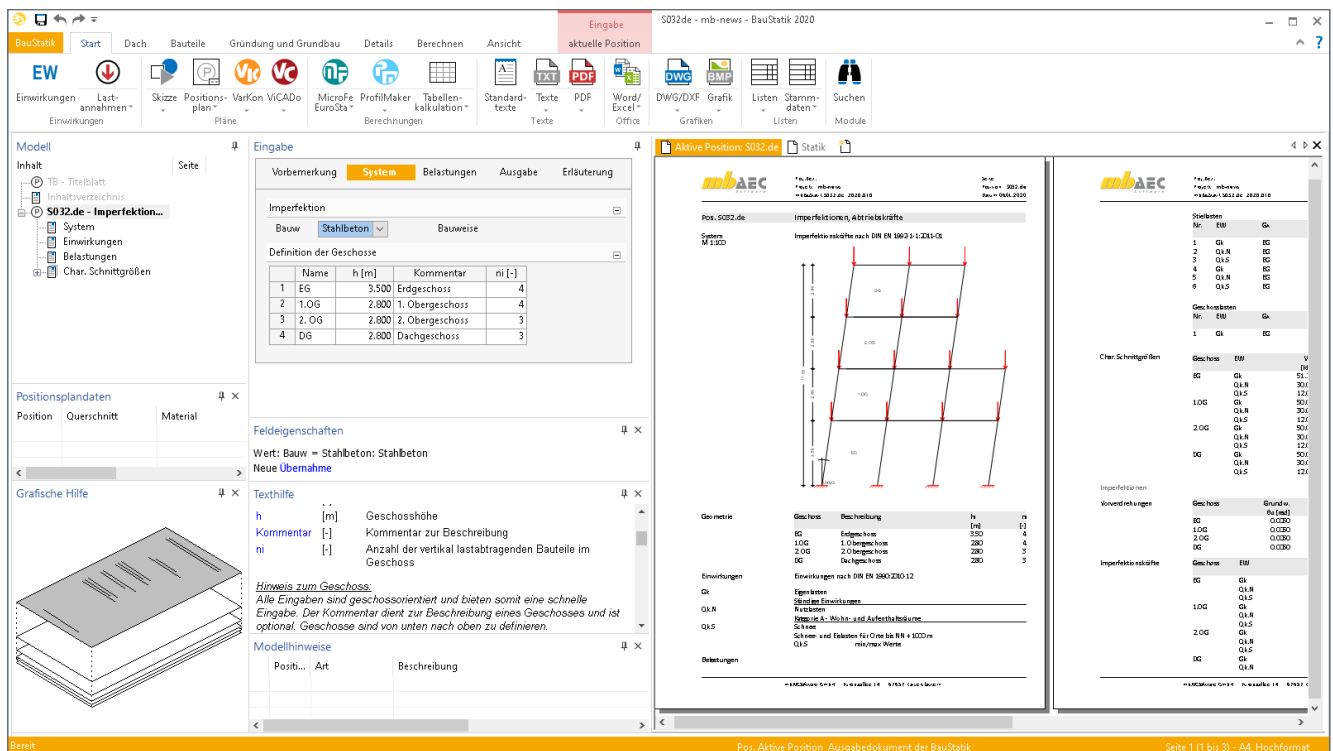


Christian Keller B.Eng.

# Horizontallasten aus Imperfektion für die Gebäudeaussteifung

Leistungsbeschreibung des BauStatik-Moduls  
S032.de Imperfektions- und Abtriebskräfte, DIN EN 1990:2010-12

Bei der Untersuchung von Gesamttragwerken sind ungünstige Auswirkungen möglicher Imperfektionen am unbelasteten Tragwerk zu berücksichtigen. Das Modul S032.de bietet die Möglichkeit, die Schiefstellung und die zugehörigen Abtriebskräfte von Stahlbeton-, Stahl- und Holzkonstruktionen auf Grundlage der aktuellen Normen zu ermitteln.



## Allgemeines

Werden im Hochbau Tragwerke vertikal belastet, darf eine Untersuchung der Auswirkungen von Imperfektionen nicht vernachlässigt werden. Führen die Auswirkungen zu einer wesentlichen Vergrößerung der Beanspruchung von Bauteilen, muss dies bei der Bemessung berücksichtigt werden.

Die Normen [1,2,3] unterscheiden zwischen struktureller und geometrischer Imperfektion.

Dabei wird unter anderem die Inhomogenität des Materials, Eigenspannungszustände und Abweichung von der idealen Form wie Krümmung oder Schiefstellung erfasst.

Bedingt durch den Herstellungsprozess, treten zwangsläufig Abweichungen und Unregelmäßigkeiten auf, die sich in ihrer Lage und Größe scheinbar zufällig über das gesamte Tragwerk verteilen.

Um dennoch die daraus resultierenden Einflüsse abschätzen zu können, erlauben die Normen für Stahlbeton- [1], Stahl- [2] und Holzbau [3] vereinfachende Annahmen. Dabei werden geometrische sowie strukturelle Imperfektionen zusammengefasst und als geometrische Ersatzimperfektion formuliert. Diese wird am Tragwerk als Vorkrümmung bzw. Vorverdrehung angesetzt. Die Auswirkung dieser Maßabweichung darf durch die Wirkung äquivalenter Horizontalkräfte ersetzt werden.

Mit Hilfe des Modul S032.de kann die Lotabweichung von vertikalen Bauteilen sowie die äquivalenten Horizontalkräfte (Ersatzlasten) eines verschieblichen Tragwerks ermittelt werden.

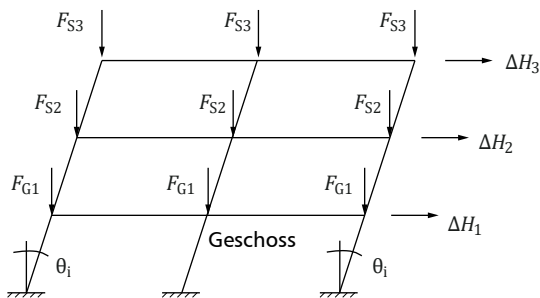


Bild 1. Gleichzeitige Darstellung der Schiefstellung und Ersatzkräfte sowie der Geschosslasten FG und Stiellasten FS

## System

Als Berechnungsgrundlage zur Ermittlung der Anfangsschiefstellung stehen im Kapitel System folgende Bauweisen zur Auswahl:

- Stahlbeton nach DIN EN 1992-1-1 Abschnitt 5.2
- Stahl nach DIN EN 1993-1-1 Abschnitt 5.3.2
- Holz nach DIN EN 1995-1-1 Abschnitt 5.4.4

Vorbemerkung	System	Belastungen	Ausgabe	Erläuterung
Imperfektion <input type="checkbox"/>				
Bauw	Stahlbeton	Bauweise		
Definition der Geschosse <input type="checkbox"/>				
Name	h [m]	Kommentar	ni [-]	
1	EG	3.500	Erdgeschoss	4
2	1.OG	2.800	1. Obergeschoss	4
3	2. OG	2.800	2. Obergeschoss	3
4	DG	2.800	Dachgeschoss	3

Bild 2. Eingabe „System“

Das Modul S032.de ermöglicht die Eingabe eines Tragwerks über mehrere Ebenen. Jedes Geschoss wird durch die Anzahl der lastabtragenden aussteifenden Elemente sowie der Geschosshöhe definiert. Es wird dabei angenommen, dass die Stützen als Stützenstrang übereinander angeordnet werden.

Bei der Ermittlung der Schiefstellung  $\Phi$  gehen die Normen [1,2,3] von einem Ausgangswert von  $\Phi_i = 1/200$  aus. Dieser Wert wird in Abhängigkeit der Geschosshöhe weiter modifiziert. Im Stahl- und Stahlbetonbau wird zusätzlich die Anzahl der Stützen in einer Reihe berücksichtigt.

Die Anfangsschiefstellung ergibt sich gemäß EC2-1-1 [1] und EC3-1-1 [2] zu:

$$\theta_i = \theta_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m$$

mit

$\theta_i$  Schiefstellung

$\theta_0$  Grundwert  $\theta_0 = 1/200$

$\alpha_h$  Abminderungswert für die Höhe

$$0 \leq \alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}} \leq 1,0 \text{ nach EC 2 [1]}$$

$$\frac{2}{3} \leq \alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}} \leq 1,0 \text{ nach EC 3 [2]}$$

$\alpha_m$  Abminderungswert für die Anzahl der Stützen

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \left(1 + \frac{1}{m}\right)}$$

Es wird angenommen, dass mit zunehmender Tragwerkshöhe  $h$ , die Winkelabweichung zur Sollachse abnimmt. Dies wird mithilfe des Abminderungsbeiwerts  $\alpha_h$  erfasst.

Durch die zufällige Verteilung der Imperfektionen im Tragwerk ist davon auszugehen, dass nicht jede Stütze im gleichen Maße betroffen ist. Hier erlauben die Normen [1,2] eine weitere Abminderung durch den Beiwert  $\alpha_m$ . Die Anzahl der Stützen in einer Reihe  $m$  wird statistisch überlagert. Dabei ist es erforderlich, dass die Längskräfte der einzelnen Bauteile nicht über ein bestimmtes Maß hinaus voneinander abweichen.

Im Holzbau ergibt sich die Anfangsschiefstellung gemäß EC5-1-1 [3] zu:

$$\theta = 1/200 \quad \text{für } h \leq 5 \text{ m}$$

$$\theta = 1/200 \sqrt{5/h} \quad \text{für } h > 5 \text{ m}$$

Ein Abminderung infolge der Stützenanzahl erfolgt nach EC 5 [3] nicht.

## Belastung

Bei der Lasteingabe wird zwischen der Geschosslast und der Stiellast unterschieden.

Die Geschosslast bietet die Möglichkeit, eine vertikal wirkende Gesamtlast ebenenübergreifend zu definieren. Die Gesamtlast ist demnach mit der Summe aller vertikalen Stützenkräfte eines Geschosses gleichzusetzen. Im Stahlbetonbau [1] dürfen für den Abminderungsbeiwert  $\alpha_m$  nur Stützen mit mindestens 70% des Bemessungswertes der mittleren Stützenlängskraft berücksichtigt werden. Im Stahlbau [2] beträgt der Mindestwert 50% der durchschnittlichen Stützenlast. Sind in einem Geschoss Stützen vorhanden, welche diese Voraussetzung nicht erfüllen, sollte im Kapitel „System“ die Anzahl der vertikal lastabtragenden Bauteile um die entsprechende Anzahl verringert werden.

# mb WorkSuite 2020

Ing<sup>+</sup> – Komplettpakete aus Statik, FEM und CAD



Die mb WorkSuite beinhaltet eine Fülle aufeinander abgestimmter Programme für Architekten und Ingenieure aus dem gesamten AEC-Bereich: Architecture. Engineering. Construction.

Mit Ing<sup>+</sup> stehen drei Standardpakete zur Auswahl, die mit einem intelligenten Mix aus BauStatik, MicroFe und ViCADO eine Grundausstattung für Tragwerksplaner bilden. Von der Positionsstatik, den FE-Berechnungen, den Positions-, Schal- und Bewehrungsplänen bis hin zu den zugehörigen Dokumenten kann alles mit Ing<sup>+</sup> bearbeitet und verwaltet werden.

## Ing<sup>+</sup> – Komplettpakete aus Statik, FEM und CAD

### Ing<sup>+</sup> compact 2020

Das Einsteigerpaket

Das preisgünstige Einsteigerpaket beinhaltet alle notwendigen Komponenten für den Ingenieurbau in kleineren und mittleren Ingenieurbüros.

- ProjektManager – zentrale Projektverwaltung aller mb WorkSuite-Applikationen
- über 20 BauStatik-Module
- PlaTo – MicroFe-Paket „Platten“ zur Berechnung und Bemessung von Decken- und Bodenplatten

**2.490,- EUR**

### Ing<sup>+</sup> classic 2020

Das klassische Ing<sup>+</sup>-Paket

Das klassische Ing<sup>+</sup>-Paket enthält weitere BauStatik-Module und ViCADO.ing zur CAD-Bearbeitung:

- ProjektManager – zentrale Projektverwaltung aller mb WorkSuite-Applikationen
- über 50 BauStatik-Module
- PlaTo – MicroFe-Paket „Platten“ zur Berechnung und Bemessung von Decken- und Bodenplatten
- ViCADO.ing – 3D-CAD für die Tragwerksplanung

**7.490,- EUR**

### Ing<sup>+</sup> comfort 2020

Das Rundum-Sorglos-Paket

Das Rundum-Sorglos-Paket umfasst alle Möglichkeiten des Komplettsystems Ing<sup>+</sup>:

- ProjektManager – zentrale Projektverwaltung aller mb WorkSuite-Applikationen
- über 80 BauStatik-Module
- MicroFe comfort – Berechnung und Bemessung von ebenen und räumlichen Stab- und Flächentragwerken
- ViCADO.ing – 3D-CAD für die Tragwerksplanung

**9.990,- EUR**

Detaillierte Paketbeschreibungen auf [www.mbaec.de](http://www.mbaec.de).

© mb AEC Software GmbH. Alle Preise zzgl. Versandkosten und ges. MwSt. Für Einzelplatzlizenzen Hardlock je Arbeitsplatz erforderlich (95,- EUR). Folgekosten-/Netzwerkbedingungen auf Anfrage. Es gelten unsere Allg. Geschäftsbedingungen. Änderungen & Irrtümer vorbehalten. Unterstütztes Betriebssystem: Windows® 10 (64)  
Stand: Januar 2020

Eine Stiellast ist eine Einzellast und wirkt vertikal in den Knotenpunkten von Stütze und Riegel. Per Definition kann eine Zuweisung geschoss- und stützenübergreifend erfolgen. Die auf das Tragwerk wirkenden Lasten können den entsprechenden Einwirkungstypen nach Eurocode 0 zugewiesen werden.

Vorbemerkung System **Belastungen** Ausgabe Erläuterung

Lasteingabe 01

LArt **Stiel**

Stiellast 01

	EW	G <sub>A</sub>	G <sub>E</sub>	n <sub>A</sub> [-]	n <sub>E</sub> [-]	F <sub>S</sub> [kN]
1	Gk - Eigenlast	EG	DG	1	3	50.000
2	Qk.N - Nutz	EG	DG	1	3	30.000
3	Qk.S - Schn	EG	DG	1	3	12.000
4	Gk - Eigenlast	EG	1.OG	4	4	20.000
5	Qk.N - Nutz	EG	1.OG	4	4	18.000
6	Qk.S - Schn	EG	1.OG	4	4	15.000

Lasteingabe 02

LArt **Geschoss**

Geschosslast 02

	EW	G <sub>A</sub>	G <sub>E</sub>	F <sub>G</sub> [kN]
1	Gk - Eigenlast	EG	EG	5.000

Lasteingabe 03

LArt

Bild 3. Eingabe „Belastung“

Auf Grundlage der Systeminformationen und den nach Norm zu berücksichtigenden Imperfektionsansätzen werden die horizontalen Ersatzkräfte ermittelt. Es gilt dabei je Geschoss i:

$$\Delta H_i = \Sigma V_i \cdot \theta_i$$

mit

$\Delta H_i$  Abtriebskraft pro Geschoss  
 $\Sigma V_i$  Summe der vert. Lasten  
 $\theta_i$  Vorverdringung

Die ermittelten Ersatzhorizontalkräfte stehen als Übernahmewerte für die entsprechenden BauStatik-Module zur Verfügung.

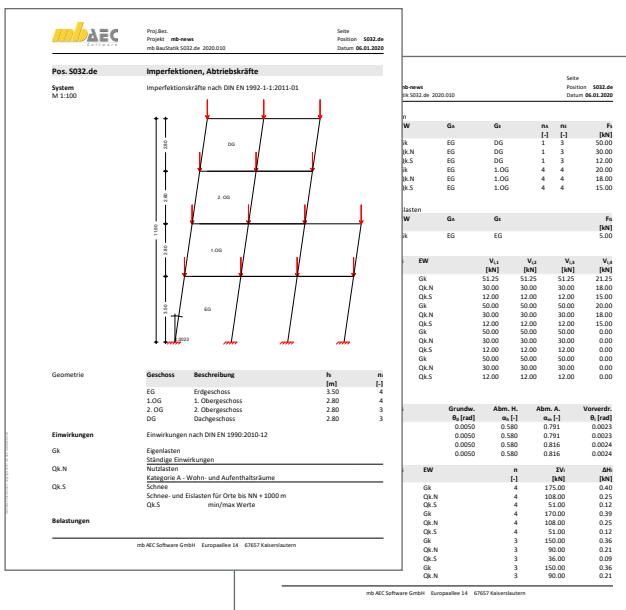


Bild 4. Beispielausgabe von Imperfektionskräften

### Ausgabe

Es wird eine vollständige, übersichtliche und prüffähige Ausgabe der Nachweise zur Verfügung gestellt. Der Anwender kann den Ausgabeumfang in der gewohnten Weise steuern.

Christian Keller B.Eng.  
 mb AEC Software GmbH  
 mb-news@mbaec.de

### Literatur

- [1] DIN EN 199211:201101, Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau.
- [2] DIN EN 1993-1-1:2010-12, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau.
- [3] DIN EN 1995-1-1:2010-12, Eurocode 5 – Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau.

### Preise und Angebote

**S032.de Imperfektions- und Abtriebskräfte – EC 0, DIN EN 1990:2010-12** **190,- EUR**  
 Leistungsbeschreibung siehe [www.mbaec.de](http://www.mbaec.de)

**BauStatik 5er-Paket** **990,- EUR**  
 bestehend aus 5 BauStatik-Modulen deutscher Norm nach Wahl\*

**BauStatik 10er-Paket** **1.690,- EUR**  
 bestehend aus 10 BauStatik-Modulen deutscher Norm nach Wahl\*

\* ausgenommen: S012, S018, S030, S141.de, S261.de, S410.de, S411.de, S414.de, S630.de, S811.de, S853.de

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: Januar 2020

Unterstützte Betriebssysteme: Windows 7 (64) / Windows 8 (64) / Windows 10 (64)

Preisliste: [www.mbaec.de](http://www.mbaec.de)