Betonbau mit zeitgemässen Bewehrungsmöglichkeiten

Thomas Friedrich
Domostatik AG, Zürich, Schweiz

KURZFASSUNG: Neben der klassischen Bewehrung mit einer schlaffen Stahleinlage, bieten sich weitere und neuere Bewehrungsarten für die heutige Betonbauweise an. Dazu zählen sowohl die Vorspannung (in Verbund oder verbundlos) als auch seit kurzem die Betonfasertechnik. Mit diesen weiteren Möglichkeiten lässt sich hauptsächlich das Gebrauchsverhalten und somit die Dauerhaftigkeit des Betonbauwerks verbessern.
Die vielfältigen Möglichkeiten, die einzelnen Bewehrungsarten sinnvoll zu kombinieren, wird exemplarisch an einem kürzlich erstellten Bauvorhaben aufgezeigt.

1 EINLEITUNG

Entwicklungsbedingt ist der Betonbau als armierter Beton [béton armé] oder im deutschsprachigen Raum als „Stahlbeton“ bekannt geworden und als solcher ein Synonym für die Bauweise schlechthin. Über hundert Jahre „Stahlbeton“ haben eine Bauweise derart geprägt, dass nur wenig Platz für neuere oder ergänzende Bewehrungstechniken war und noch ist.
Selbst die ebenfalls bereits ca. fünfzigjährige Technik der Vorspannung hat sich nur in Teilbereichen der Betonbauweise wie dem Brückenbau etabliert. Bei diesen Konstruktionen wird die Vorspannung jedoch überaus erfolgreich eingesetzt und hat ihren festen Platz erobert und behauptet. Darüber hinaus ist insbesondere die Vorspannung eine nahezu universelle Bewehrungstechnik, die nicht nur die geforderte Tragsicherheit der Konstruktion sicherstellt, sondern auch die Gebrauchstauglichkeit gewährleistet. Während letztere Forderung an das Tragverhalten einer Konstruktion mit dem schlaffen Bewehrungstahl nur mit erhöhtem Aufwand oder oftmals überhaupt nicht erreicht werden kann, lassen sich mit der Vorspannung sämtliche Anforderungen an das Tragverhalten gleichzeitig, ohne zusätzlichen Aufwand erzielen.
Ergänzend zu den vorgenannten Bewehrungstechniken aus Stahl in schlaffer oder vorgespannter Form besetzt in jüngerer Zeit die Betonfasertechnik erfolgreich ein weiteres Anwendungsgebiet. Deren Bereich betrifft weniger die Gewährleistung der Tragsicherheit, als die Sicherstellung der Gebrauchstauglichkeit.
Im Konzept einer zeitgemässen Betonbauweise kann und soll die Betonfasertechnik die traditionellen Bewehrungstechniken ergänzen.

2 BEWEHRUNGSARTEN

2.1 Schlaffer Bewehrungsstahl

Der Mangel des Betons, keine Zugkräfte aufzunehmen wird durch die an entsprechender Stelle im Querschnitt angeordnete Stahleinlagen kompensiert. Die am Querschnitt hervorgerufenen Verformungen erzeugen Druck- bzw. Zugspannungen, die einerseits vom Beton und andererseits von den Stahleinlagen aufgenommen werden. Bei auf Biegung beanspruchten Querschnitten stehen Druck-

und Zugkräfte im Gleichgewicht und bilden Dank dem inneren Hebelarm einen Biegewiderstand. Der in der Zugzone liegende Beton wird zwangsläufig reissen, jedoch in diskreten Abständen bedingt durch die Stahleinlagen. Je nach Grösse der Stahleinlagen ergeben sich grosse oder kleine Rissbreiten bzw. -abstände.

2.2 Vorgespannter Bewehrungsstahl

Dem lässt sich erfolgreich entgegenwirken, indem die Stahleinlagen vorgespannt werden, so dass aus der Zugzone eine Druckzone (vorgedrückte Zugzone) wird. Je nach Grösse der aufgebrachten Vorspannung verbleibt der Querschnitt über einen längeren Belastungsbereich ohne Risse oder gänzlich rissfrei. Man unterscheidet zwischen voller, beschränkter oder gar teilweiser Vorspannung. Bekanntlich sollte die vorzuspannende Tragkonstruktion weitgehend zwängungsfrei gelagert sein, um die über diskrete Stellen in Form von Verankerungen aufgebrachte Vorspannkräfte gleichmässig in das gesamte Bauwerk einzuleiten. Eine derartige zwängungsfreie Lagerung lässt sich jedoch nur bei auf Gleitlagern aufgelagerten Bauteilen, wie z.B. Brückenüberbauten realisieren. In derartigen Fällen lässt sich zuverlässig eine volle, bzw. beschränkte Vorspannung anwenden. Für die übrigen, nicht derart zwängungsfrei gelagerten Konstruktionen, wie sie im Hochbaubereich weitestgehend vorkommen, ist die teilweise Vorspannung von grossem Vorteil. In Kombination mit der schlaffen Bewehrung trägt anteilmässig die schlaffe und die vorgespannte Bewehrung zur Tragfähigkeit bei. Im Ermessen des Konstrukteurs liegt die geeignete Wahl der beiden Bewehrungsarten, um schlussendlich ein Optimum für das gesamte Bauwerk über seine vorgegebene Lebensdauer zu erhalten. Während eine Dimensionierung auf eine volle bzw. beschränkte Vorspannung wenig bis keine Entwurfsfreiheiten für den Konstrukteur bietet, ermöglicht die teilweise Vorspannung eine grosse Vielzahl von Bewehrungsarten.

Bei der vorgängig beschriebenen, traditionellen Vorspannung handelt es sich zudem um eine Vorspannung mit nachträglichem Verbund. In Verbindung mit der teilweisen Vorspannung hat sich insbesondere in Deutschland die verbundlose Vorspannung etabliert. Aus Angst vor einem Korrosionsangriff der vorgespannten Bewehrung infolge einer bei teilweise Vorspannung zugelassenen Rissbildung bevorzugt man in Deutschland die verbundlose Vorspannung mit Monolitzen, die werksmässig den Korrosionsschutz durch die Umhüllung der Litze mit Fett und ihrem PE-Mantel bereits mitbringt [Bild 1]. Angemerkt sei jedoch, dass auch, und zudem mit grossem wirtschaftlichen Vorteil eine teilweise Vorspannung mit Spannkabeln mit nachträglichem Verbund realisierbar ist. Die verbundlose Vorspannung mit Monolitzen hat andere Vorzüge, insbesondere im Hochbau mit seinen geringen Platzverhältnissen und grossen Umlenkwinkeln.

Bild 1: Monolitzenvorspannung mit kleinen Verankerungen

2.3 Betonfasertechnik

Ergänzend zu der klassischen Bewehrung übernimmt mehr und mehr die Betonfasertechnik Bewehrungsaufgaben und ergänzt das bisherige Konzept vorzüglich im Bereich der Gebrauchstauglichkeit. Man unterscheidet Stahlfasern, Kunststoffasern und AR-Glasfasern [Bild 2]. Fasern stellen eine Mikrobewehrung dar, indem sie die mit Matrix gefüllten Räume zwischen den Zuschlagkörnern verstärken, um allfällige Mikrorisse zu ver-

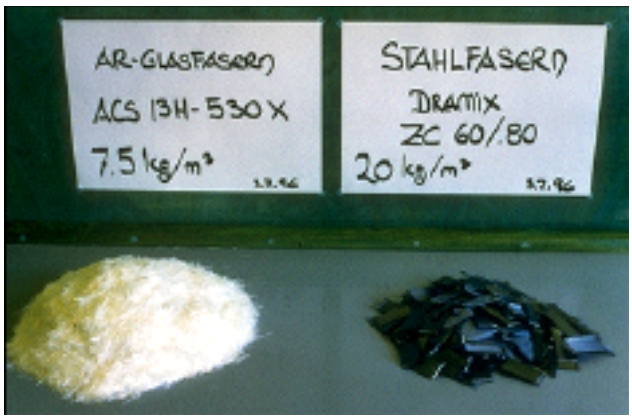

Bild 2: AR-Glasfasern und Stahlfasern

meiden. Diese Mikrorisse, die bereits im sehr frühem Betonalter entstehen, sind Ausgangspunkt für die spätere Rissbildung. Sie frühzeitig zu verhindern, bedeutet, vorbeugend die späteren Rissentwicklungen zuverlässig zu kontrollieren. Während die Stahlfasern aufgrund ihrer Abmessungen und der einbringbaren Menge ihre Wirkung erst bei eintretender Rissbildung voll entfalten können (Nachrissverhalten), tragen Kunststoff- und AR-Glasfasern dazu bei, die Rissbildung bereits im Ansatz zu verhindern. Stahlfasern helfen als Mikrobewehrung nur im Nachrissbereich und sind damit in der Lage auch im gerissenen Zustand noch Kräfte zu übertragen. Somit lässt sich ihre Wirkung auch widerstandsmässig anrechnen, wenn sich die Tragkonstruktion ausreichend plastisch verformen kann.
Kunststoff- und AR-Glasfasern tragen mit dazu bei, die Gebrauchstauglichkeit zu vergrössern, indem die Rissbildung verhindert oder in ihrem Ausmass reduziert und damit die Querschnittsteifigkeit vergrössert wird. Über die Wahl zwischen Kunststoff- und AR-Glasfasern entscheiden weitere Eigenschaften und die Verarbeitbarkeit. Die AR-Glasfasern lassen sich bedeutend einfacher in den Beton einmischen und hinterlassen an der Oberfläche keine weiteren sichtbaren Spuren. Zudem steigern AR-Glasfasern die Schlagzähigkeit und verbessern damit die Abriebfestigkeit von direkt befahrbaren Oberflächen. Die Wassereindringtiefe wird merklich reduziert. Aufgrund der positiven Eigenschaften von AR-Glasfasern sind diese gegenüber den Kunststoffasern besser geeignet für die Anwendung im Beton.

Die Anforderungen an heutige Betonbauten betreffen neben der Tragsicherheit mehr und mehr die Gebrauchstauglichkeit, um für das Bauwerk auch innerhalb der gesamten Lebensdauer einen weitgehend wartungsfreien Zustand sicher zu stellen.

Bild 3: Spektrum neuerer Bewehrungsmöglichkeiten

Aufgrund der Möglichkeiten mit der Vorspannung und mit den Betonfasern, erscheint es sinnvoll, neben der klassischen Bewehrungstechnik mit einer schlaffen Stahleinlage vermehrt Gebrauch von der Vorspannung und den Betonfasern zu machen [Bild 3].

3 ANWENDUNGSBEREICH

Die kombinierte Anwendung der vorgenannten Bewehrungsarten ist fallweise zu prüfen. Für einzelne, speziell beanspruchte Bauteile ist jedoch die Kombination aus den drei Bewehrungsarten optimal. Es handelt sich dabei um solche Bauteile, die neben der Tragfähigkeit auch Dichtfunktionen übernehmen müssen. Dazu gehören Behälter, Decken- und Bodenplatte, die einer Einwirkung aus wie auch immer gearteten Flüssigkeiten ausgesetzt sind. Werden diese direkt dem flüssigen Medium ausgesetzten Oberflächen zudem mechanisch hoch beansprucht, bietet sich die AR-Glasfaser um so mehr an. Eine Vorspannung ist dann zu wählen, wenn die Abmessungen des Bauteils genügend gross sind und wenn eine zwängungsfreie Lagerung weitgehend gesichert ist. Letzter Punkt lässt sich auch bei komplexen Hochbaukonstruktionen realisieren. Bei grossen fugenlosen Flächen ist eine Vorspannung immer angebracht.

4 KOMBINIERTE BEWEHRUNGSARTEN FÜR DAS BAUVORHABEN „MR. WASH“

Für das anspruchsvolle Bauvorhaben „Mr. Wash“ an der Völklinger Strasse in Düsseldorf wurden die verschiedenen Bewehrungsarten in allen Kombination erfolgreich angewendet. So wurden Bauteile erstellt mit schlaffer und vorgespannter Bewehrung mit und ohne Faserbewehrung, sowie schlaffe Bewehrung mit Faserbewehrung. Das gesamte Spektrum wurde ausgeführt, je nach Anforderung und örtlichen Gegebenheiten.

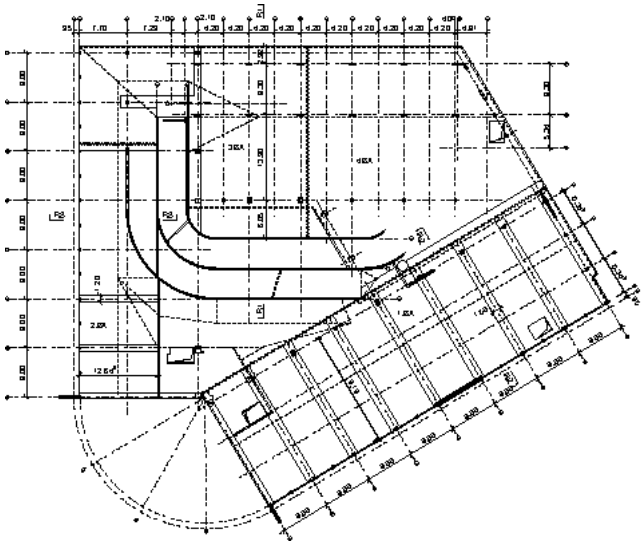

Bild 4: Grundriss Bauvorhaben „Mr. Wash“

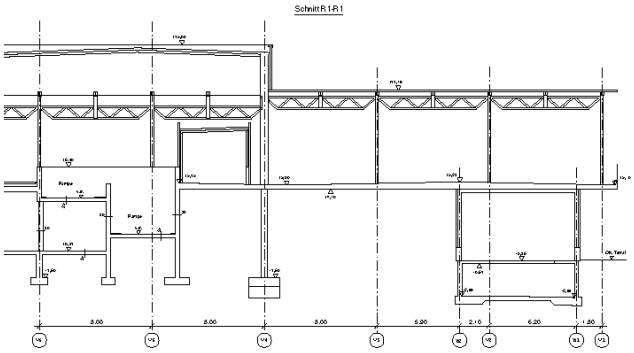

Bild 5: Gebäudeschnitt R1 - R1

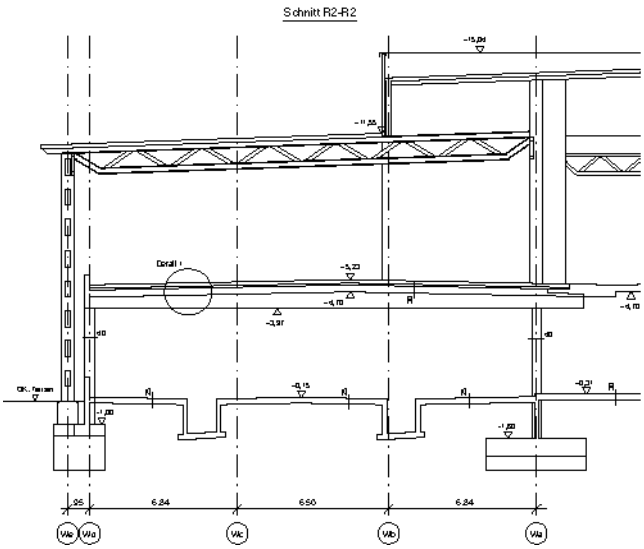

Bild 6: Gebäudeschnitt R2 - R2

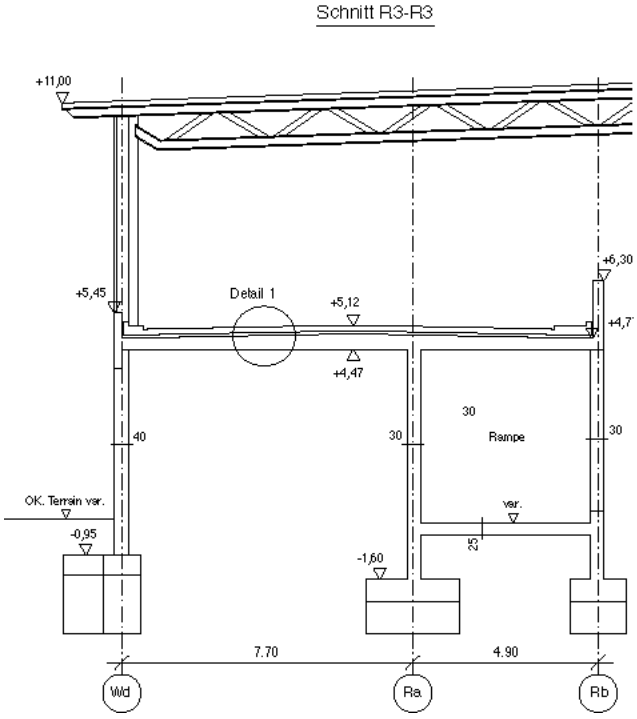

Bild 7: Gebäudeschnitt R3 - R3

4.1 Beschreibung des Baukörpers

Bei dem Bauvorhaben handelt es sich um eine Autowaschfabrik mit Waschstrasse, Ölwechselstation und Stellplätze für die Innenraumreinigung. Waschstrasse, Ölwechselstation und die Infrastruktur ist ebenerdig untergebracht [Grundriss - Bild 4]. Mit einer Raumhöhe von 4.50 m ist darüber eine ca. 5´000 m2 grosse Betondeckenfläche angeordnet, die als Parkdeck mit den entsprechenden Staubsaugereinrichtungen dient. Ein Teil der Parkfläche ist von einer grosszügigen Stahlkonstruktion überdacht [Bild 5,6,7].

Bei dem ebenerdigen Baukörper handelt es sich um einen Betonbau in Skelettbauweise. Bedingt durch die geometrische Anordnung des gesamten Baukörpers und durch die verschiedenen Nutzungen ergeben sich unterschiedliche Stützenraster mit entsprechend grossen bzw. kleineren Spannweiten. Die beiden auf- und abwärts führenden Rampen liegen innerhalb des Baukörpers. Die Öffnungen über den Rampen durchdringen die Fläche der Parkebene, die ansonsten keinerlei Fugen aufweist. Die einzelnen, teilweise senkrecht zueinanderstehenden Wandscheiben der Rampen dienen der Stabilisierung der gesamten Konstruktion und bilden den Bewegungsruhepunkt für die gesamte Flä-

che. Die übrigen an den Rändern der Decke angeordneten Stabilitätswände können sich gegenüber dem Bewegungsruhepunkt in der entsprechenden Richtung frei verformen, und stellen somit keine Behinderung und damit Zwängung der Platte dar. Die die Decke tragenden Stützen sind als Pendelstützen ausgebildet. Durch die gewählte Stabilisierung mit speziell angeordneten Wandscheiben gelingt es, die grosse Deckenfläche nahezu zwängungsfrei zu lagern und damit Verformungen und die Einleitung der Vorspannkräfte zu gewährleisten. Der erfolgreichen Anordnung der Vorspannung steht somit nichts im Wege.
Bedingt durch die Nutzung mussten in der Zufahrt zur Waschstrasse Spannweiten von ca. 13.0 m und in der Waschstrasse selbst Spannweiten von ca. 19.0 m überbrückt werden. Im übrigen Bereich ergaben sich durch die Nutzung Spannweiten von 8.30 m bzw. 13.90 m. Die Decke wurde in den grossen Spannweiten als schlanke Plattenbalkenkonstruktion (L/h = 19) und in den übrigen Bereichen als Flachdecke mit variabler Deckenstärke ausgeführt.

4.2 Vorgespannte Streifenfundamente

Die Gründung erfolgte auf aufgeschütteten Boden, so dass direkt unterhalb der lasteintragenden Fundamente eine steife Schicht in Form von Magerbeton bis zum tragfähigen Kiesboden eingebracht werden musste. Bedingt durch die Lastabtragung entlang der ausgezeichneten Stützenachsen mit maximalen Abständen von ca. 8.0 m bot sich die Gründung über Streifenfundamenten an. Um die Streifen zur Lastabtragung in Längsrichtung ausreichend steif zu machen, wurden diese vorgespannt. Durch die gewählte Kabelgeometrie mit minimalen Krümmungsradien im Stützenbereich und grossen Krümmungen dazwischen, wird die konzentriert eingeleitete Stützenlast durch die Umlenkkräfte aufgenommen und gleichmässig in Längsrichtung verteilt. Die Folge davon ist eine in Längsrichtung nahezu gleichmässige Pressung innerhalb des Fundamentstreifens. Die Breite des Streifens wurde entsprechend den eingeleiteten Lasten so dimensioniert, dass die zulässige Bodenpressung nicht überschritten wird. Die Anforderungen an das Spannsystem ergaben sich aus den langen Streifen (lmax = 68.0 m), den vielen Umlenkwinkeln und den gewünschten kleinen Krümmungsradien unterhalb der Stütze. Diesen Anforderungen wird idealerweise durch die verbundlose Vorspannung Rechnung getragen. Die geringen Reibungsbeiwerte dank den gefetteten Monolitzen ermöglichen lange Spannkabellängen und grosse Umlenkwinkel ohne dramatische Reibungsverluste. Der zugelassene kleinste Krümmungsradius von Rmin = 2.50 m ermöglichte engste Kabelführung im Bereich der Stütze. Bild [8] zeigt den Verlauf der Spannkabel über die lange Fundamentstreifenlänge mit der der Stützenlast entgegen wirkenden Kabelgeometrie.

4.3 Vorgespannte Deckenbalken und vorgespannte Zwischenplatten

Über der Einfahrt zur Waschhalle und in der Waschhalle waren stützenfreie Räume gefordert. Die Spannweiten von ca. 13.0 m bzw. ca. 19.50 m und beim einem statischen System als Endfeld liessen sich nur mit einer Unterzugsdecke realisieren. Im Abstand von 8.0 m wurden

Bild 8: vorgespannter Fundamentstreifen

Bild 9: Waschhalle mit schlanken Plattenbalken (l = 19.20 m)

Bild 10: Vorspannung der Unterzüge mit 2 Spannkabel (Po = 3´927 kN)

Bild 11: Monolitzenvorspannung in Plattenlängsrich–tung

Bild 12: Stützstreifenvorspannung für die Flachdecken-bereiche

Unterzüge angeordnet, die die zwischenliegende Decke aufnehmen [Bild 9]. Gewählt wurden schlanke Unterzüge mit einer Breite von 2.00 m und einer maximalen Höhe von 1.03 m. Aus statischen (Aufnahme der Schubbeanspruchungen mit mehrschnittigen Bügeln) und aus konstruktiven (Platzbedarf für die Spannkabel und die Krafteinleitung an der Stütze) Gründen hat sich die Breite des Unterzugs mit 2.0 m als optimal erwiesen. Die Balken wurden mit je zwei Spannkabel à 22 Litzen 0.60“ (Po = 3´927 kN), den grössten in Deutschland zugelassenen Spannkabeln vorgespannt [Bild 10]. Um einen hohen Biegewiderstand aufzubringen wurde eine Verbundvorspannung gewählt.

Die Deckenbereiche zwischen den Unterzügen wurden ebenfalls vorgespannt, da es sich um eine fugenlose Decke handelt. Die Vorspannung erfüllt dort weitgehend nur den Zweck, die Gebrauchstauglichkeit (Risse, Durchbiegungen) sicherzustellen. Aus diesem Grund wurde auf eine verbundlose Vorspannung mit Monolitzen zurückgegriffen. Im Abstand von ca. 1.0 m verlaufen Monolitzen über den gesamten Bereich von jeweils ca. 70.0 m, und werden nur an einem Ende gespannt [Bild 11].

4.4 Vorgespannte Flachdecken

In dem Bereich der Decke zwischen der Zufahrt und der Waschhalle liessen die Spannweiten zwischen den Stützenachsen die Ausführung einer Flachdecke zu. Die durch die in einer Richtung unterschiedlichen Spannweiten erzeugten Momente erforderten den entsprechenden Widerstand. Dank dem oberseitigen Gefälle der Platte konnten die Hochpunkte über die Stützenachsen mit den

mit den grössten Beanspruchungen gelegt werden, um somit eine grössere statische Höhe zur Verfügung zu haben. Die Platte wurde ebenfalls vorgespannt [Bild 12]. Nur innerhalb der Stützstreifen wurden gemäss der Beanspruchung entsprechend viele Spannkabel eingelegt. Zur Ausführung gelangten Spannkabel mit Verbund in Flachovalhüllrohren. Die Flachhüllrohre nehmen 4 Litzen à 0.60“ (Po = 714 kN) auf und sind aufgrund ihrer geringen Abmessung in der einen Richtung für die Vorspannung in Flachdecken mit den geringen Platzverhältnissen bestens geeignet. Die Stützstreifenvorspannung in beide Richtungen erzeugt ausreichend zentrischen Druck innerhalb der Platte, um fugenlos und rissefrei zu bauen. Bedingt durch die gewählte Kabelgeometrie entlastet die Vorspannung die Platte im Bereich der Stütze und trägt somit zur Reduktion der Durchstanzbeanspruchung mit bei [Bild 13].

Bild 13: Entlastung der Schubbeanspruchung an der Stütze durch Vorspannung

Bild 14: Vorgespannte Dicht- und Druckverteilplatte auf Dämmung

4.5 Vorgespannte Dicht- und Druckverteilplatte über Dämmung

Die gesamte Parkfläche ist der direkten Bewitterung ausgesetzt. Temperaturschwankungen der Aussenluft finden ihren Niederschlag in der Decke und den darunterliegenden Bereichen. Insbesondere in der Waschhalle herrschen zeitweise hohe Temperaturen und eine hohe Luftfeuchtigkeit. Die Kondensation an der durch die Aussenluft beeinflussten Decke führt zwangsläufig zu ausgeprägtem Tropfverhalten, was wiederum nicht erwünscht ist. Alle Überlegungen, den Bereich optimal zu dämmen und die Ausfallerscheinungen zu verhindern, führten zu einer oberseitig auf der Decke angebrachten Dämmung. Um die Dämmung einerseits zu schützen, und die Lasten gleichmässig über die Dämmung zu verteilen, musste über der Dämmschicht eine Dicht- und Druckverteilplatte erstellt werden. Dazu wurde über der Dämmung mit einer Stärke von 8 cm eine Betonplatte mit einer Stärke von d = 15 cm erstellt. Gemäss den Anforderungen an die Dichtigkeit und die Fugenlosigkeit der Dichtplatte mit grossen Abmessungen, wurde entschieden, die Platte in beide Richtungen zentrisch vorzuspannen [Bild 14]. Dazu wurden wiederum Monolitzen ohne Verbund in regelmässigem Abstand in die dünne Platte eingelegt, um eine gleichmässige Druckspannung zu erzeugen. Der Übergang der Dichtplatte zum nicht gedämmten Deckenbereich erfolgte über eine Fugenkonstruktion.

4.6 Fugenlose und abdichtungsfreie Oberfläche der Decke

Der gesamte Deckenbereich ist fugenlos ausgebildet. In alle Richtungen der Decke wurde kontinuierlich vorgespannt. Dazu wurden wie vorgängig berichtet unterschiedliche Konzepte gewählt. Zusammenfassend handelt es sich um Bereiche mit

- Stützstreifenvorspannung im Verbund;
- Plattenbalkenvorspannung mit Verbundspannkabel;
- senkrecht dazu verbundlose Monolitzenvorspannung;
- Monolitzenvorspannung für die Dichtplatte

Die einzelnen Bereiche überlappen sich mit der Vorspannung, so dass eine kontinuierliche Spannung in allen Teilen gewährleistet ist.
Durch die vorgängig beschriebene zwängungsfreie Lagerung der gesamten Deckenplatte durch spezi-

ell ausgerichtete Wandscheiben war gesichert, dass die Vorspannkräfte gleichmässig in die Plattenebene als Druckspannungen eingeleitet wurden. Somit war das Risiko verhältnismässig klein, dass sich bei der fugenlosen Ausbildung Risse bilden konnten. Somit eröffnete sich die Möglichkeit, die Platte ohne jegliche Abdichtung auszubilden. Die geglättete Betonoberfläche wurde wegen der Griffigkeit mit einem Besenstrich aufgerauht. Um den Anforderungen an den Beton bei direkter Befahrbarkeit gerecht zu werden, wurde der Beton mit Betonfasern in Form von AR-Glasfasern eingebracht. Die AR-Glasfasern dienen als Mikrobewehrung in der Anfangsphase während dem Erstarren des Betons. Zu diesem Zeitpunkt wirkt allein die Faserbewehrung, da die schlaffe Bewehrung bei den geringen Verbundspannungen noch nicht wirksam ist und die Vorspannung in dem weichen Beton noch nicht aufgebracht werden konnte. Die AR-Glasfasern reduzieren das schnelle Austrocknen an der Oberfläche und verhindern somit die damit einhergehende Oberflächenrissbildung. Die Wirkung der AR-Glasfaser geht über den Anfangszustand hinaus, nachdem das Gefüge von Beginn an durch die Mikrobewehrung zusammengehalten wurde. Das führt dazu, dass die Wassereindringtiefe sehr stark reduziert wird, der Frost-Tausalz Widerstand zudem vergrössert wird und die Schlagzähigkeit gesteigert wird. Diese Verbesserung der Festbetoneigenschaften sind von grosser Bedeutung für die der Witterung und einer mechanischen Beanspruchung ausgesetzten Betonoberflächen.
In Kombination mit der Vorspannung erfüllt die Betonfaserbewehrung die Aufgabe, lückenlos von Erstarrungsbeginn des Betons an, in Form einer Mikrobewehrung als Ergänzung zu der Makrobewehrung ein rissefreies Betongefüge zu sichern.

4.7 Schlaff bewehrte Flächen mit Betonfasern

Nicht überall liess sich das Konzept „Vorspannung + AR-Glasfasern“ anwenden. Wie eingangs erwähnt, verhindern oftmals geometrische Abmessungen und die Lagerungsbedingungen den erfolgreichen Einsatz der Vorspannung. Beim hier beschriebenen Bauvorhaben handelt es sich um die Rampenflächen und die Bodenplatte der Waschhalle.
Die Rampenflächen mit ihren kleinformatigen Flächenabmessungen und deren Behinderung durch die seitlichen Wandscheiben in Längs- und Querrichtung liessen eine Vorspannung nicht zu. Dennoch sollte gemäss dem abdichtungsfreien Konzept für die Decke auch die Rampenfläche ohne einen Belag erstellt werden. Diese Massnahme ist insbesondere bei Rampenflächen von grösster Bedeutung, da eine auf die Betonoberfläche aufgebrachte Abdichtung durch die hohen mechanischen Beanspruchungen der Radbewegungen sehr schnell die Wirkung verliert, indem der Belag abgewalkt wird.
Um dem abdichtungsfreien Konzept jedoch zu entsprechen, wurde für die Rampenfläche eine fein verteilte schlaffe Bewehrung in oberer und unterer Lage angeordnet und der Beton mit einer entsprechenden Dosierung an AR-Glasfasern eingebracht. Die Massnahme hat sich als erfolgreich erwiesen [Bild 15].

Bild 15: Rampenplatte

Für die Bodenplatte der Waschstrasse schied eine Vorspannung ebenfalls aus, da die vielen Einbauten, wie die Rinnen, die grosse Fläche in kleinere Bereiche unterteilen und zudem die Platten bei der Verformung behindern. Um die Bodenplatte dennoch fugenlos in einem Guss und rissefrei zu erstellen, wurde wie bei den Rampenplatten eine fein verteilte schlaffe Bewehrung mit einer Betonfaserbewehrung in Form von AR-Glasfasern kombiniert [Bild 16].

Bild 16: Bodenplatte der Waschhalle mit Rinneneinbauten

5 SCHLUSSBEMERKUNGEN

Aus heutiger Sicht macht es durchaus Sinn, über den klassichen Stahlbeton hinaus die weiteren Bewehrungsarten ergänzend einzusetzen. Es handelt sich dabei um die Vorspannung, die ebenfalls eine grosse Tradition besitzt, die jedoch zu wenig auf die üblichen Bauten des konstruktiven Ingenieurbaus angewendet wird. Während im Brückenbau ihre Vorzüge geschätzt werden und nicht wegzudenken sind, wird die Anwendung auf andere Betonbauten leider zu wenig genutzt. Die Weiterentwicklung der Spannkabel z.B. in Form der verbundlosen Vorspannung mit Monolitzen sollte die Hemmschwelle weiter verringern helfen, da es sich um eine einfache Anwendung handelt. Vorgängig beschriebenes Bauvorhaben zeugt von der Vielfalt der Möglichkeiten mit der Vorspannung.

Weiterhin eröffnen sich mit der Betonfasertechnik seit jüngster Vergangenheit weitere Anwendungsmöglichkeiten, um in Kombination mit der schlaffen und der vorgespannten Bewehrungstechnik die Qualität des Betonbauteils erheblich zu verbessern.

Vorspannung und Betonfasertechnik verbessern insbesondere die Gebrauchstauglichkeit, die in den wenigsten Fällen nur mit der schlaffen Bewehrung allein verbessert werden kann. Damit wird ein grosser Beitrag zur Steigerung der Dauerhaftigkeit von Betonbauwerken geleistet.

Gemäss dem erklärten Ziel der neueren Normen, den Beton dauerhaft zu machen, muss es die Aufgabe der kreativen und ideenreichen Konstrukteure sein, sich der wirkungsvollen Technik der Vorspannung und der Betonfasern zu bedienen. Mit der aufgezeigten Kombination der Bewehrungsarten kann man zudem nicht nur dauerhaft, sondern auch wirtschaftlich bauen. Dank schlanken Bauteilen mit robusten, rissefreien Oberflächen lassen sich auch attraktive, repräsentative Betonbauten erstellen. Dann erfüllt der Beton als beliebig formbarer Werkstoff die an ihn gestellten architektonischen Anforderungen.