

Martin H. Kessel Alexander Kühl Christoph Hall

**Überprüfung und Ergänzung
der Imperfektionsannahmen und Montageregeln
der DIN EN 1995-1-1
für Nagelplattenkonstruktionen
zur Steigerung ihrer Sicherheit und Wirtschaftlichkeit**

Kurzfassung

Forschungsvorhaben

beauftragt durch

DIBt - Deutsches Institut für Bautechnik
Kolonnenstraße 30B
10829 Berlin

P 52-5- 13.188-1430/13

bearbeitet durch

Ingenieurbüro kgs
Lavesstraße 4
D-31137 Hildesheim
Fon 05121 919940
www.ingenieurbuero-kgs.de

im September 2014

Die Fachkommission Bautechnik der Bauministerkonferenz (ARGEBAU) hat im Februar 2011 Hinweise zur Planung und Ausführung von Nagelplattenkonstruktionen sowie Anmerkungen zur Prüfung der Standsicherheitsnachweise und Überwachung der Bauausführung veröffentlicht.

Die Hinweise enthalten keine Angaben über die für die Tragsicherheit einer Konstruktion relevanten Imperfektionen und ihre Bezugsmaße, über Verfahren zur Minimierung von Imperfektionen bei der Errichtung und über die für eine Überprüfung erforderlichen Grenzmaße von Imperfektionen (zulässige Krümmungen und Schrägstellungen).

Daher war es erforderlich, an einer repräsentativen Stichprobe (bestehend aus 10 Bauobjekten mit jeweils 20 gleichartigen Bauteilen) die tatsächlich vorhandenen Imperfektionen direkt nach Abschluss der Montage zu messen und im Hinblick auf Größe, Form und Auftretenswahrscheinlichkeit auszuwerten.

Alle 10 Bauobjekte wurden durch Binderhersteller vorgeschlagen. Die Auswahl der Bauobjekte durch die Autoren erfolgte mit dem Ziel, möglichst viele Binderformen mit unterschiedlichen Spannweiten und Dachneigungen einzumessen, die durch 9 Montagebetriebe errichtet wurden. Die bereits in 2009 gewonnenen Messergebnisse von 4 Bauobjekten wurden in die Auswertung dieses Vorhabens einbezogen. Insgesamt besitzt die Stichprobe von 14 Bauobjekten unter Berücksichtigung der organisatorischen Machbarkeiten die größtmögliche Repräsentativität.

Die jeweils 9-10 Binder der 10 repräsentativen neu errichteten Bauobjekte wurden wie die Objekte in 2009 mit einem elektronischen Theodoliten eingemessen. Die räumlichen Koordinaten der Messpunkte wurden direkt in das dreidimensionale CAD-System cadwork[®] übergeben und dort als 3D-Modell abgespeichert. Die Stichprobe umfasst 238 Schrägstellungen und 246 Obergurtkrümmungen.

Mit Hilfe eines stochastischen Modells für die zufallsbedingten und die systematischen Imperfektionen konnte der Einfluss der Anzahl n der Binder eines Kollektivs auf die Auswirkungen der Imperfektionen der n Binder auf ihre Aussteifungskonstruktion durch einen Beiwert k_{sim} beschrieben werden. Dieser Beiwert ist das Verhältnis der Standardabweichung der mittleren Imperfektion eines Kollektivs von n benachbarten Bindern zur Standardabweichung der Imperfektion eines einzelnen Binders.

Bei der Festlegung von Kontroll- und Bemessungswerten spielen der Abgleich von Imperfektionsformen und Eigenformen des räumlichen Tragwerks und seiner Teile und in Abhängigkeit der jeweiligen Eigenform das Verhältnis von strukturellen zu geometrischen Imperfektionen eine wichtige Rolle.

Als Ergebnis wird für die Schrägstellungen eines Kollektivs benachbarter und nicht wesentlich unterschiedlich beanspruchter Nagelplattenbinder empfohlen, in den Knickpunkten die folgenden Grenzwerte einzuhalten:

- a) Das arithmetische Mittel der Schrägstellungen der zwischen zwei Verbandsgebänden stehenden Binder in einem Knickpunkt darf $a_{dev, mean, perm} = h/300$ nicht überschreiten, so dass gilt $1/300 < k_{sim} \cdot 1/200$.
- b) Werden die Binder eines Kollektivs an einem Verbandsgebände ausgerichtet, darf die unplanmäßige Schrägstellung dieses Verbandsgebändes $a_{dev, dia, perm} = h/400$ nicht überschreiten. Die sehr aufwändige Kontrolle des arithmetischen Mittels des Kollektivs kann dann entfallen.
- c) Die Schrägstellung eines einzelnen Binders eines Kollektivs darf $a_{dev, single, perm} = \min(h/100; 50 \text{ mm})$ nicht überschreiten.

Für die Bemessung der abstützenden Bauteile beträgt dann der Bemessungswert der Schrägstellung

$$\phi_n = \frac{1}{200} k_{\text{sim},\phi} \quad \text{mit} \quad k_{\text{sim},\phi} = \sqrt{\frac{1}{2} \left(1 + \frac{1}{n} \right)}$$

Bei der Festlegung von Kontroll- und Bemessungswerten für die Vorkrümmungen spielen der Abgleich von Imperfektionsformen und Eigenformen des räumlichen Tragwerks und seiner Teile und in Abhängigkeit der jeweiligen Eigenform das Verhältnis von strukturellen zu geometrischen Imperfektionen eine wichtige Rolle.

In einem Kollektiv benachbarter und nicht wesentlich unterschiedlich beanspruchter Nagelplattenbinder müssen die Krümmungen der gedrückten Gurtabschnitte zwischen zwei Knickpunkten den folgenden Grenzwert einhalten:

- a) Das arithmetische Mittel der bezogenen maximalen Abweichungen (Krümmungen) der zwischen zwei Verbandsgebänden stehenden Binder darf $a_{\text{bow, mean, perm}} = \ell/500$ nicht überschreiten. Dabei ist ℓ der Abstand der Knickpunkte.

Zur Berechnung der Biegebeanspruchung eines Druckgurtes zwischen zwei Knickpunkten eines Nagelplattenbinders und für die Bemessung der den Druckgurt abstützenden Bauteile werden differenziert Bemessungswerte der Krümmung empfohlen. Darüber hinaus gibt es Empfehlungen für die Montage und ihre Überprüfung.