

## **Hinweise zur Planung und Ausführung von Nagelplattenkonstruktionen sowie Anmerkungen zur Prüfung der Standsicherheitsnachweise und Überwachung der Bauausführung**

Fassung Februar 2011

### **1 Anlass**

In der jüngeren Vergangenheit wurden bei Inspektionen von Nagelplattenkonstruktionen sowie im Zusammenhang mit Schadensfällen wiederholt Unzulänglichkeiten bei der Planung, Ausführung und Instandhaltung von Nagelplattenkonstruktionen festgestellt. Hauptsächlich betroffen waren weitgespannte Dachkonstruktionen von Einkaufsmärkten und anderen Gebäuden, die als räumlich tragende, filigrane Konstruktionen dem Ingenieurholzbau zuzurechnen sind.

Die überwiegend betroffenen Einkaufsmärkte haben gemein, dass sie mit einer Verkaufsfläche von weniger als 2000 m<sup>2</sup> nicht unter die Anwendungsbereiche der Verkaufsstättenverordnungen der Länder fallen. Für solche Gebäude werden damit an die Feuerwiderstandsfähigkeit des Dachtragwerks nach der Bauordnung regelmäßig keine Anforderungen gestellt. Dennoch gilt auch für diese Gebäude der Grundsatz, und dies nicht nur für den Brandfall, dass der zufällige Ausfall eines Bauteils nicht zum (großflächigen) Versagen des Tragwerks führen darf.

Die Erkenntnisse aus der Prüfung der Standsicherheitsnachweise, der Überwachung der Bauausführung, den Inspektionen und den Schadensfällen zeigen, dass die Planung, die Ausführung und die Instandhaltung von Nagelplattenkonstruktionen eine hohe Sorgfalt aller am Bau Beteiligten erfordern. Die folgenden Hinweise sollen die am Bau Beteiligten sensibilisieren und darin unterstützen, qualitativ hochwertige und robuste Nagelplattenkonstruktionen des Ingenieurholzbaus zu schaffen.

### **2 Verbesserung der Qualität von Nagelplattenkonstruktionen**

Eine lückenlose und sorgfältige Anwendung der bauaufsichtlichen Vorschriften für Nagelplattenkonstruktionen bei der Planung, Ausführung und Instandhaltung ist Voraussetzung für eine sichere Konstruktion. Dazu gehört das Beachten der in den Listen der Technischen Baubestimmungen der Länder und in den Bauregellisten aufgeführten Normen und Richtlinien sowie der Bestimmungen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen für Nagelplatten bzw. Nagelplattenkonstruktionen und deren Bestandteile. Die Regelungen umfassen auch Robustheitsanforderungen, auf die in Abschnitt 3 noch näher eingegangen wird.

Tragwerke mit Nagelplattenkonstruktionen sind keine „zimmermannsmäßigen Konstruktionen“ sondern solche, die konsequent ingenieurmäßig nach den vorgenannten technischen Regeln geplant und ausgeführt werden müssen.

Bei der Planung, Berechnung und Ausführung von Nagelplatten-Dachkonstruktionen ist insbesondere auf folgende Punkte erhöhtes Augenmerk zu richten:

- Beachtung des räumlichen Tragverhaltens, der Detailplanung und der Empfindlichkeit der Konstruktionen gegenüber Herstellungsungenauigkeiten;
- Beachtung der Holzsortierung sowie der Bedeutung der einzelnen Bauteile in der baulichen Anlage, z. B. Dachlatten, Diagonalstäbe, spannbare Windrispenbänder, Fachwerkfüllstäbe und Anschlüsse von Verbänden;
- Berücksichtigung der Doppelfunktion von Dachpfetten bzw. Dachlatten als Pfette und als Bestandteil der Dachaussteifung, in der Funktion als Verbandsauflager, als Verbandspfosten oder als Wind-, Erdbeben- und Stabilisierungslasten weiterleitendes Element;
- Knickaussteifung von schlanken gedrückten Bauteilen in Bereichen außerhalb der Dachebene. Betroffen sind Fachwerkfüllstäbe und, bei in der Höhe zweigeteilten Fachwerken, die Zwischengurte;
- Anschlüsse und Stöße der Dachlatten auf den Konterlatten bzw. Fachwerkobergurten, wenn die Dachlatten Bestandteil des räumlichen Aussteifungssystems sind;
- Anschlüsse von Konterlatten an die Fachwerkobergurte, wenn die Dachlatten Bestandteil des räumlichen Aussteifungssystems sind. Die Konterlatten schaffen den Hohlraum für die Dachhinterlüftung und werden durch die Unterspannbahn hindurch an die Fachwerkobergurte angeschlossen. Zwischen den Fachwerkobergurten und den Dachlatten müssen über die Konterlatten örtlich höhere Differenzkräfte aus dem Dachaussteifungssystem übertragen werden;
- Beachtung der notwendigen Biegesteifigkeit und des Verformungsverhaltens von Stößen in stabilitätsgefährdeten Fachwerkgurten;
- Berücksichtigung der Belange aus der technischen Gebäudeausrüstung – mögliche Beeinträchtigung der Konstruktion durch Ausbaumaßnahmen;
- Auswechselkonstruktionen im Bereich von Dacheinbauten;
- Anschlüsse von stehenden aussteifenden Sekundärfachwerken;
- Notwendigkeit der Sicherstellung der Evakuierung von Gebäuden im Brandfall durch robuste Konstruktionen.

Die projektbezogenen Standsicherheitsnachweise müssen eine vollständige statische Berechnung der gesamten Konstruktion sowie umfassende und aussagekräftige Ausführungspläne beinhalten, die sämtliche Detailausbildungen einbeziehen. Die Darstellung der Konstruktion muss in Übersichtszeichnungen und eindeutig zuordenbaren Detailzeichnungen erfolgen. Darüber hinaus ist es wegen der filigranen Bauweise und der damit verbundenen statischen Sensibilität der Nagelplattenkonstruktionen erforderlich, ausführliche objektbezogene Anleitungen für den Transport und die Montage zu erstellen. Die gemäß Standsicherheitsnachweis zulässigen Krümmungen der Fachwerkgurte und zulässigen Schiefstellungen der Fachwerkbinder müssen in diesen Anleitungen nach Art und Größe beschrieben sein. Die Anleitungen und Zeichnungen müssen für durchschnittlich qualifizierte Fachleute verständlich sein.

Die Technische Baubestimmung DIN 1052:2008-12 „Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken – Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für den Hochbau“ stellt in Abschnitt 4 allgemeine Anforderungen an die bautechnischen Unterlagen für Holztragkonstruktionen (siehe Anhang 1). Zu beachten ist, dass der darin enthaltene Absatz (3) mit erleichternden Regelungen nur auf einfache Bauteile und Verbindungen anwendbar ist, die für die räumliche Stabilität des Tragwerks keine Bedeutung haben. In der Regel ist er also nicht auf Dachlatten in Nagelplattenkonstruktionen anwendbar. Dachlatten sowie ihre Anschlüsse und Stöße sind, wenn sie zur Aussteifung der Konstruktionen herangezogen werden, statisch nachzuweisen.

Die statische Berechnung und die Ausführungspläne, in die auch sämtliche die Konstruktion betreffenden Ausbaumaßnahmen einzutragen sind, sind nicht nur für die Ausführung (Errichtung) der Konstruktion von wesentlicher Bedeutung, sondern stellen auch wichtige Elemente der Bauwerksdokumentation dar, welche die Instandhaltung sowie eine eventuelle spätere Änderung der Konstruktion erheblich erleichtern.

Ebenso wie die Erstellung der bautechnischen Unterlagen bedürfen auch die Arbeitsvorbereitung, die Bauleitung und die Bauausführung einer ausreichenden Sachkunde und einer großen Sorgfalt. Ein wesentlicher Anteil der Schäden ist auf unsachgemäße oder fehlerhafte Montage zurückzuführen. Daher hat der Bauherr oder ein von ihm Beauftragter dafür zu sorgen, dass die Montage der Nagelplattenkonstruktion durch Fachleute erfolgt, die mit den statischen Zusammenhängen und den entsprechenden konstruktiven Maßnahmen ausreichend vertraut sind. Die nach der Montage tatsächlich vorhandenen Krümmungen der Fachwerkgurte und Schiefstellungen der Fachwerkbinder sind aufzumessen und zu protokollieren.

Dem Bauherrn oder einem von ihm Beauftragten obliegt die Koordinierung der Planung und Bauausführung. Die Koordinierung ist nicht Aufgabe der nach den bauordnungsrechtlichen Vorschriften für die Prüfung der Standsicherheit und die Überwachung der Bauausführung zuständigen Stelle.

### **3 Verbesserung der Robustheit von Nagelplattenkonstruktionen**

Bei der Planung von Konstruktionen aller Bauarten ist die Technische Baubestimmung DIN 1055-100:2001-03 „Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 100: Grundlagen der Tragwerksplanung, Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln“ zu beachten. Zu den Grundlagen der Tragwerksplanung gehören auch die Robustheitsanforderungen, die in Abschnitt 4.1 dieser Norm beschrieben sind (siehe Anhang 2).

Die Robustheitsanforderungen haben ihren Ursprung in der Europäischen Norm DIN EN 1990:2002-10 „Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung“, Abschnitt 2.1. Aus den Anforderungen ergibt sich unter anderem, dass es nicht bereits im Falle einer lokalen Schädigung zum (großflächigen) Einsturz der Konstruktionen kommen darf. Dies gilt auch für Konstruktionen, bei denen keine spezifizierten Anforderungen an die Feuerwiderstandsfähigkeit vorliegen, während der Entstehungsphase eines Brandereignisses.

Die in DIN 1055-100:2001-03, 4.1 Absatz (3) beschriebenen Maßnahmen zur Steigerung der Robustheit stellen alternative prinzipielle Möglichkeiten dar, die Anforderungen von DIN 1055-100:2001-03, 4.1 Absatz (1) zu erfüllen. Die erste Möglichkeit betrifft zusätzliche vorbeugende Maßnahmen, wie Maßnahmen zur Erhöhung der Feuerwiderstandsfähigkeit. Die anderen Möglichkeiten betreffen Maßnahmen zur Schaffung von Redundanzen und Reserven in der Konstruktion. Die prinzipiellen Möglichkeiten sind bislang noch nicht in technischen Regeln konkretisiert. Sie sind deshalb im Einzelfall abzuwägen. Die Auswahl der Maßnahmen muss die besonderen sicherheitstechnischen und kann die wirtschaftlichen und gestalterischen Aspekte der jeweiligen Konstruktion berücksichtigen. Abhängig von den Randbedingungen kann es notwendig werden, verschiedene Maßnahmen zu kombinieren.

Die Maßnahmen zur Steigerung der Robustheit betreffen neben der Tragfähigkeit der Bauteile unter vertikalen und horizontalen Lasteinwirkungen auch die Aussteifung der stabilitätsgefährdeten Bauteile. Die Abstände der stabilisierenden Bauteile (z. B. Verbände) sind angemessen zu begrenzen. Sie sind ausreichend steif und gegebenenfalls redundant auszuführen.

In Abschnitt 4 sind zwei Beispiele aufgeführt, wie durch die Schaffung von Redundanzen und die Verbesserung des Tragverhaltens im Brandfall die Robustheit von Nagelplattenkonstruktionen gesteigert werden kann. Die Beispiele sind als mögliche Lösungsansätze zu verstehen, die an die jeweiligen objektspezifischen Gegebenheiten anzupassen sind.

Die Beispiele beziehen sich auf die beiden gegenwärtig gebräuchlichen Aussteifungssysteme von Nagelplatten-Dachkonstruktionen, nämlich auf

- das klassische System mit ebenen Verbänden und Windrispen,
- ein neu entwickeltes System mit ebenen Verbänden und stehenden, rechtwinklig zu den Dachbindern angeordneten Sekundärfachwerken.

#### **4 Beispiele zur Verbesserung der Robustheit**

Beispiel 1: Nagelplatten-Dachkonstruktionen mit einem klassischen Aussteifungssystem bestehend aus ebenen Verbänden und Windrispen:

Die Redundanz und damit die Robustheit der Dachkonstruktion kann erhöht werden, indem z. B.

- die Tragelemente der Dachkonstruktion sowie deren Anschlüsse und Stöße so ausgeführt werden, dass bei einem plötzlichen Ausfall eines Haupttragelements die Lasten umgelagert werden können

oder

- die Dachkonstruktion in Segmentbauweise ausgeführt wird, indem sie in mehrere statisch voneinander unabhängige Abschnitte aufgelöst wird und in den einzelnen Abschnitten in Abhängigkeit von der jeweiligen Größe gegebenenfalls Maßnahmen zur Lastumlagerung für das Ereignis eines plötzlichen Ausfalls eines Haupttragelements getroffen werden.

Das Tragverhalten der Dachkonstruktion im Brandfall kann konstruktiv verbessert werden, indem z. B.

- bauliche Maßnahmen getroffen werden, die auch bei einem lokalen Brandereignis eine Lastumlagerung ermöglichen: Einbau von zusätzlichen Bauteilen, Überdimensionierung von Bauteilen und Verbindungsmitteln sowie Schutz von Bauteilen und Verbindungsmitteln vor einer hohen Temperatureinwirkung analog zu Beispiel 2.

Beispiel 2: Nagelplatten-Dachkonstruktionen mit einem Aussteifungssystem bestehend aus ebenen Verbänden und stehenden, rechtwinklig zu den Dachbindern angeordneten Sekundärfachwerken:

Die Redundanz und damit die Robustheit der Dachkonstruktion kann erhöht werden, indem z. B.

- die Sekundärfachwerke (alternativ Scheiben) in ausreichender Zahl so rechtwinklig zu den Dachbindern angeordnet werden, dass sie bei einem plötzlichen Ausfall eines Haupttragelements die Lasten umlagern können.

Das Tragverhalten der Dachkonstruktion im Brandfall kann konstruktiv verbessert werden, indem z. B.

- die Querschnitte der Holzbauteile des Sekundärfachwerks breiter als nach der Kaltbemessung erforderlich ausgeführt werden (Schaffung von Tragfähigkeitsreserven)

und

- die Verbindungsmittel (Nagelplatten) des Sekundärfachwerks größer als nach einer Kaltbemessung erforderlich ausgeführt werden (Schaffung von Tragfähigkeitsreserven) und diese vor einer hohen Temperatureinwirkung geschützt werden – beispielsweise durch eine Abdeckung mit Holzlaschen.

## **5 Anmerkungen zur Prüfung der Standsicherheitsnachweise und Überwachung der Bauausführung**

Eine nach bauordnungsrechtlichen Vorschriften durchgeführte Prüfung der Standsicherheitsnachweise und stichprobenartige Überwachung der Bauausführung entbindet die am Bau Beteiligten nicht von der Verantwortung und den Sorgfaltspflichten bei der Planung, der Ausführung einschließlich der Überwachung und der Instandhaltung der baulichen Anlage.

Das Erfordernis der Prüfung und Überwachung sowie die Anforderungen an die prüfende Stelle (zuständige Bauaufsichtsbehörde, Prüfingenieur bzw. Prüfsachverständiger für Standsicherheit oder Prüfamts) richten sich nach Landesrecht.

Bei der Prüfung der Standsicherheitsnachweise werden von der prüfenden Stelle neben der statischen Berechnung und den Ausführungszeichnungen auch die Vorgaben für die Transport- und Montagezustände in den jeweiligen Anleitungen auf Vollständigkeit und Richtigkeit überprüft.

Bei der Überwachung der Bauausführung durch die prüfende Stelle wird die Übereinstimmung der ausgeführten Konstruktion mit den geprüften bautechnischen Unterlagen stichprobenartig überprüft. Der Umfang der Überwachungstätigkeit orientiert sich dabei an der Komplexität der Konstruktion. Die stichprobenartige Überwachungstätigkeit erstreckt sich auf die für die Standsicherheit wesentlichen Teile der Konstruktion. Dazu gehören neben den lastabtragenden insbesondere auch die aussteifenden Bauteile und die wesentlichen Anschlüsse und Stöße sowie die Durchsicht des Protokolls über die aufgemessenen tatsächlich vorhandenen Krümmungen der Fachwerkgurte und Schiefstellungen der Fachwerkbinder und gegebenenfalls deren erforderlicher Überprüfung.

Die Überwachung soll während und nach Abschluss der Montage der kompletten Nagelplattenkonstruktion, einschließlich sämtlicher Auswechslungskonstruktionen, erfolgen.

## Anhang 1: Normauszug – DIN 1052:2008-12, Abschnitt 4

### **4 Bautechnische Unterlagen**

(1) Zu den bautechnischen Unterlagen gehören insbesondere

- die statische Berechnung,
- die wesentlichen Zeichnungen, die für die Ausführung des Bauwerks nötig sind,
- eine gegebenenfalls erforderliche Baubeschreibung,
- gegebenenfalls allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen und Prüfzeugnisse,
- falls erforderlich, Bauaufnahme bei Bauten im Bestand.

(2) In der statischen Berechnung müssen alle erforderlichen Baustoffangaben und Lastannahmen sowie alle rechnerischen Nachweise übersichtlich und prüfbar enthalten sein. Alle für die Erstellung der Ausführungszeichnungen notwendigen Angaben müssen eindeutig entnehmbar sein.

(3) Für Bauteile und Verbindungen, die offensichtlich ausreichend tragfähig und gebrauchstauglich sind, darf auf einen rechnerischen Nachweis verzichtet werden. Für Dachlatten bis zu 1 m Stützweite sind in den berufsgenossenschaftlichen Regeln für das Dachdecker- und Zimmerhandwerk bewährte Querschnittsmaße angegeben. Diese, sowie die zugehörigen Verbindungen, wurden auch in den technischen Regelwerken des Dachdecker- und Zimmerhandwerks berücksichtigt.

(4) In den Zeichnungen sind alle für die Bauausführung und -abnahme wichtigen Bauteile eindeutig, vollständig und übersichtlich darzustellen. Insbesondere die Maße und Baustoffe der Bauteile, die Ausbildung der Anschlüsse, Stöße und Verbände, die Anzahl und Anordnung der Verbindungsmittel sowie erforderliche Überhöhungen sind anzugeben.

(5) Angaben, die für Transport und Montage der Bauteile, die Bauausführung oder die Bauwerksunterhaltung notwendig sind, jedoch nicht aus den Zeichnungen entnommen werden können, müssen in einer Baubeschreibung bzw. einer speziellen Montageanleitung enthalten und erläutert sein. Hierzu gehören auch Angaben zum chemischen Holzschutz und zum Korrosionsschutz.

## Anhang 2: Normauszug – DIN 1055-100:2001-03, Abschnitt 4.1

### **4.1 Grundlegende Anforderungen**

(1) Ein Bauwerk muss derart entworfen und ausgeführt sein, dass die während der Errichtung und Nutzung möglichen Einwirkungen mit angemessener Zuverlässigkeit keines der nachstehenden Ereignisse zur Folge haben:

- Einsturz des gesamten Bauwerks oder eines Teils,
- größere Verformung in unzulässigem Umfang,
- Beschädigungen anderer Bauteile oder Einrichtungen und Ausstattungen infolge zu großer Verformungen des Tragwerks,
- Beschädigungen durch ein Ereignis in einem zur ursprünglichen Ursache unverhältnismäßig großen Ausmaß.

(2) Ein Tragwerk muss so bemessen werden, dass seine Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit während der vorgesehenen Nutzungsdauer den in Absatz (1) vorgegebenen Bedingungen genügen.

(3) Die mögliche Schädigung muss durch die angemessene Wahl einer oder mehrerer der folgenden Maßnahmen begrenzt oder vermieden werden:

- Verhinderung, Ausschaltung oder Minderung der Gefährdung, denen das Tragwerk ausgesetzt ist,
- Wahl eines Tragsystems, das eine geringere Anfälligkeit gegen die hier betrachteten Gefährdungen aufweist,
- Wahl eines Systems oder einer baulichen Durchbildung derart, dass der zufällige Ausfall eines einzelnen Bauteils oder eines begrenzten Teils des Tragwerks bzw. das Auftreten hinnehmbarer örtlicher Schädigungen nicht zum Versagen des Gesamttragwerks führt,
- Anwendung von Tragsystemen, die mit Vorankündigung versagen,
- Herstellung tragfähiger Verbindungen der Bauteile untereinander.

(4) Die genannten Anforderungen müssen durch die Wahl geeigneter Baustoffe, einer zutreffenden Bemessung und einer zweckmäßigen baulichen Durchbildung sowie die Festlegung von Überwachungsverfahren für den Entwurf, die Ausführung und die Nutzung des jeweiligen Gesamtbauwerks erreicht werden.