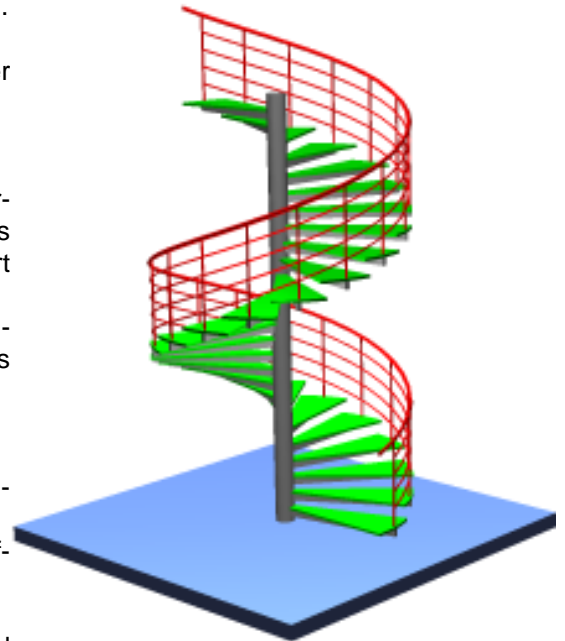


## 47A - Stahlspindeltreppe

Das Programm dient zur Bemessung von Stahlspindeltreppen nach DIN 18800 (11.90). Bemessen werden die Stahlspindel, die Stufenträger und der Schweißnahtanschluß an die Spindel.

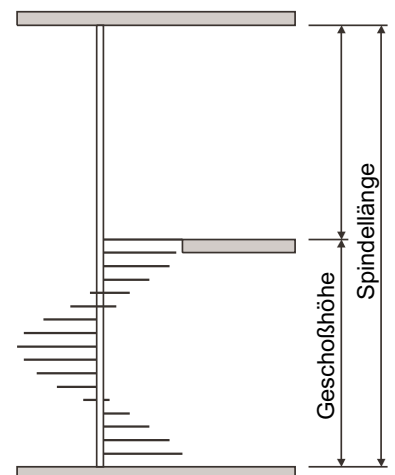
### Leistungsumfang:

- ▣▣▣▣ Beliebige Anzahl von Wendungen; auch Teilwendungen.
- ▣▣▣▣ Bemessung der Spindel als 1-Feld-Stahlrohrstütze.
- ▣▣▣▣ Die Stufenträger aus Rechteck-, Quadrathohlprofilen oder Flachstahl werden als Kragträger bemessen.
- ▣▣▣▣ Lagerung der Spindelenden gelenkig oder eingespannt. Oben auch freie Lagerung möglich (Kragspindeln).
- ▣▣▣▣ Berücksichtigung eines stufenfreien Spindelbereiches oberhalb der obersten Stufe für den Fall, daß die Spindel bis zur nächsten Geschoßdecke weitergeführt und erst dort verankert werden soll.
- ▣▣▣▣ 1 oder 2 Stufenträger pro Stufe möglich. Anordnung zentrisch unter der Stufe bzw. unter Angabe des Abstandes des (der) Träger zur Stufenkante.
- ▣▣▣▣ Berücksichtigung der Torsion im Stufenträger (bei 1 Stufenträger pro Stufe).
- ▣▣▣▣ Bemessung der Schweißnaht für den Anschluß der Stufenträger an die Spindel.
- ▣▣▣▣ Treppen-Belastungen nach DIN 1055 sowie zentrische Auflast auf die Spindel.
- ▣▣▣▣ Wind- und Schneelasten für Treppen im Freien.
- ▣▣▣▣ Ermittlung der maximalen Verformungen der Spindel und der Stufenträger.
- ▣▣▣▣ Optimierung des Steigungsverhältnisses und des Wendung-Winkels durch das Programm.
- ▣▣▣▣ Unterstützung des Treppenentwurfes durch 3D-Grafik.



### System:

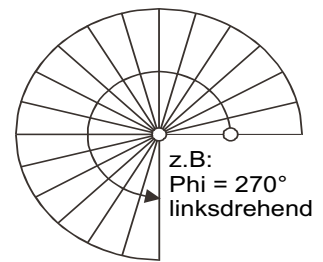
Als *Geschoßhöhe* ist die Höhendifferenz einzugeben, welche durch die Spindeltreppe überwunden werden soll. In Abhängigkeit von den gewählten Lagerungen wird für die Spindel der Knicklängenbeiwert ( $\beta$ ) vorgeschlagen, welcher frei geändert werden kann. Als *Spindellänge* ( $l$ ) ist die Gesamtspindellänge einzugeben. In der Regel entspricht die Spindellänge der Geschoßhöhe. Soll die Spindel jedoch erst an der nächsten Geschoßdecke verankert werden, so kann auch eine Spindellänge größer als die Geschoßhöhe eingegeben werden. In einem solchen Fall gilt die Spindel in Geschoßhöhe als nicht gelagert! Systemlänge (und somit maßgebend für den Knicknachweis) ist immer die Gesamtspindellänge.



Der *Spindeldurchmesser* ist für die Schnittgrößenberechnung vorzuschätzen. Als Auswahlhilfe steht die Profiltabelle für Rundrohre zur Verfügung. Weichen nach der Bemessung der gewählte und der vorgeschätzte Durchmesser voneinander ab, so besteht die Möglichkeit, den gewählten Spindeldurchmesser in die Systemeingaben zu übernehmen. Nach Anpassungen der restlichen Treppengeometrie wird ein erneuter Rechenlauf durchgeführt. In den meisten Fällen ist nur ein Iterationsschritt erforderlich.

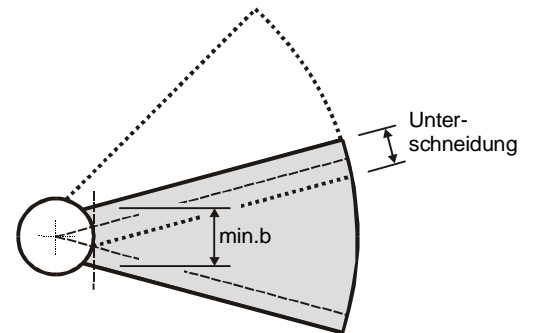
Der *Drehsinn* der Treppe (links- oder rechtsdrehend) hat auf die Bemessung keinen Einfluß und dient nur als Angabe für die grafische Darstellung.

Der *Treppenwinkel* (Phi) beschreibt die Anzahl der Wendelungen.  $\Phi = 360^\circ$  entspricht 1 Wendelung. Auch Teilwendelungen sind möglich: z.B.:  $\Phi = 270^\circ = 0,75$  Wendelung oder  $\Phi = 720^\circ = 2$  Wendelungen. Die Eingabe von  $\Phi = 0$  führt zu einem Vorschlag durch das Programm. Wird als  $\Phi = -1$  eingegeben, so kann anstelle des Winkels die Anzahl der Wendelungen direkt eingegeben werden.

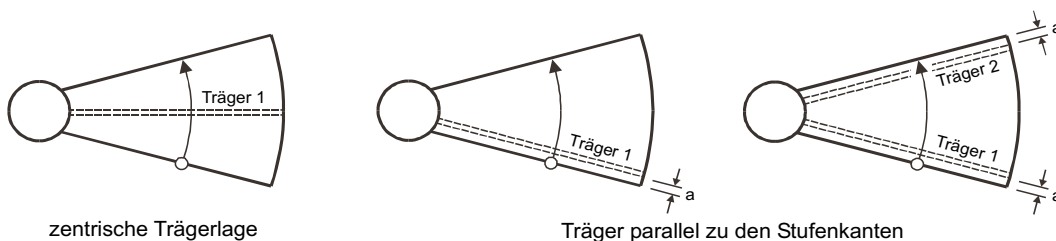


Das Programm ermittelt automatisch die optimale Anzahl der Stufen und somit das Steigungsverhältnis der Treppe. Dieser Ermittlung liegt die Schrittformel  $2 \cdot h + b = \text{ca. } 63 \text{ cm}$  zugrunde. Die Anzahl der Stufen kann frei geändert werden und ist auf 150 begrenzt.

Für die Breite der Stufen an der Spindel (min.b) wird vom Programm i.d.R. 10 cm vorgegeben (siehe DIN 18065), wenn dies die Treppenabmessungen zulassen. Die DIN schreibt dieses Maß für Spindeltreppen zwar nicht zwingend vor, im Hinblick auf Unfallgefahren sollte es jedoch nach Möglichkeit nicht unterschritten werden. Das geometrische Mindestmaß für min.b ergibt sich für eine Treppe ohne Unterschneidung der Stufen. Das Maximalmaß für min.b ist auf den Spindeldurchmesser begrenzt. Die Stufenunterschneidung wird automatisch aus min.b errechnet.



Die Anordnung der Stufenträger unter der Stufe erfolgt entweder zentrisch (bei 1 Stufenträger) oder durch Angabe des senkrechten Abstandes der Trägeraußenkante zur Stufenaußenkante (bei 1 oder 2 Stufenträgern). Im letzteren Fall werden die Träger parallel zu den Stufenaußenkanten angeordnet.



Vom Programm wird abgefragt, ob eine *Lastverteilung* zwischen den einzelnen Stufen gewährleistet ist. Ist dies nicht der Fall, so ist für die Bemessung der Stufen eine Einzellast an ungünstigster Stelle anzusetzen (DIN 1055-3 Abs. 6.1).

## Einwirkungen:

Für die Eingabe der Einwirkungen sind diese entsprechend DIN 18800 Teil 1 Abs. 7.2 zu klassifizieren:

G = *Ständige Einwirkungen*

Q = *Veränderliche Einwirkungen*. Es können vor der eigentlichen Lasteingabe bis zu 9 Gruppen (Q1, Q2, ..., Q9) für veränderliche Einwirkungen definiert werden. Jede Gruppe erhält eine textliche Beschreibung und einen eigenen Kombinationsbeiwert  $\psi$ .

Die Tabelle der Einwirkungen ist in 2 Teile gegliedert:

### Standard-Einwirkungen:

Dieses sind die Eigengewichte und die Lasten, die direkt auf die Stufen einwirken. Die Teilsicherheitsbeiwerte und die charakteristischen Lastbeträge können geändert werden, die Lastbezeichnungen sind fest vorgegeben. Für das Eigengewicht der Spindel und der Stufenträger kann als Lastbetrag -1 eingegeben werden, was eine automatische Ermittlung der Eigengewichte bewirkt. Wurden Geländerlasten eingegeben, so wird nach der Eingabe der Einwirkungstabelle der Abstand der Geländerpfosten abgefragt. Hieraus errechnet sich die anteilige Lasteinzugslänge der Geländerlasten für eine Stufe.

*Auflast auf Spindel:*

Zusätzlich zu den Standardeinwirkungen können hier zentrische Auflasten auf die Spindel eingegeben werden. Eine automatische Lastübernahme aus anderen Positionen ist möglich.

## Schnittgrößen:

Die Ermittlung der Schnittgrößen erfolgt für die Stufenträger und die Spindel unter Anwendung der Kombinationsregeln der DIN 18800 Teil 1 Element (710) bis (714).

### Stufenträger:

Die Stufen stellen eine kreissegmentförmige Kragplatte dar. Die Schnittgrößen aus den einzelnen Lastkomponenten ergeben sich pro Stufenträger wie folgt:

*Stufen-Flächenlasten:*

$$V_z = \text{Stufenfläche} \cdot \text{Last/m}^2 / \text{Anzahl Träger}$$

$$M_y = V_z \cdot \text{Abstand Flächenschwerpunkt zur Trägereinspannstelle}$$

$$M_x = V_z \cdot \text{Abstand Flächenschwerpunkt zur Trägerachse (nur bei 1 Träger)}$$

*Vertikale Geländerlasten:*

$$V_z = \text{Anteilige Geländerlänge} \cdot \text{Last/m} / \text{Anzahl Träger}$$

$$M_y = V_z \cdot \text{Trägerlänge}$$

*Horizontale Geländerlasten:*

$$N_x = \text{Anteilige Geländerlänge} \cdot \text{Last/m} / \text{Anzahl Träger}$$

$$M_y = N_x \cdot \text{Geländerhöhe}$$

*Eigengewicht Träger und Setzstufen:*

$$V_z = \text{Trägerlänge} \cdot \text{g/m}$$

$$M_y = V_z \cdot \text{Trägerlänge} / 2$$

*Einzellast an ungünstigster Stelle (DIN 1055-3 6.1):*

$$V_z = \text{Einzellast}$$

$$M_y = V_z \cdot \text{Trägerlänge}$$

$$M_x = V_z \cdot \text{maximal möglicher Abstand zur Trägerachse (nur bei 1 Träger)}$$

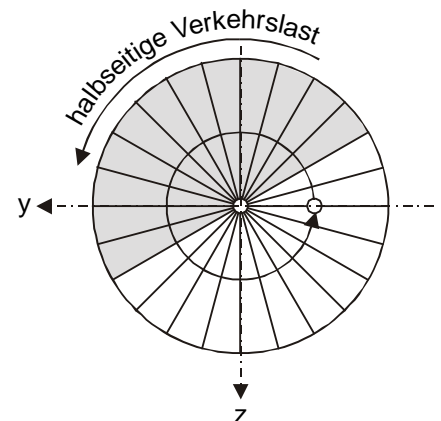
Diese Last wird nur bei der Bemessung der Stufenträger alternativ zu der vertikalen Verkehrslast (kN/m<sup>2</sup>) angesetzt, wenn keine ausreichende Lastverteilung zwischen den einzelnen Stufen vorhanden ist.

### Spindel:

Für die Schnittgrößenberechnung wird die Spindel in ein 2-achsiges System (y-Richtung und z-Richtung) zerlegt. Aus der Überlagerung der Schnittgrößen dieser beiden Systeme ( $M_y, M_z, V_y, V_z$ ) ergeben sich die resultierenden Bemessungsschnittgrößen ( $M_r, V_r$ ). Jede Stufe wird einzeln als äußere Last, bezogen auf die Spindelachse, angesetzt. Die Zerlegung der Stufenlasten in die y- und z-Komponente ergibt sich aus ihrer jeweiligen geometrischen Lage im Grundriss.

### *Sonderlaststellungen für vertikale Verkehrs-Einwirkungen:*

Zur Ermittlung der ungünstigsten Schnittgrößen werden neben der Vollast-Laststellung auch noch Laststellungen berücksichtigt, bei denen die Treppe nur halbseitig durch Verkehrslast beansprucht wird. Dabei werden die Verkehrslasten nur bei den Stufen angesetzt, die innerhalb eines 180°-Segmentes des Treppengrundrisses liegen. In mehreren Rechenläufen wird dieses 180°-Segment um jeweils eine Stufe verschoben, bis die Spindel einmal komplett umfahren ist. Bei Treppen mit Teilwendungen oder für die Berechnung der Verformungen sind dies oft die maßgebenden Laststellungen. Im Statik-Ausdruck werden diese Laststellungen mit einem \* gekennzeichnet. Berechnungsansätze für den Sonderfall der 360°-Wendlung wurden in [4] und [5] erarbeitet.



## Bemessung:

- Stufenträger:-* Bemessung nach DIN 18800 T1 Abs.7.5.2 (EL-EL)
- b/t-Nachweis
  - Normalspannungsnachweis Bed.(33)
  - Schubspannungsnachweis Bed.(34)
  - Vergleichsspannungsnachweis Bed.(35)
  - Verformungen aus charakteristischen Schnittgrößen
- Spindel:*
- Bemessung nach DIN 18800 T1 Abs.7.5.3 (EL-PL)
  - d/t-Nachweis
  - Tragsicherheitsnachweis: Es werden den einzelnen Beanspruchungen geeignete Teilflächen zugewiesen. Die Nachweiswerte  $f_N$ ,  $f_M$ ,  $f_V$  beschreiben das Verhältnis der vorhandenen Beanspruchungen zur beanspruchten (bzw. zugewiesenen) Fläche unter Berücksichtigung noch freier Teilflächen, die zum Abtragen solcher Beanspruchungen geeignet wären.
  - Biegeknicknachweis nach DIN 18800 T2 Bed.(28)
  - Verformungen aus charakteristischen Schnittgrößen
- Anschluß Träger an Spindel:*
- Bemessung der Schweißnaht nach DIN 18800 T1 Abs.8.4.1.2
  - Schweißnahtspannungsnachweis Bed.(71).
  - Prüfung der Grenzschnittdicken nach EL.(519), Bed.(4) + (5)

## Lastweiterleitung:

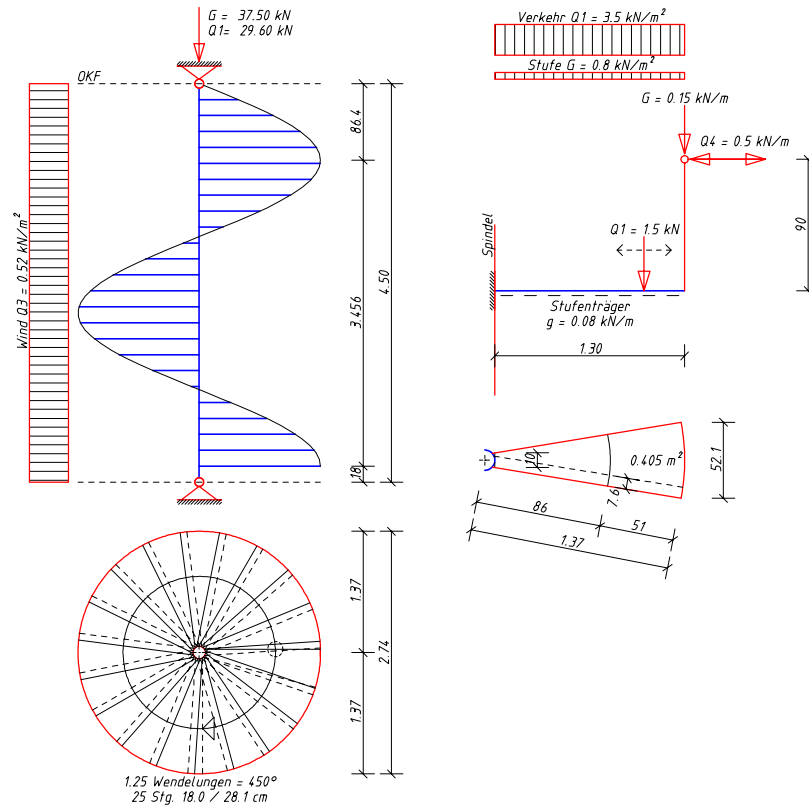
Für die Übernahme in andere Positionen werden die resultierenden charakteristischen und Design-Schnittgrößen ( $A_x$ ,  $H_x$ ,  $M_x$ ) für den Fußpunkt der Spindel gespeichert. Im Statik-Formular werden zusätzlich die auf die y- und z-Achse bezogenen Werte ( $H_y$ ,  $H_z$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ ), auch für den Spindelkopf, ausgegeben. Charakteristische Übernahmewerte sind in Folgepositionen erneut mit den entsprechenden Teilsicherheitsbeiwerten zu versehen. Der Anteil aus veränderlichen Einwirkungen ist einer Qi-Gruppe zuzuordnen.

## Literatur:

- [1] DIN 18800 Teil 1- 2 (11/1990), Stahlbauten
- [2] DIN 18065 (01/2000), Gebäudetreppen
- [3] DIN 1055 Teil 3 (06/1971), Lastannahmen im Hochbau, Verkehrslasten
- [4] "Momente in Wendeltreppen-Spindeln", Ing. Hans Lütke, Beton- und Stahlbetonbau 6/1958
- [5] "Zur Biegebeanspruchung in durchlaufenden Treppenspindeln", Prof.Dr.-Ing. G. Eisenbiegler Beton- und Stahlbetonbau 6/1958

**POS. 16 STAHLSPINDELTREPPE '47A'**

## S Y S T E M :



Geschosshöhe  $h = 4.500 \text{ m}$   
 Spindel unten gelenkig , oben gelenkig  $l = 4.500 \text{ m}$

Knicklänge der Spindel  $sk = 1.00 * 4.500 = 4.500 \text{ m}$   
 Laufbreite  $b = 1.300 \text{ m}$   
 Spindel-Durchmesser  $d = 0.139 \text{ m}$   
 Radius der Lauflinie, rechtsdrehend  $rl = 0.860 \text{ m}$   
 Aussenradius der Treppe  $ra = 1.370 \text{ m}$   
 Handlaufhöhe  $hg = 0.900 \text{ m}$   
 Anzahl der Wendungen  $w = 1.250$   
 Wendelhöhe  $hw = (4.500 - 0.180) / 1.250 = 3.456 \text{ m}$

Treppenwinkel  $\Phi = 1 * 360 + 90.0 = 450.0 \text{ Grad}$

Stufen:  $25 * 18.0 / 28.1 \text{ cm}$ , Laufneigung =  $32.6 \text{ Grad}$   
 Stufe min.b =  $10.0 \text{ cm}$ , Unterschneidung =  $7.6 \text{ cm}$   
 1 Stufenträger zentrisch unter der Stufe  
 Lastverteilung nicht gewährleistet.

## E I N W I R K U N G E N

 GRUPPIERUNG DER VERÄNDERLICHEN EINWIRKUNGEN  $Q_i$ :

Nr.	Beschreibung	Psi
Q1	Vertikale Verkehrslasten	0.90
Q3	Windlasten	0.90
Q4	Horizontale Last am Handlauf	0.90

$P$  = Einzel-Ew. (kN),       $q$  = Flächen-Einwirkungen (kN/m<sup>2</sup>)  
 $L$  = Linien-Ew. (kN/m),     $v$  = vertikal,       $h$  = horizontal

aus	Art, Kla.	GamF	Wert, k
Eigengewicht der Stufen	qv, G	1.35	0.80
Eigengewicht pro Stufenträger	Lv, G	1.35	0.08
Eigengewicht der Spindel	Lv, G	1.35	0.38
Eigengewicht des Geländers	Lv, G	1.35	0.15
Verkehrslast auf Stufen	(1) qv, Q1	1.50	3.50
Einzellast gemäß DIN 1055-3 6.1	(2) Pv, Q1	1.50	1.50
Geländer-Verkehrslast horizontal	Lh, Q4	1.50	0.50
Wind $q = 0.80$ , $c_p = 1.30$ , 50%	qh, Q3	1.50	0.52

Auflast auf Spindel:

aus Pos. 12 Auflager 3	Pv, G	1.35	37.50
	Pv, Q1	1.50	29.60

(1) = für die Bemessung der Stufen und der Spindel  
 (2) = alternativ zu (1) nur bei der Stufenträgerbemessung

Aufgrund der offenen Bauweise werden die Einwirkungen aus Wind um 50% abgemindert.

Geländeranteil/Stufe = 0.90 m bei 1 Pfosten / 2 Stufe(n)

#### S C H N I T T G R Ö S S E N:

Spindel:      max.Mr,d = 16.67 kNm,    max.Nx,d = 164.40 kN  
                   max.Vr,d = 8.69 kN,      min.Nx,d = 50.62 kN

Stufenträger: max.My,d = -3.91 kNm,    max.Nx,d = 0.66 kN  
                   max.Vz,d = 2.98 kN,      min.Nx,d = -0.66 kN

Torsion im Stufenträger:      max.Mx,d = -0.51 kNm

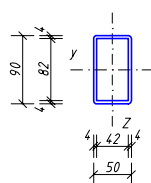
#### B E M E S S U N G:

WERKSTOFFDATEN: St 37-2 , Erzeugnisdicke  $t \leq 40$  mm  
 Streckgrenze/Zugfestigkeit  $\sigma_y, k/f_u, k = 240 / 360$  N/mm<sup>2</sup>  
 E/G-Modul = 210000 / 81000 N/mm<sup>2</sup>,      Gamma M = 1.10

#### STUFENTRÄGER:

**Rechteckhohlprofil, warmgef., DIN 59410    1 x 90/ 50/ 4.0**

$A = 10.38$  cm<sup>2</sup>,  $I_y = 107.1$  cm<sup>4</sup>,  $W_y/W_t = 23.79/ 31.64$  cm<sup>3</sup>



1 x Rechteck-Hohlprofil 90/ 50/ 4.0

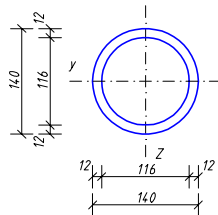
M=1.10

BEGRENZUNG  $b/t$ : Steg      vorh. (b/t)/grenz(b/t) = 0.134 < 1  
                                   Flansch vorh. (b/t)/grenz(b/t) = 0.241 < 1

SPANNUNGSNACHWEISE nach DIN 18800 T1 (EL-EL):

DIN	Ko.	$N_{x,d}$	$M_{y,d}$	$M_{x,d}$	$V_{z,d}$	vorh./zul.	
Bed.	(-)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kN)	$\sigma(N/mm^2)$	Nachweise
(33)	Q*	0.59	-3.91	-0.46	2.75	164.9/218.2 = 0.756	< 1
(34)	Q1*	0.00	-3.64	-0.51	2.98	20.7/126.0 = 0.164	< 1
(35)	Q*	0.59	-3.91	-0.46	2.75	168.1/218.2 = 0.770	< 1

SPINDEL:

**Stahlrohr, nach DIN 2448 oder DIN 2458 1 x 139.7/12.0**
 $A = 48.14 \text{ cm}^2$ ,  $I = 990 \text{ cm}^4$ ,  $W = 142 \text{ cm}^3$ ,  $i = 4.5 \text{ cm}$ 

*Rundrohr-Hohlprofil 139.7/12.0*
*M=1.10*

 BEGRENZUNG d/t:  $\text{vorh.}(d/t) / \text{grenz}(d/t) = 0.166 \leq 1$ 

BIEGEKNICKNACHWEIS nach DIN 18800 T2:

 maßgebende Kombination = Q, Stelle  $x = 2.16 \text{ m}$ 
 $N_{x,d} = 122.77 \text{ kN}$ ,  $M_{y,d}/M_{z,d}/M_{r,d} = -12.02/11.56/16.67 \text{ kNm}$ 

 Bed.(28):  $0.211 + 0.346 + 0.333 = 0.890 \leq 1.0$ 

TRAGSICHERHEIT nach DIN 18800 Teil 1 (EL-PL):

 $f = \text{Ausnutzungsgrade der Querschnittsteilflächen} \leq 1.0$ 

max.	Ko.	x(m)	$N_{x,d}$	$M_{r,d}$	$V_{r,d}$	f,N	f,M	f,V
f,ges:	Q	1.98	125.44	16.58	2.64	0.167	0.437	0.014
f,N:	Q	1.44	133.47	15.03	3.67	0.172	0.398	0.019
f,M:	Q	2.16	122.77	16.67	2.30	0.164	0.439	0.013
f,V:	Q*	0.18	127.33	2.76	8.35	0.129	0.073	0.033

 VERFORMUNGEN aus charakt. Einwirkungen,  $\Gamma_M = 1.00$ 

	x(m)	Komb.	w(cm)	vorh.w	zul.w
Stufenträger:	1.37	Q*	0.81	= 1/160	<= 1/150
Spindel:	2.25	Q	0.92	= 1/487	<= 1/300

SCHWEISSNAHT: Anschluß Stufenträger an Spindel, Bed.(71)

 Ko: Q\*,  $N_x/M_y/M_x/V_{z,d} = 0.59/-3.91/-0.46/2.75 \text{ (kN,kNm)}$ 
**Kehlnaht: Dicke a = 3.0 mm, Alpha,w = 0.95**
 $\text{Sig.w,v} / \text{Sig.w,R,d} \text{ (kN/cm}^2\text{)} = 20.60 / 20.73 = 0.994 < 1$

Erläuterungen zu den Kombinationen:

$$G = \text{Gamma},G * G,k$$

$$Q1, Q2, \dots = \text{Gamma},G * G,k + \text{Gamma},Qi * Qi,k$$

$$Q = \text{Gamma},G * G,k + \text{Summe}(\text{Gamma},Qi * \text{Psi},i * Qi,k)$$

Q1\*, Q\*, ... = bei Träger: Einzellast an ungünstigster Stelle  
 bei Spindel: umlaufende halbseitige Belastung

Charakteristische Auflagerkräfte der Spindel: (kN, kNm)

aus	unten				oben		
	Ax,k	Hy,k	H <sub>z</sub> ,k	H <sub>r</sub> ,k	Hy,k	H <sub>z</sub> ,k	H <sub>r</sub> ,k
G	51.1	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.4
min.Q	-	-	-	-	-	-	-
max.Q	63.6	4.3	4.3	6.1	4.3	4.3	6.1