

Ing.-Ges. Prof. Dauberschmidt & Vestner mbH, Geisenhausenerstr. 18, 81379 München

Steeltec-Group
Dr.-Ing. Marc Zintel
Emmenweidstrasse 90
CH-6020 Emmenbrücke

Geisenhausenerstr. 18
81379 München
Telefon: +49 (0) 89-80 91 07 04
Telefax: +49 (0) 89-96 16 11 77
eMail: info@dauberschmidt.com
www.dauberschmidt.com

Steuer-Nr.: 143/150/00883
Finanzamt München

Projektnummer: 19/081
Bearbeiter: Prof. Dr. Ing. Dauberschmidt
E-Mail: dauberschmidt@dauberschmidt.com

10.06.2021

Bauteilkatalog

**Einsatzgebiete des Betonstahls Top12 der Fa. Steeltec-Group
Bauteile unter Pflasterbelag**

19/081/2

Diese gutachterliche Stellungnahme umfasst 37 Textseiten



<u>INHALTSVERZEICHNIS</u>	Seite
1 VERANLASSUNG.....	3
2 EIGENSCHAFTEN DES BETONSTAHL TOP12.....	4
3 EINWIRKUNG AUF STAHLBETONBAUTEILE UNTER PFLASTERBELÄGEN	6
3.1 Allgemeines.....	6
3.2 Untersuchungen zur Chloridbelastung von Stahlbetonbauteilen unter Pflaster	8
3.3 Vorgaben der Regelwerke für Stahlbetonbauteile unter Pflasterbelag.....	10
4 BAUTEILKATALOG FÜR STAHLBETONBAUTEILE UNTER PFLASTERBELAG BEI EINSATZ VON TOP12	12
4.1 Allgemeines.....	12
4.2 Diskussion von Konstruktionsdetails	14
4.2.1 Schutz der Arbeitsfuge.....	14
4.2.2 Erfordernis eines Randsteins.....	17
4.3 Entscheidungsbaum.....	16
4.4 Zusammenstellung der Konstruktionsdetails.....	17
5 ZULASSUNGEN / LITERATUR	35

1 VERANLASSUNG

Im Auftrag der Steeltec-Group aus Emmenbrücke in der Schweiz erstellen wir mit Datum vom 28.05.2020 einen Bauteilkatalog für die Ausführung wartungsfreier Ausführungsvarianten für Wand- und Stützenfüße auf Einzel- oder Streifenfundamenten unter einem durchlässigen Pflasterbelag bei Verzicht von Abdichtungs- oder Beschichtungsmaßnahmen der aufgehenden Bauteile bei Verwendung des TOP12 Betonstahls. Der hier vorliegende, aktualisierte Bauteilkatalog berücksichtigt neue Untersuchungsergebnisse zum kritischen korrosionsauslösenden Chloridgehalt des TOP12 Betonstahls im Trennrissbereich sowie redaktionelle Änderungen (z.B. Technische Regel „Instandhaltung von Betonbauwerken“ des DIBt).

Grundlage für die erstellten Konstruktionsvarianten sind Forschungsergebnisse der Bundesanstalt für Materialprüfung und Forschung Berlin (BAM), der Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETHZ) und der Technischen Universität München (TUM) für den „Top12 Betonstahl“¹. Ferner sind die Untersuchungsergebnisse zum Korrosionsverhalten des Top12 im chloridbelasteten Trennrissbereich an der Hochschule München berücksichtigt.

Wir weisen darauf hin, dass die erstellten Konstruktionsdetails mit großer Sorgfalt, nach bestem Wissen und entsprechend dem vorliegend Forschungsstand erstellt wurden. Sie sind als Hilfestellung für den Planenden gedacht und sollen ein breites Spektrum der vorhandenen Expositionen und möglichen Konstruktionen abdecken. Dennoch obliegt es dem jeweiligen Planenden, die Anwendbarkeit des Top12 Betonstahls projektspezifisch hinsichtlich der geforderten Dauerhaftigkeit der Konstruktion unter Berücksichtigung der vorhandenen bzw. zu erwartenden Einwirkungen zu prüfen. Wir schließen die Haftung für die in dieser Gutachterlichen Stellungnahme dargestellten Konstruktionsdetails aus.

Im Weiteren muss jeder Planende selbständig entscheiden, ob das vorgeschlagene Konstruktionsdetail den Anerkannten Regeln der Technik entspricht, da es sich bei den hier dargestellten Ausführungsvarianten um neue Bauweisen handelt. Der Bauherr muss durch den Planenden hinsichtlich ggf. vorhandener Risiken, die sich in Bezug auf die Dauerhaftigkeit für das jeweilige Konstruktionsdetail ergeben können, umfassend informiert und aufgeklärt werden.

¹ Handelsname der Firma Steeltec Group für den Betonstahl: Top12/X2CrNi12/1.4003

2 EIGENSCHAFTEN DES BETONSTAHLS TOP12

Mit dem Top12 stellt die Steeltec Group einen kostengünstigen nichtrostenden Betonstahl der Werkstoffnummer 1.4003 und einem Chromgehalt $\geq 12,0\%$ her. Der warmgewalzte, ferritische Betonstahl wird zur Verbesserung des Korrosionswiderstandes zusätzlich nach Herstellung in einem speziellen Verfahren gebeizt. Seit 2016 liegt für den Bewehrungsstahl Top12 als B500B NR eine Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) für die Durchmesser 8 mm bis 14 mm vor [1]. Im Jahr 2018 wurde zudem für den Top12 B670B NR (Stabstahl) mit den Durchmesser 16 mm, 20 mm, 25 mm und 28 mm eine weitere Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung durch das DIBt ausgestellt [2].

Die Kosten des Top12 Betonstahls (€/t) liegen derzeit um den Faktor 4 über den Kosten eines konventionellen Betonstahls B500B.

Der kritische korrosionsauslösende Chloridgehalt von Top12 im ungerissenen Beton:

Der Korrosionswiderstand des Top12 in chloridhaltigem Beton wurde in den letzten Jahren im Rahmen zahlreicher Untersuchungen an der Bundesanstalt für Materialprüfung und Forschung (BAM), der ETH Zürich und der TU München intensiv beforscht. Von der Bundesanstalt für Materialprüfung wurde in [3], zusammengefasst in [21] ein kritischer korrosionsauslösender Chloridgehalt (C_{crit}) von 2,7 M.-%/z. im ungerissenen Beton bei einer 10-%igen Korrosionswahrscheinlichkeit nachgewiesen. Die in [4], [5], [19] und [20] vorgestellten Untersuchungen belegen, dass auch für sehr unterschiedliche Untersuchungsmethoden der kritische korrosionsauslösender Chloridgehalt über 2,6 M.-%/z. (ebenfalls ungerissen) ermittelt wurde. Dieser Wert von **2,6 M.-%/z.** wird nachfolgend auf der sicheren Seite als C_{crit} für den Top12 im ungerissenen Beton angesetzt. Damit liegt der kritische korrosionsauslösender Chloridgehalt von Top12 im Vergleich zu konventionellem Betonstahl (B500B) um ein Vielfaches höher – in [15] wurde dieser C_{crit} für einen B500B auf der sicheren Seite liegend mit **0,5 M.-%/z.** angegeben.

Der kritische korrosionsauslösende Chloridgehalt von Top12 im Trennrissbereich:

Im Rissbereich wurde im Rahmen eines Forschungsvorhabens an der Hochschule München die Beständigkeit des Top12 untersucht [22]. Dabei wurden Stahlbetonprüfkörper mit Top12 bzw. herkömmlichen Betonstabstahl B500B hergestellt und jeweils Trennrisse mit Rissbreiten von rd. 0,20 bis 0,25 mm (Median für BSt-Prüfkörper: 0,20 mm, Median für Top12-Prüfkörper: 0,25 mm) erzeugt. Auf diese Risse wurden dann jeweils chloridhaltige Lösungen in unterschiedlichen, mit der Zeit zunehmenden Chlorid-Konzentrationen appliziert. Die Korrosionsinitiierung wurde mittels Korrosionsstrommessung und Messung des freien Korrosionspotentials ermittelt. Dabei wurden jeweils

18 Proben mit dem Top12 und 18 Proben mit B500B untersucht, wovon jeweils 13 Proben für die Ermittlung der Korrosionsinitiierung ausgewertet werden konnten.

Die durchgeführten Versuche im Rissbereich ergaben eine Korrosionsinitiierung der 13 untersuchten unlegierten, warmgewalzten B500B-Proben bei Chloridgehalten von 0,28 bis 1,24 M.-%/z. im nicht karbonatisierten Trennrissbereich bei Verwendung einer Betonrezeptur mit CEM I- Zement. Bei Verwendung von Top12 fand eine dauerhafte Depassivierung bei Chloridgehalten im Riss von 1,79 bis 5,94 M.-%/z. statt. Der Chloridwert, der rechnerisch zu einer Depassivierung bei 50 % der Proben führt, liegt dabei bei über 4 M.-%/z., der 5 %-Fraktilwert (95 % der Proben sind noch passiv) kann nach **Abbildung 1** zu $C_{\text{krit,Riss}} = 1,7 \text{ M.-%/z.}$ abgeschätzt werden. Dieser Wert wird nachfolgend als unterer Grenzwert für die Depassivierung von Top12 im Rissbereich angesetzt. Es sei darauf hingewiesen, dass die Untersuchungen an der Hochschule München bei konstanter Rissbreite ohne Rissbreitenänderungen durchgeführt wurden. Bei Rissbreitenänderungen muss ggf. mit geringeren $C_{\text{krit,Riss}}$ -Werten gerechnet werden.

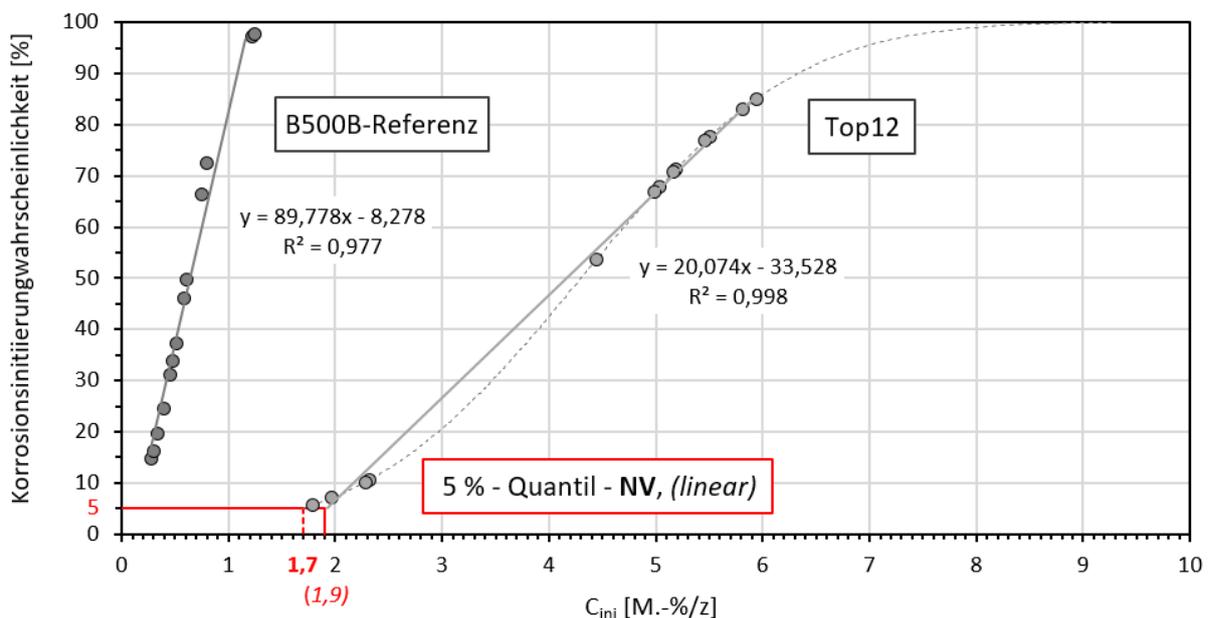


Abbildung 1: Untersuchungsergebnisse zum kritischen, korrosionsauslösenden Chloridgehalt von Top12 im Trennrissbereich [22]

Aufgrund des erhöhten Korrosionswiderstandes im Vergleich zu einem herkömmlichen Betonstahl B500B darf die Betondeckung nach Tabelle 4.4DE gemäß DIN EN 1992-1-1/NA unter Berücksichtigung des Abschnitts 4.4.1.2, DIN EN 1992-1-1 entsprechend **Tabelle 1** reduziert werden.

Tabelle 1: Mindestbetondeckung c_{min}^* – Anforderungen an die Dauerhaftigkeit von Betonstahl Top12 nach [2] für Nenndurchmesser 16 bis 28 mm

Dauerhaftigkeitsklasse für c_{min}^* [mm]							
Anforderungsklasse	Expositionsklasse nach Tabelle 4.1						
	(X0)	Xc1	XC2 XC3	XC4	XD1 XS1	XD2 XS2	XD3 XS3
S3 → $c_{min, dur}$	(10)	10	20	25	30	35	40
$\Delta c_{dur,r}$	0				+10	+5	0
$\Delta c_{dur,st}$	0	0	-5	-10	-10	-10	-10
c_{min}^*	10	10	15	15	30	30	30

3 EINWIRKUNG AUF STAHLBETONBAUTEILE UNTER PFLASTERBELÄGEN

3.1 Allgemeines

Der Einsatz von durchlässigen Pflasterbelägen für Parkflächen z.B. in eingeschossigen Tiefgaragen ohne anstehendes Grundwasser oder im Erdgeschoss von Parkhäusern ist mittlerweile eine übliche Ausführungsvariante, um die in der Herstellung und Instandhaltung teuren und zu beschichtenden Stahlbetonbodenplatten als Fahr- und Parkflächen zu vermeiden. Wird auf eine tragende Bodenplatte verzichtet, werden die Lasten über Einzel- und Streifenfundamente unter dem Pflasterbelag in den Baugrund abgeleitet. Dementsprechend gelangen von PKWs eingeschleppte Chloride durch den durchlässigen Pflasterbelag an die im Baugrund liegenden Bauteile. Um die Dauerhaftigkeit der Stahlbetonbauteile unter dem Pflasterbelag bei Chloridexposition zu gewährleisten, sind vom Planer entsprechende Maßnahmen zu vorzusehen.

Pflasterbeläge in Parkbauten sind häufig als Verbundsteinpflaster ausgeführt, da dies eine preisgünstige Ausführungsvariante darstellt, wobei häufig doppelt symmetrische, H- oder I-förmige Steine verwendet werden, die durch gegenseitiges Verhaken der Steine einen Verbund bewirken. Die Verbundsteine werden mit Fuge auf eine Tragschicht aus Kies oder Schotter gesetzt. Das Fugenmaterial wird in die Fugen eingekehrt und in einem zweiten Arbeitsgang häufig eingeschlämmt.

Bei solchen Pflasterbelägen auf ungebundenen Materialien wird normalerweise angenommen, dass diese durch die Fugen und die darunter befindliche Bettung eine hohe Wasserdurchlässigkeit aufweisen. Daraus wird zum einen geschlossen, dass Pfützenbildung bei gepflasterten Bodenflächen nicht stattfindet, was auch die Gefahr von Spritzwasser an nahen Stützen- und Wandflächen ausschließt. Zum anderen wird davon ausgegangen, dass chloridhaltiges Wasser dort versickert, wo es von Autos heruntertropft bzw. der Schneematsch liegen bleibt.

Untersuchungen zur Durchlässigkeit von Pflasterbelägen an der Hochschule München [13] zeigen, dass sich die Fugen durch Feinanteile zusetzen und dadurch immer undurchlässiger werden können. Hier sind vor allem die Pflasterbereiche unter den Reifenaufstandsflächen bei parkenden PKWs betroffen. Durch die mit der Zeit abnehmende Durchlässigkeit des Fugenmaterials kann sich das taumittelhaltige Oberflächenwasser auf der Oberfläche verteilen und an Stahlbetonkonstruktionen wie bewehrte Fundamente, Wand- und Stützenfüße, bewehrte Zerrbalken und Aufzugsunterfahrten gelangen. Dies führt zu einer nicht unerheblichen Chloridbelastung der Stahlbetonbauteile unterhalb von Pflasterbelägen mit dem damit verbundenen Korrosionsrisiko. **Abbildung 2** zeigt eine Prinzipskizze zu der Problematik sowie den festgestellten Schädigungsgrad in Folge chloridinduzierter Bewehrungskorrosion an der Bewehrung eines aufgehenden Bauteils in einer gepflasterten Tiefgarage während einer Betoninstandsetzung.

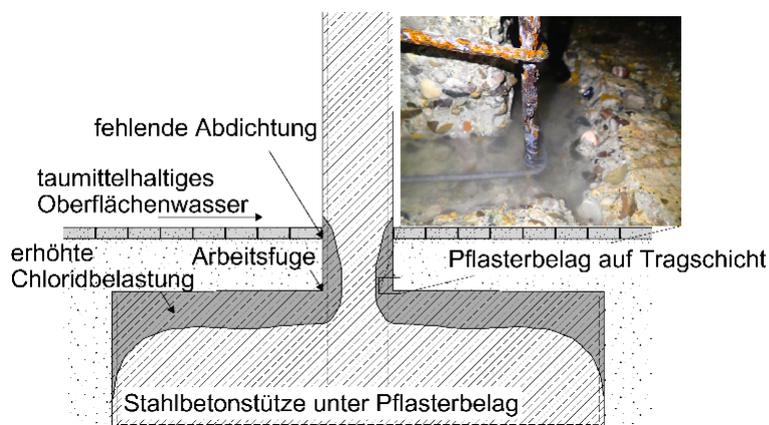


Abbildung 2: Prinzipsdarstellung des Chlorideintrags unter Pflasterbelägen [11]

3.2 Untersuchungen zur Chloridbelastung von Stahlbetonbauteilen unter Pflasterbelägen

Anhand von unterschiedlich alten Bestandstiefgaragen (13 Tiefgaragen, Alter zwischen 8 und 47 Jahre) in Pflasterbauweise wurde die Chloridbelastung von unbeschichteten Stahlbetonbauteilen unterhalb und knapp oberhalb der Pflasterbeläge untersucht. Dazu wurden Chloridprofile an der Fundamentoberseite, im Bereich der Arbeitsfuge (Fundament / Stütze bzw. Wand) sowie auf Höhe der Oberkante des Pflasterbelags bestimmt und ausgewertet. Allen Objekten war gemein, dass die Stahlbetonbauteile ohne Beschichtung oder Abdichtung ausgeführt wurden. Die Arbeitsfuge zwischen aufgehendem Bauteil und Fundament war an keinem Objekt durch eine Hohlkehle geschützt.

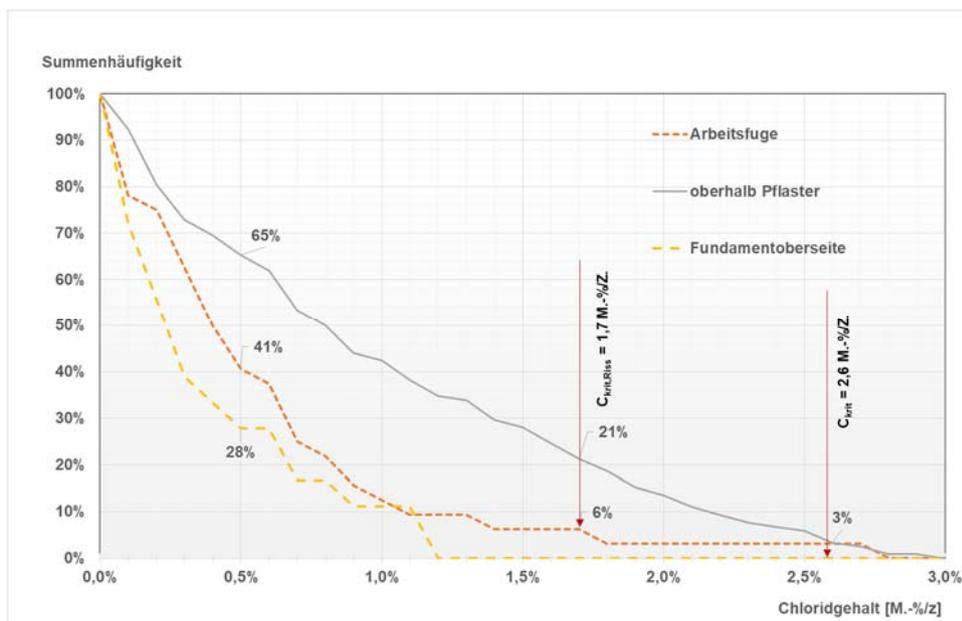


Abbildung 3: Summenhäufigkeiten der Chloridgehalte an Bestandsbauwerken (Tiefenlage 20 mm)

Für die Auswertung wurden die Chloridgehalte von 172 Untersuchungsstellen in einer mittleren Tiefenlage von 20 mm² aus 13 unterschiedlichen Objekten herangezogen. **Abbildung 3** zeigt die Summenhäufigkeit der Chloridgehalte an den untersuchten Stellen der Stahlbetonbauteile. An einem Großteil der untersuchten Bauteile wurden deutlich erhöhte Chloridwerte festgestellt. Die

² Hinweis: die geforderten Betondeckungen sowohl für den Top12-Betonstahl wie auch für den herkömmlichen Betonstahl sind mit $c_{min} = 30$ mm (Top12) bzw. 40 mm (herkömmlicher Betonstahl) größer als die hier untersuchten Tiefenlage von 20 mm. Der Chloridgehalt in tieferen Lagen wird geringer sein.

höchsten Chloridbelastungen zeigen sich hierbei an den aufgehenden Bauteilen im Bereich der Pflasteroberkannte: rd. 65 % aller Untersuchungsstellen wiesen in einer mittleren Tiefenlage von 20 mm Chloridgehalte über 0,5 M.-%/z. auf. Der Anteil an Chloridgehalten > 2,6 M.-%/z. liegt im Bereich der Pflasteroberkannte bei rd. 3 %. Die Arbeitsfugen zwischen Fundament und aufgehenden Bauteilen wird in der Literatur [14] als besonders kritisch hinsichtlich des Chlorideintrags bewertet. Dort wiesen rd. 43 % der untersuchten Bauteile Chloridgehalte über 0,5 M.-%/z. und wiederum rd. 3 % der untersuchten Bauteile Chloridgehalte > 2,6 M.-%/z. auf. Auf der Fundamentoberseite ist die nachweisbare Chloridbelastung deutlich geringer: 28 % der Untersuchungsstellen zeigten Chloridgehalte über 0,5 M.-%/z. Der höchste Chloridgehalt betrug 1,13 M.-%/z.

Für den Rissbereich liegen keine Untersuchungsergebnisse zur Chloridbelastung von Stahlbetonbauteilen unter Pflasterbelägen vor. Nimmt man vereinfachend an, dass der Chloridgehalt im Riss dem Chloridgehalt im ungerissenen Beton entspricht, ergeben sich folgende Einschätzungen: anhand der Untersuchungen zur Chloridbelastung von Stahlbetonbauteilen unter Pflasterbelag können Risse auf der Fundamentoberseite und an der Arbeitsfuge Fundament zu aufgehendem Bauteil als eher unkritisch bewerten werden. Bei Rissen, die vom Fundament ausgehend bis oberhalb des Pflasterbelags vertikal verlaufen (z.B. Risse in Wänden aus Abfließen der Hydratationswärme) wird unter Berücksichtigung der Annahme der kritische korrosionsauslösende Chloridgehalt im Rissbereich an rd. 21 % der Untersuchungsstellen überschritten.

Hinsichtlich der Dauerhaftigkeit können die Ergebnisse wie folgt zusammengefasst werden:

- An der Mehrzahl der untersuchten Stahlbetonbauteile wurden sowohl über als auch unter dem Pflasterbelag signifikant erhöhte Chloridgehalte festgestellt. Bei Ansatz eines kritischen korrosionsauslösenden Chloridgehaltes von 0,5 M.-%/z. für einen herkömmlichen Betonstahl B500B muss an zahlreichen Stellen mit einer Überschreitung dieses Chloridgehaltes in einer Tiefe von 20 mm gerechnet werden. Dagegen wird bei Ansatz eines kritischen Chloridgehaltes von 2,6 M.-%/z. (Top12, ungerissener Beton) nur an max. 3 % der Stellen in einer Tiefe von 20 mm dieser Wert überschritten.
- Setzt man für die Arbeitsfuge den kritischen Chloridgehalt für Trennrisse aus den Untersuchungen der Hochschule München (1,7 M.-%/z.) an, so wird auch hier dieser Chloridgehalt an max. 6 % der Stellen in einer Tiefe von 20 mm überschritten. Da im Bereich der Fuge verstärkt mit Verdichtungsproblemen gerechnet werden muss, kann nicht ausgeschlossen werden, dass dort die Korrosionswahrscheinlichkeit höher einzustufen ist. Darum wird empfohlen, die Arbeitsfuge durch Abdichtung oder Beschichtung zu schützen.

Die Notwendigkeit dieser Abdichtungsarbeiten ist vom sachkundigen Planer abzuschätzen.

- Die quantitativ höchsten Chloridgehalte wurden im Bereich der Pflasteroberkante ermittelt. Dabei überschritten rd. 3 % der untersuchten Stellen den kritischen Chloridgehalt des Top12 für ungerissenen Beton. Da an dieser Stelle Verdichtungsmängel herstellbedingt eher selten auftreten, wird das Risiko der Korrosionsinitiierung als gering eingeschätzt. Dennoch sollten Bereiche mit sichtbaren Verdichtungsmängeln (Kiesnest) – wie auch an den sonstigen erdberührten Bauteilen – beschichtet oder abgedichtet werden. Vertikale Risse an aufgehenden Bauteilen (meist Wände) oberhalb des Fundamentbereiches sind vor dem Eindringen von Chloriden zu schützen (z.B. durch Aufbringen einer geeigneten Abdichtung / Beschichtung oder durch Verpressen der Risse).

3.3 Vorgaben der Regelwerke für Stahlbetonbauteile unter Pflasterbelag

Vorgaben zur Ausführung von Stahlbetonbauwerken werden im Merkblatt „Parkhäuser und Tiefgaragen“ des Deutschen Beton- und Bautechnik-Vereins e.V. vom Januar 2018 [9] gemacht. Dort wird eine Einordnung der Stahlbetonbauteile in die XD-Klassen gefordert.

Weitere Forderungen in [9] sind:

- Da die unterirdischen Bauteile nicht inspiziert und gewartet werden können, sollte die Exposition $> XD1$ gewählt werden. Auf eine Einordnung in eine XD-Exposition kann verzichtet werden, wenn die Stahlbetonbauteile unterhalb des durchlässigen Fahrbelags mit einer flüssig aufzubringenden oder bahnenförmigen Abdichtung nach DIN 18533 dauerhaft geschützt und damit nicht mit Chlorid beaufschlagt werden. Dann ist die Einstufung in eine Expositionsklasse XC3 ausreichend.
- Unterirdische Oberflächen ohne oder mit nur geringem Gefälle und damit möglicher Chloridaufkonzentration sind in XD3 einzustufen (z. B. horizontale Fundamentoberflächen).
- Überwiegend vertikale Oberflächen (z. B. Wände, Stützen, Fundamentseitenflächen) und Oberflächen mit starkem Gefälle (min 2,5 %) sind unterhalb durchlässiger Fahrbeläge in XD2 einzustufen.
- Bewehrte Arbeitsfugen zwischen Fundamenten und aufgehenden Bauteilen müssen immer gesondert geschützt (z.B. Abdichtung nach DIN 18533) werden.

- Es kann davon ausgegangen werden, dass auch OS 5b-Systeme, die die Anforderungen an eine Abdichtung nach DIN 18533 im o. g. Sinne erfüllen, die Dauerhaftigkeit von Stahlbetonbauteilen unter Pflasterbelägen gewährleisten. Ein entsprechender Nachweis muss vom Hersteller erbracht werden (z.B. mit einem allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnis).
- Alle Abdichtungen bzw. ein OS 5b müssen mit zusätzlichen Schutzmaßnahmen vor dem anstehenden Bettungssplitt (z. B. Noppenbahn, Geotextil, Bautenschutzmatte) ausgeführt werden.
- Alternativ kann nichtrostende chloridbeständige Bewehrung verwendet (keine XD-Anforderung) oder kathodischer Korrosionsschutz eingesetzt werden (XD1-Anforderung). Als chloridbeständige Betonstahlbewehrung werden im DBV-Merkblatt Materialien mit den Werkstoffnummern 1.4362 und 1.4571 (für mittlere Chloridbelastung) und 1.4462 (für starke Chloridbelastung) angegeben. Hinweise zum gegenständlichen Top12 (Werkstoff Nr. 1.4003) sind nicht enthalten. Demnach sei darauf hingewiesen, dass der Top12 nicht als solche nichtrostende Bewehrung im Sinne des Merkblattes zu werten ist

Abbildung 4 und **Abbildung 5** zeigen Ausführungsvarianten ohne Schutz der Fundamente und der aufgehenden Bauteile bzw. mit Schutz. Hinsichtlich der Dauerhaftigkeit der Ausführung ohne Schutz der Fundamente und der aufgehenden Bauteile nach **Abbildung 4** ist folgendes zu beachten: Dauerhaftigkeitsbetrachtungen u.a. in [6], [7] und [18] zeigen, dass eine normkonforme Ausführung der Bauteile gemäß den Anforderungen, die sich aus den Expositionsklasse XD2 und XD3 ergeben, bei Auswahl ungünstiger Bindemittel (z.B. CEM II/A-LL) eine Dauerhaftigkeit von 50 Jahren nicht sicherstellt. So wurde in [6] eine Lebensdauer für Fundamente unter Pflasterbelag mit herkömmlicher Betonstahlbewehrung bei Ansatz einer Oberflächenkonzentration von 1,5 M.-%/z. bei Einsatz von ungünstigem Bindemittel und der Expositionsklasse XD3 von nur 20 Jahre ermittelt.

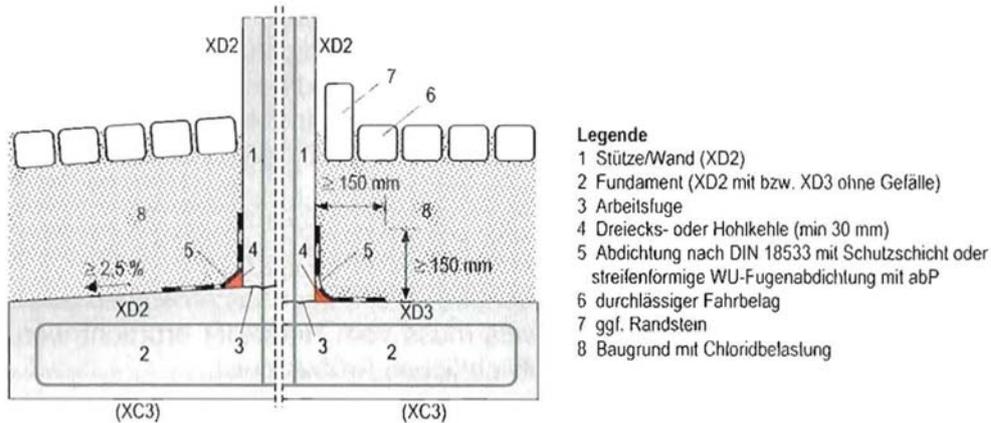


Abbildung 4: Ausführungsvariante der Fundamente und aufgehende Bauteile ohne Schutz, Arbeitsfuge abgedichtet [9]

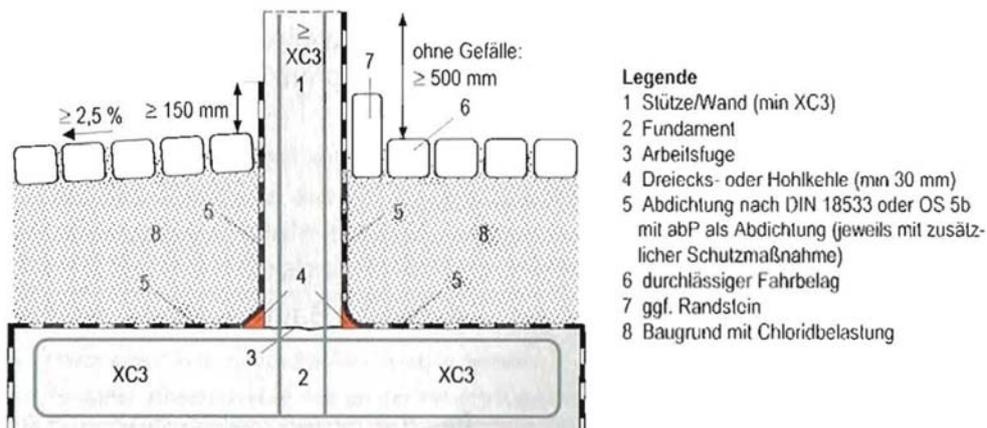


Abbildung 5: Ausführungsvariante der Fundamente und aufgehende Bauteile mit Schutz durch Abdichtung [9]

Weitere mögliche Ausführungsvarianten zu Stahlbetonbauteilen unter durchlässigen Bodenbelägen werden auch in DBV-Heft 42 [10] behandelt.

4 BAUTEILKATALOG FÜR STAHLBETONBAUTEILE UNTER PFLASTERBELAG BEI EINSATZ VON TOP12

4.1 Allgemeines

Der nachfolgende Bauteilkatalog wurde in Anlehnung an das DBV-Heft 42 „Ausführungsvarianten für dauerhafte Bauteile – Beispielsammlung“ [10] erstellt. Die normativen und technischen Grundlagen, auf denen die hier vorgelegten Konstruktionsdetails fußen, sind ausführlich im DBV-

Merkblatt „Parkhäuser und Tiefgaragen“, 3. überarbeitete Ausgabe, Fassung Januar 2018 [9], beschrieben. Daher dürfen die nachfolgenden Konstruktionsdetails nur im Zusammenhang mit dem DBV-Merkblatt [9] und dem DBV-Heft 42 angewendet werden.

Der Bauteilkatalog berücksichtigt folgende, häufig vorkommende Fälle für Stahlbetonkonstruktionen unter Pflasterbelag (siehe auch **Abbildung 6**). Als Varianten werden aufgehende Bauteile (Stützen, Wände), Zerrbalken, Pflaster im Gefälle weg vom Bauteil, Pflaster ohne Gefälle oder im Gegengefälle, Fundament bewehrt, unbewehrt, Fundamentoberseite bewehrt, unbewehrt sowie Fundamentoberseite mit Gefälle bzw. ohne Gefälle dargestellt.

Andere Konstruktionen, bei denen mit Chlorideintrag zu rechnen ist (wie z.B. Duplexparker-Wände unterhalb von Pflasterbelag, auf dem Tausalz gestreut wird), können aus dem Bauteilkatalog abgeleitet werden – es müssen aber die objektspezifischen Randbedingungen von dem Planenden berücksichtigt werden.

Die zu jedem Konstruktionsdetail angegebenen Randbedingungen sollen den Planenden dabei unterstützen, entsprechend des Bedarfs des Bauherrn und der sonstigen spezifischen Anforderungen der konkreten Tiefgarage/Parkhaus eine geeignete Ausführungsvariante auszuwählen.

Die Hinweise sollen die am Bau beteiligten unterstützen, die Hinweis-, Aufklärungs- und Dokumentationspflichten zu erfüllen. Zur Vermeidung von Haftungsrisiken müssen diese Pflichten sorgfältig wahrgenommen und dokumentiert werden. So muss bspw. der Planer seinem Auftraggeber die Vor- und Nachteile sowie technischen Risiken der zur Diskussion stehenden Ausführungsvarianten erläutern. Diese Erläuterung muss dokumentiert und im Streitfall nachgewiesen werden. Nur so kann er vermeiden, isoliert für einzelne Nachteile seiner Planung selbst dann zu haften, wenn diesen Nachteilen vom Bauherrn gewünschte Vorteile gegenüberstehen. Dies gilt auch für Bauunternehmer oder beratend tätig werdende Bauprodukthersteller, die ggf. weitere oder abweichende Ausführungsvarianten vorschlagen.

Weitere Hinweise zu dem Bauteilkatalog:

- Bei den angegebenen Mindestbetondeckungen c_{\min} handelt es sich um $c_{\min,dur}$ entsprechend den maßgebenden Expositionsklassen. Die noch zusätzlich erforderlichen Festlegungen der Mindestbetondeckung aus der Verbundbedingung $c_{\min,b}$, des Vorhaltemaßes Δc_{dev} und die

Ermittlung des Verlegemaßes c_v der Betondeckung auf Basis von DIN EN 1992-1-1 /NA obliegen dem Tragwerksplaner.

- Die Prinzipskizzen sind nicht maßstäblich.
- Wenn Bewehrung dargestellt wird, zeigt dies nur das abstrakte Prinzip einer Bewehrungsführung und ist nicht als vollständiger Bewehrungsplan anzusehen. Rand- und Anschlussbewehrungen sowie Bügel sind meist nicht dargestellt.
- Gefälleangaben sind planerische Vorgaben, die sich aus der Entscheidung des Bauherrn für oder gegen Gefälleausbildung ergeben. Gefälleangaben sind in dieser Beispielsammlung entweder Empfehlungen oder aber Vorgaben, wenn sie die Höhe des Sockelschutzes an aufgehenden Bauteilen bestimmen.

4.2 Diskussion von Konstruktionsdetails

4.2.1 Schutz der Arbeitsfuge

Nach den Vorgaben des DBV-Merkblattes [9] sind bewehrte Arbeitsfugen zwischen Fundamenten und aufgehenden Bauteilen immer gesondert zu schützen.

Als Schutzmaßnahme wird dabei das Aufbringen einer **Abdichtung nach DIN 18533** oder eines OS 5b-Systems, das die Anforderungen an eine Abdichtung nach DIN 18533 im o. g. Sinne erfüllt, zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit von Stahlbetonbauteilen unter Pflasterbelägen empfohlen. Bei einem OS 5b-System ist der entsprechende Nachweis der Erfüllung der Anforderungen der DIN 18533 vom Hersteller zu erbringen. (z. B. mit einem allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnis). Alle Abdichtungen bzw. Oberflächenschutzsysteme müssen mit zusätzlichen Schutzmaßnahmen vor dem anstehenden Bettungssplitt (z. B. Noppenbahn, Geotextil, Bautenschutzmatte) ausgeführt werden. Eine solche Ausführung ist als **Anerkannte Regel der Technik** zu werten.

Die Untersuchungen der Hochschule München zu einem hinreichenden Schutz sind in [11] zusammengestellt. Die DIN 18533 lässt auch Abdichtungsbauarten mit z.B. PMBC (polymermodifizierte Bitumen-Dickbeschichtung) zu. Auch hierzu wurden Untersuchungen an der Hochschule München durchgeführt. Diese sind in [12] zusammengefasst.

Alternativ kann nach DBV-Merkblattes [9] nichtrostende chloridbeständige Bewehrung verwendet werden. Hierbei sei darauf hingewiesen, dass der Top12 nicht als solche nichtrostende Bewehrung im Sinne des Merkblattes zu werten ist. Es stellt sich nun dennoch die Frage, ob ein Top12-Beton-

stahl in der Arbeitsfuge hinreichend chloridbeständig ist, um auf eine gesonderte Schutzmaßnahme verzichten zu können. Wie in **Kapitel 2** gezeigt, kann ein charakteristischer, korrosionsauslösender Chloridgehalt $C_{\text{krit,Riss}}$ von 1,7 M.-%/z. für den Trennrissbereich angesetzt werden. **Abbildung 3** zeigt für den Arbeitsfugenbereich, dass nur rd. 6 % der untersuchten Arbeitsfugen Chloridwerte über 1,7 M.-%/z aufwiesen. Somit kann auf Grundlage der durchgeführten Untersuchungen angenommen werden, dass der Top12 auch ohne besonderen Schutz der Arbeitsfuge hinreichend chloridbeständig ist. **Allerdings ist diese Aussage mit einem technischen Risiko behaftet, da eine einfache Übertragung der Untersuchungen im Trennrissbereich auf die Arbeitsfuge nicht möglich ist. Aus diesem Grund ist die Ausführung der Arbeitsfuge ohne besonderen Schutz nicht als Anerkannte Regel der Technik zu werten. Eine entsprechende Ausführung bedarf einer Risikoabschätzung und einer umfassenden Hinweis-, Aufklärungs- und Dokumentationspflicht des sachkundigen Planers. Insofern wird zur Sicherstellung einer risikoarmen Bauweise empfohlen, die Arbeitsfuge bei hoher Chloridexposition durch geeignete Maßnahmen (z.B. Abdichtung oder Beschichtung) zu schützen.**

Diskussion weiterer geeigneter Maßnahmen:

- **gefügedichte Dreiecks- oder Hohlkehle aus epoxidharzgebundenem Kunstharzmörtel (PRM):**

Im Rahmen von Untersuchungen an der Hochschule München wurde festgestellt, dass ein regelwerkskonformes Oberflächenschutzsystem OS 8 nach TR-IH chloriddicht ist. In [23] wird dargestellt, dass epoxidharzgebundener Kunstharzmörtel (PRM) ebenfalls chloriddicht ist. Insofern kann auch davon ausgegangen werden, dass eine gefügedichte Dreiecks- oder Hohlkehle aus epoxidharzgebundenem Kunstharzmörtel (PRM) hinreichend chloriddicht für den Schutz der Arbeitsfuge ist. Entscheidend für den dauerhaften Schutz der Arbeitsfuge ist dabei, dass die Chloridumläufigkeit entlang der Dreiecks- oder Hohlkehle in der Kontaktzone Beton unterbunden wird. Hierzu muss die Hohlkehle einen dauerhaften Verbund zum Beton (horizontal und vertikal) aufweisen und dauerhaft rissfrei sein. Hier ist auf eine hinreichende Untergrundvorbereitung des Betons unbedingt zu achten. Diese Untergrundvorbereitung sollte analog der Untergrundvorbereitung beim Aufbringen einer Beschichtung durchgeführt werden. Da auch hierzu wenig Praxiserfahrung vorliegt und in der TR-IH keine Anforderungen an den Chlorideindringwiderstand definiert sind, wird der alleinige **Schutz der Arbeitsfuge durch eine Hohlkehle aus PRM als nicht anerkannte Regel der Technik** bei Verwendung eines herkömmlichen Betonstahls bewertet.

Bei einem kombinierten Schutz der Arbeitsfuge durch Einsatz eines Betonstahls Top12 und einer wasser- und gefügedichten Dreiecks- bzw. Hohlkehle (mindestens 30 mm x 30 mm)

aus epoxidharzgebundener Kunstharzmörtel (PRM nach der Technischen Regel Instandsetzung von Betonbauteilen) ist von einem deutlich verminderten Risiko auszugehen. Gerade bei einem Gefälle auf der Fundamentoberseite weg von der Arbeitsfuge ist das Risiko als moderat zu werten. Da sich aber bisher der oben beschriebene kombinierte Schutz in der Praxis noch nicht über einen längeren Zeitraum bewährt haben kann, ist davon auszugehen, dass dieser auch **nicht Anerkannten Regeln der Technik** entspricht.

▪ **gefügedichte Dreiecks- oder Hohlkehle aus Betonersatz nach TR-IH (RM):**

in der TR-IH wird für einen RM/RC ein Chlorideindringwiderstand von im Mittel $\leq 10 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ (XD1-XD2) bzw. $\leq 5,0 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ (XD3) gefordert. Mit diesen Chlorideindringwiderständen kann eine hinreichende Dauerhaftigkeit ($t_{\text{SL}} = 50\text{a}$ bei $\beta_0 = 1,5$) bei Betondeckungen von 30 bis 50 mm nicht nachgewiesen werden. Auf dem Markt sind aber Produkte erhältlich, die einen geprüften Chlorideindringwiderstand von $\leq 0,5 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ (z.B. PCI Nanocret® R4 PCC) aufweisen. Bei Ansatz von $t_{\text{SL}} = 50\text{a}$, $\beta_0 = 1,5$; XD3; $\alpha_{\text{RCM}} = 0,30$ kann bei einer auf der sicheren Seite abgeschätzten Oberflächenkonzentration von 2,0 M-%/z. eine hinreichende Dauerhaftigkeit bei $c_{\text{min}} = 35 \text{ mm}$ nachgewiesen werden. Diese Mindestbetondeckung $c_{\text{min}} = 35 \text{ mm}$ wird z.B. bei einer Dreieckskehle mit $b_{\text{min}}/h_{\text{min}} = 50 \text{ mm}/50 \text{ mm}$ erreicht. Insofern kann eine Dauerhaftigkeit von 50 a bei Verwendung einer Dreieckskehle $b_{\text{min}}/h_{\text{min}} \geq 50 \text{ mm}/50 \text{ mm}$ und einem Chlorideindringwiderstand von $\leq 0,5 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ nachgewiesen werden.

Hierzu muss die Hohlkehle auch einen dauerhaften Verbund zum Beton (horizontal und vertikal) aufweisen und dauerhaft rissfrei sein. Hier ist auf eine hinreichende Untergrundvorbereitung des Betons und eine ausreichend lange Nachbehandlung der Dreieckskehle unbedingt zu achten. Diese Untergrundvorbereitung sollte analog der Untergrundvorbereitung beim Aufbringen einer Beschichtung durchgeführt werden.

Es ist bei der Dreiecks- oder Hohlkehle auf die Mindestschichtdicke zu achten. Ein Auslaufenlassen „auf Null“ ist nicht zulässig. Es ist vielmehr eine Mindestschichtdicke von z.B. 5 mm am Rand der Kehle sicherzustellen.

Da aber bisher der oben beschriebene kombinierte Schutz sich in der Praxis noch nicht über einen längeren Zeitraum bewährt haben kann, ist davon auszugehen, dass dieser auch **nicht Anerkannten Regeln der Technik** entspricht.

Im nachfolgenden Bauteilkatalog wird der Schutz der Arbeitsfuge mittels Abdichtung oder OS 5b-Beschichtung mit dem Hinweis „bei Bedarf (nach Empfehlung des DBV-Merkblattes)“ dargestellt. Sollte auf eine solche Abdichtung / Beschichtung im Arbeitsfugenbereich verzichtet werden, bedarf

die Ausführung, wie oben dargestellt, einer umfassenden Hinweis-, Aufklärungs- und Dokumentationspflicht durch den Planenden, da diese nicht den Anerkannten Regel der Technik entspricht.

4.2.2 Erfordernis eines Randsteins

Ein Rand-Pflasterstein, der hochkant gestellt den Abschluss zum aufgehenden Bauteil darstellt, verhindert anstehendes Wasser direkt an dem aufgehenden Bauteil. Da, wie in **Abbildung 3** dargestellt, die Chloridbelastung direkt oberhalb des Pflasterbelags am höchsten ist, wird nachfolgend ein solcher Randstein bei Gegengefälle und bei gefälleloser Verkehrsfläche empfohlen. Bei einem hinreichenden Gefälle des Pflasters weg von den aufgehenden Bauteilen ist aus Gründen der Chloridbelastung in den meisten Fällen ein Randstein nicht erforderlich. Deshalb wird bei den entsprechenden Konstruktionsdetails der Randstein mit dem Hinweis „gegebenenfalls“ dargestellt.

4.2.3 Verschließen von Rissen und Kiesnestern

Risse und Kiesnester in (bewehrten) Fundamenten und aufgehenden Bauteilen sind vor Einbau des Pflasteraufbaus durch Applikation einer Abdichtung nach DIN 18533 oder OS 5b oder Verpressen der Risse mit z.B. EP oder PUR zu schließen.

Nachträglich in den aufgehenden Bauteilen entstehende vertikale Risse oberhalb des Pflasterbelags im Chlorideinwirkungsbereich (50 cm bei Spritzwasser) sind im Rahmen der Wartung ebenfalls durch Applikation einer Abdichtung nach DIN 18533 oder OS 5b oder Verpressen der Risse mit z.B. EP oder PUR zu schließen. Dies ist im Wartungsplan zu berücksichtigen.



4.3 Entscheidungsbaum

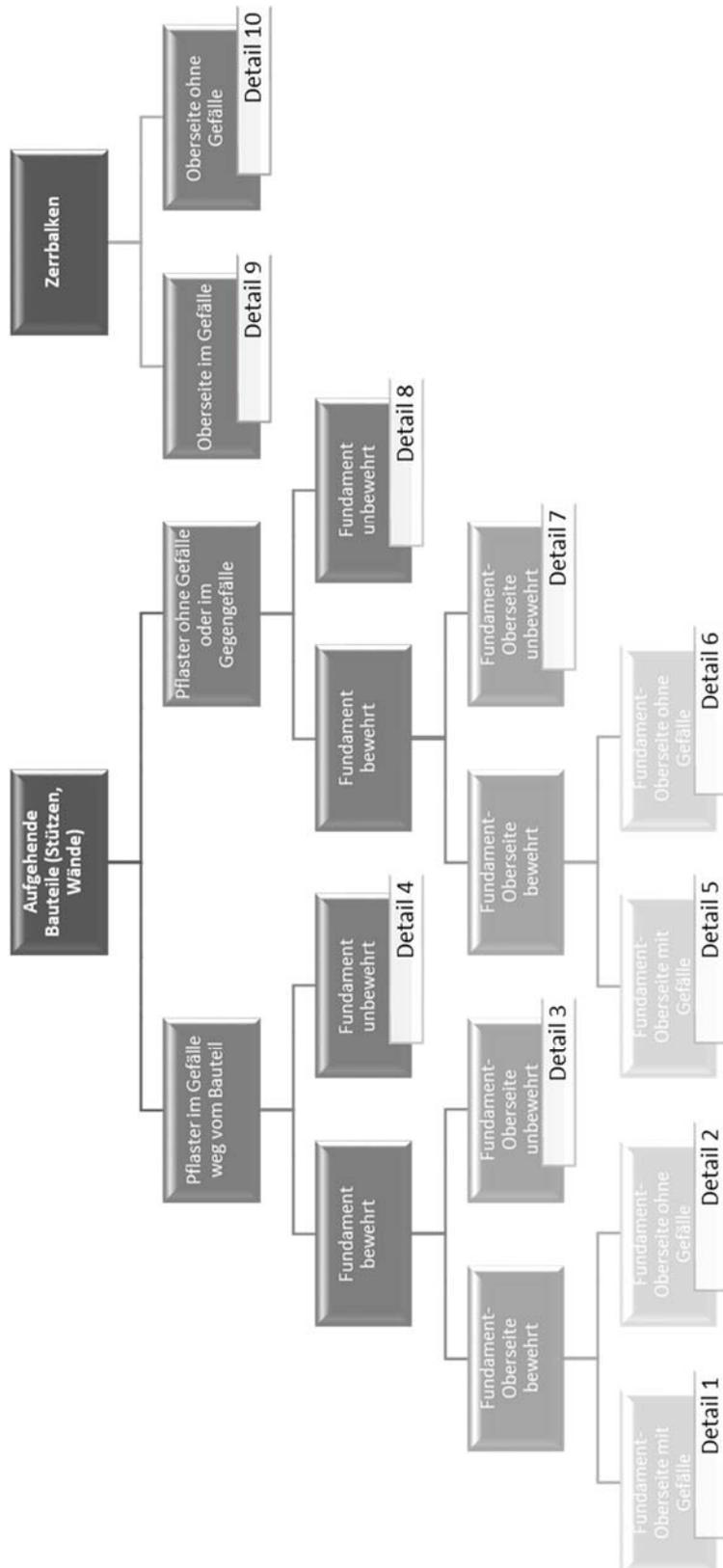


Abbildung 6: Entscheidungsbaum zur Auswahl des Konstruktionsdetails

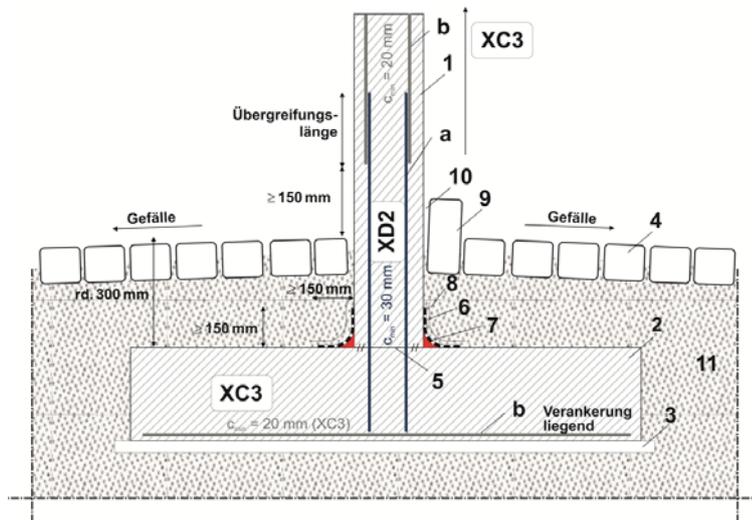
Detail 1:	aufgehendes Bauteil (Wand, Stütze), Pflaster mit Gefälle $\geq 2,5 \%$, Fundament bewehrt, Fundamentoberseite bewehrt, Fundamentoberseite mit Gefälle $\geq 2,5 \%$
^{a)}	die untenliegende Biegezugbewehrung darf in Anlehnung an [10] hinsichtlich der Betondeckung in XC3 eingestuft werden (kein Chloridzutritt an die untere Bewehrung, Oberseite rissfrei). Dann keine Trennfolie auf der Sauberkeitsschicht, um Unterläufigkeit auf der Folie zu vermeiden.
Randbedingungen	<ul style="list-style-type: none">▪ die Bügel, Abstandhalter und Durchstanzbewehrung der aufgehenden Bauteile und des Fundamentes sind dort, wo die Längsbewehrung als Top12 vorgesehen ist, ebenfalls in Top12 auszuführen▪ Schutz der unterirdischen Arbeitsfuge empfohlen. Sofern dieser Schutz durch eine wasser- und gefügedichte Dreieckskehle oder Hohlkehle erbracht wird, ist eine Abdichtung nach DIN 18533 oder OS 5b technisch nicht zwingend erforderlich, wenn die entsprechenden Risiken in Kauf genommen werden. Diese Abdichtung bzw. OS 5b wird im DBV-Merkblatt [9] jedoch empfohlen und wird als Anerkannte Regel der Technik bewertet. Weitere Ausführungen hierzu in Kapitel 4.2.1.▪ Abdichtungen bzw. OS 5b müssen mit zusätzlichen Schutzmaßnahmen vor dem anstehenden Bettungssplitt und unsachgemäßem Verfüllen ausgeführt werden (z. B. Noppenbahn, Geotextil, Bautenschutzmatte).
Hinweise	<ul style="list-style-type: none">▪ Inspektion und Instandhaltung im unterirdischen Bereich nicht möglich.▪ bei Verzicht auf Abdichtung / OS 5b: Hinweis-, Aufklärungs- und Dokumentationspflicht berücksichtigen (hohe Anforderung an Aufklärung des Bauherrn).
Instandhaltung	<ul style="list-style-type: none">▪ keine Instandhaltung erforderlich: wartungsfrei;▪ OS 5b mit abP als Abdichtung nach DIN 18533 erfordert unterhalb des Pflasterbelages keine regelmäßige Wartung.

Detail 2	aufgehendes Bauteil (Wand, Stütze), Pflaster mit Gefälle $\geq 2,5\%$, Fundament bewehrt, Fundamentoberseite bewehrt, Fundamentoberseite ohne Gefälle
Prinzipskizze	
Legende zur Prinzipskizze	
a	Betonstahl Top12
b	herkömmlicher Betonstahl B500
1	Stütze/Wand XD2, XF2, (ggf. XA), WA Betondeckung oberhalb Sockelbereich (150 mm) für XC 3
2	bewehrtes Einzel- oder Streifenfundament ohne oberseitigem Gefälle: XD3 ^{a)} , (ggf. XA), WA
3	ggf. Sauberkeitsschicht
4	durchlässiger Fahrbelag (z. B. Pflaster)
5	Arbeitsfuge
6	bei Bedarf (nach Empfehlung des DBV-Merkblattes [9]): flüssig zu verarbeitende Abdichtung nach DIN 18533-3 oder OS 5b mit abP als Abdichtung nach DIN 18533 oder streifenförmige WU-Fugenabdichtung mit abP
7	gefügedichte Dreiecks- bzw. Hohlkehle (mindestens 30 mm x 30 mm) (aus PC oder PRM)
8	sofern Abdichtung oder OS 5b: Schutz gegen Beschädigung beim Verfüllen
9	ggf. Randstein
10	Fuge zwischen Fahrbelag und Stütze/Wand
11	Baugrund mit Chloridbelastung, unter Fahrbelag mit Bettungsschicht und verdichteter Tragschicht- nach den FGSV-RStO
a)	die untenliegende Biegezugbewehrung darf in Anlehnung an [10] hinsichtlich der Betondeckung in XC3 eingestuft werden (kein Chloridzutritt an die untere Bewehrung, Oberseite rissfrei). Dann keine Trennfolie auf der Sauberkeitsschicht, um Unter- läufigkeit auf der Folie zu vermeiden.

Detail 2	aufgehendes Bauteil (Wand, Stütze), Pflaster mit Gefälle $\geq 2,5\%$, Fundament bewehrt, Fundamentoberseite bewehrt, Fundamentoberseite ohne Gefälle
Randbedingungen	<ul style="list-style-type: none">▪ die Bügel, Abstandhalter und Durchstanzbewehrung der aufgehenden Bauteile und des Fundamentes sind dort, wo die Längsbewehrung als Top12 vorgesehen ist, ebenfalls in Top12 auszuführen▪ Schutz der unterirdischen Arbeitsfuge erforderlich. Sofern dieser Schutz durch eine wasser- und gefügedichte Dreieckskehle oder Hohlkehle erbracht wird, ist eine Abdichtung nach DIN 18533 oder OS 5B technisch nicht zwingend erforderlich, wenn die entsprechenden Risiken in Kauf genommen werden. Diese Abdichtung bzw. OS 5b wird im DBV-Merkblatt [9] empfohlen und wird als Anerkannte Regel der Technik bewertet. Weitere Ausführungen hierzu in Kapitel 4.2.1.▪ Abdichtungen bzw. OS 5b müssen mit zusätzlichen Schutzmaßnahmen vor dem anstehenden Bettungssplitt und unsachgemäßem Verfüllen ausgeführt werden (z. B. Noppenbahn, Geotextil, Bautenschutzmatte).
Hinweise	<ul style="list-style-type: none">▪ Inspektion und Instandhaltung im unterirdischen Bereich nicht möglich.▪ bei Verzicht auf Abdichtung / OS 5b: Hinweis-, Aufklärungs- und Dokumentationspflicht berücksichtigen (hohe Anforderung an Aufklärung des Bauherrn).
Instandhaltung	<ul style="list-style-type: none">▪ keine Instandhaltung erforderlich: wartungsfrei;▪ OS 5b mit abP als Abdichtung nach DIN 18533 erfordert unterhalb des Pflasterbelages keine regelmäßige Wartung.

Detail 3: aufgehendes Bauteil (Wand, Stütze),
 Pflaster mit Gefälle $\geq 2,5\%$,
 Fundament bewehrt,
 Fundamentoberseite unbewehrt,
 Fundamentoberseite ohne / mit Gefälle

Prinzipskizze



Legende zur Prinzipskizze

- a Betonstahl Top12
 - b herkömmlicher Betonstahl B500
 - 1 Stütze/Wand XD2, XF2, (ggf. XA), WA
 Betondeckung oberhalb Sockelbereich (150 mm) für XC 3
 - 2 bewehrtes Einzel- oder Streifenfundament ohne oberseitigem Gefälle: XD3^{a)}, (ggf. XA), WA
 - 3 ggf. Sauberkeitsschicht
 - 4 durchlässiger Fahrbelag (z. B. Pflaster)
 - 5 Arbeitsfuge
 - 6 bei Bedarf (nach Empfehlung des DBV-Merkblattes [9]):
 flüssig zu verarbeitende Abdichtung nach DIN 18533-3 oder
 OS 5b mit abP als Abdichtung nach DIN 18533 oder streifenförmige WU-Fugenabdichtung mit abP
 - 7 gefügedichte Dreiecks- bzw. Hohlkehle (mindestens 30 mm x 30 mm) (aus PC oder PRM)
 - 8 sofern Abdichtung oder OS 5b: Schutz gegen Beschädigung beim Verfüllen
 - 9 ggf. Randstein
 - 10 Fuge zwischen Fahrbelag und Stütze/Wand
 - 11 Baugrund mit Chloridbelastung, unter Fahrbelag mit Bettungsschicht und verdichteter Tragschicht-
 nach den FGSV-RStO
- ^{a)} die untenliegende Biegezugbewehrung darf in Anlehnung an [10] hinsichtlich der Betondeckung in XC3 eingestuft werden (kein Chloridzutritt an die untere Bewehrung, Oberseite rissfrei). Dann keine Trennfolie auf der Sauberkeitsschicht, um Unterläufigkeit auf der Folie zu vermeiden.

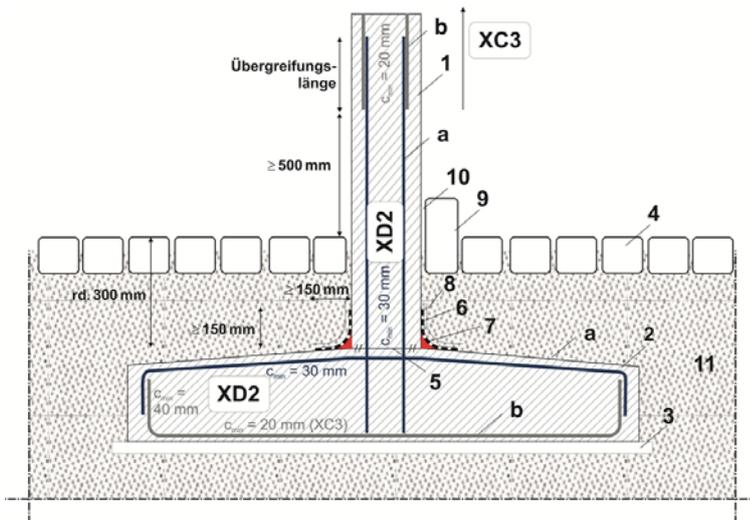
Detail 3:	aufgehendes Bauteil (Wand, Stütze), Pflaster mit Gefälle $\geq 2,5\%$, Fundament bewehrt, Fundamentoberseite unbewehrt, Fundamentoberseite ohne / mit Gefälle
Randbedingungen	<ul style="list-style-type: none">▪ die Bügel, Abstandhalter und Durchstanzbewehrung der aufgehenden Bauteile und des Fundamentes sind dort, wo die Längsbewehrung als Top12 vorgesehen ist, ebenfalls in Top12 auszuführen▪ Schutz der unterirdischen Arbeitsfuge erforderlich. Sofern dieser Schutz durch eine wasser- und gefügedichte Dreieckskehle oder Hohlkehle erbracht wird, ist eine Abdichtung nach DIN 18533 oder OS 5B technisch nicht zwingend erforderlich, wenn die entsprechenden Risiken in Kauf genommen werden. Diese Abdichtung bzw. OS 5b wird im DBV-Merkblatt [9] empfohlen und wird als Anerkannte Regel der Technik bewertet. Weitere Ausführungen hierzu in Kapitel 4.2.1.▪ Abdichtungen bzw. OS 5b müssen mit zusätzlichen Schutzmaßnahmen vor dem anstehenden Bettungssplitt und unsachgemäßem Verfüllen ausgeführt werden (z. B. Noppenbahn, Geotextil, Bautenschutzmatte).
Hinweise	<ul style="list-style-type: none">▪ Inspektion und Instandhaltung im unterirdischen Bereich nicht möglich;▪ bei Verzicht auf Abdichtung / OS 5b: Hinweis-, Aufklärungs- und Dokumentationspflicht berücksichtigen (hohe Anforderung an Aufklärung des Bauherrn).;▪ die untenliegende Biegezugbewehrung des Fundamentes ist zu verankern. Dies kann z.B. durch Aufbiegungen erfolgen, die liegend eingebaut werden.
Instandhaltung	<ul style="list-style-type: none">▪ keine Instandhaltung erforderlich: wartungsfrei;▪ OS 5b mit abP als Abdichtung nach DIN 18533 erfordert unterhalb des Pflasterbelages keine regelmäßige Wartung.



Detail 4:	aufgehendes Bauteil (Wand, Stütze), Pflaster mit Gefälle $\geq 2,5\%$, Fundament unbewehrt, Fundamentoberseite unbewehrt, Fundamentoberseite ohne / mit Gefälle
	<ul style="list-style-type: none">▪ Schutz von vertikalen Rissen oberhalb des Pflasterbelags in den aufgehenden Bauteilen (Wände): durch Applikation einer Abdichtung nach DIN 18533 oder OS 5b oder Verpressen der Risse mit z.B. EP oder PUR.
Hinweise	<ul style="list-style-type: none">▪ keine Bewehrung im Fundament - wartungsfrei;▪ rechnerisch statisch bestimmte gelenkige Auflagerung des aufgehenden Bauteils;▪ ggf. größere Aushubtiefe für unbewehrte Fundamente;▪ Inspektion und Instandhaltung im unterirdischen Bereich nicht möglich.
Instandhaltung	<ul style="list-style-type: none">▪ keine Instandhaltung erforderlich: wartungsfrei.

Detail 5: aufgehendes Bauteil (Wand, Stütze),
 Pflaster ohne Gefälle oder im Gegengefälle,
 Fundament bewehrt,
 Fundamentoberseite bewehrt,
 Fundamentoberseite mit Gefälle $\geq 2,5 \%$

Prinzipskizze



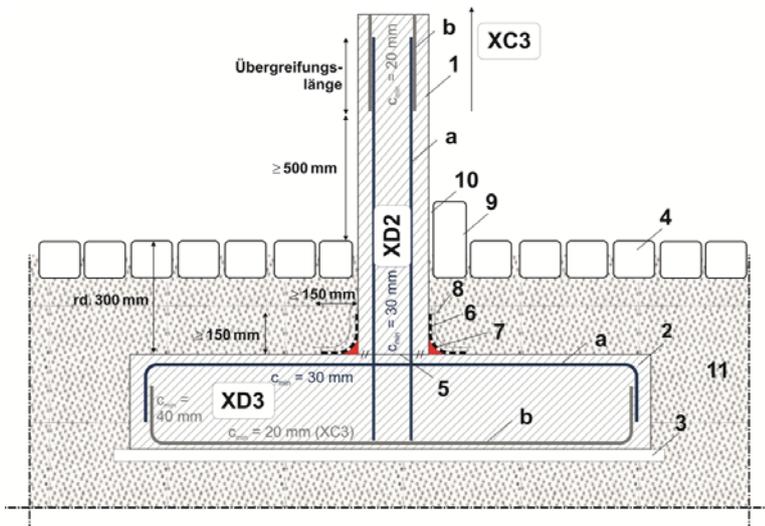
Legende zur Prinzipskizze

- a Betonstahl Top12
 - b herkömmlicher Betonstahl B500
 - 1 Stütze/Wand XD2, XF2, (ggf. XA), WA
 Betondeckung oberhalb Spritzwasserbereich für XC 3
 - 2 bewehrtes Einzel- oder Streifenfundament mit oberseitigem Gefälle $\geq 2,5 \%$: XD2^{a)}, (ggf. XA), WA
 - 3 ggf. Sauberkeitsschicht
 - 4 durchlässiger Fahrbelag (z. B. Pflaster)
 - 5 Arbeitsfuge
 - 6 bei Bedarf (nach Empfehlung des DBV-Merkblattes [9]):
 flüssig zu verarbeitende Abdichtung nach DIN 18533-3 oder
 OS 5b mit abP als Abdichtung nach DIN 18533 oder streifenförmige WU-Fugenabdichtung mit abP
 - 7 gefügedichte Dreiecks- bzw. Hohlkehle (mindestens 30 mm x 30 mm) (aus PC oder PRM)
 - 8 sofern Abdichtung oder OS 5b: Schutz gegen Beschädigung beim Verfüllen
 - 9 empfohlen bei Gegengefälle und bei gefälleloser Verkehrsfläche: Randstein
 - 10 Fuge zwischen Fahrbelag und Stütze/Wand
 - 11 Baugrund mit Chloridbelastung, unter Fahrbelag mit Bettungsschicht und verdichteter Tragschicht-
 nach den FGSV-RStO
- ^{a)} die untenliegende Biegezugbewehrung darf in Anlehnung an [10] hinsichtlich der Betondeckung in XC3 eingestuft werden (kein Chloridzutritt an die untere Bewehrung, Oberseite rissfrei). Dann keine Trennfolie auf der Sauberkeitsschicht, um Unterläufigkeit auf der Folie zu vermeiden.

Detail 5:	aufgehendes Bauteil (Wand, Stütze), Pflaster ohne Gefälle oder im Gegengefälle, Fundament bewehrt, Fundamentoberseite bewehrt, Fundamentoberseite mit Gefälle $\geq 2,5 \%$
Randbedingungen	<ul style="list-style-type: none">▪ die Bügel, Abstandhalter und Durchstanzbewehrung der aufgehenden Bauteile und des Fundamentes sind dort, wo die Längsbewehrung als Top12 vorgesehen ist, ebenfalls in Top12 auszuführen▪ Schutz der unterirdischen Arbeitsfuge erforderlich. Sofern dieser Schutz durch eine wasser- und gefügedichte Dreieckskehle oder Hohlkehle erbracht wird, ist eine Abdichtung nach DIN 18533 oder OS 5B technisch nicht zwingend erforderlich, wenn die entsprechenden Risiken in Kauf genommen werden. Diese Abdichtung bzw. OS 5b wird im DBV-Merkblatt [9] empfohlen und wird als Anerkannte Regel der Technik bewertet. Weitere Ausführungen hierzu in Kapitel 4.2.1.▪ Abdichtungen bzw. OS 5b müssen mit zusätzlichen Schutzmaßnahmen vor dem anstehenden Bettungssplitt und unsachgemäßem Verfüllen ausgeführt werden (z. B. Noppenbahn, Geotextil, Bautenschutzmatte).
Hinweise	<ul style="list-style-type: none">▪ Inspektion und Instandhaltung im unterirdischen Bereich nicht möglich;▪ bei Verzicht auf Abdichtung / OS 5b: Hinweis-, Aufklärungs- und Dokumentationspflicht berücksichtigen (hohe Anforderung an Aufklärung des Bauherrn);▪ Darstellung Gegengefälle auf Verkehrsfläche: ungünstigste Situation; Randstein bei Gegengefälle und bei gefälleloser Verkehrsfläche empfohlen; Gefälle 2,5 % weg vom aufgehenden Bauteil ist zu bevorzugen
Instandhaltung	<ul style="list-style-type: none">▪ keine Instandhaltung erforderlich: wartungsfrei;▪ OS 5b mit abP als Abdichtung nach DIN 18533 erfordert unterhalb des Pflasterbelages keine regelmäßige Wartung.

Detail 6: aufgehendes Bauteil (Wand, Stütze),
 Pflaster ohne Gefälle oder im Gegengefälle,
 Fundament bewehrt,
 Fundamentoberseite bewehrt,
 Fundamentoberseite ohne Gefälle

Prinzipskizze



Legende zur Prinzipskizze

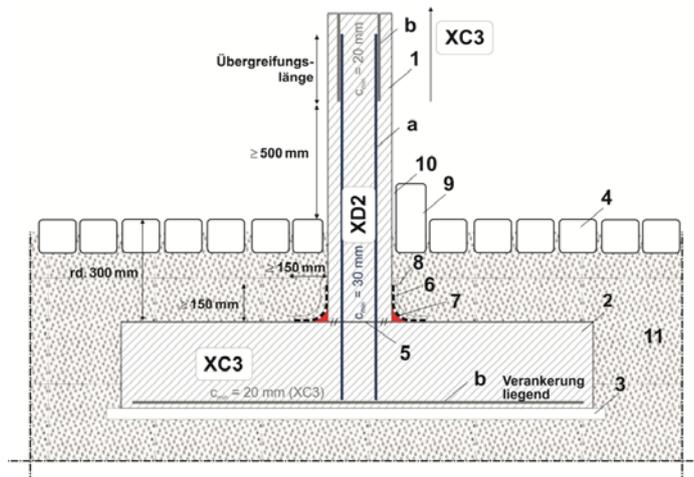
- a Betonstahl Top12
 - b herkömmlicher Betonstahl B500
 - 1 Stütze/Wand XD2, XF2, (ggf. XA), WA
 Betondeckung oberhalb Spritzwasserbereich für XC 3
 - 2 bewehrtes Einzel- oder Streifenfundament ohne oberseitigem Gefälle: XD3^{a)}, (ggf. XA), WA
 - 3 ggf. Sauberkeitsschicht
 - 4 durchlässiger Fahrbelag (z. B. Pflaster)
 - 5 Arbeitsfuge
 - 6 bei Bedarf (nach Empfehlung des DBV-Merkblattes [9]):
 flüssig zu verarbeitende Abdichtung nach DIN 18533-3 oder
 OS 5b mit abP als Abdichtung nach DIN 18533 oder streifenförmige WU-Fugenabdichtung mit abP
 - 7 gefügedichte Dreiecks- bzw. Hohlkehle (mindestens 30 mm x 30 mm) (aus PC oder PRM)
 - 8 sofern Abdichtung oder OS 5b: Schutz gegen Beschädigung beim Verfüllen
 - 9 empfohlen bei Gegengefälle und bei gefälleloser Verkehrsfläche: Randstein
 - 10 Fuge zwischen Fahrbelag und Stütze/Wand
 - 11 Baugrund mit Chloridbelastung, unter Fahrbelag mit Bettungsschicht und verdichteter Tragschicht-
 nach den FGSV-RStO
- ^{a)} die untenliegende Biegezugbewehrung darf in Anlehnung an [10] hinsichtlich der Betondeckung in XC3 eingestuft werden (kein Chloridzutritt an die untere Bewehrung, Oberseite rissfrei). Dann keine Trennfolie auf der Sauberkeitsschicht, um Unterläufigkeit auf der Folie zu vermeiden.

Randbedingungen

Detail 6:	aufgehendes Bauteil (Wand, Stütze), Pflaster ohne Gefälle oder im Gegengefälle, Fundament bewehrt, Fundamentoberseite bewehrt, Fundamentoberseite ohne Gefälle
	<ul style="list-style-type: none">▪ die Bügel, Abstandhalter und Durchstanzbewehrung der aufgehenden Bauteile und des Fundamentes sind dort, wo die Längsbewehrung als Top12 vorgesehen ist, ebenfalls in Top12 auszuführen▪ Schutz der unterirdischen Arbeitsfuge erforderlich. Sofern dieser Schutz durch eine wasser- und gefügedichte Dreieckskehle oder Hohlkehle erbracht wird, ist eine Abdichtung nach DIN 18533 oder OS 5b technisch nicht zwingend erforderlich, wenn die entsprechenden Risiken in Kauf genommen werden. Diese Abdichtung bzw. OS 5b wird im DBV-Merkblatt [9] empfohlen und wird als Anerkannte Regel der Technik bewertet. Weitere Ausführungen hierzu in Kapitel 4.2.1.▪ Abdichtungen bzw. OS 5b müssen mit zusätzlichen Schutzmaßnahmen vor dem anstehenden Bettungssplitt und unsachgemäßem Verfüllen ausgeführt werden (z. B. Noppenbahn, Geotextil, Bautenschutzmatte).
Hinweise	<ul style="list-style-type: none">▪ Inspektion und Instandhaltung im unterirdischen Bereich nicht möglich;▪ bei Verzicht auf Abdichtung / OS 5b: Hinweis-, Aufklärungs- und Dokumentationspflicht berücksichtigen (hohe Anforderung an Aufklärung des Bauherrn);▪ Darstellung Gegengefälle auf Verkehrsfläche: ungünstigste Situation; Randstein bei Gegengefälle und bei gefälleloser Verkehrsfläche empfohlen; Gefälle 2,5 % weg vom aufgehenden Bauteil ist zu bevorzugen
Instandhaltung	<ul style="list-style-type: none">▪ keine Instandhaltung erforderlich: wartungsfrei;▪ OS 5b mit abP als Abdichtung nach DIN 18533 erfordert unterhalb des Pflasterbelages keine regelmäßige Wartung.

Detail 7: aufgehendes Bauteil (Wand, Stütze),
 Pflaster ohne Gefälle oder im Gegengefälle,
 Fundament bewehrt,
 Fundamentoberseite unbewehrt,
 Fundamentoberseite ohne / mit Gefälle

Prinzipskizze



Legende zur Prinzipskizze

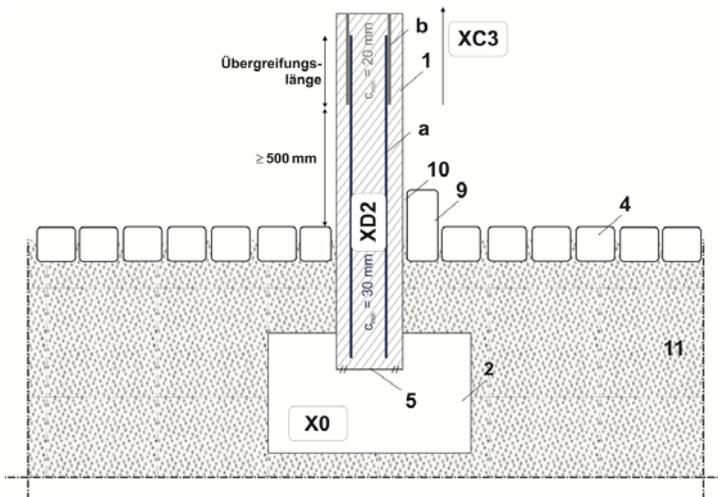
- a Betonstahl Top12
 - b herkömmlicher Betonstahl B500
 - 1 Stütze/Wand XD2, XF2, (ggf. XA), WA
 Betondeckung oberhalb Spritzwasserbereich für XC 3
 - 2 bewehrtes Einzel- oder Streifenfundament ohne oberseitige Bewehrung ohne / mit oberseitigem Gefälle: XC3^{a)}, (ggf. XA), WA
 - 3 ggf. Sauberkeitsschicht
 - 4 durchlässiger Fahrbelag (z. B. Pflaster)
 - 5 Arbeitsfuge
 - 6 bei Bedarf (nach Empfehlung des DBV-Merkblattes [9]):
 flüssig zu verarbeitende Abdichtung nach DIN 18533-3 oder
 OS 5b mit abP als Abdichtung nach DIN 18533 oder streifenförmige WU-Fugenabdichtung mit abP
 - 7 gefügedichte Dreiecks- bzw. Hohlkehle (mindestens 30 mm x 30 mm) (aus PC oder PRM)
 - 8 sofern Abdichtung oder OS 5b: Schutz gegen Beschädigung beim Verfüllen
 - 9 empfohlen bei Gegengefälle und bei gefälleloser Verkehrsfläche: Randstein
 - 10 Fuge zwischen Fahrbelag und Stütze/Wand
 - 11 Baugrund mit Chloridbelastung, unter Fahrbelag mit Bettungsschicht und verdichteter Tragschicht-nach den FGSV-RStO
- ^{a)} die untenliegende Biegezugbewehrung darf in Anlehnung an [10] hinsichtlich der Betondeckung in XC3 eingestuft werden (kein Chloridzutritt an die untere Bewehrung, Oberseite rissfrei). Dann keine Trennfolie auf der Sauberkeitsschicht, um Unterläufigkeit auf der Folie zu vermeiden.

Randbedingungen

Detail 7:	aufgehendes Bauteil (Wand, Stütze), Pflaster ohne Gefälle oder im Gegengefälle, Fundament bewehrt, Fundamentoberseite unbewehrt, Fundamentoberseite ohne / mit Gefälle
	<ul style="list-style-type: none">▪ die Bügel, Abstandhalter und Durchstanzbewehrung der aufgehenden Bauteile und des Fundamentes sind dort, wo die Längsbewehrung als Top12 vorgesehen ist, ebenfalls in Top12 auszuführen▪ Schutz der unterirdischen Arbeitsfuge erforderlich. Sofern dieser Schutz durch eine wasser- und gefügedichte Dreieckskehle oder Hohlkehle erbracht wird, ist eine Abdichtung nach DIN 18533 oder OS 5B technisch nicht zwingend erforderlich, wenn die entsprechenden Risiken in Kauf genommen werden. Diese Abdichtung bzw. OS 5b wird im DBV-Merkblatt [9] empfohlen und wird als Anerkannte Regel der Technik bewertet Weitere Ausführungen hierzu in Kapitel 4.2.1.▪ Abdichtungen bzw. OS 5b müssen mit zusätzlichen Schutzmaßnahmen vor dem anstehenden Bettungssplitt und unsachgemäßem Verfüllen ausgeführt werden (z. B. Noppenbahn, Geotextil, Bautenschutzmatte).
Hinweise	<ul style="list-style-type: none">▪ Inspektion und Instandhaltung im unterirdischen Bereich nicht möglich;▪ bei Verzicht auf Abdichtung / OS 5b: Hinweis-, Aufklärungs- und Dokumentationspflicht berücksichtigen (hohe Anforderung an Aufklärung des Bauherrn);▪ die untenliegende Biegezugbewehrung des Fundamentes ist zu verankern. Dies kann z.B. durch Aufbiegungen erfolgen, die liegend eingebaut werden;▪ Darstellung Gegengefälle auf Verkehrsfläche: ungünstigste Situation; Randstein bei Gegengefälle und bei gefälleloser Verkehrsfläche empfohlen; Gefälle 2,5 % weg vom aufgehenden Bauteil ist zu bevorzugen
Instandhaltung	<ul style="list-style-type: none">▪ keine Instandhaltung erforderlich: wartungsfrei;▪ OS 5b mit abP als Abdichtung nach DIN 18533 erfordert unterhalb des Pflasterbelages keine regelmäßige Wartung.

Detail 8: aufgehendes Bauteil (Wand, Stütze),
 Pflaster ohne Gefälle oder im Gegengefälle,
 Fundament unbewehrt,
 Fundamentoberseite unbewehrt,
 Fundamentoberseite ohne / mit Gefälle

Prinzipskizze



Legende zur Prinzipskizze

- a Betonstahl Top12
- b herkömmlicher Betonstahl B500
- 1 Stütze/Wand XD2, XF2, (ggf. XA), WA
 Betondeckung oberhalb Spritzwasserbereich für XC 3
- 2 unbewehrtes Einzel- oder Streifenfundament: XC0, (ggf. XA), WA
- 4 durchlässiger Fahrbelag (z. B. Pflaster)
- 5 Arbeitsfuge (rd. 5 cm unterhalb Fundamentoberseite)
- 9 empfohlen bei Gegengefälle und bei gefälleloser Verkehrsfläche: Randstein
- 10 Fuge zwischen Fahrbelag und Stütze/Wand
- 11 Baugrund mit Chloridbelastung, unter Fahrbelag mit Bettungsschicht und verdichteter Tragschicht-
 nach den FGSV-RStO

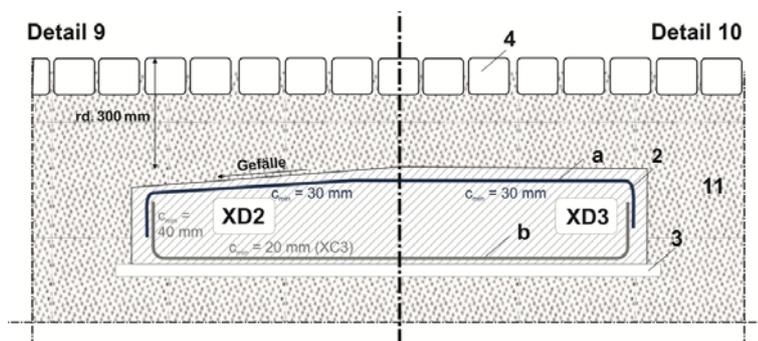
Randbedingungen

- die Bügel und Abstandhalter sind dort, wo die Längsbewehrung als Top12 vorgesehen ist, ebenfalls in Top12 auszuführen
- unbewehrte Einzel- oder Streifenfundamente in XO ohne weiteren Schutz, ggf. XA-Klassifizierung bei chemischem Betonangriff im Boden/Grundwasser;
- Bemessung unbewehrter Fundamente z. B. nach DIN EN 1992-1-1:2011-01 mit NA:2013-04:12.9.3;
- keine Bewehrung in der Arbeitsfuge.

Detail 8:	aufgehendes Bauteil (Wand, Stütze), Pflaster ohne Gefälle oder im Gegengefälle, Fundament unbewehrt, Fundamentoberseite unbewehrt, Fundamentoberseite ohne / mit Gefälle
	<ul style="list-style-type: none">▪ Schutz von vertikalen Rissen oberhalb des Pflasterbelags in den aufgehenden Bauteilen (Wände): durch Applikation einer Abdichtung nach DIN 18533 oder OS 5b oder Verpressen der Risse mit z.B. EP oder PUR.
Hinweise	<ul style="list-style-type: none">▪ keine Bewehrung im Fundament - wartungsfrei;▪ rechnerisch statisch bestimmte gelenkige Auflagerung des aufgehenden Bauteils;▪ ggf. größere Aushubtiefe für unbewehrte Fundamente;▪ Inspektion und Instandhaltung im unterirdischen Bereich nicht möglich;▪ Darstellung Gegengefälle auf Verkehrsfläche: ungünstigste Situation; Randstein bei Gegengefälle und bei gefälleloser Verkehrsfläche empfohlen; bevorzugt: Gefälle 2,5 % weg von Stütze/Wand.
Instandhaltung	<ul style="list-style-type: none">▪ keine Instandhaltung erforderlich: wartungsfrei.

Detail 9 /10: Zerrbalken
 Pflaster mit / ohne Gefälle oder im Gegengefälle,
 Zerrbalken bewehrt,
 Zerrbalkenoberseite bewehrt,
 Zerrbalkenoberseite mit Gefälle $\geq 2,5\%$ (Detail links) / ohne Gefälle (Detail rechts)

Prinzipskizze



Legende zur Prinzipskizze

- a Betonstahl Top12
 - b herkömmlicher Betonstahl B500
 - 2 bewehrter Zerrbalken mit oberseitigem Gefälle $\geq 2,5\%$: XD2^{a)}, (ggf. XA), WA
 bewehrter Zerrbalken ohne oberseitigem Gefälle: XD3^{a)}, (ggf. XA), WA
 - 3 ggf. Sauberkeitsschicht
 - 4 durchlässiger Fahrbelag (z. B. Pflaster)
 - 11 Baugrund mit Chloridbelastung, unter Fahrbelag mit Bettungsschicht und verdichteter Tragschicht nach den FGSV-RStO
- ^{a)} die untenliegende Biegezugbewehrung darf in Anlehnung an [10] hinsichtlich der Betondeckung in XC3 eingestuft werden (kein Chloridzutritt an die untere Bewehrung, Oberseite rissfrei). Dann keine Trennfolie auf der Sauberkeitsschicht, um Unterläufigkeit auf der Folie zu vermeiden

Randbedingungen

- die Längsbewehrung und Abstandhalter sind dort, wo die Bügelbewehrung als Top12 vorgesehen ist, ebenfalls in Top12 auszuführen
- das Gefälle kann auch als einseitiges Gefälle ausgeführt werden
- Schutz der unterirdischen Arbeitsfugen und Anschlüsse an Streifenfundamente erforderlich. Sofern dieser Schutz durch die gefügedichte Dreieckskehle oder Hohlkehle erbracht wird, ist eine Abdichtung nach DIN 18533 oder OS 5b technisch nicht zwingend erforderlich, wenn die entsprechenden Risiken in Kauf genommen werden. Diese Abdichtung bzw. OS 5b wird im DBV-Merkblatt [9] empfohlen.
- bei Rissbildung im Zerrbalken kann das technische Risiko steigen. Häufig sind Zerrbalken als Druckglieder aber wenig rissgefährdet. Die Rissgefährdung sollte durch den Planenden beurteilt werden.

Hinweise



Detail 9 /10: Zerrbalken Pflaster mit / ohne Gefälle oder im Gegengefälle, Zerrbalken bewehrt, Zerrbalkenoberseite bewehrt, Zerrbalkenoberseite mit Gefälle $\geq 2,5$ % (Detail links) / ohne Gefälle (Detail rechts)
<ul style="list-style-type: none">▪ Inspektion und Instandhaltung im unterirdischen Bereich nicht möglich;▪ bei Verzicht auf Abdichtung / OS 5b: Hinweis-, Aufklärungs- und Dokumentationspflicht berücksichtigen (hohe Anforderung an Aufklärung des Bauherrn).
Instandhaltung <ul style="list-style-type: none">▪ keine Instandhaltung erforderlich: wartungsfrei

5 ZULASSUNGEN / LITERATUR

Zulassungen:

- [1] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung: Nichtrostender, warmgewalzter, gerippter Betonstahl B500B NR, Werkstoff-Nr. 1.4003, Nenndurchmesser 8 bis 14 mm, Zulassungsbescheid Z-1.4-266 vom 30. Januar 2020, Deutsches Institut für Bautechnik.
- [2] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung: Nichtrostender, warmgewalzter Betonstabstahl B670B NR, Werkstoff-Nr. 1.4003, Nenndurchmesser 16 bis 28 mm, Zulassungsbescheid Z-1.4-272 vom 27. Januar 2020, Deutsches Institut für Bautechnik.

Untersuchungen:

- [3] G. Ebell, A. Burkert: Elektrochemische Untersuchungen zum kritischen korrosionsauslösenden Chloridgehalt in Mörteln. Gutachten des Fachbereichs 7.6 „Korrosion und Korrosionsschutz“ der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM). Aktenzeichen: 16017800, 20.02.2019.
- [4] Schiegg Y., Hunkeler F; Voûte, C.: Korrosionsbeständigkeit von nichtrostenden Betonstählen. Forschungsbericht zum Forschungsauftrag AGB 2005/010,2012; Schweizerische Eidgenossenschaft, November 2012.
- [5] Schiegg Y.; Hunkeler F.; Keller D., Ungricht H.: Maßnahmen zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit – Fortsetzung des Feldversuchs Naxberg, ASTRA Forschungsprojekt AGB 2005/01, 2017.

Gutachten:

- [6] A. Schießl-Pecka, A. Rausch: Lebenszykluskosten für Parkbauten. Gutachterliche Stellungnahme 18-369/1.1.2 vom 24.10.2019, Ingenieurbüro Schießl Gehlen Sodeikat, München.
- [7] A. Schießl-Pecka, A. Rausch: Gutachterliche Stellungnahme 18-328/1.1.1: Ergänzung der AbZ für Top12-Stahl, Reduzierung der Betondeckung bei XD/XS-Expositionen. Ingenieurbüro Schießl Gehlen Sodeikat, München, vom 02.04.2019.
- [8] matrices engineering GmbH: Einfluss von Abweichungen beim E-Modul von Betonstahl auf die Bemessung von Stahlbetonbauteilen im GZT und GZG nach EC2. Bericht ru-201988663, Index 2 vom 17.07.2019.

Literatur:

- [9] DBV Merkblatt „Parkhäuser und Tiefgaragen“, 3. Überarbeitete Ausgabe, Berlin, 2018.
- [10] DBV-Heft 42 „Ausführungsvarianten für dauerhafte Bauteile in Parkbauten - Beispielsammlung“, Fassung Januar 2019, Berlin, S.81.
- [11] C. Dauberschmidt, F. Becker: Neue Forschungsergebnisse zum Schutz von Bauteilen unter Pflasterbelägen. Beton- und Stahlbetonbau 113 (2018), Heft 10, S.737-745.
- [12] C. Dauberschmidt, F. Becker, A. Fraundorfer: Oberflächenschutzsysteme der neuen Generation - was können sie leisten? DBV-Arbeitstagung: Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen - Aktuelle Regelwerke und Hinweise zum Stand der Technik 04. April 2019, Hochschule München.
- [13] Dauberschmidt, C., Vestner, S., Becker, F., Meier, A.: Dauerhaftigkeitsaspekte von Stahlbetonbauteilen unter Pflasterbelägen. TAE-Kolloquium Parkbauten, 28. / 29. Januar 2014, Ostfildern.
- [14] F. Fingerloos, A. Meier: Dauerhaftigkeit von Betonbauteilen und Fundamenten unter durchlässigem Fahrbahnbelag. Beton- und Stahlbetonbau 106 (2011), Heft 9, S.622-628.
- [15] DAfStb Positionspapier 2015: Positionspapier des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton zum aktuellen Stand der Technik – Kritischer korrosionsauslösender Chloridgehalt. In Beton- und Stahlbetonbau 110 (2015), Heft 11, S.784-786.
- [16] Schießl-Pecka A., Rausch A., Zintel M., Linden C.: Lebenszykluskostenbetrachtungen für chloridexponierte Bauteile in Parkbauten. In Tagungsband: Kolloquium „Parkbauten“, 4-5 Februar 2020, TAE - Technische Akademie Esslingen, Esslingen.
- [17] Schießl-Pecka, A., Rausch, A., Zintel, M. and Linden, C. (2019), Lebenszykluskostenbetrachtungen für chloridexponierte Bauteile von Brücken- und Tunnelbauwerken. Beton- und Stahlbetonbau, 114: 767-775. doi:10.1002/best.201900038.
- [18] Gehlen, C., Schießl, P. and Schießl-Pecka, A. (2008), Hintergrundinformationen zum Positionspapier des DAfStb zur Umsetzung des Konzepts von leistungsbezogenen Entwurfsverfahren unter Berücksichtigung von DIN EN 206-1, Anhang J, für dauerhaftigkeitsrelevante Problemstellungen. Beton- und Stahlbetonbau, 103: 840-851. doi:10.1002/best.200808230.
- [19] v. Greve-Dierfeld, S., Bisschop, J. and Schiegg, Y. (2017), Nichtrostende Bewehrungsstähle zur Verlängerung der korrosionsfreien Lebensdauer von Stahlbetonbauwerken. Beton- und Stahlbetonbau, 112: 601-610. doi:10.1002/best.201700038.
- [20] Bisschop, J.; Schiegg, Y.; Linden, C.: Effect of rebar and cement type on the critical chloride content of reinforced concrete. Proceedings of EUROCORR, Montpellier (F), September 2016.
- [21] Ebell, G., Burkert, A., Günther, T. and Wilsch, G. (2020), Untersuchungen zum korrosionsauslösenden Chloridgehalt an nicht rostendem ferritischem Betonstahl in Mörtel. Bautechnik, 97: 21-31. doi:10.1002/bate.201900077.

- [22] Dauberschmidt, C.; Fraundorfer, A.: Untersuchungen zum kritischen korrosionsauslösenden Chloridgehalt von Top12- Bewehrungsstäben im Trennrissbereich von Stahlbeton. Abschlussbericht der Hochschule München vom 07.06.2021
- [23] Benedix, R.: Bauchemie: Einführung in die Chemie für Bauingenieure und Architekten (Deutsch) Gebundene Ausgabe – 19. August 2015.
- [24] BAW-Merkblatt: Dauerhaftigkeitsbemessung bei Carbonatisierung und Chlorideinwirkung (MDCC), Ausgabe 2019

Prof. Dr.-Ing. C. Dauberschmidt



Dipl.-Ing. S. Vestner