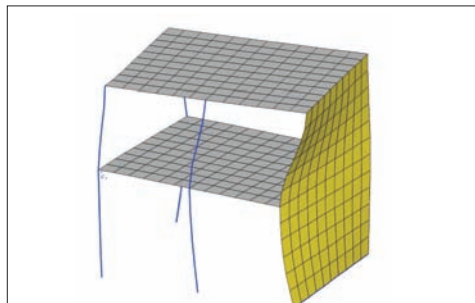


Erdbebenberechnung

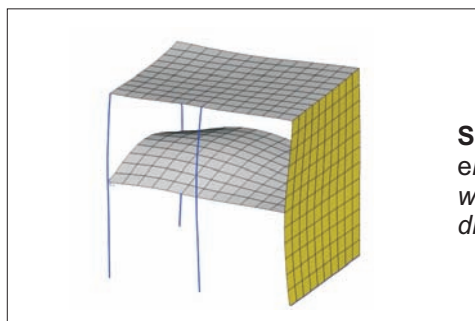
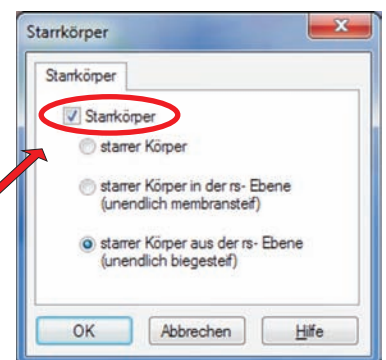
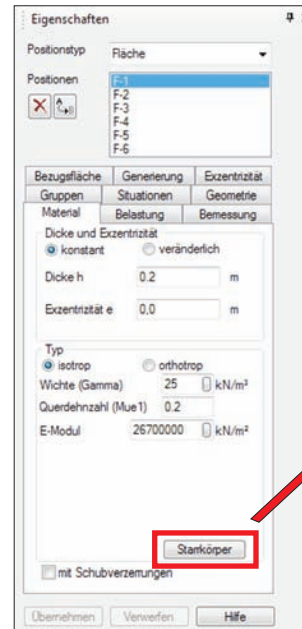
Auf den folgenden Seiten erläutern wir die schrittweise Vorgehensweise für die Ermittlung der Erdbebenlasten mit dem Antwortspektrumverfahren:

1. Aufbau des Gesamtmodells

- Das Modell sollte keine Bodenplatte und keine Bettung, sondern eine starre Lagerung, erhalten. Der Grund dafür ist, dass Sie die Eigenfrequenzen des Gebäudes ermitteln müssen und dies mit einer weichen Lagerung nicht möglich ist, da stattdessen die Frequenzen der Lagerung ausgegeben werden.
- Eine Bodenplatte gilt es vermeiden, da diese keine Beteiligung am Erdbeben hat, jedoch für die 90% - Regel (EN1998-1-1 4.3.3.3.1 (3)) als Masse gezählt wird. Dies bedeutet, dass wenn die Bodenplatte 12% der Gebäudemasse beträgt, die Beteiligung nicht über 88% steigen kann - selbst bei unendlich vielen Eigenwerten. Sogar wenn die Bodenplatte nur 5% der Gebäudemasse ausmacht benötigen Sie sehr viele Eigenwerte mehr, um auf die 90% Beteiligung zu kommen.
- Das Modell sollte zudem für eine lineare Bemessung konzipiert sein, da der EUROCODE ein lineares Bemessungsspektrum vorgibt und dies, wie der Name schon sagt, eine lineare Berechnung voraussetzt. Das heißt, es kann keine Theorie II. Ordnung oder eine konstruktive Nichtlinearität (wie einen Zugstab oder eine Zugausschaltung eines Lagers) verwendet werden.
- Im normalen Hochbau sind sehr viele Eigenfrequenzen der Decken vorhanden, die jedoch keine Auswirkung auf eine horizontale Erdbebenkraft haben. Das wird bei der 90% Regel auch sofort ersichtlich. Diese wird bei Schwingformen der Decken nicht erreicht. Um die Grenze zu erreichen, kann es unter Umständen notwendig werden, mehrere hundert Eigenwerte zu rechnen. Das ist zu verhindern, indem Sie durch einen Trick die Schwingformen der Decken im Programm ausschalten. In den Eigenschaften der Platten bzw. Decken gibt es einen Schalter „Starrkörper“. Hier können Sie die Platten als unendlich starre Körper definieren. Sie können hier Platten als Gesamtes unendlich steif oder unendlich biegesteif definieren. Entweder um eine horizontale „Weichheit“ zu belassen oder realistischere, horizontale Schwingformen zu bekommen.



Schwingform einer weichen Decke, in diesem Beispiel 4. Eigenform, welche keine wesentliche Beteiligung zur horizontalen Erdbebenlast bewirkt. Erst bei 32 Eigenformen sind in einer Richtung 95,41% und in die andere Richtung 90,1% Beteiligung.



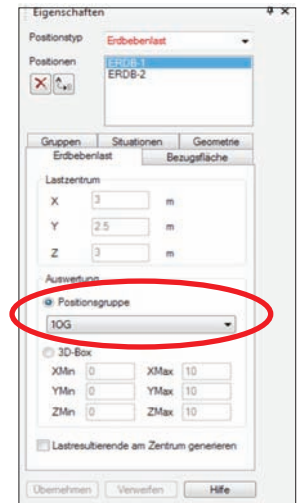
Schwingform einer starren Decke, in diesem Beispiel 4. Eigenform, welche eindeutig eine größere Beteiligung an der horizontalen Erdbebenlast bewirkt. Schon bei 12 Eigenformen sind in einer Richtung 96,24% und in die andere Richtung 90,33% Beteiligung.

Erdbebenberechnung

2. Setzen der Erdbebenlast

Sie können komfortabel die Erdbebenlasten je Geschoß eingeben, wenn Sie die Geschoße einzeln als Gruppen definiert haben. Natürlich können Sie auch über die freie Gruppe eine einzige Erdbebenlast definieren. Das Ergebnis der verschiedenen Eingaben unterscheidet sich nicht, da MicroFE Knotenlasten rechnet und das Programm diese selbstständig in Lastfälle und Gruppen aufteilt.

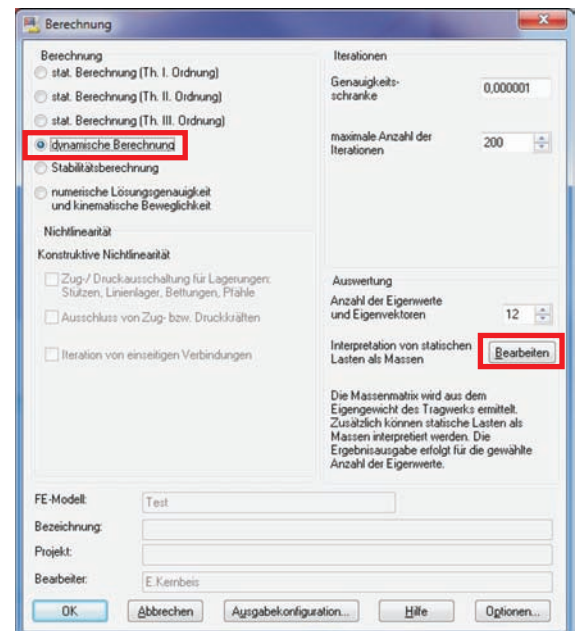
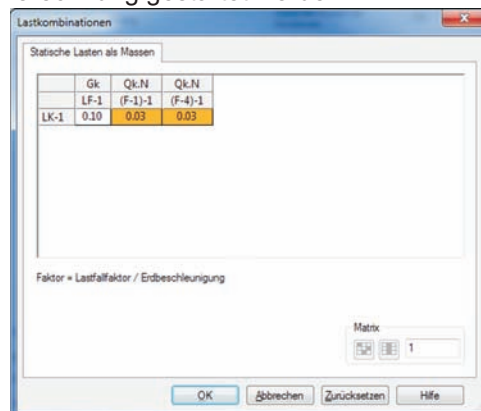
Falls Sie die Funktion „Last als Resultierende“ verwenden wollen, müssen Sie dem Lastpunkt (laut Norm) eine bestimmte Ausmitte in den Deckenmittelpunkt setzen (EN1998-1 Abs. 4.3.2). Verwenden Sie diese Funktion nicht, generiert MicroFE Knotenlasten, bei denen der Einfügepunkt keine Rolle spielt. Die Variante mit den Knotenlasten ist eine genaue und, nach unseren Erfahrungen, bei den Behörden akzeptierte Methode, da bei Eigenformen auch Torsionsformen berechnet werden.



3. Netz generieren

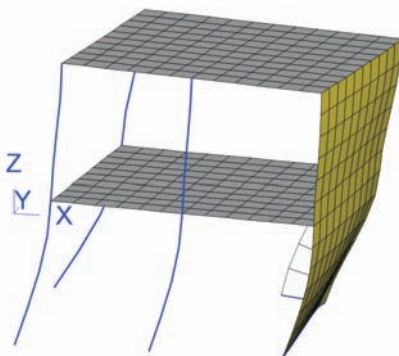
4. Dynamische Berechnung

Die Wahl der Eigenwerte hängt vom Ergebnis im seismischen Protokoll ab. Laut Norm muss ein Beteiligungsfaktor von 90% (EN1998-1-1 4.3.3.3.1 (3)) erreicht werden. Den ersten Start können Sie mit 6 Eigenwerten machen. Wichtig bei der dynamischen Berechnung ist, die statischen Lasten als Massen zu definieren. Dazu klicken Sie im Fenster „dynamische Berechnung“ auf „Bearbeiten“. Die einzelnen Faktoren müssen Sie selbst eintragen, z.B. bei der ständigen Last: Faktor/Erdbeschleunigung = 0,1 bei einer Nutzlast $\Psi/10 = 0,3/10 = 0,03$, Schnee oder Wind sind nicht zu berücksichtigen. Anschließend kann die Berechnung gestartet werden.

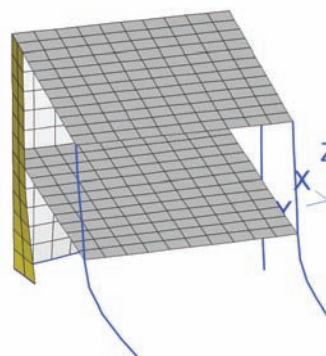


5. Eigenformen überprüfen

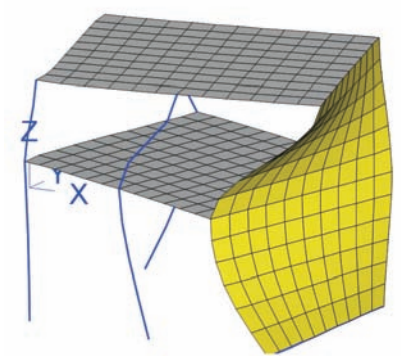
Nun können Sie die einzelnen Eigenformen grafisch überprüfen. Hier können Sie gleich erkennen ob die wichtigsten 3 Eigenformen (in x-Richtung, y-Richtung und Torsionsform) berücksichtigt wurden. Danach klicken Sie zurück zur Eingabe.



x-Richtung



y-Richtung

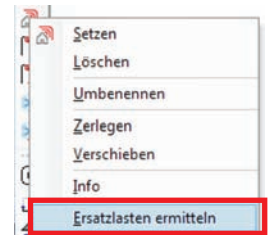


Torsionsform

Erdbebenberechnung

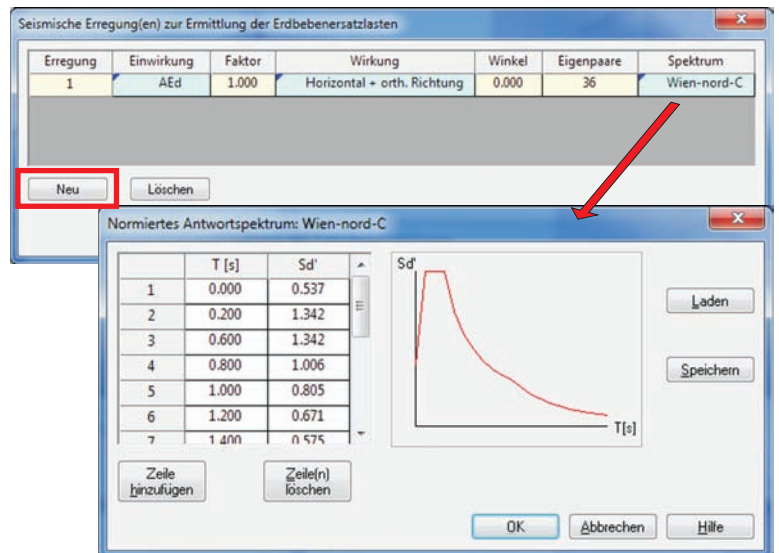
6a. Ersatzlast ermitteln

Mit rechter Maustaste klicken Sie auf das Symbol für Erdbebenlast und wählen „Ersatzlast ermitteln“



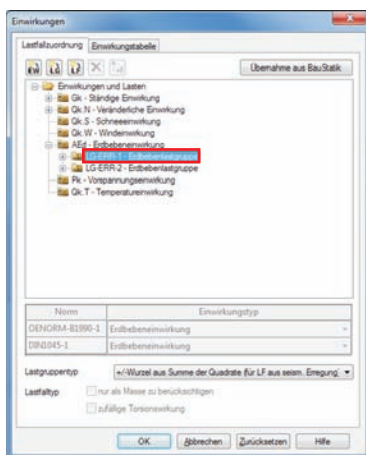
6b. Definition des Antwortspektrums

In dem nun erschienenen Fenster genießen Sie eine neue Einwirkung. Bei der Wahl „Horizontal+orth. Richtung“ wird automatisch eine Last in x und y Richtung ermittelt. Der Faktor kann mit 1 belassen werden, wenn Sie das richtige ortsabhängige Bemessungsspektrum eingeben. Bei allgemeinen Spektren werden die ortsspezifischen Daten, der Verhaltensbeiwert q und die Bedeutungskategorie über den Faktor modifiziert. In der Spalte „Spektrum“ können Sie eigene Spektren eingeben. Klicken Sie dazu auf die rechte Maustaste.



Zur Ermittlung des Bemessungsspektrums hat die Firma DI Kraus eigens eine Excel Tabelle kreiert (Zu beachten ist, dass hier „Kopieren“ und „Einfügen“ nicht funktioniert, da Excel einen Beistrich als Komma verwendet, MicroFE jedoch einen Punkt. Sie können das Problem allerdings lösen, indem Sie die Spektren in ein Word-Dokument einfügen, den Beistrich automatisch durch einen Punkt ersetzen lassen und das Bemessungsspektrum vom Word-Dokument kopieren und in MicroFE einfügen). Bei den Eigenwerten soll der Wert eingeben werden, den Sie auch bei der dynamischen Berechnung verwendet haben.

6c. Automatische Generierung der Erdbebenlasten



Nach dem Bestätigen mit „OK“ hat das Programm die Erdbebenlasten generiert und diese automatisch in Lastgruppen zugeordnet, welche für die einzelnen Modalbeiträge die Regel Formel (4.16) anwendet.

$$E_E = \sqrt{\sum E_{Ei}^2}$$

Protokoll der Berechnung der seismischen Lasten

Systemwerte

Anzahl Elemente = 420
 Anzahl Knoten = 450
 Lastfälle = 1
 Eigenpaare = 12
 Konsistente Massen : Nein

Seismische Erregungen

| Einwirkung | Erregung | Eigenpaare | Spektrum | Faktor | Wirkung | Winkel |
|------------|----------|------------|-------------|--------|---------|--------|
| AEd | 1 | 12 | Wien-nord-C | 1.000 | Horiz. | 0.00 |
| | 2 | 12 | Wien-nord-C | 1.000 | Horiz. | 90.00 |

Seismische Ersatzlasten

| Lastfall | Periode [s] | Sd' | Faktor | Beteiligung [%] |
|---------------|-------------|--------|---------|-----------------|
| (ERR-1)-1 | 0.209 | 1.3420 | -4.3559 | 26.78 |
| (ERR-1)-2 | 0.094 | 0.9163 | 6.8393 | 66.01 |
| (ERR-1)-3 | 0.052 | 0.7447 | -0.0814 | * |
| (ERR-1)-4 | 0.034 | 0.6721 | -1.3063 | 2.41 |
| (ERR-1)-5 | 0.028 | 0.6515 | 0.3854 | 0.21 |
| (ERR-1)-6 | 0.018 | 0.6098 | 0.6460 | 0.59 |
| (ERR-1)-7 | 0.017 | 0.6044 | -0.1015 | * |
| (ERR-1)-8 | 0.015 | 0.5974 | 0.0838 | 0.01 |
| (ERR-1)-9 | 0.014 | 0.5952 | -0.2483 | 0.09 |
| (ERR-1)-10 | 0.014 | 0.5941 | -0.3193 | 0.14 |
| (ERR-1)-11 | 0.013 | 0.5911 | -0.0090 | * |
| (ERR-1)-12 | 0.013 | 0.5887 | 0.0709 | * |
| Summe = 96.24 | | | | |
| (ERR-2)-1 | 0.209 | 1.3420 | 4.9022 | 33.91 |
| (ERR-2)-2 | 0.094 | 0.9163 | 3.4686 | 16.98 |
| (ERR-2)-3 | 0.052 | 0.7447 | -0.0387 | * |
| (ERR-2)-4 | 0.034 | 0.6721 | -0.0426 | * |
| (ERR-2)-5 | 0.028 | 0.6515 | -5.1714 | 37.74 |
| (ERR-2)-6 | 0.018 | 0.6098 | -0.0224 | * |
| (ERR-2)-7 | 0.017 | 0.6044 | 0.4249 | 0.25 |
| (ERR-2)-8 | 0.015 | 0.5974 | 0.0182 | * |
| (ERR-2)-9 | 0.014 | 0.5952 | -0.0251 | * |
| (ERR-2)-10 | 0.014 | 0.5941 | 0.7123 | 0.72 |
| (ERR-2)-11 | 0.013 | 0.5911 | 0.6773 | 0.65 |
| (ERR-2)-12 | 0.013 | 0.5887 | 0.2303 | 0.07 |
| Summe = 90.33 | | | | |

* : Für diesen Lastfall wurden keine Ersatzlasten generiert, da die Lasten sehr klein oder gleich Null sind

7. Kontrolle der Beteiligung

Die Ausgaben finden Sie unter „Ausgeben/Allgemein/Seismisches Protokoll“. Falls eine Beteiligung von weniger als 90% erreicht wurde, müssen Sie die Eigenwerte nochmals durchlaufen (beschrieben bei Punkt 4) bis eine Beteiligung von 90% erreicht wird. (Tipps wie Sie diese Beteiligung steigern können, sind auch unter Punkt 1 im Aufbau des Modells erwähnt).

8. Lineare statische Berechnung

Wenn diese Bedingung erreicht ist, führen Sie eine normale lineare statische Berechnung durch. Alle folgenden Ergebnisse sind inklusive der Erdbebenlasten. Das Programm verwendet das lineare Antwortspektrumverfahren nach Norm. Daher bedingt diese auch eine lineare Berechnung.