

Werkmäßig hergestellte Betonmaste

DIN
4228

Factory-produced concrete masts
Mâts en béton fabriqués à l'usine

Ersatz für die im Jahre 1976 zurückgezogene Ausgabe 10.64 und für die im Jahre 1976 zurückgezogene DIN 4234/01.53

Diese Norm wurde vom Fachbereich VII Beton- und Stahlbetonbau/Deutscher Ausschuß für Stahlbeton NABau ausgearbeitet. Die Benennung „Last“ wird für Kräfte verwendet, die von außen auf ein System einwirken; dies gilt auch für zusammengesetzte Wörter mit der Silbe „...Last“ (siehe DIN 1080 Teil 1).

Inhalt

	Seite			Seite
1 Anwendungsbereich	1	7 Prüfung der Druckfestigkeit	4	
2 Baustoffe	1	7.1 Allgemeines	4	
2.1 Beton	1	7.2 Durchführung	4	
2.2 Betonstahl	1	7.3 Prüfergebnis	4	
2.3 Spannstahl	2			
3 Nachweis der Güte	2	Anhang A Windlastannahmen		
4 Bauliche Durchbildung	2	A.1 Windlast ohne Berücksichtigung von Schwingungswirkungen	5	
4.1 Betondeckung	2	A.1.1 Rechenwert der Windlast	5	
4.2 Oberflächenbewehrung	2	A.1.2 Staudruck	5	
4.3 Stababstände	2	A.1.3 Aerodynamischer Kraftbeiwert c_f und Bezugsfläche A	5	
4.4 Zusammengesetzte Maste	2	A.1.3.1 Rechenwert des Kraftbeiwertes c_{f_0}	5	
4.5 Erdung	2	A.1.3.2 Grundkraftbeiwert c_{fo} und Bezugsfläche A ...	5	
4.6 Einbindetiefe im Fundament	2	A.1.4 Windlast bei Eisansatz	6	
5 Grad der Vorspannung	2	A.2 Berücksichtigung von Schwingungswirkungen	6	
6 Berechnungsgrundlagen	2	A.2.1 Böenresonante Schwingungen in Windrichtung	6	
6			6	
6			6	
6			6	
6			6	
6			9	
6			9	
6		Die Originalfassung der Norm enthält Elemente.	10	

Anwenderinformation

Die Originalfassung der Norm enthält **Elemente, z.B. farbige Abbildungen oder Tabellen**, die in dieser gescannten Form der Norm nicht originalgetreu darstellbar sind. Dies muß bei der Anwendung berücksichtigt werden. Maßgebend für das Anwenden jeder DIN-Norm ist deren Originalfassung mit dem neuesten Ausgabedatum. Vergewissern Sie sich bitte in den DIN-Mitteilungen, im aktuellen DIN-Katalog mit dem neuesten Ergänzungsheft oder in der aktuellen Ausgabe der PERINORM.

nach
N = 65
eichen-
entspre-
ag zwi-
id B 45

für die
an ver-

: 500 P
nesser

hl BSt

bis 10

Normenausschuß Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

Werkmäßig hergestellte Betonmaste

DIN
4228

Factory-produced concrete masts
 Mâts en béton fabriqués à l'usine

Ersatz für die im Jahre 1976 zurückgezogene
 Ausgabe 10.64 und für die im Jahre 1976
 zurückgezogene DIN 4234/01.53

Diese Norm wurde vom Fachbereich VII Beton- und Stahlbetonbau/Deutscher Ausschuß für Stahlbeton NABau ausgearbeitet. Die Benennung „Last“ wird für Kräfte verwendet, die von außen auf ein System einwirken; dies gilt auch für zusammengesetzte Wörter mit der Silbe „...Last“ (siehe DIN 1080 Teil 1).

Inhalt

	Seite		Seite
1 Anwendungsbereich	1	7 Prüfung der Druckfestigkeit	4
2 Baustoffe	1	7.1 Allgemeines	4
2.1 Beton	1	7.2 Durchführung	4
2.2 Betonstahl	1	7.3 Prüfergebnis	4
2.3 Spannstahl	2		
3 Nachweis der Güte	2	Anhang A Windlastannahmen	
4 Bauliche Durchbildung	2	A.1 Windlast ohne Berücksichtigung von Schwingungswirkungen	5
4.1 Betondeckung	2	A.1.1 Rechenwert der Windlast	5
4.2 Oberflächenbewehrung	2	A.1.2 Staudruck	5
4.3 Stababstände	2	A.1.3 Aerodynamischer Kraftbeiwert c_f und Bezugsfläche A	5
4.4 Zusammengesetzte Maste	2	A.1.3.1 Rechenwert des Kraftbeiwertes c_f	5
4.5 Erdung	2	A.1.3.2 Grundkraftbeiwert c_{f0} und Bezugsfläche A	5
4.6 Einbindetiefe im Fundament	2	A.1.4 Windlast bei Eisansatz	6
5 Grad der Vorspannung	2	A.2 Berücksichtigung von Schwingungswirkungen	6
6 Berechnungsgrundlagen	2	A.2.1 Böenerregte Schwingungen in Windrichtung	6
6.1 Lastannahmen	2	A.2.1.1 Statische Ersatzlast	6
6.1.1 Ständige Last	2	A.2.1.2 Schwingungsdauer	6
6.1.2 Normalbelastung	2	A.2.1.3 Dämpfung	6
6.1.3 Ausnahmelast	2	A.2.2 Wirbelerregte Schwingungen in Querrichtung	6
6.1.4 Last bei Transport und Montage	2		
6.2 Nachweise der Tragfähigkeit	2	Zitierte Normen und andere Unterlagen	9
6.2.1 Aufzunehmende Schnittgrößen	2	Weitere Normen und andere Unterlagen	9
6.2.2 Aufnehmbare Schnittgrößen	2	Erläuterungen	10
6.3 Nachweise im Gebrauchszustand	3		
6.4 Verformungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit	3		

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für werkmäßig hergestellte, mit Betonstahl bewehrte oder vorgespannte Betonmaste, die in Rüttel- oder Schleuderbetonbauweise hergestellt werden und für Starkstrom- und Fernmeldefreileitungen, für Fahrleitungen, Beleuchtungs- und Lautsprecheranlagen, für Maste als Antennenträger und ähnliches angewendet werden, sowie deren Zubehörteile (z. B. Querträger). Diese Norm enthält weitergehende Regelungen als DIN EN 40 Teil 9, insbesondere zu den Berechnungsgrundlagen.

2 Baustoffe

2.1 Beton

Für mit Betonstahl bewehrte Betonmaste und deren Zubehörteile darf nur Beton der Festigkeitsklassen B 45 oder B 55 nach DIN 1045 verwendet werden. Für vorgespannte Schleu-

derbetonmaste darf außer den Festigkeitsklassen nach DIN 1045 auch Beton der Festigkeitsklasse B 65 ($\beta_{WN} = 65 \text{ N/mm}^2$, $\beta_{WS} = 70 \text{ N/mm}^2$) verwendet werden. Alle Rechenwerte für B 65 ergeben sich durch Vergrößerung der entsprechenden Rechenwerte für B 55 um den Differenzbetrag zwischen den entsprechenden Rechenwerten für B 55 und B 45 (lineare Extrapolation).

2.2 Betonstahl

Es sind Betonstähle nach DIN 488 Teil 1 zu verwenden; für die Wendelbewehrung dürfen auch folgende Stahlsorten verwendet werden:

- Für runde Maste profilierter Bewehrungsdraht BSt 500 P nach DIN 488 Teil 1/09.84, Abschnitt 8 (Durchmesser $\geq 4 \text{ mm}$),
- Allgemein bauaufsichtlich zugelassener Betonstahl BSt 500 WR (warmgewalzt in Ringen) oder BSt 500 KR (kaltverformt in Ringen) (Durchmesser $\geq 6 \text{ mm}$),

Fortsetzung Seite 2 bis 10

Normenausschuß Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

Jede Art der Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, gestattet.

- Für Maste bis zu einer Höhe von 10,0 m und bis zu einem Durchmesser von 25 cm kaltverformter Draht nach DIN 1045/07.88, Abschnitt 6.6.3 (2) mit einem Durchmesser $d_s \geq 3$ mm.

2.3 Spannstahl

Es dürfen nur allgemein bauaufsichtlich zugelassene Spannstähle verwendet werden.

3 Nachweis der Güte

- (1) Für werkmäßig hergestellte Betonmaste ist der Gütenachweis nach DIN 1084 Teil 2 zu führen.
- (2) Zusätzlich zu DIN 1084 Teil 2 gilt DIN 4227 Teil 1.
- (3) Für geschleuderten Beton ist der Festigkeitsnachweis nach Abschnitt 7 zu führen.
- (4) Zur laufenden Überwachung sind in angemessenen Zeitabständen im Einvernehmen mit der fremdüberwachenden Stelle Güteprüfungen vorzunehmen. Der Gütenachweis gilt als erbracht, wenn $\varphi \cdot \beta_w$ (siehe Abschnitt 7) mindestens gleich der geforderten Betonfestigkeitsklasse ist.
- (5) Für die Prüfung der Maste im Rahmen der Güteüberwachung dürfen auch zerstörungsfreie Prüfverfahren herangezogen werden. Dabei muß die Auswertung der jeweiligen Eichkurven, die anhand von Festigkeitsprüfungen aufzustellen sind, der fremdüberwachenden Stelle vorgelegt werden.

4 Bauliche Durchbildung

4.1 Betondeckung

- (1) In geschleuderten Betonmasten darf das Maß der Betondeckung abweichend von DIN 1045 und DIN 4227 Teil 1 auf mindestens 15 mm über der Wendelbewehrung bzw. 20 mm über dem Spannstahl verringert werden. Im Verankerungsbereich von Spanndrähten mit sofortigem Verbund müssen die in DIN 4227 Teil 1/07.88, Abschnitt 6.2, geforderten Werte eingehalten werden, sofern keine besonderen Maßnahmen getroffen werden (z. B. verstärkte Wendelbewehrung).
- (2) Bei vorgespannten Schleuderbeton-Lichtmasten beträgt die Mindestbetondeckung über dem Spannstahl im Zopfbereich 15 mm.

4.2 Oberflächenbewehrung

Betonmaste müssen an der Außenseite eine Oberflächenbewehrung erhalten. Diese muß aus Wendel und Längsstäben bestehen. Die Ganghöhe s_w der Wendel darf höchstens betragen:

- bei Stabdurchmesser 5 mm, $s_w = 6$ cm
- bei Stabdurchmesser 4 mm, $s_w = 4$ cm
- bei Stabdurchmesser 3 mm, $s_w = 3$ cm

4.3 Stababstände

Bei geschleuderten Betonmasten braucht der lichte Abstand gleichlaufender Bewehrungsstäbe außerhalb von Stoßbereichen abweichend von DIN 1045/07.88, Abschnitt 18.2, nur so groß wie der Stabdurchmesser zu sein; er muß mindestens so groß wie der Größtkorndurchmesser sein.

4.4 Zusammengesetzte Maste

Betonmaste können aus einzelnen Fertigteilen zusammengesetzt werden.

4.5 Erdung

- (1) Die gegebenenfalls für die Erdung verwendete Bewehrung muß durchgehend mit dem erforderlichen Mindestquerschnitt leitend verbunden sein. Durch Schweißen darf die Tragfähigkeit der zur Erdung verwendeten Betonstähle nicht beeinträchtigt werden. DIN 488 Teil 1 und DIN 4099 gelten uneingeschränkt.

- (2) Bei vorgespannten Betonmasten ohne Längsbewehrung aus Betonstahl sind gegebenenfalls für die Erdung geeignete Betonstähle anzuordnen. Werden Spannstähle zur Erdung herangezogen, ist nachzuweisen, daß die Festigkeit sowie der Korrosionsschutz des Spannstahls durch die gewählte Art der elektrisch leitenden Verbindung nicht vermindert wird.

4.6 Einbindetiefe im Fundament

Bei Mastlängen ≤ 20 m und Nutzzugkräften ≤ 20 kN sowie einer Einbindetiefe im Fundament von mindestens 1,7 m braucht die ausreichende Tragfähigkeit des Mastfußes nicht nachgewiesen zu werden. In allen anderen Fällen ist die Einspannung des Mastfußes rechnerisch nachzuweisen.

5 Grad der Vorspannung

Abweichend von DIN 4227 Teil 2 darf auch für Vorspannung mit sofortigem Verbund teilweise Vorspannung gewählt werden, siehe jedoch Abschnitt 6.3.

6 Berechnungsgrundlagen

6.1 Lastannahmen

- (1) Zur Ermittlung der ungünstigsten Beanspruchungen sind folgende Lastfälle zu unterscheiden:

- Lastfall 1: Ständige Last
- Lastfall 2: Normalbelastung
- Lastfall 3: Ausnahmebelastung
- Lastfall 4: Last bei Transport und Montage

- (2) Für Freileitungsmaste gelten DIN VDE 0210 und DIN VDE 0211.

6.1.1 Ständige Last

Die Seilzugkräfte der Freileitungen dürfen unter der Jahresmitteltemperatur von $+10$ °C ermittelt werden. Windlasten sind nicht anzusetzen.

6.1.2 Normalbelastung

- (1) Bei Masten, die nicht als Stützpunkte von Leitungen dienen, setzt sich die Normalbelastung aus ständig vorhandenen Lasten und Windlasten zusammen. Die Windlast ist dabei nach Anhang A zu berechnen.

- (2) Für Maste, die als Stützpunkte für Leitungen dienen, ergibt sich die Normalbelastung entsprechend den Lastfällen MN 1 bis MN 5 bzw. QN 1 bis QN 3 nach DIN VDE 0210. Für den Fall, daß Maste für die Nutzzugkraft bemessen werden, ist zusätzlich die Windlast auf den Mast selbst nach DIN VDE 0210 zu berücksichtigen.

6.1.3 Ausnahmebelastung

Die Ausnahmebelastung für Maste, die als Stützpunkte von Leitungen dienen, ergibt sich aus den Lastfällen MA 1 und MA 2 bzw. QA 1 bis QA 3 nach DIN VDE 0210.

6.1.4 Last bei Transport und Montage

Hierunter werden die Lasten verstanden, denen ein Mast bei Transport und Montage ausgesetzt sein kann.

6.2 Nachweise der Tragfähigkeit

6.2.1 Aufzunehmende Schnittgrößen

Die in den Lastfällen 2, 3 und 4 aufzunehmenden Schnittgrößen sind für den Grenzzustand der Tragfähigkeit mit den Lasten zu ermitteln, die abweichend von DIN 1045 oder DIN 4227 Teil 1 mit den Teilsicherheitsbeiwerten γ_f nach Tabelle 1 vervielfacht werden.

6.2.2 Aufnehmbare Schnittgrößen

- (1) Die aufnehmbaren Schnittgrößen der Lastfälle 2, 3 und 4 sind für den Grenzzustand der Tragfähigkeit mit Rechenwer-

ten der Festigkeit zu berechnen, die abweichend von DIN 1045 oder DIN 4227 Teil 1 durch Teilen der 0,7fachen Nennfestigkeit β_{WN} von Beton (nach DIN 1045/07.88, Tabelle 1) und der Streckgrenze β_S für Beton- oder Spannstahl (nach DIN 1045/07.88, Tabelle 6, bzw. Zulassung des Spannstahls) durch die Teilsicherheitsbeiwerte γ_c bzw. γ_s nach Tabelle 1, Zeilen 5 und 6, verkleinert werden.

(2) Für Beton ist mit einer Spannungsdehnungslinie nach DIN 1045/07.88, Bild 11 (siehe Bild 1), für Betonstähle und Spannstahl mit einer bilinearen Linie nach DIN 1045/07.88, Bild 12 zu rechnen (siehe Bild 2), wobei der Elastizitätsmodul E_s unverändert in Rechnung gestellt werden darf.

(3) Das aufnehmbare Torsionsmoment M_T für die Ausnahmebelastung darf vereinfachend ermittelt werden zu:

$$M_T = \frac{0,30}{\gamma} \cdot \beta_{WN}^{2/3} \cdot W_T \text{ bei Schleuderbeton} \quad (1)$$

$$M_T = \frac{0,20}{\gamma} \cdot \beta_{WN}^{2/3} \cdot W_T \text{ bei Rüttelbeton} \quad (2)$$

Hierin bedeuten:

β_{WN} Nennfestigkeit des Betons in N/mm²

W_T Torsionswiderstandsmoment in mm³

$\gamma = 1,0$

(4) Das aufnehmbare Torsionsmoment M_T für Normalbelastung ist für ein gedachtes räumliches Fachwerk nach DIN 1045/07.88, Abschnitt 17.5.6 zu bestimmen, wobei für τ_T abweichend von DIN 1045 der Wert $0,175 \cdot \beta_{WN} / \gamma_c$ ausgenutzt werden darf. Anstelle der planmäßigen Wanddicke d des Mastquerschnittes ist mit der Wanddicke d_1 des Ersatzhohlquerschnittes nach DIN 4227 Teil 1/07.88, Bild 9 zu rechnen, wenn diese Dicke kleiner ist. M_T ergibt sich mit dem Wert A_k für die Kernfläche als der kleinere Wert entweder nach Maßgabe der Tragfähigkeit des Betons zu

$$M_T = 0,35 \cdot \beta_{WN} \cdot A_k \cdot d_1 / \gamma_c \quad (3)$$

oder nach Maßgabe der Tragfähigkeit der Wendelbewehrung oder des kleinsten zur Aufnahme der Biegebeanspruchung nicht erforderlichen Anteils der Längsbewehrung zu

$$M_T = 2 \cdot \beta_S \cdot A_k \cdot A_s / (s \cdot \gamma_s). \quad (4)$$

6.3 Nachweise im Gebrauchszustand

(1) Der Nachweis zur Beschränkung der Rißbreite ist unter Normalbelastung für vorgespannte Maste nach DIN 4227 Teil 1 für betonstahlbewehrte Maste nach DIN 1045 zu führen. Spannglieder dürfen auf die Längsstäbe angerechnet werden.

(2) Bei vorgespannten Masten sind unter ständiger Last, mindestens jedoch unter 40 % des Momentes aus Normalbelastung, Betonzugspannungen nicht zulässig.

(3) Werden Fertigteile zu freistehenden als Kragträger wirkenden Masten zusammengeschlossen, so kann bei der Bemessung stahlbaummäßiger Verbindungen die Untersuchung wechselnder Beanspruchungen bezüglich der Betriebsfestigkeit erforderlich werden.

(4) Bei Verwendung von Verbindungsmitteln nach DIN 18 800 Teil 1 ist nachzuweisen, daß unter der Einwirkung der 0,6fachen maximalen Windlast im Gebrauchszustand die bei einer Schwingspielzahl von $2 \cdot 10^6$ ertragbare Schwingbreite¹⁾ (Dauerschwingfestigkeit) nicht überschritten wird.

¹⁾ Bis zum Vorliegen einer Norm sind entsprechende Werte DS 804 „Vorschriften für Eisenbahnbrücken und sonstige Ingenieurbauwerke“ der Deutschen Bundesbahn zu entnehmen.

(5) Bei Schraubverbindungen, die so vorgespannt sind, daß im Gebrauchszustand unter 30 % der maximalen Windlast keine klaffende Fuge auftritt, gilt der Nachweis der Betriebsfestigkeit als erbracht. Bei Verbindungen, die nicht DIN 18 800 Teil 1 entsprechen, ist ein Nachweis der Brauchbarkeit erforderlich.

6.4 Verformungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit

(1) Anstelle eines Knicksicherheitsnachweises nach DIN 1045/07.88, Abschnitt 17.4, sind die Schnittgrößen für den Grenzzustand der Tragfähigkeit unter γ_f -facher Normallast mit Berücksichtigung der Auswirkungen der Mastverformung (Theorie II. Ordnung) zu ermitteln. Dabei ist von einer ungewollten Schiefstellung des unbelasteten Mastes von 5 mm/m auszugehen. Die Schiefstellung erfaßt auch Einflüsse aus Krümmungen infolge ungleicher Erwärmung.

(2) Für die Rechenwerte der Festigkeiten in den Spannungsdehnungslinien zur Berechnung der Mastkrümmung gelten die Teilsicherheitsbeiwerte γ_c und γ_s nach Tabelle 1, Zeilen 7 und 8. Die Steigung der verwendeten Betonspannungsdehnungslinie darf für die Dehnung $\varepsilon_b = 0$ dem durch γ_c nach Tabelle 1, Zeile 7, geteilten 1,1fachen Wert des Elastizitätsmoduls E_b nach DIN 1045/07.88, Tabelle 11 entsprechen; ihr Spannungshöchstwert beträgt $0,85 \beta_{WN} / \gamma_c$ (β_{WN} nach DIN 1045/07.88, Tabelle 1) (siehe Bild 3). Bei der Verformungsberechnung darf die Mitwirkung des Betons in der gerissenen Zugzone berücksichtigt werden. Mit ungerissem Querschnitt darf gerechnet werden, wenn die Betonzugspannungen den Rechenwert der Betonbiegezugfestigkeit $0,24 \beta_{WN}^{2/3} / \gamma_c$ nicht überschreiten (β_{WN} in N/mm²).

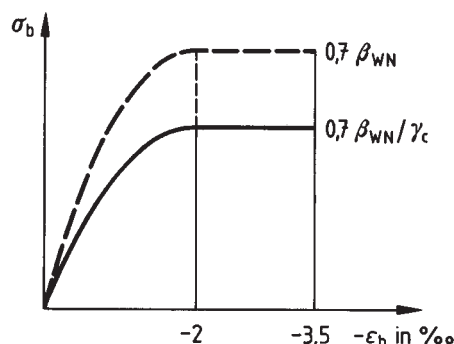


Bild 1. Spannungsdehnungslinie für Beton zur Ermittlung aufnehmbarer Schnittgrößen im Grenzzustand der Tragfähigkeit (Parabel-Rechteck-Diagramm)

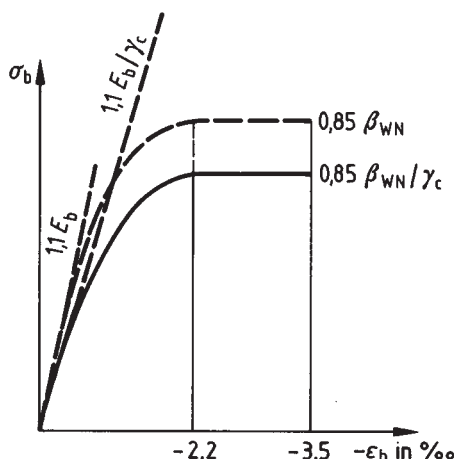


Bild 2. Anfangssteigung und Scheitelwert der Spannungsdehnungslinie für die Betondruckzone zur Ermittlung der Verformungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit