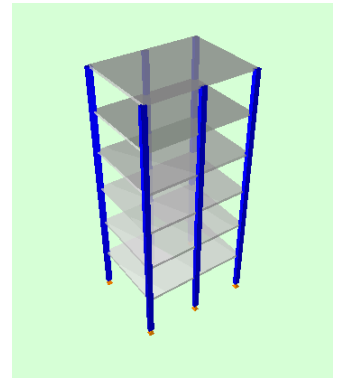


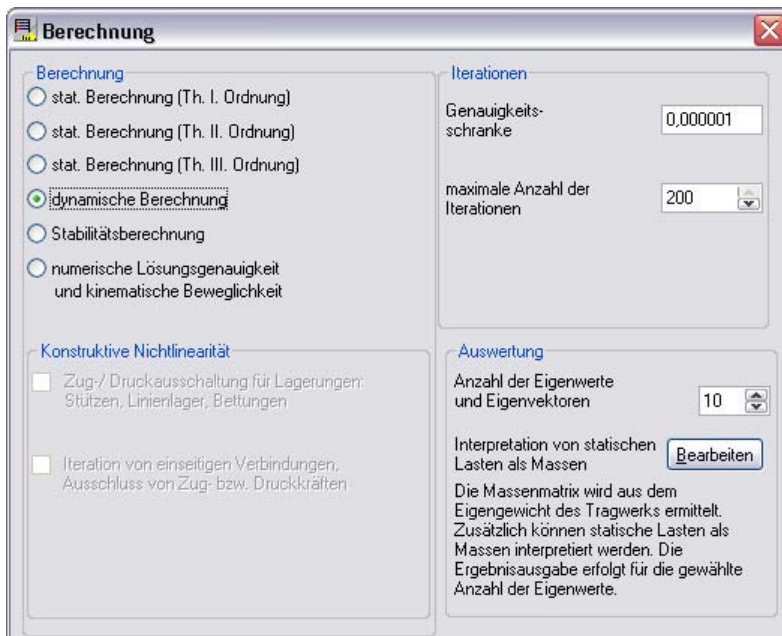
Thema

Die Beurteilung der Erdbebensicherheit von Tragwerken in MicroFe basiert auf der Antwortspektrenmethode. Für jede eingegebene Erregung werden seismische Ersatzlasten generiert. Nach einer statischen Berechnung werden die einzelnen modalen Ergebnisse in seismische Lastfälle zusammengefasst. Diese Lastfälle werden entsprechend den geltenden Normen mit den statischen Lastfällen in Lastkombinationen überlagert.

An neben dargestelltem System soll das prinzipielle Vorgehen beim der Untersuchung der Erdbebensicherheit gezeigt werden.

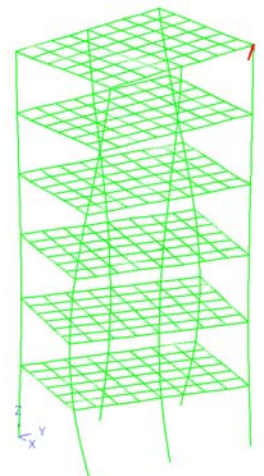


Dynamische Berechnung



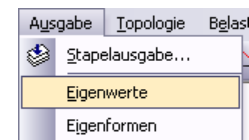
Der erste Schritt ist die dynamische Berechnung, um die Eigenfrequenzen und Eigenvektoren des Systems zu ermitteln. Neben der Berücksichtigung der Massen aus Eigengewicht ist es auch möglich, statische Lasten als Massen zu interpretieren.

Als Ergebnis der dynamischen Berechnung können in der grafischen Ausgabe unter „Ergebnisse / Eigenform“ die zu den Eigenvektoren zuge-

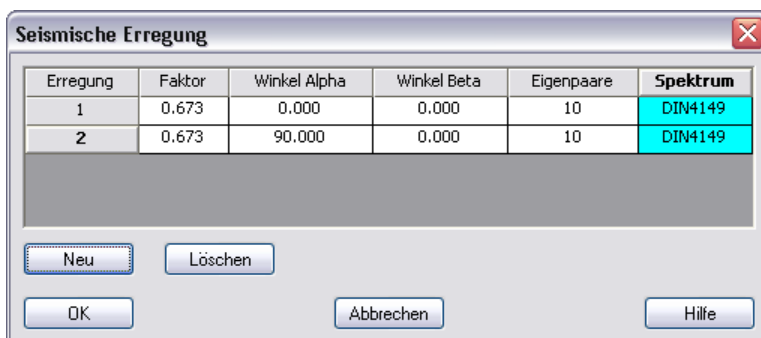


hörigen Eigenformen grafisch dargestellt werden.

Die tabellarische Ausgabe der Eigenwerte und Eigenformen erfolgt über „Ausgabe / Eigenwert bzw. Eigenform“.



Definition der seismischen Erregung

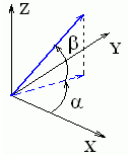


Nach der dynamischen Berechnung werden in der grafischen Ausgabe unter "Ergebnisse / Seismische Erregung" eine oder mehrere Erregungen definiert.

Durch Mausklick auf die Schaltfläche "Neu" wird in diesem Dialog eine neue Erregung angelegt.

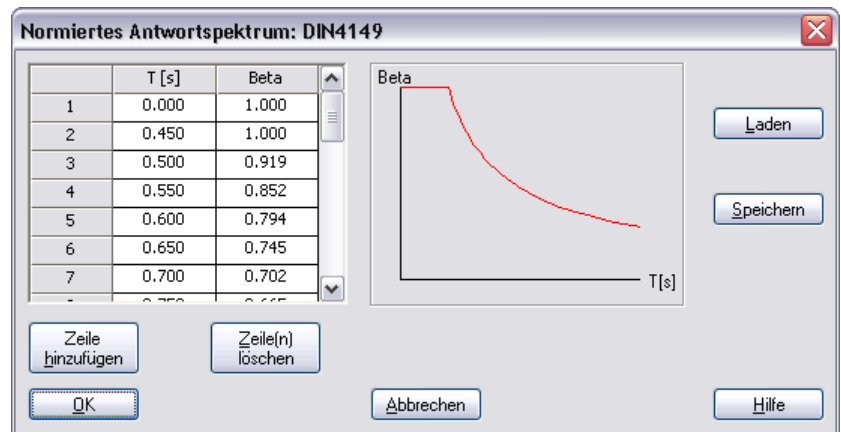
Folgende Parameter sind zu belegen:

- **Faktor** dient zur Skalierung der einzelnen Antwortspektren. Bei DIN 4149 entspricht dieser Wert α .
- **Winkel Alpha** und **Winkel Beta** bestimmen die Richtung der Erregung bezogen auf das globale Koordinatensystem. *Winkel Alpha* dreht die Richtung in der XY-Ebene, *Winkel Beta* richtet die Erregung vertikal auf.
- **Eigenpaare** ist die Anzahl der zu berücksichtigenden Eigenformen. Diese Anzahl muss kleiner oder gleich den berechneten Eigenpaaren der vorangehenden dynamischen Berechnung sein.



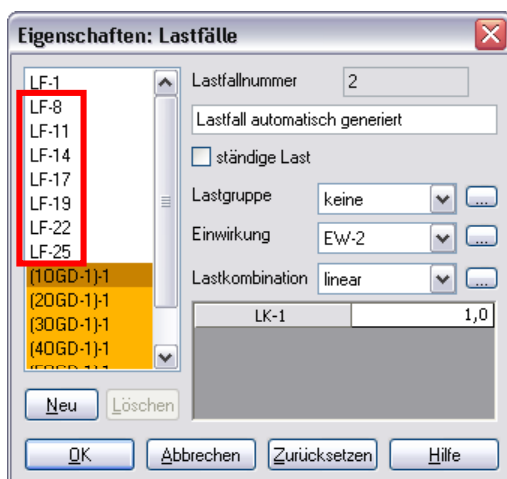
- **Spektrum** ist das Antwortspektrum, das als Grundlage für die Erregung dienen soll. Durch Doppelklick auf das farbig hinterlegte Feld wird der Dialog "Normiertes Antwortspektrum" aufgerufen, um ein Spektrum zu laden oder ein neues Spektrum zu erstellen und zu speichern.

Die Wertepaare *Eigenperiode T[s]* und die *normierte Beschleunigung Beta* werden in Tabellenform ausgewiesen und das Antwortspektrum grafisch ausgewertet.



Für das oben gezeigte Modell ist je eine Erregung in X- und in Y- Richtung definiert mit dem Standardspektrum nach DIN 4149¹.

Erstellung von statischen Ersatzlasten



Nach dem Verlassen des Dialogs "Seismische Erregung" mit "OK" werden die statischen Ersatzlasten für jede eingegebene Erregung und untersuchte Eigenform ermittelt. Diese Lasten werden in jeweils eigene Lastfälle eingetragen und hinsichtlich der Lastfallnummer an den letzten statischen Lastfall angehängt.

Die Lastfälle sind nicht in der Eingabe, sondern nur in der grafischen Ausgabe (unter „Belastung / Lastfälle...“) verfügbar, da diese Lastfälle keine Lastpositionen beinhalten.

Eine grafische Darstellung der generierten Ersatzlasten ist in der grafischen Ausgabe unter „Belastung / Punktlasten“ (global, FE) möglich.

¹ Antwortspektren nach DIN 4149:2005-04 stehen erst ab ING+ 2007 zur Verfügung. In MicroFe 2006 sind diese noch manuell einzugeben.

Protokoll der Berechnung der seismischen Lasten

Das Berechnungsprotokoll dient zur Kontrolle der eingegebenen Erregungen und zur Beurteilung des Einflusses der einzelnen Eigenformen.

Für jede Erregung werden die generierten Lastfälle protokolliert und die Beteiligung der jeweiligen Eigenform in [%] ausgewiesen. Es sollten so viele Eigenformen berücksichtigt werden, dass die Summe jeweils mindestens 90 % beträgt.

Wichtig: Falls diese Empfehlung (90 %) nicht erreicht wird, so muss die dynamische Berechnung mit einer erhöhten Anzahl von Eigenvektoren erneut durchgeführt werden. Damit die bisher generierten Ersatzlasten gelöscht werden, ist vor der dynamischen Berechnung eine erneute Generierung erforderlich.

Für unser System werden bei Erregung 1 die Lastfälle 8, 11, 14, 17 und bei Erregung 2 die Lastfälle 19, 22, 25 generiert.

--Seismische Erregungen		Anzahl		Antwortspektrum		Skalierungsfaktor		Winkel	
Erregung	Eigenpaare	1	2	1	2	1	2	Alpha	Beta
1	10			DIN4149		0.673		0.0	0.0
2	10			DIN4149		0.673		90.0	0.0

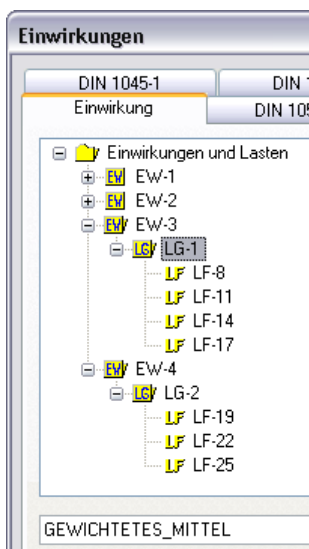
--Seismische Ersatzlasten		Periode		Beta		Beteiligungs-		Beteiligung	
Lastfall	Erregung	[s]	1	2	1	Faktor	1	2	[%]
8	1	1.689	0.3473			12.59	**		89.85
9	1	1.496	0.3826			**			
10	1	1.154	0.4710			**			
11	1	0.485	0.9433			-3.39	**		6.51
12	1	0.416	1.0000			**			
13	1	0.322	1.0000			**			
14	1	0.241	1.0000			1.75	**		1.75
15	1	0.198	1.0000			**			
16	1	0.158	1.0000			**			
17	1	0.143	1.0000			1.11	**		0.69

									Summe = 98.81
18	2	1.689	0.3473			**			
19	2	1.496	0.3826			-12.52	**		88.90
20	2	1.154	0.4710			**			
21	2	0.485	0.9433			**			
22	2	0.416	1.0000			-3.51	**		6.97
23	2	0.322	1.0000			**			
24	2	0.241	1.0000			**			
25	2	0.198	1.0000			-1.89	**		2.03
26	2	0.158	1.0000			**			
27	2	0.143	1.0000			**			

									Summe = 97.91

Statische Berechnung und Überlagerung der Ergebnisse

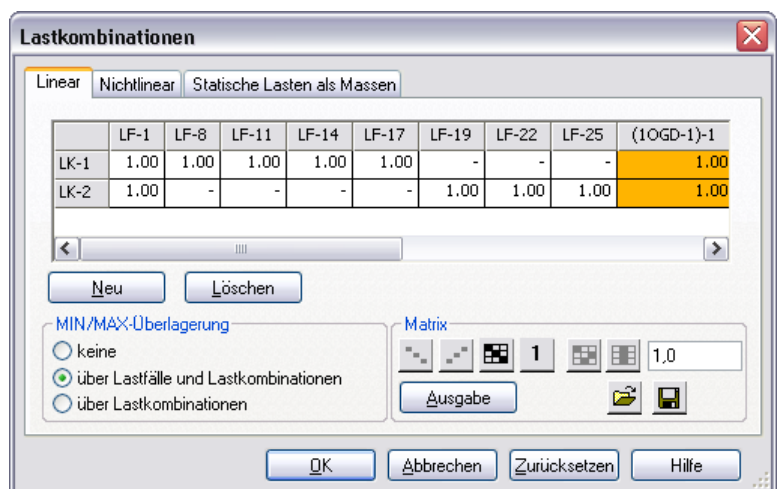
Nun kann eine statische Berechnung mit den seismischen und den übrigen statischen Lasten durchgeführt werden.



Alle Lastfälle einer Erregung sind jeweils in einer Lastgruppe zusammenzufassen (in „Belastung / Lastfälle... / Lastgruppe“), die jeweils die Bezeichnung „GEWICHTETES_MITTEL“ erhalten muss. Eine Lastgruppe mit dieser Bezeichnung fungiert nicht wie eine sonst übliche Lastgruppe, sondern in diesem Fall werden die Ergebnisse (modale Verformungen, Schnittgrößen, usw.) der Lastfälle dieser Lastgruppe über die SRSS-Regel (**S**quare **R**oot of the **S**um of the **S**quares = Wurzel aus Summe der Quadrate) zu jeweils einem Ergebnis zusammengefasst, welches dann bei einer MIN/MAX-Überlagerung mit positivem und negativem Vorzeichen berücksichtigt wird.

Die MIN/MAX-Überlagerung „über Lastkombinationen“ darf in diesem Fall nicht verwendet werden.

Innerhalb einer Lastkombination sollen die Lastfälle einer Erregung alle den gleichen Lastfaktor erhalten, damit die SRSS-Regel korrekt funktioniert.



Bemessung

Bevor eine Bemessung nach DIN 1045-1 durchgeführt werden kann, muss die zu jeder Erregung angelegte Lastgruppe einer eigenen Einwirkung zugeordnet werden, welche dann als „Erdbeben“ nach DIN 1055-100 zu typisieren ist.

Sind mehrere Einwirkungen vom Typ „Erdbeben“ vorhanden (d.h. bei mehreren vorhandenen Erregungen), so schließen diese sich gegenseitig aus. Bei der automatischen Kombinatorik zur Ermittlung der maßgebenden Einwirkungskombinationen wird also immer nur eine dieser Einwirkungen berücksichtigt. Dies bedeutet, dass niemals mehr als eine Erregung gleichzeitig angesetzt wird.

Einwirkungen		
DIN 1045-1	DIN 18800 (Kombinationen)	
Einwirkung	DIN 1055-100	DIN 18800
Typ	Beschreibung	
0	ständige Einwirkung	EW-1
1	Vorspannung	
	Nutzlast	
2	-Kategorie A, B; Wohnräume	EW-2
3	-Kategorie C, D; Versammlungsräume	
4	-Kategorie E; Lagerräume	
	Verkehrslast	
5	-Kategorie F; Gewicht $F \leq 30$ kN	
6	-Kategorie G; 30 kN $< F \leq 160$ kN	
7	-Kategorie H; Dächer	
	Schneelast	
8	-Orte bis zu NN +1000	
9	-Orte über NN +1000	
10	Windlast	
11	Temperaturlast	
12	Baugrundsetzung	
13	sonstige veränderliche Einwirkung	
14	Erdbeben	EW-3 EW-4
15	außergewöhnliche Einwirkung	
16	Beaufschlagung für Dichtheitsnachweis	
Bei der Kombination nicht berücksichtigte		
	ständige Einwirkungen	
	nicht ständige Einwirkungen	