

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN
INSTITUT FÜR BAUSTOFFE UND KONSTRUKTION
LEHRSTUHL FÜR MASSIVBAU

Vermeidung von Risschäden an Außenwänden aus Mauerwerk infolge von Deckenverformungen

Konrad Zilch
Stefanie Grabowski
Detleff Schermer
Wolfgang Scheufler

Kurzbericht
Juni 2006

gefördert durch das Bundesamt für Bau- und
Raumordnung
Z.: 6 – 10.07.03 – 03.08

1 Einführung

Dem Knotenpunkt zwischen Betondecke und den anschließenden Mauerwerkswänden wird seit Jahrzehnten große Aufmerksamkeit gewidmet. Grund dafür sind häufig auftretende Rissbildungen am Übergang zwischen den verschiedenen Baustoffen, die in der Vergangenheit Anlass zur Reklamation gaben, und durch teure Sanierungen behoben werden mussten. Die Entstehung dieser Risse hängt vor allem damit zusammen, dass die unterschiedlichen Verformungskennwerte (Wärmedehnungskoeffizient, Schwindmaß, Querdehnung, Kriechwert, etc.) der Baustoffe und bauteilabhängigen Verformungen bei der Planung unterschätzt werden bzw. den auftretenden Verformungen der einzelnen Bauteile zu geringe Beachtung geschenkt wurde.

Innerhalb dieses vom Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen über das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung geförderten Forschungsprojektes sollten die Ursachen der Rissbildung näher untersucht und konstruktive Lösungen für eine schadenfreie Ausbildung des Wand-Deckenknotens ermittelt werden.

2 Schadensbilder

Trotz Einhaltung der konstruktiven Vorgaben der Normen *DIN 1053-1* [2], *DIN 18530* [7] und *DIN 1045* [3] bzw. *DIN 1045-1* [4] zeigte sich bei der Literaturstudie, dass unter bestimmten Bedingungen Risse in den Mauerwerkswänden im Bereich des Deckenanschlusses auftreten. Diese Risse wirken sich im Allgemeinen nicht auf die Standsicherheit aus, beeinträchtigen jedoch die Gebrauchstauglichkeit und Ästhetik, und können im Fall des Eindringens von Niederschlag über längere Zeiträume zur Schädigung der Tragstruktur führen. Ursächlich für die Rissbildung sind in den meisten Fällen Zwangsspannungen die einerseits durch die unterschiedlichen Verformungskennwerte der Baustoffe und andererseits durch das statische System der Decke hervorgerufen werden.

Die in der Literatur erfassten Schadensbilder zeigen, dass Risse in Außenwänden vermehrt in den Eckbereichen unter der obersten Geschoßdecke auftreten, da die entstehenden Spannungen wegen der geringen Auflast nicht bzw. nur in sehr geringem Maße überdrückt werden. Schadenverursachend sind in der überwiegenden Anzahl der Fälle die für die Wandkonstruktionen unverträglich großen Deckenverformungen.

Die Literaturlauswertung zeigte, dass in der Praxis die im Folgenden beschriebenen typischen Risschäden im Bereich des Wand-Decken-Knotens auftreten.

2.1 Horizontalrisse verursacht durch die Auflagerverdrehung im Bereich von Geschoß- und Dachdecken

Durch die Deckendurchbiegung infolge Belastung oder Temperaturdifferenzen sowie durch das Kriechen und ungleichmäßiges Schwinden des Betons, wird am Endauflager der Decke eine Verdrehung erzeugt. Die Auflast aus dem Mauerwerk aus den darüberliegenden Geschossen, wirkt dabei der Deckenverdrehung mittels Einspannwirkung entgegen. Dabei gilt: Je breiter die Decke aufliegt und je größer die Auflast von oben ist, desto stärker ist die vorhandene Einspannwirkung und desto geringer ist die Verformungsdifferenz zwischen Decke und Mauerwerksauflager. Sind die vorhandenen Auflasten nicht ausreichend, kommt es zu einer Verdrehung der Decke am Auflager, mit der Folge, dass am Wandkopf, zur Sicherstellung einer gleichwertigen Rotation, Zugspannungen entstehen. Zusätzlich führt die Eigenschaft des Schwindens des Betons zu einer Längenänderung der Decke (Deckenverkürzung). In Summe führen diese Effekte häufig dazu, dass die Haftzugfestigkeit bzw. Scherfestigkeit zwischen Mauerstein und Mörtel bzw. zwischen Betondecke und Mauerstein überschritten wird und sich ein horizontaler Riss auf der Außenseite des Mauerwerks bildet, der dem Verlauf der Lagerfugen folgt.

2.2 Verformung von Dachdecken im Eckbereich

In Folge der mehraxialen Tragwirkung von massiven Deckenplatten hebt eine drillsteife Decke im Eckbereich und im Bereich von Wandvorsprüngen ab, sofern sie nicht zugfest mit vertikalen Bauteilen verankert oder durch Auflasten eingespannt wird. Dieses so genannte Aufschüsseln (Abbildung 1) der Decke tritt ausschließlich bei oberen Geschoßdecken oder Dachdecken auf. Es resultiert aus einer Deckendurchbiegung, gekoppelt mit der Verdrillung

der Ecken bei gleichzeitig fehlender Auflast bzw. Verankerung. Das Abheben führt zu einer horizontalen Rissbildung in Höhe des Deckenauflegers oder in der 1. oder 2. Lagerfuge des Mauerwerks unterhalb des Auflegers, falls der Wandkopf fest mit der Decke verbunden ist, z.B. durch Einlaufen von Deckenbeton in die Steinlochung. Diese Risse treten entsprechend der größten Verformung der Deckenplatte jeweils an den Ecken auf, wo sich große Rissbreiten ergeben (Abbildung 2), die zur Auflagermitte in Wandlängsrichtung hin abklingen. Insbesondere bei Dachdecken ist zu beobachten, dass die Risse häufig über den gesamten Wandquerschnitt verlaufen und auch auf der Innenseite erkennbar sind.

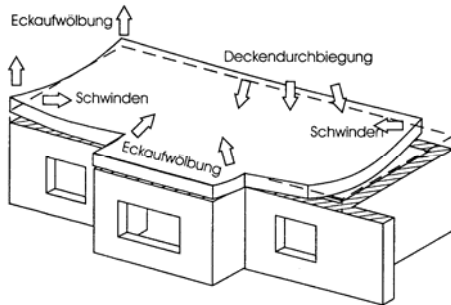


Abbildung 1: Schematische Darstellung möglicher Deckenverformungen [14]

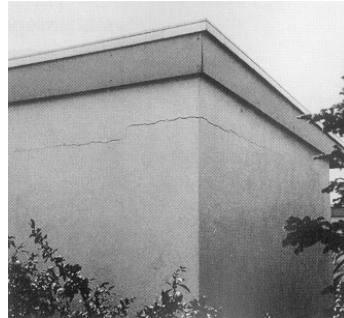


Abbildung 2: Eckriss [11], [13]

2.3 Längenänderung der Decke durch Schwinden und Temperatur

Neben den häufig auftretenden horizontalen Rissen infolge abhebender Plattenecken bzw. aufgrund zu großer Plattendurchbiegungen treten vermehrt auch schräge Risse, verursacht durch reine Längenänderungen der Decke, auf. Stahlbetondecken und insbesondere unzureichend gedämmte Dachdecken unterliegen erheblichen Verformungen durch Schwinden und Temperatur. Bei fehlender Auflast und Nichtbeachtung der zu erwartenden Zwängungen am Auflager der Decke, können die Verformungen zur Überschreitung der Zugfestigkeit des Mauerwerks in Wandlängsrichtung führen.

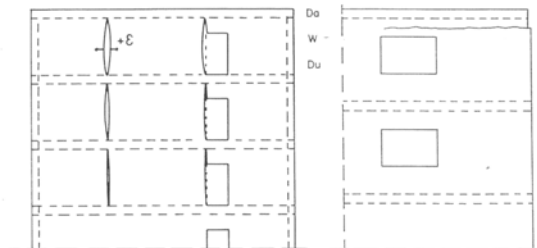


Abbildung 3: Rissbildung infolge horizontaler Dehnungsunterschiede [14], [9]

2.4 Rissbildung infolge schwindender Stahlbetonringbalken

In vielen Fällen wird zur Vermeidung der beschriebenen Rissbildungen unterhalb der Dachdecke ein Gleitlager angeordnet. Um in diesem Fall eine ausreichende räumliche Steifigkeit der Außenwände sicherzustellen, werden meist Stahlbetonringanker unterhalb des Deckenauflegers eingebaut. Wie in Abbildung 4 deutlich zu erkennen ist, können jedoch auch bei dieser Ausführung Risse auftreten. Durch das Schwinden des Betons verkürzt bzw. verkrümmt sich der Stahlbetonbalken analog einer Stahlbetondecke. Es entstehen ebenfalls die charakteristischen Risse in den Eckbereichen.

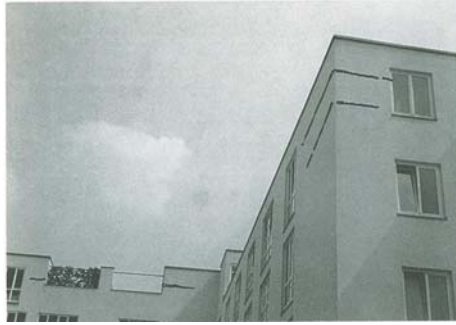


Abbildung 4: Risse infolge Verkürzung des Stahlbetonringbalken [13]

3 Numerische Untersuchungen zum Verformungsverhalten des Wand-Decken-Knotens

Die Untersuchung der Ursachen für die Rissbildung zeigt, dass in erster Hinsicht die Verformungen der Betondecke maßgebend sind. Insbesondere die zeitabhängigen Verformungen, Kriechen und Schwinden, die in der Regel bei den statischen Nachweisen nicht explizit berücksichtigt werden, ergeben zusammen mit den Last- bzw. Temperaturbedingten Verformungen die rissauslösenden Verschiebungen bzw. Verdrehungen.

Aufbauend auf Ergebnissen aus vereinfachten Berechnungen wurde ein Modell des Eckbereiches eines Wand-Decken-Knotens anhand von numerischen Berechnungen untersucht. Um innerhalb dieser Modellrechnungen das Rissverhalten realistisch abbilden zu können, war es erforderlich das Trag- und Verformungsverhalten der anschließenden Bauteile (Wand- und Deckenelemente) und der unterschiedlichen Baustoffe (Mauerwerk und Stahlbeton) wirklichkeitsnah zu erfassen. Speziell die baustofftypischen Eigenschaften, insbesondere die zeitabhängigen und lastabhängigen Verformungsanteile von Stahlbeton, wurden innerhalb des Berechnungsmodells durch nichtlineare numerische Ansätze berücksichtigt.

Anhand des unten abgebildeten Modells wurde das Verhalten einer vierseitig auf Mauerwerkswänden gelagerten Dachdecke mit einer Spannweite von 6,0 x 6,0 m, unter Eigengewicht sowie der nach *DIN 1055 [6]* anzusetzenden Ausbau- und Verkehrslasten, mittels des nichtlinearen FE-Programmsystem MSC.MARC [10] simuliert. Für die numerischen Untersuchungen wurden die verschiedenen, in der Praxis üblichen, Auflagerausführungen modelliert. Hierzu wurden Auflagerbedingungen, von einer vollständigen Übertragung von Zug – bzw. Schubkräften übertragen können, bis hin zu einem kompletten Zug- bzw. Schubausfall des Auflagers, variiert.

Wie in Abbildung 5 deutlich erkennbar, hat die Ausbildung des Auflagers einen wesentlichen Einfluss auf das Rissverhalten des Wand-Decken-Knotens.

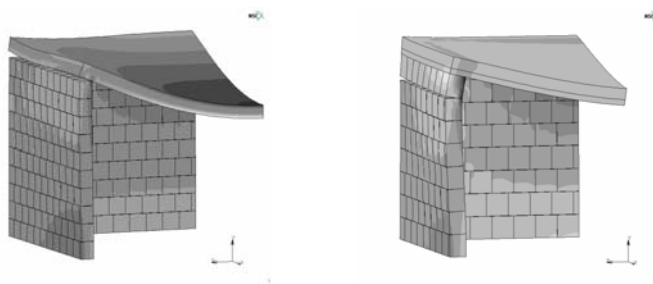


Abbildung 5: Auswirkung unterschiedlicher Auflagerausbildungen auf das Deformationsverhalten des Wanddeckbereichs

Unabhängig von der Auflagerausführung war jedoch bei allen untersuchten Wanddeckbereichen ein, bezogen auf den vertikalen Lastabtrag, ähnliches Verhalten erkennbar. Anhand der Berechnungsergebnisse ist ersichtlich, dass sich die Wand auf einer Länge von ca. $l/6$ im Bereich der Mauerwerksecke nicht am Lastabtrag beteiligt. Die Lasten aus der Decke werden komplett in einen mittleren Bereich der Mauerwerkswand mit einer Länge von $2/3 l$ eingeleitet. Auf dem restlichen Wandbereich liegt die Deckenplatte aufgrund ihrer Verformung nicht auf und kann auch keine Lasten über diese Bereiche ableiten.

4 Maßnahmen zur Vermeidung von Risschäden

Die Ergebnisse aus der numerischen Untersuchung zeigten eindeutig, dass eine wirkungsvolle Vermeidung von Rissen im Bereich des Wand-Decken-Knotens nur durch zusätzliche Maßnahmen erreicht werden kann.

4.1 Begrenzung der Schubsteifigkeit am Übergang von Mauerwerk zur Stahlbetondecke

Eine bekannte Maßnahme zur Vermeidung von unkontrollierter Rissbildung im Bereich des Wand-Decken-Knotens besteht im Einbau von Gleitlagern am Übergang Wand-Dachdecke. Bei dieser Ausführungsvariante stellen sich Risse planmäßig an der Trennfuge zur Decke ein und können durch den Einbau von Randblenden oder Dehnfugenprofilen im Putz dauerhaft gegen das Eindringen von Regenwasser geschützt werden. Als begleitende Maßnahme, bei der Verwendung von Gleitlagern, wird zur Aussteifung des Mauerwerks in vielen Fällen ein Stahlbetonringbalken unterhalb der Decke angeordnet. Zur Vermeidung von Rissbildungen in der Fuge zwischen Ringbalken und Mauerkrone, infolge Schwindens des Ringankers, wird empfohlen, den Stahlbetonquerschnitt durch die Verwendung spezieller Schalungssteine möglichst zu minimieren und gleichzeitig einen hohen Bewehrungsgehalt des Balkens zur Verringerung der Schwinddehnungen einzuplanen. Eine weitere Reduktion der Schwindverformungen kann durch den Einsatz spezieller schwindarmer Betone erreicht werden.

Anstelle der Anordnung eines Gleitlagers in Verbindung mit einem zusätzlich erforderlichen Aussteifungselement kann, im Fall einer ausreichenden Randauflast, eine abweichende Trennschicht zwischen Stahlbetondecke und Mauerkrone eingebaut werden. Diese Trennschicht besteht aus einer, auf einem Mörtelabgleich aufgelegten, Bitumendachbahn mit Rohfilzeinlage R500 – *DIN 52128* [8]. Versuche von *Avac* und *Sterneck* [1] zeigen, dass durch Anordnung einer Bitumenbahn einerseits kurzzeitige horizontale Lasten aus Wind und Erdbeben aufgrund der vorhandenen Reibung zwischen Bitumendachbahn und Mörtelabgleichsschicht bzw. Betondecke abgetragen werden können, und andererseits die langsam verlaufenden Schwindverformungen der Decke durch ein kaltes Fließen innerhalb der Bitumendachbahn zu keiner Schubbeanspruchung der Mauerwerkswände führen. In *Zilch* und *Bierwirth* [16] sind Anhaltswerte für die erforderlichen Auflasten zur Vermeidung des Gleitens der Trennlage am Wand-Decken-Knoten angegeben.

4.2 Reduktion der Auflagerverdrehung der Stahlbetondecke

Eine weitere Möglichkeit Rissbildungen zu verhindern besteht in der Verringerung der Deckenverformungen. *Donaubauer* zeigt in [17], dass eine Erhöhung der Betonfestigkeit zu einer deutlichen Reduzierung der Deckendurchbiegung in Feldmitte und somit zu einer Verminderung des Auflagerdrehwinkels führt. Am Beispiel einer zweiachsig gespannten Platte mit einer Stützweite von 5,0 m x 7,5 m mit einer Deckendicke von 19,2 cm, ergibt sich bei Verwendung eines höherfesten Betons der Klasse C30/37, nach Abklingen der zeitabhängigen Verformungsanteile, eine Reduktion des Deckendurchhangs von ca. 80 % gegenüber der Durchbiegung der Decke bei einer Betonfestigkeitsklasse C20/25

Eine weitere Verringerung der Durchbiegung bzw. des Auflagerdrehwinkels kann durch einen möglichst späten Belastungsbeginn erreicht werden [17].

4.3 Verankerung der Eckkräfte bei Dachdeckenplatten

Zur Vermeidung des Abhebens von Dachdeckenplatten und den daraus resultierenden Rissen müssen, bei fehlender Auflast, die Eckzugkräfte verankert werden. Es existieren zwei mögliche Varianten für eine Ausführung von Zuggliedern im Mauerwerk zur Verbindung von Dachdecke und darunterliegender Geschossdecke

Bei der ersten Variante, dem Einbau von Betonzugstützen innerhalb des Mauerwerks (Abbildung 6) wird neben der Zugverankerung der Decke noch eine zusätzliche vertikale Aussteifung der Mauerwerksscheiben erzeugt. Nachteilig an dieser Lösung sind neben dem erhöhten Herstellungsaufwand, vor allem die verschlechterten Wärmedämmeigenschaften im Bereich der Zugstützen, sowie die Eigenschaft der Stahlbetonstützen, aufgrund ihrer höheren Steifigkeit im Vergleich zum umgebenden Mauerwerk, dieses zu entlasten. Als Folge können maßgebliche Änderungen in den Beanspruchungen der übrigen Tragstrukturen entstehen.



Abbildung 6: Ausführung des Zugglieds als Betonzugstütze [15]

Als zweite Ausführungsmöglichkeit zur Verankerung der Eckkräfte wird anstelle einer Stahlbetonstütze nur ein Zuganker eingebaut. Der wesentliche Vorteil dieser Lösung besteht darin, dass sie unabhängig von Wanddicke und Konstruktion der Wand angewendet werden kann. Der Aufwand zur Herstellung im Vergleich zur Betonstütze ist deutlich geringer und es entstehen keine erkennbaren Verluste in der Wärmedämmung der Außenwände. Das Zugglied besteht im einfachsten Fall aus einem herkömmlichen Bewehrungsstahl, der in den Decken einbetoniert oder nachträglich eingeklebt wird (Abbildung 7). Im Bereich der Wand verläuft der Zugstab innerhalb eines Schlitzes, der nach dem Einbau vermörtelt wird.

Die Wirkung des Zugankers dient ausschließlich der Sicherstellung der Gebrauchstauglichkeit ohne Einfluss auf die Tragfähigkeit des Bauwerks, die Bemessung der Decke muss allerdings unter der Berücksichtigung einer verminderten Drilltragfähigkeit durchgeführt werden. Die Dimensionierung des Zugglieds sollte unter der Bedingung erfolgen, dass die absolute Dehnung von $\varepsilon = 0,2$ mm unter Gebrauchslastniveau nicht überschritten wird.

Eine Vorspannung des Zugglieds zur Reduzierung der Eckverformungen infolge Schlupf des Zugstabs wird empfohlen.

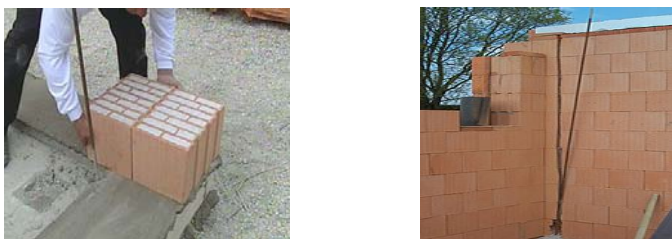
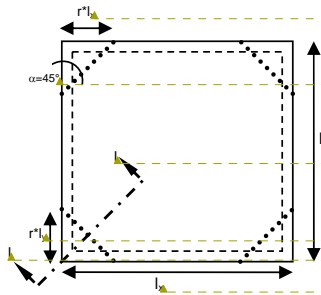


Abbildung 7: Ausführung des Zugglieds als Stahlzuganker [15]

4.4 Drillentkopplung dreieckförmiger Eckbereiche von Dachdeckenplatten

Als weiterer Lösungsvorschlag für das Entschärfen der Problematik der abhebenden Ecken in Dachdecken wird im Folgenden das Abtrennen der dreiecksförmigen Eckbereiche durch ein angepasstes Einbauteil untersucht. Hierzu wird eine mechanische Teilentkopplung dieses Eckbereiches vorgesehen, wodurch eine Drillsteifigkeit mit zugehöriger Tragwirkung in diesem Bereich vollständig unterbunden wird (Abbildung 8).



Formatiert: Schriftart:
(Standard) ZWAdobeF, 1 pt

Formatiert: Schriftart: 5 pt

Formatiert: Schriftart:
(Standard) ZWAdobeF, 1 pt

Formatiert: Schriftart: 6 pt

Formatiert: Schriftart:
(Standard) ZWAdobeF, 1 pt

Formatiert: Schriftart: 6 pt

Formatiert: Schriftart:
(Standard) ZWAdobeF, 1 pt

Abbildung 8: Draufsicht auf das Deckensystem und Anordnung des Entkopplungseinbauteils

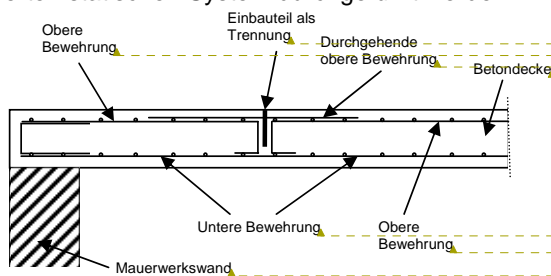
4.4.1 Konstruktive Ausbildung des Gelenkes

Die konstruktive Ausbildung der „Entkopplung“ erfolgt nach folgenden Planungsvorgaben:

Die unteren 5 cm der Decke werden – entweder als Halfertigteil oder als Ortbetonschicht – durchgehend ausgeführt. Die untere kreuzweise Bewehrung läuft durch und befindet sich etwa zentrisch in diesem unteren Spiegel. Darüber wird im 45°-Winkel zur Außenwand ein profiliertes Blecheinbauteil mit der Resthöhe von $h=5\text{cm}$ gestellt, das eine gewisse Schubübertragung erlaubt, jedoch durch die Trennwirkung die beiden Ufer linienförmig teilt. Aus Korrosionsschutzgründen ist eine Verzinkung des Bleches zu empfehlen. Eine Ausführung in rostfreiem Stahl ist nicht notwendig, da die Dachdecke i. a. durch die obere Abdichtungsebene vor eindringendem Wasser planmäßig geschützt wird und im Fall von Innenbauteilen kein die Korrosion förderndes Klima anzunehmen ist. Dieses Einbauteil beeinträchtigt die Tragfähigkeit in keiner Weise, sondern dient lediglich zur Sicherstellung der Gebrauchstauglichkeit.

Auf Höhe der oberen Bewehrungslage wird aus konstruktiven Gründen eine geringe Menge an durchlaufender Stützbewehrung angeordnet, die ein zu starkes Aufreißen und punktuell Klaffen der Platte verhindern soll. Die Länge der Eisen ist zu staffeln und mit der planmäßigen Bewehrung in den angrenzenden Bereichen zu stoßen. Als Größenordnung für die Stützbewehrung in dem Einbauteil kann bei üblichen Abmessungen, aus abschätzenden Berechnungen eine Bewehrungsmenge von $d6/25$ angenommen werden. Da dieser Bereich auch als freier Rand angesehen werden kann, sollte eine entsprechende Randeinfassung nach *DIN 1045-1* [4], Bild 71 ebenfalls angeordnet werden.

Im Bereich des Einbauteils ist die obere, durchgehende Bewehrung durch Beschichtung oder Ummantelung, beispielsweise mit einer Kunststoffschicht (Schrumpffolie) lokal gegen Korrosion zu schützen. Die Bemessung der Platte muss aber in jedem Fall mit einem veränderten statischen System durchgeführt werden



Formatiert: Schriftart: 6,5 pt

Formatiert: Schriftart: 6,5 pt

Formatiert: Schriftart: 6,5 pt

Formatiert: Schriftart: 6,5 pt

Formatiert: Schriftart: 6,5 pt

Formatiert: Schriftart: 6,5 pt

Formatiert: Schriftart: 6,5 pt

Abbildung 9: Schnittdarstellung Einbauteil, Oberflächenstruktur des Einbauteils

4.4.2 Bewertung

Die numerische Untersuchung des drillentkoppelten Plattensystems zeigte, dass die Abtrennung der Eckbereiche nur zu geringfügigen Erhöhungen der Feldmomente im Vergleich zum konventionellen Fall einer drillsteifen Platte mit zugfester Lagerung führt. Im Hinblick darauf, dass die Annahme einer zugfesten Auflagerung im Regelfall für eine Dachdecke ohne zusätzliche Randlast auf der unsicheren Seite liegt, bringt der Einsatz der empfohlenen Entkopplung keine wirtschaftlichen Nachteile für die Biegebemessung in Feldmitte. Ein analoges Bild zeigt sich bei dem Vergleich der Durchbiegungen. Hier sind die Unterschiede ebenfalls sehr gering und werden durch die vorgeschlagenen Maßnahmen nur unwesentlich erhöht. Die rechnerischen Zugkräfte in den Eckbereichen werden wirksam reduziert und durch die Verteilung der abhebenden Wirkung unschädlich verschmiert.

5 Zusammenfassung der Ergebnisse

In Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurden Maßnahmen zur Reduktion der Rissbildung in Außenwänden aus Mauerwerk, infolge der Verformungen durch Stahlbetondecken, untersucht. Bei Risschäden, die durch zu große Deckendrehwinkel bei schlanken Decken verursacht werden, zeigt sich eine deutliche Diskrepanz zwischen der gängigen Praxis, welche die Verformungen ausschließlich über ein Biegeschlankheitskriterium begrenzt, und den auftretenden Verformungen bzw. Verdrehungen, die auch bei Einhaltung der normativen Vorgaben in vielen Fällen zur Rissbildung führen.

Im Gegensatz zu dem bisher durch *Pfefferkorn* [12] und *König/Fischer* [9] vertretenem Ansatz, die Biegeschlankheitskriterien deutlich restriktiver zu gestalten, der im Regelfall eine Erhöhung der Rohbaukosten nach sich zieht, kann als kostengünstige Alternative dazu eine deutliche Reduktion der Verformungen durch die Verwendung von Betonen mit höherer Festigkeitsklasse und durch eine sorgfältige Nachbehandlung des Betons erreicht werden.

Ein viel versprechender Lösungsansatz zur Verhinderung der Rissbildung im Bereich des Wand-Decken-Knotens unterhalb von Dachdecken besteht in der Anordnung von neuartigen Einbauteilen, die einerseits eine Schubübertragung in Plattenebene zur Sicherstellung der räumlichen Steifigkeit gewährleisten sollen, und andererseits die Verformung der Eckbereiche von der restlichen Platte entkoppeln

Literatur

- [1] Avak, R.; Sterneck, D.: Untersuchungen zur Ausbildung des Auflagers von Massivdecken auf Mauerwerkswänden. Bautechnik 73; Heft 11. Ernst & Sohn; Berlin. 1996.
 - [2] DIN 1053-1: Mauerwerk – Teil 1: Berechnung und Ausführung. Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin. November 1996.
 - [3] DIN 1045: Beton und Stahlbeton - Bemessung und Ausführung. Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin. Juli 1988.
 - [4] DIN 1045-1: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 1: Bemessung und Konstruktion. Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin. Juli 2001.
 - [5] Einschließlich DIN 1045-1 Berichtigung 2. Juni 2005
 - [6] DIN 1055-100: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 100: Grundlagen der Tragwerksplanung, Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln. Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin. März 2001.
 - [7] DIN 18530: Massive Deckenkonstruktionen für Dächer. Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin. März 1997.
 - [8] DIN 52128: Bitumendachbahnen mit Rohfilzeinlage; Begriff, Bezeichnung, Anforderungen. Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin. März 1977
 - [9] König G.; Fischer A.: Vermeiden von Schäden im Mauerwerk- und Stahlbetonbau; Forschungsbericht; Fraunhofer IRB Verlag, Darmstadt; 1991.
 - [10] MSC.Marc: Computer Program for nonlinear Finite Element Analysis, Program Documentation Volume A – E, Version 2005, Release 2
 - [11] Pfefferkorn, W.: Dachdecken und Mauerwerk. Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG; Köln. 1980.
 - [12] Pfefferkorn, W.: Deckenlagerung auf Außenwandmauerwerk; Rissbildung im Bereich der Stahlbetondecke. Bauschäden-Sammlung; Band 6. IRB Verlag; Stuttgart. 1993.
 - [13] Pfefferkorn, W.: Risschäden an Mauerwerk; Schadenfreies Bauen. Band 7. IRB-Verlag, Stuttgart. 1994.
 - [14] Pfefferkorn, W.: Dächer mit massiven Deckenkonstruktionen – Grundlagen für die Ausbildung und Bemessung der Tragkonstruktion; Das Baugewerbe 1970, Heft 1 und 2, 1970
 - [15] Ziegel Bauberatung: Deckenaufleger von Massivdecken auf Ziegelmauerwerk.
 - [16] Zilch, K.; Bierwirth, H.: Gutachten zur Ausbildung des Wand-Decken-Knotens mit Trennlage
 - [17] Zilch, K.; Donaubauer U. : Rechnerische Untersuchung der Durchbiegung von Stahlbetonplatten unter Ansatz wirklichkeitsnaher Lagerungsbedingungen und unter Berücksichtigung zeitabhängiger Verformungen. Forschungsbericht DAfStb. Lehrstuhl für Massivbau; Technische Universität München. 2001.
-