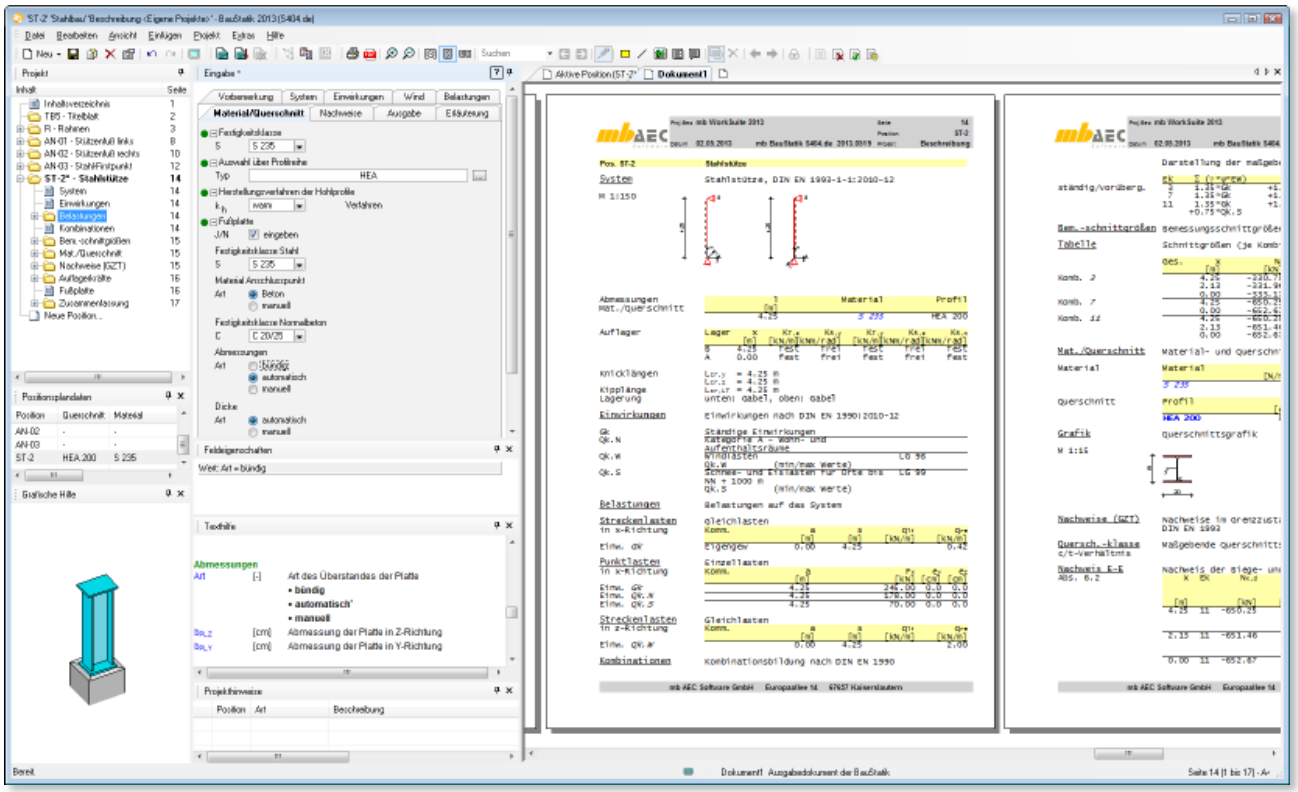
Dipl.-Ing. Petra Licht

Stahl-Stütze

Leistungsbeschreibung des BauStatik-Moduls S404.de Stahl-Stütze – EC 3, DIN EN 1993-1-1:2010-12

Stützen sind vertikale Traglieder, die überwiegend durch Normalkräfte beansprucht werden. Zusätzliche Biegebeanspruchung entsteht bei außermittiger Lasteinleitung und durch Windbelastung. Bedingt durch die Normalkraftbeanspruchung sind Stützen auf Stabilitätsversagen (Knicken oder Biegedrillknicken) zu untersuchen. Neben dem Nachweis der Stützentragfähigkeit ist auch die Gebrauchstauglichkeit, d.h. die Funktionsfähigkeit des Bauwerkes nachzuweisen. Hierzu gehört der Nachweis der Verformungen.



System

Als statisches System sind die beiden Eulerfälle, Pendelstütze oder Kragstütze möglich. Die Auflagerbedingungen werden automatisch vom Programm gesetzt. Durch die manuelle Vorgabe der Ersatzstablängen können auch andere statische Systeme berücksichtigt werden.

So kann durch die Vorgabe der Ersatzstablänge beispielsweise die seitliche Halterung eines Verbandstabes simuliert werden.

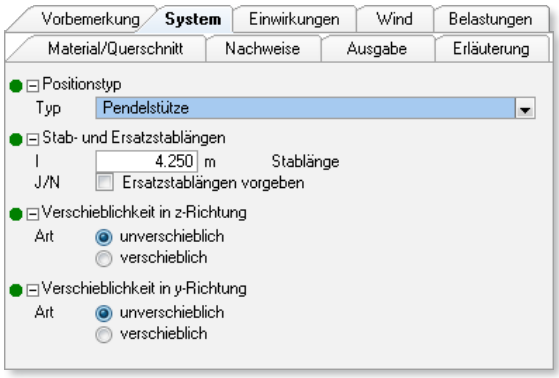


Bild 1. Kapitel „System“

Einwirkungen

Als Einwirkungen können projektweite Einwirkungen aus dem Modul S030.de übernommen werden. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit Einwirkungstypen nach Eurocode 0, Tab. NA.A.1.1 [1], [2] manuell zu definieren. Anhand dieser Einwirkungstypen werden programmseitig die Kombinationsbeiwerte zugewiesen und die Kombinationen automatisch gebildet.

S404.de ermöglicht auch die Vorgabe von Bemessungslasten. Hierzu ist die Kombinationszuordnung (Grundkombination, außergewöhnliche Kombination) durch den Anwender vorzunehmen.

Wind

Außenstützen werden i.d.R. zusätzlich durch Wind beansprucht. Die Windlasten werden in Abhängigkeit der Windzone, des Gebäudestandorts und der Lage der Stütze in der Wand ermittelt und können manuell im Kapitel „Belastung" eingegeben werden. Komfortabler und effizienter ist die Bearbeitung mit dem Modul S031.de „Wind- und Schneelastermittlung". Hierbei wird die Lage der Stütze in der Wand definiert, so dass die Windbelastung im Modul S404.de übernommen werden kann.

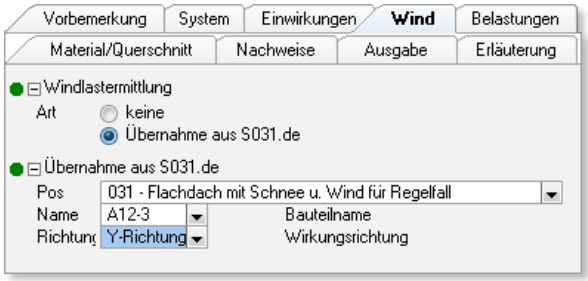


Bild 2. Kapitel „Wind"

Belastung

Die Belastungen können als „Lastabtrag" aus einer anderen Position komfortabel eingegeben werden. Hierfür kann in der Eingabe direkt auf die Auflagerreaktionen von ausgewählten BauStatik-Modulen (z.B. S321.de Stahlträger mit Doppelbiegung, S132.de Stahl-Pfette in Dachneigung und S404.de Stahl-Stütze) sowie auf MicroFe-Ergebnisse zugegriffen werden.

Alternativ können die Belastungen manuell definiert werden. Neben dem Eigengewicht der Stütze stehen als Lastarten zur Verfügung:

- Lasten am Stützenkopf
- Momente am Stützenfuß
- Einzellasten
- Gleichlasten
- Blocklasten
- Trapezlasten

Lastzusammenstellungen und Lastübernahmen werden in der Ausgabe dokumentiert.

Material/Querschnitt

Die Bemessung bzw. der Nachweis erfolgt für I-Querschnitte und für rechteckige, quadratische sowie runde Hohlprofile.

Bei gelenkig gelagerten Stützen werden die Stützennormalkräfte über Fußplatten auf die Fundamente übertragen. Der Nachweis der Fuß- und Kopfplatte kann optional im Programm geführt werden.

Die Abmessungen der Fuß- und Kopfplatte können entweder manuell vorgegeben werden oder es werden die erforderlichen Abmessungen automatisch vom Programm ermittelt. Dabei kann zwischen bündigen und überstehenden Fußplatten gewählt werden.

Die notwendigen Eingaben erfolgen im Register „Material/Querschnitt", das im Bild 3 dargestellt ist. Hier erfolgt auch die Eingabe der Betonfestigkeitsklasse. Die erforderliche Fußplattenfläche ist abhängig von der zulässigen Betonpressung. Die erforderliche Plattendicke wiederum ist abhängig von der Biegebeanspruchung der Platte. Durch Plattenbiegung werden die konzentrierten Stützenkräfte auf die größere Fundamentfläche verteilt. Die erforderliche Plattendicke kann vom Programm ermittelt werden, sonst wird die vom Anwender eingegebene Plattendicke nachgewiesen.

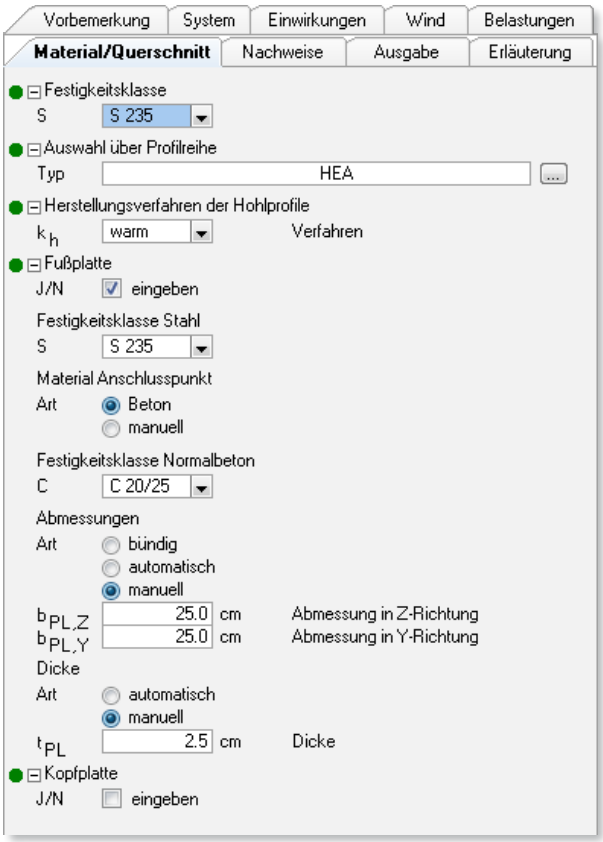


Bild 3. Kapitel „Material/Querschnitt"

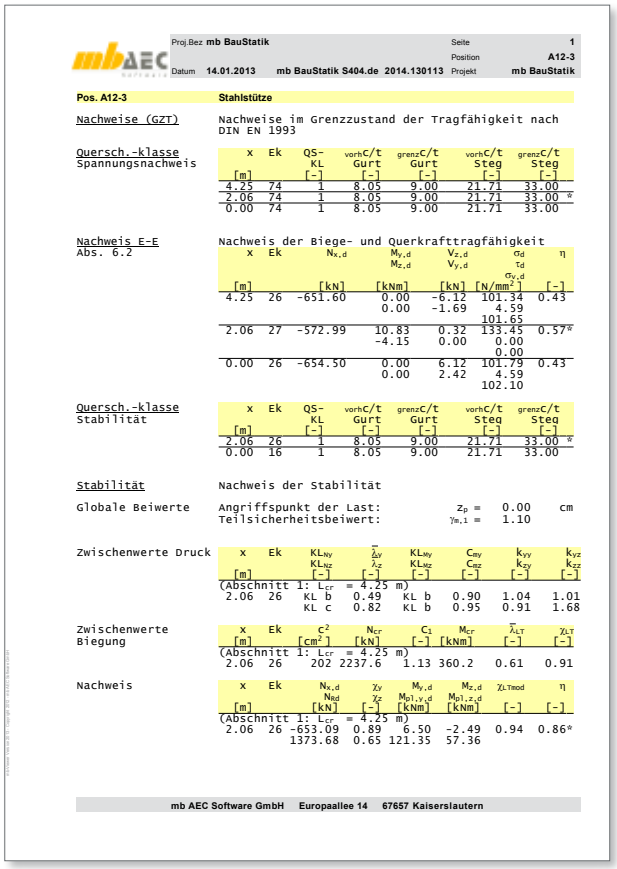
Nachweise

S404.de führt die erforderlichen Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit (Nachweis der Querschnittstragfähigkeit, Stabilitätsnachweis und Nachweis der Kopf- und Fußplatte) und der Gebrauchstauglichkeit (Verformungsbegrenzung).

Der **Querschnittsnachweis** erfolgt elastisch-elastisch. Es wird nachgewiesen, dass die Normal- und Schubspannung oder die Vergleichsspannung die jeweilige Grenzspannung nicht überschreitet. Die Berechnung der Schnittgrößen erfolgt nach der Elastizitätstheorie.

Der **Stabilitätsnachweis** erfolgt nach DIN EN 1993-1-1, 6.3.3 und Anhang B, [3]. Es wird nicht mehr zwischen Biegeknicken und Biegedrillknicken unterschieden, der Nachweis erfolgt als Doppelnachweis am Ersatzstab nach DIN EN 1993-1-1, Gl. (6.61) und (6.62), [3].

In Bild 4 ist die tabellarische Ausgabe des Querschnitts- und Stabilitätsnachweises zu sehen. Die Querschnittsklassifizierung erfolgt getrennt für beide Nachweise jeweils für Gurt und Steg.



Proj.Bez mb BauStatik — Seite 1
Position A12-3
Datum 14.01.2013 — mb BauStatik S404.de 2014.130113 — Projekt mb BauStatik

Pos. A12-3 Stahlstütze

Nachweise (GZT) — Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit nach DIN EN 1993

Quersch.-klasse Spannungsnachweis

x [m]	Ek	QS- KL [-]	vorh c/t Gurt [-]	grenz c/t Gurt [-]	vorh c/t Steg [-]	grenz c/t Steg [-]	
4.25	74	1	8.05	9.00	21.71	33.00	
2.06	74	1	8.05	9.00	21.71	33.00	*
0.00	74	1	8.05	9.00	21.71	33.00	

Nachweis E-E Abs. 6.2 — Nachweis der Biege- und Querkrafttragfähigkeit

x [m]	Ek	$N_{x,d}$ [kN]	$M_{y,d}$ $M_{z,d}$ [kNm]	$V_{z,d}$ $V_{y,d}$ [kN]	σ_d τ_d $\sigma_{v,d}$ [N/mm²]	η [-]	
4.25	26	-651.60	0.00	-6.12	101.34	0.43	
			0.00	-1.69	4.59		
					101.65		
2.06	27	-572.99	10.83	0.32	133.45	0.57	*
			-4.15	0.00	0.00		
					0.00		
0.00	26	-654.50	0.00	6.12	101.79	0.43	
			0.00	2.42	4.59		
					102.10		

Quersch.-klasse Stabilität

x [m]	Ek	QS- KL [-]	vorh c/t Gurt [-]	grenz c/t Gurt [-]	vorh c/t Steg [-]	grenz c/t Steg [-]	
2.06	26	1	8.05	9.00	21.71	33.00	*
0.00	16	1	8.05	9.00	21.71	33.00	

Stabilität — Nachweis der Stabilität

Globale Beiwerte — Angriffspunkt der Last: z_p = 0.00 cm; Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{m,1}$ = 1.10

Zwischenwerte Druck

x [m]	Ek	KL_{My} KL_{Mz} [-]	$\bar{\lambda}_y$ λ_z [-]	KL_{My} KL_{Mz} [-]	C_{my} C_{mz} [-]	k_{yy} k_{zy} [-]	k_{yz} k_{zz} [-]
(Abschnitt 1: L_{cr} = 4.25 m)							
2.06	26	KL b	0.49	KL b	0.90	1.04	1.01
		KL c	0.82	KL b	0.95	0.91	1.68

Zwischenwerte Biegung

x [m]	Ek	c^2 [cm²]	N_{cr} [kN]	C_1 [-]	M_{cr} [kNm]	$\bar{\lambda}_{LT}$ [-]	χ_{LT} [-]
(Abschnitt 1: L_{cr} = 4.25 m)							
2.06	26	202	2237.6	1.13	360.2	0.61	0.91

Nachweis

x [m]	Ek	$N_{x,d}$ N_{Rd} [kN]	χ_y χ_z [-]	$M_{y,d}$ $M_{pl,y,d}$ [kNm]	$M_{z,d}$ $M_{pl,z,d}$ [kNm]	χ_{LTmod} [-]	η [-]
(Abschnitt 1: L_{cr} = 4.25 m)							
2.06	26	-653.09	0.89	6.50	-2.49	0.94	0.86*
		1373.68	0.65	121.35	57.36		

mb AEC Software GmbH Europaallee 14 67657 Kaiserslautern

Bild 4. Ausgabe „Querschnitts- und Stabilitätsnachweis"

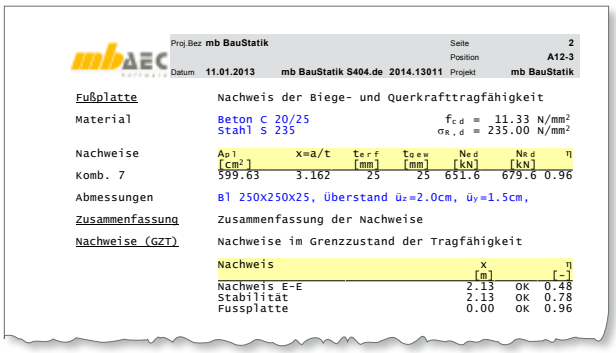
Der **Nachweis der Kopf- und Fußplatten** erfolgt nach [4]. Der Berechnungsansatz geht von der Annahme aus, dass die Fußplatte am Flansch und am Steg beidseitig frei auskragt. Die Länge der Auskragung wird so festgelegt, dass die vorhandenen Betondruckspannungen vom Fundament aufgenommen werden können.

Im zweiten Schritt wird die Plattendicke berechnet bzw. nachgewiesen. Die Bemessung der Plattendicke erfolgt wahlweise elastisch-elastisch oder elastisch-plastisch, d.h. das vorhandene maximale Biegemoment wird nach der Elastizitätstheorie ermittelt und dem aufnehmbaren elastischen bzw. plastischen Moment der Fußplatte gegenübergestellt.

Der Querkrafteinfluss auf das vollplastische Moment wird über das infolge Interaktion abgeminderte vollplastische Moment $\mathrm{red}\, M_{\mathrm{pl}}$ berücksichtigt.

Die Fußplatte ist optimal bemessen, wenn die Länge der Auskragung und die Plattendicke so aufeinander abgestimmt sind, dass die Biegespannungen in der Platte und die Betonpressungen den größtmöglichen Wert erreichen.

In Bild 5 ist die Ausgabe des Fußplattennachweises dargestellt. Ausgegeben werden die Material- und Geometriedaten, sowie die maximalen Ausnutzungen. Der Nachweis der Schweißnaht zwischen Stütze und Platte kann optional eingeschaltet werden. Das Programm ermittelt dann die erforderliche Kehlnahtdicke.



Proj.Bez mb BauStatik — Seite 2
Position A12-3
Datum 11.01.2013 — mb BauStatik S404.de 2014.13011 — Projekt mb BauStatik

Fußplatte — Nachweis der Biege- und Querkrafttragfähigkeit

Material — Beton C 20/25; Stahl S 235 — f_{cd} = 11.33 N/mm², $\sigma_{R,d}$ = 235.00 N/mm²

Nachweise	A_{pl} [cm²]	x=a/t	t_{erf} [mm]	t_{qew} [mm]	N_{Ed} [kN]	N_{Rd} [kN]	η
Komb. 7	599.63	3.162	25	25	651.6	679.6	0.96

Abmessungen — Bl 250x250x25, Überstand u_z=2.0cm, u_y=1.5cm,

Zusammenfassung — Zusammenfassung der Nachweise

Nachweise (GZT) — Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Nachweis	x [m]		η [-]
Nachweis E-E	2.13	OK	0.48
Stabilität	2.13	OK	0.78
Fussplatte	0.00	OK	0.96

Bild 5. Ausgabe „Kopf- und Fußplatte"

Der **Verformungsnachweis** soll die Gebrauchstauglichkeit sicherstellen. Die berechneten Verformungen werden mit den zulässigen Verformungen verglichen.

Die Verformungen können wahlweise für die folgenden Bemessungssituationen berechnet werden:

- **Quasi-ständige Situation**: Es werden nur die quasi-ständigen Anteile der Verformungen der veränderlichen Einwirkungen berücksichtigt. In der Regel spielt die quasi-ständige Bemessungssituation für Stützen keine Rolle, da für Wind und Schnee der quasi-ständige Anteil gleich Null ist.
- **Häufige Situation**: Es werden der häufige Anteil der vorherrschenden veränderlichen Einwirkung und die quasi-ständigen Anteile der weiteren veränderlichen Einwirkungen berücksichtigt.
- **Seltene Situation**: Es werden der charakteristische Wert der vorherrschenden veränderlichen Einwirkung und die Kombinationswerte der weiteren veränderlichen Einwirkungen berücksichtigt.

Neben diesen drei Bemessungssituationen gibt es zusätzlich die Möglichkeit, dass alle Verformungen 1,0-fach addiert werden: als Kombinationstyp ist dann **„charakteristisch"** auszuwählen.

Die erforderlichen Eingaben findet man im Register „Nachweise".

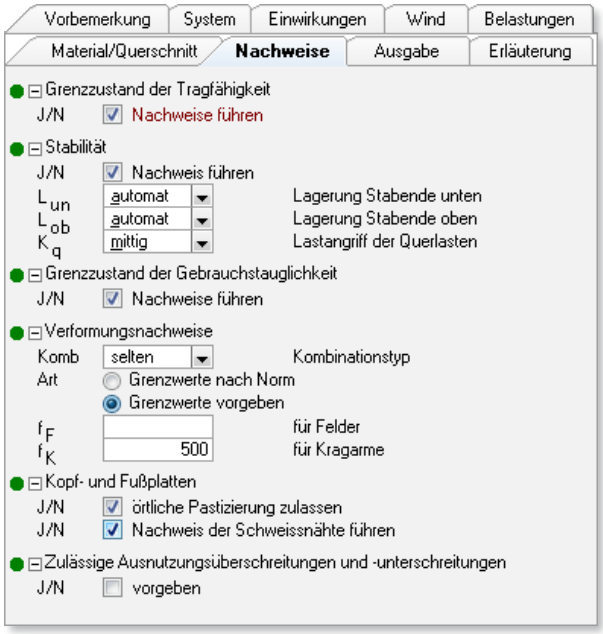


Bild 6. Kapitel „Nachweise"

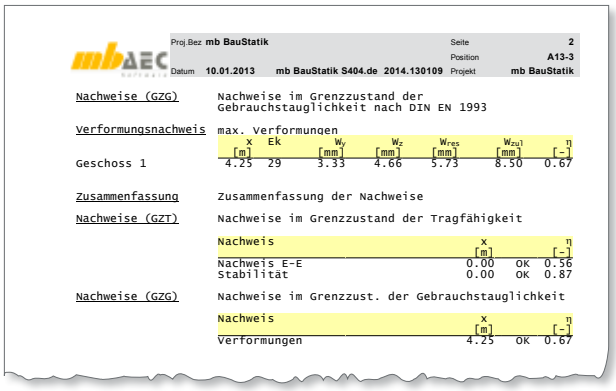


Bild 7. Ausgabe „Verformungsnachweis"

Werden vom Anwender keine zulässigen Verformungen eingetragen, sind als Verformungsgrenzwerte $l/300$ für Pendelstützen und $l/150$ für Kragstützen voreingestellt. Nach DIN EN 1993-1-1, 7.2, [3] sollten jedoch die Grenzwerte der Verformungen für jedes Projekt bestimmt werden und mit dem Auftraggeber abgestimmt sein. Hierzu besteht im Programm die Möglichkeit jeden beliebigen Grenzwert vorzugeben. Die Ausgabe des Verformungsnachweises erfolgt in Tabellenform.

Zusammenfassung

Das Modul S404.de Stahl-Stütze führt alle erforderlichen Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit. Damit ermöglicht es dem Anwender eine schnelle und wirtschaftliche Bemessung von Stahlstützen einschließlich der Kopf- und Fußplatten.

Die Stützenauflagerkräfte werden für die Lastweiterleitung automatisch abgespeichert und stehen als Belastungen für die nachfolgenden lastaufnehmenden Positionen jederzeit zur Verfügung.

Die Ausgabe umfasst alle notwendigen Angaben in übersichtlicher und prüffähiger Form und dient somit als einfach nachvollziehbare Vorlage für Ausführungszeichnungen oder zur Prüfung. Der Umfang der grafischen und tabellarischen Ausgabe ist vom Anwender beliebig steuerbar.

Dipl.-Ing. Petra Licht
mb AEC Software GmbH
mb-news@mbaec.de

Literatur

[1] DIN EN 1990: Eurocode 0:
Grundlagen der Tragwerksplanung, Dezember 2010

[2] DIN EN 1990/NA: Nationaler Anhang - national festgelegte Parameter – Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung, Dezember 2010

[3] DIN EN 1993-1-1: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau, Dezember 2010

[4] Kahlmeyer, Hebestreit, Vogt: Stahlbau nach EC 3, Bemessung und Konstruktion Träger-Stützen-Verbindungen, Werner-Verlag 2012, 6. Auflage

! Aktuelle Angebote

S404.de **Stahl-Stütze** – **EC 3, DIN EN 1993-1-1:2010-12** **299,- EUR**

Leistungsbeschreibung siehe nebenstehenden Fachartikel

Es gelten unsere Allgemeinen Geschäftsbedingungen. Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Alle Preise zzgl. Versandkosten und MwSt. – Hardlock für Einzelplatzlizenz je Arbeitsplatz erforderlich (95,- EUR). Folgelizenz-/Netzwerkbedingungen auf Anfrage. – Stand: Mai 2013

Unterstütztes Betriebssystem: Windows 10 (64)

Preisliste siehe **www.mbaec.de**