

Dauerhafter Schutz vor Korrosion

Glasfaserverbundwerkstoff als Bewehrung von Bodenplatten in Tiefgaragen

Korrosionsschäden bei Parkdecks und Tiefgaragen sind für die Betreiber ein teures und unerfreuliches Dauerthema. Wenn in den Stahlbetonbauteilen Wasser und Luft durch Risse im Beton bis zum Bewehrungsstahl vordringen, beginnt dieser zu korrodieren. Die in fast jedem Parkbauwerk vorhandenen Chlorideinträge, bspw. durch Tausalz im Winter, verstärken und/oder initiieren die Korrosion. Am häufigsten sind Bodenplatten betroffen, da hier eine besonders hohe mechanische Beanspruchung besteht. Konventionell und präventiv werden solche Bauten durch Instandhaltungsintensive Oberflächenbeschichtungen vor Korrosionsschäden geschützt. Als langlebige und wirtschaftliche Lösung bietet sich eine Bewehrung aus Glasfaserverbundwerkstoff an. Dieser ist hochfest, chemisch beständig und korrosionsresistent, wodurch hohe Instandhaltungskosten vermieden werden.

Stichworte Tiefgaragen; Korrosion; Glasfaserverbundwerkstoff; Bewehrung; Bodenplatten; Dauerhaftigkeit; Wirtschaftlichkeit

Durable protection against corrosion – glass fiber reinforced polymer (GFRP) as reinforcement for raft foundation slabs in underground car parks

Corrosion damage to parking decks and underground garages is an expensive and unpleasant ongoing issue for operators. When water and air penetrate the reinforced concrete components through cracks in the concrete to the reinforcing steel, it begins to corrode. The chloride ingress, which is present in almost every parking structure, e. g. from de-icing salt used in winter, increases and/or initiates this corrosion. Raft foundation slabs are most frequently affected, as they are subjected to particularly high mechanical stress. As a preventive measure, such structures are protected from corrosion by high-maintenance surface coatings. A durable and economical solution is to use glass fiber reinforced polymer reinforcement. This is high-strength, chemically resistant and corrosion-resistant, which avoids high maintenance costs.

Keywords underground garages; corrosion; glass fiber reinforced polymer reinforcement; reinforcement; raft foundation; durability; economic efficiency

1 Einleitung

Da Beton nur geringe Zugspannungen aufnehmen kann, können sich in dem Material so lange Risse bilden, bis die Zugspannungen im Beton abgebaut sind. Die Spannungen resultieren sowohl aus äußeren Lasten wie auch innerem Zwang. Hierbei wird zwischen frühem Zwang aufgrund von Hydratationswärme beim Aushärten des Betons und spätem Zwang, bspw. durch ungleichmäßige Erwärmung des Betonbauteils, unterschieden.

Bereits ab einer Rissbreite von ca. 0,1 mm dringt Wasser ein, wodurch die herkömmliche Stahlbewehrung angegriffen wird. Der Korrosionsprozess wird durch die Carbonatisierung des Betons, durch Chloride, säurehaltiges Wasser oder auch Temperaturanstieg im Beton zusätzlich verstärkt. Das ist u. a. dann der Fall, wenn das im Winter dem Wasser beigemischte Tausalz zu Chlorideinträgen führt. Die durch Korrosion entstandene Rostschicht, welche ein höheres Volumen als der Betonstahl hat, entwickelt eine so große Kraft, dass der Beton auf- bzw. absprengt wird. Auf diese Weise gelangen Wasser und Luft noch schneller an die Bewehrung und der Schaden nimmt kontinuierlich zu. Daher ist es essenziell, sich mit Korrosionsschutzmaßnahmen zu beschäftigen, um die Lebensdauer von Betonbauteilen zu verlängern und somit nachhaltige Bauteile zu schaffen.

2 Korrosionsschutzmaßnahmen

2.1 Konventionelle Maßnahmen gegen Korrosion

Zum Schutz der Bewehrung gegen eindringendes Wasser schreibt die DIN EN 1992-1 größere Betondeckungen über den Bewehrungsstäben vor, als dies früher der Fall war. Das führt in Bauwerken wie Tiefgaragen dazu, dass die Bodenplatten dicker ausgeführt werden müssen.

Zusätzlich bemessen Statiker eine Platte häufig nach dem Entwurfsgrundsatz b der DBV-Merkblätter Nr. 42 und 46 [1, 2]. Dabei werden die auftretenden Spannungen im Beton auf mehrere schmale Risse mit geringer Rissbreite verteilt. Um die Korrosion des Betonstahls zu vermeiden, wird eine rissüberbrückende Beschichtung (Oberflächenschutzsystem OS 10, OS 11 oder OS 13) auf die Platte aufgebracht. Diese Beschichtung aus Kunstharz ist so flexibel, dass sie sich über die Risse spannen kann und auch dann noch für Dichtigkeit sorgt, wenn diese sich aufgrund von Temperaturänderungen öffnen und wieder schließen.

2.2 Kostspielige Bodenbeschichtung

Allerdings haben rissüberdeckende Beschichtungen den Nachteil, dass es sich um ein sehr kostspieliges Verfahren

Tab. 1 Auszug DBV-Merkblätter Nr. 42 und 46 (in Anlehnung an [1, 2])
 Excerpt DBV bulletins No. 42 and 46 (acc. to [1, 2])

Variante	Untervariante	EGS
A (Beton nackt)	A1: ohne Risse	EGS a
	A2: mit lokal behandelten Rissen (Bandagen)	EGS c
B (OS flächig)	B1: OS 8 (starr), mit lokal behandelten Rissen	EGS a, c
	B2: OS 11 oder OS 10 oder OS 14 (rissüberbrückend)	EGS a, b
C (Abdichtung flächig und unterlaufsicher)	C1: einlagige Bahn oder OS 10 + Gussasphalt	EGS a, b
	C2: zweilagige Bahnen + Schutzschicht	
	C3: Warmdach	
	C4: Umkehrdach	
KKS	KKS: Präventiver kathodischer Korrosionsschutz	EGS a, c
Rostfrei	Nichtrostende chloridbeständige Bewehrung	EGS a, c

Combar wird in den DBV-Merkblättern Nr. 42 und 46 als Variante „Rostfrei: Nichtrostende chloridbeständige Bewehrung“ mit abZ“ aufgeführt. Es kann mit den Entwurfsgrundsätzen a + c sowie unter Berücksichtigung der Wasserdichtheit mit EGS b geplant werden.

handelt: Das hochwertige Material wird direkt auf die Decke aufgebracht, wobei der Untergrund (die Betonoberfläche) sehr eben und sauber sein muss. Das Auftragen erfolgt in drei bis vier Schichten und muss danach gut austrocknen. All dies führt zu einer langen Einbauzeit. Außerdem kann dieser komplizierte Einbau nur von Experten durchgeführt werden.

Ein weiteres Problem ist die weiche Konsistenz der Beschichtungen, wodurch sie verschleiß- und abriebanfällig sind. Oft müssen sie – besonders in stark befahrenen Rampenbereichen wie u. a. im Ein- und Ausfahrtsbereich – bereits nach wenigen Jahren ersetzt werden. Dabei muss die alte Beschichtung komplett entfernt und als Sondermüll entsorgt werden. Anschließend muss die Betonoberfläche gereinigt und nachbehandelt werden, bevor die neue Beschichtung aufgebracht werden kann. Die langfristigen Folgekosten sind somit immens und werden noch höher, wenn die Tiefgarage aufgrund der Wartungsarbeiten teilweise oder sogar ganz geschlossen werden muss. Für die Betreiber können sich die Gewinnauffälle schnell im mehrstelligen Bereich bewegen.

Eine weitere Anwendung in der Praxis findet der Entwurfsgrundsatz c nach DBV-Merkblatt Nr. 42 und DBV-Merkblatt Nr. 46. Bei dieser Bauweise werden wenige breite Risse durch Sollrisselemente eingeplant und lokal durch Rissbandagen geschützt. Zwischen diesen wird der Beton als ungerissen angenommen, wobei auch in diesen Bereichen oftmals zusätzlich ein Oberflächenschutzsystem OS 8 angebracht wird. Trotz der planmäßigen Risse können bei diesem Entwurfsgrundsatz jedoch weitere ungeplante Risse entstehen, die erneut abgedichtet werden müssen.

Eine weitere Kehrseite der Korrosionsschutzmaßnahmen: Bei allen genannten Entwurfsgrundsätzen müssen die Rissbandagen und Oberflächenbeschichtungen regelmäßig mit entsprechendem Kosten- und Zeitaufwand

instand gehalten werden. Außerdem bleibt das Korrosionsrisiko des Betonstahls bestehen. Nicht zuletzt können die Beschichtungen beim Befahren auch zu einer Lärmbelästigung für Anrainer durch den Reifenschlupf führen, da die Oberfläche glatter ist als normaler Asphalt.

2.3 100% korrosionsresistent für 100 Jahre

Eine wirtschaftliche und planungsfreundliche Lösung bietet der bauaufsichtlich zugelassene Glasfaserverbundwerkstoff Schöck Combar, der in den DBV-Merkblättern Nr. 42 und 46 als Variante „Rostfrei: Nichtrostende chloridbeständige Bewehrung mit abZ“ aufgeführt ist (Tab. 1). Diese kann mit jedem Entwurfsgrundsatz geplant werden (EGS a, b, c). In diesem Fall kann auf die Instandhaltung aus Bewehrungskorrosionsgründen komplett verzichtet werden. Abweichend von der Variante Rostfrei kann Combar in den Entwurfsgrundsätzen a + c auch lediglich als obere Bewehrungslage eingesetzt werden. Dabei müssen Solltrennrissen mit Rissbandagen abgedichtet werden. Es ist hierbei zusätzlich besonders darauf zu achten, konstruktive sowie beton- und ausführungstechnische Maßnahmen einzuhalten, um nachträglich auftretende Trennrissen zu vermeiden.

Schöck Combar kann in allen Umwelumgebungen eingebaut werden – und zwar mit minimaler Betondeckung gemäß DIN EN 1992-1. Combar ist zu 100% korrosionsbeständig und erreicht eine Lebensdauer von über 100 Jahren, die auch in chemisch aggressiven Umgebungen nachgewiesen wurde.

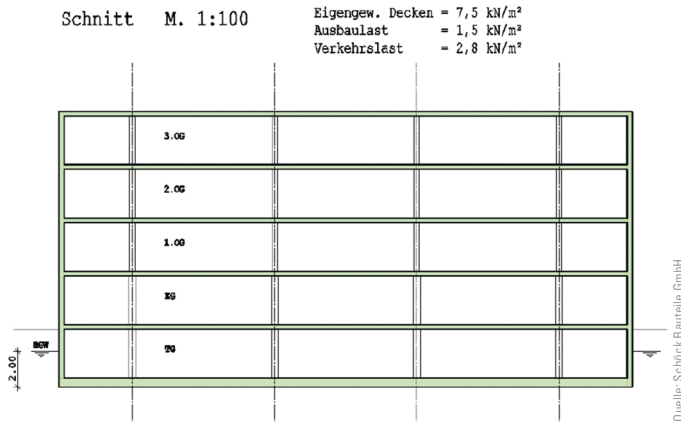


Bild 1 Querschnitt Tiefgaragenbodenplatte
Cross section underground garage raft foundation slab

3 Wirtschaftlichkeitsberechnung

3.1 Randbedingungen

In folgender Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird eine tragende Tiefgaragenbodenplatte (Bilder 1, 2) betrachtet. Die Randbedingungen für die Tiefgaragenbodenplatte werden größtenteils aus [3] entnommen.

In [3] wurde eine Parameterstudie mit verschiedenen Bodenplattenvarianten nach dem DBV-Merkblatt 42 bzw. 46 Parkhäuser [1, 2] durchgeführt. Analog zu [3] wird im Folgenden eine repräsentative Tiefgaragenbodenplatte eines Bürogebäudes betrachtet. Dabei werden Stützen in einem Raster von 8,0 m angeordnet, was sich durch die erforderlichen Parkplatzgeometrien ergibt. Durch die Stützen werden die Lasten aus den Obergeschossen in die Bodenplatte eingeleitet. Außerdem wird die Bodenplatte aufgrund des Kontakts mit Grundwasser in WU-Bauweise geplant. In Tab. 2 werden weitere Randbedingungen und Berechnungsparameter genannt.

3.2 Varianten

Für die Tiefgaragenbodenplatte werden die in Tab. 3 aufgelisteten drei Varianten betrachtet. Als Vergleichsvariante wird eine übliche Ausführung aus Betonstahl mit Oberflächenschutzsystem im EGS b gewählt. Die Combar-Varianten 1 und 2 variieren in dem zugrunde liegenden Entwurfsgroundsatz (EGS) nach den DBV-Merkblättern 42 und 46 und der unteren Längsbewehrungslage [1, 2]. Im Gegensatz zur Betonstahlvariante 3 ist bei den Combar-Varianten 1 und 2 keine Instandhaltungsintensive Oberflächenbeschichtung notwendig, da Combar korrosionsresistent ist.

Da bei der Variante 1 im EGS b Trennrisse entstehen können, ist hier eine Bewehrung mit Combar in beiden Bewehrungslagen vorgesehen.

Im Gegensatz dazu werden bei der Variante 2 in EGS a + c Solltrennrisse eingeplant, welche mit Rissbandagen abge-

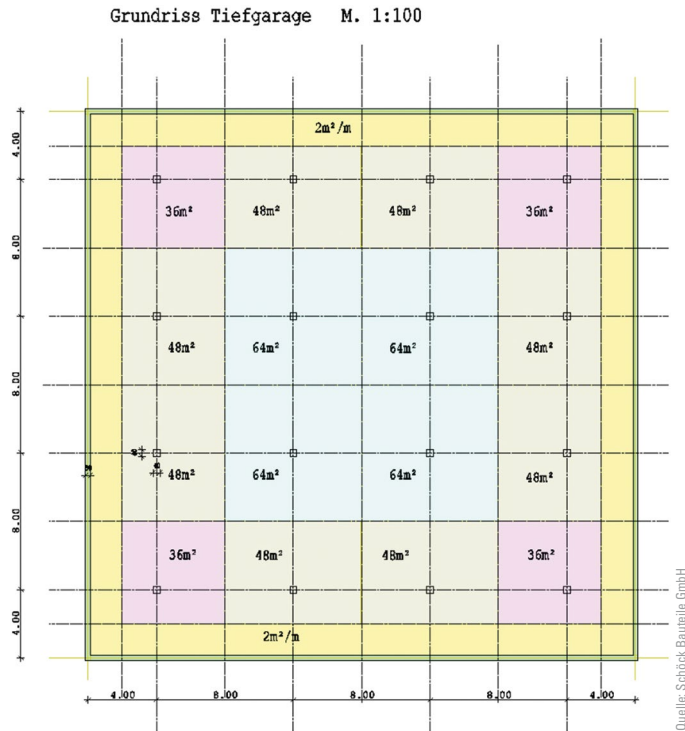


Bild 2 Grundriss Tiefgaragenbodenplatte – der grün umrandete Bereich stellt die Wand dar, die 16 kleinen Vierecke symbolisieren die Stützen
Ground plan underground garage raft foundation slab

dichtet werden müssen. Diese werden in den Feldbereichen zwischen den Stützen angeordnet. Dadurch entstehen i.d.R. keine nachträglich auftretenden Trennrisse, wodurch die untere Stahlbewehrungslage ausreichend vor Korrosion geschützt ist. Daher wird Combar lediglich in der oberen Bewehrungslage eingesetzt. Bei dieser Variante ist besonders darauf zu achten, dass der Zwang im Beton durch konstruktive, ausführungstechnische und/oder betontechnische Maßnahmen reduziert wird, sodass keine nachträglichen Risse im Beton entstehen. Beispielsweise können Betonierabschnittsfugen erstellt werden, um die Zwangsspannungen im Beton zu reduzieren.

Tab. 2 Annahmen in Anlehnung an [3]
Assumptions based on [3]

Geschossanzahl	4
Betonfestigkeitsklasse	C35/45
Stützenmaße	50 cm × 50 cm
Plattendicke	75 cm
Länge × Breite	32 m × 32 m
Grundwasserstand	2,0 m
max. Rissbreite	0,2 mm
Betonalter Rissbreitennachweis	1 d
c_{nom} (Combar)	3 cm
c_{nom} (Stahl)	4 cm oben; 3,5 cm unten
Statisches System	unbestimmt
Reibungsbeiwert μ	0,6

Tab. 3 Combar- und Betonstahlvarianten nach [1, 2]
Combar and reinforcing steel variants acc. to [1, 2]

Variante	EGS	Längsbewehrung		Querkraftbewehrung
		Obere Lage	Untere Lage	
1	b	Combar	Combar	Nichtrostender Betonstahl B500 NR 1.4482
2	a + c	Combar	Betonstahl B500	Nichtrostender Betonstahl B500 NR 1.4482
3	b	Betonstahl B500	Betonstahl B500	Betonstahl B500

Nachträglich auftretende Biegerisse müssen nach spätestens fünf Jahren – und Trennrisse nach spätestens einem Jahr abgedichtet werden.

Da der gebogene Combar-Stab aktuell noch relativ geringe Bemessungswerte aufweist, ist eine Variante mit Combar als Querkraftbewehrung mit den gewählten Randbedingungen unwirtschaftlich. Daher wird als Querkraftbewehrung der nichtrostende Betonstahl B500 NR mit der Werkstoffnummer 1.4882 gewählt. Bei einer geringeren

Geschosszahl über der Tiefgarage wäre die Belastung der Bodenplatte durch die Stützen geringer und eine Bewehrung mit gebogenen Combar-Stäben wirtschaftlicher. Außerdem kann eine konstruktive Bewehrung, wie z.B. die Steckbügel am Rand der Bodenplatte, aus gebogenen Combar-Stäben ausgeführt werden.

Bei der üblichen Betonstahlvariante 3 muss der Betonstahl mit einer Instandhaltungsbedürftigen und teuren Oberflächenbeschichtung vor Korrosion geschützt werden.

max my
Schnittgrößen Th. 1. O. DIN EN 1992-1-1 2015-03, Grundkombination - max my,d [kNm/m]

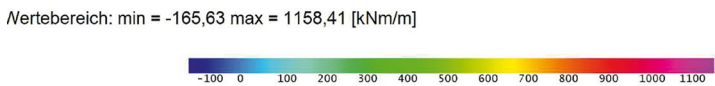
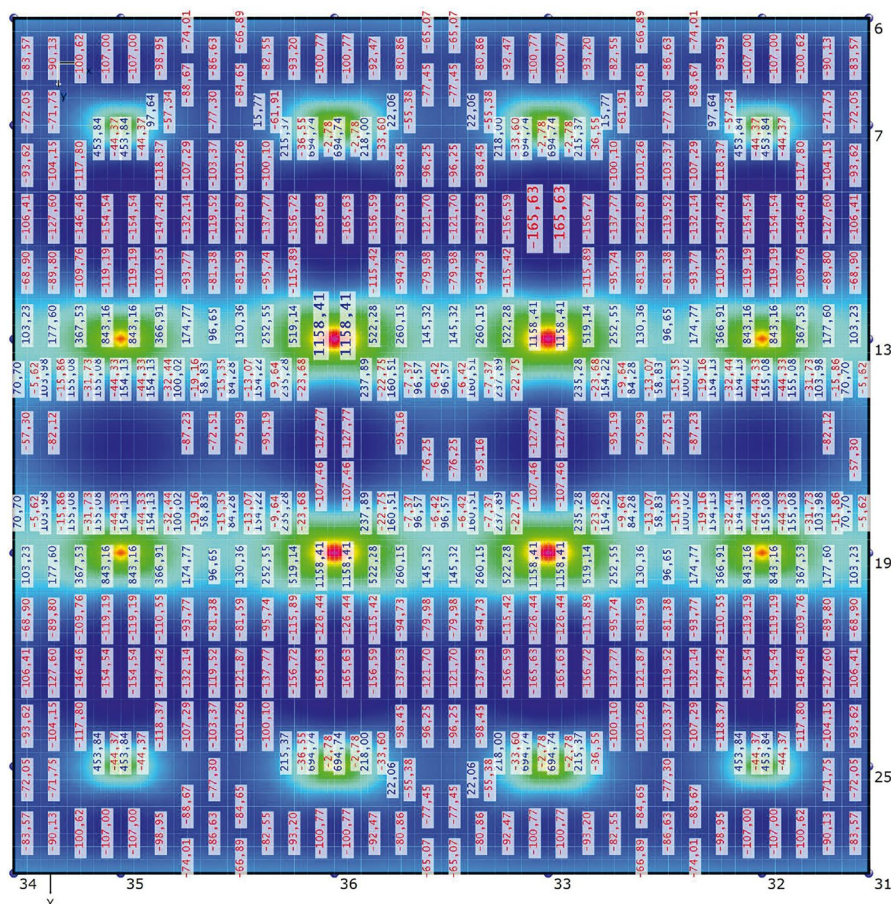


Bild 3 Beispielhafte Schnittgrößen aus Software „Faltwerk“ D.I.E. Baustatik
Exemplary internal forces from software “Faltwerk” D.I.E. Baustatik

3.3 Statik

Die Statik der Bodenplatte wird mit dem Programm FRILO berechnet. Im Folgenden werden die Unterschiede und Vorgehensweisen in der Statik mit Combar gegenüber Betonstahl genannt. Die für die Tiefgaragenbodenplatte relevanten Nachweise für Combar können mit dem Modul B2 der Software FRILO erbracht werden. Combar kann als Bewehrung ausgewählt, die maßgebenden Schnittgrößen eingegeben und der GZT-Nachweis der Biegung und Querkraft erbracht werden. Beispielsweise sind in Bild 3 die Momentenschnittgrößen des Systems dargestellt, welche als Eingangsdaten für FRILO verwendet werden. Des Weiteren ist Combar u. a. in den Modulen RTOOL, BALKEN, FUNDA, ZWAX, RTWALLS, iTWO Structure, TRIMAS sowie LIMES der Software RIB implementiert und kann auch damit in gewohnter Softwareumgebung bemessen werden.

3.4 Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) – Biegung und Querkraft

Die für den Biege- und Querkraftnachweis erforderliche Combar-Bewehrung wird mit dem Teilmodul B2 in FRILO ermittelt. Darin sind alle für Combar relevanten Bemessungswerte und Formeln implementiert. Hierbei werden die maßgebenden Schnittgrößen, v. a. im Stützbereich, verwendet. Der Biegenachweis wird dabei analog zur DIN EN 1992-1 mit dem Bemessungswert von Combar durchgeführt.

Um die Bemessungsquerkraft [kN/m] zu ermitteln, wird diese [kN] durch die Länge des kritischen Rundschnitts [m] dividiert, die aus D.I.E. Baustatik entnommen wird.

Erwähnenswert ist auch, dass die Querkraftbemessung für die Variante 1, bei der die Combar-Längsbewehrung in beiden Lagen vorgesehen ist, nach dem Ansatz von Kurth und Hegger [4] erfolgt. Bei diesem Ansatz setzt sich die gesamte Querschnittstragfähigkeit V_{Rd} aus einem Betontraganteil $V_{Rd,c}$ und einem Querkraftbewehrungstraganteil $V_{Rd,f}$ zusammen.

Bei der Variante 1 muss deutlich mehr Querkraftbewehrung eingelegt werden als bei der Variante 2 und der Betonstahlvariante 3. Grund dafür ist das im Vergleich zu Betonstahl geringere E-Modul von Combar. Dadurch kommt ein geringerer Betontraganteil $V_{Rd,c}$ eines Querschnitts mit einer Combar-Längsbewehrung zustande. Da eine Querkraftbewehrung aus Combar für die angenommenen Randbedingungen unwirtschaftlich ist, wird eine Edelstahlquerkraftbewehrung mit der Werkstoffnummer 1.4482 angesetzt. Um die erforderliche Querkraftbewehrung bei diesen Varianten zu minimieren, wird außerdem die Längsbewehrungsmenge erhöht.

Die Querkrafttragfähigkeit der Variante 2 wird analog zu DIN EN 1992-1 berechnet. Bei dieser wird die Längsbewehrung in der unteren Lage aus Betonstahl vorgesehen.

3.5 Nachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG) – Begrenzung der Rissbreite/ Mindestbewehrung

Der für die Längsbewehrung in den Bereichen zwischen den Stützen maßgebende Nachweis ist der Rissbreitenachweis aus frühem (Hydratations-)zwang. Dieser muss, nach [3], für die Combar-Variante 1 im EGS b durchgeführt werden. Dafür wird das Modul B11 der Software FRILO genutzt. Da die Bodenplatte wasserdicht ausgeführt werden muss, wird die Rissbreite auf 0,2 mm begrenzt. Aus Bewehrungskorrosionsgründen müsste die Rissbreite mit Combar als korrosionsresistente Bewehrung nicht begrenzt werden. Die mit FRILO errechnete Bewehrungsmenge aus Betonstahl [cm²/m] wird anschließend vereinfacht mit dem Faktor 1,83 multipliziert, um die erforderliche Bewehrungsmenge aus Combar [cm²/m] zu erhalten. Die Herleitung dieses Umrechnungsfaktors der Rissbewehrung wird im Folgenden erläutert. Wie bei Betonstahl verhält sich der Gesamtschlupf am Stabende in einem Verbundversuch quadratisch zur aufgetragenen Spannung σ . Außerdem ist die Rissbreite w_k proportional zum E-Modul des Bewehrungsstabs und zum Stabdurchmesser \varnothing . Somit ergibt sich die folgende Umrechnungsgleichung (Gl. (1)) (für gleiche Rissbreiten):

$$\frac{w_{k,Combar}}{w_{k,B500}} = \left(\frac{E_{Combar}}{E_{B500}} \right) \times \left(\frac{\varnothing_{Combar}}{\varnothing_{B500}} \right) \times \left(\frac{\sigma_{Combar}}{\sigma_{B500}} \right)^2 = 1,0 \quad (1)$$

$$\frac{w_{k,Combar}}{w_{k,B500}} = \frac{200.000 \text{ N/mm}^2}{60.000 \text{ N/mm}^2} \times \left(\frac{\varnothing_{Combar}}{\varnothing_{B500}} \right) \left(\frac{\sigma_{Combar}}{\sigma_{B500}} \right)^2 = 1,0$$

Bei gleicher Rissbreite und gleichem Stabdurchmesser folgt daraus Gl. (2):

$$\text{erf.} A_{Combar} = \sqrt{\frac{200}{60}} A_{B500} = 1,83 A_{B500} \quad (2)$$

Eine genaue Berechnung der Rissbreitenbewehrung ist auch in der bauaufsichtlichen Zulassung von Combar in Anlehnung an DIN EN 1992-1 geregelt [5, 6].

Bei der Combar-Variante 2 mit EGS a + c ist eine Mindestbewehrung ausreichend, da hier der Hydratationszwang durch Solltrennelemente reduziert wird.

3.6 Konstruktion

3.6.1 Variante 1 – Combar in der oberen und unteren Lage mit EGS b

Erforderliche Biegebewehrung

In Bild 4 ist die erforderliche Biege-/Längsbewehrung der betrachteten Tiefgaragenbodenplatte dargestellt.

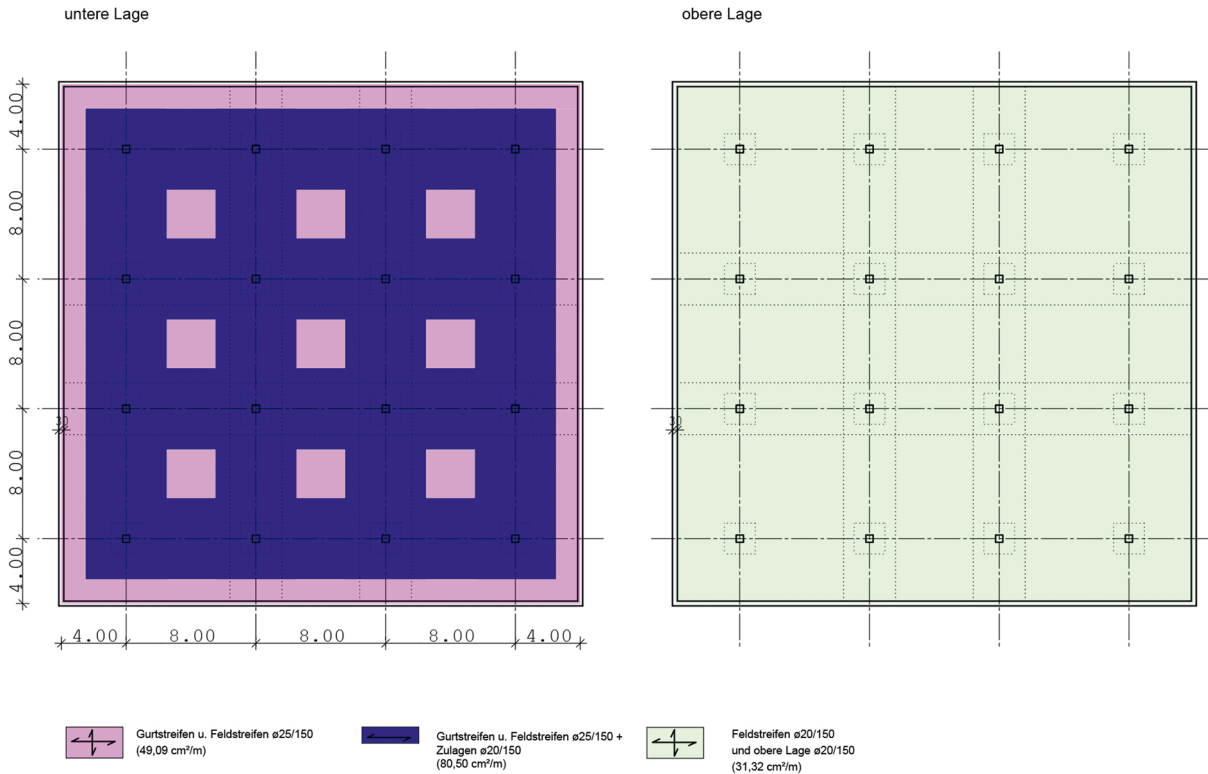


Bild 4 Variante 1 Biege-/Längsbewehrung
Variant 1 bending/longitudinal reinforcement

Erforderliche Querkraftbewehrung

In Bild 5 ist die erforderliche Querkraftbewehrung der betrachteten Tiefgaragenbodenplatte dargestellt.

3.6.2 Variante 2 – Combar in der oberen Lage und Betonstahl in der unteren Lage mit EGS a + c

Erforderliche Biegebewehrung

In Bild 6 ist die erforderliche Biege-/Längsbewehrung der betrachteten Tiefgaragenbodenplatte dargestellt.

Erforderliche Querkraftbewehrung

In Bild 7 ist die erforderliche Querkraftbewehrung der betrachteten Tiefgaragenbodenplatte dargestellt.

4 Regeldetails

In den Bildern 8–10 sind beispielhafte Ausführungen/Ausbildungen von Stützen- und einem Wandanschluss dargestellt. Die Querkraftbewehrung kann anstelle von gebogenen Edelstahlstäben, abhängig von der Größe der Querkraft, auch mit gebogenen Combar-Stäben oder Edelstahldurchstanzbewehrung ausgeführt werden. Die Stützenanschlussbewehrung wird aus Korrosionsgründen in den unteren 50 cm der Stütze aus Edelstahl B 500 NR (Werkstoffnummer 1.4882) ausgeführt. Diese übergreifen die Stahlbewehrung, welche sich oberhalb der 50 cm in

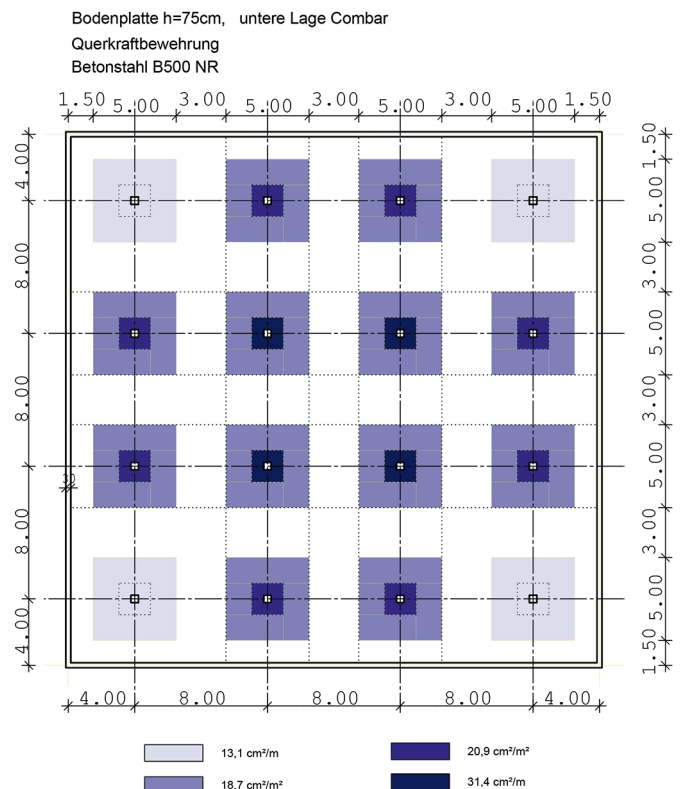


Bild 5 Variante 1 Querkraftbewehrung
Variant 1 shear force reinforcement

der Stütze befindet. Eine weitere mögliche Ausführung des Stoßes sind Muffen. Bei vorwiegend biegebeanspruchten Stützen kann die Stützenanschlussbewehrung auch mit Combar ausgeführt werden.

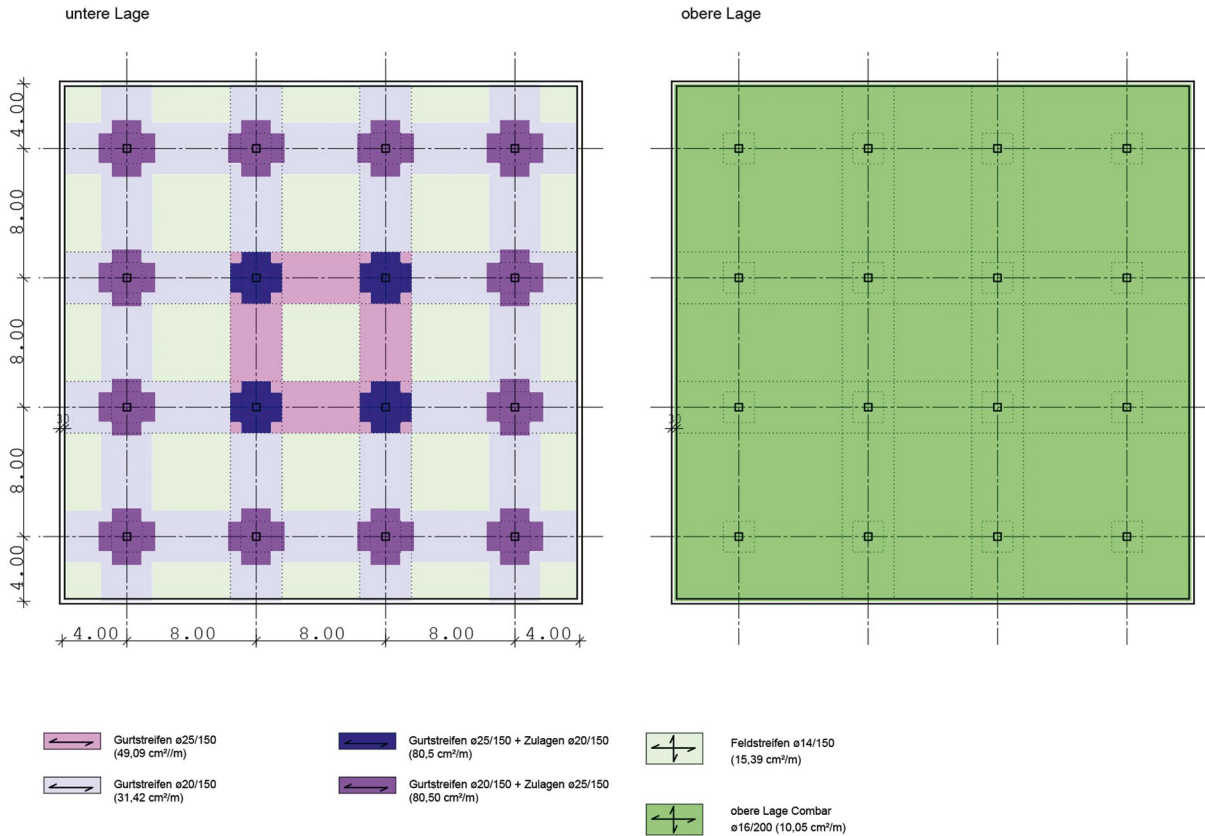


Bild 6 Variante 2 Biege-/Längsbewehrung
Variant 2 bending/longitudinal reinforcement

Bodenplatte h=75cm, untere Lage Betonstahl B500NR
Querkraftbewehrung
Betonstahl B500 NR

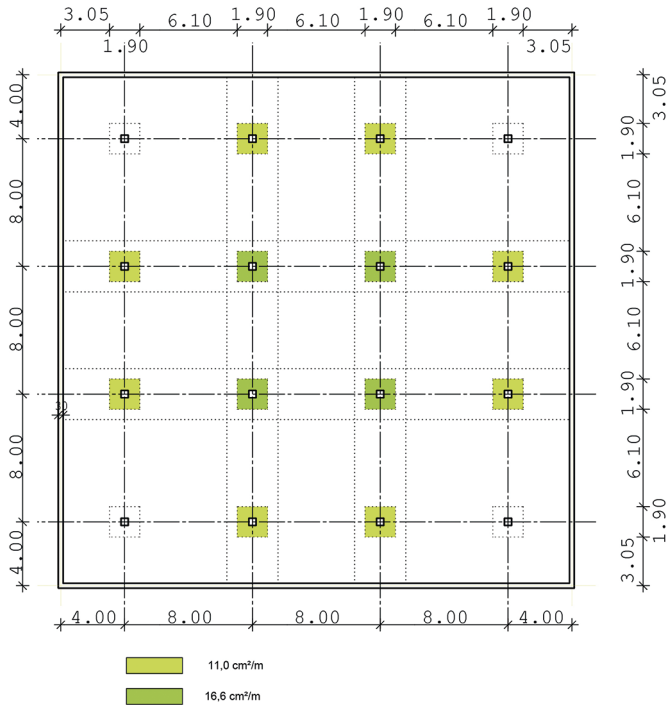


Bild 7 Variante 2 Querkraftbewehrung
Variant 2 shear force reinforcement

Anschluss Stütze M. 1:20

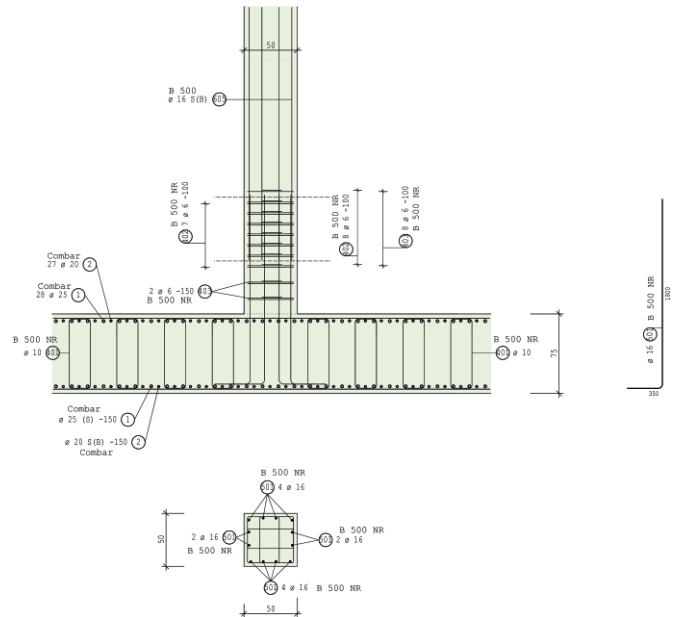


Bild 8 Anschluss Stütze Variante 1 – Combar in der oberen und unteren Lage mit EGS b
Connection of column variant 1 – Combar in the upper and lower layer with EGS b

5 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

In Bild 11 werden die Kosten in €/m² der Bewehrung, des Betons und der Oberflächenbeschichtung der betrachteten Tiefgaragenbodenplatte und der unteren 50 cm

Anschluss Stütze M. 1:20

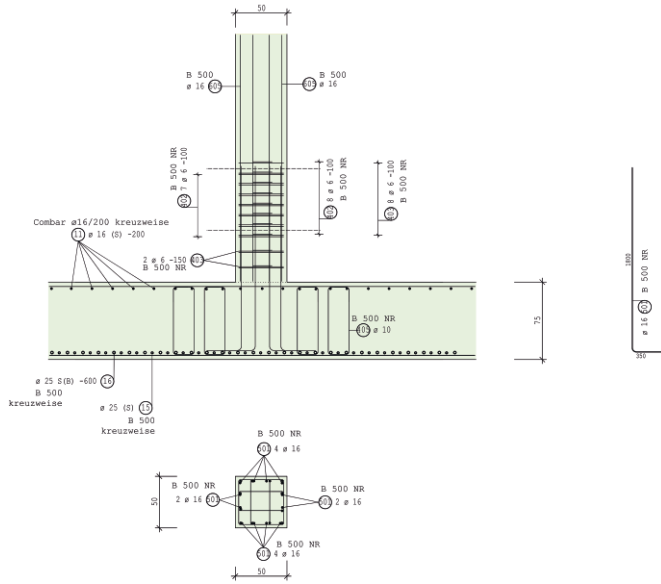


Bild 9 Anschluss Stütze Variante 2 – Combar in der oberen Lage und Betonstahl in der unteren Lage mit EGS a + c
 Connection of column variant 2 – Combar in the upper layer and reinforcing steel in the lower layer with EGS a + c

der Stützen über eine Gesamtbauteillebensdauer von 100 Jahren betrachtet. Die Zeit bis zur Erneuerung/Instandsetzung der Oberflächenbeschichtung wird auf der sicheren Seite in Höhe von 25 Jahren angenommen. Jedoch kann diese in Realität auch deutlich geringer ausfallen. Die Zeit bis zur Erneuerung/Instandsetzung der Rissbandage wird zu 12,5 Jahren angenommen. Es ist ersichtlich, dass die Combar-Variante 1 ca. 33% höhere Investitionskosten als die Betonstahlvariante 3 hat. Allerdings weist die Combar-Variante 1 bereits nach der ersten Instandhaltung/Erneuerung der Oberflächenbeschichtung eine höhere Wirtschaftlichkeit auf. Die Combar-Variante 2 ist bereits bei der Erstinvestition wirtschaftlicher

Anschluss Wand M. 1:20

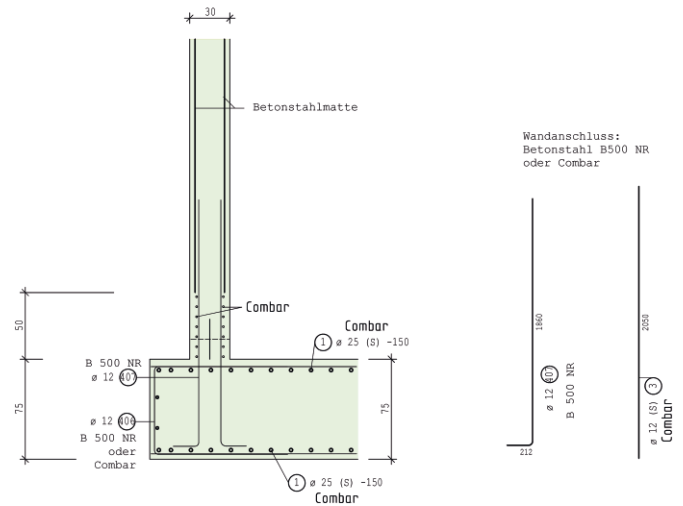


Bild 10 Anschluss Wand Variante 1 oder 2
 Connection of wall variant 1 or 2

als die Betonstahlvariante 3. Jedoch muss bei dieser Variante besonders auf die Vermeidung von auftretenden Trennrissen geachtet werden bzw. sind diese bei Entstehung nachträglich abzudichten.

6 Zusammenfassung

Mit Glasfaserverbundwerkstoff besteht kein Bewehrungskorrosionsrisiko. Dadurch ist eine mit Combar bewehrte Tiefgaragenbodenplatte (Bild 12) v. a. bezogen auf den gesamten Lebenszyklus wirtschaftlicher und ökologischer. Im Vergleich dazu besteht bei einer Ausführung der Bodenplatte mit Betonstahl immer ein Korrosionsrisiko, z.B. bei Beschädigungen wie Rissen an der Oberflächenbeschichtung.

Lebenszykluskosten von Tiefgaragenbodenplatte

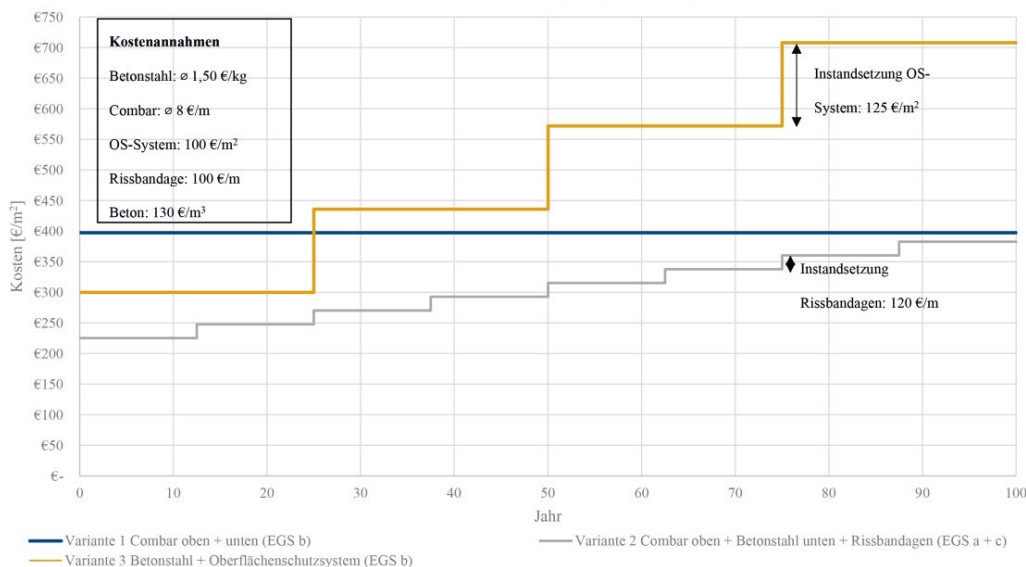


Bild 11 Kosten im Vergleich
 Cost comparison

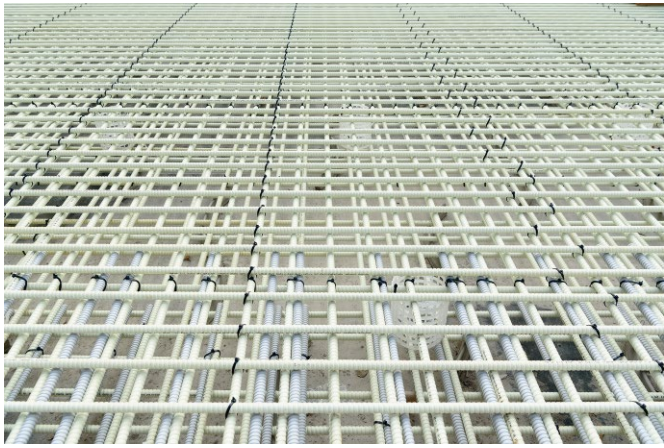


Bild 12 Nichtrostende Glasfaserverbundbewehrung Combar
Non corrosive glass fiber reinforced polymer reinforcement Combar

Bei geringeren Geschosshöhen über Tiefgaragen und folglich geringeren Lasten sinkt der erforderliche Bewehrungsgehalt und die Wirtschaftlichkeit von Combar steigt.

Bei nichttragenden Tiefgaragenbodenplatten ist die Wirtschaftlichkeit von Combar sogar deutlich höher, da hier i. d. R. keine Querkraftbewehrung benötigt wird.

6.1 Wirtschaftliche und nachhaltige Lösung

Glasfaserverbundwerkstoff erfordert keine zusätzliche Betondeckung zum Korrosionsschutz des Bewehrungsstabs. Wird Combar in einer befahrenen Tiefgaragenbodenplatte eingesetzt (Bild 13), erübrigt sich neben dem Auftragen einer Oberflächenbeschichtung auch deren Instandhaltung. Bei anstehendem Wasser muss lediglich die



Bild 13 Combar in Tiefgaragenbodenplatten
Combar in underground garages raft foundation slabs

Wasserdichtheit der Bodenplatte gewährleistet sein. Nach der WU-Richtlinie sind Tiefgaragenbodenplatten in Nutzungsklasse B eingeordnet. In diesem Fall ist ein begrenzter Wasserdurchtritt zulässig und die maximale Betonrissbreite muss begrenzt und/oder die Risse müssen gegen Wasser abgedichtet werden.

Im Vergleich zur klassischen Stahlbewehrung zeichnet sich Combar also eindeutig als wirtschaftlichere Lösung aus. Außerdem bietet die Variante mit Combar in der oberen und unteren Bewehrungslage höhere Sicherheit für Planungsbüros und Bauunternehmen, da nachträglich auftretende Risse aus Korrosionsgründen keine Rolle spielen. Wenn zudem die Opportunitätskosten, die bei einer sanierungsbedingten Schließung des Parkhauses anfallen, mit in die Gesamtkostenrechnung einbezogen werden, wird der Vorteil der glasfaserverstärkten Bewehrung noch deutlicher.

Literatur

- [1] DBV-Heft 42 (2019) *Ausführungsvarianten für dauerhafte Bauteile in Parkbauten – Beispielsammlung*. Berlin: Beuth. Ausgabe Jan. 2019.
- [2] DBV-Heft 46 (2021) *Dauerhaftigkeit von Betonbauteilen in Parkbauten*. Berlin: Beuth. Ausgabe Jan. 2021.
- [3] Stettner, C.; Dauberschmidt, C. (2017) *Tragende Bodenplatten von Tiefgaragen DBV-Arbeitstagung*. Beton- und Stahlbetonbau 112, H. 4, S. 207–218. <https://doi.org/10.1002/best.201600063>
- [4] Kurth, M. (2012) *Zum Querkrafttragverhalten von Betonbauteilen mit Faserverbundkunststoff-Bewehrung* [Dissertation]. Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Lehrstuhl und Institut für Massivbau.
- [5] DIBt (2019) *Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung/Allgemeine Bauartgenehmigung Schöck Combar (Z-1.6-238)*. Baden-Baden: Schöck Bauteile GmbH, Berlin: Deutsches Institut für Bautechnik. https://www.schoeck.com/download/8047/Zulassung_Schoeck_Combar_Z_1.6_238__8047_.pdf/de
- [6] Weber, A. (2018) *Prüfkonzepte für Bewehrungsmaterialien mit zeitabhängigen Widerständen*. Bauingenieur 93, H. 7/8, S. 323–330. <https://doi.org/10.37544/0005-6650-2018-07-08-89>

Autoren

M. Sc. Jonas Krämer (Korrespondenzautor)
Jonas.kraemer@schoeck.com
Schöck Bauteile GmbH
Produktmanager Combar
Schöckstraße 1
76534 Baden-Baden

Dr.-Ing. André Weber
Andre.weber@schoeck.com
Schöck Bauteile GmbH
Forschung und Entwicklung Combar
Schöckstraße 1
76534 Baden-Baden

Zitieren Sie diesen Beitrag

Krämer, J.; Weber, A. (2022) *Dauerhafter Schutz vor Korrosion – Glasfaserverbundwerkstoff als Bewehrung von Bodenplatten in Tiefgaragen*. Bautechnik 99, H. 10, S. 789–797. <https://doi.org/10.1002/bate.202200079>