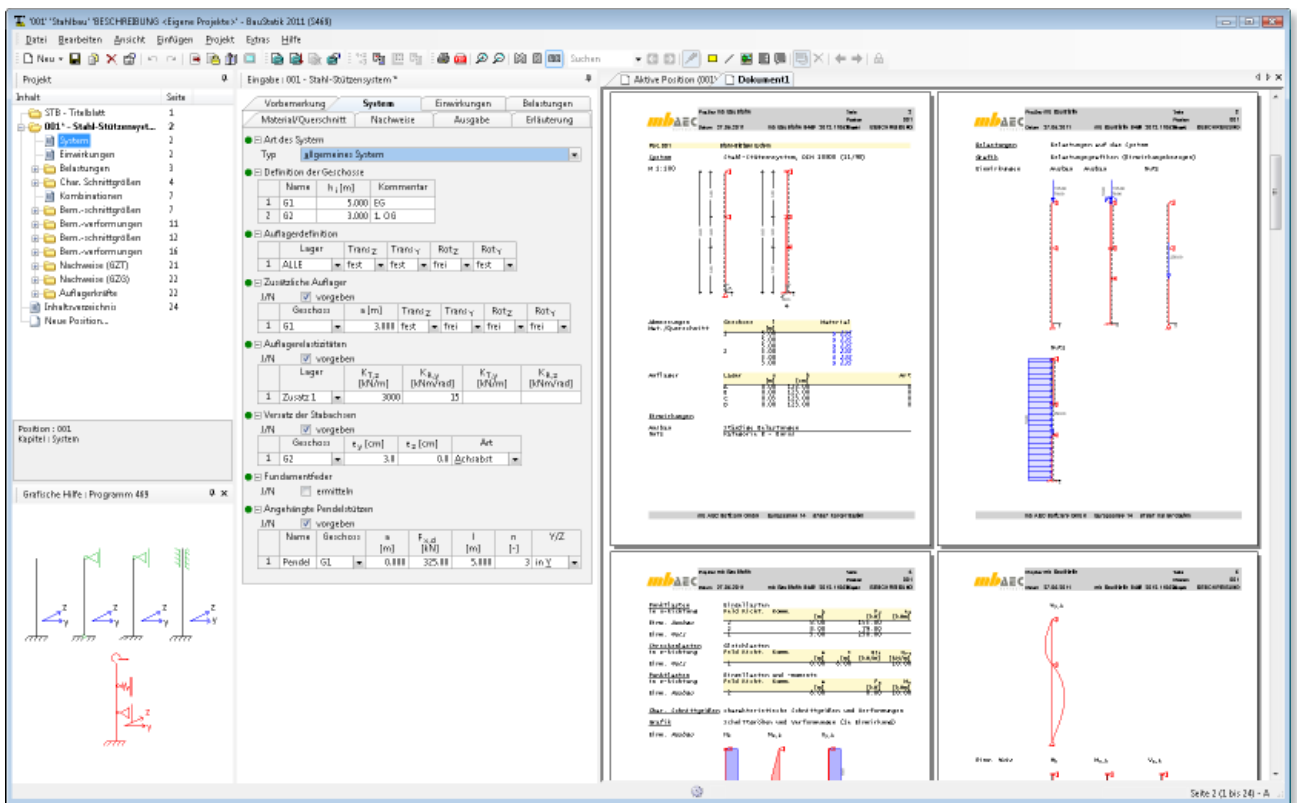


Dr.-Ing. Joachim Kretz

Druckbeanspruchte Stahl-Bauteile

Leistungsbeschreibung des BauStatik-Moduls S469 Stahl-Stützensystem, DIN 18800-2 (11/08)

Bei theoretisch exakt gerader Form und ohne den Einfluss irgendwelcher Störungen aus z. B. Materialeigenschaften oder Lasteinleitungen können druckbeanspruchte Bauteile nur Beanspruchungen bis zu einer idealen Grenze, der Eulerschen Knicklast, aufnehmen. In der Realität gibt es jedoch keine ideal geraden Stabsysteme; vielmehr besitzen die realen Bauteile eine mehr oder weniger imperfekte Struktur. Diese Abweichungen von der ideal geraden Stabachse führen bei schlanken, druckbeanspruchten Konstruktionen zu einer deutlichen Verminderung der aufnehmbaren Last, der Traglast. Die Stabilitätsuntersuchungen sind deshalb von besonderer Bedeutung für die Tragwerksanalyse.



System

Als statisches Modell des Stützensystems ist je Richtung (y- oder z-Richtung) entweder einer der vier Eulerfälle oder ein allgemeines Stützensystem zu definieren. Bei der Wahl eines Eulerfalls werden die Lagerbedingungen automatisch

gesetzt. Die Definition als allgemeines Stützensystem ermöglicht die Beschreibung eines beliebigen Einfeld- oder Mehrfeldstützensystems mit vom Anwender festgelegten Lagerungsbedingungen (Bild 1).

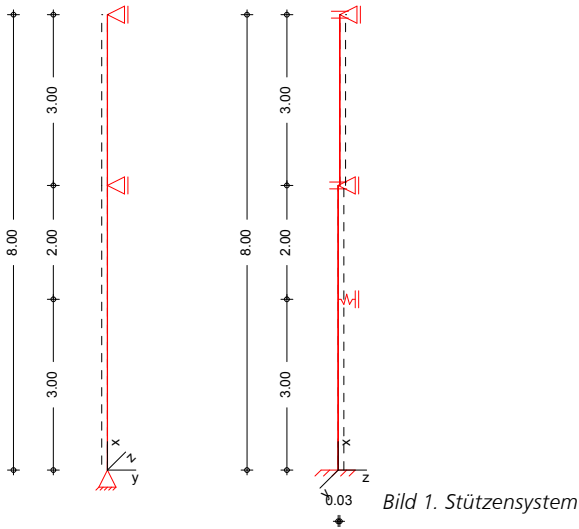


Bild 1. Stützensystem

Für das geschossweise zu beschreibende Stützensystem sind die einzelnen Lager über ihre Translations- und Rotationseigenschaften zu definieren (Bild 2). Neben starren Lagerbedingungen (Verschiebung blockiert und/oder Verdrehung blockiert) sind auch elastische Lagerungen (Dehn- und Drehfedern) möglich. Über die Systemlänge lassen sich an beliebigen Stellen zusätzliche Lagerungsbedingungen festlegen, um beispielsweise die seitliche Halterung eines Verbandstabes zu simulieren.

Vorbemerkung		System		Einwirkungen		Belastungen	
Material/Querschnitt		Nachweise		Ausgabe		Erläuterung	
<input type="checkbox"/> Art des System Typ allgemeines System							
<input type="checkbox"/> Definition der Geschosse							
	Name	h_i [m]	Kommentar				
1	G1	5.000	EG				
2	G2	3.000	1. OG				
<input type="checkbox"/> Auflagerdefinition							
	Lager	Trans _z	Trans _y	Rot _z	Rot _y		
1	ALLE	fest	fest	frei	fest		
<input type="checkbox"/> Zusätzliche Auflager J/N <input checked="" type="checkbox"/> vorgeben							
	Geschoss	a [m]	Trans _z	Trans _y	Rot _z	Rot _y	
1	G1	3.000	fest	frei	frei	frei	
<input type="checkbox"/> Auflagerelastizitäten J/N <input checked="" type="checkbox"/> vorgeben							
	Lager	$K_{T,z}$ [kN/m]	$K_{R,y}$ [kNm/rad]	$K_{T,y}$ [kN/m]	$K_{R,z}$ [kNm/rad]		
1	Zusatz 1	3000	15				
<input type="checkbox"/> Versatz der Stabachsen J/N <input checked="" type="checkbox"/> vorgeben							
	Geschoss	e_y [cm]	e_z [cm]	Art			
1	G2	3.0	0.0	Achsstab			
<input type="checkbox"/> Fundamentfeder J/N <input type="checkbox"/> ermitteln							
<input type="checkbox"/> Angehängte Pendelstützen J/N <input checked="" type="checkbox"/> vorgeben							
	Name	Geschoss	a [m]	$F_{x,d}$ [kN]	l [m]	n [-]	Y/Z
1	Pendel	G1	0.000	325.00	5.000	3	in Y

Bild 2. Systemdefinitionen

Werden über die Systemlänge unterschiedliche Querschnitte verwendet, so ermöglicht das Modul auch die Berücksichtigung eines evtl. vorhandenen Versatzes der Stabachsen (z.B. Außenkante bündige Anordnung der Profile).

Dient das Stützensystem zusätzlich zur Stabilisierung von angehängten Pendelstützen, so kann dies sowohl für die y- als auch für die z-Richtung festgelegt werden. Die aus angehängten Pendelstützen für das Stützensystem zu berücksichtigenden Abtriebs- bzw. Stabilisierungskräfte werden aus den Angaben zur Gesamtpendelstützenkraft (F_x), der Länge der Pendelstützen (l) und deren Anzahl (n) programmseitig ermittelt und in den Berechnungen zur Tragfähigkeit, zur Stabilität und zur Gebrauchstauglichkeit berücksichtigt.

Einwirkungen

Als Einwirkungen können projektweite Einwirkungen aus dem Modul S026 übernommen werden. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit Einwirkungstypen nach DIN 1055-100, Tab. A.2, [3] manuell zu definieren. Anhand der definierten Einwirkungstypen werden programmseitig die Kombinationsbeiwerte zugewiesen. Die Kombinationsbildung erfolgt automatisch auf der Grundlage der DIN 1055-100 [3].

S469 ermöglicht auch die Vorgabe von Bemessungslasten. Hierzu ist die Kombinationszuordnung (Grundkombination, außergewöhnliche Kombination) durch den Anwender vorzunehmen.

Wind

Eine Beanspruchung, für die ein Stützensystem evtl. mit bemessen werden muss, bildet die Windlast. Diese kann programmseitig in Abhängigkeit der Windzone, des Gebäudestandorts und der Lage des Stützensystems in einer Wand, nach DIN 1055-4, Abschnitt 9.1, [2] bestimmt werden. Die Windlastermittlung erfolgt in S469 als Übernahme von S027.

Als Möglichkeiten für die Ermittlung des Windgeschwindigkeitsdrucks stehen zur Auswahl:

- vereinfachte Ermittlung nach DIN 1055-4 [2], Abschnitt 10.2 (Tabelle 2)
- Regelfall, Ermittlung nach DIN 1055-4 [2], Abschnitt 10.3
- Ermittlung unter Berücksichtigung der Geländekategorie nach DIN 1055-4 [2], Anhang B
- manuelle Eingabe des Geschwindigkeitsdrucks durch den Anwender

Belastung

Neben dem Eigengewicht der Konstruktion stehen als Lastarten zur Verfügung:

- Einzellast am Stützenkopf und Stützenfuß mit Lastexzentrizität e_y und/oder e_z
- Einzellast F_x an einer beliebigen Stelle im Stützensystem mit Lastexzentrizität e_y und/oder e_z
- Einzellast F_y und/oder F_z an einer beliebigen Stelle im Stützensystem
- Einzelmoment M_y und/oder M_z an einer beliebigen Stelle im Stützensystem
- Gleichlast (x-, y-, z-Richtung)
- Blocklast (y-, z-Richtung)
- Trapezlast (y-, z-Richtung)

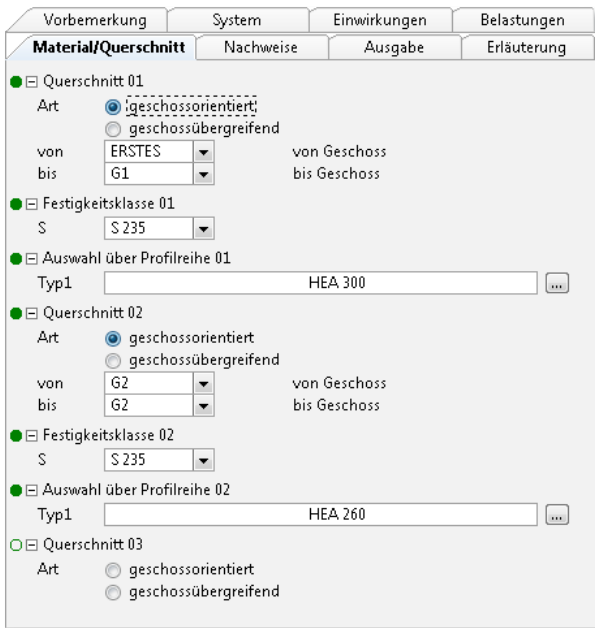


Bild 3. Eingabe Material/Querschnitt

Material/Querschnitt

Die Querschnitts- und Materialdefinition kann geschossorientiert oder geschossübergreifend erfolgen. Die geschossübergreifende Eingabe erlaubt die Abstufung des Querschnitts (und des Materials) an jeder beliebigen Stelle im Stützensystem, während eine geschossorientierte Eingabe eine Abstufung nur pro Geschoss zulässt (Bild 3). Eine Nachweisführung bzw. eine Bemessung erfolgt für I-Querschnitte, U-Profile, für rechteckige, quadratische sowie für runde Hohlprofile.

Nachweise

S469 führt für das definierte Stützensystem die erforderlichen Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit, der Gebrauchstauglichkeit (Verformungsbegrenzung), sowie die Stabilitätsnachweise auf der Grundlage der DIN 18800-2 [1]. Die einzelnen Nachweisgleichungen werden an dieser Stelle nicht explizit angegeben, sondern es wird auf die entsprechende Literatur und/oder der Norm [1] verwiesen. Für den Querschnittsnachweis stehen zwei Methoden (Bemessungsverfahren) zur Verfügung (Bild 4):

- **Elastisch – Elastisch**
Nachweis, dass die Normal- und Schubspannungen oder die Vergleichsspannung die jeweilige Grenzspannung nicht überschreitet. Die Berechnung der Schnittgrößen erfolgt nach der Elastizitätstheorie.
- **Elastisch – Plastisch**
Nachweis, dass die Beanspruchungen die plastischen Widerstandsgrößen nicht überschreiten, wobei die Interaktionsbedingungen zu berücksichtigen sind.

Stabilität

Die Stabilitätsnachweise Biegeknicken und Biegedrillknicken dürfen nach DIN 18800-2 getrennt untersucht werden. Dabei ist nach dem Nachweis des Biegeknickens der Biegedrillknicknachweis zu führen. Die Nachweise sind nach den Abschnitten 3.2 bis 3.5 der DIN 18800-2 zu erbringen.

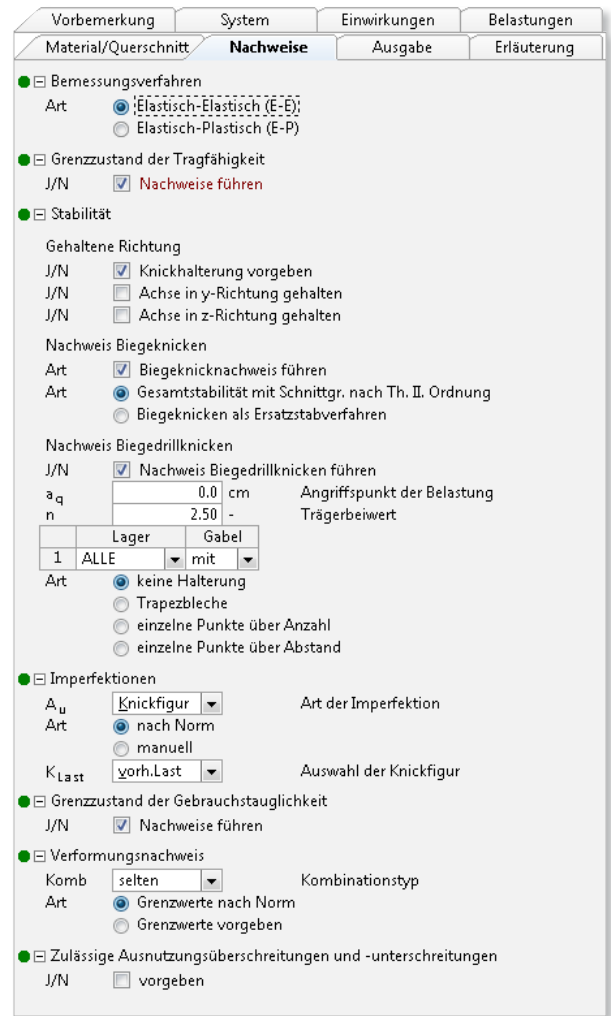


Bild 4. Eingabe Nachweise

Gehaltene Richtung

S469 sieht die Möglichkeit vor, dass der Anwender die Stabilitätsuntersuchung in eine bestimmte Richtung unterdrücken kann, indem er diese Richtung als gehalten definiert (z.B. Stützensystem mit seitlicher Aussteifung durch Mauerwerk). Die tatsächliche Ausführung des Stützensystems muss mit den Annahmen des Anwenders verträglich sein.

Biegeknicken

Der Nachweis des Biegeknickens lässt sich auf zwei Arten führen:

- **Nachweis nach Theorie II. Ordnung unter Berücksichtigung entsprechender Ersatzimperfektionen**
Ermittlung des Verzweigungslastfaktors η_{Kl} nach Theorie II. Ordnung unter Berücksichtigung geeigneter Ersatzimperfektionen. Der Verzweigungslastfaktor ermittelt sich aus dem Verhältnis N_{Kl}/N . Damit eine ausreichende Stabilität des Systems gewährleistet ist, muss der Verzweigungslastfaktor größer gleich 1.0 betragen.
- **Nachweis nach dem Ersatzstabverfahren mit Schnittgrößen nach Theorie I. Ordnung**

Biegedrillknicken

Für die allgemeine Beanspruchung aus Normalkraft und zweiachsiger Biegung ist Gleichung (30) der DIN 18800-2 [1] anzuwenden.

Der Biegedrillknicknachweis kann durch den Angriffspunkt der Last sowie durch Halterungen, die die möglichen Verdrehungen verhindern oder zumindest reduzieren, günstig beeinflusst werden (Bild 4). Entsprechende Eingabemöglichkeiten zur Definition von Halterungen sind im Modul S469 vorhanden (Trapezbleche, Punkthalterungen, Gabellager).

Imperfektionen

Berechnungen nach Theorie II. Ordnung müssen realitätsnahe geometrische und strukturelle Imperfektionen der Stäbe berücksichtigen. DIN 18800-2 gibt in den Abschnitten 2.2 und 2.3 zur Erfassung beider Imperfektionen geometrische Ersatzimperfektionen als Vorkrümmung, die in Abhängigkeit der Knickspannungslinie definiert ist, bzw. als Schiefstellung, vor. Bei einem Ansatz der Imperfektionen „nach Norm“ werden die normgerechten Werte als Vorkrümmung bzw. Schiefstellung berücksichtigt. Der Anwender hat aber zusätzlich die Möglichkeit, die Größe der zu berücksichtigenden Imperfektionen manuell selbst zu definieren.

Die Ersatzimperfektionen sind dabei in ungünstigster Richtung anzusetzen, d.h. sie sind so anzusetzen, dass sie sich der zum niedrigsten Knickwert gehörenden Verformungsfigur möglichst gut anpassen.

Zum Ansatz der geometrischen Ersatzimperfektionen stehen dem Anwender folgende Auswahlmöglichkeiten zur Verfügung:

- direkte Vorgabe der Ersatzimperfektionen
- affin zur Biegelinie
- affin zur Knickbiegelinie

Mit der gewählten Größe der Imperfektionen und dem definierten Imperfektionsansatz wird die Gesamtstabilität mit Schnittgrößen nach Theorie II. Ordnung ermittelt.

Gebrauchstauglichkeit / Verformungsnachweis

Um die Gebrauchstauglichkeit sicher zu stellen, können die Verformungen berechnet und mit den zulässigen Verformungen verglichen werden. Als Verformungen können berechnet werden:

- charakteristische Verformungen
- quasi-ständige Verformungen
- häufige Verformungen
- seltene Verformungen

Ausgabe

Es wird eine vollständige, übersichtliche und prüffähige Ausgabe der Nachweise zur Verfügung gestellt. Der Ausgabeumfang kann in gewohnter Weise gesteuert werden.

Neben der grafischen Darstellung des Stützensystems werden die Belastungen, Schnittgrößen und Nachweise unter Berücksichtigung der Einstellungen des Anwenders sowohl grafisch als auch tabellarisch ausgegeben.

Zusammenfassung

Das Modul „Stahl-Stützensystem“ bietet dem Anwender die Möglichkeit entweder einen kompletten Stützenstrang für fest vorgegebene Stützenquerschnitte nachzuweisen, oder die erforderlichen Querschnitte innerhalb der gewählten Profildreihe bemessen zu lassen. Bemessungsmaßgebend sind dabei die Kriterien zur Tragfähigkeit und zur Stabilität. Über die Systemlänge sind die Querschnitte beliebig abstufbar.

Ergänzend zu einem durchgehenden Stützenstrang als Stabsystem lassen sich wegen den nahezu beliebigen Definitionsmöglichkeiten zu den Lagerungs- und Belastungsmöglichkeiten auch verschiedene statische Ersatzsysteme (z.B. Stützenstiel eines Rahmensystems, ...) nachweisen und bemessen. Damit steht dem Anwender ein umfangreiches Programmsystem zur Analyse von druckbeanspruchten Stäben zur Verfügung.

Dr.-Ing. Joachim Kretz
mb AEC Software GmbH
mb-news@mbaec.de

Literatur

- [1] DIN 18800-2: Stahlbauten - Teil 2: Stabilitätsfälle – Knicken von Stäben und Stabwerken. Ausgabe November 2008
- [2] DIN 1055-4: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 4: Windlasten. Ausgabe März 2005
- [3] DIN 1055-100: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 100: Grundlagen der Tragwerksplanung, Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln. Ausgabe März 2001
- [4] Kretz, J.: Stabilität und Theorie II. Ordnung von Stäben und Stabtragwerken im Stahlbau. mb-news 4/2011, mb AEC Software GmbH

Angebote BauStatik 2011

S469 Stahl-Stützensystem, DIN 18800-2 (11/08)

799,- EUR

Leistungsbeschreibung siehe nebenstehenden Fachartikel

BauStatik 5-er Paket bestehend aus:

899,- EUR

5 BauStatik-Modulen deutscher Norm nach freier Wahl

(ausgenommen: S018, S407, S408, S409, S469, S755, S756, S928)

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: Juni 2011

Preisliste siehe www.mbaec.de