

Thema

Die Begrenzung der Verformungen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit stellt eine wesentliche Forderung für die Wahl der Bauteilabmessungen – vor allem für Platten des üblichen Hochbaus – dar. Die tatsächlich sich einstellende Verformung wird von verschiedenen Einflüssen, u.a. dem Kriechen und Schwinden des Betons und der Rissbildung im Beton, beeinflusst. Eine realistische Verformungsabschätzung ist deshalb nur unter Berücksichtigung des Reißens des Betons (Zustand II) möglich.

Das MicroFe-Modul M346 ermöglicht die Nachweisführung der Verformung sowohl im Zustand I (ungerissener Beton) unter Berücksichtigung des Kriechens und Schwindens als auch im Zustand II (mit Rissbildung im Beton) für Platten mit Unterzügen.

Beispiel

Für folgendes System soll der Verformungsnachweis geführt werden:

Zwei Plattenbereiche PL-1 und PL-2:

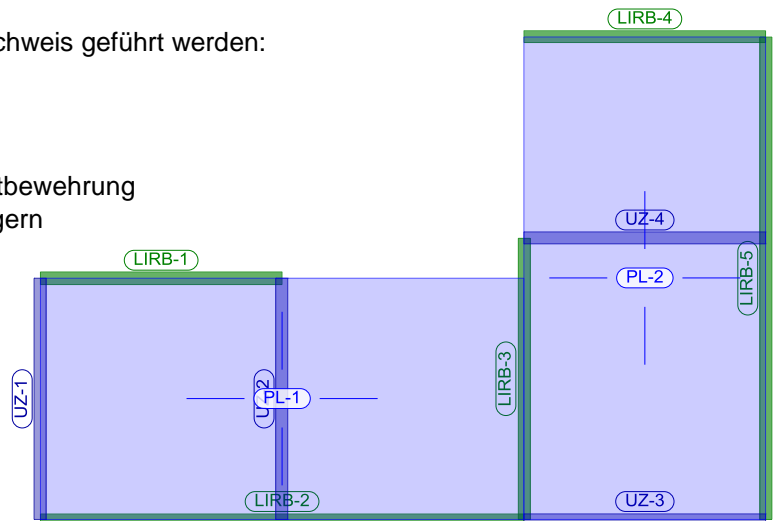
- jeweils 6 m x 12 m
- Dicke $d = 0.20$ m
- C 25/30, mit Berücksichtigung der Mindestbewehrung
- gelagert auf vier Unterzügen und Linienlagern

Belastung:

- Eigengewicht
- Nutzlast $q_k = 2.70$ kN/m² in Lastfelder aufgeteilt


Eingabe

Wenn das System soweit eingegeben ist, sind vor Durchführung des Verformungsnachweises noch weitere Eingaben zu tätigen.



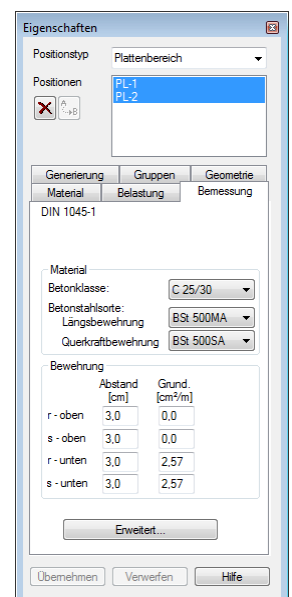
Bewehrung

Die Verformungsberechnung unter Berücksichtigung der Querschnittssteifigkeit im gerissenen Zustand setzt immer die Kenntnis der Bewehrung voraus. In MicroFe wird grundsätzlich die gesamte Bewehrung, welche die Biegebemessung der Plattenbereiche und der Unterzüge liefert, für die Verformungsberechnung angesetzt. Hierzu wird vor der Verformungsberechnung immer eine Bemessung der Platten und Unterzüge durchgeführt, falls diese nicht mehr aktuell ist.

Die **Gesamtbewehrung** der Biegebemessung setzt sich aus der **vorhandenen Bewehrung** und der **erforderlichen (Differenz-)Bewehrung**, welche ggf. zusätzlich zur vorhandenen Bewehrung zur Erfüllung aller Nachweise notwendig wird, zusammen. Als **vorhandene Bewehrung** bezeichnen wir die **Grundbewehrung** der Platten und Unterzüge und die **Zulagebewehrung**. Während die Grundbewehrung, welche in den Bemessungseigenschaften eines Plattenbereichs einzugeben ist, über den gesamten Plattenbereich konstant ist, kann mit dem Positionstyp „Zulagebewehrung“  für einen beliebigen, plattenbereichsübergreifenden Bereich die zusätzliche Bewehrung definiert werden. Für Unterzüge können in den Positionseigenschaften auf der Registerkarte „Grundbewehrung“ beliebige Lagen mit beliebiger Staffelung definiert werden.

Grundsätzlich kann die Verformungsberechnung auch ohne definierte Grund- und Zulagebewehrung durchgeführt werden. Jedoch kann die Steifigkeit realistischer erfasst werden, wenn die später tatsächlich verbaute Bewehrung weitestgehend als vorhandene Bewehrung in MicroFe vorgegeben wird.

In unserem Beispiel ordnen wir zur Abdeckung der Mindestbewehrung in beiden Plattenbereichen als untere Grundbewehrung eine Betonstahlmatte Q 257 A an.



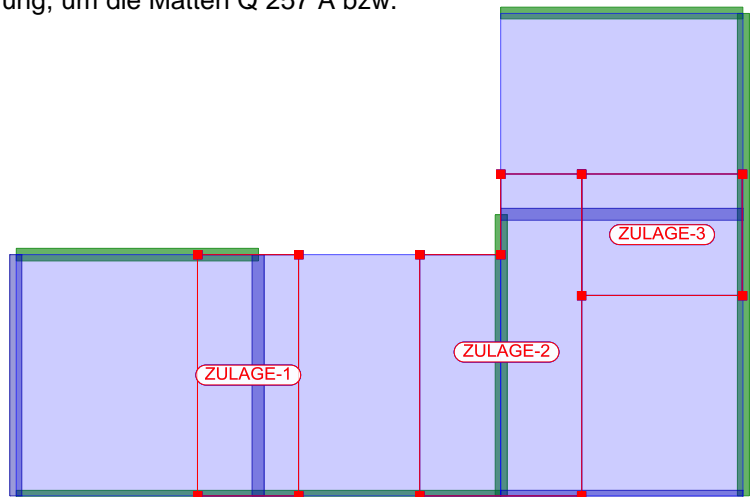
Zudem setzen wir drei Positionen Zulagebewehrung, um die Matten Q 257 A bzw. R 257 A in der oberen Lage abzubilden:

ZULAGE-1: $as_r=2.57 \text{ cm}^2/\text{m}$

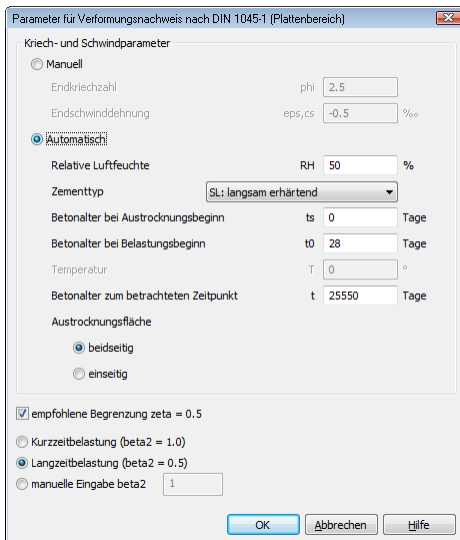
ZULAGE-2: $as_r=as_s=2.57 \text{ cm}^2/\text{m}$

ZULAGE-3: $as_s=2.57 \text{ cm}^2/\text{m}$

Auf die Definition von Grundbewehrung für die Unterzüge wird in diesem Beispiel verzichtet.



Nachweisparameter

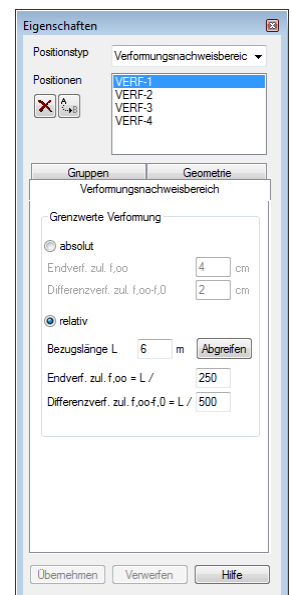


Für jeden Plattenbereich und für jeden Unterzug können separat die Parameter für den Verformungsnachweis definiert werden.


Der nebenstehende Dialog ist in den Positionseigenschaften im erweiterten Bemessungsdialog der jeweiligen Position aufrufbar.

Hier sind die Kriech- und Schwindparameter direkt manuell einzugeben oder sie werden automatisch gemäß DIN 1045-1, 9.1.4 bzw. DAfStb-Heft 525 ermittelt.

Außerdem können noch Einstellungen zum Verteilungsbeiwert ζ und zur Belastungsdauer vorgenommen werden.



Nachweisbereiche

Mit dem Positionstyp „Verformungsnachweisbereich“  definieren Sie Bereiche, in denen der Verformungsnachweis zu führen ist. Durch Vorgabe von zulässigen Verformungsgrenzwerten für den jeweiligen Bereich kann der **Ausnutzungsgrad** der zulässigen Verformung ermittelt werden. Hierzu wird für jeden Verformungsnachweisbereich diejenige Lastkombination ermittelt, die zur extremalen Verformung im jeweiligen Bereich führt.

Falls keine Verformungsnachweisbereiche existieren, kann die Verformungsberechnung zwar durchgeführt werden, es erfolgt dann aber keine Ermittlung der Ausnutzung. Zudem wird nur diejenige Lastkombination für das gesamte Tragwerk ausgewertet, die zur extremalen Verformung im Gesamttragwerk führt.

Die Grenzwerte sind absolut oder relativ zu einer Bezugslänge, welche direkt im Modell abgegriffen werden kann, einzugeben.

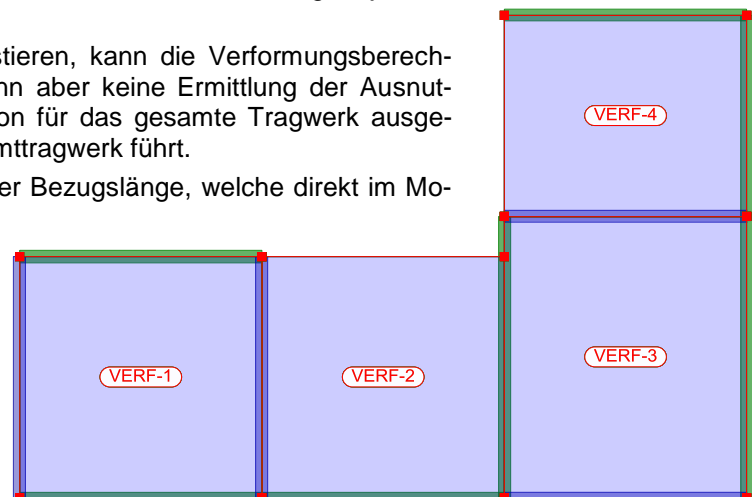
In unserem Beispiel haben wir jedes Deckenfeld als eigenen Verformungsnachweisbereich definiert, wobei die Grenzwerte alle relativ auf die Spannweite des jeweiligen Feldes bezogen wurden:

VERF-1 bis VERF-3:

Bezugslänge $L = 6 \text{ m}$

VERF-4:

Bezugslänge $L = 5 \text{ m}$



Verformungsnachweis

Nachdem die vorhandene Bewehrung platziert, die Nachweisparameter eingestellt und die nachzuweisenden Bereiche definiert wurden, kann nun die Verformungsberechnung gestartet werden.

Berechnungsverfahren

Bevor mit der Verformungsberechnung begonnen wird, erfolgt eine Überprüfung, ob die Bemessung aller Platten und Unterzüge aktuell ist. Falls erforderlich, wird die Bemessung unter Berücksichtigung der vorhandenen Bewehrung erneut durchgeführt.

Anschließend erfolgt eine Verformungsberechnung für die maßgebende quasi-ständige Kombination jedes Verformungsnachweisbereichs.

Die Krümmungsberechnung unter Berücksichtigung der Mitwirkung des Betons auf Zug zwischen den Rissen erfolgt nach DAfStb-Heft 525, Beitrag zu Abschnitt 11.3 von DIN 1045-1, wonach über einen belastungsabhängigen Verteilungsbeiwert ζ zwischen Zustand I (ungerissen) und reinem Zustand II (vollständig gerissen) gemittelt wird.


Ergebnisse

Im Wesentlichen werden folgende Ergebnisse ermittelt:

- **im Zustand I**
Beton im ungerissenen Zustand unter Berücksichtigung der Bewehrung
- **im Zustand II**
Beton im teilweise gerissenen Zustand unter Berücksichtigung der Bewehrung
- **Anfangsverformung**
nur Berücksichtigung der ständigen Einwirkungen (ohne Ausbaulasten, ohne veränderliche Einwirkungen), ohne Berücksichtigung von Kriechen und Schwinden, im Zustand I und II
- **Endverformung**
mit Berücksichtigung von Kriechen und Schwinden, im Zustand I und II
- **Differenzverformung**
Differenz aus Endverformung und Anfangsverformung, nur im Zustand II
- **Ausnutzung**
Verhältnis von vorhandener zu zulässiger Verformung im Zustand II, für Endverformung und Differenzverformung, kann nur in Verformungsnachweisbereichen ausgewertet werden
- **elastisches Moment**
aus elastischer Berechnung, aus quasi-ständiger Kombination
- **Rissmoment**
zur Erstrissbildung führend
- **Bewehrung**
für Verformungsberechnung angesetzt, entspricht Gesamtbewehrung aus Biegebemessung

Ausgaben

Es stehen verschiedene Ausgaben zur Verfügung, welche im Ausgabenfenster im Ordner „Verformungen“ (oder auch unter „Bemessung/Nachweise“) zu finden sind:

- **Lastkombinationen(Zustand II)**
Dokumentation der maßgebenden (quasi-ständigen) Lastkombinationen
- **Platte-VerfParameter(Zustand II)**
Dokumentation der Nachweisparameter und der zulässigen Grenzwerte
- **Platte-Verf(Zustand II)**
Dokumentation des Verformungsnachweises für alle Verformungsnachweisbereiche, beinhaltet die ersten beiden Ausgaben
- **Platte-Verf(Zustand II)-Tab**
Dokumentation des Verformungsnachweises bzw. der Verformungsberechnung in Tabellenform für alle FE-Knoten des Modells, beinhaltet die ersten beiden Ausgaben
- **Verformungsnachweis Zustand II** 
Ergebnisdiskussion in grafisch-interaktiver Ausgabe

Zur Dokumentation der Zulagebewehrung und der Verformungsnachweisbereiche existieren im Ordner „Positionsdefinitionen“ entsprechende PosDef-Ausgaben:

- **Zulagebewehrung-PosDef**
- **Verformungsnachweisbereich-PosDef**

