

## **Sanierung eines Parkdecks mit Stahlfaserbeton**

Wiederherstellung der Gebrauchstauglichkeit eines 1.000m<sup>2</sup> Parkdecks als Freifläche, mit einem stahlfaserbewehrten Beton und Hartstoffschicht

Dipl.- Ing. Wilhelm Nell

TREFILARBED Deutschland GmbH, Subbelrather Str. 13, 50762 Köln



### **Kurzvita**

Dipl.-Ing. Wilhelm Nell, Jahrgang 1968, Studium Bauingenieurwesen an der GH-Universität Essen, Inhaber eines Bautenschutzfachbetriebes und technischer Leiter eines ISOTEC-Fachbetriebes, Schwerpunkt Sanierung von feuchtegeschädigten Bauteilen. Seit 2001 technischer Vertriebsleiter Nord/West bei der TREFILARBED Deutschland GmbH (ARCELOR Gruppe).

### **Kurzfassung**

Planungs- und Ausführungsfehler führten zu starken Beschädigungen an einem Parkdeck aus den 70er Jahren. Die Parkfläche sollte wieder nutzbar gemacht werden, wobei Randbedingungen und vorhandene Einschränkungen die Ausführungsmöglichkeiten reduzierten. Besonders die Dauerhaftigkeit der Betonflächen, eine kurze Sanierungsdauer und die Wirtschaftlichkeit standen im Vordergrund. Unter Berücksichtigung dieser Aspekte ist ein Stahlfaserbeton mit einer Hartstoffschicht zur Ausführung gekommen.

**Stichwörter:** Stahlfaserbeton, Industriefußboden, Parkdeck, Hartstoff

### **Summary**

Planning mistakes and execution mistakes led to strong damages in a parking deck from the 70s. Now the parking space should be made usable again and many edge conditions and available restrictions reduced the execution possibilities. Especially the durability of the concrete surfaces, a short time redevelopment and the economy stood in the foreground. Taking into account all available elements a steel fiber reinforced concrete with a hard material layer was executed.

**Key words:** steel fibre reinforced concrete, floorslab, parking deck, hard material

### **Einleitung**

Bei dem Objekt handelt es sich um ein Parkdeck aus den 70er Jahren, als Fläche auf der Decke einer Tiefgarage. Die Konstruktion war so stark beschädigt, dass die Parkfläche nicht mehr genutzt werden konnte. Planungs- und Ausführungsfehler beim Bau dieser Konstruktion führten zu diesen starken Beschädigungen. Die Betondecke der Tiefgarage war mit einer Bitumenschweißbahn abgeklebt und nicht ausreichend an der umlaufenden Attika angebunden und hochgeführt. Der Estrich war sehr unregelmäßig mit Scheinfugen unterteilt und wurde teilweise in zu großen Flächen ausgeführt. Inner-

halb des Estrichs und auf der Betonplatte sind viele Rohre, Ablaufrinnen und Bodeneinläufe vorhanden. Starke Höhenunterschiede, Durchdringungen und Undichtigkeiten, Frost, Tausalz, Benzin und Öl führten zu weiteren erheblichen Problemen.

In diesem Bericht wird nicht die Abdichtung als solches beschrieben, sondern die Anwendung eines Stahlfaserbetons mit Hartstoffschicht als neue Tragschicht.

### **Ausgangssituation**

Die Nutzung der Parkfläche war durch starke Beschädigungen nicht mehr möglich. Die Eigentümergemeinschaft hat einen Architekten beauftragt, diese Fläche zu sanieren, um das Parkdeck wieder nutzen zu können. Insbesondere die Dauerhaftigkeit, eine kurze Sanierungsdauer und die Wirtschaftlichkeit wurde dabei gefordert.

An den umlaufenden Rändern, also an den Anschlüssen zur Attika, an den Scheinfugen und an den Anschlüssen der Bodeneinläufe, Ablaufrinnen und weiteren Durchdringungen ist über Jahre hinweg Wasser, Tausalz, Öl und Benzin eingedrungen. Frost führte zu großen Rissen und Anhebungen der Estrichflächen wodurch erhebliche Ausbrüche entstanden sind. Das Einwirken von Tausalz, Wasser, Öl und Benzin führte zur Zerstörung des Materialgefüges, der Estrich wurde „mürbe“, verlor seine Tragfestigkeit und brach auseinander. Die entstandenen Schlaglöcher, Ausbrüche, Kantenversätze und große Risse machten die Parkfläche unnutzbar und stellten Unfallgefahren dar.

### **Anforderungen**

Für die Sanierung des Parkdecks und die Wiederherstellung einer dauerhaft nutzbaren Oberfläche wurden folgende Anforderungen gestellt:

- **Tragfähigkeit**  
Die Befahrbarkeit mit PKW muss gewährleistet sein. Eine erhöhter Kontaktdruck aus der Lastsituation „Reifenwechsel“ wurde berücksichtigt (angenommen wurden 2t Gesamtgewicht, davon 50% auf einer Aufstandsfläche von 40x50mm eines Wagenhebers).  
Die Tragfähigkeit der Decke zur Tiefgarage wurde unabhängig geprüft.
- **Oberfläche**  
Das Oberflächenwasser wird direkt ohne weitere Abdichtungsmaßnahmen abgeleitet. Die Oberfläche muss entsprechend dicht sein. Sie sollte nicht zu glatt werden (Rutschgefahr). Weiterhin muss die Oberfläche beständig gegen Benzin und Mineralöl, verschleißfest, wasserfest, tausalzbeständig, nicht rostend und physiologisch sowie ökologisch unbedenklich sein. Da keine weitere Oberflächenbehandlung mehr erfolgen sollte, muss die Hartstoffschicht einen optisch gleichmäßigen Eindruck (keine großen Schattierungen, keine Farbunterschiede) erwecken.
- **Fugen**  
Ein gleichmäßiges Fugenbild ist gewünscht. Die Fugen sollen im Abstand den vorhandenen Bodeneinläufen und Ablaufrinnen angepasst werden. Eine dauerelastische und dichtende Fugenverfüllung sollte im Anschluss von einer Fachfirma ausgeführt werden.
- **Einbindung der Entwässerung und anderer vorhandenen Bauteile**  
Alle Bodeneinläufe, Ablaufrinnen und Rohre sollten vorhanden bleiben und weiter genutzt werden. Die Attika und der Anschluss zur Rampe war vorgegeben. Weitere Durchdringungen (Zu- und Abluft der Tiefgarage) sollten erhalten bleiben und weiter genutzt werden.  
Die Eigentümergemeinschaft hat dieses entschieden, um den Sanierungsablauf zu beschleunigen und Kosten zu reduzieren. Die Probleme bei der Ausführung und die Einschränkung der Sanierungsmöglichkeiten wurden dabei nicht berücksichtigt.
- **Ausführung**  
Der Arbeitsraum und die Zufahrt zum Parkdeck ist sehr beengt und mit einem SLW nicht befahrbar. Die Betonage musste deshalb von einem Nachbargrundstück aus, über eine Pumpe erfolgen. Um die Belästigung der Anwohner so gering wie möglich zu halten, sind für die Herstellung der Betonflächen mit Hartstoffschicht nur 24 Stunden vorgesehen.

### **Sanierungskonzept**

Stahlfaserbeton:

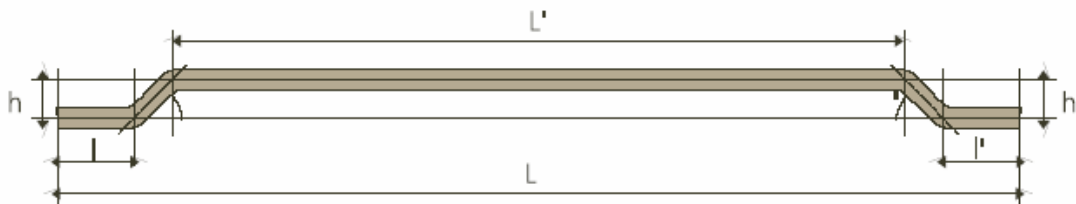
Um alle Anforderungen zu berücksichtigen, ist ein Stahlfaserbeton mit einer Hartstoffschicht zum Einsatz gekommen. Aufgrund der hohen Ermüdungssteifigkeit des Stahlfaserbetons wird die Dauerhaftigkeit wesentlich erhöht. Dynamische Beanspruchungen, schlagende Lasten und Längenänderungen aus Temperaturdifferenzen werden durch den duktilen Baustoff mit isotropen Eigenschaften sehr gut aufgenommen. Die Stahlfasern hemmen das Risswachstum und verbessern das Bruchverhalten des Betons.

Der Stahlfaserbeton wird mit einem Epoxydharz kraftschlüssig auf die vorbereitete Decke aufgebracht. Durch den kraftschlüssigen Verbund wird die Konstruktion (Decke und Aufbeton) steifer. Weiterhin wird eine ausreichende Betondeckung der Tiefgaragendecke durch die neue Schicht gewährleistet. Oberflächenwasser kann nicht mehr unter die Oberfläche dringen und Schäden an Beton und Bewehrung verursachen.

Die einzelnen Felder müssen mit entsprechendem Gefälle ausgeführt werden, um die Entwässerung der Parkfläche zu gewährleisten. Der Übergang zur Auffahrrampe und die vorhandenen Bodeneinläufe und Ablaufrinnen geben hier die Höhen vor. Der Stahlfaserbeton muss in Dicken zwischen 9cm und 25cm eingebaut werden.

Die Ausführungsdauer wird reduziert, weil ein aufwendiges Verlegen von Bewehrung in Form von Baustahlmatten und Stabstahl entfällt. Weiterhin ist die eigentliche Betonage einfacher und schneller, wenn keine doppellagige Bewehrung vorhanden ist. Da das Parkdeck schlecht zugänglich ist, entfällt hier zusätzlich noch der Transport der Bewehrung und es kann ein Kran eingespart werden, mit dem sonst die Baustahlgewebematten hätten befördert werden müssen.

Es wird ein schwindarmer Beton verwendet. Die Kontrolle der Schwindrisse erfolgt über eine ausreichende Faserdosierung. Hier sind kaltgezogene Stahldrahtfasern mit einer aufgebogenen Endverankerung (Hooked End), einem Durchmesser von 1mm, einer Länge von 50mm und einer Drahtzugfestigkeit von  $>1.000\text{N/mm}^2$  zum Einsatz gekommen. Diese HE 1/50 bieten einen guten Kompromiss zwischen Leistungsfähigkeit und Verarbeitbarkeit. Die Fasern lassen sich auch bei höheren Dosierungen ohne Igelbildung sehr gut Einmischen und Verarbeiten.



Faserdurchmesser d:	1mm ( $\pm 0,03\text{mm}$ )
Faserlänge L:	50mm (+2, -3mm)
Länge der Enden I u. I':	1,5 – 4,0mm
Höhe der Aufbiegung h u. h':	1,8mm (+1, -0mm)
Winkel der Aufbiegung $\alpha$ u. $\alpha'$ :	45° (min. 30°)
Verhältnis L/d:	50
Wölbung der Faser:	max. 5% von $L'$
Torsionswinkel der Faser:	$<30\%$
Typische Zugfestigkeit:	1100N/mm <sup>2</sup>

#### Bemessung:

Die tragende Konstruktion des Parkdecks ist die Decke der Tiefgarage. Die Bemessung erfolgt wie für einen Industriefußboden (als Freifläche), im kraftschlüssigen Verbund zur tragenden Konstruktion. Der Aufbau der Oberfläche mit Stahlfaserbeton und Hartstoffschicht wird durch den kraftschlüssigen Verbund auf Tragfähigkeit und durch die Nutzung auf Gebrauchstauglichkeit geprüft. Die Biegezugfestigkeit des Stahlfaserbetons kann angesetzt werden. Durch den kraftschlüssigen Verbund mit der vorhandenen Betondecke wird die Steifigkeit wesentlich erhöht. Die Bemessung beinhaltet Grundlagen gemäß DIN 1045 und EN 206 [1-4], des DBV-Merkblattes „Grundlage zur Bemessung von Industriefußböden aus Stahlfaserbeton“ (1992, u. 1996) [5], des DBV – Merkblattes „Stahlfaserbeton“ (2001) [6] und der DAfStb-Richtlinie „Stahlfaserbeton“ [7].

Folgende Einflussgrößen werden bei der Bemessung berücksichtigt:

- **Untergrund**  
Die Tragfähigkeit der Decke wurde unter Berücksichtigung des Eigengewichtes des neuen Aufbaus (Stahlfaserbeton in entsprechender Dicke) und der Nutzung unabhängig geprüft. Der kraftschlüssige Verbund mit dem duktilen Stahlfaserbeton erhöht die Steifigkeit.
- **Betongüte**  
Der Beton ist ein C 25/30 mit 320kg/m<sup>3</sup> Zement. Die erhöhte Zementmenge ist nötig, um die zusätzliche Oberfläche der Stahlfasern ausreichend mit Zementleim zu umhüllen. Weiterhin muss ausreichend Zementleim zur Verfügung stehen um den Beton pumpbar zu gestalten. Der W/Z-Wert ist begrenzt, um das Schwinden so gering wie möglich zu halten. Die plastische Eigenschaft und die Verarbeitbarkeit des Betons wird durch die Zugabe eines Fließmittels gewährleistet. Die Zugabe eines Fließmittels ist nötig, weil der Beton bei Zugabe der Stahlfasern um ca. 5cm (Ausbreitmaß) zurück steift. Das Größtkorn ist auf 16mm beschränkt um eine gute Verteilung der Fasern im Beton und die Pumpbarkeit zu sichern.
- **Einzellasten/Punktlasten**  
Zu unterscheiden sind hier drei verschiedene Lastfälle der Einzellasten: Punktlast in Feldmitte, am Feldrand und in der Feldecke. Punktlasten am Feldrand ergeben in der Regel 50 – 70% höhere Spannungen als in Feldmitte, in der Feldecke sind die Spannungen teilweise um 100% höher als in der Feldmitte. Entscheidender Lastfall ist somit der Plattenrand oder die Plattenecke.
- **Verkehrslasten**  
Berücksichtigt werden hier PKW. Abhängig von dem Gesamtgewicht (Achsu- u. Radlasten) und den Reifen ergeben sich die Kontaktdrücke. Für alle Verkehrslasten wird ein dynamischer Sicherheitsbeiwert von 1,4 gewählt.
- **Schwinden**  
Die Spannungen aus dem Schwinden der Platte ergeben sich aus dem Reibungsbeiwert, Fugenabstand (Feldgrößen), Eigengewicht und langfristigen Verkehrslasten.

Für die Ausführung der Felder mit Flächen von 25m<sup>2</sup> (5,00 x 5,00m Kantenlänge zwischen den Scheinfugen) ist eine Zugabe von 35kg/m<sup>3</sup> der HE 1/50 erforderlich. Das entspricht einem Volumen von ca. 0,5% und einer Anzahl an Fasern pro m<sup>3</sup> Beton von >113.000. Hier ist der Stahlfasergehalt hauptsächlich erforderlich, um die erhöhten Spannungen aus Schwinden aufzunehmen und zu kontrollieren.

**Hartstoffschiicht:**

Die Ableitung des Oberflächenwassers erfolgt durch eine frisch in frisch aufgebraachte Hartstoffschiicht gemäß DIN 1100-A 0/5 [8], als einschichtiger Verbundestrich auf Tragbeton, gemäß DIN 18560, Teil 7 [9].

	Anforderungswerte des Hartstoffes gem. DIN 1100	Anforderungswerte des Hartstoffestrichs gem. DIN 18560	
	Hartstoffgruppe A	Festigkeitsklasse ZE 65 A-F	
		Güteprüfung	Bestätigungsprüfung
<b>Biegezugfestigkeit N/mm<sup>2</sup></b>			
Nennfestigkeit (kleinster Einzelwert)	-	-	≥ 8
Serienfestigkeit (Mittelwert)	≥ 10	≥ 9	≥ 9
<b>Druckfestigkeit N/mm<sup>2</sup></b>			
Nennfestigkeit (kleinster Einzelwert)	-	65	-
Serienfestigkeit (Mittelwert)	≥ 80	≥ 75	-

<b>Schleifverschleiß</b> <b>cm<sup>3</sup>/50 cm<sup>2</sup></b> Nennfestigkeit (größter Einzelwert) Serienfestigkeit (Mittelwert)	5,5 ≤ 5,0	7 ≤ 6	8 ≤ 7
<b>Korngrößenaufbau</b>	0-5mm gem. DIN 4226	-	-

Tabelle 1: Hartstoffgruppe DIN 1100 – Hartstoffgruppe A [8]

<b>Beanspruchungsgruppe</b>	<b>Flurförderzeuge, Bereifungsart</b>	<b>Beanspruchung durch Arbeitsabläufe und Fußgängerverkehr, Beispiele</b>
<b>I</b> (schwer)	Stahl und Polyamid	Bearbeiten, Schleifen und kollern von Metallteilen, Absetzen von Gütern mit Metallgabeln, Fußgängerverkehr mit mehr als 1000 Personen/Tag
<b>II</b> (mittel)	Urethan-Elastomer (Vulkollan) und Gummi	Schleifen und Kollern von Holz, Papierrollen und Kunststoffteilen, Fußgängerverkehr von 100 bis 1000 Personen/Tag
<b>III</b> (leicht)	Elastik und Luftreifen	Montage auf Tischen, Fußgängerverkehr bis 100 Personen/Tag

Tabelle 2: Gruppen mechanischer Beanspruchungen DIN 18560 (1990), Teil 7 Tabelle 1 [9]

Der Hartstoff besteht aus Komponenten wie z.B. Kristallquarz und zähnharte Produkte aus elektromagnetischen Schmelzprozessen. Die Schicht gewährleistet eine sehr gute Biegezug- und Druckfestigkeit und sehr günstige Abschleißwerte. Durch einen optimalen Porenschluss der Oberfläche wird die Hartstoffschicht sehr dicht und ist beständig gegen Benzin, Mineralöl und Lösungsmittel, hochverschleißfest, wasserfest, rutschfest und gleitsicher sowie tausalzbeständig.

Nach Tabelle 2, DIN 18560 [9] liegt eine Beanspruchungsgruppe III (leicht) vor. Um genügend Reserven auszubilden, ist hier Beanspruchungsgruppe II (mittel) gewählt worden. Dieses bedeutet, dass der Hartstoff in einer Schichtdicke von 10mm, mit einer Materialmenge von 16kg/m<sup>2</sup> aufgebracht werden muss.

### Ausführung

Der gesamte Oberflächenaufbau des Parkdecks muss zunächst entfernt werden. Dazu wurde der Estrich herausgestemmt und abtransportiert. Die Bitumenschweißbahn wurde von der Betondecke gelöst und entsorgt. Die Betondecke wurde im Kugelstrahlverfahren vorbereitet. Teilweise ist die Betondeckung bis auf den Bewehrungsstahl abgetragen worden, weil die Betondeckung teilweise zu gering war. Über das Mittel hinaus gehende Vertiefungen sind mit einem Reparaturmörtel ausgeglichen worden.

Haftzugprüfungen auf der vorbereiteten Betondecke ergaben Werte zwischen 1,7 und 2,4N/mm<sup>2</sup>.

Die vorbereitete Fläche wurde abschnittsweise mit einem auf das System abgestimmten Epoxydharz eingestrichen. Der Stahlfaserbeton wurde über eine Betonpumpe frisch in frisch auf die mit Epoxydharz vorbehandelten Abschnitte aufgebracht und entsprechend verteilt. Mit einem Baulaser sind die genauen Höhen, unter Berücksichtigung der verschiedenen Gefälle, kontrolliert und hergestellt worden.



Abb. 1: Betonage über Pumpe

Fertige Abschnitte sind frühzeitig mit Folien abgedeckt worden, um ein zu schnelles Austrocknen der Oberfläche durch Zugluft und Sonneneinstrahlung zu verhindern.

Die Oberfläche wurde mit dem Hartstoff frisch in frisch hergestellt. Sobald der Stahlfaserbeton begebar war, wurde der Hartstoff in einer Dicke von 10mm aufgetragen; dass entspricht einer Menge von 16kg/m<sup>2</sup>. Mit dem Flügelglätter ist diese Verschleißschicht oberflächenfertig geglättet worden.

Die Scheinfugen sind so früh wie möglich eingeschnitten worden. Der Beton und die Hartstoffschicht mussten dabei soweit erhärtet sein, dass der Fugenschnitt keine Kantenausbrüche verursacht. Die Schnitttiefe betrug ca. 1/3 der Plattendicke, wurde also zwischen 3 und 8cm tief mit einem Diamantsägeblatt ausgeführt.

Die Nachbehandlung, durch Abdeckung mit Folie, wurde drei Wochen lang durchgeführt. Weitere Maßnahmen zur Abdichtung der Fugen und der Randabschlüsse sind durch eine entsprechende Fachfirma ausgeführt worden.

### Zusammenfassung

Aufgrund der Vorgaben durch die Eigentümergemeinschaft, der beschränkten Zugänglichkeit, der vorgegebenen bautechnischen Situation und des engen Zeitrahmens war die genaue Planung des Sanierungskonzeptes und der Durchführung hier sehr wichtig. Durch den Einsatz des Stahlfaserbetons mit Hartstoffschicht sind hier mehrere entscheidende Vorteile zum tragen gekommen:

- der duktile Stahlfaserbeton ist ermüdungssteif und bietet eine hohe Dauerhaftigkeit
- ein aufwendiges Verlegen von konventioneller Bewehrung entfällt
- Bewehrungs-Fehler werden ausgeschlossen
- Eine zusätzliche Betondeckung muss nicht berücksichtigt werden
- Die Betonage ohne (doppellagiger) Bewehrung ist einfacher und schneller
- Durch den kraftschlüssigen Verbund zwischen Decke und Stahlfaserbeton wird die gesamte Konstruktion steifer
- Die Betondeckung der vorhandenen Decke wird ohne zusätzliche Maßnahmen wieder hergestellt
- Die Oberfläche mit der Hartstoffschicht ist sehr dicht, beständig gegen Benzin, Mineralöl und Lösungsmittel, hochverschleißfest, wasserfest, rutschfest und gleitsicher sowie tausalzbeständig
- Es sind keine weiteren, zusätzlichen Abdichtungsmaßnahmen erforderlich

Sowohl technische als auch wirtschaftliche Vorteile haben Bauherren und Planer überzeugt. Die Sanierungsmaßnahme ist innerhalb des engen Zeitrahmens ohne Komplikationen durchgeführt worden. Die Oberfläche weist bis heute keine Verschleißspuren auf und ist absolut funktionstüchtig.

## **Literatur**

- [1] DIN 1045-1: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton. Bemessung und Konstruktion. Ausgabe 2001
- [2] DIN 1045-2: Beton; Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität. Ausgabe 2001
- [3] DIN 1045-3: Bauausführung. Ausgabe 2001
- [4] DIN EN 206-1: Beton. Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität. Ausgabe 2001
- [5] Deutscher Beton-Verein e.V. (DBV): Merkblatt „Grundlage zur Bemessung von Industriefußböden aus Stahlfaserbeton“. Fassung 1991. Redaktionell überarbeitet 1996
- [6] Deutscher Beton-Verein e.V. (DBV): Merkblatt „Stahlfaserbeton“. Fassung Oktober 2001
- [7] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb): Richtlinie „Stahlfaserbeton“ (8. Entwurf). Ergänzung zu DIN 1045, Teile 1-4, August 2002
- [8] DIN 1100: Hartstoffe für zementgebundene Hartstoffestriche. Ausgabe 1989
- [9] DIN 18560-7, Estriche im Bauwesen - Teil 7: Hochbeanspruchbare Estriche (Industriestriche), Ausgabe: 1990