



Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht enthält eine Zusammenstellung der Normen und Zulassungsbedingungen für Spannbetonhohlplatten im Brandfall sowie einen Überblick über aktuelle Forschungsergebnisse. Das Deutsche Institut für Bautechnik sieht eine Erneuerung der Zulassungsbedingungen für allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen von Spannbetonhohlplatten vor. Die Sichtung der aktuellen Forschungsergebnisse kann als Grundlage zur Ausarbeitung der Kriterien herangezogen werden.

Die Zulassungskriterien des Deutschen Instituts für Bautechnik für Spannbetonhohlplatten unter Brandeinwirkung zielten bis zur Einführung einer „Zwischenlösung für die Regelungen des Brandschutzes in allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen von Spannbetonhohlplatten“ im April 2010 hauptsächlich auf die Biegemomenten Tragfähigkeit ab. Dabei wurden lediglich Anforderungen an die Mindestplattendicke und den Mindeststabsabstand der Spannstahlbewehrung gestellt. Anhand von Versuchen und durch Schadensfälle wurde jedoch offensichtlich, dass auch andere Versagensmechanismen auftreten können und die Erfüllung der Anforderungen an die Biegemomenten Tragfähigkeit allein nicht ausreichend ist. Unter Normaltemperatur versagen dickere Spannbetonhohlplatten typischerweise infolge Überschreitung der Querkrafttragfähigkeit mit einem Schubzugbruch. Bei geringeren Plattendicken tritt häufig ein Verankerungsbruch auf, der zudem von Schubrisen begleitet wird. Auch unter Brandeinwirkung wurden diese Versagensmechanismen beobachtet. In einigen Versuchen führten sie sogar zu frühzeitigem Versagen der Konstruktion.

Im Brandfall treten neben den Belastungen aus Vorspannung, Eigengewicht und äußeren Einwirkungen auch zusätzliche Beanspruchungen durch thermische Eigenspannungen infolge eines nicht-linearen Temperaturgradienten über die Plattendicke auf. Dadurch entstehen Risse in den Platten, die je nach Ort und Ausmaß des Auftretens zu frühzeitigem Versagen führen können. Die Schubtragfähigkeit der Spannbetonhohlplatten wird infolge der Risse maßgeblich reduziert. Die thermischen Einwirkungen führen des Weiteren zu Querkzugspannungen in den Stegen der Platten, die ein Versagen durch Schubzugbruch begünstigen. Unter Brandeinwirkung nimmt zudem die Gefahr eines Verankerungsversagens zu, da zum einen die Verbundfestigkeit abnimmt und zum anderen die Verbundspannungen aufgrund der thermischen Einwirkungen zunehmen.

Die DIN EN 1168:2009-07 ist die derzeit gültige deutsche Fassung der Produktnorm für Hohlplatten. Sie umfasst Spannbeton- und Stahlbetonhohlplatten, die für Decken und Dächer eingesetzt werden. Aus der Musterliste der Technischen Baubestimmungen kann entnommen werden, dass sämtliche informativen Anhänge der DIN 1168 nicht gelten. Unter anderem fällt darunter Anhang G der Norm, der die Regelungen für den Feuerwiderstand enthält. Die Einhaltung der dort niedergeschriebenen Bestimmungen qualifiziert ein Bauteil also nicht für eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung. Demnach gibt es derzeit keine gültige Normengrundlage für die Bemessung von Spannbetonhohlplatten im Brandfall.



Derzeit liegt das Entwurfsdokument DIN EN 1168:2005/FprA3:2011 zum einstufigen Annahmeverfahren vor. Es enthält einen neuen Anhang zur Bestimmung des Feuerwiderstands. In dem vorliegenden Forschungsbericht ist eine Gegenüberstellung der Inhalte des aktuellen Anhangs G mit dem neu einzuführenden Entwurfsdokument enthalten. Sie enthält die Neuerungen zur Ermittlung der Querschnitts- und Baustofftemperaturen, zur Biegetragfähigkeit, der Querkrafttragfähigkeit und der Verankerung im Brandfall. Die Bemessung anhand von Tabellenwerten kann unter Zuhilfenahme neu ausgearbeiteter Tabellen erfolgen. Der Vergleich der geforderten Mindestplattendicken in den beiden Dokumenten zeigt, dass der Normenentwurf für die Feuerwiderstandsklassen REI 60 und REI 90 eine geringere wirksame Plattendicke fordert als die aktuelle Norm. Für die Feuerwiderstandsklassen REI 120 und REI 180 wird im Entwurf eine größere wirksame Plattendicke verlangt.

Im Normenentwurf wird jedoch auch eine wesentliche Problematik für die Brandversuche im Zuge des Zulassungsverfahrens deutlich. Der Normtext besagt, dass „*die Prüfanordnung (...) so genau wie möglich die tatsächlichen Bedingungen der Deckenplatte im Aufbau wiedergeben [muss].*“ Die qualitative Anforderung „so genau wie möglich die tatsächlichen Bedingungen (...) wiedergeben“ ist sehr schwer in physikalischen Randbedingungen umzusetzen, die im Versuch reproduzierbar sind und in der Praxis garantiert werden können.

Das DIBt hat die Projektgruppe „konstruktiver baulicher Brandschutz“ damit beauftragt sich der Thematik anzunehmen. Ziel war es, eine Zwischenlösung für die Zulassung von Spannbetonhohlplatten festzulegen, die solange gilt, bis weitere Ergebnisse aus Versuchen und Untersuchungen vorliegen. Sie wurde in der Sitzung der Projektgruppe am 5. März 2010 erarbeitet. Im Wesentlichen wurden Regelungen zur Betonzusammensetzung, den Abmessungen und der Geometrie, dem Korrekturbeiwert Δu , der Verbundfestigkeit, der Querkrafttragfähigkeit und der biegeweichen Auflagerung erarbeitet. Mit diesen Ergänzungen können Zulassungsbedingungen erfüllt werden, mit denen eine Klassifizierung in die Feuerwiderstandsklasse F90 erreicht werden kann.

Über die nationalen Regelungen hinaus wurden auch weitere europäische Zulassungsbestimmungen für Spannbetonhohlplatten in dem vorliegenden Bericht gesichtet. Bereits 1998 veröffentlichte die European Convention for Constructional Steelwork (ECCS) spezielle Richtlinien für die Anwendung von Spannbetonhohlplatten, die auf Trägern in der Deckenebene aufgelagert sind, für Normaltemperatur und unter Brandbeanspruchung. Diese Richtlinien implizieren die Interaktion von Träger und Decke bei nachgiebiger Auflagerung der Platten auf den Trägern. Die ECCS stellt detaillierte Leitfäden zur Bemessung von Spannbetonhohlplatten unter Normaltemperatur und für den Brandfall vor. Zudem werden Verbindungsdetails für den Anschluss der Hohlplatten an die Slim Floor Träger dargestellt.

Um die Auflagerung der Spannbetonhohlplatten im Brandfall zu gewährleisten, wird eine maximale Trägertemperatur von 650 °C festgelegt. Die Einhaltung dieses Grenzwertes kann z.B. durch Brandschutzbekleidung oder durch das Einbetonieren des Trägers erreicht wer-



den. Die Steifigkeit der Auflagerung hat einen bedeutenden Einfluss auf die Tragfähigkeit des Deckensystems. Durch zusätzliche Längsbewehrung kann sie erhöht werden. Zur Ermittlung der geringeren Tragfähigkeit bei biegeweicher Auflagerung gegenüber starren Auflagerbedingungen wurde ein Diagramm entwickelt, das den Einfluss der Spannweite der Decke, der Trägersteifigkeit sowie eventueller Betonfüllung der Hohlräume und Aufbeton quantifiziert. Zur generellen Erhöhung des Feuerwiderstands der Gesamtkonstruktion werden bewehrter Aufbeton, zusätzliche Zugbewehrung und das teilweise Ausbetonieren von Hohlräumen genannt. Es werden Regelungen zur Erhöhung der Schubtragfähigkeit vorgestellt, die darauf abzielen, dass die Schubtragfähigkeit im Brandfall nicht schneller abnimmt als die Biegetragfähigkeit. In Tabellenform werden für verschiedene Feuerwiderstandsklassen die erforderlichen Maßnahmen für geschützte und ungeschützte Träger dargestellt zusammengestellt.

Auch in den Niederlanden wurden als Reaktion auf einen Versagensfall in Rotterdam neue Regelungen für Spannbetonhohlplatten erlassen. In ihrem Beitrag empfehlen die Autoren van Overbeek et al. das Entwurfsschema der Centraal Overleg Bouwconstructies. Danach sollen Gebäude mit einem erforderlichen Feuerwiderstand von 30 Minuten nach der niederländischen Norm NEN 6071 bzw. Eurocode 2 über die Biegetragfähigkeit nachgewiesen werden. Für Gebäude mit 60 oder mehr Minuten erforderlicher Feuerwiderstandsdauer werden zusätzlich eine Berechnung der Schubtragfähigkeit nach Anhang G der Produktnorm EN 1168 sowie weitere Detailberechnungen, z.B. für die Auflagerung, notwendig. In Einzelfällen kann zusätzlich zu den Bedingungen für 60-minütigen Feuerwiderstand gefordert werden, dass die Maximaltemperatur an der dem Feuer ausgesetzten Betonfläche auf 400 C begrenzt wird. Alternativ kann auch auf die Berechnungen nach Norm verzichtet werden, wenn entweder konstruktiv dafür gesorgt wird, dass die Maximaltemperatur an der brandausgesetzten Betonoberfläche 200°C nicht überschreitet oder eine Risikoanalyse nach Eurocode 1 durchgeführt wird, die ein äquivalentes Sicherheitsniveau bereitstellt.

In der Literatur gibt es Analysen von Brandversuchen, mit denen eine Vielzahl von Parametern untersucht wurden. Vor allem der Einfluss von Zwängungen infolge behinderter Temperaturdehnungen war häufig Bestandteil der Forschungen. Dabei bestand das Ziel darin, eine Quantifizierung des positiven Effekts infolge des Gesamttragverhaltens der Konstruktion gegenüber der Betrachtung einzelner Bauteile im Brandfall zu erhalten. Eine diesbezügliche, auf der sicheren Seite liegende Formulierung zur Aufnahme in die allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen ist jedoch aktuell nicht vorhanden.

Die in diesem Forschungsbericht beschriebene Literatur wurde dahingehend ausgewählt, dass sie ein weites Feld der aktuellen Forschungsgebiete widerspiegelt. Es wurden Dissertationen, Auswertungen von Brandversuchen an Spannbetonhohlplatten und Forschungsberichte über die Entwicklung von numerischen Modellen zur Beschreibung der Effekte im Brandfall mit einbezogen.



In seiner Dissertation hat sich Borgogno mit dem Tragverhalten von Slim Floor Decken mit Spannbetonhohlplatten bei Raumtemperatur und unter Brandeinwirkung beschäftigt. Ziel seiner Arbeit war es, Tragmodelle für den Brandfall zu entwickeln und Verbesserungen konstruktiver Details zu analysieren. Während seiner Promotionsphase wurden insgesamt sechs Brandversuche und 65 Versuche unter Normaltemperatur an der ETH Zürich durchgeführt, die vor allem Aussagen über das Schubbruchversagen bei unterschiedlichen Lagerungsbedingungen der Hohlplatten zulassen sollten. Auf Grundlage dieser Versuche liefert Borgogno eine ausführliche Dokumentation des Plattentragverhaltens von Spannbetonhohlplatten. Seine Dissertation bietet einen guten Überblick über die Vorgänge im Inneren der Platten infolge von Eigenspannungen und damit einher gehenden Problemstellen von Spannbetonhohlplatten. Dabei betrachtet er vor allem die Mechanismen die zu Querkzugspannungen, Verankerungsbruch und Schubzugbruch führen. Die wissenschaftliche Arbeit wird durch Vorschläge zur Verbesserung des Feuerwiderstandes, die den zuvor genannten Effekten entgegen wirken, ergänzt.

Zwei aus Finnland stammende Paper wurden in den Forschungsbericht mit aufgenommen. Sie dokumentieren zum einen Versuchsreihen, die unterschiedliche Lagerungsbedingungen von Spannbetonhohlplatten und ihre Auswirkung auf die Schubtragfähigkeit untersuchen. Zum anderen liefern sie eine theoretische Betrachtung der auftretenden Phänomene. Desweiteren wird ein vereinfachtes Berechnungsmodell für das Schubversagen in den Stegen vorgestellt. Darin wird die auftretende Hauptspannung der Betonzugfestigkeit gegenübergestellt. Die Zustandsformulierungen bieten die Möglichkeit den Einfluss von Überbeton und gefüllten Hohlkernen darzustellen. Aus den beiden Veröffentlichungen können zusammenfassend folgende positive und negative Einflussfaktoren auf die Schubtragfähigkeit identifiziert werden: Vorteilhaft wirken sich eine hohe Steifigkeit der Träger, ausbetonierte Hohlkerne und eine starke Verbindung der Platte mit dem Träger an der Oberseite aus. Die Tragfähigkeit wird des Weiteren positiv beeinflusst, wenn die Träger über eine Durchlaufwirkung verfügen und eine Zugsbewehrung oberhalb der Plattenmitte eingelegt ist. Eine Zugsbewehrung im unteren Bereich hat negative Auswirkungen. Ebenso nachteilhaft ist eine Verbindung zwischen Träger und Platte an der Unterseite zu werten. Große Risse im Ortbeton zwischen den Plattenenden und den Trägern bewirken eine Abnahme der Schubtragfähigkeit.

Fellinger widmete sich in seiner Dissertation explizit dem Schub- und Verankerungsverhalten von Spannbetonhohlplatten im Brandfall. Im Zuge seiner Promotion wurden 25 realmaßstäbliche Brandversuche am TNO Delft durchgeführt. Anhand dieser Versuche validierte Fellinger FE-Modelle, die er im Zuge seiner Dissertation entwickelte. Fellinger untersucht ausschließlich starr aufgelagerte Hohlplatten und betont, dass seine Ergebnisse und Modelle nicht auf nachgiebige Auflagerungen übertragbar sind. Für typische Slim Floor Decken können seine Ergebnisse also nicht verwendet werden. Zur Modellierung des



Schub- und Verankerungsversagens entwickelt Fellingner zwei 2D-Modelle, eins für die thermische Analyse und eins für die mechanische Analyse. Das Auftreten von Spaltrissen, Vertikalrissen und Litzenschlupf hat einen Einfluss auf die eintretende Versagensart und kann in den beiden Modellen dargestellt werden. Sowohl die Versuche als auch die FE-Modelle zeigen, dass Schub- und Verankerungsversagen umso kritischer wird, je dicker die Hohlplatte ist. Des Weiteren fand Fellingner heraus, dass die Art der Zuschlagstoffe einen erheblichen Einfluss auf den Tragwiderstand hat. Zum einen hängt die thermische Ausdehnung der Hohlplatte vom Zuschlag ab, zum anderen beeinflusst er auch die Bruchenergie des Betons. Diese beiden Faktoren wirken sich maßgeblich auf die Querschnittstragfähigkeit aus. In seinem Resümee betont Fellingner, dass Schub- und Verankerungsversagen zu frühzeitigem Versagen der Hohlplatten führen können und daher unbedingt in die Regelwerke aufgenommen werden müssen. Er fordert, dass durch konstruktive Ausführungen Schub- und Verankerungsversagen ausgeschlossen werden soll, sodass nur der duktile und vorhersehbare Versagensfall des Biegeversagens eintreten kann. Fellingner schlägt vor, die sich auf dem Markt befindenden Hohlplatten mit den von ihm erstellten Modellen nachzurechnen und eine Begrenzung der Beanspruchbarkeit anzugeben. Sie soll so gewählt werden, dass ein Versagen infolge Schubeinwirkung oder Verankerungsversagen ausgeschlossen werden kann. Positive Effekte durch die Wahl geeigneter Zuschlagstoffe können dabei in die angegebene Belastungsgrenze mit einbezogen werden. Durch die Herstellung der Betonhohlplatten im Werk kann die Zuschlagszusammensetzung genau angegeben und überprüft werden. Im Gegensatz dazu ermahnt Fellingner jedoch, den positiven Effekt von teilgezwängten Decken in einer Zulassung zu beachten. Zwar können seine Modelle einen solchen Effekt berechnen, die Einbausituation auf der Baustelle stellt aber einen streuenden Faktor dar.

In einem Paper beschreiben Bailey und Lennon die Ergebnisse von Großbrandversuchen an Spannbetonhohlplatten-Deckensystemen mit zwei unterschiedlichen Lagerungen. Im ersten Versuch wurden die Hohlplatten nur auf die Träger aufgelegt und die Zwischenräume mit Ortbeton ausgefüllt. Beim zweiten Versuch wurde zusätzlich durch das Einbetonieren von Bewehrungsstäben in die Hohlräume und ihren Anschluss an die Träger eine direkte Verbindung zum umgebenden Tragsystem hergestellt. Die Versuchsergebnisse zeigen, dass die unterschiedliche Verbindung kaum Einfluss auf die vertikale Verschiebung hat. Da beobachtet wurde, dass der äußere Stahlrahmen sich stärker dehnt als die Betonplatten, kann keine Dehnungsbehinderung in Längsrichtung und damit auch keine einhergehende Schubfestigkeitserhöhung aufgrund des Rahmens aktiviert worden sein. Trotzdem ist kein Schubversagen aufgetreten, was auf einen anderen Mechanismus zurück zu führen sein muss. Bailey und Lennon merken an, dass sich in den Randbereichen eine Druckzone ausgebildet hat, was die zerdrückten Randplatten sehr deutlich gezeigt haben. Bailey und Lennon folgern, dass durch diese Druckzonenausbildung Membrantragwirkungen in der Decke aktiviert wurden, über die höhere Lasten abgetragen werden konnten. Die Membrantragwirkung hat auch bewirkt, dass der Litzenschlupf begrenzt und damit die



Schubtragfähigkeit erhöht wurde. Das Mitwirken der umgebenden Tragstruktur führt zu besseren Widerstandswerten der Hohlplatten, als in Laborversuchen an Einzelplatten ermittelt wurde.

Auch an der RWTH Aachen wurden Versuche an Spannbetonhohlplatten im Brandfall gemacht. Die wesentlichen Versuchsparemeter der vier Großversuche waren der Querschnitt der Hohlplatten, die Steifigkeit des Slim Floor Trägers, die horizontale Beschränkung der Ausdehnungen, Auflagerdetails und das Ausbetonieren einzelner Hohlkerne. Alle vier Versuche haben aufgrund von Schubrisen in den Stegen der äußeren Deckenplatten versagt. Es wurden dabei Schubfestigkeiten zwischen 60-68 % derjenigen bei starrer Auflagerung erreicht. Die Tragfähigkeit wurde durch die Zugfestigkeit des Betons begrenzt. Die Versuchsergebnisse zeigen, dass die Querschnittsform der Hohlplatten keinen maßgeblichen Einfluss auf die erzielte Tragfähigkeit hat. Eine Beschränkung der horizontalen Dehnungen wirkt sich dahingegen deutlich positiv auf die Tragfähigkeit des Systems aus. Das Ausfüllen einzelner Hohlkerne führte in den Versuchen zu keiner Erhöhung der Schubfestigkeit, was die Autoren jedoch darauf zurück führen, dass offensichtlich kein Verbund zwischen Füllbeton und Fertigteil entstanden ist.

Die Bemessungsschubfestigkeit von starr aufgelagerten Platten sollte Hegger et al. zufolge bei der Übertragung auf nachgiebig aufgelagerte Platten stark reduziert werden. Infolge der Interaktion zwischen den Platten und den Trägern kommt es zu Schubverformungen und quer verlaufenden Spannungen in den Endplatten. Durch die Übertragung der Lasten von den inneren Platten auf die äußeren nimmt die Schublast in Richtung des Randes zu. Durch diese Effekte tritt die deutliche Reduzierung der Schubfestigkeit auf. Sogar eine Abminderung des Bemessungswertes von starr aufgelagerten Platten um 50 % kann den Autoren zufolge in einigen Fällen auf der unsicheren Seite liegen.

Van Acker widerspricht den in der Literatur publizierten Zweifeln am Einsatz von Spannbetonhohlplatten. Das frühzeitige Versagen auf Schub sei nur bei einer kleinen Anzahl von Versuchen aufgetreten und bisher nicht bei realen Bränden beobachtet worden. Van Acker bemängelt, dass bei den Versuchsaufbauten, bei denen dieses Versagen aufgetreten ist, der positive Effekt der umgebenden Tragstruktur auf die Tragfähigkeit vollkommen ignoriert wurde. Es sei den unrealistischen Versuchsbedingungen zuzuschreiben, dass dieser Versagensfall eingetreten ist. Um einem möglichen frühzeitigen Versagen vorzubeugen, sei darauf zu achten, die Risse mit konstruktiven Maßnahmen geschlossen zu halten. Bei geschlossenen Rissen ist die Schubtragfähigkeit gerissener und ungerissener Querschnitte gleich groß. Um dies zu erreichen, schlägt er fünf Entwurfsmöglichkeiten vor: Das Einbetonieren von Bewehrungsstäben in einige der Hohlkerne, das Einbringen von Stahlstäben in die horizontalen Stoßfugen der Hohlplatten, die Verwendung eines Ringankers, das Aufbringen von Überbeton und die Aktivierung der Steifigkeit der umgebenden Struktur. Volleinspannungen der Decken sind jedoch kritisch zu bewerten, da es zu übermäßigen Druckspannungen im unteren Flansch infolge negativer Momente und



thermischen Zwängungen bis hin zum Versagen oder großflächigen Betonabplatzungen kommen kann.

Van Acker sieht einen Mangel in der Normung, die das Zusammenwirken der Bauteile vernachlässigt. Er resümiert, dass reale Brände sowie Brandversuche gezeigt haben, dass die indirekten Auswirkungen infolge der thermischen Dehnungen einen größeren Einfluss auf den Tragwiderstand der Konstruktion haben als die unter erhöhten Temperaturen abnehmenden Materialeigenschaften.

Neben diesen grundlegenden Dokumenten wurden auch Veröffentlichungen verwandter Forschungsergebnisse gesichtet und kurz zusammengefasst.

Unter anderem ist eine Veröffentlichung über Untersuchungen an massiven Betonplatten mit Spanngliedern mit nachträglichem Verbund und ohne Verbund in den Forschungsbericht aufgenommen. Bailey und Ellobody haben Versuche an Vollbetondecken mit Spanngliedern mit nachträglichem Verbund und mit Spanngliedern ohne Verbund durchgeführt. Als weitere Versuchsparameter wurde zwischen Kies- und Kalksteinzuschlägen variiert, es wurde der Einfluss einer Längsdehnungsbehinderung sowie der Unterschied zwischen Hüllrohren aus Plastik und Metall bei Decken mit nachträglichem Verbund untersucht. Insgesamt umfasst die Versuchsreihe 16 Versuche, davon vier unter Raumtemperaturen und 12 Brandversuche. Dehnungsbehinderte Decken führten unter Brandbeanspruchung geringere Verformungen aus als zwängungsfrei gelagerte Decken. Im Allgemeinen tritt das Versagen von Deckenplatten mit Spanngliedern mit nachträglichem Verbund duktil auf und geht mit einer Abnahme der Vorspannkraft bei geringen Spanngliedertemperaturen einher. Deckenplatten ohne Verbund versagen dahingegen im Allgemeinen spröde bei höheren Spanngliedertemperaturen.

Auch die neuseeländischen Forscher Lim et al. haben den Effekt der Längsdehnungsbehinderung auf gelenkig gelagerte und auf rotatorisch behinderte Vollbetondecken unter Brandbeanspruchung numerisch analysiert. Sie führten Analysen an Deckenplatten, die keiner Längsdehnungsbehinderung ausgesetzt sind, die gesteuert über eine Feder einer bestimmten prozentualen Dehnungsbehinderung unterliegen und Decken, die vollkommen dehnungsbehindert sind, durch. Für ihre Analysen haben die Autoren jedoch einige vereinfachte Annahmen getroffen, die die Übertragbarkeit auf reale Strukturen und Brände sehr beeinträchtigen. Für gelenkig gelagerte Platten, die nur teilweise in ihren Dehnungen behindert sind, fanden die Autoren einen Zusammenhang zwischen dem Tragwiderstand und dem Grad der Dehnungsbehinderung. Erst ab einem Grad der Behinderung von 50 % tritt ein relevanter, den Tragwiderstand erhöhender Effekt ein. Sowohl für einfach gelagerten Platten als auch für rotatorisch gehaltenen Platten fanden Lim et al. heraus, dass eine vollständige Dehnungsbehinderung nach längerer Brandbeanspruchung zu Längszugkräften führt, die ein Versagen hervorrufen können.



Zur Modellierung der Verbindung von vorgespannten Decken zur Tragstruktur haben Min et al. in der Software SAFIR ein multi-spring-Element implementiert. Es soll sich dazu eignen, das reale Tragverhalten von vorgespannten Decken in Abhängigkeit der Auflagerbedingung und der Steifigkeit der umgebenden Tragstruktur zu beschreiben. Das untersuchte Element wurde von den Autoren anhand eines Versuchs aus Belgien validiert. Sie fanden eine gute Übereinstimmung zwischen dem im Versuch beobachteten Feuerwiderstand und der numerischen Modellierung. Jedoch wichen die numerisch ermittelten, vertikalen Verschiebungen erheblich von den Versuchsergebnissen ab. Dies führen Lim et al. auf einige Einschränkungen der Software zurück. SAFIR kann keinen Schlupf der Litzen, keine Betonabplatzungen und aufgrund der hinterlegten Bernoulli-Hypothese auch keinen Schub abbilden.

Die Sichtung relevanter Literatur zum Thema Brandverhalten von Spannbetonhohlplatten hat offenbart, dass sich schon ein Reihe von Forschern mit dieser Thematik beschäftigt haben und auch bereits einige Brandversuche durchgeführt wurden, um speziellen Fragestellungen auf den Grund zu gehen. Einig sind sich die Forscher darin, dass das Mitwirken der kälteren Umgebungsstruktur oder andere Effekte, die eine Dehnungsbehinderung der Platten hervorrufen, einen positiven Einfluss auf die Schubtragfähigkeit im Brandfall haben. Eine normative Erfassung dieser Effekte ist jedoch nicht möglich, da die tatsächliche Einbausituation eine streuende Größe ist und somit nicht konservativ formuliert werden kann. Dies führt sogar dazu, dass der Normentext, der den Versuchsaufbau für die Brandprüfung vorschreibt, unpräzise formuliert ist.

Eine Überarbeitung der Zulassungskriterien für Spannbetonhohlplatten ist vor dem Hintergrund des vorliegenden Berichts als sinnvoll zu bewerten. Die gültigen Vorschriften decken ein Schub- und Verankerungsversagen nicht ab, jedoch hat sich in realen Bränden wie auch in Brandversuchen gezeigt, dass diese Mechanismen zu frühzeitigem Versagen der Konstruktion führen können.