

# Widerherstellung der Gebrauchstauglichkeit einer WU-Konstruktion mit CFK-Lamellen

**J. Krams**  
**Bilfinger Berger AG, Mannheim**

## Zusammenfassung

Bei einer Tiefgarage waren infolge unzureichender Dimensionierung der Bewehrung sowie des Einbaus mit zu großer Betondeckung Risse aufgetreten. Als Folge davon drang das außen anstehende Grundwasser in die Tiefgarage und schränkte die Nutzung stark ein. Diverse im Vorfeld durchgeführte Injektionsmaßnahmen erwiesen sich aufgrund zu großer Rissbreitenänderungen als unwirksam. Mit dem Verfahren der eingeschlitzt verklebten CFK-Lamellen Typ Carbopplus® der Bilfinger Berger AG konnte in Verbindung mit abdichtenden Injektionen sowie dem Auftrag einer rissüberbrückenden Beschichtung nachträglich die Gebrauchstauglichkeit der undichten Tiefgarage wieder hergestellt werden. Erst durch die nachträgliche Rissbreitenbeschränkung war es möglich, eine wirksame Rissinjektion innerhalb der für den PUR-Rissfüllstoff zugelassenen Grenzen zu gewährleisten. Die letztendliche Abdichtung wurde mit einer rissüberbrückenden Beschichtung nach Rili-SIB 2001 mit darüber hinaus gehenden, zusätzlichen Anforderungen erreicht. Auch hierfür war vorab die Klebeverstärkung erforderlich.

## 1. Einführung

Bei Instandsetzungs- und Umbauarbeiten an Gebäuden ergibt sich oftmals die Problemstellung, bestehende Tragwerksteile verstärken zu müssen. Beispiele hierfür sind Fensteröffnungen in Wänden, die nachträglich eingefügt werden sollen, wenn Deckendurchbrüche hergestellt werden müssen oder eine Nutzlasterrhöhung erforderlich ist. Bei Bauelementen aus Stahlbeton lautet die Forderung dann in der Regel, die wegfallende oder fehlende Bewehrung zu ergänzen. Eine elegante Möglichkeit hierfür stellt das Ankleben von Flachstahlprofilen oder von kohlenstofffaserverstärkten Kunststofflamellen (CFK) auf die Betonoberfläche dar. Diese Verfahren haben sich seit vielen Jahren in der Anwendung bewährt.

Die günstigen physikalischen Eigenschaften der CFK-Lamellen bieten wesentliche Vorteile gegenüber den Stahlprofilen. Auf Grund des hohen, stahlähnlichen Elastizitätsmoduls des Werkstoffes in Verbindung mit seiner hohen Bruchdehnung sind hochfeste Verstärkungen durchführbar. Die geringe Rohdichte des Werkstoffes führt zu kleinen und leichten Bewehrungselementen, die weder das Lichtraumprofil einschränken noch das Tragwerk zusätzlich belasten.

## 2. Neu entwickeltes Klebeverfahren

Bisher begrenzte bei diesem Verfahren die eingeschränkte Verbundtragfähigkeit zwischen oberflächlich aufgeklebter Bewehrung und Betonuntergrund die höhere Ausnutzbarkeit der mechanischen Eigenschaften der CFK Profile. Die von der Bilfinger Berger AG neu entwickelte Technik von in Schlitzten eingeklebten CFK-Lamellen [1] löst dieses Problem. Bei diesem Verfahren werden Schlitzte in die Betonoberfläche im Bereich der Betondeckung gesägt, in welche dann die CFK Lamellen eingeklebt werden (Bild 1). Bei einem Quer-

schnitt der CFK-Lamelle von beispielsweise 15 x 2,5 mm<sup>2</sup> ist der Schlitz dann 4 bis 5 mm breit und ca. 20 mm tief. Das Einschneiden in den Beton birgt natürlich die Gefahr einer Beschädigung der innenliegenden Betonstahlbewehrung, so dass ein Mindestwert für die Betondeckung sowie eine verantwortungsvolle, speziell geschulte Ausführungsmannschaft Grundvoraussetzung für die Anwendung dieses Verfahrens sind.

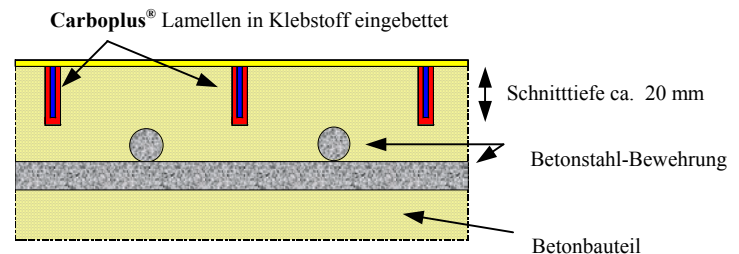


Bild 1: Systemdarstellung der in Schlitzte eingeklebten CFK-Lamellen Typ Carbopplus®

Die Anwendbarkeit des Verfahrens wurde in einer Grundprüfung im Rahmen des bauaufsichtlichen Zulassungsverfahrens [3] nachgewiesen. Durch zusätzliche umfangreiche bauteilbezogene Untersuchungen konnte auch die Annahme der rissbreitenbeschränkenden Wirkung beim nachträglichen Einbau bestätigt werden.

Die zu verwendenden CFK-Lamellen müssen im Pultrusionsverfahren (Strangziehverfahren) hergestellt sein, um über den gesamten Querschnitt gleichmäßige Materialeigenschaften aufzuweisen. In Tabelle 1 sind die erforderlichen mechanischen Kennwerte zusammengestellt.

Mechanische Eigenschaften	Anforderung
---------------------------	-------------

Zugfestigkeit in Faserrichtung	Mittelwert	$\geq 2900 \text{ N/mm}^2$
	charakteristischer Wert	$\geq 2700 \text{ N/mm}^2$
Bruchdehnung	Mittelwert	$\geq 1,80 \%$
	charakteristischer Wert	$\geq 1,64 \%$
Elastizitätsmodul	Mittelwert	$\geq 170.000 \text{ N/mm}^2$
	charakteristischer Wert	$\geq 165.000 \text{ N/mm}^2$

Tab. 1: Mechanische Kennwerte der CFK Lamellen für eine rissbreitenbeschränkende Wirkung

Ein Anwendungsfall, bei dem die Vorteile der neuen Verstärkungsmethode ausgenutzt werden können, liegt in der Instandsetzung von wasserundurchlässigen Konstruktionen, bei denen infolge von Rissbildungen die Stahlbetonkonstruktion undicht ist und Grundwasser von außen eintreten kann.

### 3. Anwendungsbeispiel: Undichte WU-Konstruktion einer Tiefgarage

Die Tiefgarage eines Bürogebäudes zeigte einen derartigen Mangel in der Dichtigkeit. Im Sommer waren die Risse in der Bodenplatte nur feucht. Im Winter hingegen trat soviel Wasser ein, dass die Pfützen zentimeter-tief standen und die Garage kaum mehr genutzt werden konnte (Bild 2). Mehrere Sanierungsversuche mit Rissverpressungen und Bodenvergelungen waren bereits durchgeführt worden – jeweils nur mit kurzzeitigem Erfolg.



Bild 2: Undichte Tiefgarage

Der Bauherr entschloss sich deshalb, eine grundlegende Instandsetzung vorzunehmen. Die Arbeiten begannen mit einer detaillierten Bestandsaufnahme, bei der neben dem Rissbild auch die in den undichten Stahlbetonbauteilen vorhandene Bewehrung nach Lage und Menge bestimmt wurde. Dabei zeigte sich, dass zwar die planmäßige Menge vorhanden, die obere Bewehrungslage in der Bodenplatte aber viel zu tief eingebaut worden war. Die Betondeckung wies statt der geplanten 3,5 cm Werte von etwa 8 bis 10 cm auf.

Eine statische Nachrechnung unter Mitberücksichtigung von Zwangsschnittgrößen ergab, dass bereits die vorhandene Bewehrungsmenge etwas zu gering dimensioniert

war, um die rechnerische Rissbreite auf für WU-Konstruktionen maximal zulässige Werte  $\leq 0,2 \text{ mm}$  begrenzen zu können. Die unplanmäßig große Betonüberdeckung führt aber zu rechnerischen wie auch gemessenen Rissbreiten, die weit darüber liegen.

Damit war die Ursache der Wasserundichtigkeit geklärt und das Instandsetzungskonzept konnte ausgearbeitet werden. Zuerst wurden die Risse mit Polyurethaninjektionen abdichtet, um einen trockenen Untergrund für die nachfolgenden Klebe- und Beschichtungsarbeiten zu schaffen. Danach wurde in der Bodenplatte und in den angrenzenden Wänden Bewehrung mit der Methode der in Schlitze eingeklebten CFK-Lamellen ergänzt.

Da die Tiefgarage im wesentlichen aus langen Fahrgassen mit seitlich dazu angeordneten Doppelparkergruben besteht, war nur die Zwangsbeanspruchung in Bauwerkslängsrichtung maßgebend, so dass hier eine einachsige Lamellenanordnung genügte (Bild 3). Eine Optimierung von Lamellenanzahl und Verbundwirkung führte zu einem Lamellenquerschnitt von  $20 \times 2 \text{ mm}^2$ , bei einem Lamellenabstand von in der Regel 10 cm.

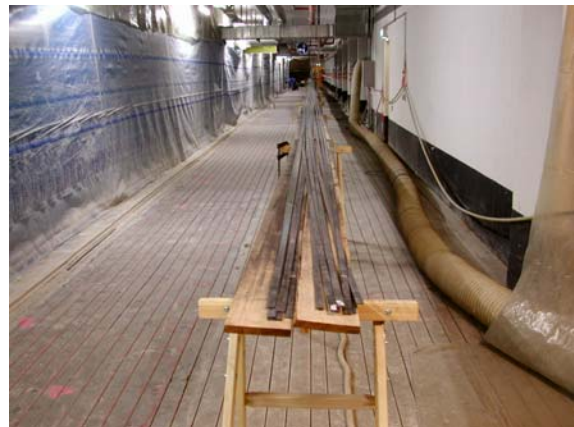


Bild 3: Einachsige angeordnete CFK Verstärkung

In einzelnen Teilbereichen der Tiefgarage mit durch Stützenreihen abgetrennten Stellplätzen ergab sich die Notwendigkeit einer zweiachsigen Verstärkung. Hier wurden die Lamellen kreuzweise in zwei Lagen übereinander geführt, was aufgrund der großen Betondeckung problemlos möglich war (Bild 4). Der Lamellenregelabstand betrug hier 15 cm. In Bereichen mit verringelter Betondeckung wurden Lamellen mit einem Querschnitt von  $15 \times 2,5 \text{ mm}^2$  verwendet.



Bild 4: Kreuzweise verlegte CFK-Verstärkung, Typ Carbopplus®

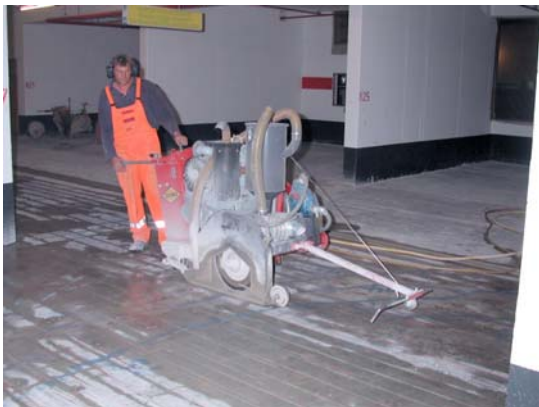


Bild 5: Herstellen der Schlitze

Das Ergänzen der Bewehrung begann mit dem Herstellen der Schlitze (Bild 5). Diese wurden in die Bodenplatte maschinell mit einer Tiefenbegrenzung eingeschnitten und danach sorgfältig gereinigt und getrocknet.

In die Schlitze wurde anschließend ein für diesen Anwendungszweck speziell geprüfter und bauaufsichtlich zugelassener Klebstoff auf Epoxydharzbasis gefüllt. Die CFK-Lamelle wurde in den noch frischen Klebstoff gedrückt, so dass eine vollständige Ummantelung der Lamelle mit Klebstoff gewährleistet war. Der herausquellende und überschüssige Klebstoff wurde entfernt. Die eigentliche Verstärkungsarbeit, d. h. die Bewehrungsergänzung war damit fertiggestellt.

Abschließend wurde die Bauteiloberfläche mit einem speziell konzeptionierten, den Anforderungen an eine rückseitige Wasserbeanspruchung genügenden Aufbau beschichtet (Bild 6). Die Beschichtung war für die Dichtigkeit notwendig, da auch nach der Verstärkung, dann jedoch in deutlich reduziertem Umfang, Risse oder Rissbreitenänderungen auftreten können. Die Rissbreiten werden durch die Verstärkung jedoch so klein gehalten, dass die beschichtete Konstruktion dauerhaft dicht bleibt.



Bild 6: Instandgesetzte Tiefgarage

#### Literatur

- [1] Blaschko, M.: Zum Tragverhalten von Betonbauteilen mit in Schlitze eingeklebten CFK-Lamellen. Dissertation, Technische Universität München, 2001
- [2] Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Entwurf Januar 2002
- [3] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z 36.12-60 des Deutschen Instituts für Bautechnik / Berlin „Verstärken von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen durch eingeschlitze Kohlefaserlamellen Carbopplus der Bilfinger Berger AG
- [4] Richtlinie Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Ausgabe Okt. 2001