

# Anforderung der neuen Norm an ein FEM-System

## Bemessung nach DIN 1045-1 in MicroFe

Ab dem 1. Januar 2005 ist es soweit: Für die Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- sowie Spannbetontragwerken ist die DIN 1045-1 die einzig gültige Norm. Sie ersetzt dann die ältere DIN 1045/88 und die Spannbetonnormen wie die DIN 4227.

Neu ist auch die Aufnahme von Leichtbetonen sowie hochfesten Betonen in die DIN 1045-1.

Die neue DIN verfolgt dabei das Sicherheitskonzept mit Teilsicherheitsbeiwerten, wie es in der ebenfalls neuen DIN 1055-100

Norm Bauarten übergreifend festgelegt ist.

In der DIN 1045-1 sind neben den Nachweisen im Grenzzustand der Tragfähigkeit auch Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit sowie Regeln zur Sicherung der Dauerhaftigkeit des Tragwerkes aufgenommen.

Die nachfolgenden Abschnitte zeigen, wie diese Nachweise für den Stahlbetonbau mit Hilfe des Programmsystems MicroFe in komfortabler und sicherer Weise geführt werden können.

angesprochenen Dialoge finden sich in der grafischen Ausgabe im Menü:



Außerdem wird in diesem Beitrag beschrieben, wie die Bemessungsergebnisse in der gedruckten Ausgabe prüffähig aufbereitet werden.

Die dann folgenden Abschnitte beschäftigen sich mit den einzelnen Nachweisen im Grenzzustand der Tragfähigkeit

- Bemessung für Biegung mit und ohne Längskraft sowie Längskraft allein (DIN 1045-1, 10.2)
- Querkraftbemessung (DIN 1045-1, 10.3)

### Überblick

Die ersten Abschnitte erläutern, wie MicroFe den Anwender bei der Berücksichtigung des Sicherheitskon-

zeptes der DIN 1055-100 und bei der Bemessung von Tragwerken nach DIN 1045-1 unterstützt. Die dabei

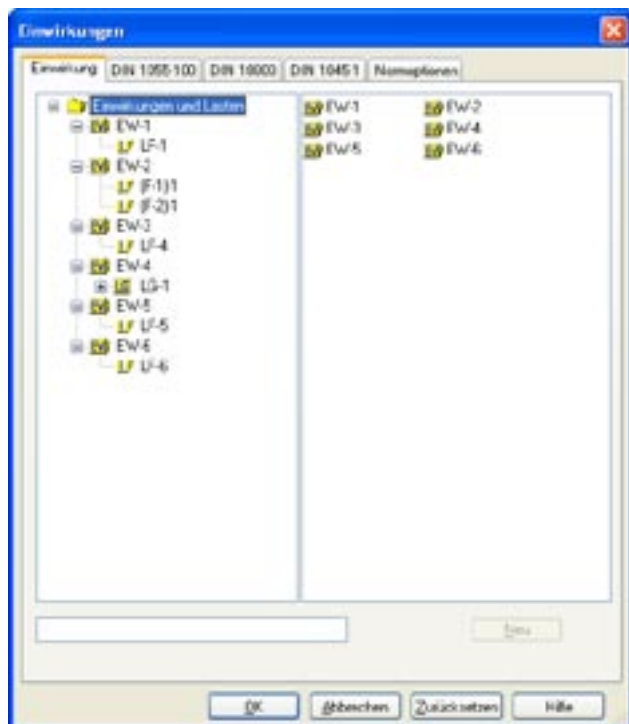


Bild 1: Zuordnung der Lastfälle zu Einwirkungen

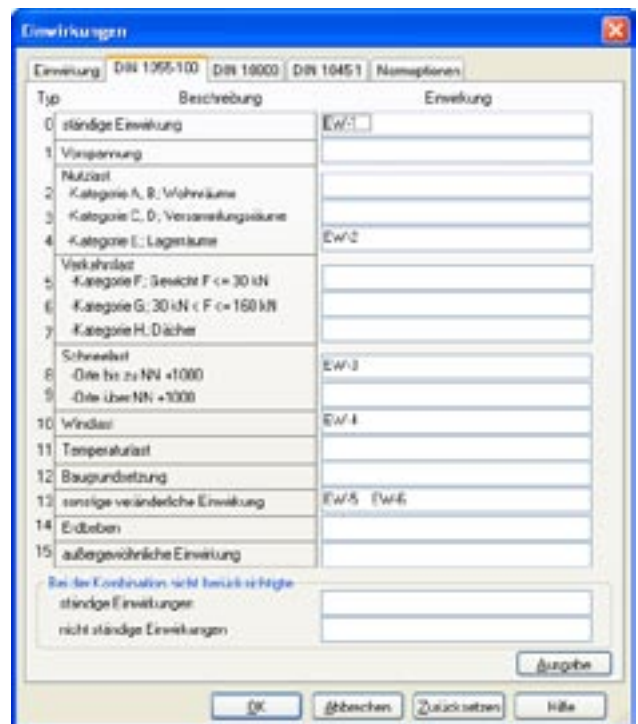


Bild 2: Typisierung der Einwirkungen gemäß DIN 1055-100

- Torsionsbemessung (DIN 1045-1, 10.4)
- Durchstanzen (DIN 1045-1, 10.5)
- Ermüdungsnachweis (DIN 1045-1, 10.8)

bzw. den Nachweisen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

- Begrenzung der Spannungen (DIN 1045-1, 11.1)
- Begrenzung der Rissbreiten (DIN 1045-1, 11.2)
- Begrenzung der Verformungen (DIN 1045-1, 11.3).

Auf die Anforderung zur Dauerhaftigkeit nach DIN 1045-1, Kapitel 6, wird im Folgenden nicht eingegangen. Die Dauerhaftigkeit wird im Wesentlichen durch die Wahl der richtigen Expositionsklassen (DIN 1045-1, Tabelle 3) und der daraus ermittelten Betondeckung (DIN 1045-1, Tabelle 4) gewährleistet.

## Semiprobabilistisches Sicherheitskonzept nach DIN 1055-100

Hinter diesem Begriff verbirgt sich ein Sicherheitskonzept mit Teilsicherheitsbeiwerten, die sowohl auf der Einwirkungsseite (Lasten) als auch auf der Widerstandsseite (Material) berücksichtigt werden.

Kompliziert wird es, wenn mehr als eine veränderliche Einwirkung zu berücksichtigen ist, da dann zusätzliche Kombinationsbeiwerte für die veränderlichen Einwirkungen ins Spiel kommen.

MicroFe unterstützt den Tragwerksplaner hier in umfassender Weise:

Die Sicherheitsbeiwerte auf der Materialseite (DIN 1045-1, Tabelle 2) werden immer automatisch berücksichtigt.

Um die Sicherheitsbeiwerte auf der Lastseite berücksichtigen zu können,

muss der Anwender im Programm Einwirkungen definieren und typisieren. Die Typisierung erfolgt dabei auf Grundlage der Tabelle A.1 der DIN 1055-100.

Die Dialoge zur Definition der Einwirkungen, d. h. zur Zuordnung der vorhandenen Lastfälle zu Einwirkungen, und zur Typisierung dieser Einwirkungen befinden sich im Dialog „Einwirkungen“ (siehe Bilder 1 und 2).

Nachdem alle Lastfälle den Einwirkungen zugeordnet und diese typisiert wurden, bietet MicroFe die Möglichkeit, automatisch alle für die Bemessung relevanten Lastkombinationen zu bilden. Dabei werden die notwendigen Teilsicherheitsbeiwerte nach DIN 1055-100, Tabelle A.3, bzw. DIN 1045-1, Tabelle 1, und die Kombinationsbeiwerte nach DIN 1055-100, Tabelle A.2, jeweils automatisch zugeordnet. Es werden auch alle notwendigen Kombinati-

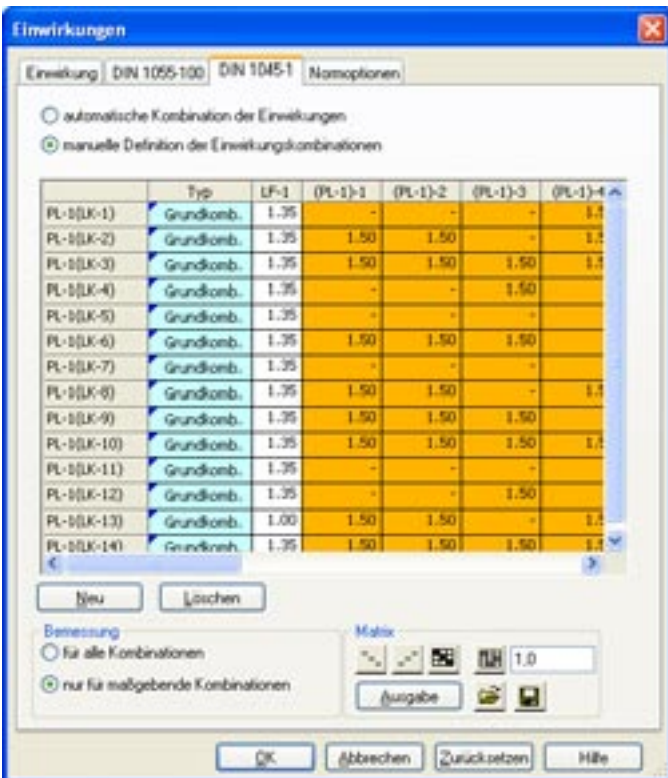


Bild 3: manuelle Vorgabe der Lastkombinationen für die Bemessung

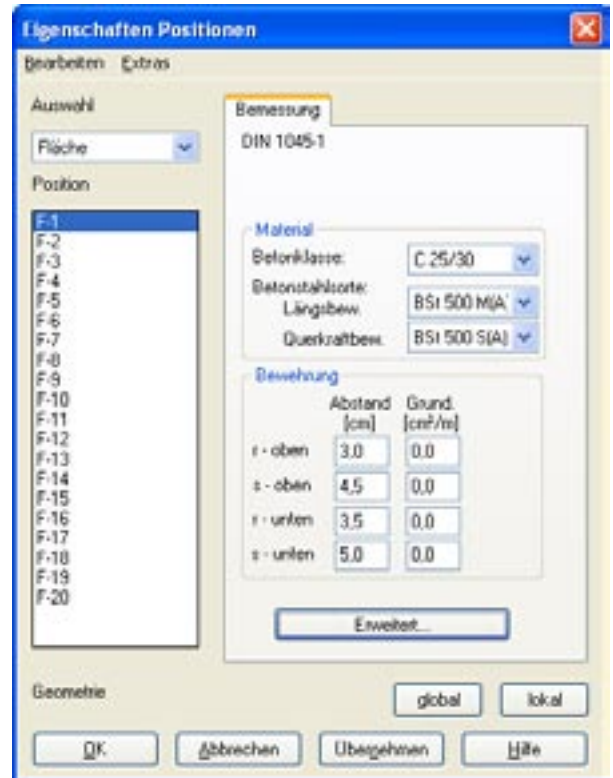


Bild 4: Eigenschaftendialog zur Festlegung der Bemessungsparameter

onstypen (z. B. Grundkombination, quasi-ständige Kombination etc.) für die gewählten Nachweise berücksichtigt.

Außerdem hat der Anwender immer die Möglichkeit, manuell Lastkombinationen für die Bemessung zu definieren (Bild 3).

Dabei muss er allerdings darauf achten, Kombinationen für alle Kombinationstypen zu bilden, die für die gewünschten Nachweise erforderlich sind. Konkret heißt das z. B., dass neben Grundkombinationen auch quasi-ständige Kombinationen gebildet werden müssen, falls der Rissnachweis aktiviert worden ist.

### Bemessung in MicroFe

Die Bemessung erfolgt in MicroFe für die Bemessungsschnittgrößen, die unter Berücksichtigung der maßgebenden Lastkombinationen des jeweiligen Kombinationstyps für jede Stelle (für jeden Elementknoten) vom Programm als ungünstig ermittelt wurden.

Grundlage zur Bemessung sind dabei die Einstellungen, die in der grafischen Ausgabe durch Anwahl des Menüpunktes „DIN 1045-1 / Bemessungsparameter“ vorgegeben werden können.

Dabei öffnet sich der Eigenschaften-dialog, wie er auch in der Eingabe verwendet wird (Bild 4 und 5 am Beispiel einer Schale). Hier werden alle Bauteile bzw. Positionen aufgeführt, für die eine Bemessung in MicroFe möglich ist.

Der Anwender kann nun für jede Position separat einstellen, welche Parameter bei den jeweiligen Nachweisen berücksichtigt werden sollen, ferner ob Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit, z. B. zur Begrenzung der Rissbreite, zusätzlich zur Bemessung im Grenzzustand der Tragfähigkeit geführt werden sollen.

Wenn er nun die Bemessung einer Position durchführt, wird immer zuerst die Biegebewehrung ermittelt.

Diese wird als vorhandene Längsbewehrung beim Querkraftnachweis und bei der Ermittlung der Rissbewehrung angesetzt.

Die Bemessung einer Position wird generell nur dann durchgeführt, wenn für diese Position noch keine Bemessungswerte vorhanden sind bzw. wenn sich die Bemessungsparameter für diese Position geändert haben.

### Bemessung bei nichtlinearer Berechnung

Der große Vorteil der Bemessung nach DIN 1045-1 in MicroFe liegt in der automatischen Kombinatorik und basiert darauf, dass die Ergebnisse einer linearen Berechnung superponiert werden können.

Bei nichtlinearen Berechnungen ist diese Superposition der Ergebnisse einzelner Lastfälle nicht möglich. Die Lastkombinationen müssen folglich schon vor der statischen Berechnung der Schnittgrößen definiert werden,



Bild 5: Dialog „Erweitert“

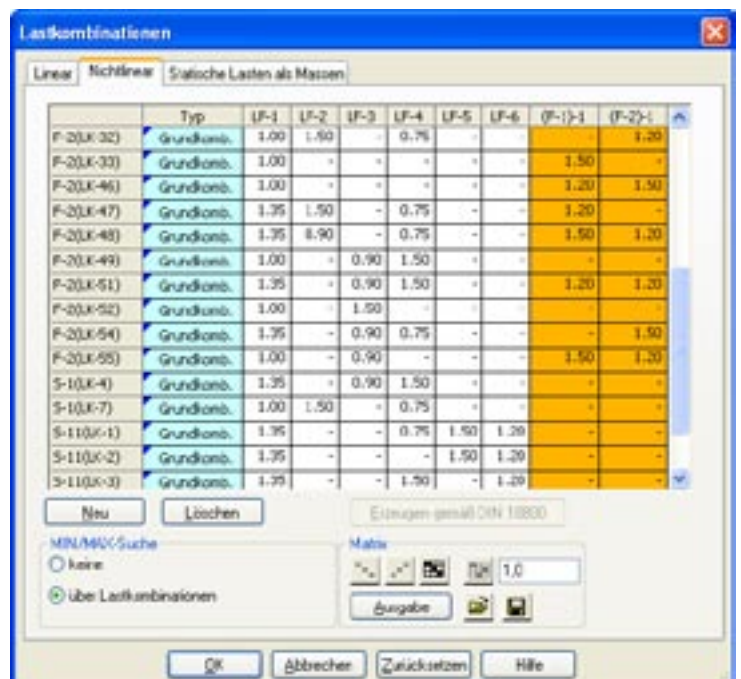


Bild 6: Lastkombinationsmatrix für die nichtlineare Berechnung

da die Iteration einer konstruktiven oder geometrischen Nichtlinearität nur bezüglich einer konkreten Belastungssituation erfolgen kann.

MicroFe unterstützt den Tragwerksplaner bei der Bildung der maßgebenden Lastkombinationen, indem die automatisch erzeugten Lastkombinationen einer vorhandenen linearen Berechnung übernommen werden können (Bild 6).

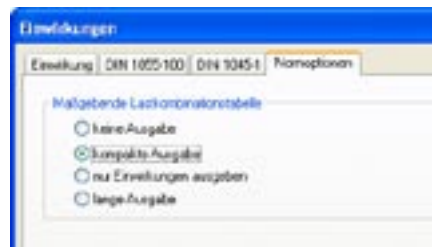
**Prüffähige Ausgabe**

Ein wichtiger Aspekt für den Tragwerksplaner ist die gedruckte statische Berechnung. Diese muss eine vollständige Beschreibung aller Modelle, Lastannahmen und Randbedingungen enthalten sowie die Ergebnisse, nach denen dann die Ausführungspläne erstellt werden können.

Im Zusammenhang mit den neuen Normen ist wichtig, dass vor allem nachvollziehbar dargestellt wird, dass alle anzusetzenden Lasten in allen maßgebenden Kombinationen für die zu führenden Nachweise als ungünstig berücksichtigt wurden.

Hierauf wurde bei der Gestaltung der Ausgaben besonderer Wert gelegt. Zu jeder Position, die in MicroFe bemessen wird, werden in der Ausgabe alle maßgebenden Lastkombinationen in einer Tabelle ausgegeben (Bild 7 bzw. 8). Der Umfang der Tabelle kann dabei in verschiedenen Stufen gesteuert werden, indem er im Dialog „Einwirkungen“ im Bereich Normoptionen entsprechend eingestellt wird.

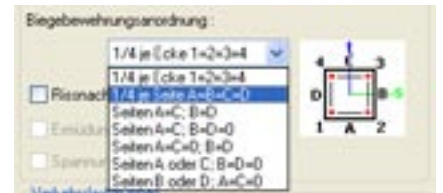
Für jede Stelle, für die ein Bemessungsergebnis ausgegeben wird, wird angegeben, aus welcher Last-



kombination dieses ermittelt wurde (Bilder 7 bzw. 8). So ist jederzeit nachvollziehbar, wie die Ergebnisse zustande kommen.

**Bemessung für Biegung mit und ohne Längskraft sowie Längskraft allein**

Die Biegebemessung wird in MicroFe unter Berücksichtigung der Spannungs-Dehnungs-Linien für Beton und Betonstahl gemäß DIN 1045-1, 9.1 und 9.2, sowie der Grenzdehnungsebenen gemäß DIN 1045-1, 10.2, geführt. Für stabförmige Bauteile wird eine erweiterte Bewehrungsanordnung unterstützt, die alle baupraktischen Fälle abdeckt.



**Querkraftbemessung**

Die Querkraftbemessung erfolgt in MicroFe anhand des Mörsch'schen Fachwerkmodells bzw. der daraus abgeleiteten Nachweise der DIN 1045-1.

Die Neigung der Druckstrebe wird vom Programm bezüglich der er-

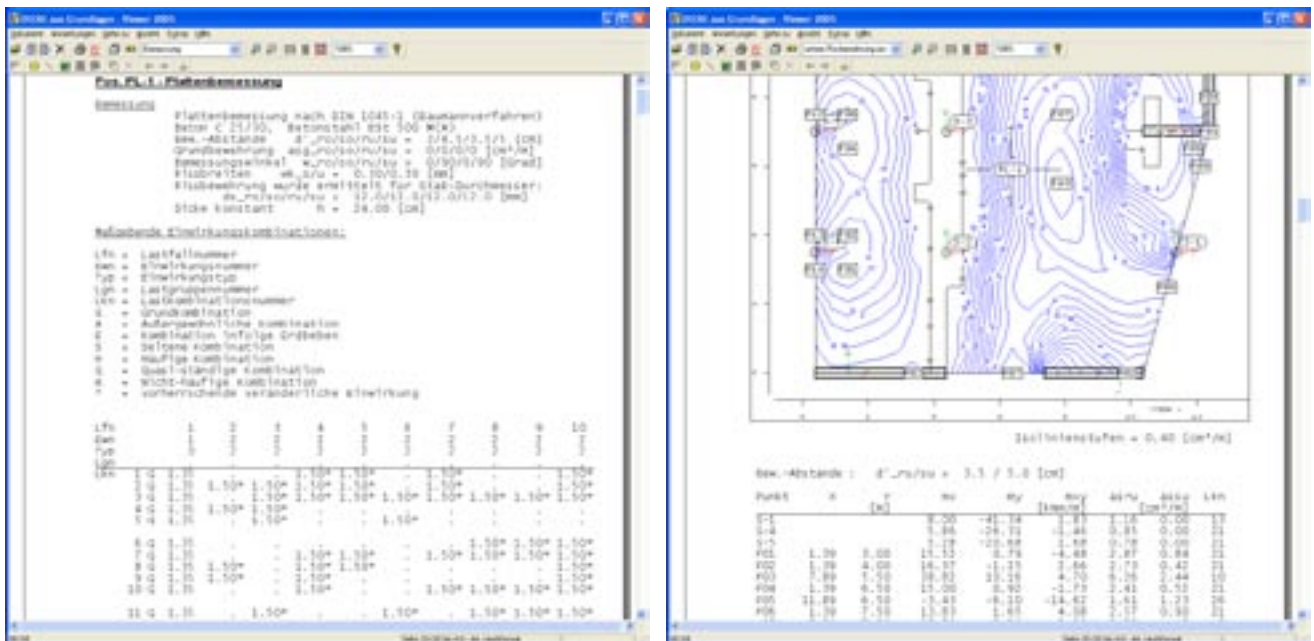


Bild 7: Ergebnissausgabe und Lastkombinationen für Biegebemessung

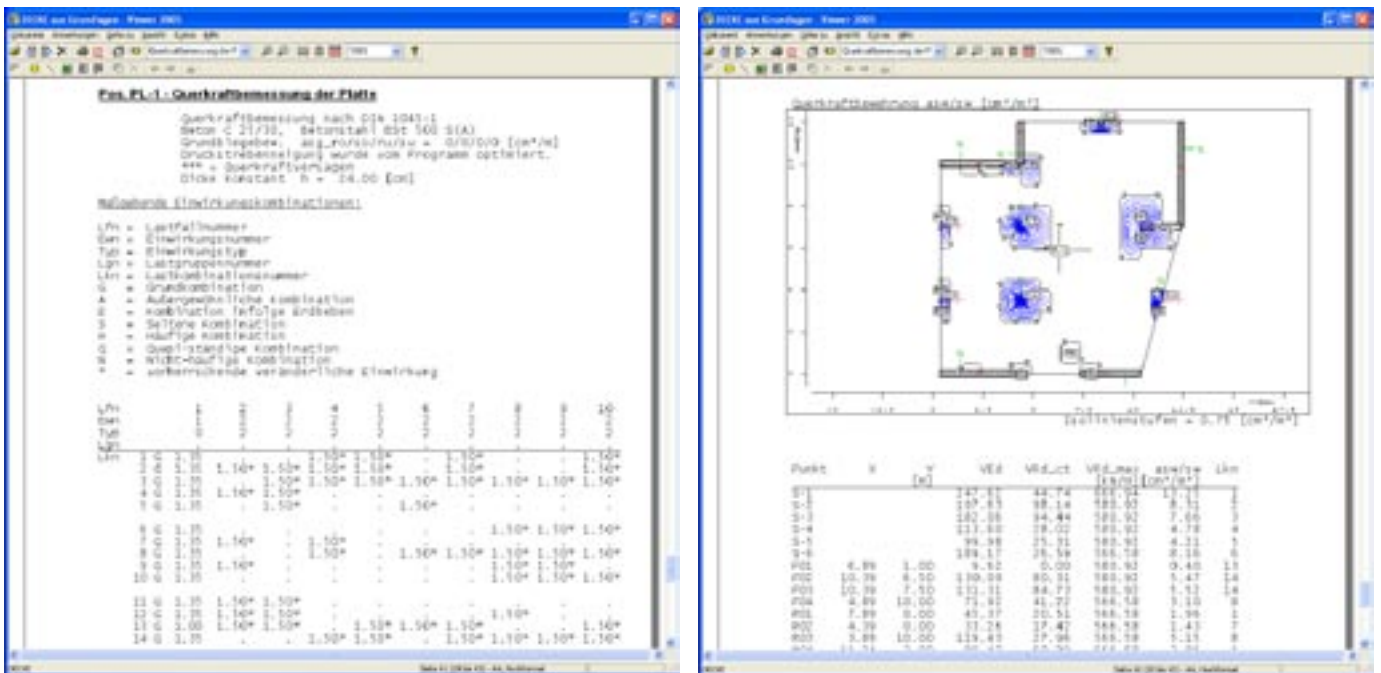


Bild 8: Ergebnisausgabe und Lastkombinationen für Querkräftbemessung

forderlichen Bewehrung im Rahmen der zulässigen Grenzen nach DIN 1045-1, 10.3.4 (3) optimiert. Sie kann allerdings auch manuell vorgegeben werden. Für die Ermittlung der Querkräfttragfähigkeit  $V_{Rd,ct}$  wird die im Rahmen der Biegebemessung ermittelte Bewehrung angesetzt.

**Torsionsbemessung**

Für stabförmige Bauteile, die eine Torsionssteifigkeit besitzen (für Unterzüge ist diese standardmäßig zu Null gesetzt), wird eine Bemessung für die Torsionsbeanspruchungen durchgeführt. Dabei wird die Überlagerung mit Biegebewehrung durch Summierung berücksichtigt. Die Längsbewehrung aus Torsion wird gleichmäßig in den Ecken des Querschnitts verteilt. Die Torsionsquerbewehrung wird aus der Lastkombination ermittelt, die die maximale Summe aus der zweifachen Torsionsquerbewehrung und der Querkräftbewehrung liefert.

**Durchstanzen**

Der Durchstanznachweis kann in MicroFe in einer Plattenberechnung

über allen Stützen durchgeführt werden. Dabei steht für jede Stütze im Eigenschaftendialog eine Registerkarte „Durchstanznachweis“ zur Verfügung (Bild 9).

Für die Bemessung wird die Stützenkraft als Durchstanzkraft herangezogen. Alternativ kann der Anwender selbst eine Durchstanzkraft vorgeben. Die Rundschnitte werden vom Programm unter Berücksichtigung von Öffnungen und freien Rändern gemäß DIN 1045-1, 10.5.2 automatisch ermittelt. Die Durchstanzbewehrung wird für jeden Rundschnitt unter Einbezug der Mindestdurchstanzbewehrung nach DIN 1045-1, 10.5.5 (5) und 13.3.3 (7), angegeben (Bild 10).

**Ermüdungsnachweis**

Der Nachweis gegen Ermüdung braucht gemäß DIN 1045-1, 10.8.1, für Tragwerke des üblichen Hochbaus im Allgemeinen nicht geführt zu werden. Für den Brückenbau ist der Ermüdungsnachweis erforderlich; dieser wird zur Zeit implementiert.

**Begrenzung der Spannungen**

Die Begrenzung der Spannungen braucht für Tragwerke des üblichen Hochbaus bei Einhaltung der Bedingungen nach DIN 1045-1, 11.1.1 (3), nicht geführt zu werden und ist für die Bemessung nach DIN 1045-1 in MicroFe nicht integriert.

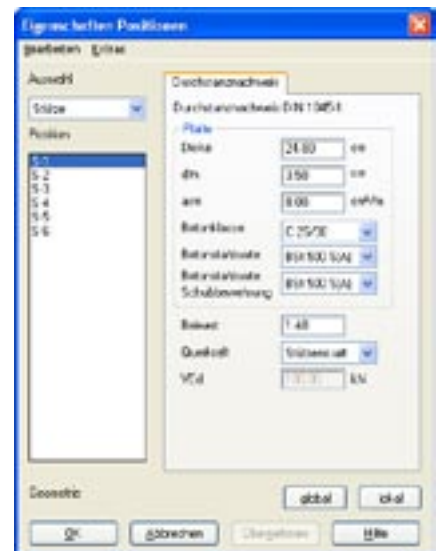


Bild 9: Dialog Eigenschaften Durchstanznachweis



Bild 10: Ausgabe Durchstanznachweis

Für die Bemessung von Brückenbauwerken nach DIN-Fachbericht 102 steht dieser Nachweis jedoch in MicroFe zur Verfügung.

## Begrenzung der Rissbreiten

Die Begrenzung der Rissbreite besteht in MicroFe entweder in der Ermittlung von Grenzdurchmessern an allen Nachweisstellen oder in der Ermittlung der erforderlichen Bewehrung für einen vorgegeben Durchmesser. Dieser kann für alle Bauteiloberflächen getrennt vorgegeben werden.

Grundlage ist dabei immer die Angabe der zulässigen Rissbreite. Diese kann pro Oberfläche des Bauteils eingegeben werden (Bild 11).

Als vorhandene Längsbewehrung wird die bei der Biegebemessung ermittelte Bewehrung zugrunde gelegt.

Zusätzlich zum Nachweis der Begrenzung der Rissbreite kann eingestellt werden, ob eine Mindestbewehrung für die Begrenzung der Rissbreite nach DIN 1045-1, 11.2.2, berechnet werden soll. Diese dient der Aufnahme von Zwangeinwirkungen und Eigenspannungen.

Im Dialog kann auch eingestellt werden, welcher Kombinationstyp als Grundlage zur Ermittlung der Bemessungsschnittgrößen herangezogen werden soll. Voreingestellt ist hier die quasi-ständige Kombination, die für Stahlbetontragwerke im allgemeinen Hochbau gültig ist.

Um z. B. weiße Wannen oder andere spezielle Konstruktionen nachweisen zu können, kann hier aber auch die Bemessung für häufige, nicht-häufige und seltene Kombinationen ausgewählt werden. ( siehe Fachartikel Seite 48 ff. )



Bild 11: Dialog Rissnachweis

## Fazit

Die Bemessung nach DIN 1045-1 in Verbindung mit der DIN 1055-100 erfordert selbst für einfache FE-Modelle eine Vielzahl von zu untersuchenden Lastkombinationen.

MicroFe unterstützt den Tragwerksplaner hierbei durch die automatische Kombinatorik unter Anwendung von DIN 1045-1 und DIN 1055-100.

Die Aufgabe des Anwenders besteht dabei lediglich darin, Lastfälle Einwirkungen zuzuordnen und diese zu typisieren.

Die (Druck-)Ausgabe erlaubt dabei zu jedem einzelnen Bemessungsergebnis die Zuordnung der zugehörigen Lastkombination. Damit erhält der Tragwerksplaner als „Endprodukt“ eine prüffähige, nachvollziehbare statische Berechnung.

Dipl.-Ing.(FH) Michael Wiescher  
 Entwicklung MicroFe  
 mb AEC Software GmbH  
 mb-news@mbaec.de