

Dipl.-Ing. (FH) Yilmaz Gökalp

Kippsicherheitsnachweis

Leistungsbeschreibung des Baustatik-Moduls

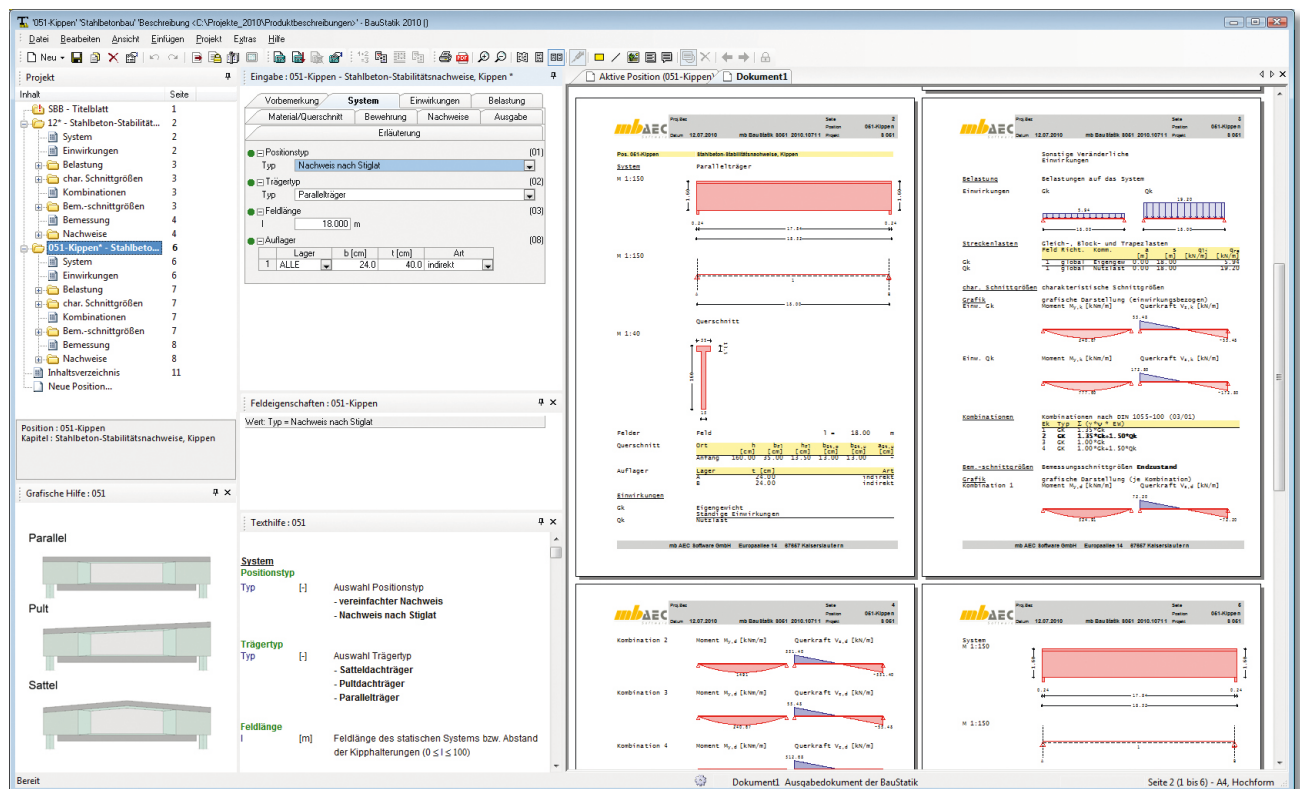
S051 Stahlbeton-Stabilitätsnachweis Kippen, DIN 1045-1 (08/08)

Kippen bezeichnet das seitliche Ausweichen des Druckgurtes eines um die starke Achse beanspruchten Biegeträgers unter gleichzeitiger Verdrehung des Querschnitts um die Stablängsachse. In der Praxis ist die Kippsicherheit insbesondere bei den im Fertigteilbau eingesetzten schlanken Hallendachbindern zu untersuchen. Ergänzend zum Kippnachweis im Endzustand muss bei schlanken Fertigteilträgern die Kippsicherheit zusätzlich während des Anhebens, des Transports sowie während der Montage gewährleistet sein.



Leistungsbeschreibung
des Vorgänger-Moduls

JETZT: S393.de Stahlbeton-Stabilitäts-
nachweis Kippen – EC 2



System

Die Kippsicherheit kann mit den folgenden Verfahren nachgewiesen werden:

- Vereinfachtes Verfahren nach DIN 1045-1, 8.6.8 [1]
- Genaueres Verfahren nach Stiglat [5]
- Genaueres Verfahren nach Lebelles [6] für den Hebe- bzw. Transportzustand

Als Einfeldträger sind folgende Trägertypen zulässig (Bild 1):

- Parallelbinder
- Pultdachbinder
- Satteldachbinder (symmetrisch)
- Satteldachbinder (unsymmetrisch)

Für den Nachweis sind zusätzlich die Auflagerbreite, die Auflagertiefe sowie die Auflagerart einzugeben.

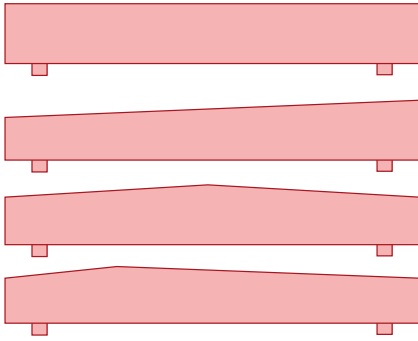


Bild 1. Trägertypen

Einwirkungen

Gemäß DIN 1055-100 [2] stehen neben ständigen Einwirkungen auch die veränderlichen Einwirkungen nach DIN 1055-100 [2], Tab. A.2 zur Verfügung. Alle definierten Einwirkungen können einem Typ dieser Tabelle zugeordnet werden. Das Modul S051 erzeugt automatisch alle Kombinationen, die infolge der Lastdefinition möglich sind. Entsprechend den Kombinationsvorschriften werden günstig wirkende veränderliche Einwirkungen für die Nachweisführung nicht berücksichtigt.

Alle Belastungen werden als charakteristische Werte eingetragen und einer Einwirkung zugeordnet. Durch Gruppenzuweisung können auch Einwirkungen erzeugt werden, die sich gegenseitig ausschließen.

Neben der automatischen Kombinationsbildung ermöglicht das Programm auch die Vorgabe von Bemessungslasten mit entsprechender Kombinationsbildung, d.h. die Bemessungslasten sind vom Anwender entweder einer Grundkombination oder einer außergewöhnlichen Kombination zuzuordnen.

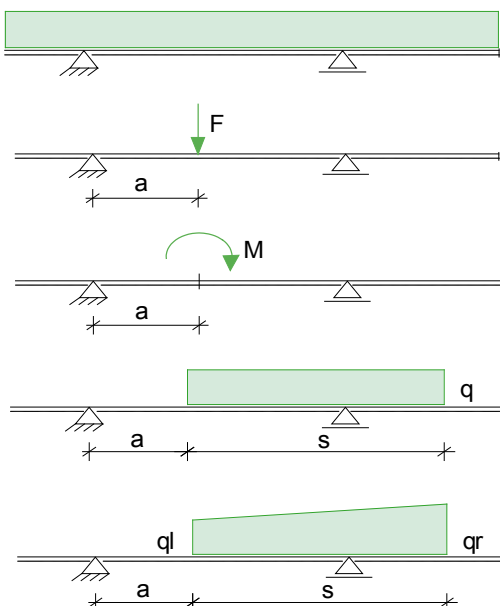


Bild 2. Lastarten

Belastung

Das Modul unterscheidet zwischen den folgenden Belastungsarten:

- Systembelastung
- Querschnittsbelastung

Bei einer Systembelastung stehen folgende Lastarten für den Kippnachweis am Fertigteilbinder zur Verfügung (Bild 2):

- Gleichlast
- Einzellast
- Einzelmoment
- Blocklast
- Trapezlast

Bei der Querschnittsbelastung hingegen können Schnittgrößen direkt aus einem bereits berechneten Träger übernommen bzw. eingegeben werden.

Das Eigengewicht des Trägers kann sowohl automatisch ermittelt als auch manuell eingegeben werden.

Material / Querschnitt

Für den Kippnachweis sind die üblichen Eingaben wie Betonart, Betonfestigkeitsklasse sowie die Betondeckung erforderlich, wobei die Betonfestigkeitsklasse sowohl für den Transport- als auch für den Endzustand einzugeben ist.

Die Eingabe des Querschnitts erfolgt über Querschnittsabmessungen. Als Querschnittsformen stehen nachfolgende Querschnittstypen zur Verfügung (Bild 3):

- Rechteckquerschnitt
- Trapezquerschnitt
- T-Querschnitt
- I-Querschnitt (symmetrisch)
- I-Querschnitt (unsymmetrisch)

Wahlweise können für die Querschnitte auch Vouten eingegeben werden.

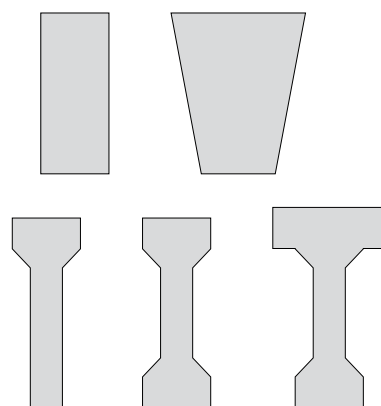


Bild 3. Querschnittsformen

Nachweise / Berechnungsgrundlagen

Der Kippnachweis im Endzustand wird grundsätzlich mit dem ausgewählten Verfahren geführt. Ergänzend gibt es die Option, den Nachweis für den Transportzustand mit den folgenden Verfahren zu führen:

- Kippnachweis im Transportzustand nach Stiglat [5]
- Kippnachweis im Transportzustand nach Lebelles [6]

Im Transportzustand wird als Gehängedtyp zwischen einer Traverse und einem Seilgehänge unterschieden. Die Anhängpunkte können automatisch ermittelt oder manuell eingegeben werden. Zudem kann auf Wunsch die Bemessung der Anker erfolgen. Hierzu sind die Ankerdaten der Hersteller „Pfeifer“ und „Frimeda“ hinterlegt.

Vereinfachtes Verfahren nach DIN 1045-1, 8.6.8 [1]

Das vereinfachte Nachweisverfahren der Kippsicherheit nach DIN 1045-1, 8.6.8 [1] basiert auf den im EC 2 [3] vorgegebenen Kriterien. Aufbauend auf den geometrischen Grenzen des Querschnitts nach EC 2 [3] wurden von König/Pauli [4] insgesamt 148 unterschiedliche Stahlbetonträger ausgewertet.

Als Ergebnis wurde die folgende empirische Formel gefunden:

$$b \geq \sqrt[4]{\left(\frac{l_{ot}}{50}\right)^3 \cdot h} \quad (1)$$

mit

b	die Breite des Druckgurts
h	die Höhe des Trägers
l_{ot}	die Länge des Druckgurts zwischen den Abstützungen

Diese Bedingung stellt sicher, dass die nach Theorie II. Ordnung auftretende zweiachsige Biegung die Tragfähigkeit des betrachteten Trägers gegenüber der Tragfähigkeit nach Theorie I. Ordnung um nicht mehr als 10 % reduziert. Ist die genannte Bedingung nicht eingehalten, ist ein genauerer Nachweis erforderlich.

Sofern keine genaueren Angaben vorliegen, ist in DIN 1045-1, Abschnitt 8.6.8 (5) [1] geregelt, dass die Auflagerkonstruktion so zu bemessen ist, dass mindestens ein Torsionsmoment T_{Ed} gemäß nachfolgender Gleichung vom Träger aufzunehmen ist:

$$T_{Ed} = V_{Ed} \cdot \frac{l_{eff}}{300} \quad (2)$$

mit

V_{Ed}	Bemessungswert der Auflagerkraft rechtlinig zur Trägerachse
l_{eff}	effektive Stützweite des Trägers

Genaueres Verfahren nach Stiglat [5]

Das Verfahren basiert auf dem aus der Elastizitätstheorie bekannten Kippnachweis, der über die Traglastspannungen eines Druckstabes mit gleicher Vergleichsschlankheit dem Beton angepasst wird.

Ausgangspunkt des Verfahrens nach Stiglat [5] ist das ideale Kippmoment $M_{y,ki}$, bei dessen Ermittlung für das Torsionsträgheitsmoment 60 % des Wertes im Zustand I angesetzt werden. Für die Biegesteifigkeit I_z wird der Wert des ungerissenen Betonquerschnitts (Beton im Zustand I jedoch ohne Ansatz der Bewehrung) verwendet.

Das ideale Kippmoment ermittelt sich zu:

$$M_{y,ki} = \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot k_3}{l_{ot}} \cdot \sqrt{EI_z \cdot GI_T} \quad (3)$$

mit

k_1	Faktor zur Berücksichtigung der Lagerungsbedingung und Belastung nach [10]
k_2	Faktor zur Berücksichtigung des Wölbwiderstandes bei profilierten Querschnitten nach [10]
k_3	Faktor zur Berücksichtigung des Lastangriffspunktes in Bezug auf den Schubmittelpunkt nach [10]
l_{ot}	Abstand der Kipphalterungen
EI_z	Biegesteifigkeit
GI_T	Torsionssteifigkeit

Das ermittelte ideale Kippmoment wird im Verhältnis σ_T / σ_{Ki} abgemindert und anschließend dem maßgebenden Wert des einwirkenden Biegemoments M_y gegenüber gestellt. Die Sicherheit gegenüber Kippen ist nachgewiesen, wenn gilt:

$$M_{y,K} = \frac{\sigma_T}{\sigma_{Ki}} \cdot M_{y,ki} \geq \gamma \cdot M_y \quad (4)$$

mit

σ_{Ki}	Maximale Randspannung des Trägers unter dem Biegemoment $M_{y,ki}$
σ_T	die unter dem Ansatz eines nichtlinearen Betonwerkstoffgesetzes ermittelte Tragspannung eines beidseitig gelenkig gelagerten Druckstabes mit der gleichen Vergleichsschlankheit λ_v wie der betrachtete Träger.
γ	globaler Sicherheitsbeiwert nach Stiglat [5] $\gamma = 2,0$

Die Vergleichsschlankheit ermittelt sich nach folgenden Gleichung:

$$\lambda_v = \pi \cdot \sqrt{\frac{E_{cm}}{\sigma_{Ki}}} \quad (5)$$

mit

E_{cm}	Sekantenmodul des Betons
----------	--------------------------

Die Werte für σ_T werden unter Verwendung der Vergleichsschlankheit λ_v und der Betonfestigkeitsklasse aus Bild 4 entnommen bzw. berechnet.

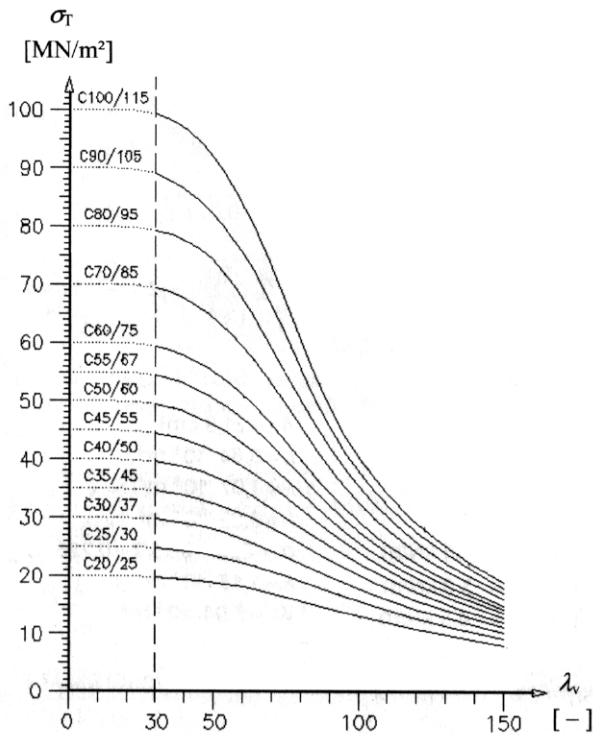


Bild 4. Beziehung zwischen der Vergleichsschlankheit λ_v und Tragspannung σ_T .

Die beschriebenen Beziehungen und Annahmen gelten jedoch für Träger:

- mit konstanter Bauhöhe
- mit unnachgiebiger Gabellagerung
- im Endzustand (kein Montagezustand)

Deshalb wird bei Trägern mit veränderlichem Querschnitt das ideale Kippmoment für einen Träger mit konstanter Höhe, die der größten Querschnittshöhe entspricht, ermittelt und dieses dann mit Hilfe der Abminderungsfaktoren in [8] abgemindert.

Bei einer nachgiebigen Gabellagerung wird das ermittelte ideale Kippmoment mit den Abminderungsfaktoren in [9] berechnet.

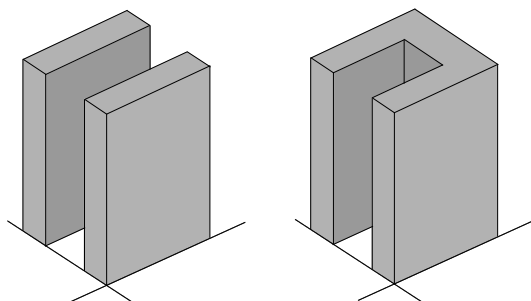


Bild 5. Ausführungsmöglichkeiten von Gabellagern
Nachgiebige und unnachgiebige Gabellager

Für den Kippnachweis im Montagezustand wird das ermittelte ideale Kippmoment unter Ansatz der Abminderungsfaktoren nach [10] bestimmt.

Genaueres Verfahren nach Lebelles [4] für den Hebe- bzw. Transportzustand

Sowohl das vereinfachte Verfahren nach DIN 1045-1 [1] als auch die zuvor vorgestellten Verfahren von Stiglat [5] gehen von einer Gabellagerung der Trägerenden aus. Da bei Montagezuständen nicht immer eine torsionssteife Trägersauflagerung vorhanden ist (z.B. Heben), können in solchen Fällen diese Verfahren nicht verwendet werden. Deshalb wird der Nachweis im Transportzustand nach Lebelles [6] geführt. Dieser erlaubt die Kippbemessung von abgehängten Trägern.

Danach ist die Kippsicherheit eines Trägers im Montagezustand gegeben, wenn die folgende Bedingung eingehalten ist (Bild 6):

$$\gamma_G \cdot G_k \leq q_k \quad (6)$$

mit

$\gamma_G \cdot G_k$ Bemessungswert der maßgebenden Beanspruchung im Grenzzustand der Tragfähigkeit
 q_k kritische Kipplast nach Lebelles [6]

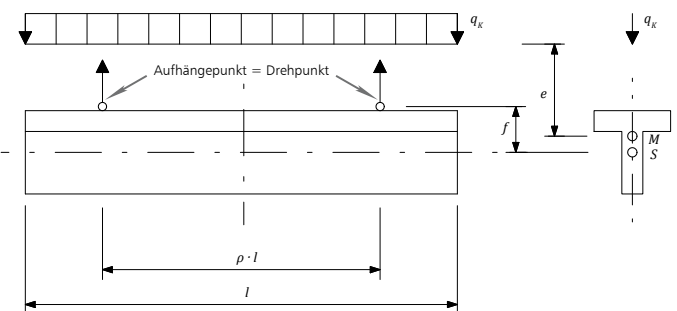


Bild 6. Berechnungsmodell für den kippgefährdeten, aufgehängten Träger nach Lebelles [6]

Die theoretische Kipplast berechnet sich nach Lebelles [6] zu:

$$q_k = 16 \cdot \sqrt{\alpha} \cdot \gamma \cdot \sqrt{\frac{A_k}{l_{tot}^3}} \quad (7)$$

mit

α Hilfswert nach Lebelles

γ Hilfsfunktion

$$\gamma = \sqrt{1 + 0,518 \cdot \delta^2} - 0,72 \cdot \delta$$

$$\delta = \frac{4 \cdot e}{l_{tot}} \cdot \sqrt{\frac{E_{cd} \cdot I_z}{G_{cd} \cdot I_T}}$$

E_{cd} Bemessungswert des Elastizitätsmoduls des Betons

G_{cd} Bemessungswert des Schubmoduls des Betons

I_T Torsionsträgheitsmoment

I_z Trägheitsmoment um die z-Achse

l_{tot} Gesamtlänge des Trägers

e Abstand des Angriffspunktes der Last q_k vom Schubmittelpunkt des Querschnitts

$$A_k = E_{cd} \cdot I_z \cdot G_d \cdot I_T \cdot \frac{I_x}{I_x \cdot I_z}$$

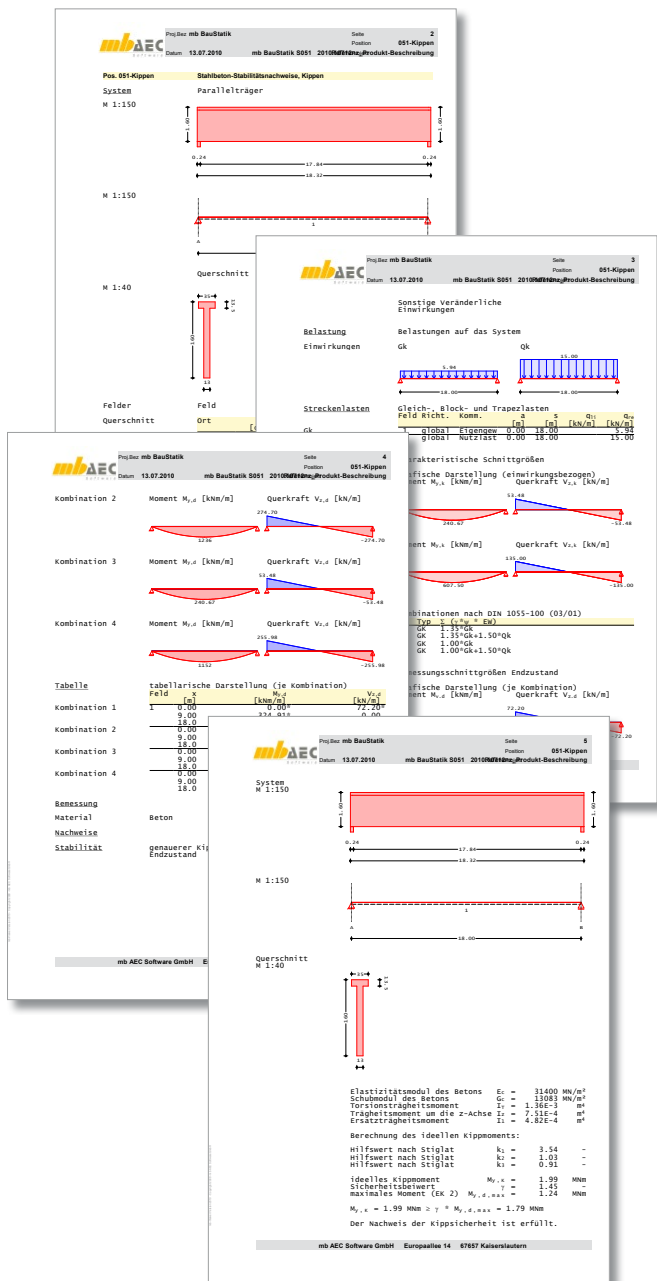
Ausgabe

Der Ausgabeumfang kann wie gewohnt nach eigenen Wünschen angepasst werden. Neben den Eingabewerten wird eine vollständige, übersichtliche und prüffähige Ausgabe der Nachweise mit den wichtigsten Zwischenergebnissen ausgegeben. Das System, der Querschnitt bzw. die Querschnitte sowie die Belastung werden sowohl in Text- als auch in grafischer Form ausgegeben. Zudem wird auch der Transportzustand ausführlich dokumentiert.

Dipl.-Ing. (FH) Yilmaz Gökalp
mb AEC Software GmbH
mb-news@mbaec.de

Literatur

- [1] DIN 1045-1: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 1: Bemessung und Konstruktion. Deutsches Institut für Normung e.V. Ausgabe 08/2008.
- [2] DIN 1055-100: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 100: Grundlagen der Tragwerksplanung, Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln, Ausgabe 03/2001.
- [3] DIN EN 1992-1-1: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004
- [4] König/Pauli: Nachweis der Kippstabilität von schlanken Fertigteilträgern aus Stahlbeton und Spannbeton, Beton- und Stahlbetonbau. Berlin, Ernst & Sohn Verlag. Ausgabe Heft 5 und 6, 1992.
- [5] Stiglat, Klaus: Näherungsberechnung der kritischen Kipplasten von Stahlbetonbalken. Die Bautechnik. Ausgabe 3, 1971.
- [6] (Lebel); Deneke, O., Holz, K. und Litzner, H.-U.: Übersicht über praktische Verfahren zum Nachweis der Kippsicherheit schlanker Stahlbeton- und Spannbetonträger. Beton-Stahlbetonbau. Ausgabe Heft 9, 1985.
- [7] Bachmann/Steinle/Hahn: Bauen mit Betonfertigteilen im Hochbau. Betonkalender 2009, Teil I. Berlin, Ernst & Sohn Verlag 2009.
- [8] Rafla, Kamal: Näherungsverfahren zur Berechnung der Kipplasten von Trägern mit in Längsrichtung beliebig veränderlichem Querschnitt. Die Bautechnik. Ausgabe Band 8, 1975.
- [9] Streit/Gottschalk: Überschlägige Bemessung von Kipphalterungen für Stahlbeton und Spannbetonbinder. Der Bauingenieur. Ausgabe Band 61, 1986.
- [10] Streit/Mang: Überschlägiger Kippsicherheitsnachweis für Stahlbeton und Spannbetonbinder (mit in Längsrichtung konstantem Querschnitt). Der Bauingenieur. Ausgabe Band 59, 1984.



mbAEC BauStatik 2010

S051 Stahlbeton-Stabilitätsnachweis Kippen, DIN 1045-1 (08/08)

Leistungsbeschreibung siehe nebenstehenden Fachartikel

BauStatik 5er Pack

bestehend aus:
5 BauStatik-Module der Wahl



Leistungsbeschreibung
des Vorgänger-Moduls

JETZT: S393.de Stahlbeton-Stabilitäts-
nachweis Kippen – EC 2

(ausgenommen: S018, S408, S409)

Es gelten unsere Allg. Geschäftsbedingungen. Änderungen und Irrtümer vorbehalten.
Alle Preise zzgl. Versandkosten (7,50 EUR) und ges. MwSt. Hardlock für Einzelplatzlizenz, je Arbeitsplatz erforderlich (95,- EUR). Handbücher auf DVD. Betriebssystem Windows XP (32) / Windows Vista (32/64) / Windows 7 (32/64) – Stand: April 2022

Kurzpreisliste siehe www.mbaec.de