

DIN 4178

ICS 91.040.10

Einsprüche bis 2020-08-26
Vorgesehen als Ersatz für
DIN 4178:2005-04

Entwurf**Glockentürme**

Belltowers

Clochers

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2020-06-26 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nabau@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau), 10772 Berlin oder Saatwinkler Damm 42/43, 13627 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 36 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	6
4 Einwirkungen, Lastannahmen	8
4.1 Geläutetechnische Daten	8
4.2 Eigenlasten, Nutzlasten, Windlasten	8
4.3 Lasten aus Glockenläuten	8
4.3.1 Erregerkräfte	8
4.3.2 Lagerkräfte	10
4.3.3 Zusammenwirken mehrerer Glocken	12
5 Berechnungen	13
5.1 Baustoffe und Baustoffkennwerte	13
5.1.1 Baustoffe	13
5.1.2 Steifigkeitskennwerte	14
5.1.3 Dämpfungsgrade	14
5.2 Gründung	14
5.2.1 Allgemeines	14
5.2.2 Gründungsmodell	14
5.2.3 Dynamische Bodenparameter	15
5.3 Berechnungsverfahren	16
5.3.1 Grundsätzliches	16
5.3.2 Modellbildung	16
5.3.3 Ermittlung der Eigenschwingungen	17
5.3.4 Beanspruchungen aus Glockenläuten	17
6 Auslegung von Neubauten	18
6.1 Allgemeines	18
6.2 Lastkombination	18
6.3 Bemessung	19
6.3.1 Lastspielzahl	19
6.3.2 Stahlbeton	19
6.3.3 Mauerwerk	19
6.3.4 Holz	19
6.3.5 Stahl	19
6.3.6 Gründung	19
7 Messungen	19
7.1 Ziele und Grundanforderungen	19
7.1.1 Ziele	19
7.1.2 Allgemeine Anforderungen	20
7.1.3 Nachmessungen	20
7.1.4 Eigenschwingungen, Resonanzkurve	20
7.1.5 Schwingungen beim Glockenläuten	21
7.1.6 Anregung	22
7.2 Schwingungsmessung	22
7.2.1 Messanordnung	22
7.2.2 Aufstellung der Aufnehmer	23
7.2.3 Durchführung	23
7.3 Messeinrichtung	23
8 Beurteilung und Sanierung von bestehenden Bauten	24
8.1 Allgemeines	24
8.2 Bewertung des Bauwerks auf der Grundlage der Messergebnisse	24

8.2.1	Bewertung auf Basis der Eigenschwingungen	24
8.2.2	Bewertung auf Basis der Größtwerte der Schwingungen	24
8.2.3	Bewertung auf Basis einer Nachbemessung	25
8.3	Beurteilung von historischem Mauerwerk	25
8.3.1	Allgemeines	25
8.3.2	Ingenieurmäßige Untersuchungen	26
8.3.3	Beurteilung der Beanspruchbarkeit von historischem Mauerwerk	26
8.4	Minderungs- und Verbesserungsmaßnahmen	27
8.4.1	Grundsätze und Ziele	27
8.4.2	Maßnahmen am Geläut	27
8.4.3	Maßnahmen an Bauwerk und Gründung	28
9	Glockentragwerk	28
9.1	Konstruktion	28
9.2	Läutebetrieb	29
Anhang A (informativ)	Glockenkennwerte	30
Anhang B (informativ)	Bautechnik	35
Literaturhinweise		36

Bilder

Bild 1 — Benennungen	7
Bild 2 — Bezogene Amplituden der horizontalen Erregerkräfte	10
Bild 3 — Bezogene Amplituden der vertikalen Erregerkräfte	10
Bild 4 — Größtwerte der bezogenen horizontalen und vertikalen Glockenlagerkräfte	12
Bild 5 — Resonanzkurve und Ausschwingungskurve bei künstlicher Schwingungsanregung eines Turms	21
Bild A.1 — Prinzipskizze gerade Jochausführung	31

Tabellen

Tabelle 1 — Dynamische Bodenkennwerte für Glockentürme	16
Tabelle 2 — Schwellenwerte der Schwinggeschwindigkeit bei Glockentürmen	25
Tabelle A.1 — Glockenkennwerte	32

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Arbeitsausschuss NA 005-11-14 AA „Schwingungsfragen im Bauwesen; Glockentürme“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau) erarbeitet.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseite von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN 4178:2005-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Bestimmungen zu Baustoffen, Konstruktionen sowie Standsicherheits- und Ermüdungsnachweisen an den aktuellen Stand der Normung angepasst;
- b) Formbeiwerte neu bestimmt;
- c) Tabelle A.1 *Glockenkennwerte* überarbeitet;
- d) Bestimmungen bezüglich Störfällen beim Glockenläuten aufgenommen;
- e) Dokument redaktionell überarbeitet.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für den Neubau von Glockentürmen und für Umbauten sowie Sanierungen von bestehenden, insbesondere historischen Glockentürmen und für Bauwerke, bei denen das Geläute erneuert, verändert oder ergänzt werden soll.

Diese Norm enthält Berechnungsgrundlagen für Standsicherheits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweise, Anforderungen an Glockentragwerke und an die Durchführung von Schwingungsmessungen sowie konstruktive Hinweise zur Ausbildung von Glockentürmen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 1311-1, *Schwingungen und schwingungsfähige Systeme — Teil 1: Grundbegriffe, Einteilung*

DIN 45669-1, *Messung von Schwingungsimmissionen — Teil 1: Schwingungsmesser — Anforderungen und Prüfungen*

DIN 68800-1, *Holzschutz — Teil 1: Allgemeines*

DIN EN 350, *Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten — Prüfung und Klassifizierung der Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten gegen biologischen Angriff*

DIN EN 338, *Bauholz für tragende Zwecke — Festigkeitsklassen*

DIN EN 1990, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*

DIN EN 1991-1-1, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke — Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau*

DIN EN 1991-1-3, *Eurocode 1 — Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen, Schneelasten*

DIN EN 1991-1-4, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen — Windlasten*

DIN EN 1992-1-1, *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*

DIN EN 1993-1-1, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*

DIN EN 1993-1-4, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-4: Allgemeine Bemessungsregeln — Ergänzende Regeln zur Anwendung von nichtrostenden Stählen*

DIN EN 1993-1-9, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-9: Ermüdung*

DIN EN 1993-1-10, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-10: Stahlsortenauswahl im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung*

DIN EN 1995-1-1, *Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten — Teil 1-1: Allgemeines — Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau*

DIN EN 1995-2, *Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten — Teil 2: Brücken*

DIN EN 1996-1-1, Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten — Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk

DIN EN 1997-1, Eurocode 7 — Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 1: Allgemeine Regeln

DIN EN 1997-2, Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds

DIN EN 14080, Holzbauwerke — Brettschichtholz und Balkenschichtholz — Anforderungen

DIN V 18580, Mauermörtel mit besonderen Eigenschaften

DIN V 20000-412, Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken — Teil 412: Regeln für die Verwendung von Mauermörtel nach DIN EN 998-2:2003-09

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Glockenturm

Bauwerk, das durch schwingende Glocken beansprucht wird

3.2

Nominal

aus dem Gesamtklang heraus hörbarer Hauptton der Glocke

3.3

Klöppelanschlagszahl

A

Anzahl der Klöppelschläge je Minute im eingeschwungenen Zustand der Glocke

3.4

Glockenschwingfrequenz

f

Anzahl der Schwingungen der Glocke je Sekunde

Anmerkung 1 zum Begriff:

$$f = \frac{A}{120} [\text{Hz}] \quad (1)$$

3.5

Anregungskreisfrequenz

Ω

zur Glockenschwingfrequenz gehörende Kreisfrequenz

Anmerkung 1 zum Begriff:

$$\Omega = 2\pi \cdot f = \frac{\pi \cdot A}{60} [1/\text{s}] \quad (2)$$

3.6

Frequenz der harmonischen Glockenteilschwingung

f_i

Anzahl der Schwingungen je Sekunde der i -ten Teilschwingung, die sich bei der harmonischen Analyse der periodischen, nicht harmonischen Glockenschwingung ergibt

Anmerkung 1 zum Begriff:

$$f_i = i \cdot f \text{ [Hz]} \quad (3)$$

Mit den Teilschwingzahlen $i = 1, 2, 3, \dots$; nach DIN 1311-1 heißen die Teilschwingungen auch Harmonische.

3.7

Turmeigenfrequenz

f_e

Anzahl der Turmschwingungen je Sekunde

Anmerkung 1 zum Begriff: Entspricht bei geringer Dämpfung in guter Näherung der Frequenz f_0 der ungedämpften Eigenfrequenz [Hz].

3.8

Läutewinkel

α

maximaler Wert des Ausschlagwinkels $\varphi(t)$ der Glocke im eingeschwungenen Zustand

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Winkel α ist in Bild 1 dargestellt.

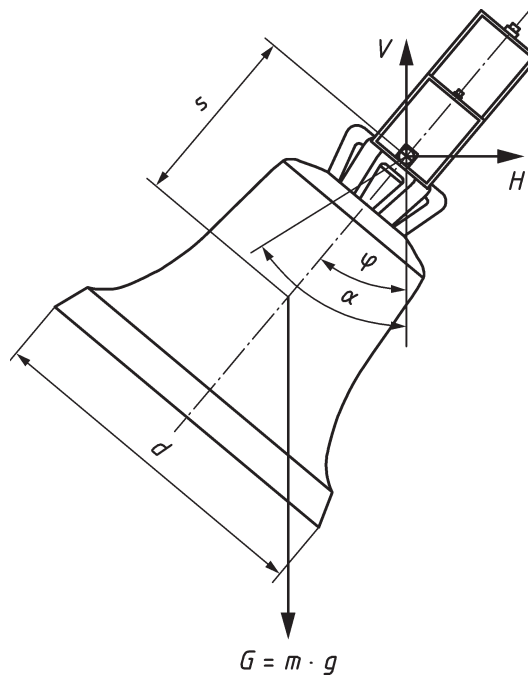


Bild 1 — Benennungen

3.9

Glockendurchmesser

d

maximaler Durchmesser der Glocke an der Schärfe

3.10

Formbeiwert

c

Beiwert zur Berücksichtigung der räumlichen Massenverteilung der Glocke im Verhältnis zum mathematischen Pendel

Anmerkung 1 zum Begriff:

$$c = \frac{m \cdot s^2}{J_s + m \cdot s^2} \quad (4)$$

Dabei ist

s der Abstand des Schwerpunktes der Glocke einschließlich Joch von der Drehachse;

m die Masse der Glocke einschließlich Joch;

J_s das Massenträgheitsmoment der Glocke einschließlich Joch, bezogen auf die Schwerachse parallel zur Drehachse.

3.11

Glockenerregerkräfte

$H(t)$, $V(t)$

zeitlich veränderliche Glockenlagerkräfte, Summe der harmonischen Anteile in den Teilschwingfrequenzen

4 Einwirkungen, Lastannahmen

4.1 Geläutetechnische Daten

Für jede Glocke sind folgende technische Daten anzugeben:

- Glockendaten: Nominal, Durchmesser, Gewicht und Ausführungsart (siehe Tabelle A.1);
- vorgesehene Jochausführung;
- Läuteparameter: vorgesehene Klöppelanschlagszahl A und Läutewinkel α ;
- Gewicht der Glocken-Ausrüstung (Joche, Klöppel, Motoren, Antriebe).

Bei vorhandenen Läuteanlagen sind die vorgenannten Daten vor Ort zu messen bzw. zu erheben. Für die Ermittlung der Glockendaten und Läuteparameter darf, wenn keine genaueren Angaben verfügbar sind, näherungsweise Tabelle A.1 verwendet werden. Bei der Nummerierung der Glocken ist stets mit der Glocke mit dem tiefsten Nominal zu beginnen ($n = 1$) und in aufsteigender Nominalfolge zu zählen.

4.2 Eigenlasten, Nutzlasten, Windlasten

Die spezifischen Berechnungsgewichte zur Ermittlung der Eigenlasten sind DIN EN 1991-1-1 zu entnehmen, bei historischen Bauwerken durch Einzeluntersuchungen zu ermitteln.

Nutzlasten sind nach DIN EN 1991-1-1 zu berücksichtigen. Für den Glockenstubenboden und alle Podeste, auf denen Glocken abgesetzt werden können, ist bei neuen Türmen mindestens mit einer gleichmäßig verteilten Nutzlast von $q_k = 5 \text{ kN/m}^2$ zu rechnen. Montagelasten aus Glockentransport sind zu berücksichtigen. Windlasten sind nach DIN EN 1991-1-4 anzusetzen, Schneelasten nach DIN EN 1991-1-3.

4.3 Lasten aus Glockenläuten

4.3.1 Erregerkräfte

Glocken sind Körperpendel, die zusammen mit Glockenturm und mechanischer sowie elektrischer Ausrüstung ein gekoppeltes Schwingungssystem darstellen. Für die Belange der Baudynamik dürfen die Glocken näherungsweise entkoppelt vom Turm betrachtet werden. Die zeitlich veränderlichen Glockenlagerkräfte wirken

dann als Erregerkräfte auf den Glockenturm. Diese sind periodische Funktionen der Zeit, die aufgrund der großen Läutewinkel neben der Grundschwingung auch Teilschwingungen höherer Ordnung enthalten.

Die aus der Schwingung der n -ten Glocke ($n = 1, 2, \dots, N$) auf das Bauwerk einwirkende horizontale Erregerkraft $H_n(t)$ und vertikale Erregerkraft $V_n(t)$ lassen sich wie folgt darstellen [1]:

$$H_n(t) = \sum_i H_{ni}(t) = c_n \cdot G_n \cdot \sum_i \beta_{ni}^h \cdot \sin(\Omega_{ni} \cdot t),$$

$i = 1, 3, 5 \dots$

(5)

$$V_n(t) = \sum_i V_{ni}(t) = c_n \cdot G_n \cdot \sum_i \beta_{ni}^v \cdot \cos(\Omega_{ni} \cdot t),$$

$i = 2, 4, 6 \dots$

(6)

Dabei ist

G_n das Gewicht der n -ten Glocke einschließlich Joch und Klöppel;

c_n der Formbeiwert der n -ten Glocke einschließlich Joch nach Gleichung (4);

β_{ni}^h die vom Läutewinkel α abhängige, bezogene Amplitude der horizontalen Erregerkraft (siehe Bild 2) der n -ten Glocke in der i -ten Teilschwingung;

β_{ni}^v die vom Läutewinkel α abhängige, bezogene Amplitude der vertikalen Erregerkraft (siehe Bild 3) der n -ten Glocke in der i -ten Teilschwingung;

Ω_{ni} die Erreger-Kreisfrequenz der n -ten Glocke in der i -ten Teilschwingung ($= i \cdot \pi \cdot A_n / 60$).

Die Erregerkräfte wirken an den Glockenlagern auf das Glockentragwerk und über dieses auf das Bauwerk.

Der Formbeiwert hängt von der Masseverteilung der Glocke, der Lage des Glockendrehpunkts und der Ausbildung des Glockenjoches ab. Der Formbeiwert kann nach Gleichung (4) ermittelt werden.

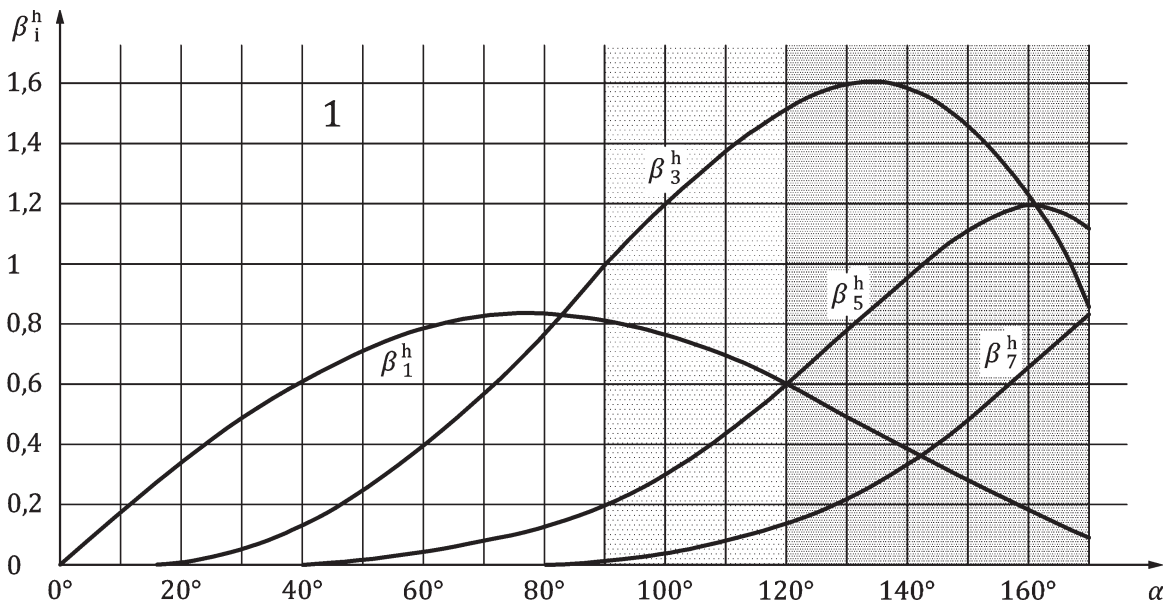
Falls der Formbeiwert nicht ermittelt wird, dürfen die folgenden auf der sicheren Seite liegende Werte angesetzt werden:

— Glocke ohne Joch: 0,76;

— Glocke mit geradem Joch: 0,70.

ANMERKUNG Der genannte Formbeiwert ist in der Regel nicht geeignet, um rechnerische Veränderungen von Anschlagzahlen an bestehenden Geläuten zu ermitteln. Dazu ist die Kenntnis des genauen Formbeiwertes erforderlich.

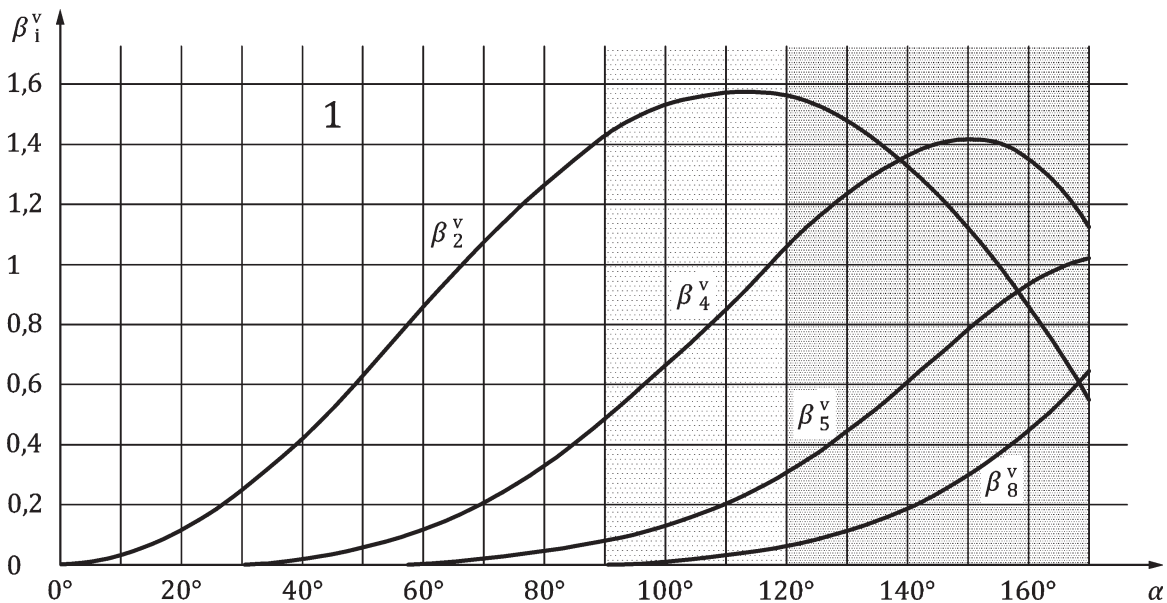
Wird die Ermittlung der bezogenen Amplitude unter Verwendung der Orientierungswerte des Läutewinkels der Tabelle A.1 vorgenommen, ist eine Erhöhung um $\Delta\alpha = 5^\circ$ vorzunehmen.



Legende

1 üblicher Anwendungsbereich

Bild 2 — Bezogene Amplituden der horizontalen Erregerkräfte



Legende

1 üblicher Anwendungsbereich

Bild 3 — Bezogene Amplituden der vertikalen Erregerkräfte

4.3.2 Lagerkräfte

Für Nachweise, bei denen der dynamische Einfluss der Glockenschwingungen vernachlässigbar ist, darf von den zeitlichen Maximalwerten der einzelnen Glockenlagerkräfte ausgegangen werden:

$$\max H_n = 1,3 \cdot c_n \cdot G_n \cdot \lambda_{\max h}(\alpha_n) \quad (7)$$

$$\max V_n = 1,3 \cdot c_n \cdot G_n \cdot \lambda_{\max v}(\alpha_n) + G_n \quad (8)$$

$$\text{zug } V_n = 1,3 \cdot c_n \cdot G_n \cdot \lambda_{\text{zug } v}(\alpha_n) + G_n \quad (9)$$

Die vom Lätewinkel α abhängigen Größtwerte der bezogenen Lagerkräfte λ können Bild 4 entnommen werden. Da die maximalen Lagerkräfte in horizontaler und vertikaler Richtung nicht gleichzeitig auftreten, sind zwei Fälle zu unterscheiden: $\max H$ mit $\text{zug } V$ und $\max V$ ($\text{zug } H = 0$).

ANMERKUNG Durch den Vorfaktor 1,3 sind diese zwei Lastfälle abdeckend.