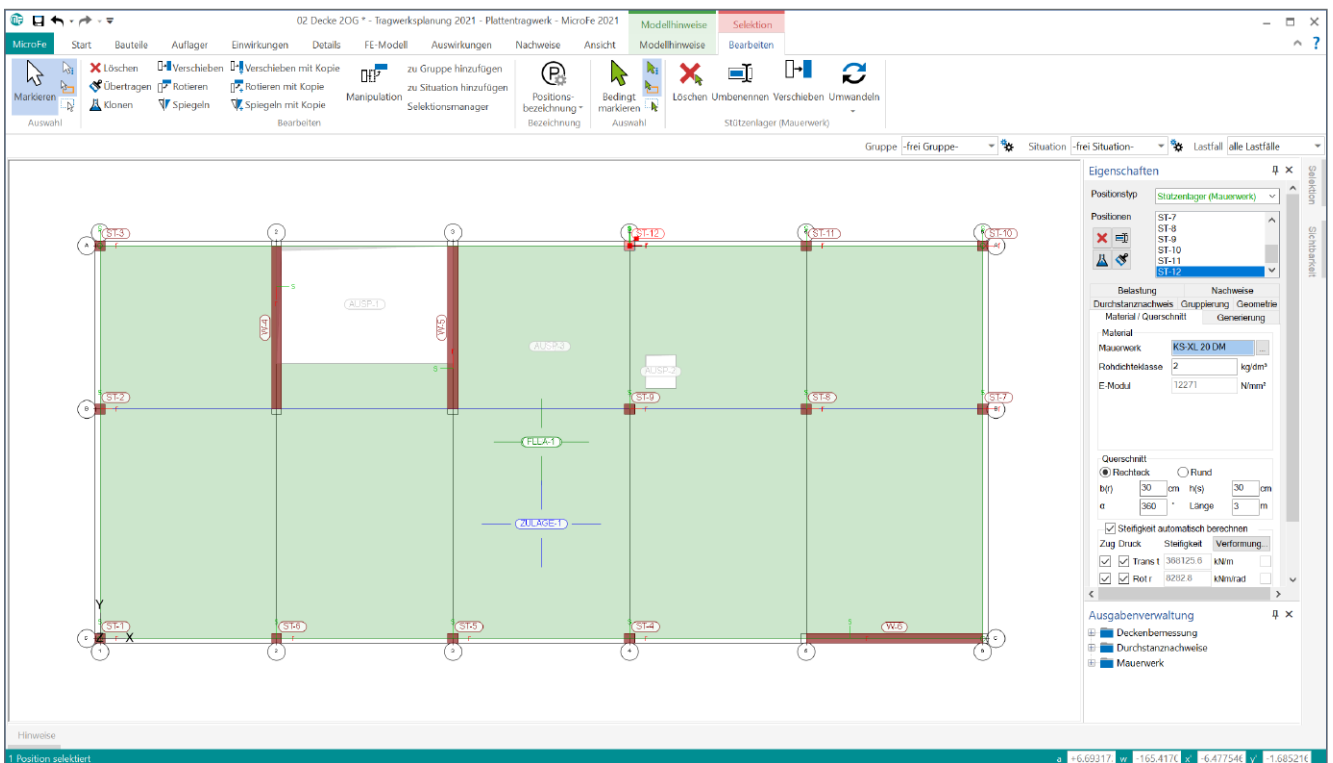


Dipl.-Ing. David Hübel

Mauerwerk-Stützen nach dem genauen Berechnungsverfahren

Leistungsbeschreibung des MicroFe-Moduls M314.de Mauerwerk-Stütze (ebene Systeme)

Für den Nachweis von Mauerwerk-Stützen ist der wesentliche Unterschied zum Nachweis von Wänden die zweiachsige Belastung. Aufgrund der zweiachsigen Belastung ist ein Nachweis nach dem vereinfachten Berechnungsverfahren für Mauerwerk-Pfeiler nicht möglich. Das Modul M314.de ermöglicht den Nachweis von Mauerwerk-Stützen nach dem genauen Berechnungsverfahren als Erweiterung zum Grundmodul „M100.de MicroFe 2D Platte – Stahlbeton-Plattensysteme“.



Allgemeines

Die Lagerung von Stahlbetonplatten erfolgt im Modul „M100.de MicroFe 2D Platte – Stahlbeton-Plattensysteme“ auf Stützen- oder Wandlagern in den Materialien Stahlbeton, Holz, Stahl und Mauerwerk.

Mit dem Modul M314.de werden die Mauerwerk-Stützenlager für die aus der FE-Berechnung ermittelten Auflagerkräfte nachgewiesen.

Der Nachweis von Mauerwerk-Stützen erfolgt grundsätzlich analog zum Nachweis von Mauerwerk-Wänden.

Für die Bemessung von unbewehrtem Mauerwerk stehen im Eurocode 6 zwei Berechnungsverfahren zur Verfügung:

- Das vereinfachte Berechnungsverfahren nach DIN EN 1996-3/NA
- Das genauere Berechnungsverfahren nach DIN EN 1996-1-1/NA

Aufgrund der zweiachsigen Belastung ist ein Nachweis nach dem vereinfachten Berechnungsverfahren für Mauerwerk-Stützen nicht möglich.

Mauerwerk-Stützen sind nach dem genaueren Berechnungsverfahren nach DIN EN 1996-1-1/NA nachzuweisen. Das grundsätzliche Vorgehen entspricht für den Nachweis des vertikalen Tragwiderstandes dem des vereinfachten Verfahrens mit dem Unterschied, dass die Ermittlung der Abminderungsfaktoren ϕ differenzierter erfolgt.

An den relevanten Stellen (Stützenkopf, -mitte und -fuß) wird neben dem Nachweis für zentrische und exzentrische Druckbeanspruchung daher auch der Schubfestigkeitsnachweis für die zweiachsige Beanspruchung geführt.

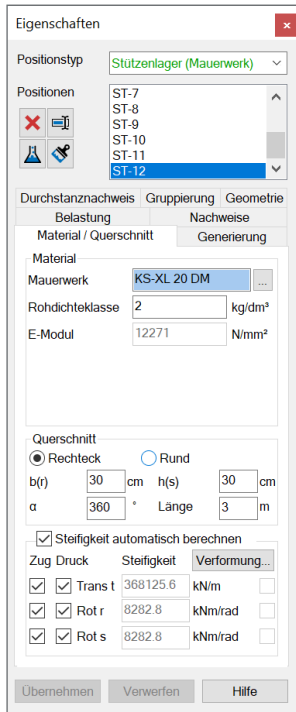


Bild 1. Positionseigenschaften Stützenlager (Mauerwerk)

Zusätzlich ist der Nachweis der Querkrafttragfähigkeit in Plattenrichtung zu führen.

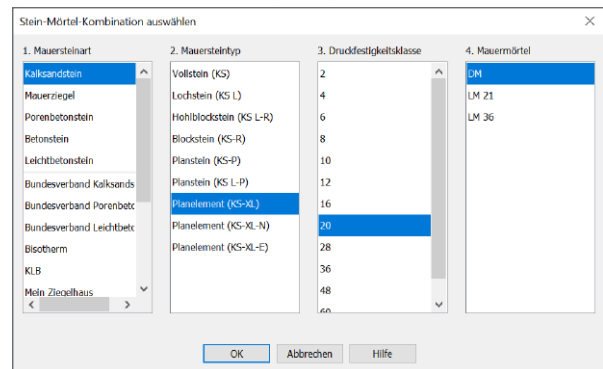


Bild 2. Auswahldialog Stein-Mörtel-Kombination

Mauerwerk

In MicroFe erfolgt die Ermittlung der charakteristischen Druckfestigkeit für genormte Stein-Mörtel-Kombinationen sowie Stein-Mörtel-Kombinationen nach Zulassung automatisch. Es ist lediglich das Material, die Steinform, die Stein-druckfestigkeitsklasse und die Mörtelgruppe zu wählen.

Die Auswahl des Materials der Mauerwerk-Stütze erfolgt im Register „Material/Querschnitt“ der Positionseigenschaften.

Neben den genormten Stein-Mörtel-Kombinationen aus Kalksandstein, Mauerziegeln, Porenbetonsteinen und Leichtbetonsteinen können Stein-Mörtel-Kombinationen, welche gemäß den Zulassungen hinterlegt sind, gewählt werden.

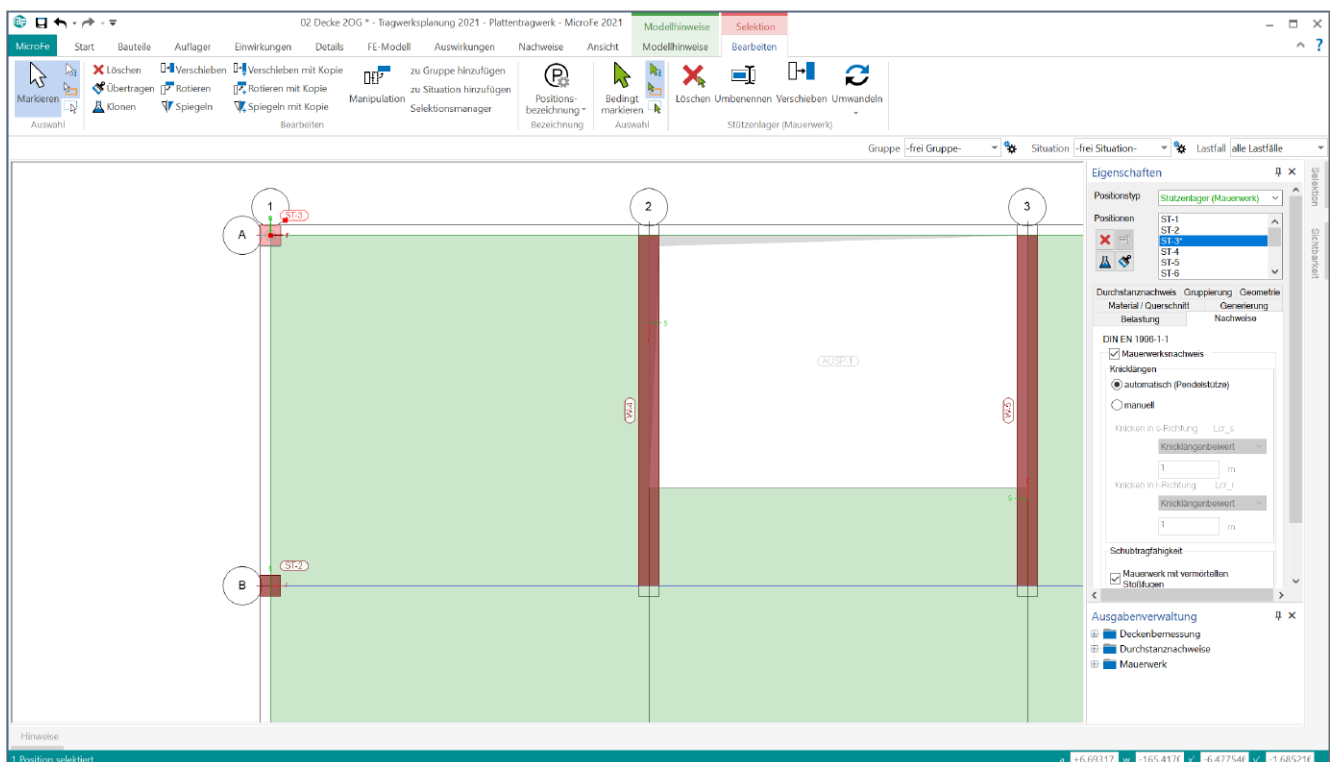


Bild 3. Stützenachsen auf Plattenrand

Punktlager als Mauerwerk-Stütze

Um eine wirklichkeitsnahe Modellierung der Platte zu gewährleisten, sind in den Positionseigenschaften im Register „Material/Querschnitt“ der Punktlager die Auflagersteifigkeiten der Mauerwerk-Stütze festzulegen.

In MicroFe werden die Steifigkeiten aus den Vorgaben zu Material und Stützenabmessungen automatisch berechnet. Die für die Plattenbemessung ohnehin erforderlichen Angaben liefern gleichzeitig einen Großteil der Informationen, die für einen Mauerwerksnachweis nach dem genauen Berechnungsverfahren benötigt werden. Mauerwerk-Stützen, welche am Rand einer Platte angeordnet werden, sollten so modelliert werden, dass die Stützenachsen auf den Plattenrändern liegen.

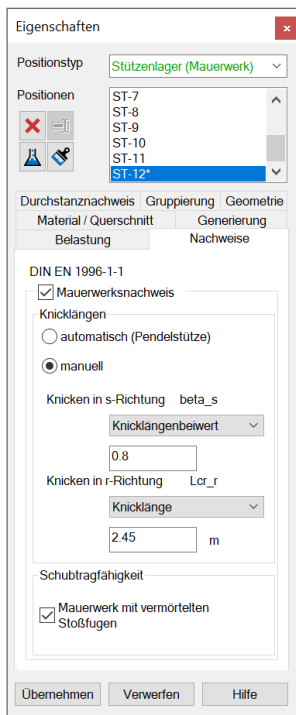


Bild 4. Register Nachweise in den Positionseigenschaften

Nachweissteuerung

Die Steuerung der Nachweisführung wird im Kapitel „Nachweise“ der Positionseigenschaften der Mauerwerk-Stützenlager vorgenommen. Hier können neben der Aktivierung der Mauerwerksnachweise Vorgaben zur Knicklänge sowie zur Ermittlung der Schubtragfähigkeit vorgenommen werden.

Knicklänge

Beim Knicksicherheitsnachweis von Druckstäben werden die Lagerungsbedingungen an den Stabenden über die Knicklänge h_{ef} erfasst. Bei der automatischen Ermittlung der Knicklängen wird von einer Pendelstütze ausgegangen. Durch die manuelle Vorgabe der Knicklänge können andere Lagerungen berücksichtigt werden.

Die Knicklänge der Stütze wird bei gewählter automatischer Ermittlung aus der Lagerung der Stütze nach den Regeln der DIN EN 1996-1, NCI zu 5.5.1.2 (NA.16) programmseitig ermittelt. Im genaueren Berechnungsverfahren darf der Knicklängenbeiwert p_2 dabei in Abhängigkeit der Exzentrizität der

einwirkenden Normalkraft bestimmt werden. Für die Exzentrizität e ist hierbei die planmäßige Ausmitte des Bemessungswertes der Normalkraft am Wandkopf, ohne Berücksichtigung einer ungewollten Ausmitte, anzusetzen.

Abminderungsbeiwert p_2

$$p_2 = 0,75 \quad \text{wenn } e \leq t/6$$

$$p_2 = 1,00 \quad \text{wenn } e \geq t/3$$

mit

e die planmäßige Ausmitte des Bemessungswertes der Längsnormalkraft am Wandkopf

Neben der automatischen Berechnung der Knicklänge kann getrennt für jede Richtung die Knicklänge direkt vorgegeben werden oder durch die Vorgabe des Knicklängenbeiwertes β beeinflusst werden.

Ausmitten

Grundlage für die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit ist die Ermittlung der Exzentrizitäten am Wandkopf, in Wandmitte und am Wandfuß. Neben den Exzentrizitäten infolge der Auflagerlasten wird die Ausmitte aus Imperfektionen und Kriechen programmseitig nach DIN EN 1996-1-1[1], 6.1.2.1 ermittelt. Dabei wird die Gesamtausmitte nie kleiner als die Mindestausmitte von $0,05 t$ angenommen.

Ausmitte nach DIN EN 1996-1-1: 6.1.2.2 (1)

$$e_i = e_L + e_k + e_{init} \geq 0,05 t$$

mit

e_L Ausmitte infolge Vertikallasten

$$e_L = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}}$$

e_{init} ungewollte Ausmitte nach DIN EN 1996-1-1; Abs. 5.5.1.1

$$e_{init} = h_{ef}/450$$

e_k Kriechausmitte nach DIN EN 1996-1-1; Abs. 6.1.2.2

$$e_k = 0,002 \cdot \Phi_{\infty} \cdot \frac{h_{ef}}{t} \cdot \sqrt{t \cdot e_m}$$

Die einzelnen Anteile an der Gesamtexzentrizität werden übersichtlich und mit einer Legende versehen ausgegeben.

| Knicklängen | Position | p _{2s} | p _{2r} | h _{ef} [m] | |
|-------------|----------|-----------------|-----------------|---------------------|-------------------|
| | | | | h _{ef,s} | h _{ef,r} |
| ST-1 | | 0.75 | 0.86 | 2.25 | 2.57 |
| ST-2 | | 0.75 | 0.75 | 2.25 | 2.25 |
| ST-3 | | 0.75 | 0.88 | 2.25 | 2.63 |
| ST-4 | | 0.75 | 0.95 | 2.25 | 2.86 |
| ST-5 | | 0.75 | 0.99 | 2.25 | 2.97 |
| ST-6 | | 0.75 | 0.97 | 2.25 | 2.91 |
| ST-7..ST-10 | | 0.75 | 0.75 | 2.25 | 2.25 |
| ST-11 | | 0.75 | 0.76 | 2.25 | 2.29 |
| ST-12 | | 0.75 | 0.75 | 2.25 | 2.25 |

| Ausmitten | Stelle | LK | e _L [cm] | | e _k [cm] | | e _s [cm] | | M _{Ed,r} [kNm] |
|-----------|--------|----|---------------------|------------------|---------------------|------------------|---------------------|-------|-------------------------|
| | | | e _{L,s} | e _{L,r} | e _{k,s} | e _{k,r} | e _s | | |
| ST-1 | Kopf | 1 | 7.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 7.10 | 11.18 | |
| | | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.50 | 0.00 | |
| ST-2 | Mitte | 2 | 1.48 | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 1.98 | -6.00 | |
| | | | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 1.50 | 0.00 | |
| ST-3 | Kopf | 3 | 7.56 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 7.56 | -8.09 | |
| | | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.50 | 0.00 | |
| ST-4 | Kopf | 4 | 9.07 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 9.07 | 35.67 | |
| | | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.50 | 0.00 | |
| ST-5 | Kopf | 5 | 9.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 9.80 | 38.51 | |
| | | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.50 | 0.00 | |
| ST-6 | Kopf | 6 | 9.38 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 9.38 | 41.42 | |

Bild 5. Tabellarische Ausgabe Knicklängen und Ausmitten

Schubtragfähigkeit

Die Schubfestigkeit f_{vk} ist eine wichtige Einflussgröße zur Beurteilung der Querkrafttragfähigkeit von Mauerwerk, die vor allem für den Standsicherheitsnachweis von Aussteifungswänden und Kellerwänden von großer Bedeutung ist.

Die charakteristische Schubfestigkeit f_{vk} ergibt sich, je nachdem ob Reibungs- oder Steinzugversagen maßgebend wird, aus dem kleineren der beiden Werte für f_{vlt} .

$$f_{vk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{vlt,1} \\ f_{vlt,2} \end{array} \right.$$

mit

$f_{vlt,1}$ Charakteristische Schubfestigkeit im Fall von Reibungsversagen

$f_{vlt,2}$ Charakteristische Schubfestigkeit im Fall von Steinzugversagen

Reibungsversagen

bei vermörtelten Stoßfugen:

$$f_{vlt,1} = f_{vk0} + 0,4 \cdot \sigma_{Dd}$$

bei unvermörtelten Stoßfugen:

$$f_{vlt,1} = 0,5 \cdot f_{vk0} + 0,4 \cdot \sigma_{Dd}$$

Steezugversagen

unabhängig von der Ausführung der Stoßfugen:

$$f_{vlt,2} = 0,45 \cdot f_{bt,cal} \cdot \sqrt{1 + \frac{\sigma_{Dd}}{f_{bt,cal}}}$$

f_{vk0} Haftscherfestigkeit

$f_{bt,cal}$ Charakteristische Steinzugfestigkeit nach Kapitel 2.5.2

mit

$f_{bt,cal} = 0,020 \cdot f_{st}$ für Hohlblocksteine

$f_{bt,cal} = 0,026 \cdot f_{st}$ für Hochlochsteine und Steine mit Grifföchern oder Griffaschen

$f_{bt,cal} = 0,032 \cdot f_{st}$ für Vollsteine ohne Grifföcher oder Griffaschen

f_{st} Umgerechnete mittlere Steindruckfestigkeit

Nachweisführung

Grundsätzlich wird je Stützenposition ein Nachweis auf vertikale Traglast geführt. Belastung und Widerstände werden am Wandkopf, in der Wandmitte und am Wandfuß ermittelt und gegenübergestellt. In der Ausgabe erscheint nur der jeweils maßgebende Nachweis unter Angabe der maßgebenden Stelle. Der Nachweis der Stützen erfolgt unter Beachtung der Auflagerkräfte und -momente aus der Plattenbemessung. Hierbei werden zentrische und exzentrische Druckbelastungen berücksichtigt.

Vertikaler Tragwiderstand

Am Wandkopf, in Wandmitte und am Wandfuß gilt die Tragfähigkeit unter zentrischer und exzentrischer (vertikaler) Druckbeanspruchung nach DIN EN 1996-1-1/NA als

nachgewiesen, wenn die einwirkende Bemessungsnormalkraft N_{Ed} den Bemessungswert der aufnehmbaren Normalkraft N_{Rd} nicht überschreitet:

$$N_{Ed} \leq N_{Rd}$$

mit

N_{Ed} Bemessungswert der vertikalen Belastung

N_{Rd} Bemessungswert des vertikalen Tragwiderstands

Die Bemessung am Wandkopf und Wandfuß erfolgt im genaueren Berechnungsverfahren unter Berücksichtigung der Knotenmomente. Die Traglastminderung infolge exzentrisch angreifender Normalkräfte wird mit Hilfe der Abminderungsbeiwerte Φ berücksichtigt.

$$N_{Rd} = \Phi_y \cdot \Phi_z \cdot f_d \cdot A$$

mit

Φ_y Abminderungsfaktor in Scheibenrichtung

$$\Phi_y = 1 - 2 \cdot \frac{e_y}{l}$$

e_y Ausmitte in Scheibenrichtung

l Wandlänge

Φ_z Abminderungsfaktor in Plattenrichtung

Am Wandkopf und -fuß:

$$\Phi_z = 1 - 2 \cdot \frac{e_z}{t}$$

In Wandmitte:

$$\Phi_z = 1,14 \cdot \left(1 - 2 \cdot \frac{e_z}{t}\right) - 0,024 \cdot \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \leq 1 - 2 \cdot \frac{e_z}{t}$$

e_z Ausmitte in Plattenrichtung

t Wandstärke

h_{ef} Knicklänge der Wand

Querkrafttragfähigkeit

Die Querkrafttragfähigkeit wird nach Nationalem Anhang zu DIN EN 1996-1-1, NCI zu 6.2.(NA.6) für die Querkraft in Platten- und Scheibenrichtung ermittelt.

$$V_{Ed} \leq V_{Rdlt}$$

mit

V_{Ed} Bemessungswert der einwirkenden Querkraft

V_{Rdlt} Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit

$$V_{Ed} = f_{vd} \cdot t_{cal} \cdot \frac{l}{c}$$

mit

f_{vd} der Bemessungswert der Schubfestigkeit von Mauerwerk mit $f_{vd} = f_{vk} / \gamma_M$

t_{cal} rechnerische Wanddicke

l die Länge der Wand

c der Schubspannungsverteilungsfaktor, hier $c = 1,5$

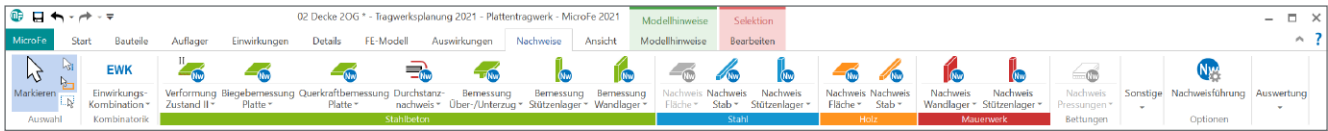


Bild 6. Neue Nachweisoption im Register „Nachweise“

Ausgabeoptionen

Grafisch interaktive Ausgabe

Für einen schnellen Überblick über alle Nachweispositionen bietet sich die grafisch interaktive Ausgabe von MicroFe an. Dort können in der Draufsicht alle relevanten Nachweisparameter dargestellt werden. Die Ausgabe der Nachweise der Mauerwerk-Stützenlager kann im Register „Nachweise“ aufgerufen werden.

Hervorzuheben ist hierbei der Ausnutzungsgrad, der als Wertedarstellung vorliegt. Besonders mit der farbigen Wertedarstellung lassen sich auf einen Blick schnell die kritischen Mauerwerk-Stützen erfassen

Tabellarische Ausgabe

Neben der grafischen Ausgabe steht wie gewohnt in MicroFe eine tabellarische Ausgabe der Nachweise zur Verfügung. Die prüffähige tabellarische Ausgabe umfasst folgende Informationen:

- Kombinationsvorschriften der maßgebenden Kombinationen
- Verwendete Materialien mit Zuordnung zu den Wandpositionen
- Randbedingungen der Berechnung
- Beiwerte zu Knicklängen und Ausmitten
- Nachweise mit Abminderungsbeiwerten, Lasten, Widerständen, Ausnutzung

Die Ausgaben sind so aufgebaut, dass einerseits während der Bearbeitung immer ein schneller Überblick gewährleistet ist, andererseits der vollständige Nachweis mit Dokumentation aller Annahmen tabellarisch ausgegeben wird.

Fazit

Mit dem Modul M360.de wurde die Nachweisführung von Mauerwerk-Wänden in MicroFe eingeführt. Mit dem Modul M314.de wird MicroFe um die Möglichkeit, Mauerwerk-Stützen nachzuweisen, erweitert.

Mit dem Modul M314.de liegt ein sehr leistungsfähiges Hilfsmittel für die Bemessung von Mauerwerk-Stützen vor. Da viele Eingaben für die Plattenbemessung ohnehin schon vorliegen, können mit einem Minimum an Mehraufwand sämtliche Nachweise von Mauerwerk-Stützen einer Deckenposition geführt werden.

Mit dem Nachweis der Mauerwerk-Stützen mit dem genauen Berechnungsverfahren kann im Nachlauf an eine FE-Berechnung in Kombination mit der Lastübernahme eine große Anzahl an Stützenpositionen ohne großen Zusatzaufwand nachgewiesen werden.

| Tragwiderstand Abs. 6.2 | | Nachweis des vertikalen Tragwiderstands | | | | | |
|-------------------------|----------|---|--------|----------|----------|--------|--|
| Stelle | LK | Φ | Φ | N_{Ed} | N_{Rd} | η | |
| | | | | [kN] | [kN] | [%] | |
| ST-1 | Kopf 1 | 0.53 | 0.90 | 157.3 | 100.8 | 156.1 | |
| ST-2 | Mitte 2 | 0.81 | 0.85 | 404.7 | 437.5 | 92.5 | |
| ST-3 | Kopf 3 | 0.50 | 0.90 | 107.0 | 285.3 | 37.5 | |
| ST-4 | Kopf 4 | 0.40 | 0.90 | 393.2 | 227.3 | 173.0 | |
| ST-5 | Kopf 5 | 0.35 | 0.90 | 393.1 | 199.5 | 197.0 | |
| ST-6 | Kopf 6 | 0.37 | 0.90 | 441.4 | 215.3 | 205.0 | |
| ST-7 | Mitte 7 | 0.83 | 0.85 | 381.9 | 450.1 | 84.8 | |
| ST-8 | Mitte 8 | 0.85 | 0.85 | 1019.0 | 565.3 | 180.3 | |
| ST-9 | Mitte 9 | 0.85 | 0.85 | 944.7 | 565.3 | 167.1 | |
| ST-10 | Mitte 10 | 0.80 | 0.85 | 92.0 | 143.5 | 64.1 | |
| ST-11 | Kopf 11 | 0.65 | 0.90 | 245.5 | 372.5 | 65.9 | |
| ST-12 | Kopf 12 | 0.67 | 0.90 | 224.5 | 387.8 | 57.9 | |

| Plattenschub NCI zu 6.2 (NA.24) | | Nachweis der Querkrafttragfähigkeit | | | | | |
|---------------------------------|---------|-------------------------------------|----------------------|----------|----------|--------|--|
| Stelle | LK | b_{red} | f_{vk} | V_{Ed} | V_{Rd} | η | |
| | | [m] | [N/mm ²] | [kN] | [kN] | [%] | |
| ST-1 | Fuß 1 | 0.30 | 0.22 | 3.7 | 8.9 | 42.0 | |
| | Kopf | 0.30 | 0.22 | 0.0 | 8.9 | 0.0 | |
| ST-2 | Fuß 2 | 0.30 | 0.22 | -4.0 | 8.9 | 45.1 | |
| | Kopf | 0.30 | 0.22 | 0.0 | 8.9 | 0.0 | |
| ST-3 | Fuß 3 | 0.30 | 0.22 | -2.7 | 8.9 | 30.4 | |
| | Kopf | 0.30 | 0.22 | 0.0 | 8.9 | 0.0 | |
| ST-4 | Mitte 4 | 0.30 | 0.22 | 11.9 | 8.8 | 135.6 | |
| | Kopf | 0.30 | 0.22 | 0.0 | 8.8 | 0.0 | |
| ST-5 | Mitte 5 | 0.28 | 0.22 | 12.8 | 8.4 | 152.3 | |
| | Kopf | 0.30 | 0.22 | 0.0 | 8.4 | 0.0 | |
| ST-6 | Mitte 6 | 0.29 | 0.22 | 13.8 | 8.6 | 160.2 | |
| | Kopf | 0.30 | 0.22 | 0.0 | 8.6 | 0.0 | |
| ST-7 | Fuß 7 | 0.30 | 0.22 | -3.0 | 8.9 | 33.7 | |

Bild 7. Tabellarische Ausgabe der Nachweise

Dipl.-Ing. David Hübel
 mb AEC Software GmbH
 mb-news@mbaec.de

Literatur

- [1] DIN EN 1996-1-1:2013-02, Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk; Deutsche Fassung EN 1996-1-1:2005+A1:2012.
- [2] DIN EN 1996-3:2010-12, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 3: Vereinfachte Berechnungsmethoden für unbewehrte Mauerwerksbauten.

Preise und Angebote

M314.de Mauerwerk-Stütze (ebene Systeme) 399,- EUR
 Weitere Informationen unter <https://www.mbaec.de/modul/M314.de>

MicroFe comfort 3.999,- EUR
 MicroFe-Paket „Platten-, Scheiben- und Faltwerkssysteme“
 beinhaltet: M100.de, M110.de, M120.de und M161

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: Oktober 2020

Unterstütztes Betriebssystem: Windows 10 (64)

Preisliste siehe www.mbaec.de