

Einleitung

Die Berechnung und Bemessung nach den Normen DIN 1055 und DIN 1045-1 bzw. DIN 18800 gemäß dem Konzept mit partiellen Sicherheiten erfordern verschiedene Vorgehensweisen bei linearen und nichtlinearen Modelleigenschaften. Die erforderlichen Berechnungswege werden **beispielhaft beschrieben für das Plattenmodell**.

Vorbemerkung 1: Nichtlineare Modelleigenschaften sind

- Konstruktive Nichtlinearitäten wie Zug-/Druckausschaltung für Lagerungen oder einseitig wirkenden Verbindungen mit Ausschluss von Zug- oder Druckkräften
- Geometrische Nichtlinearität wie Berechnung nach Theorie 2. Ordnung bzw. 3. Ordnung. (für Plattenmodell nicht relevant).

Vorbemerkung 2: Zuordnung der Belastungsangaben

- > Einwirkungen (u.a. zeitliche Veränderlichkeit)
- >> Lastfälle (Herkunft, Ursache)
- >>> Lasten (Intensität, Angriffsstellen, Richtung)

Einwirkungen werden gemäß ihrer zeitlichen Veränderlichkeit klassifiziert in

- ständige Einwirkungen, dazu gehören die Lastfälle z.B. Konstruktionslasten
- nichtständige (veränderl.) Einwirkungen, dazu gehören die Lastfälle z.B. Verkehrslasten, Schnee, Wind...
- außergewöhnliche Einwirkungen mit den Lastfällen z.B. aus Fahrzeuganprall, Erdbeben usw.

Wenn nichtlineare Eigenschaften gemäß Punkt a im Modell vorhanden sind, **kann** das Modell nichtlinear berechnet werden. Dies aktiviert man im Dialog Berechnung (Bild 1). In den Fällen gemäß Punkt b **muss** dagegen nichtlinear berechnet werden.

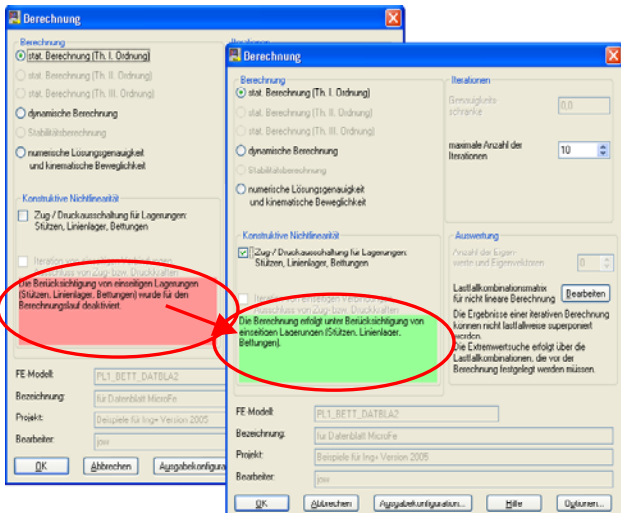


Bild 1

1. Lineare Berechnung

Das Modell hat keine nichtlineare Eigenschaften oder soll zunächst **ohne** solche Eigenschaften gerechnet werden (Einstellung gemäß Bild 1 links im Berechnungsdialog).

Die statische Berechnung erfolgt entsprechend der Belegung der Matrix der linearen Lastkombinationen. Diese ist standardmäßig in einer einzeiligen linearen Lastkombination für alle LF mit 1.0 vorbelegt (Bild 2). Sie kann auch manuell mit anderen Faktoren belegt werden.

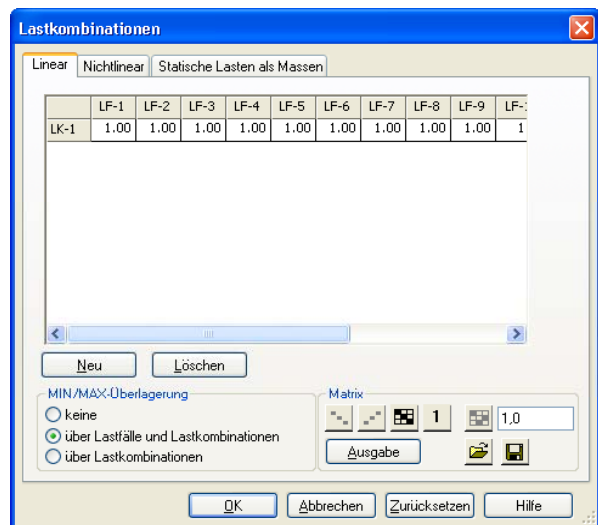


Bild 2

Damit werden die Verformungen, Schnitt- und Auflagergrößen bei Einstellung gemäß Bild 2 als charakteristische Werte pro Lastfall berechnet. Je nach der eingestellten Option der MIN/MAX-Überlagerung ["keine" | "über Lastfälle und Lastkombinationen" | "über Lastkombinationen"] werden die Schnitt- und Auflagergrößen über das Menü „Ergebnisse“ bzw. über die Stapelausgabe **als charakteristische Größen** ausgegeben.

Für die Bemessung sind zunächst die Lastfälle den Einwirkungen zuzuordnen (Bild 3 links).

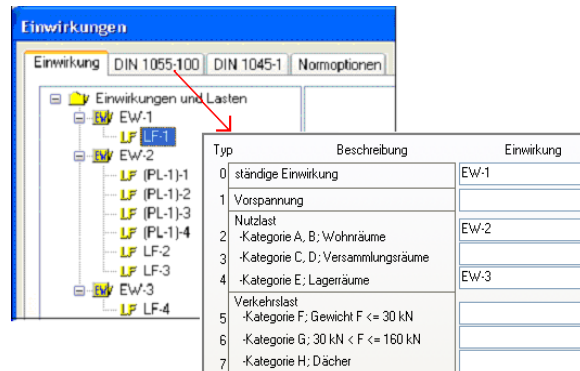


Bild 3

Das Registerblatt DIN 1045-1 gestattet die Wahl zwischen zwei alternativen Einstellungen zur Vorgabe der Einwirkungskombinationen für die Bemessung (Bild 4):

- automatische Kombination der Einwirkungen
- manuelle Definition der Einwirkungskombinationen

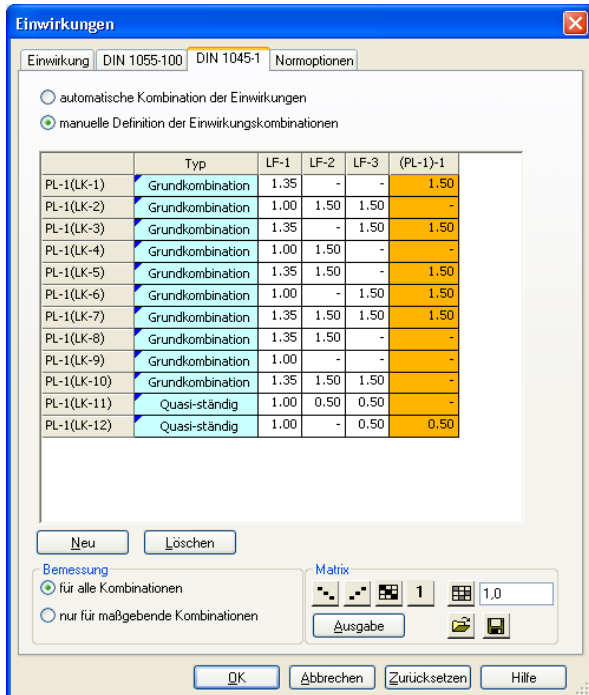


Bild 4

Die Bemessung erfolgt entweder direkt über die Stapelausgabe oder über die grafische Ausgabe.

Dabei werden im Fall der Einstellung a. die Bemessungsschnittgrößen unter Berücksichtigung der Teilsicherheitsbeiwerte und Kombinationsbeiwerte durch eine **automatische interne Kombinatorik** ermittelt. Dies erfolgt gemäß der Zuweisung der Lastfälle zu den Einwirkungen (Bild 3) und deren Typisierung (Registerblatt DIN 1055-100 in Bild 3, rechts).

Damit werden je nach durchzuführendem Nachweis (Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit) **alle** erforderlichen Einwirkungskombinationen (Grundkombinationen, außergewöhnliche Kombinationen, quasi-ständige Kombinationen ...) gebildet.

Die **maßgebenden Einwirkungskombinationen** werden in der Stapelausgabe zu Beginn der Bemessungstabelle der jeweiligen Position ausgegeben:

In der Ausgabezeile der Bewehrung (Bild 6) wird dann der Index der für diesen Punkt maßgebenden

Maßgebende Einwirkungskombinationen:

Lfn = Lastfallnummer
Ewn = Einwirkungsnummer
Typ = Einwirkungstyp
Lgn = Lastgruppennummer
Lkn = Lastkombinationsnummer
G = Grundkombination
A = Außergewöhnliche Kombination
E = Kombination infolge Erdbeben
S = Seltene Kombination
H = Häufige Kombination
Q = Quasi-ständige Kombination
s = Seltene Kombination aus Dichtheitsnachw
q = Quasi-ständige Kombination aus Dichthei
N = Nicht-häufige Kombination
* = vorherrschende veränderliche Einwirkung

Lfn	Ewn	Typ	Lgn	Lkn
1	1	0	.	1 Q
2	2	2	.	2 Q
3	2	2	.	3 Q
4	2	2	.	4 G
5	2	2	.	5 Q
6	1	.	.	6 Q
7	1	.	0.30	7 Q
8	1	.	.	8 Q
9	1.35	1.50*	1.50*	9 G
10	1.35	.	1.50*	10 G
11	1.00	0.30	.	11 Q
12	1.00	1.50*	1.50*	12 G

Bild 5

den Einwirkungskombination angegeben (Spalte Lkn):

Für jede ausgewählte Bemessungsposition wird die zugehörige Datei der zuletzt maßgebenden

Erforderliche obere Bewehrung as_{so} [cm²/m]

Bew.-Abstand : $d_{so} = 3.0$ [cm]

Punkt	X	Y	mx	my	mxy	mEd	as	Lkn
	[m]	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[cm ² /m]	
F01	2.10	0.70	-0.83	-15.71	6.97	-22.68	2.31	11
F02	7.70	1.40	-9.35	-40.43	2.67	-43.10	4.45	4
R01	0.00	0.00	-22.83	-58.21	-3.81	-62.02	6.49	1
R02	4.00	1.40	20.98	-10.10	5.12	-11.35	1.15	2
R03	3.50	4.00	0.32	-4.25	4.24	-8.49	0.85	3
R04	4.90	0.00	4.79	-8.09	15.77	-23.86	2.43	4
R05	12.00	1.40	-1.67	-42.29	1.58	-43.87	4.53	5
R06	7.70	4.30	0.54	-3.43	1.90	-5.33	0.54	9
R07	4.90	6.00	-1.04	-0.39	1.39	-1.78	0.18	10
R08	2.80	6.00	2.76	0.17	3.00	-2.83	0.28	5

Bild 6

Einwirkungskombinationen je nach Ausgabeoption, z.B. PL-BEM-ISO, in den Ordner *<Projekt>.lkm* gespeichert (Bild 7) und steht im Weiteren zur Verfügung.

Der lineare Berechnungs- und Bemessungsweg ist damit abgeschlossen und kann gleichzeitig als

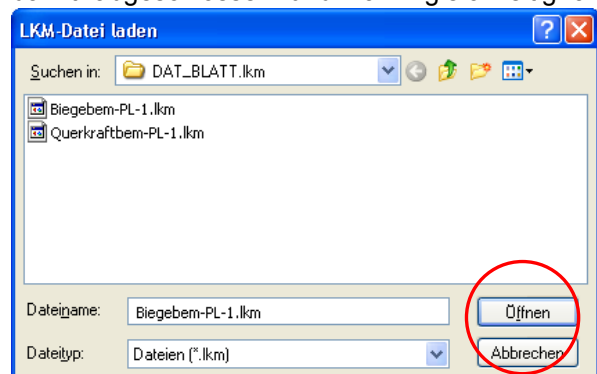


Bild 7

Anfangsschritt für eine ggf. erforderliche nichtlineare Untersuchung genutzt werden. Dafür ist beispielsweise das Auftreten von Zugkräften in den Auflagern zu prüfen:

2. Nichtlineare Berechnung und Bemessung

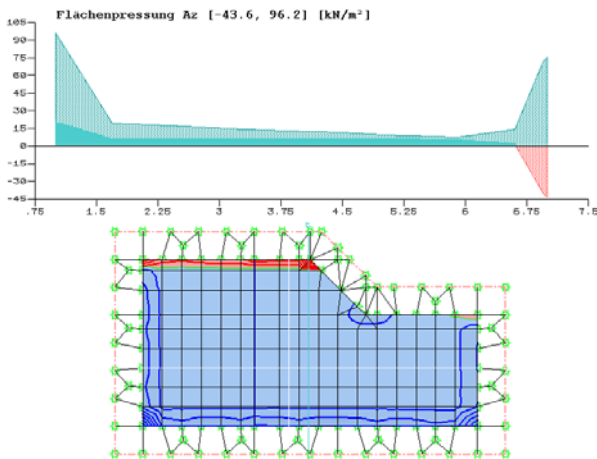


Bild 8

Tritt Zugbeanspruchung auf, ist im Allgemeinen eine nichtlineare Berechnung erforderlich. In der Eingabe müssen über „Belastung \ Lastfälle \ Lastkombination / Nichtlinear“ nun die Lastkombinationen **vorab** manuell definiert werden mit durch Teilsicherheitsbeiwerte und Kombinationsbeiwerte „gewichteten“ Lastfällen.

Bei komplexen Systemen kann das allerdings sehr aufwändig sein.

MicroFe bietet dafür eine optimale Lösung, den **Import der aus der linearen Bemessung erzeugten maßgebenden Einwirkungskombinationen** (Bild 9):

Schritt 1: Über „Datei öffnen“-Schalter den Dialog „LKM-Datei laden“ öffnen;

Schritt 2: die *.lkm Dateien auswählen;

Schritt 3: auf das nichtlineare Registerblatt laden.

Diese importierten Einwirkungskombinationen sollten ggf. noch ingenieurmäßig bearbeitet werden, bspw. Anzahl der Kombinationen sinnvoll reduzieren.

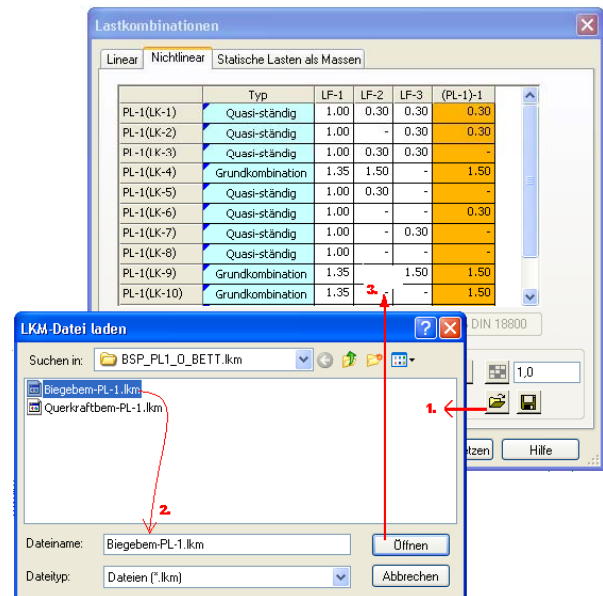


Bild 9

Das Modell kann nun nichtlinear gerechnet und bemessen werden unter Zuschaltung der Zug-/Druckausschaltung im Berechnungsdialog, Bild 1.

Alle Ergebnisse wie Verformungen, Schnitt- und Auflagergrößen sind dann **Bemessungswerte**.

Die Ermittlung von **charakteristischen Werten** erfordert eine zweite statische Berechnung und kann folgendermaßen vorgenommen werden (Bild 10):

1. Speicherung der nichtlinearen Kombinationsmatrix;
2. über Schalter „1“ die Matrix normieren (alles auf 1.0 setzen);
3. Statische Berechnung durchführen und Ergebnisse ausgeben entweder über Stapelausgabe oder grafische Ausgabe

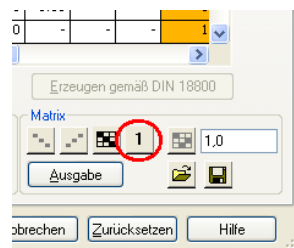


Bild 10

Hinweis: Die Bilder 4, 5, 6, 8, 9, 10 sind auf der Grundlage des modifizierten Berechnungsbeispiels BSP_PL1 aus dem Beispielordner entstanden.