

	Lichtmaste Teil 3-3: Bemessung und Nachweis Rechnerischer Nachweis Deutsche Fassung EN 40-3-3:2003	DIN EN 40-3-3
--	--	--------------------------------

ICS 93.080.40

Lighting columns — Part 3-3: Design and verification —
Verification by calculation;
German version EN 40-3-3:2003

Candélabres d'éclairage public — Partie 3-3: Conception et vérification —
Vérification par calcul;
Version allemande EN 40-3-3:2003

Die Europäische Norm EN 40-3-3:2003 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Die Europäische Norm EN 40-3-3:2003 wurde im Europäischen Komitee für Normung (CEN) im Technischen Komitee 50 „Lichtmaste und Leuchtenansatzstützen“ (Sekretariat: Vereinigtes Königreich) ausgearbeitet.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der NABau-Arbeitsausschuss 08.28.00 „Lichtmaste und Leuchtenansatzstützen“.

Fortsetzung 37 Seiten EN

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.
Normenausschuss Lichttechnik (FNL) im DIN

— Leerseite —

Deutsche Fassung

Lichtmaste

**Teil 3-3: Bemessung und Nachweis
Rechnerischer Nachweis**

Lighting columns —
Part 3-3: Design and verification —
Verification by calculation

Candélabres d'éclairage public —
Conception et vérification —
Partie 3.3: Vérification par calcul

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 17. Januar 2003 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, der Slowakei, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn und dem Vereinigten Königreich.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe	4
4 Symbole	5
5 Anforderungen an die konstruktive Festigkeit (Grenzzustand der Tragsicherheit)	7
5.1 Anwendung der Berechnung	7
5.2 Charakteristische Lasten	7
5.3 Charakteristische Festigkeit der Werkstoffe	7
5.4 Bemessungslasten	7
5.5 Berechnung der Momente.....	8
5.5.1 Biegemomente.....	8
5.5.2 Torsionsmomente	8
5.6 Festigkeit des Querschnitts	8
5.6.1 Allgemeines	8
5.6.2 Maste aus Metall.....	9
5.7 Festigkeitsnachweis	16
6 Anforderungen an die Verformung (Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit)	16
6.1 Anwendung der Berechnung	16
6.2 Charakteristische Lasten	16
6.3 Charakteristische Werkstoffeigenschaften	16
6.4 Berechnung der Verformungen	16
6.4.1 Horizontale Verformung des Leuchtenanschlusses/der Leuchtenanschlüsse.....	16
6.4.2 Vertikale Verformung des Leuchtenanschlusses/der Leuchtenanschlüsse	17
6.5 Verformungsnachweis.....	17
6.5.1 Horizontale Verformung	17
6.5.2 Vertikale Verformung	17
7 Zulässige Modifikationen eines nachgewiesenen Mastes	17
8 Anforderungen an die Ermüdungsfestigkeit	18
Anhang A (informativ) Leitfaden hinsichtlich der Anforderungen an die Ermüdungsfestigkeit von Lichtmasten aus Stahl	27
Anhang B (informativ) Leitfaden für die Anwendung der Klasse des Teilsicherheitsbeiwertes γ für Lasten (siehe 5.4) und der Klasse der größten horizontalen Verformung (siehe 6.5.1)	36
Literaturhinweise	37

Vorwort

Dieses Dokument EN 40-3-3:2003 wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 50 „Lichtmaste und Leuchtenansatzstutzen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Dezember 2003, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Dezember 2003 zurückgezogen werden.

Diese Normenreihe besteht aus den folgenden sieben Teilen:

- *Teil 1: Definitionen und Benennungen*
- *Teil 2: Allgemeine Anforderungen und Maße*
- *Teil 3-1: Bemessung und Nachweis — Charakteristische Werte der Lasten*
- *Teil 3-2: Bemessung und Nachweis — Nachweis durch Prüfung*
- *Teil 3-3: Bemessung und Nachweis — Rechnerischer Nachweis*
- *Teil 4: Anforderungen an Maste aus Beton*
- *Teil 5: Anforderungen an Maste aus Stahl*
- *Teil 6: Anforderungen an Maste aus Aluminium*
- *Teil 7: Anforderungen an Lichtmaste aus faserverstärktem Polymerverbundstoff*

Anhänge A und B sind informativ.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Slowakei, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn und Vereinigtes Königreich.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt die Anforderungen hinsichtlich des Nachweises von Lichtmasten durch Berechnung fest. Sie gilt für gerade Lichtmaste für Aufsatzleuchten mit einer Höhe von bis zu 20 m und für Auslegermaste für Ansatzleuchten mit einer Höhe von bis zu 18 m.

Das in dieser Norm verwendete Berechnungsverfahren beruht auf dem Prinzip der Grenzzustände, bei dem die Wirkungen faktorisierter Lasten mit dem entsprechenden Widerstand der Konstruktion verglichen werden. Es werden zwei Grenzzustände betrachtet:

- a) Der Grenzzustand der Tragsicherheit, der der Tragfähigkeit des Lichtmastes entspricht;
- b) Der Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit, der sich auf die Verformung des in Betrieb befindlichen Lichtmastes bezieht.

ANMERKUNG Bei dem hier verwendeten Ansatz wurden die folgenden auf Lichtmaste anwendbaren Vereinfachungen zu Grunde gelegt:

- 1) Das Berechnungsverfahren gilt für Kreisquerschnitte und regelmäßige achteckige Querschnitte;
- 2) Die Anzahl der einzelnen Teilsicherheitsbeiwerte wurde auf ein Minimum reduziert;
- 3) Teilsicherheitsbeiwerte für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit haben einen Wert von Eins.

Die Anforderungen an Lichtmaste aus anderen Werkstoffen als Beton, Stahl, Aluminium oder faserverstärktem Polymerverbundstoff (z. B. Holz, Kunststoff und Gusseisen) werden in dieser Norm nicht gesondert behandelt.

Diese Norm enthält Leistungsanforderungen hinsichtlich horizontaler Lasten durch Wind. Passive Sicherheit und das Verhalten von Lichtmasten unter dem Anprall von Fahrzeugen werden nicht behandelt; für diese Lichtmasten gelten zusätzliche Anforderungen (siehe prEN 40-2).

2 Normative Verweisungen

Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen nur zu dieser Europäischen Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

EN 40-1:1991, *Lichtmaste — Teil 1: Definitionen und Benennungen*.

EN 40-3-1, *Lichtmaste — Teil 3-1: Bemessung und Nachweis — Charakteristische Werte der Lasten*.

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

ENV 1999-1-1, *Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumbauten — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln — Bemessungsregeln für Hochbauten*.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die in EN 40-1:1991 angegebenen Begriffe.

4 Symbole

In dieser Europäischen Norm werden die folgenden Symbole angewendet.

Die Definitionen sind verkürzt, die vollständigen Definitionen erscheinen im Text.

a	Gesamtlänge des Türausschnitts
a_s	Fläche der Schenkel geschlossener Ringe an einem Querschnitt
A_e	Wirksame Querschnittsfläche der Türverstärkung
A_s	Querschnittsfläche der Türverstärkung
b	Mittleres Maß der Flanke von achteckigen Querschnitten
b_o	Mittleres Maß der Flanke am Rand des Türausschnitts
B_x	Beiwert
B_y	Beiwert
C	Länge der Hälften des geraden Randes des Türausschnitts
d	Durchmesser des Querschnitts
d_l	Mittlerer Durchmesser der Ringverstärkung
d_o	Innendurchmesser
d_w	Breite der Türverstärkung
e	Festgelegte Dehnung
E	Elastizitätsmodul
f_y	Charakteristische Festigkeit des Werkstoffs
f_u	Grenzzustand der Tragsicherheit des Werkstoffs
F	Beiwert
g	Beiwert
G	Steifigkeitsmodul
h	Nennhöhe
L	Wirksame Länge des Türausschnitts
m_{ex}	Rechtwinklig zur Achse gemessener Abstand vom Schwerpunkt der Türverstärkung zur x - x -Achse
m_{ey}	Rechtwinklig zur Achse gemessener Abstand vom Schwerpunkt der Türverstärkung zur y - y -Achse
m_t	Rechtwinklig zur Achse gemessener Abstand von der Mastwandmitte am Türausschnitt zur x - x -Achse
m_y	Rechtwinklig zur Achse gemessener Abstand von der Mastwandmitte am Türausschnitt zur y - y -Achse
M_p	Kombiniertes Biegemoment für geschlossene regelmäßige Querschnitte

M_{up}	Biegefestigkeit geschlossener regelmäßiger Querschnitte
M_{ux}	Biegefestigkeit um die x - x -Achse
M_{uy}	Biegefestigkeit um die y - y -Achse
M_x	Biegemoment um die x - x -Achse
M_y	Biegemoment um die y - y -Achse
N	Eckradius des Türausschnitts
P	Beiwert
R	Mittlerer Radius des Querschnitts
s	Ringabstand in Richtung der Längsachse
S	Länge des Endanschlusses der Türverstärkung
t	Nennwanddicke
t_0	t oder t_w , je nachdem, welcher Wert der kleinere ist
t_w	Nennstärke der Verstärkung auf der Seite des Türausschnitts
T_p	Torsionsmoment
T_u	Torsionsfestigkeit
v	Trägheitsradius der Türverstärkung
w	Ausladung
Z_p	Plastischer Modul geschlossener regelmäßiger Querschnitte
Z_{pn}	Plastischer Modul des unverstärkten Querschnitts des Türausschnitts um Achse n - n
Z_{py}	Plastischer Modul des unverstärkten Querschnitts des Türausschnitts um y - y -Achse
Z_{pnr}	Plastischer Modul des verstärkten Querschnitts des Türausschnitts um Achse n - n
Z_{pyr}	Plastischer Modul des verstärkten Querschnitts des Türausschnitts um y - y -Achse
γ_f	Teilsicherheitsbeiwert für Lasten
γ_m	Teilsicherheitsbeiwert für den Werkstoff
θ	Halber Türausschnittswinkel
π	Konstante = 3,1416
ε	Beiwert
σ_c	Wirksame Druckfestigkeit des Betons bei Einbringung der Vorspannung
σ_s	Charakteristische Festigkeit des Werkstoffs
σ_t	Charakteristische Schubfestigkeit
σ_p	Spannung im Querschnitt durch Vorspannkraft, unter Berücksichtigung der Vorspannverluste

ϕ_1	Beiwert
ϕ_2	Beiwert
ϕ_3	Beiwert
ϕ_4	Beiwert
ϕ_5	Beiwert
ϕ_6	Beiwert
ϕ_7	Beiwert

5 Anforderungen an die konstruktive Festigkeit (Grenzzustand der Tragsicherheit)

5.1 Anwendung der Berechnung

Die ausreichende Festigkeit des Lichtmastes ist für die folgenden Querschnitte zu berechnen:

- für die Stelle, an der der Lichtmast befestigt ist (üblicherweise die Terrainoberkante);
- für den unteren Rand des Türausschnitts. Sind zwei oder mehr Türausschnitte vorhanden, ist die Festigkeit für jeden Ausschnitt nachzuweisen (siehe Bild 1);
- bei konischen Lichtmasten für die Oberkante des Türausschnitts. Sind zwei oder mehr Türausschnitte vorhanden, ist die Festigkeit für jeden Ausschnitt nachzuweisen (siehe Bild 1);
- falls Mast und Ausleger aus einem Stück bestehen, für die Stelle, an der der Ausleger beginnt; falls der Ausleger abnehmbar ist, für die Stelle, an der dieser angesetzt ist;
- für Übergangsstellen von einem Durchmesser zu einem anderen, falls es sich um einen abgestuften Mast handelt;
- für jede andere kritische Stelle, z. B. Stellen, an denen sich die Werkstoffdicke ändert.

5.2 Charakteristische Lasten

Die charakteristischen Lasten hinsichtlich der Anforderungen an die Festigkeit sind nach EN 40-3-1 zu berechnen.

5.3 Charakteristische Festigkeit der Werkstoffe

Lichtmaste aus Metall

Die charakteristische Festigkeit f_y (in N/mm^2) von Stahl und Aluminiumlegierungen ist nach ENV 1993-1-1 bzw. ENV 1999-1-1 zu berechnen.

Die aus jeglicher Behandlung (z. B. Kaltverformung) resultierende Erhöhung der Fließfestigkeit darf nicht für solche Bauteile angesetzt werden, die einer weiteren Behandlung (z. B. Wärmebehandlung oder Schweißen) unterliegen, die eine Entfestigung zur Folge haben könnte.

5.4 Bemessungslasten

Die charakteristischen Lasten nach 5.2 sind mit den zutreffenden Teilsicherheitsbeiwerten γ_f für Lasten nach Tabelle 1 zu multiplizieren, um die für die Berechnung erforderlichen Bemessungslasten zu erhalten.

Tabelle 1 — Teilsicherheitsbeiwerte γ_f für Lasten

	Windlast	Eigenlast
Klasse A	1,4	1,2
Klasse B	1,2	1,2

ANMERKUNG Anhang B enthält einen Leitfaden für die Auswahl der Klasse.

5.5 Berechnung der Momente

5.5.1 Biegemomente

Die Biegemomente M_x bzw. M_y (in Nm) um die rechtwinklig zueinander stehenden Achsen $x-x$ und $y-y$ sind unter Anwendung der Lasten nach 5.4 für alle in 5.1 festgelegten Stellen zu berechnen.

Bei Querschnitten mit Türausschnitten sind die $x-x$ -Achse und die $y-y$ -Achse wie auf den Bildern 5b, 6 und 9b angegeben zu wählen.

ANMERKUNG Bei regelmäßigen achteckigen Querschnitten können die Achsen entweder durch die Mittelpunkte der Flanken oder durch die Ecken gelegt werden.

Bei geschlossenen regelmäßigen Querschnitten dürfen die Biegemomente M_x und M_y zu einem einzigen Moment M_p (in Nm) zusammengefasst werden, das die ungünstigste Einwirkung auf den untersuchten Mastquerschnitt ergibt und mit der folgenden Gleichung zu berechnen ist:

$$M_p = \sqrt{M_x^2 + M_y^2} \quad (1)$$

5.5.2 Torsionsmomente

Bei Masten mit asymmetrischer Ausleger/Leuchten-Anordnung ist das Torsionsmoment T (in Nm) unter Anwendung der Lasten nach 5.4 für alle in 5.1 genannten Stellen zu berechnen.

Bei Lichtmasten mit symmetrischen Auslegern sind auch die folgenden Fälle zu berechnen, wobei das größte Moment der Bemessung zu Grunde zu legen ist:

- a) Mast mit einem einzelnen Ausleger, mit Torsion;
- b) Mast mit symmetrischen Auslegern, ohne Torsion.

In beiden Fällen sind die gleichen Werte für Ausladung, Leuchtengewicht und Luftwiderstand anzunehmen.

5.6 Festigkeit des Querschnitts

5.6.1 Allgemeines

Die Biege- und die Torsionsfestigkeit bestimmter Querschnitte sind nach 5.6.2 bzw. 5.6.3 zu berechnen.

Die Biegefestigkeit des betrachteten Querschnitts ist folgendermaßen zu berechnen:

entweder

um die zueinander rechtwinkligen Achsen $n-n$ und $y-y$ bzw. $x-x$ und $y-y$

oder

— für den Fall, dass M_p berechnet wurde — in Richtung von M_p .

Die Torsionsfestigkeit T (in Nm) des betrachteten Querschnitts ist ebenfalls zu berechnen.

5.6.2 Maste aus Metall

5.6.2.1 Geschlossene regelmäßige Querschnitte

Für geschlossene Kreisquerschnitte und geschlossene regelmäßige achteckige Querschnitte ist die Festigkeit der Querschnitte mit den folgenden Gleichungen zu berechnen:

a) Biegefestigkeit (in Nm)

$$M_{ux} = M_{uy} = M_{up} = \frac{f_y \phi_1 Z_p}{10^3 \gamma_m} \quad (2)$$

b) Torsionsfestigkeit (in Nm)

$$T_u = \frac{f_y \phi_2 \pi R^2 t}{10^3 \gamma_m} \quad (3)$$

Dabei ist

ϕ_1 ein Beiwert mit einem Wert gemäß der auf den Querschnitt zutreffenden Kurve auf Bild 2, mit
 $\varepsilon = (R/t) \sqrt{f_y / E}$;

ϕ_2 ein Beiwert mit einem Wert von $\frac{0,474 E}{f_y (R/t)^{1,5}}$, jedoch nicht größer als 1,0;

E der charakteristische Elastizitätsmodul des Werkstoffs nach 6.3 (in N/mm²);

R der mittlere Radius des Querschnitts (siehe Bild 3) (in mm);

t die Wanddicke (siehe Bild 3) (in mm);

γ_m ein Teilsicherheitsbeiwert für den Werkstoff mit dem entsprechenden Wert nach Tabelle 2;

f_y die charakteristische Festigkeit des Werkstoffs nach 5.3.1 (in N/mm²);

Z_p der plastische Modul des geschlossenen regelmäßigen Querschnitts (in mm³);

ANMERKUNG Für die Anwendung dieser Norm können für Z_p folgende Werte angenommen werden:

4 $R^2 t$ für Kreisquerschnitte;

4,32 $R^2 t$ für achteckige Querschnitte.

Tabelle 2 — Teilsicherheitsbeiwerte γ_m für den Werkstoff

Werkstoff	γ_m
Stahl:	
festgelegte Dehnung $e > 15 \%$	1,05
festgelegte Dehnung $5 \% \leq e \leq 15 \%$	1,15
Aluminium:	
festgelegte Dehnung $\geq 5 \%$	1,15
festgelegte Dehnung $< 5 \%$	1,30
geschweißte Anschlüsse	1,30
geklebte Anschlüsse	3,00

5.6.2.2 Unverstärkte Ausschnitte in regelmäßigen Querschnitten

Für unverstärkte Ausschnitte in Kreisquerschnitten und in regelmäßigen achteckigen Querschnitten ist die Festigkeit der Querschnitte mit den folgenden Gleichungen zu berechnen:

a) Biegefestigkeit (in Nm)

$$M_{ux} = \frac{f_y g \phi_3 Z_{pn}}{10^3 \gamma_m} \quad (4)$$

$$M_{uy} = \frac{f_y g \phi_3 Z_{py}}{10^3 \gamma_m} \quad (5)$$

b) Torsionsfestigkeit (in Nm)

$$T_u = \frac{f_y g \phi_4 \phi_5 R^3 t}{10^3 \gamma_m L} \quad (6)$$

Dabei ist/sind

ϕ_3 ein Beiwert mit einem Wert von $\frac{t^2 E}{t^2 E + 0,07 R L f_y}$, jedoch nicht größer als ϕ_1 ;

ϕ_4 ein Beiwert mit einem Wert von $\frac{t^2 E}{t^2 E + 0,035 R L f_y}$, jedoch nicht größer als ϕ_2 ;

ϕ_5 ein Beiwert, bestimmt nach Bild 4 unter Verwendung der zutreffenden Werte für R/L und θ ;

ϕ_1 , ϕ_2 , E , f_y und γ_m wie in 5.6.2.1 definiert;