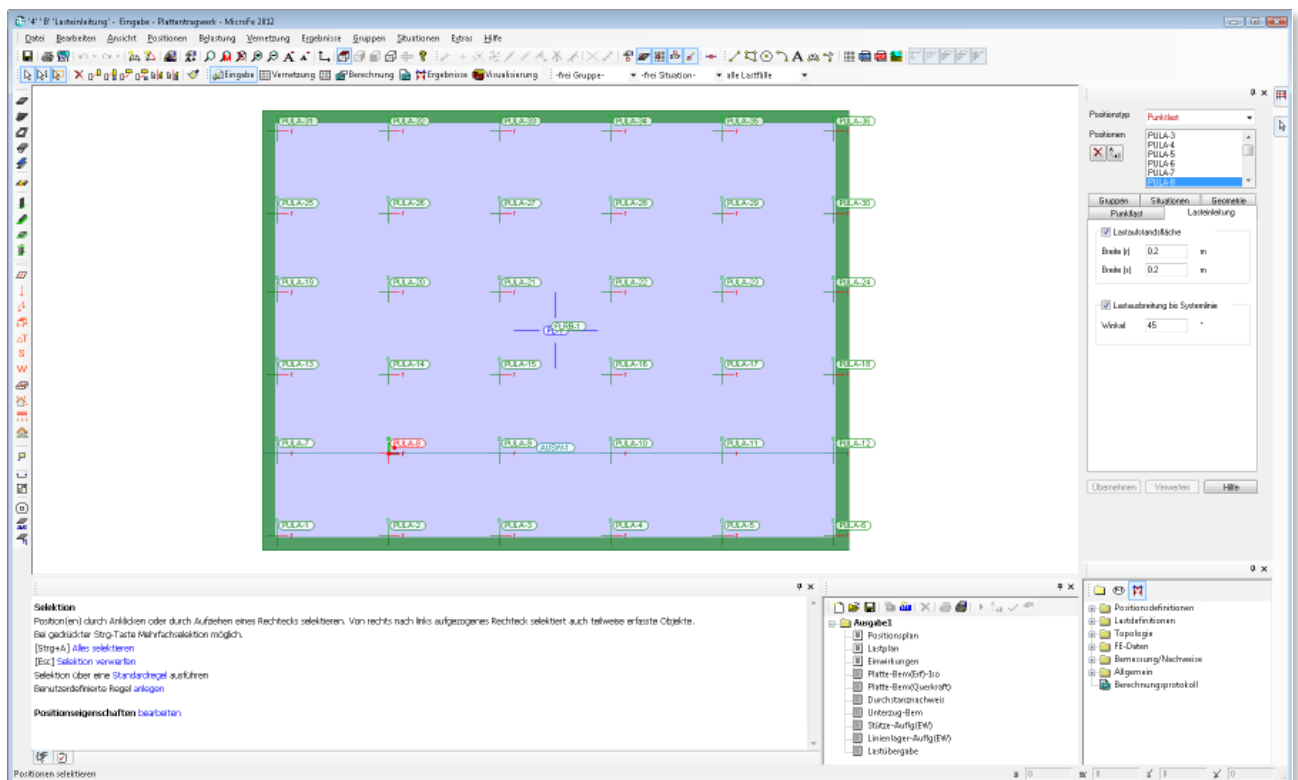


Dipl.-Ing. Sascha Heuß

# Einleitung von Punktlasten

## Realistische Schnittgrößen in MicroFe durch Vermeidung von Singularitäten

Die Finite-Elemente-Methode (FEM) ist ein modernes numerisches Verfahren zur näherungsweise Lösung von partiellen Differentialgleichungen. Es ist dabei unvermeidlich, dass z.B. im Bereich von Punktlagerungen, einspringenden Wandoecken oder Angriffspunkten von Einzellasten Singularitäten entstehen, deren Deutung – teilweise aus Unkenntnis der mechanischen Zusammenhänge – kontrovers diskutiert wird. MicroFe stellt mit den Verfeinerungen im Bereich von Stützen und der „Lasteinleitung“ von Punktlasten Werkzeuge zur Verfügung, die diese Effekte deutlich mildern, um derartige Diskussionen von vornherein zu umgehen.



## Grundlagen

### Ursache für Singularitäten

Die Finite-Elemente-Methode liefert eine Näherungsfunktion an die exakte Lösung einer Differentialgleichung. Ein wesentliches Merkmal ist die Aufteilung des Berechnungsgebietes in eine beliebige Anzahl endlich (finit) großer Elemente. Für diese Elemente werden Ansatzfunktionen gebil-

det, die in die Differentialgleichung eingesetzt werden und zusammen mit den Anfangs-, Rand- und Übergangsbedingungen ein Gleichungssystem bilden, das numerisch gelöst wird. Bei der Definition der Randbedingungen ist darauf zu achten, dass die Wirklichkeit hinreichend genau abgebildet wird, der Rechenaufwand aber gleichzeitig in überschaubaren Grenzen gehalten wird. Eine übliche Vereinfachung

ist, die Abbildung von Lasten aus Stützen o.ä. als Punktlasten vorzunehmen. Da eine Punktlast keine Ausdehnung hat, gehen die Schnittgrößen im Angriffspunkt der Punktlast gegen unendlich.

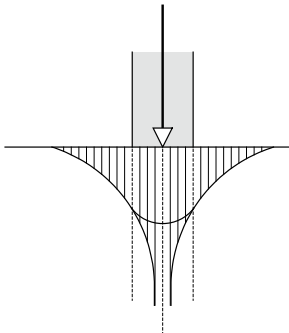


Bild 1. Momentenverlauf unter Einzellasten

Aufgrund ihres Näherungsansatzes ist die FE-Methode jedoch nicht in der Lage, unendliche Verformungs- oder Spannungsgrößen am Ort der Singularitäten anzugeben. Es werden endliche Werte errechnet, die mit zunehmender Netzverfeinerung stetig ansteigen. Hierin ist jedoch keine Schwäche der FE-Methode an sich zu sehen, sondern eine Unsauberkeit in der Modellierung. In der Praxis gibt es keine Lasten, deren Aufstandsfläche Null ist. Außerdem entziehen sich Materialien der Belastung durch nichtlineares Verhalten wie Plastizierung oder Rissbildung.

### Interpretation der Ergebnisse

Häufig wird versucht, durch extrem feine Elementunterteilungen in der Nähe des Lastangriffspunktes scheinbar exaktere Schnittgrößen zu ermitteln. Dieses Vorgehen ist aus oben genannten Gründen jedoch nicht zielführend, da der Spitzenwert keine Aussagekraft bezüglich der Bemessung besitzt. Integriert man die Schnittgrößen jedoch über eine angemessene Breite unterhalb der Einzellast, so wird man feststellen, dass sich nur unerhebliche Differenzen bei unterschiedlicher Elementierung ergeben.

### Verbesserung der Modellierung

#### Modellierungsoptionen in MicroFe

Singularitäten sind unvermeidbar, die sichtbaren Effekte können aber in MicroFe mit geringem Aufwand gemildert werden.

Für die Modellierung von Stützen stehen schon seit längerer Zeit mehrere Optionen zur Verfügung, die von einem einzelnen starren Punktlager bis zu einer Lagerung über Koppelfederelemente in Größe der Stützenabmessungen reichen. Aufgrund der positionsorientierten Eingabe kann der Anwender durch Aktivierung der Checkboxes „Verfeinerung“ und „Koppelfederelement“ auf diese Funktionalitäten zugreifen, ohne manuell Änderungen an der Vernetzung oder den Lagerungsbedingungen vornehmen zu müssen. Die entsprechenden Steifigkeiten werden aus der vorgegebenen Stützengeometrie und den Materialeigenschaften generiert, die Anpassung der Vernetzung und der Lagerungsbedingungen erfolgt programmseitig.

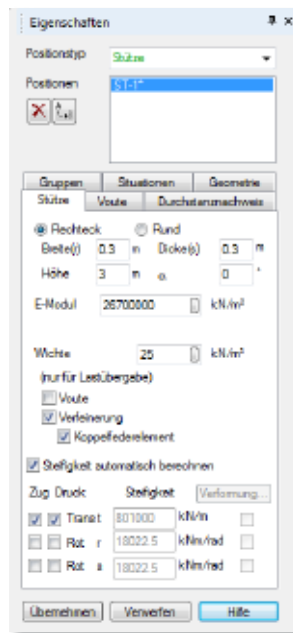


Bild 2. Verbesserung der Modellierung bei Stützen

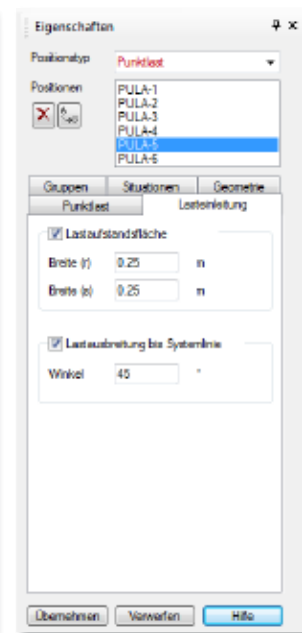


Bild 3. Eingabedialog Lastausbreitung

Analog hierzu bietet MicroFe ab sofort die Möglichkeit, Einzellasten im Register „Lasteinleitung“ mit einer Aufstandsfläche zu versehen. Die Einzellasten gehen somit nicht mehr als Punktlasten, sondern als Flächenlasten mit den Abmessungen der Lastaufstandsflächen in die FE-Berechnung ein. Weiterhin kann über die Eingabe eines Lastausbreitungswinkels die Flächenlast bis zur Mittellinie der Platte ausgebreitet werden.

Dies hat den Vorteil, dass bei Änderungen der Plattendicke keine anwenderseitigen Korrekturen von Aufstandsfläche und Flächenlastordinate vorgenommen werden müssen.

Die deutlich verbesserte Modellierung wird also ohne Mehraufwand in der Eingabe erreicht.

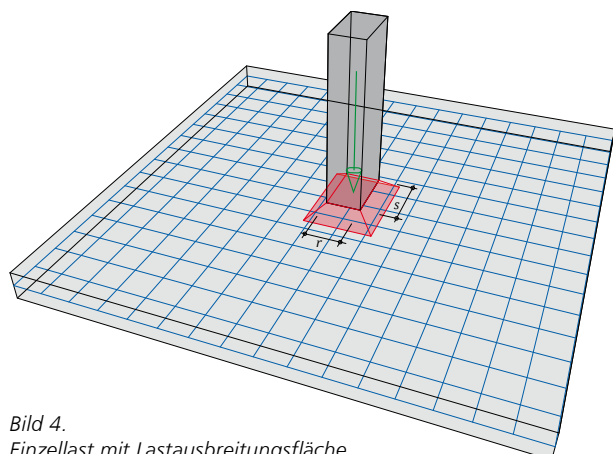


Bild 4. Einzellast mit Lastausbreitungsfläche



# MicroFe 2012

## Finite Elemente-System für das Bauwesen

Architecture, Engineering, Construction.  
mb WerkSuite 2012

Finite Elemente-System zur Berechnung und Bemessung von:

- Platten
- Scheiben
- faltwerken
- Stabtragwerken
- Mischsystemen
- Stahlbeton
- Stahl- und Holzbau

MicroFe ist ein modular aufgebautes Finite-Elemente-Programm, das speziell für die Anforderungen der Tragwerksplanung im Bauwesen konzipiert wurde. Es dient der Analyse und Bemessung (Stahlbeton) von ebenen und räumlichen Stab- und Flächentragwerken. Spezielle Eingabemodule (Platte, Scheibe, allg. 3D-Faltwerk, Geschossbauten...) ermöglichen eine zügige und komfortable Eingabe verschiedenster Tragsysteme.

### Die Leistungen in Stichworten:

- grafische Eingabe
- Visualisierung
- Unterzugsbemessung
- Bettungszifferverfahren
- Steifezifferverfahren

**MicroFe comfort 2012** **3.990,- EUR**  
**MicroFe-Paket „Platte + räumliche Systeme“**

Berechnung und Bemessung (DIN 1045-1) von ebenen und räumlichen Stab- und Flächentragwerken (Platten, Scheiben, faltwerke)

**Update MicroFe comfort 2012** **899,- EUR**  
 Update von MicroFe comfort 2011

**PlaTo 2012** **1.490,- EUR**  
**MicroFe-Paket „Platten“**

Berechnung und Bemessung (DIN 1045-1) von Decken- und Bodenplatten

**Update PlaTo 2012** **349,- EUR**  
 Update von PlaTo 2011

© mb AEC Software GmbH.  
Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Es gelten unsere Allg. Geschäftsbedingungen.

Betriebssysteme:  
Windows® XP  
Windows® Vista (32/64)  
Windows® 7 (32/64)

Alle Preise zzgl. Versandkosten und ges. MwSt. Hardlock für Einzelplatzlizenz, je Arbeitsplatz erforderlich (95,- EUR). Folgekosten- und Netzwerkbedingungen auf Anfrage.

## Bestellung

Antwort an mb AEC Software GmbH, Europaallee 14, 67657 Kaiserslautern  
Telefon: 0631 30333-11, E-Mail: info@mbaec.de, Internet: www.mbaec.de



# Fax 0631 30333-20

Absender:

Bitte Zutreffendes ankreuzen

**Bestellung**

Hardlock-Nr. (falls vorhanden)

**Ich wünsche eine persönliche Beratung und bitte um Rückruf**

**Ich bitte um Zusendung von Informationsmaterial**

Firma

Kunden-Nr. (falls vorhanden)

Titel, Vorname, Name

Straße, Hausnummer (ggf. App.-Nr., etc.)

PLZ/Ort

Telefon/Fax

E-Mail

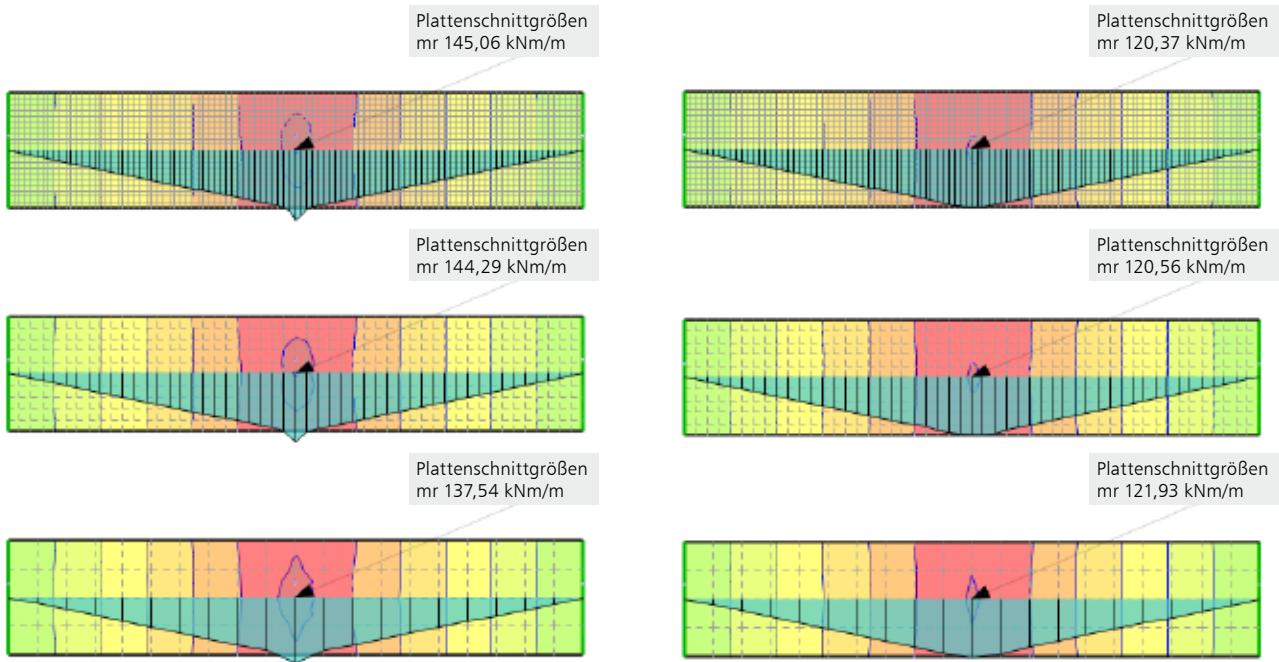


Bild 5. Beispiel; links „ohne Lasteinleitung“, rechts „mit Lasteinleitung“

## Beispiel

Ein einachsig gelagerter Plattenstreifen (5,0 x 1,0 m) wird mittig mit einer Einzellast von 100 kN belastet. Dargestellt wird der Momentenverlauf in Plattenmitte. Links wurden die Punktlasten ohne Lastausbreitung eingegeben, rechts mit einer Aufstandsfläche von 30 x 30 cm und einem Lastausbreitungswinkel bis zur Mittelebene von 45°. Die Maschenweiten des FE-Netzes wurden von oben nach unten zu 5 x 5 cm, 10 x 10cm und 25 x 25 cm gewählt.

Folgende Effekte können abgelesen werden:

- **Ohne Lastausbreitung** werden in allen Fällen im Singularitätspunkt die Schnittgrößen um bis zu 20% überschätzt. Die Schnittgrößen wachsen mit steigender Netzverfeinerung.
- **Mit Lastausbreitung** sind die Schnittgrößenunterschiede bei unterschiedlicher Verfeinerung marginal (hier <1,3%). Die Schnittgröße wird mit sehr guter Näherung bei allen Netzen gefunden.

## Anwendung

Zu spürbaren Reduktionen in der Biegebewehrung kommt man stets in Fällen, bei denen die Einzellasten dominieren und die maximale Schnittgröße direkt unter der Einzellast zu erwarten ist. Dies können z.B. von Gabelstaplern befahrende Decken, elastisch gebettete Bodenplatten mit Stützenbelastung, Bodenplatten von Hochregallagern oder auch ein schwimmender Estrich auf Dämmung sein.

## Fazit

Die Berücksichtigung der Lastaufstandsfläche und Lastausbreitung bei Punktlasten führt zu realistischen Schnittgrößen mit betragsmäßig kleineren Ordinaten. Die Qualität der Ergebnisse ist unabhängig von der Maschenweite des FE-Netzes. Sofern am Ort der Lasteinleitung bemessungsmaßgebende Schnittgrößen erwartet werden, führt der Gebrauch dieser Option zu deutlich wirtschaftlicheren Bemessungsergebnissen.

Dipl.-Ing. Sascha Heuß  
mb AEC Software GmbH  
mb-news@mbaec.de

## mbAEC Aktuelle Angebote

<b>MicroFe 2012 comfort</b> MicroFe-Paket „Platte + räumliche Systeme“	<b>3.990,- EUR</b>
<b>MicroFe comfort - Update</b> Update von MicroFe 2011 comfort	<b>899,- EUR</b>
<b>PlaTo 2012</b> MicroFe-Paket „Platten“	<b>1.490,- EUR</b>
<b>PlaTo - Update</b> Update von PlaTo 2011	<b>349,- EUR</b>

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: Oktober 2011

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