

DIN 4178**DIN**

ICS 91.040.10

Ersatz für
DIN 4178:1978-08**Glockentürme**

Belltowers

Clochers

Gesamtumfang 32 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

Inhalt

Seite

Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe	5
4 Einwirkungen, Lastannahmen	7
4.1 Geläutetechnische Daten	7
4.2 Eigenlasten, Verkehrslasten, Windlasten	8
4.3 Lasten aus Glockenläuten	8
4.3.1 Erregerkräfte	8
4.3.2 Lagerkräfte	10
4.3.3 Zusammenwirken mehrerer Glocken	11
5 Berechnungen	11
5.1 Baustoffe und Baustoffkennwerte	11
5.1.1 Baustoffe	11
5.1.2 Elastizitätsmoduln	12
5.1.3 Dämpfungsgrade	12
5.2 Gründung	13
5.2.1 Allgemeines	13
5.2.2 Gründungsmodell	13
5.2.3 Dynamische Bodenparameter	14
5.3 Berechnungsverfahren	14
5.3.1 Grundsätzliches	14
5.3.2 Modellbildung	15
5.3.3 Ermittlung der Eigenschwingungen	15
5.3.4 Beanspruchungen aus Glockenläuten	15
6 Auslegung von Neubauten	17
6.1 Allgemeines	17
6.2 Lastkombination	17
6.3 Bemessung	17
6.3.1 Lastspielzahl	17
6.3.2 Stahlbeton	17
6.3.3 Mauerwerk	17
6.3.4 Holz	17
6.3.5 Stahl	18
6.3.6 Gründung	18
7 Messungen	18
7.1 Ziele und Grundanforderungen	18
7.1.1 Ziele	18
7.1.2 Allgemeine Anforderungen	18
7.1.3 Nachmessungen	18
7.1.4 Eigenschwingungen, Resonanzkurve	18
7.1.5 Schwingungen beim Glockenläuten	20
7.1.6 Anregung	20
7.2 Schwingungsmessung	20
7.2.1 Messanordnung	20
7.2.2 Aufstellung der Aufnehmer	21
7.2.3 Durchführung	21
7.3 Messeinrichtung	21

8	Beurteilung und Sanierung von bestehenden Bauten.....	22
8.1	Allgemeines.....	22
8.2	Bewertung des Bauwerks auf der Grundlage der Messergebnisse	22
8.2.1	Bewertung auf Basis der Eigenschwingungen	22
8.2.2	Bewertung auf Basis der Größtwerte der Schwingungen	23
8.2.3	Bewertung auf Basis einer Nachbemessung.....	23
8.3	Beurteilung von historischem Mauerwerk	24
8.3.1	Allgemeines.....	24
8.3.2	Ingenieurmäßige Untersuchungen	24
8.3.3	Beurteilung der Beanspruchbarkeit von historischem Mauerwerk.....	24
8.4	Minderungs- und Verbesserungsmaßnahmen	25
8.4.1	Grundsätze und Ziele	25
8.4.2	Maßnahmen am Geläut	25
8.4.3	Maßnahmen an Bauwerk und Gründung	26
9	Glockentragwerk.....	26
9.1	Konstruktion.....	26
9.2	Läutebetrieb	27
Anhang A (informativ) Glockenkennwerte.....		28
Anhang B (informativ) Bautechnik		31
Literaturhinweise		33
Bilder		
Bild 1 — Benennungen.....		7
Bild 2 — Bezogene Amplituden der horizontalen Erregerkräfte.....		9
Bild 3 — Bezogene Amplituden der vertikalen Erregerkräfte		9
Bild 4 — Größtwerte der bezogenen horizontalen und vertikalen Glockenlagerkräfte		10
Bild 5 — Resonanzkurve und Ausschwingkurve bei künstlicher Schwingungsanregung eines Turms.....		19
Bild A.1 — Prinzipskizze Jochausführung		28
Tabellen		
Tabelle 1 — Dynamische Elastizitätsmoduln von Mauerwerk		12
Tabelle 2 — Dynamische Bodenkennwerte für Glockentürme		14
Tabelle 3 — Orientierungswerte der Schwinggeschwindigkeit bei Glockentürmen		23
Tabelle A.1 — Glockenkennwerte		29

Vorwort

Diese Norm wurde vom Normenausschuss Bauwesen im DIN e.V. im Ausschuss 11.13.07 „Schwingungsfragen im Bauwesen; Glockentürme“ erarbeitet.

Änderungen

Gegenüber DIN 4178:1978-08 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) In der Norm wurde die Beurteilung von bestehenden Glockentürmen stärker hervorgehoben.
- b) In die Norm wurden detaillierte Angaben zu Schwingungsmessungen aufgenommen.
- c) Die Norm wurde dem Konzept mit Teilsicherheitsbeiwerten angepasst.
- d) Die Norm wurde redaktionell völlig überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN 4178: 1978-08

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 Standsicherheitsnachweise und Gebrauchstauglichkeitsnachweise, Anforderungen an Glockentragwerke und an die Durchführung von Schwingungsmessungen sowie konstruktive Hinweise zur Ausbildung von Glockentürmen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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 1045-1, *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton — Teil 1: Bemessung und Konstruktion*

DIN 1052, *Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken — Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für den Hochbau*

DIN 1053-1:1996-11, *Mauerwerk — Teil 1: Berechnung und Ausführung*

DIN 1054, *Baugrund — Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau*

DIN 1055-1, *Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1: Wichten und Flächenlasten von Baustoffen, Bauteilen und Lagerstoffen*

DIN 1055-3, *Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 3: Eigen- und Nutzlasten für Hochbauten*

DIN 1055-4, *Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 4: Windlasten*

DIN 1055-5, *Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 5: Schnee- und Eislasten*

DIN 1055-100, *Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 100: Grundlagen der Tragwerksplanung — Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln*

DIN 1074, *Holzbrücken*

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

DIN 4020, *Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke*

DIN 4074-1, *Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit — Teil 1: Nadelschnittholz*

DIN 4074-5, *Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit — Teil 5: Laubschnittholz*

DIN 18800, *Stahlbauten; Bemessung und Konstruktion*

DIN 18800-1:1990-11, *Stahlbauten; Bemessung und Konstruktion*

DIN 18801:1983-09, *Stahlhochbau; Bemessung, Konstruktion, Herstellung*

DIN 45669-1, *Messung von Schwingungsimmissionen — Teil 1: Schwingungsmesser; Anforderungen, Prüfung*

DIN 68800-1, *Holzschutz im Hochbau — Allgemeines*

DIN EN 10025, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus unlegierten Baustählen; Technische Lieferbedingungen (enthält Änderung A1:1993); Deutsche Fassung EN 10025:1990*

DIN V ENV 1993-1-1, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten; Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln, Bemessungsregeln für den Hochbau; Deutsche Fassung ENV 1993-1-1:1992*

DIN EN ISO 12944-1, *Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme — Teil 1: Allgemeine Einleitung (ISO 12944-1:1998); Deutsche Fassung EN ISO 12944-1:1998*

DAST 009:1998-09, *Empfehlungen zur Wahl der Stahlsorte für geschweißte Stahlbauten*

Bauregelliste A und B, Teil 1 und Teil 2¹⁾

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Norm gelten die folgenden Begriffe:

3.1

Glockenturm

Bauwerk, das durch schwingende Glocken beansprucht wird

1) zu beziehen bei "Deutsches Informationszentrum für technische Regeln (DITR)"

3.2

Nominal

der aus dem Gesamtklang heraus hörbare Hauptton der Glocke

3.3

Klöppelanschlagszahl

A

die Anzahl der Klöppelschläge je Minute im eingeschwungenen Zustand der Glocke

3.4

Glockenschwingfrequenz

f

es besteht zwischen Glockenschwingfrequenz f und der Klöppelanschlagszahl A die Beziehung

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

3.5

Anregungskreisfrequenz

Ω

ergibt sich aus

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

3.6

Frequenz der harmonischen Glockenteilschwingung

f_i

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

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

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

3.7

Bauwerkseigenfrequenz

f_e

die Anzahl der Bauwerkseigenschwingungen je Sekunde; entspricht bei geringer Dämpfung in guter Näherung der Frequenz f_0 der ungedämpften Eigenschwingung

ANMERKUNG Die Bauwerkseigenfrequenz wird in Hz angegeben.

3.8

Läutewinkel

α

der maximale Wert des Ausschlagwinkels $\varphi(t)$ der Glocke im eingeschwungenen Zustand (siehe Bild 1)

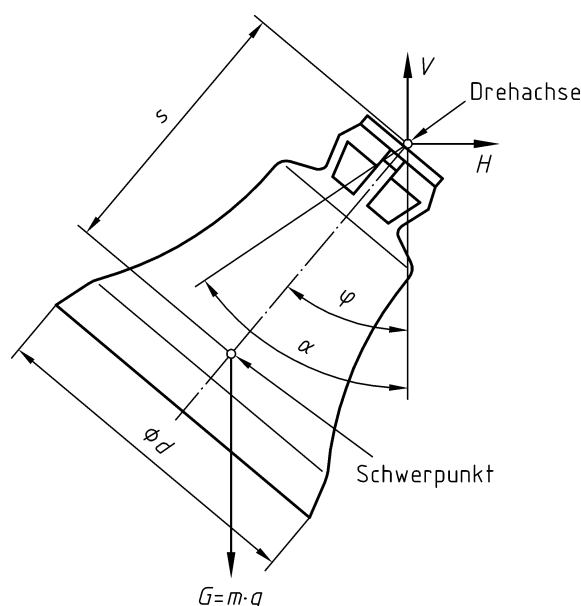


Bild 1 — Benennungen

3.9**Glockendurchmesser***d*

maximaler Durchmesser der Glocke an der Schärfe

3.10**Formbeiwert***c*

$$c = \frac{m \cdot s^2}{J_s + m \cdot s^2}$$

(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 (siehe Bild 1).

3.11**Glockenerregerkräfte**

die aus harmonischen Anteilen in den Teilschwingfrequenzen zusammengesetzten, zeitlich veränderlichen Glockenlagerkräfte

4 Einwirkungen, Lastannahmen**4.1 Geläutetechnische Daten**

Von der Lieferfirma der Läuteanlage (Glockengießer) sind folgende technische Daten für jede Glocke anzugeben:

- Glockendaten: Nominal, Durchmesser, Gewicht und Ausführungsart (siehe Tabelle A.1);

- vorgesehene Jochausführung;
- Läuteparameter: vorgesehene Klöppelanschlagszahl A und Lätewinkel α ;
- Gewicht der Glocken-Ausrüstung (Joch, 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, Verkehrslasten, Windlasten

Die spezifischen Berechnungsgewichte zur Ermittlung der Eigenlasten sind DIN 1055-1 zu entnehmen, bei historischen Bauwerken durch Einzeluntersuchungen zu ermitteln. Die Eigenlasten von Glocken, Glockenausrüstung und Glockentragwerk sind nach Angabe der Lieferfirma (Glockengießerei, siehe 4.1) bzw. des planenden Ingenieurs anzusetzen.

Verkehrslasten sind nach DIN 1055-3 zu berücksichtigen. Für den Glockenstubenboden und alle Podeste, auf denen Glocken abgesetzt werden können, ist bei neuen Türmen mindestens mit einer gleichmäßig verteilten Verkehrslast von $p = 5 \text{ kN/m}^2$ zu rechnen. Montagelasten aus Glockentransport sind zu berücksichtigen. Windlasten sind nach DIN 1055-4 anzusetzen, Schneelasten nach DIN 1055-5.

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 Lätewinkel neben der Grundschiwingung auch Teilschiwingungen höherer Ordnung enthalten.

Die aus der Schwiwing 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]:

$$H_n(t) = \sum_i H_{ni}(t) = c_n \cdot G_n \cdot \sum_i \beta_{ni}^h \cdot \sin(\Omega_{ni} \cdot t), \quad i = 1, 3, 5 \dots \quad (5)$$

$$V_n(t) = \sum_i V_{ni}(t) = c_n \cdot G_n \cdot \sum_i \beta_{ni}^v \cdot \cos(\Omega_{ni} \cdot t), \quad i = 2, 4, 6 \dots \quad (6)$$

Dabei ist

- G_n das Gewicht der n -ten Glocke einschließlich Joch;
- c_n der Formbeiwert der n -ten Glocke einschließlich Joch nach Gleichung (4), siehe Tabelle A.1;
- β_{ni}^h die vom Lätewinkel α abhängige, bezogene Amplitude der horizontalen Erregerkraft (siehe Bild 2) der n -ten Glocke in der i -ten Teilschiwingung;
- β_{ni}^v die vom Lätewinkel α abhängige, bezogene Amplitude der vertikalen Erregerkraft (siehe Bild 3) der n -ten Glocke in der i -ten Teilschiwingung;
- Ω_{ni} die Erreger-Kreisfrequenz der n -ten Glocke in der i -ten Teilschiwingung ($= i \cdot \pi \cdot A_n / 60$).

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

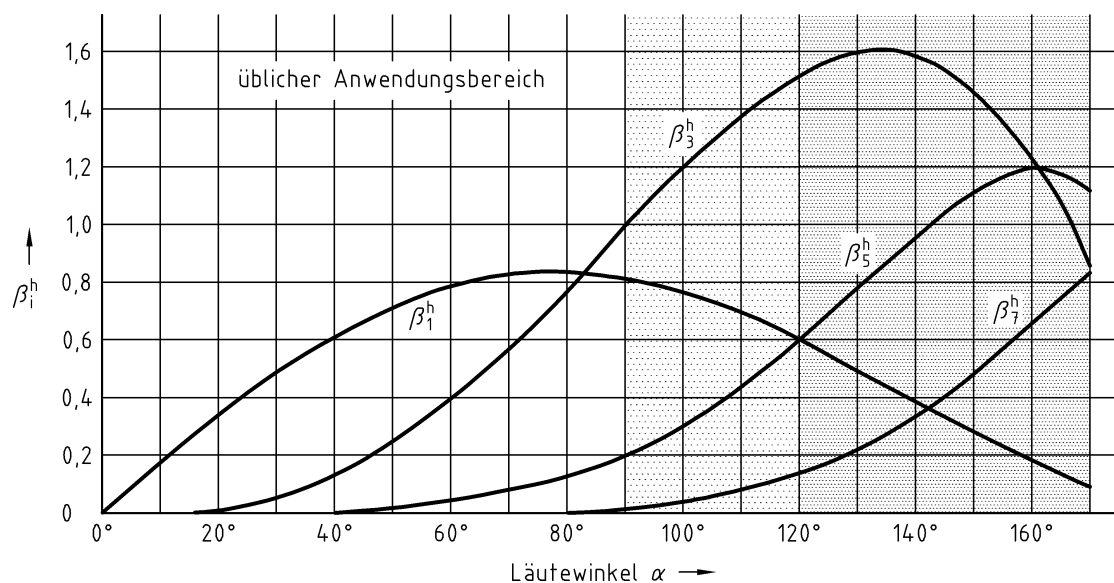


Bild 2 — Bezogene Amplituden der horizontalen Erregerkräfte

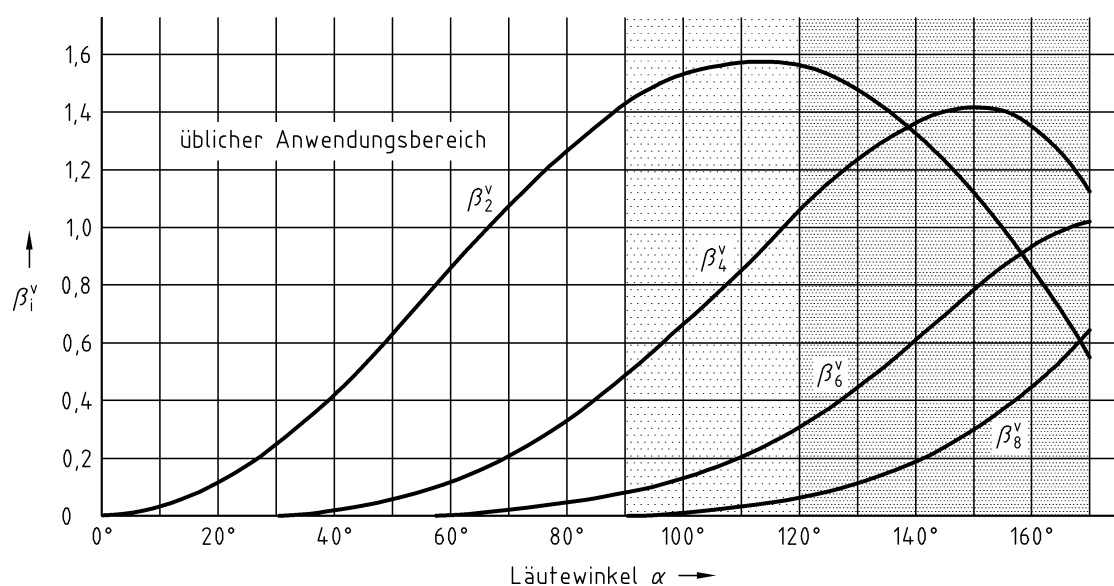


Bild 3 — Bezogene Amplituden der vertikalen Erregerkräfte

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:

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

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

$$\text{zug } V_n = c_n \cdot G_n \cdot \lambda_{\text{zugv}}(\alpha_n) + G_n \quad (9)$$

Die vom Läutewinkel 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 $\max V$ ($\text{zug } H = 0$).

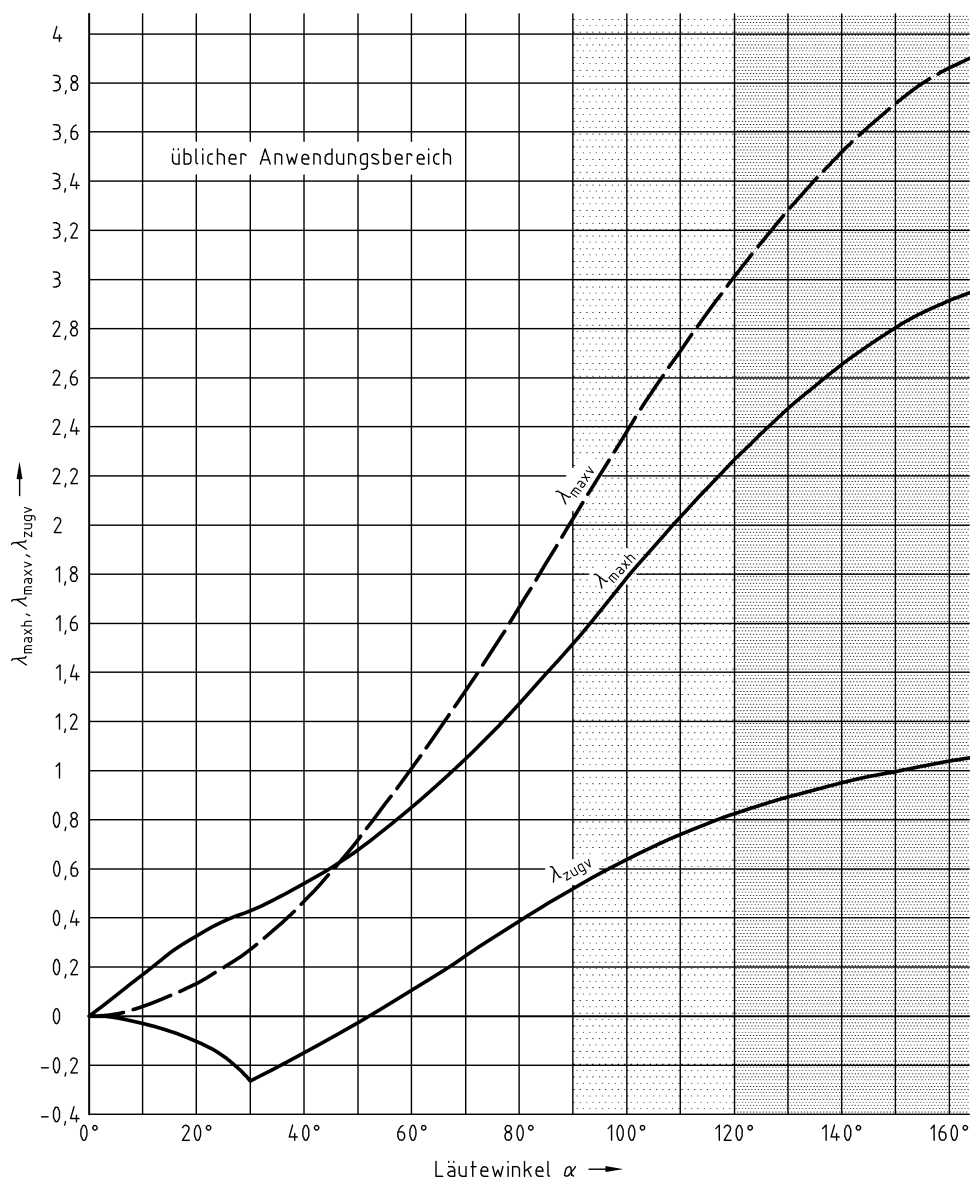


Bild 4 — Größtwerte der bezogenen horizontalen und vertikalen Glockenlagerkräfte