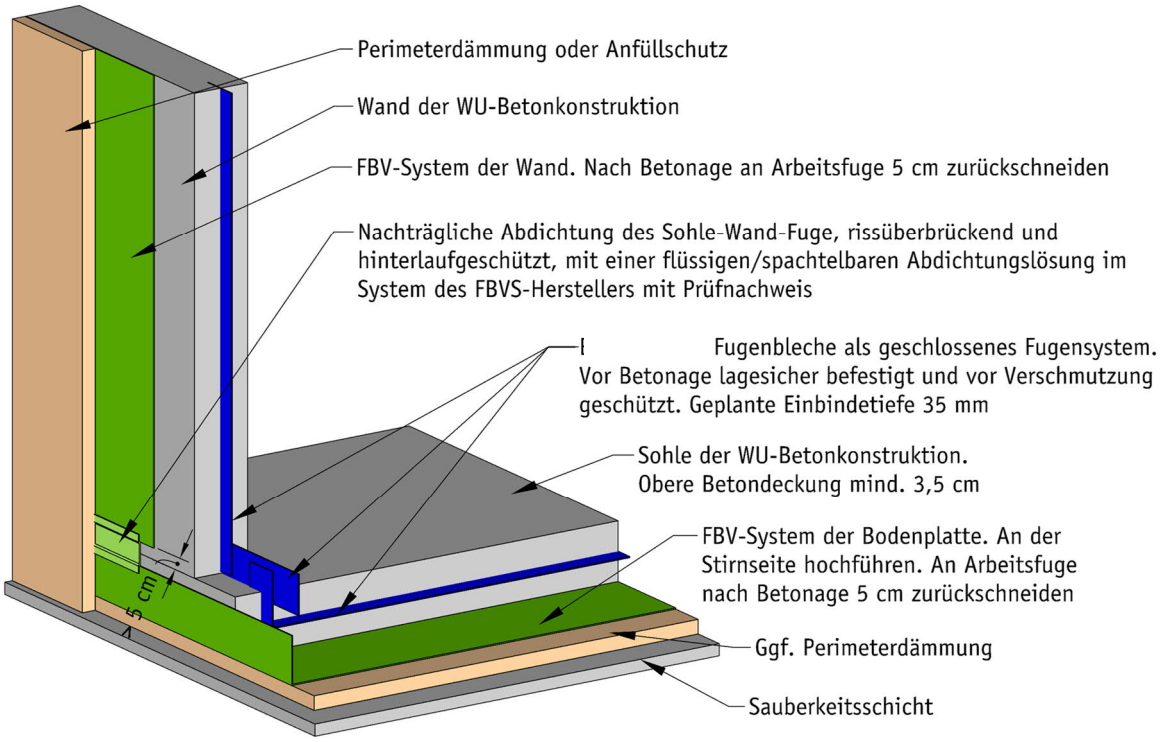


Bild 14: Leitdetail Arbeitsfuge Boden-Wand ohne Überstand (räumliche Ansicht)

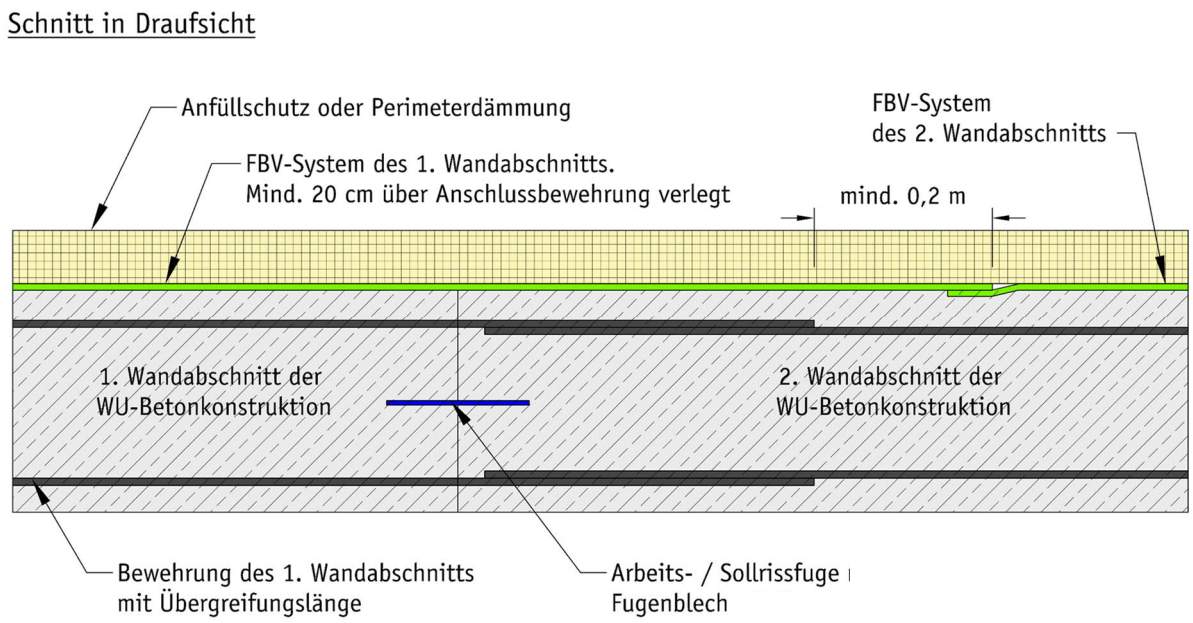


Bild 15: Leitdetail Arbeitsfuge Wand-Wand

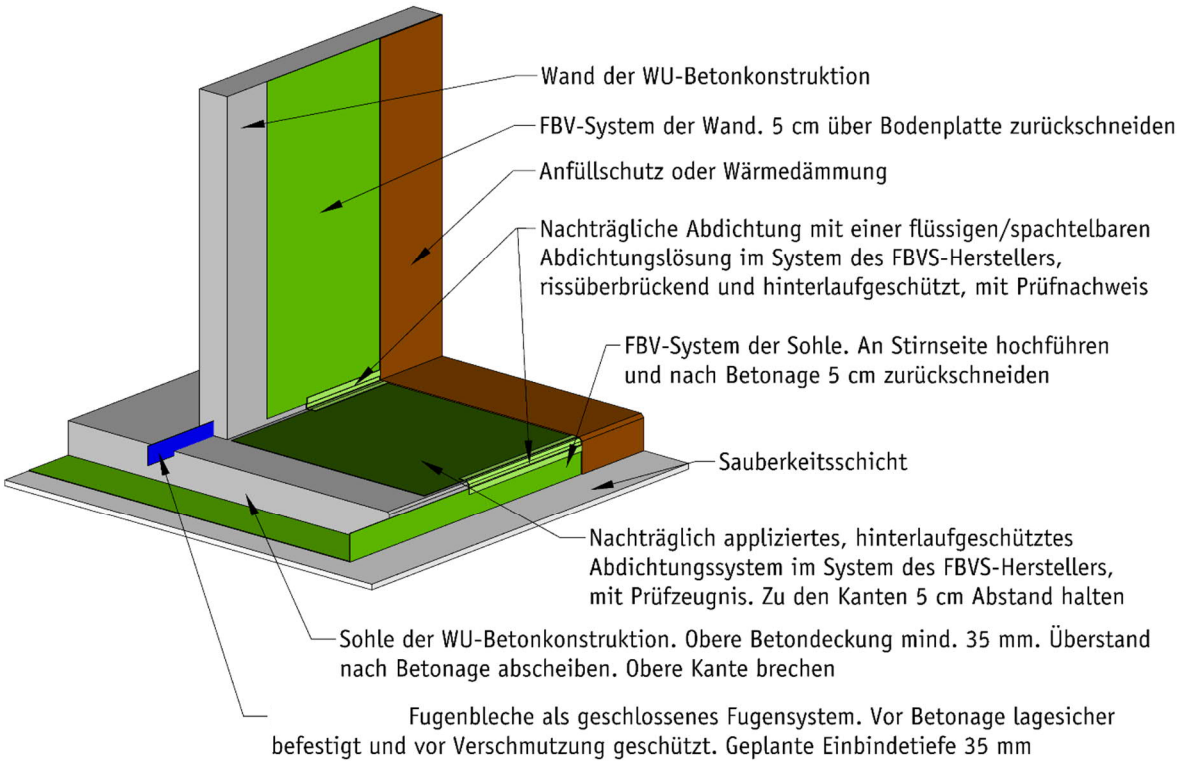


Bild 16: Leitdetail großer Bodenplattenüberüberstand

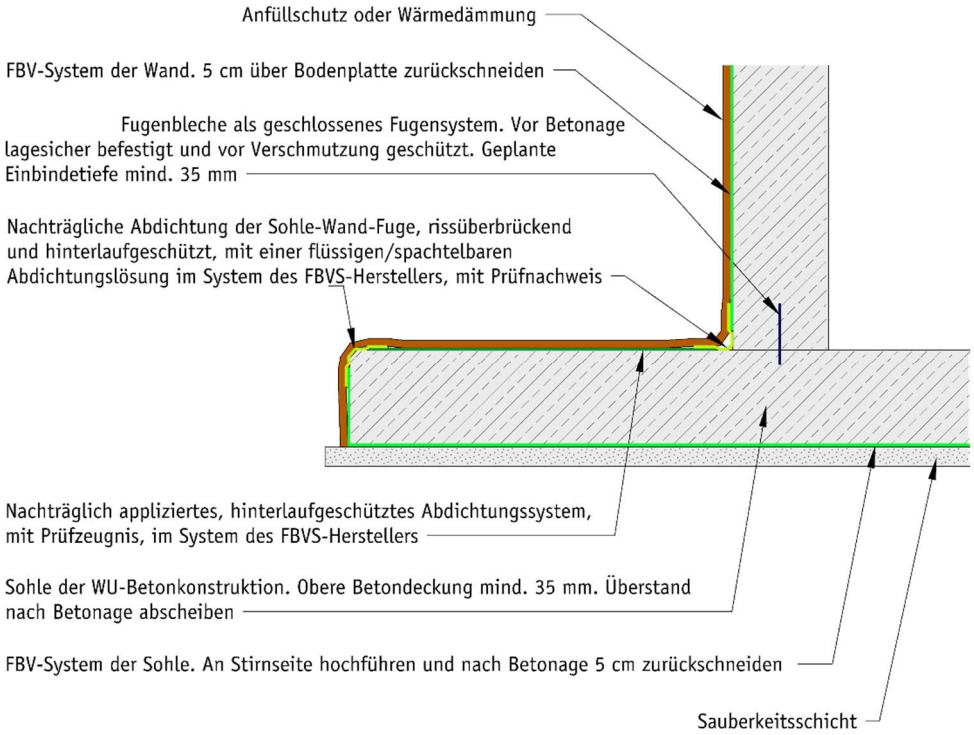


Bild 17: Schnitt großer Bodenplattenüberstand

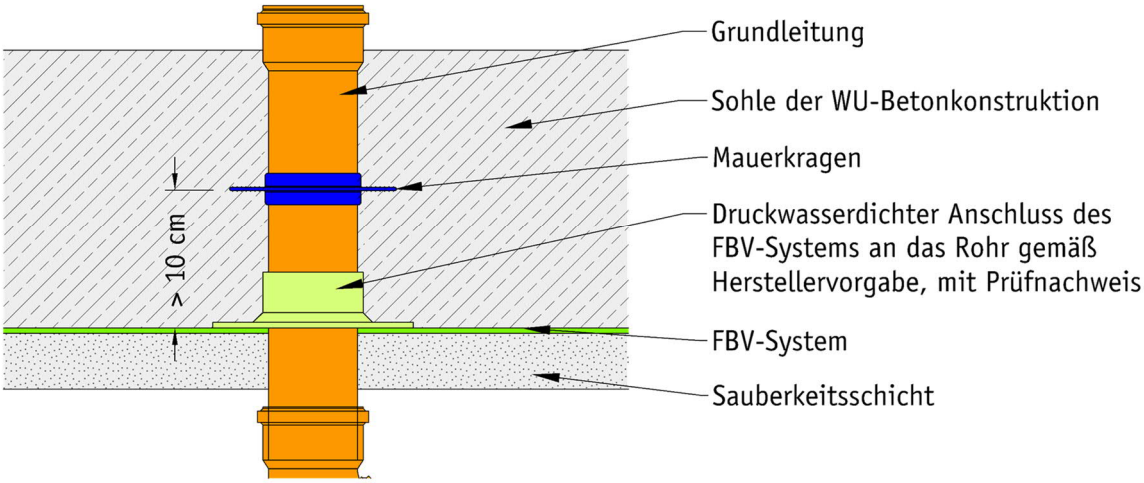


Bild 18: Leitdetail Rohrdurchführung

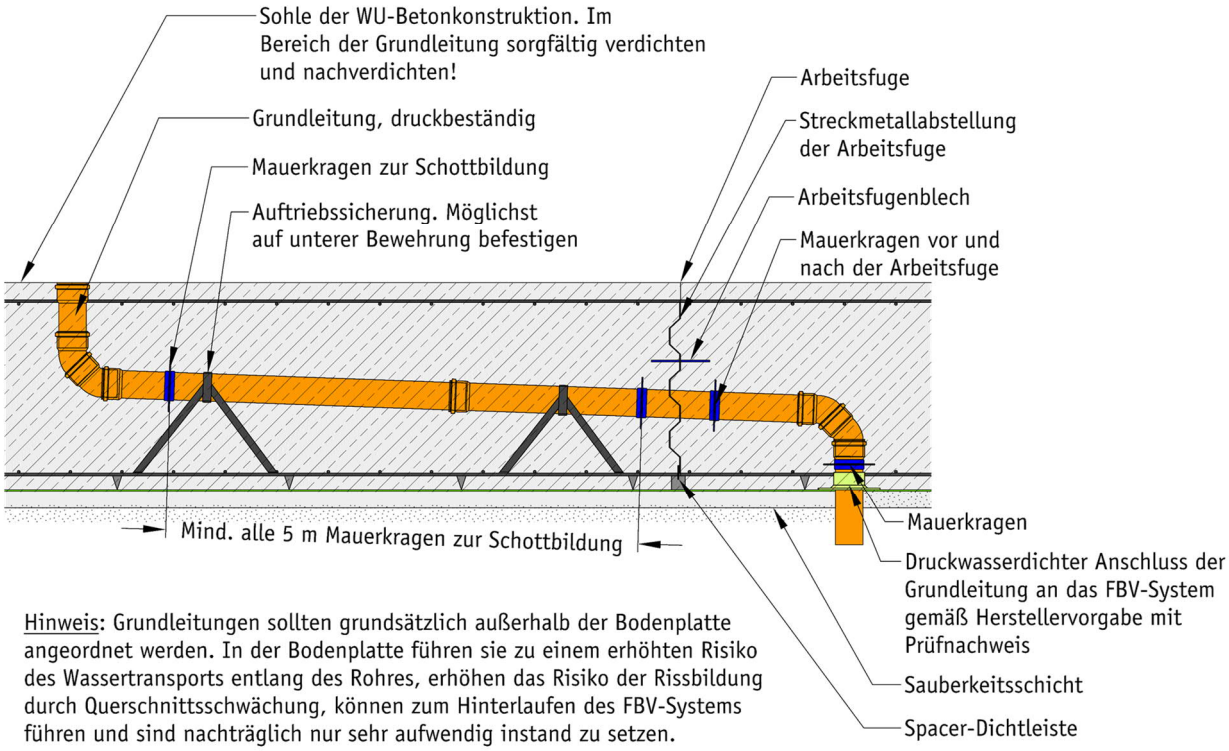


Bild 19: Prinzipiendarstellung Rohrdurchführung mit Verzug

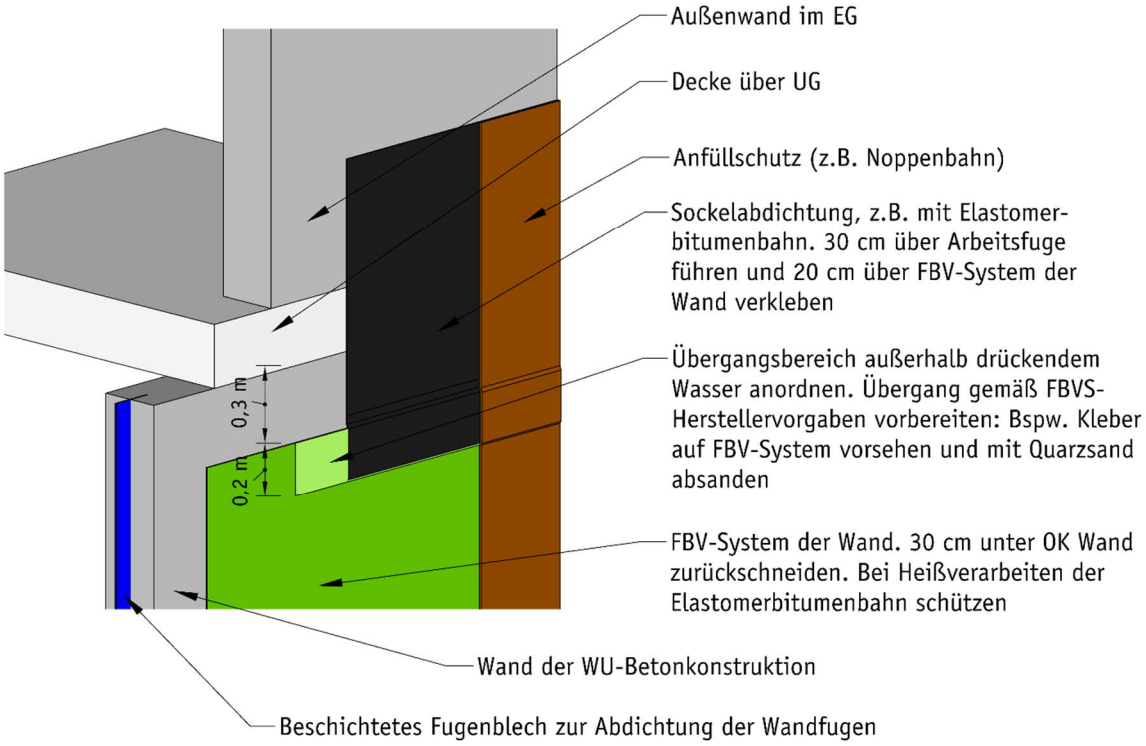


Bild 20: Leitdetail Übergang auf Sockelabdichtung

Bei der Verwendung eines Post-Applied-Systems (siehe **Bild 21**) sind die Herstellervorgaben einzuhalten, insbesondere sind folgende Faktoren erfolgsrelevant:

- Verwendung eines kompatiblen und geprüften Post-Applied-System
- Ebener geglätteter Untergrund der horizontalen Flächen nach Herstellervorgaben
- Abgerundete oder gefaste Kanten
- Applikation nur auf trockenen Untergründen, die frei von haftmindernden Substanzen sind
- Verwendung des Regenschirmprinzips bei horizontalen Fugen

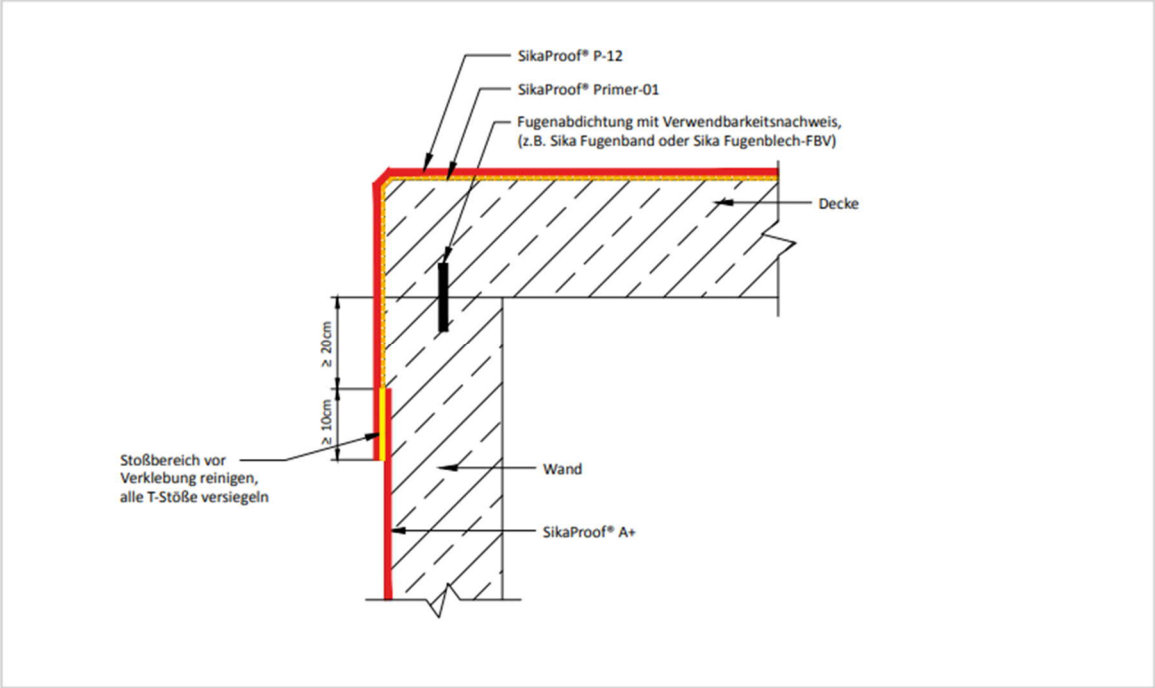


Bild 21: Übergang FBVS an Post-Applied-System am Beispiel SikaProof A+

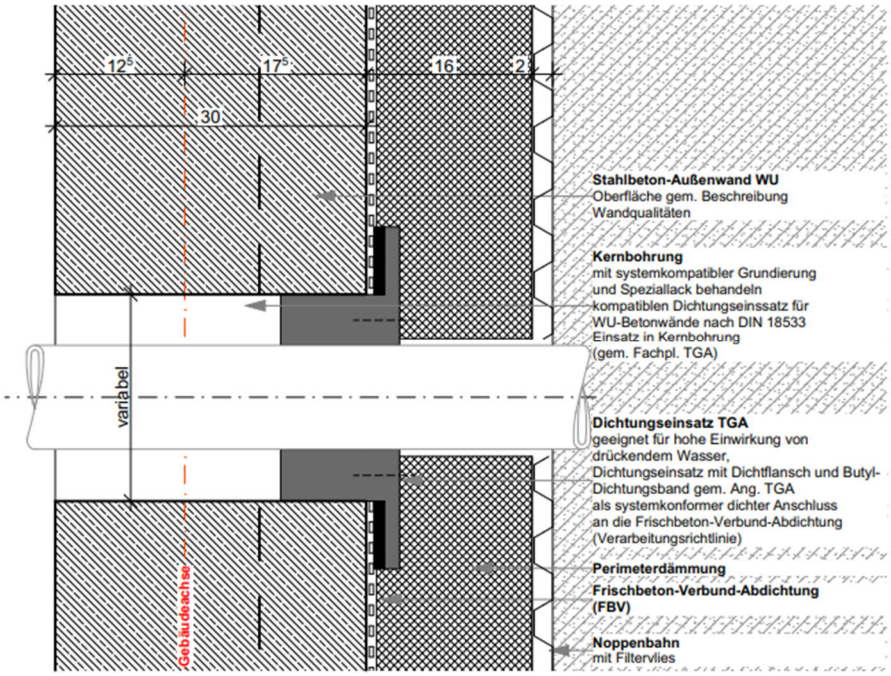


Bild 22: Leitdetail Rohrdurchführung mit Dichtmanschette

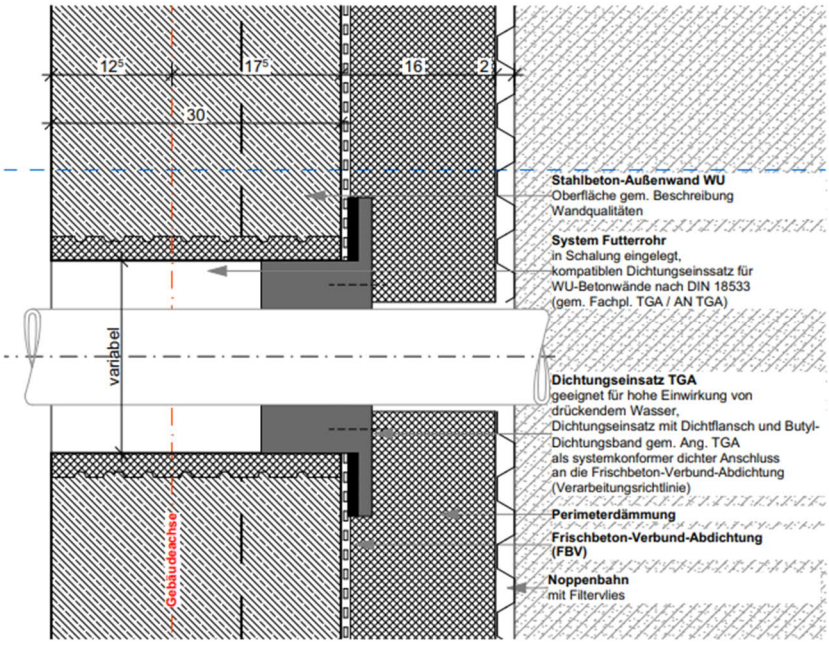


Bild 23: Leitdetail Rohrdurchführung Dichteinsatz mit Flansch

i. A.

Dr.-Ing. Till Felix Mayer

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.Ing. (FH) Thomas Zitzelsberger

LITERATUR

[1] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: DAfStb-Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie), Ausgabe Dezember 2017, Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2017.v

[2] DIN 18533:2017-07: Abdichtung von erdberührten Bauteilen – Teil 1: Anforderungen, Planungs- und Ausführungsgrundsätze. Teil 2: Abdichtung mit bahnenförmigen Abdichtungsstoffen. Teil 3: Abdichtung mit flüssig zu verarbeitenden Abdichtungsstoffen

[3] Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V.: DBV-Merkblatt »Frischbetonverbundsysteme«. 09/2023

[4] Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V.: DBV-Heft 44 »Frischbetonverbundsysteme (FBV-Systeme) - Sachstand und Handlungsempfehlungen«. 10/2018

ANHANG

SCHUTZ-, REINIGUNGS-, UND INSTANDSETZUNGSKONZEPT

FRISCHBETONVERBUNDSYSTEM

Anlage 04

Ingenieurbüro Schiessl · Gehlen · Sodeikat GmbH
Landsberger Straße 370
80687 München · Deutschland

www.ib-schiessl.de · post@ib-schiessl.de
Telefon +49 (0)89 54 63 72 9 – 0
Telefax +49 (0)89 54 63 72 9 – 10

Geschäftsführer: Prof. Dr.-Ing. Ch. Sodeikat
Gerichtsstand: Amtsgericht München
Handelsregister-Nr.: HRB 168 462

INHALTSVERZEICHNIS Seite

1 GRUNDLAGEN 2

1.1 Schutz vor Verschmutzung 2

1.2 Reinigung von Verschmutzungen 3

1.3 Instandsetzung bei Abweichungen 4

2 SCHUTZ VOR VERSCHMUTZUNGEN UND BESCHÄDIGUNGEN 5

2.1 Schutzmaßnahmen vor Betonage 5

2.2 Schutzmaßnahmen während der Betonage 6

3 REINIGUNG VON VERSCHMUTZUNGEN 8

3.1 Allgemeines 8

3.2 Vorgaben zur Reinigung von FBV-Systemen 9

3.3 Umgang mit nicht entfernbaren Verschmutzungen 10

4 INSTANDSETZUNGSKONZEPT 11

5 ÜBERGABEKRITERIEN 12

6 ZUSAMMENFASSUNG 13

1 GRUNDLAGEN

1.1 Schutz vor Verschmutzung

Frischbetonverbundsysteme (nachfolgend FBV-Systeme) bilden einen Verbund zur Betonkonstruktion aus und müssen daher im Bauablauf vor Verschmutzungen geschützt bzw. gereinigt werden. Insbesondere sind Verschmutzungen zu vermeiden, die eine trennende Wirkung zwischen Frischbeton und FBV-System bewirken.

Vorgaben zu Schutz- und Reinigungsmaßnahmen finden sich im DBV-Merkblatt Frischbetonverbundsysteme, siehe **Bild 1,** und der Verarbeitungsrichtlinie des Herstellers. Demnach sind Verschmutzungen auf FBV-Bahnen bevorzugt zu vermeiden, mindestens aber vor dem Betonieren zu reinigen oder zu entfernen.

Tabelle 3. Planung erforderlicher wesentlicher Maßnahmen beim Einsatz von FBV-Systemen
Table 3. Planning of necessary generally measures by using pre-applied fully bonded membrane systems

S	1	2
Z	**Thema**	**Maßnahmen**
1	Untergrund horizontal	▪ tragfähiger und verrottungssicherer Untergrund (Sauberkeitsschicht und Gründungsplanum) zur Vermeidung ungleichmäßiger Setzungen und Versprünge, die zu Beschädigungen des FBVS führen können, ▪ vorbereiteter ebener Untergrund (ohne scharfkantige Grate), der die systembedingten Anforderungen erfüllt.
2	Untergrund vertikal (Schalung)	▪ einhäuptig: Es sind geeignete Maßnahmen zur Vorbereitung eines ebenen und verrottungssicheren Untergrunds und zur Befestigung des FBVS zu planen.
3	Winterbau	▪ Planung von Winterbaumaßnahmen bei FBVS-Verarbeitung, wie frostfreie bzw. beheizte Lagerung der Materialien, Anwärmen von Selbstklebestößen, Verklebung mit Heißklebepistolen usw.
4	Schutzmaßnahmen	▪ Planung des Schutzes der gelagerten und verlegten FBV-Bahnen sowie des FBVS und FBVS-Zubehör vor Beschädigung und Verschmutzungen und der in den nächsten Betonierabschnitt überstehenden FBV-Bahn vor Verschmutzung. Hierzu sind insbesondere Maßnahmen planerisch vorzusehen, welche das Risiko von Zementleimaustritten an Arbeitsfugen in den nachfolgenden Betonierabschnitt minimieren, wie z. B. Verwendung von Dichtleisten, Vorsehen dicht geschalter Arbeitsfugen usw. (siehe Bilder 3 und 4 in Abschnitt 5.5.3).
5	Reinigung vor dem Betonieren	▪ Maßnahmen zur Entfernung von Verschmutzungen und zur Entfernung stehenden Wassers auf der FBV-Bahn sind ebenfalls in die Planung aufzunehmen, insbesondere bei hohen Bewehrungsgehalten und mehrlagigen Bewehrungslagen sowie massigen Bauteilen und komplizierten Bauteilgeometrien. Hinweise zur Reinigung von verschmutzten Flächen sind in Abschnitt 6.9 enthalten. Je höher der Bewehrungsgehalt, die Anzahl der Bewehrungslagen oder die Bauteildicke ist, desto besser muss das System sauber gehalten und geschützt werden und desto leichter muss es von Verschmutzungen befreit werden können.
6	Witterungsschutz	▪ Sonstige Einflüsse aus Witterung, wie z. B. bei UV-Einstrahlung, sind durch die Vorgabe zur Begrenzung von offenen Liege- bzw. Bewitterungszeiten unschädlich zu halten.

Bild 1: „Wesentliche Maßnahmen" zum Einsatz von FBV-Systemen aus dem DBV-Merkblatt Frischbetonverbundsysteme, Tabelle 3

Der Schutz vor Verschmutzungen erfolgt nach den Herstellervorgaben. Der Bauablauf und die Qualitätsüberwachung müssen so gestaltet sein, dass Beschädigungen und Verschmutzungen soweit möglich vermieden werden und eine ggfs. notwendige sofortige Reinigung und Reparatur durchgeführt wird. Dazu zählen neben der Einweisung aller Gewerke, auch die Festlegung von projektspezifischen Vorgaben.

~~Dennoch ist ein vollständiger Schutz vor Beschädigung und Verschmutzung des FBV-Systems unter baupraktischen Bedingungen auch bei fachgerechter Ausführung nicht immer möglich.~~

1.2 Reinigung von Verschmutzungen

Verschmutzungen müssen nach Möglichkeit durch vorbeugende Maßnahmen vermieden werden, v.a. wenn das FBV-System zur Reinigung nicht mehr oder nur schwer zugänglich ist. Trotzdem kann es im Baubetrieb zu Verschmutzungen kommen. Diese werden im DBV-Merkblatt Frischbetonverbundsysteme in hinnehmbare und nicht hinnehmbare Verschmutzungen unterschieden. Als hinnehmbare Verschmutzung gelten optische Beeinträchtigungen, wie Rostflecken, Schuhabdrücke oder Markierungsfarben. Außerdem werden lokal begrenzte Verschmutzungen hingenommen, solange sie die Funktion nicht wesentlich beeinträchtigen. Im DBV-Merkblatt Frischbetonverbundsysteme werden in der Ausführungsvariante FBVS-1 maximal 6 % der Gesamtfläche (maximal vier getrennte handtellergroße Flächen je m²) als hinnehmbar definiert; in FBVS-2 maximal 3 % der Gesamtfläche (maximal zwei getrennte handtellergroße Flächen je m²).

Werden diese Flächenangaben durch nicht hinnehmbare Verschmutzungen überschritten, sind die Verschmutzungen sofort und laufend zu entfernen.

Die Planung und Durchführung der Reinigungsmaßnahmen von zementösen Verunreinigungen (Zementschlämme und Betonreste) ist mit besonderer Sorgfalt durchzuführen. Diese Stoffe können sich mit der Verbundschicht des FBV-Systems verbinden und müssen deshalb zeitnah beseitigt werden. Bei einer Reinigung mit einem Hochdruckreiniger muss das verunreinigte Wasser entfernt werden. Andernfalls wird die Zementschlämme verteilt und der verschmutzte Bereich vergrößert. Je nach Zugänglichkeit muss abgewogen werden, ob die Reinigung von zementösen Verschmutzungen zielsicher möglich ist, oder ob der beeinträchtige Bereich dadurch vergrößert wird.

Die Reinigung des FBV-Systems erfolgt nach den Herstellervorgaben. Falls die Verschmutzungen nicht mehr entfernbar sind, muss von einem fehlenden Hinterlaufschutz ausgegangen werden, der das Schadensfolgerisiko im Bereich der Verschmutzung deutlich erhöht. Für diese Bereiche müssen in Absprache mit der WU-Planung Kompensationsmaßnahmen getroffen werden.

1.3 Instandsetzung bei Abweichungen

Während der Verlegung der FBV-Bahnen, dem anschließenden Bewehren oder durch andere Arbeiten vor und nach dem Betonieren können auch bei aller Sorgfalt Beeinträchtigungen am FBV-System entstehen, die seine Funktionsfähigkeit reduzieren. Diese sind dann sofort und laufend instand zu setzen. Die Maßnahmen erfolgen gemäß den Vorgaben des DBV-Merkblattes Frischbetonverbundsysteme, der Herstellervorgaben sowie des WU-Konzeptes.

Das DBV-Merkblatt Frischbetonverbundsysteme unterscheidet zwischen hinnehmbaren und instand zu setzende Abweichungen:

- <u>Hinnehmbare Abweichungen</u>
    - lokale Hinterläufigkeit an den Kontaktstellen der Abstandhalter zur FBV-Bahn
    - Wellenbildung
    - geringfügige Verschmutzungen
    - partielle Störungen der Verbundschicht

- <u>Instand zu setzende Abweichungen</u>
    - nicht geringfügige Verschmutzungen
    - Faltenbildungen
    - geöffnete Fügenähte
    - Beschädigungen in der Dichtschicht, insbesondere in Ausführungsvariante FBVS-2,

Falls die Beschädigungen nicht mehr entfernbar sind, muss von einer reduzierten Funktionsfähigkeit des FBV-Systems ausgegangen werden. Für diese Bereiche müssen in Absprache mit der WU-Planung Kompensationsmaßnahmen getroffen werden.

2 SCHUTZ VOR VERSCHMUTZUNGEN UND BESCHÄDIGUNGEN

2.1 Schutzmaßnahmen vor Betonage

Zur Vermeidung von Verschmutzungen sind Schutzmaßnahmen festzulegen und zu planen. Der Bauablauf und die Qualitätsüberwachung müssen so gestaltet sein, dass Beschädigungen und Verschmutzungen vermieden und eine ggfs. notwendige sofortige Reinigung und Reparatur möglich ist. Dabei sind insbesondere folgende Punkte zu beachten:

- Jeder Kontakt von Trennmitteln zur Verbundschicht der FBV-Bahnen ist auszuschließen, da Trennmittel die Verbundwirkung der FBV-Bahnen zum Beton unterbinden.

- Wo möglich und erforderlich ein Verbot von Befahren der verlegten FBV-Fläche mit Fahrzeugen jeglicher Art

- Wo möglich und erforderlich ein Verbot der Nutzung der verlegten FBV-Fläche als Lagerplatz (z. B. Bewehrung) oder Stellplatz (z.B. Kran, Container)

- Falls erforderlich, Einrichtung von Sauberlaufzonen, ggf. Gitterroste oder Schuhputzstationen vor dem Zutritt auf den unmittelbaren Arbeitsbereich. Dies ist v.a. bei einem direkten Übergang von Erdreich zum FBV-System nötig.

- Einrichtung von geschützten Laufzonen im Arbeitsbereich, auf den verlegten FBV-Bahnen und auf den Bewehrungslagen über dem FBV-System (z. B. durch Schutzbeläge aus Folien, Holzabdeckungen), um vor Verschmutzungen aus dem Baustellenbetrieb oder Betonierabläufen benachbarter Bereiche zu schützen.

- Schutz vertikaler Flächen vor Betonspritzern, z.B. durch vorgehängte PE-Folien.

- Hohe Sorgfalt beim Verziehen von Bewehrungseisen in der ersten Bewehrungslage

- Nutzung von Schutztafeln bei Trenn- und Schweißarbeiten

Die dargestellten Schutzmaßnahmen sind im Rahmen der Werkplanung für den Bauablauf zu berücksichtigen. Vor den ersten Arbeiten auf der verlegten FBV-Fläche werden alle Gewerke (Bewehrungsleger,

Betonbauer usw.) durch die verantwortliche Bauleitung eingewiesen. Dabei werden die besondere Sorgfalt und notwendige Schutzmaßnahmen vermittelt.

2.2 Schutzmaßnahmen während der Betonage

Die Abschalungen der Arbeitsfugen sowie der Betonierablauf müssen so gestaltet sein, dass Verschmutzungen durch benachbarte Betonierabschnitte vermieden werden. Dies betrifft insbesondere das Auslaufen von Beton oder Zementschlämme im Bereich des Abschalelements, siehe **Bild 2** und **Bild 3.** Weiterhin sind Verschmutzungen durch Betonier- und Verdichtungsarbeiten zu beachten.

Die Maßnahmen müssen von dem ausführenden Unternehmen auf die jeweilige Arbeitssituation angepasst werden. Geeignete Vorgaben können sein:

- Vorsehen geeigneter Abschalelemente und eines Unterlaufschutzes (Spacer). Bei mehrlagigen Bewehrungsanordnungen sind auch die Bereiche zwischen den Bewehrungslagen sorgfältig abzudichten. Dies gilt sinngemäß auch für vertikale Arbeitsfugen der Innenschale.
- Das Personal wird eingewiesen und die Betonage bzw. Verdichtung erfolgt mit der entsprechenden Sorgfalt.
- Während der Betonage der Bodenplatte wird die Betonpumpe nicht über verlegte FBV-Bereiche geführt, bzw. ist dieser Bereich vor Verschmutzung geschützt.
- Während der Betonage der Bodenplatte wird die Zementschlämme von der Abschalung und damit von dem FBV-System des benachbarten Bereichs ferngehalten. Es kann z.B. sinnvoll sein, mit der Betonage an der Abschalung zu beginnen.
- Reinigungsgeräte sind griffbereit vorhanden und werden bei Bedarf genutzt. Zur Reinigung nötiges Personal wird während des Betoneinbaus vorgehalten.
- Eine ausreichende Zugänglichkeit für Reinigungsarbeiten ist gegeben. Bei bereits verlegter Bewehrung kann dies z.B. Öffnungen in der Bewehrung umfassen.

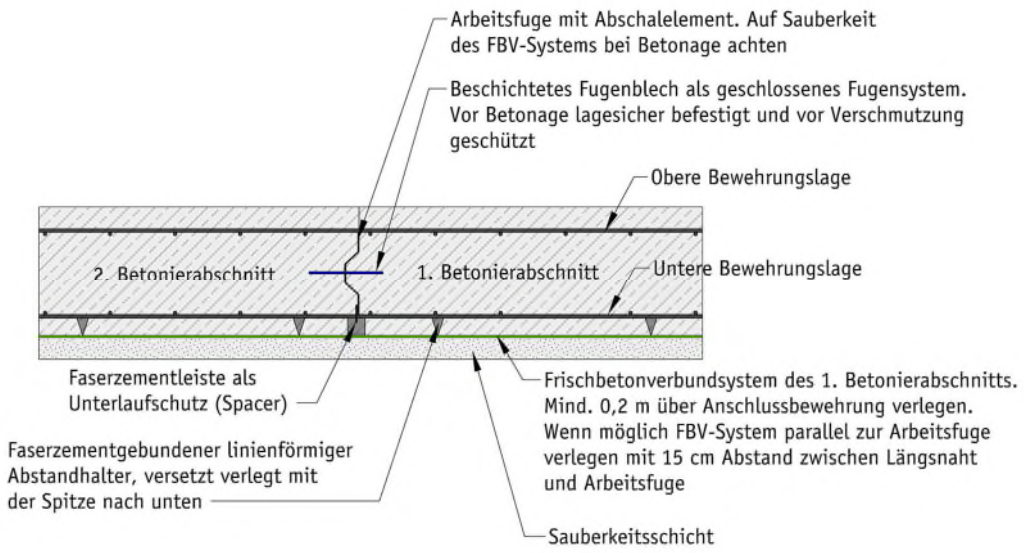


Bild 2: Leitdetail horizontale Arbeitsfuge mit Spacern und Streckmetallabstellungen zum Schutz vor auslaufendendem Zementschlämme. Vertikale Arbeitsfugen sind sinngemäß auszuführen.

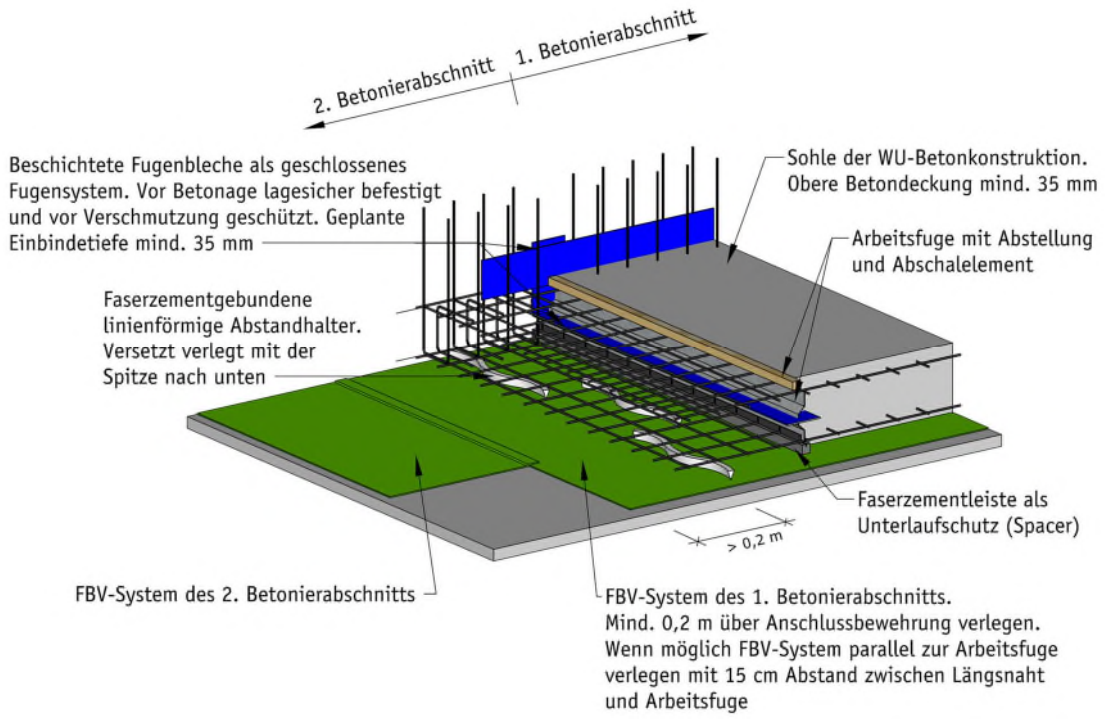


Bild 3: Prinzipienskizze Arbeitsfuge Bodenplatte (räumliche Ansicht)

3 REINIGUNG VON VERSCHMUTZUNGEN

3.1 Allgemeines

Nach Möglichkeit müssen Verschmutzungen durch vorbeugende Maßnahmen vermieden werden. Trotzdem kann es im Baubetrieb zu Verschmutzungen kommen. Diese werden im DBV-Merkblatt Frischbetonverbundsysteme in hinnehmbare und nicht hinnehmbare Verschmutzungen unterschieden. Als hinnehmbare Verschmutzung gelten optische Beeinträchtigungen, wie Rostflecken oder Markierungsfarben und lokal begrenzte Verschmutzungen, die die Funktion nicht wesentlich beeinträchtigen. Nach dem DBV-Merkblatt FBVS werden in der Ausführungsvariante FBVS-1 maximal 6 % der Gesamtfläche (maximal vier getrennte handtellergroße Flächen je m²) als hinnehmbar definiert; in FBVS-2 maximal 3 % der Gesamtfläche (maximal zwei getrennte handtellergroße Flächen je m²).

Nicht hinnehmbare Verschmutzungen sind nach dem folgenden Reinigungskonzept sofort und laufend zu entfernen. Dabei sind die Vorgaben des DBV-Merkblatts Frischbetonverbundsysteme, des Herstellers sowie die besonderen Gegebenheiten des Bauteils zu beachten. Eine Reinigung von Betonverschmutzungen muss dabei immer sofort und laufend erfolgen:

- Flächige Verschmutzungen durch Sand, Sägespäne Laub und Erdreich sind vor dem Bewehrungseinbau zu entfernen
- Betonreste, Zementschlämme sind möglichst noch im frischen Zustand mit einem Wasserstrahl zu entfernen Dazu ist auf der Baustelle ein Hochdruckreiniger vorzuhalten. Die Verschmutzung ist von der bereits verlegten FBV-Fläche zu spülen oder alternativ mit einem Nasssauger aufzunehmen.

Erhärteter Beton kann nicht entfernt werden, ohne die Funktionsfähigkeit des FBV-Systems negativ zu beeinträchtigen. Falls die Verschmutzungen nicht mehr entfernbar sind, muss von einem fehlenden Hinterlaufschutz ausgegangen werden, der das Schadensfolgerisiko im Bereich der Verschmutzung deutlich erhöht. Für diese Bereiche müssen in Absprache mit der WU-Planung soweit möglich Kompensationsmaßnahmen getroffen werden.

Erforderliches Reinigungsgerät muss griffbereit auf der Baustelle vorhanden sein; entsprechendes Personal muss eingewiesen und verfügbar sein. Reinigungsmaßnahmen sollten durch eine Fotodokumentation dokumentiert und bewertet werden.

3.2 Vorgaben zur Reinigung von FBV-Systemen

Die Reinigung der Verschmutzungen erfolgt gemäß Herstellervorgaben bzw. DBV-Merkblatt Frischbetonverbundsysteme und sind an die jeweilige Baustellensituation angepasst. Vorgehensweisen könnten sein:

- Schmutzeinträge, die eine Trennwirkung zur Verbundschicht verursachen (etwa bindiger Boden oder Lehm), sind vor der Betonage zu entfernen. Dazu kann beispielsweise mit einem Wasserstrahl verwendet werden.
- Verschmutzungen durch Betonreste, Zementschlämme oder sonstigen aushärtenden Substanzen sind unmittelbar und im noch frischen Zustand mit einem Wasserstrahl zu reinigen.
- Bei Sägearbeiten, zum Beispiel während der Schalarbeiten auf der Funktionsfläche, ist das Sägemehl mit einer Schutzfolie, Vlies oder Schutzmatten aufzufangen und vor der Betonage zu entfernen.

Bei der Reinigung der FBV-Bahn mit einem Wasserstrahl (nur klares Wasser ohne Reinigungszusätze) ist sorgsam und mit möglichst geringem Druck zu arbeiten. Spezielle Anmerkung für Hochdruckreiniger sind:

- keine Geräte > 200 bar verwenden
- Druck so gering wie möglich wählen
- ausschließlich Flachdüsen, keine Spiraldüsen verwenden
- Mindestabstand der Düse 30 cm über der Verbundschicht, besser mehr, sofern die Reinigungswirkung ausreichend ist.
- ausschließlich im flachen Winkel < 60° strahlen
- nicht gegen Stöße strahlen, immer im Regenschirmprinzip mit dem Stoß arbeiten
- Probefläche zur Beurteilung ausführen

3.3 Umgang mit nicht entfernbaren Verschmutzungen

FBV-Bahnenflächen sind soweit möglich von jeder Verschmutzung zu schützen bzw. zu reinigen, damit die Funktionsfähigkeit bestehen bleibt. Bei massigen Bauteilen mit hohen Bewehrungsgraden und der damit verbundenen erschwerter Zugänglichkeit besteht die Möglichkeit, dass nachträgliche Verschmutzungen gar nicht oder nicht mit vertretbarem Aufwand gereinigt werden können. Dann muss gemäß DBV-Merkblatt Frischbetonverbundsysteme eine projektspezifische Risikoanalyse durch die WU-Planung erstellt werden. Weiterhin muss ggfs. ein situationsspezifisches Reinigungskonzept durch das bauausführende Unternehmen zusammen mit der WU-Planung festgelegt werden. Gegebenenfalls müssen für nicht entfernbare Verschmutzungen Kompensationsmaßnahmen festgelegt werden, soweit sinnvoll und möglich.

4 INSTANDSETZUNGSKONZEPT

Treten am FBV-System Beschädigungen und Abweichungen auf, die die Funktion beeinträchtigen, sind diese instand zu setzen. Dazu zählen u.a. Faltenbildungen, geöffnete Fügenähte, Ablösungen und mechanische Beschädigungen in der Dichtschicht. Erkannte Beschädigungen und Abweichungen sind im Rahmen der Überwachung und Qualitätssicherungen in ihrer Lage und Dimension zu dokumentieren und rechtzeitig instand zu setzen. Folgende Maßnahmen sind hierzu zu treffen:

- Großflächig beschädigte FBV-Bahnen müssen ausgetauscht werden
- Kleinere Beschädigungen werden mit vom Hersteller vorgesehenen Instandsetzungsmaßnahmen beseitigt, wie z.B. Dichtbänder oder Patches, die den Verbund zum Beton gewährleisten
- Nachträglich geöffnete Fügenähte sind je nach Fügenahtvariante nach Tab. 7 des DBV-Merkblatts FBVS instand zu setzen
- Falten, nicht Wellen, sind instand zu setzen ab einer Länge von 50 cm, wenn sie eine Fügenaht erreichen, oder wenn sie die Mindestbetondeckung unterschreiten.
- Ablösungen nach der Betonage sind ab > 0,5 m², an den Rändern der FBV-Fläche, an Fügenähten oder im Bereich von Durchdringungen und Übergängen instand zu setzen. Die Instandsetzung erfolgt nach der systemspezifischen FBVS-Verarbeitungsrichtlinie.
- Ablösungen im vertikalen Bereich werden auf der Dichtschicht, bzw. bei größeren Ablösungen auf dem Beton ausgeführt. Nach Absprache mit dem WU-Planer kommen nachträglich applizierte Bahnen, Dichtbänder oder flüssig zu verarbeitende Abdichtungsprodukte zum Einsatz, die mit dem FBVS kompatibel sind.

Für hier nicht aufgeführte Beschädigungen oder Abweichungen stimmt die Bauunternehmung mit der Bauüberwachung und ggf. der WU-Fachplanung geeignete Instandsetzungen ab. Falls Beschädigungen oder Abweichungen nicht mehr instandgesetzt werden können, müssen für die betroffenen Bereiche in Absprache mit der WU-Planung soweit möglich Kompensationsmaßnahmen getroffen werden.

5 ÜBERGABEKRITERIEN

Das DBV-Merkblatt empfiehlt Qualitätskontrollen zu den folgenden Zeitpunkten:

- Kontrolle vor der Verlegung des FBV-Systems
- Kontrolle nach der Verlegung des FBV-Systems
- Kontrolle nach vollständiger Verlegung der Bewehrung bzw. vor dem Betoneinbau
- Kontrolle angrenzender Flächen nach dem Betoneinbau

Verschmutzungen sollten fotographisch sowie schriftlich dokumentiert werden. Eine Hilfestellung können die Checklisten im Anhang C des DBV-Merkblatts Frischbetonverbundsysteme sein.

6 ZUSAMMENFASSUNG

FBV-Systeme bilden einen Verbund zur Betonkonstruktion aus und müssen daher im Bauablauf vor Verschmutzungen geschützt, gereinigt bzw. instandgesetzt werden. Insbesondere sind Verschmutzungen zu vermeiden, die eine trennende Wirkung zwischen Frischbeton und FBV-System bewirken, wie z.B. Betonspritzer und Zementschlämme. Vorgaben zu Schutz- und Reinigungsmaßnahmen für übliche Bausituationen finden sich im DBV-Merkblatt Frischbetonverbundsysteme, der Verarbeitungsrichtlinie des Herstellers sowie dem WU-Konzept.

Dennoch entstandene Verschmutzungen und Beschädigungen sind nach den Vorgaben des Herstellers und angepasst auf die Bauwerksrandbedingungen zu beseitigen. Im Zweifelsfall ist die Maßnahme mit der WU-Planung abzustimmen.