

Fassung Februar 2010

Programm

RF-DYNAM

Dynamische Analyse

Programm-Beschreibung

Alle Rechte, auch das der Übersetzung, vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung der Ingenieur-Software Dlubal GmbH ist es nicht gestattet, diese Programm-Beschreibung oder Teile daraus auf jedwede Art zu vervielfältigen.

© Ingenieur-Software Dlubal GmbH Am Zellweg 2 D-93464 Tiefenbach

Tel.: +49 (0) 9673 9203-0 Fax: +49 (0) 9673 1770 E-Mail: info@dlubal.com www.dlubal.de



Inhalt

	Inhalt	Seite		Inhalt	Seite
1.	Einleitung	4	3.4.14	Maske 3.10 Flächen - Grundschnittgrößen	52
1.1	Uber RF-DYNAM	4	3.4.15	Maske 3.13 Flächen -	
1.2	RF-DYNAM -Team	5		Grundspannungen	53
2.	Installation	6	3.4.16	Export der DYNAM-Ergebnisse	54
2.1	Systemanforderungen	6	3.4.17	Maske 4.1 Generierte Ersatzlasten	55
2.2	Installationsvorgang	6	3.4.18	Export der RF-DYNAM-Ergebnisse	55
3.	Arbeiten mit RF-DYNAM	8	3.5	Pulldownmenüs	56
3.1	RF-DYNAM starten	8	3.5.1	Datei	56
3.2	Masken	8	3.5.2	Einstellungen	58
3.3	Eingabemasken	9	3.5.3	Hilfe	58
3.3.1	Maske 1.1 Basisangaben	9	4.	Ergebnisse	59
3.3.2	Maske 1.2 Knotenzusatzmassen	12	4.1	Ergebnisgrafik	59
3.3.3	Maske 1.3 Linienzusatzmassen	13	4.2	Ausdrucken	61
3.3.4	Maske 1.4 Stabzusatzmassen	14	5.	Theorie	64
3.3.5	Maske 1.5 Flächenzusatzmassen	14	6.	Beispiele	70
3.3.6	Maske 1.6 Zum Anzeigen	15	6.1	Balken	70
3.3.7	Maske 1.7 Erregerfälle	17	6.2	Fachwerkträger	71
3.3.8	Maske 1.8 Dynamische Lastfälle	24	6.3	Betonschornstein	71
3.3.9	Maske 1.9 Ersatzlasten	29	6.4	Erdbebenersatzlasten nach DIN 4149	73
3.4	Ergebnismasken	43	6.5	Modalanalyse eines Rahmens	81
3.4.1	Maske 2.1 Eigenwerte und Eigenfrequenzen	43	A:	Literatur	84
3.4.2	Maske 2.2 Eigenschwingungen knotenweise	44			
3.4.3	Maske 2.3 Eigenschwingungen stabweise	45			
3.4.4	Maske 2.4 Eigenschwingungen flächenweise	45			
3.4.5	Maske 2.5 Eigenschwingungen in FE- Netz-Punkten	46			
3.4.6	Maske 2.6 Knotenmassen	46			
3.4.7	Maske 2.7 Ersatzmassenfaktoren	47			
3.4.8	Maske 3.1 Knoten - Lagerkräfte	48			
3.4.9	Maske 3.2 Linien - Lagerkräfte	49			
3.4.10	Maske 3.3 Knoten - Verformungen	49			
3.4.11	Maske 3.4 Knoten - Geschwindigkeiten	50			
3.4.12	Maske 3.5 Knoten - Beschleunigungen	51			
3.4.13	Maske 3.6 Stäbe - Schnittgrößen	51			



I. Einleitung

1.1 Über RF-DYNAM

Sehr verehrte Anwenderinnen und Anwender von RFEM und DYNAM!

Am Anfang dieses Handbuches möchten wir ein paar grundsätzliche Worte zu RF-DYNAM sagen sowie einige Hinweise anbringen. Egal, ob Sie schon kundiger Benutzer einer Vorgängerversion sind oder das erste Mal mit RF-DYNAM arbeiten – die praxisorientierte Entwicklung, welche nur durch die konstruktive Zusammenarbeit mit vielen unserer Kunden und Geschäftspartnern möglich war, ermöglicht praktisch jedem den zügigen Einstieg und das schnelle Zurechtfinden im Programm. Die zahlreichen wertvollen Hinweise aus der alltäglichen Ingenieurspraxis trugen bereits bei DYNAM 4.xx und DYNAM 2000 zu einer ständigen Weiterentwicklung und Verbesserung bei und kamen selbstverständlich auch in RF-DYNAM in vollem Umfang zum Tragen.

RF-DYNAM präsentiert sich Ihnen in der Windows-Fassung nicht nur rein optisch als ein fester Bestandteil von RFEM. Die Ergebnisse der Eigenfrequenzermittlung (RF-DYNAM BASIS), Fremderregung (RF-DYNAM ZUSATZ I) und Erdbebenersatzlastgenerierung (RF-DYNAM ZUSATZ II) können inklusive Grafiken in das Ausdruckprotokoll von RFEM eingebunden werden, mit der Folge, dass sich Ihre gesamten Berechnungen in optisch ansprechender und vor allem auch einheitlicher Form gestalten und präsentieren lassen.

Viel Erfolg bei der Arbeit mit RFEM und RF-DYNAM wünscht Ihnen

Ihr Team von ING.-SOFTWARE DLUBAL GMBH



1.2 RF-DYNAM -Team

An der Entwicklung von RF-DYNAM waren beteiligt:

Programmkoordinierung

Dipl.-Ing. Georg Dlubal

Dipl.-Ing. (FH) Matthias Entenmann

Programmierung

Dr.-Ing. Jaroslav Lain

Ing. Vaclav Sycora

Programmdesign, Dialogbilder und Icons

Dipl.-Ing. Georg Dlubal MgA. Robert Kolouch

Programmkontrolle

Dipl.-Ing. Georg Dlubal Dipl.-Ing (FH) Matthias Entenmann Dipl.-Ing. (FH) Walter Rustler

Ing. Jan Miléř

Handbuch, Hilfesystem und Übersetzungen

Dipl.-Ing (FH) Matthias Entenmann

Technische Unterstützung und Endkontrolle

DiplIng. (FH) Matthias Entenmann	DiplIng. (FH) Walter Rustler
DiplIng. Frank Faulstich	M. Sc. DiplIng. (FH) Frank Sonntag
DiplIng. (FH) René Flori	DiplIng. (FH) Christian Stautner
DiplIng. (BA) Andreas Niemeier	DiplIng. (FH) Robert Vogl



2. Installation

2.1 Systemanforderungen

Folgende <u>Mindest</u>voraussetzungen sollte Ihr Rechner für die Nutzung der Möglichkeiten von RFEM und RF-DYNAM für Windows erfüllen (Empfehlungen in Klammern):

- Benutzeroberfläche Windows WIN XP/Vista/7 (64bit)
- Prozessor mit 3000 Mhz (Multikernprozessor 64bit)
- 2 GB Arbeitsspeicher (4 GB)
- DVD-ROM- und 3,5-Zoll-Diskettenlaufwerk für die Installation
- 50 GB Festplattenkapazität, davon zirka 1000 MB für die Installation
- Grafikkarte mit mind. 128 MB und einer Auflösung von 1024 x 768 Pixel (Open GL)

Mit Ausnahme des Betriebssystems sprechen wir aber bewusst keine Produktempfehlungen aus, da RFEM und seine Zusatzmodule grundsätzlich auf allen Systemen laufen, die vorgenannte Leistungsanforderungen erfüllen. Da RFEM und RF-DYNAM in der Regel sehr rechenintensiv sind, soll natürlich nicht verschwiegen werden, dass hier in einem vernünftigen Rahmen durchaus gilt: Je mehr desto besser!

2.2 Installationsvorgang

Der Installationsvorgang wird mit Einlegen der RFEM-DVD automatisch gestartet. Da das Zusatzmodul RF-DYNAM vollkommen in RFEM integriert ist, wird dieses Modul bei der Installation nicht explizit erwähnt, sondern bei erworbener Lizenz, d. h. mit der entsprechenden Autorisierung automatisch im Zuge der RFEM-Installation mit installiert.

Installation von RFEM 4 und Zusatzmodulen	×
Autorisierung	REEM
Zur erstmaligen Installation der Vollversion und neuer Programmteile benö Autorisierungsdatei author.ini. Diese Datei wird auf einer Diskette mitgelief unten bitte den Ordner ein, in dem diese Autorisierungsdatei abgelegt ist.	tigen Sie eine ert. Stellen Sie
A:\	
Hinweis: Verwenden Sie bitte immer die neueste Version dieser Autorisierungsdatei auch in einen beliebigen Ordner kopieren und diesen Ordner dann einstel Findet das Programm keine Autorisierungsdatei (z.B. bei einer Folgeinstalk die Lizenzierung der Programme unverändert bzw. es wird die Demoversio	Durchsuchen] . Sie können diese len. ation), dann bleibt on installiert.
InstallShield	r> Abbrechen

Bild 2.1: Aufforderung zum Einlegen der Autorisierungsdiskette

Wurde über die Autorisierungsdiskette mindestens eine Lizenz erkannt, erscheinen die folgenden drei Installationsmöglichkeiten: [Standard], [Minimum] und [Benutzerdefiniert]. Eine fehlende oder falsche Autorisierung kann man daran erkennen, dass nur die beiden Installationsarten [Standard] und [Benutzerdefiniert] verfügbar sind.



Installation von	RFEM 4 und Zusatzmodulen	×
Wahl der Instal Wählen Sie bitte	l lationsart e die Art der Installation.	REEM
	Standard Alle erworbenen Programme/Module und Demoversio erworbenen Programme/Module Minimum Nur erworbene Programme/Module Benutzerdefiniert Auswahl der Programme/Module, die zu installieren sir	nen der nicht nd
InstallShield ———	< ∠urück ∭ei	ter > Abbrechen

Bild 2.2: Installationsart bei korrekter Autorisierung

Außerdem wird bei fehlender Autorisierung auch im Text eine Meldung erscheinen, die auf die Installation der [Demo]–Version hinweist.

[Standard] installiert die kompletten RFEM Anwendungen und deren Zusatzmodule. Die Programme können anschließend über die entsprechende Verknüpfung auf dem Desktop bzw. im Startmenü als Vollversionen bzw. nur als Demoversionen gestartet werden.

[Minimum] installiert nur die Programme, für die eine Lizenz auf der Autorisierungsdiskette verzeichnet ist. Eine Ausnahme bildet RFEM mit seinen Zusatzmodulen, denn diese werden alle installiert, auch wenn keine Autorisierung für einige Module vorliegt.

Bei der Option [Benutzerdefiniert] kann man die einzelnen auf der RFEM-DVD verfügbaren Programme manuell festlegen. Module, die nicht direkt in RFEM integriert sind und deren Lizenz nicht vorliegt, sind in dieser benutzerdefinierten Installationsart mit [Demo] gekennzeichnet.

×
REEM
Beschreibung RFEM 4 Installation Hinweis: Bei der RFEM 4 Installation werden alle RFEM 4 Zusatzmodule wie z.B. RF-BETON, RF-STAHL, RF-STANZ, RF-STABIL, RF-DYNAM, RF-IMP etc. mit installiert.
urück <u>W</u> eiter≻ Abbrechen



3. Arbeiten mit RF-DYNAM

3.1 RF-DYNAM starten

Das Modul RF-DYNAM kann entweder aus dem Pulldownmenü

Zusatzmodule \rightarrow Dynamik

aufgerufen werden oder über den entsprechenden Eintrag unter [Zusatzmodule] im Daten-Navigator (links in der RFEM-Oberfläche).



Bild 3.1: Aufruf von RF-DYNAM über das Pulldownmenü Zusatzmodule oder den Daten-Navigator

3.2 Masken

Sowohl die Eingaben zur Definition der Eigenwerte als auch die numerische Ausgabe der Ergebnisse auf dem Bildschirm geschehen in Masken.

Links sehen Sie nach dem Aufruf von RF-DYNAM den RF-DYNAM-Navigator, der alle aktuell anwählbaren Masken anzeigt. Unterhalb der Titelleiste befinden sich die drei Pulldownmenüs *Datei, Einstellungen* und *Hilfe*. Zu den darin enthaltenen Funktionen lesen Sie bitte Kapitel 3.5.







3.3 Eingabemasken

In den Eingabemasken sind sämtliche für die Ermittlung der Eigenfrequenzen, Berechnungsergebnisse aus Fremderregung (RF-DYNAM ZUSATZ I) sowie der Erdbebenersatzlastgenerierung (RF-DYNAM ZUSATZ II) notwendigen Angaben zu treffen und die gewünschten Parametereinstellungen vorzunehmen.

3.3.1 Maske 1.1 Basisangaben

Nach dem Aufruf von RF-DYNAM wird das RF-DYNAM-Fenster mit der Maske 1.1 *Basisangaben* eingeblendet.

FA1 - Dynamische Analyse	 1.1 Basisangabe 	n			
Eingabedaten Basisangaben Knotenzusatzmassen Linienzusatzmassen Stabzueatzmassen Zum Anzeigen Erregerfälle Dynamische Lastfälle DF2	Ermittlung von	ingungen s Schwingungen sverfahren	Einstellungen Anzahl der kleinsten Eigenschwingungen (Eigenwerte), die zu berechnen sind: 4 ✓ Eigengewicht als Masse ansetzen mit Eaktor: 1.00 ✓ Einfluss der Normakkräfte aktivieren Normalkräfte aktivieren LEF1 Eigenwertlöser-Methode G. Lanczos-Methode M	T Dynamisch	e Analyse

Bild 3.2: Maske 1.1 Basisangaben

Hier wählen Sie zunächst den aktuellen Dynamik-Fall – falls bereits vorhanden – mit Hilfe der Auswahlliste aus.

Den aktuellen Dynamik-Fall können Sie zudem mit einem *Kommentar* versehen. Ehe Sie die [Berechnung] starten, bietet Ihnen [Details] einige Einstellmöglichkeiten für die Berechnung.

Details		×
Fallbeschleunigung		
Erdbeschleunigung:	10.00 🗧 [m/s²]	
Angaben für Export der generi	erten Ersatzlasten	
Gesamte Anzahl der generierten Ersatzlasten (lange Generierung):	10000 ;	
Maximale Anzahl der generierten Ersatzlasten (Generierung nicht mehr möglich):	10000000	
9 P	OK Abbreche	en

Bild 3.3: Dialog RF-DYNAM, Details

Programm RF-DYNAM © 2010 by Ingenieur-Software Dlubal GmbH

Berechnung Details



Ermittlung von

In diesem Abschnitt können Sie zwischen Ihren erworbenen Modulen **RF-DYNAM Basis** (= *Eigenschwingungen*)), **RF-DYNAM Zusatz I** (= *Erzwungene Schwingungen*) sowie **RF-DYNAM Zusatz II** (= *Ersatzlasten*) auswählen. Nicht erworbene Module sind grau hinterlegt und somit nicht verfügbar.

Erzwungene Schwingungen

Diese Option ist ausschließlich bei Vorhandensein einer Lizenz für RF-DYNAM ZUSATZ I voll nutzbar und lässt eine Definition von Erregerlasten in Maske 1.7 und 1.8 zu. Sollte Ihnen nur RF-DYNAM BASIS vorliegen, so kann in diesem Kontrollfeld ein Häkchen gesetzt werden und RF-DYNAM ZUSATZ I als Demoversion gestartet werden.

Ersatzlasten

Diese Option ist nur bei Vorhandensein einer Lizenz von **RF-DYNAM ZUSATZ II** voll nutzbar und lässt eine Definition von Normwerten (DIN 4149, EC 8 und IBC 2000) zur Ermittlung der statischen Ersatzlasten in Maske 1.7 zu. Sollte Ihnen nur RF-DYNAM BASIS vorliegen, kann dieser Teilbereich nur als Demo gestartet werden.

Eigenschwingungen

RF-DYNAM ermittelt die niedrigsten Eigenfrequenzen einer Struktur. Die Theorie des Berechnungsverfahrens gestattet es generell nicht, niedrigere Eigenfrequenzen aus der Analyse auszuschließen und gleichzeitig höhere Eigenfrequenzen zu ermitteln. Im Eingabefeld *Anzahl der kleinsten Eigenschwingungen (Eigenwerte), die zu berechnen sind* kann festgelegt werden, wie viele Eigenwerte RF-DYNAM 2007 berechnen soll. Es lassen sich maximal die 1000 niedrigsten Eigenfrequenzen eines Systems ermitteln.

Eigengewicht als Masse ansetzen

Aus den in RFEM definierten Strukturdaten kann RF-DYNAM die aus den Stäben, Flächen und Volumen resultierenden Massen des Systems ermitteln. Über dieses Eingabefeld wird ein Faktor definiert, mit dem die Masse multipliziert wird. Dieser Faktor ist unabhängig von einem ggf. in RFEM definierten Eigengewichtslastfall. Bei Eingabe des Wertes *Null* wird die Masse aus den Struktureingaben in RFEM bei der dynamischen Analyse nicht berücksichtigt.

Interne Stabteilung

Um eine bessere Näherungslösung zu erhalten, kann es unter Umständen nötig sein, höhere Stabteilungen zu definieren. Dadurch wird die Abbildungsgenauigkeit des Stabes erhöht, was insbesondere bei Vouten oder gebetteten Stäben vonnöten ist. Durch Werte größer 1 wird eine Stabteilung programmintern durchgeführt. Die Zahlenwerte müssen ganzzahlig sein.

<u>Beispiel:</u> Für einen räumlich definierten Kragträger können bei einer Stabteilung von 1 maximal die sechs niedrigsten Eigenfrequenzen berechnet werden. Durch einfache Teilung des Stabes nach Eintrag des Wertes 2 in das Feld *Näherungsmethode* können bereits die zwölf niedrigsten Eigenfrequenzen berechnet werden. Wollte man dies durch eine äquivalente Strukturdefinition in RFEM erreichen, wäre der Balken durch einen Knoten zu teilen.

Einfluss der Normalkräfte aktivieren

Wird die geometrische Steifigkeitsmatrix zur Berechnung herangezogen, findet die Theorie II. Ordnung Berücksichtigung. Durch die Auslenkung des Systems erzeugen die Normalspannungen zusätzliche Biegemomente, die zu einer Steifigkeitserhöhung oder –verminderung des Systems beitragen können. Dies lässt sich über das Kontrollfeld *Berücksichtigung der Normalkräfte* steuern.

Über das Listenfeld muss ein Lastfall oder eine Lastfallgruppe gewählt werden, aus der die Normalspannungen übernommen werden. Zugnormalspannungen führen zur Erhöhung der Eigenfrequenz.



Eigenwertlöser Methode

Die Wahl der Eigenwertlöser-Methode bestimmt maßgeblich die benötigte Rechenzeit einer dynamischen Analyse. RF-DYNAM bietet verschiedene Verfahren, für die Berechnung der Eigenwerte des Systems, an.

Die Unterraum-Iterationsmethode ist für kleine und mittelgroße Positionen gut geeignet, bei denen viele Eigenwerte untersucht werden sollen. Hierbei werden alle Eigenwerte in einem Schritt berechnet, was viel Arbeitsspeicher erfordert.

Die ICG-Iterationsmethode wurde für große Positionen entwickelt, bei denen der Arbeitsspeicher des Rechners nicht mehr ausreicht. Hierbei werden die Eigenwerte nacheinander berechnet. Daher bietet sich dieses Verfahren für große Modelle, bei denen wenige Eigenwerte ausgewertet werden sollen, an.

Wirkung der Massen

In diesem Dialogabschnitt wird festgelegt, in welchen globalen Raumrichtungen die Massen berücksichtigt werden sollen. Als Massen werden in RF-DYNAM sowohl die aus den Stäben, Flächen und Volumen resultierende Masse als auch die in den Masken 1.2 *Knotenzusatzmassen*, 1.3 *Linienzusatzmassen*, 1.4 *Stabzusatzmassen* und 1.5 *Flächenzusatzmassen* definierten Vorgaben berücksichtigt.

Normierung der Eigenformen

Die Eigenformen können entweder nach der Verschiebung $\{u_j\}$, oder nach den Beiträgen $\{u_i\}^T$ [M] $\{u_i\}$ für die Berechnung der modalen Massen, normiert werden.

Kommentar

Hier besteht eine Eingabemöglichkeit für benutzerdefinierte Anmerkungen.



3.3.2 Maske 1.2 Knotenzusatzmassen

RF-DYNAM übernimmt die in RFEM definierte Struktur. Falls in Maske 1.1 *Basisangaben* in das Eingabefeld *Berücksichtigung der Eigengewichte* ein Faktor größer als Null eingegeben wurde, legt RF-DYNAM bei der Eigenwertanalyse die Eigengewichte der Strukturobjekte als Masse gewichtet zugrunde. In Ergänzung oder auch als Alternative besteht die Möglichkeit, über die Masken 1.2 bis 1.5 solche zu definieren.

I - Dynamische Analyse	▼ 1.2 Zu	satzmassen an Kni	oten						
igabedaten		A Liste des Kosten	В	<u> </u>	D	<u> </u>	F	G	Н
Basisangaben	Nz	Liste der Knoten		Masse		M	assenmomer	(e	K
Knotenzusatzmassen		mit Masse	mχ [Kg]	my [kg]	mz (Kg)	TX [Kgm²]	TY [Kgm∠]	IZ [Kgm²]	Nommentar
Linienzusatzmassen			500.00	500.00	500.00	0.00	0.00	0.00	
Stabzusatzmassen	2	4	520.83	520.83	520.83	0.00	0.00	0.00	
Flächenzusatzmassen	3	5	541.67	541.67	541.67	0.00	0.00	0.00	
Zum Anzeigen	4	6	562.50	562.50	562.50	0.00	0.00	0.00	
Erregerfälle	5	/	583.33	583.33	583.33	0.00	0.00	0.00	
EF1	5	21	604.17	604.17	604.17	0.00	0.00	0.00	
Dynamische Lastfälle		36	625.00	625.00	625.00	0.00	0.00	0.00	
DF1		37	645.83	645.83	645.83	0.00	0.00	0.00	
	3	38	666.67	666.67	666.67	0.00	0.00	0.00	
	10	39	687.50	587.50	687.50	0.00	0.00	0.00	
	10	40	708.33	708.33	708.33	0.00	0.00	0.00	
	12	41	729.17	729.17	723.17	0.00	0.00	0.00	
	13	44	750.00	750.00	750.00	0.00	0.00	0.00	
	14	46	770.83	770.83	770.83	0.00	0.00	0.00	
	10	59	791.67	791.67	/31.6/	0.00	0.00	0.00	
	10	63	812.50	812.50	812.50	0.00	0.00	0.00	
	10	64	833.33 0E4.17	054.17	054.17	0.00	0.00	0.00	
	10	66	834.17	075.00	075.00	0.00	0.00	0.00	
	20	58	875.00	875.00	875.00	0.00	0.00	0.00	
	20	73	030.03	030.03	030.03	0.00	0.00	0.00	
	21	74	310.07 927.60	310.07	310.07 027.60	0.00	0.00	0.00	
	22	70	937.50	937.00	937.50	0.00	0.00	0.00	
	23	01	938.33	908.33	938.33	0.00	0.00	0.00	
	24	01	1000.00	1000.00	1000.00	0.00	0.00	0.00	
	23] 03	1000.00	1000.00	1000.00	0.00	0.00	0.00	
									ے 🔍

Bild 3.4: Maske 1.2 Knotenzusatzmassen

Eine komfortable Übernahme der RFEM-Lasten ist mit der Schaltfläche [Knotenlasten von einem Lastfall aus RFEM übernehmen und als Masse ansetzen...] möglich. Hierbei werden jedoch nur diejenigen Lasten übernommen, die in Richtung der Z-Achse definiert wurden. Es öffnet sich ein Dialog, in welchem der Ausgangslastfall gewählt werden kann. Zusätzlich kann ein Faktor, mit dem die übernommenen Massen manipuliert werden können, gewählt werden (siehe folgendes Bild).

Knotenlaste	n als Masse	<u> </u>
Übernehme	haus RFEM	
Von <u>L</u> astfall:	LF1	
<u>M</u> ultiplizieren mit Faktor:	1.000	
٢	OK	Abbrechen

Bild 3.5: Dialog zur Auswahl eines Lastfalls und Faktors für die Zusatzmassen

Sollten nur einzelne Knotenlasten in RF-DYNAM definiert werden, so kann dies mit Hilfe der jeweiligen Auswahlfunktion [Knoten picken] geschehen oder per Hand erfolgen.

Liste der Knoten mit Masse

Nummern der Knoten, auf die eine zusätzliche Masse aufgebracht werden soll



Masse in Richtung

Betrag der Masse, mit dem der jeweilige Knoten behaftet werden soll

Massenmomente um

Massenmomente, die auf die Knoten einwirken

3.3.3 Maske 1.3 Linienzusatzmassen

Da die Masken 1.2 bis 1.5 sich in ihrem Aussehen und ihrer Bedienung sehr ähneln, werden sie hier nur kurz dargestellt. Die im vorigen Kapitel beschriebenen Funktionen sind für alle Zusatzmassen-Masken nahezu gleich.

In Maske 1.3 können Linienzusatzmassen eingegeben werden.

RF-DYNAM - [Brücke]					×
Datei Einstellungen Hilfe					
FA1 - Dynamische Analyse 📃	1.3 Zus	satzmassen an Lini	ien		
Eingabedaten		A	B	C	
- Basisangaben	NI-	Liste der Linien	Masse		
- Knotenzusatzmassen	Dil.	mit Masse	m [kg/m]	Kommentar	
- Linienzusatzmassen	1	7	458.00		
- Stabzusatzmassen	2	21	610.92		
- Flächenzusatzmassen	3	36	763.83		
- Zum Anzeigen	4	37	916.75		
Erregerfälle	5	38	1069.67		
EF1	6	39	1222.58		
🚊 - Dynamische Lastfälle	7	40	1375.50		
- DF1	8	41	1528.42		
	9	44	1681.33		
	10	46	1834.25		
	11	59	1987.17		
	12	63	2140.08		
	13	64	2293.00]
	14	66	2445.92		1
	15	68	2598.83		1
	16	73	2751.75		1
	17	74	2904.67		1
	18	76	3057.58		1
	19	77	3210.50		1
	20	81	3363.42		1
	21	83	3516.33		1
	22	84	3669.25		1
	23	85	3822.17		1
	24	105	3975.08		1
	25	106	4128.00		-
					1
					×
9 4 5	Berech	nung Kontrolle		Grafik OK Abbrecher	n

Bild 3.6: Maske 1.3 Linienzusatzmassen



3.3.4 Maske 1.4 Stabzusatzmassen

In Maske 1.4 können Stabzusatzmassen eingegeben werden. Bei der Übernahme von Stablasten, die als Einzel- oder Trapezlasten definiert wurden, werden diese über die Stablänge "verschmiert". Hat man z. B. eine Einzellast von 10 kN auf einem fünf Meter langen Stab definiert, so werden diese in eine Stabmasse von 200 kg/m umgerechnet.

1 - Dynamische Analyse	▼ 1.4 Zu	satzmassen an Stà	iben		
ngabedaten		A	В	C	_
Basisangaben	Nr	Liste der Stabe	Masse	× .	
- Knotenzusatzmassen		mit Masse	m [Kg/m]	Kommentar	
Linienzusatzmassen		3	186.79		
Stabzusatzmassen	- 2	8	187.50		
 Flächenzusatzmassen 	3	13	186.79		
- Zum Anzeigen	4	4	186.78		
 Erregerfälle 	5	1	187.50		
EF1	- 0	14	186.78		
Dynamische Lastfälle		10	373.58		
DF1		16	375.00		
	10	20	373.36		
	11	26	375.00		
	12	43	373.00		
	12	44	375.00		
	13	17	375.00		
	14	24	373.57		
	10	27	375.00		
	17	42	373.57		
	10	40	375.00		
	19	10	375.00		
	20	23	373.03		
	20	41	373.00		
	21	41	373.33		
	22	40 E	100 79		
	24	10 10	100.73		
	24	0	187.50		
	_ 23	01,02	100.73		
					3

Bild 3.7: Maske 1.4 Stabzusatzmassen

3.3.5 Maske 1.5 Flächenzusatzmassen

In Maske 1.5 können Flächenzusatzmassen eingegeben werden. Auch hier werden ggf. lineare Verläufe der Flächenlasten in konstante Flächenmassen "verschmiert".

RF-DYNAM - [Brücke]				
Datei Einstellungen Hilf	e			
FA1 · Dynamische Analyse	1.5 Zus	atzmassen an Flä	:hen	
Eingabedaten		A	B	C
Basisangaben	ble.	Liste der Flachen	Masse	
- Knotenzusatzmassen	NI.	mit Masse	m [kg/m²]	Kommentar
- Linienzusatzmassen	1	23	500.00	
Stabzusatzmassen	2	24	500.00	
 Flächenzusatzmassen 	3	27	500.00	
- Zum Anzeigen	4	34	500.00	
Erregerfälle	5	35	500.00	
EF1	6	38	500.00	
🗄 Dynamische Lastfälle	/	39	500.00	
DF1	8	40	500.00	
	9	42	500.00	
	10	43	500.00	
	11	46	500.00	
	12	47	500.00	
	13	48	500.00	
	14	49	500.00	
	15	50	500.00	
	16	52	500.00	
	17	53	500.00	
	18	54	500.00	
	19	55	500.00	
	20	56	500.00	
	21	57	500.00	
	22	63	500.00	
	23	65	500.00	
	24	78	500.00	
	25	79	500.00	
9 🗗 🗟	Berechr	ung Kontrolle		<u>G</u> rafik OK Abbrechen

Bild 3.8: Maske 1.5 Flächenzusatzmassen



3.3.6 Maske 1.6 Zum Anzeigen

In Maske 1.6 *Zu Berechnen* können zusätzliche Ergebnisse für die Ausgabe ausgewählt werden. Diese Maske wird je nach Auswahl in der Maske 1.1 *Basisangaben* unterschiedlich aufgebaut. Bei einer reinen Eigenfrequenzanalyse erscheit die Maske ohne die Auswahl der Ergebnisse aus erzwungenen Schwingungen. Hier stehen die Eigenschwingungen in FE-Netzpunkten, die Massen in FE-Netzpunkten sowie die Ersatzmassenfaktoren zur Auswahl.

		1.6 Zum Anzeigen	•	A1 - Dynamische Analyse
Zum Anzeigen	Zum Anzeige	Zusätzlich anzeigen - Eigenschwingungen		ingabedaten
Linien Lagerkräfte Image: Second Sec	□ Invite □ An Knoten - I □ An Knoten □ Mit Extret □ P ₂ □ M ₂ M ₂ M ₂ □ Mit Extret □ Mit Extret □ P ₂ □ Mit Extret □ P ₂ □ P ₂ □ P ₂ □ Mit Extret □ Mit Zeitve □ Mit Zeitve □ Mit Extret □ Mit Extret □ Mit Extret □ Wit Extret □ Wit Extret	Eigenschwingungen Erlenstrwingungen Eigenschwingungen in FE-Netz-Punkten Massen in FE-Netz-Punkten Ersatzmassenfaktoren		Basisangaben Knotenzusatzmassen Linienzusatzmassen Stabzusatzmassen Flächenzusatzmassen Zum Anzeigen Erregerfälle EF1 Jynamische Lastfälle DF1

Bild 3.9: Maske 1.6 Zu berechnen für Eigenschwingungen

Eigenschwingung FE-Netzpunktweise

Als weitere Ergebnismaske steht in diesem Fall die Maske 2.5 zur Verfügung. Die Verschiebung der Eigenformen wird im Unterschied zu der Darstellung der Eigenformen in Maske 2.2 bis 2.4 in allen FE-Netzpunkten ausgegeben.

FE-Netz Punktmassen

RF- DYNAM 2007 teilt die Gesamtmasse der Struktur den FE-Netzknoten zu. In der Berechnung finden jedoch die aktiven Massen (auf das dynamische Verhalten der Struktur einflussnehmende Massen) Eingang. Die Ausgabe der Knotenmassen erfolgt in Maske 2.6.

Ersatzmassenfaktoren

Mit dieser Option werden in der Ergebnismaske 2.7 die Ersatzmassen und Ersatzmassenfaktoren in den Richtungen X, Y und Z ausgegeben. Weitere Einzelheiten hierzu sind in den Kapiteln 3.4 und 4 zu finden.

Falls in der Maske 1.1 *Basisangaben* eine erzwungene Schwingung ausgewählt wurde, erscheint die Maske 1.6 inklusive der rechten Auswahlspalte.



Zum Anzeigen		
🖃 Knoten - Lagerkräfte	×	-
— An Knoten	Alle	
–⊟ Mit Extremwerten		
- P _X	×	
PY	×	
- Pz	×	
— M _X	×	
— M _Y	×	
Mz	×	
Mit Zeitverläufen	×	
🕀 Linien - Lagerkräfte	×	
— An Linien	5,36	▼
⊟ Mit Extremwerten		
PX PX	×	
PY	×	
PZ	×	
— m _X	×	
— m _Y	×	
mz	×	
Mit Zeitverläufen	×	
🖯 Knoten - Verformungen	×	
— An Knoten	Alle	
—⊟ Mit Extremwerten		
— u _X	×	
— u _Y	×	
— uz	×	

Bild 3.10: Abschnitt Zum Anzeigen zur Steuerung der Ausgabeinformationen nach dem Rechengang

Zeitauswertung

Hier lässt sich beispielsweise definieren, ob die Ergebnisse jedes Zeitschrittes ausgegeben werden sollten oder nur bei jedem fünften Zeitschritt.

In der Baumstruktur auf der rechten Seite lässt sich die Ausgabe für die Auflagerkräfte, Schnittgrößen, Knotengeschwindigkeiten, Knotenverformungen, Knotenbeschleunigungen steuern.

Mit Hilfe der Option *Mit Zeitverläufen* lässt sich definieren, ob nur die Maximal- bzw. Minimalwerte und der zugehörige Zeitpunkt ausgegeben werden, oder ob die Ergebnisse zu jedem Zeitpunkt angezeigt werden. Durch diese Option lässt sich aus naheliegenden Gründen die Datenmenge auf ein Minimum reduzieren.

Mit Hilfe einer [Pick]-Funktion lassen sich die Knoten und Stäbe, deren Ergebnisse ausschließlich angezeigt werden sollen, auch grafisch auswählen. Natürlich lassen sich die Staboder Knotennummern auch direkt in die jeweilige Zelle eintragen.

₹\$	Mehrfachauswahl Linien picken
Ausgev 5,36	vählt:
Lee	ren OK Abbrechen

Bild 3.11: Knoten grafisch auswählen

212,217 💽 ...

Mit der Schaltfläche - gelangen Sie wieder zurück in das RFEM Arbeitsfenster. Nachdem Sie Ihre Auswahl der Knoten bzw. Stäbe vorgenommen haben (Mehrfachauswahl mit Umschalt-Taste fl), werden die Knoten- bzw. Stabnummern mit [OK] übernommen.



3.3.7 Maske 1.7 Erregerfälle

Diese Maske und die folgende Eingabemaske 1.8 können lediglich geöffnet werden, wenn das Modul RF-DYNAM ZUSATZ I lizenziert ist.

Erregerfall

Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, verschiedene Erregerarten gleichzeitig für eine Struktur zu definieren und als jeweils eigenen Erregerfall *EF* abzuspeichern.

Erregertyp

Vier Erregerformen stehen im Programm DYNAM ZUSATZ I zur Auswahl. Nach Definition des Erregertyps werden alle weiteren Eingabetabellen automatisch angepasst.

Nach Auswahl des *Zeitverlaufsverfahrens* stehen in Maske 1.7 folgende drei Erregertypen zur Verfügung:

- Akzelerogramm
- Harmonische Lasten
- Tabellierte Lasten

Antwortspektren lassen sich ebenfalls in der Maske 1.7 definieren, hierzu muss aber in Maske 1.1 *Basisangaben* das Antwortspektrenverfahren ausgewählt worden sein.

Akzelerogramm

Ein oder mehrere Auflagerknoten lassen sich durch Eingabe von Zeit-Beschleunigungs-Tabellen anregen. Diese Form der Erregung verwendet man im Allgemeinen, um Erdbebenlasten zu beschreiben.

Die Zeit wird hierbei in Sekunden eingegeben. Es ist darauf zu achten, dass die Zeitangaben immer bei t = 0 beginnen. Die Zeitpunkte müssen in aufsteigender Reihenfolge eingegeben werden, wobei die Zeitschritte beliebig groß sein dürfen. Aus numerischen Gründen wird zudem empfohlen, den letzten Zeitpunkt immer etwas höher als die obere Zeitgrenze der Integration TI zu setzen:



Bild 3.12: Maske 1.7 Erregerfälle beim Zeitverlaufsverfahren

 $T_1 = 0 < T_2 < ... < T_{n-1} < TI < Tn$

Das Programm RF-DYNAM ZUSATZ I bietet Ihnen über die Schaltfläche [Bibliothek] eine sehr große Anzahl an bestehenden bzw. gemessenen Akzelerogrammen an. Bis zum jetzigen Entwicklungsstand handelt es sich um 1018 Akzelerogramme, die in dieser Bibliothek gesammelt wurden. Zudem lassen sich eigendefinierte Akzelerogramme ebenfalls in einer Bibliothek ablegen.

ibliothek von Akzelerogrammen				>
Auswählen zum Übernehmen	Akzelerogramm			
⊞ Algerien	<u> </u>			
Armenien	a _x [m/s ²]			
🗄 Österreich				
🗄 Bosnien und Herzegowina				
🗄 Kalifornien	9			
🗄 Kroatien	■ 1 ° · · · · · · · · · · · · · · · · · ·			
Frankreich		allar .		
🗄 Georgien	§	₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩	AA .	-
Deutschland	ורעי אר עוור	1.0.4		[5]
Glottertal, 30.12.1992, 21:34				
Jungingen, 11.02.1977, 18:33	P			
Jungingen, 16.01.1978, 14:31				
Jungingen, 16.01.1978, 18:09				
Jungingen, 16.01.1978, 22:56				
Jungingen, 06.02.1978, 06:55	0.000 0.608 1.215	1.823	2.430	
Jungingen, 15.09.1978, 00:16	e			
Jungingen, 19.09.1978, 03:46	W X U Y U Z			
Jungingen, 21.04.1980, 18:08				
Griechenland	Akzelerogramm-Details			
± Iran	ID Nummer	167		-
Suchen nach: 🔎 Meßstation	Erdbebenort	Albstadt, Swabian J		_
Suchen Hach. Vermeissation	Erdbebenland	Deutschland	<u> </u>	_
C Erbebenort	Geographische Breite des Erdbebenorts	48.276	*	
	Geographische Länge des Erdbebenorts	9.029	*	_
Filter	Herdtiefe	7	km	_
Alle	Meßstationsbezeichnung	Jungingen		_
	Meßstationsland	Deutschland		_
von: bis:	Geographische Breite der Meßstation	48.333	*	
Datum: 01.01.1900 💌 26.01.2010 💌	Geographische Länge der Meßstation	9.045	*	•
				-
		() have a have a set of the	h h a s a h	

Bild 3.13: Akzelerogramm-Bibliothek

Die Akzelerogramme lassen sich auf der linken Seite in einer Baumstruktur auswählen. Die Sortierung kann hier gemäß Messstation oder Erdbebenort erfolgen. Zusätzlich stehen noch weitere Filtermöglichkeiten zur Verfügung. Die Akzelerogramme könnten beispielsweise auf einen bestimmten Zeitraum beschränkt werden.

Filter				
Alle			•	
Datum:	von: 01.01.1900 💌	bis: 26.01.2010	V	

Bild 3.14: Filterfunktion der Akzelerogramme

Um eigene Akzelerogramme zu speichern, kann nach deren Eingabe in Maske 1.7 mit der Schaltfläche [Sichern] folgendes Fenster geöffnet werden.



and der Meßstation*	Muster		
MeRetationshezeichnung*	Muster		 Füllen Sie bitte die in der
Erdbehenott [×]	Muster		 Tabelle mit dem Stern gekenn zeichneten Angaben ein
Frdbebenland*	Muster		
Datum [*]	01.01.2000		-
Jhrzeit*	00:00		-
Dizentralentfernung Ider Meßstation*	0.000	km	-
Geographische Breite der Meßstation*	0.000	•	-
Geographische Länge der Meßstation*	0.000	•	-
Herdtiefe*	0.000	km	-
_okaler Untergrund/Baugrund*			-
Meßzeit	2.430000	s	-
Meßzeitschritt	0.010000	S	-
Musteranzahl	244.000000		-
Maximale Beschleunigung in X-Richtung	0.029350	m/s2	-
Maximale Beschleunigung in Y-Richtung	0.030960	m/s2	
Maximale Beschleunigung in Z-Richtung	0.025970	m/s2	
Ramwellen-Magnitude M _b *	0.000		
Lokal-Magnitude IM (*	0.000		
Dberflächenwellen-Magnitude M _s *	0.000		
ipeichern unter			
Muster, Muster, 01.01.2000, 00:00			1

Bild 3.15: Eigene Akzelerogramme speichern

Hierbei können Sie in den zur Verfügung stehenden Zellen Bezeichnungen für die Messstation, den Erdbebenort, das Erdbebenland usw. festlegen. Der Name, unter dem das *Akzelerogramme* abgelegt wird, erscheint bei *Speichern unter*.

🗆 Eigene	
Iran , 01.01.2000, 00:00	
Japan, 02.05.2000, 00:00	
Mexico, 11.08.1980, 00:00	
Test, 01.01.2000, 00:00	

Bild 3.16: Gespeicherte Eigene Akzelerogramme

Die gespeicherten Akzelerogramme erscheinen in der Baumstruktur der Bibliothek unter der Rubrik *Benutzerdefiniert*.

Übernehmen

Um eigendefinierte oder auch bestehende Akzelerogramme in die Maske 1.7 zu übernehmen, wird über die Schaltfläche [Übernehmen] folgender Dialog geöffnet. Über eine *Winkel*-Angabe oder direktes Editieren der *Transformationsmatrix* kann hier auch die *Richtung* der Beschleunigung zur Übernahme eingestellt werden.



Bild 3.17: Erdbebenwirkung übernehmen



Tabellierte Lasten

Die Erregerart der tabellierten Lasten dient der Eingabe von zeitabhängigen Kraftgrößen (Einzelkräfte und Momente) in tabellierter Form.

FA1 - Dynamische Analyse 📃	1.7 Erregerfälle
Eingabedaten – Basisangaben – Knotenzusatzmassen – Linienzusatzmassen – Stabzusatzmassen – Flächenzusatzmassen – Zum Amariann	Erregerfall Nummer: EF1
E-Eregerfälle ⊢EF1 - Anprallsimulation ⊡- Dynamische Lastfälle ⊢DF1	A B C Nr. t(s) F(kN) M (kNm) 1 0.000 0.000 2 0.002 121.000 3 0.004 0.000 4 0 5 0 6 0 7 0 11 0 12 0 13 0 14 0 15 0 16 0 17 0 18 0 17 0 10 0 11 0 12 0 13 0 14 0 17 0 18 0 17 0 18 0 17 0 12 0 13 0 16 0 17 0 18 0 19 0 10 0

Bild 3.18: Maske 1.7 Erregerfälle des Typs Tabellierte Lasten



Alle Eingaben lassen sich wie auch bei den Akzelerogrammen in einer Bibliothek ablegen und jederzeit wieder einlesen. Über die Schaltfläche [Sichern] öffnet sich ein Fenster. Wenn ein *Name* vergeben ist, werden die Daten in der Bibliothek abgelegt.

eue tabellierte	Last sichern	
Speichern unter		
Anprall Fall 1		
(max = U \$	$\Delta t_{min} = 0 s$	
Sneichern unter		
Apprall Fall 1 (tmax	= 0 s. Atmin = 0 s)	
,		
2	OK	Abbreche

Bild 3.19: Tabellierte Last sichern

Übernehmen

Mit der Schaltfläche [Übernehmen] können gesicherte Daten wieder in Maske 1.5 als Erregerfall eingelesen werden.



Bild 3.20: Bibliothek der tabellierten Lasten



Harmonische Lasten

Hiermit lassen sich beispielsweise die dynamischen Lasten von Maschinen, die als Erreger auf ein Bauwerk einwirken, mit Hilfe der Amplitude, Kreisfrequenz und Phasenverschiebung definieren.

Die Kraft-Funktion f(t) und Moment-Funktion m(t) haben in diesem Falle die Form:

 $f(t) = A_f sin (\omega_f t + \phi_f) bzw.$

 $m(t) = A_m \sin (\omega_m t + \phi_m)$



Bild 3.21: Erregerfall Harmonische Lasten

Das [Sichern] und [Übernehmen] der *Harmonischen Lasten* wird wie bei den Akzelerogrammen und Tabellierten Lasten über die [Bibliothek] gehandhabt.

larmonische Lasten	×
Lastenbibliothek	E DAD
Handbuch (n F = 1, n M = 1)	
Max.N, Zentrifuge, Erregerkraft nach VDI 2060 (n 🚽	
Motor Konsole 1 (nF = 1, nM = 1)	
Prvy (n F = 2, n M = 2)	
Unwucht Kompressor (nF = 1, nM = 1)	
	100 100
	9
	0.0000 1.3100 3.1410 4.1124 0.2032
	M [kNm]
	5 ···· / ··· · · · · · · · · · · · · · ·
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	0.0000 1.5708 3.1416 4.7124 6.2832
Lösch	nen Übernehmen Abbruch Hilfe

Bild 3.22: Bibliothek der Harmonischen Lasten



Antwortspektrum

Beliebig viele Auflagerknoten lassen sich durch die Eingabe von Perioden-Beschleunigungs-Tabellen seismisch nach dem Modalanalytischen Antwortspektrumverfahren erregen.

Die Eingabemaske 1.7 der Beschleunigungs-Antwortspektren wird nur aktiv, wenn in Maske 1.1 unter *Erzwungene Schwingungen* das *Antwortspektrenverfahren* ausgewählt wurde.



Bild 3.23: Maske 1.5 Erregerfälle Antwortspektrum



Die Schaltflächen [Sichern] und [Bibliothek] bieten hier wieder die bereits bekannten Optionen der anderen Erregerarten an.

In der Bibliothek der Antwortspektren stehen fertige elastische Spektren aus der DIN 4149, dem EC 8 und dem UBC 97 zur Verfügung. Bitte beachten Sie hierbei, dass es sich bei diesem Spektren um eine bestimmte Auswahl handelt, die über fest gewählte Normparameter generiert wurden. Diese Spektren sind natürlich jederzeit editier- und erweiterbar.

Die Schaltfläche [Akzelerogramm aus Bibliothek wählen] öffnet zunächst die Akzelerogramm-Bibliothek, in der Sie jetzt die Möglichkeit haben, Antwortspektren aus Ihren bestehenden Akzelerogrammen automatisch generieren zu lassen. Hierbei stehen Ihnen neben den bereits vorhandenen Akzelerogrammen natürlich auch die eigendefinierten Akzelerogramme zur Verfügung.



		Akzelerogramm		
Algerien				
Armenien		a _x [m/s ²]		
🗄 Österreich		80		
🗄 Bosnien und Herzegowina				
🗄 Kalifornien		s		
🗄 Kroatien		8		
🗄 Frankreich		a ta da kata kata kata kata kata kata ka	ul I.I. States	
Aeroport Chambery-Aix, 11.01.1999, 03:36			all all and the second s	Andr-
Annecy-DRASSM, 11.01.1999, 03:36			a llanti, a com	I Y t[s
Annecy-Prefecture, 11.01.1999, 03:36			1	
Clansayes-Maison Cerquiglini, 15.07.1996, 00:15		8		
Fouillouse-Blockhaus, 31.10.1997, 04:24				
Fouillouse-Blockhaus, 11.04.1998, 11:05		00		
Fouillouse-Blockhaus, 28.08.1998, 20:51		9		
Grenoble-Campus Universitaire, 11.01.1999, 03:36				
Grenoble-CENG, 11.01.1999, 03:37		0.000 7.745 15.490	23.235	30.980
Grenoble-Denis Hatzfeld, 11.01.1999, 03:36		⊛х Су Сг		
Grenoble-Musee Dauphinois, 11.01.1999, 03:36				
Grenoble-Musee Dauphinois, 11.01.1999, 03:36 Grenoble-Pont de Claix, 11.01.1999, 03:36		Akzelerogramm-Details		
Grenoble-Musee Dauphinois, 11.01.1999, 03:36 Grenoble-Pont de Claix, 11.01.1999, 03:36 Grenoble-St.Roch, 11.01.1999, 03:36	-	Akzelerogramm-Details	729	
Grenoble-Musee Dauphinois, 11.01.1999, 03:36 Grenoble-Pont de Claix, 11.01.1999, 03:36 Grenoble-St.Roch, 11.01.1999, 03:36	•	Akzelerogramm-Details ID Nummer Erdbebenort	729 Barcelonnette	
Grenoble-Musee Dauphinois, 11.01.1999, 03:36 Grenoble-Pont de Claix, 11.01.1999, 03:36 Grenoble-St.Roch, 11.01.1999, 03:36 Suchen nach:	-	Akzelerogramm-Details ID Nummer Erdbebenort Erdbebenland	729 Barcelonnette Frankreich	
Grenoble-Musee Dauphinois, 11.01.1999, 03:36 Grenoble-Pont de Claix, 11.01.1999, 03:36 Grenoble-St.Roch, 11.01.1999, 03:36 Suchen nach: Meßstation C Erbebenort	-	Akzelerogramm-Details ID Nummer Erdbebenott Erdbebenland Geographische Breite des Erdbebenotts	729 Barcelonnette Frankreich 44.240	· · · · ·
Grenoble-Musee Dauphinois, 11.01.1999, 03:36 Grenoble-Pont de Claix, 11.01.1999, 03:36 Grenoble-St.Roch, 11.01.1999, 03:36 Suchen nach:	•	Akzelerogramm-Details ID Nummer Erdbebenot Erdbebeniand Geographische Breite des Erdbebenots Geographische Länge des Erdbebenots	729 Barcelonnette Frankreich 44.240 6.590	· · · · ·
Grenoble-Musee Dauphinois, 11.01.1999, 03:36 Grenoble-Pont de Claix, 11.01.1999, 03:36 Grenoble-St.Roch, 11.01.1999, 03:36 Suchen nach: Meßstation C Erbebenort Filter	•	Akzelerogramm-Details ID Nummer Erdbebenot Erdbebenland Geographische Breite des Erdbebenotts Geographische Länge des Erdbebenotts Herdliefe	729 Barcelonnette Frankreich 44.240 6.590 2	* *
Grenoble-Musee Dauphinois, 11.01.1999, 03:36 Grenoble-Pont de Claix, 11.01.1999, 03:36 Grenoble-St.Roch, 11.01.1999, 03:36 Suchen nach: Meßstation C Erbebenort Filter	•	Akzelerogramm-Details ID Nummer Erdbebenott Erdbebenland Geographische Breite des Erdbebenotts Geographische Länge des Erdbebenotts Herdtiefe Meßstationsbezeichnung	729 Barcelonnette Frankreich 44.240 6.590 2 Fouillouse-Blockha	* * km
Grenoble-Musee Dauphinois, 11.01.1999, 03:36 Grenoble-Pont de Claix, 11.01.1999, 03:36 Grenoble-St.Roch, 11.01.1999, 03:36 Suchen nach: Meßstation C Erbebenot illter Alle		Akzelerogramm-Details [D Nummer Erdbebenott Erdbebenland Geographische Breite des Erdbebenotts Geographische Länge des Erdbebenotts Herdliefe Meßstationsbezeichnung Meßstationsland	729 Barcelonnette Frankreich 44.240 6.590 2 Fouillouse-Blockha Frankreich	* * km
Grenoble-Musee Dauphinois, 11.01.1999, 03:36 Grenoble-Pont de Claix, 11.01.1999, 03:36 Grenoble-St.Roch, 11.01.1999, 03:36 Suchen nach: Meßstation C Erbebenott Filter Alle von: bis:		Akzelerogramm-Details ID Nummer Erdbebenott Erdbebenland Geographische Breite des Erdbebenotts Geographische Länge des Erdbebenotts Herdtiefe Meßstationsbezeichnung Meßstationsland Geographische Breite der Meßstation	729 Barcelonnette Frankreich 44,240 6,590 2 Foullouse-Blockha Frankreich 44,530	* * km
Grenoble-Musee Dauphinois, 11.01.1999, 03:36 Grenoble-Pont de Claix, 11.01.1999, 03:36 Grenoble-St.Roch, 11.01.1999, 03:36 Suchen nach: Meßstation Erbebenot Filter Alle von: bis: Datum: 01.01.1900 26.01.2010 7	•	Akzelerogramm-Details ID Nummer Erdbebenott Erdbebenland Geographische Breite des Erdbebenots Herdtiefe Meßstationsbezeichnung Meßstationsland Geographische Breite der Meßstation Geographische Länge der Meßstation	729 Barcelonnette Frankreich 44,240 6.590 2 Fouillouse-Blockha Frankreich 44,530 6.799	* * km *

Bild 3.24: Akzelerogramm-Bibliothek mit Option [Antwortspektrum generieren]

Nachdem das Akzelerogramm ausgewählt wurde und im Grafikfenster dargestellt wird, lassen sich bezüglich der Generierung des Spektrums weitere Parameter einstellen. Die Schaltfläche [Auswählen] öffnet folgenden Dialog:



Bild 3.25: Parameter für die Generierung der Antwortspektren

Werte der viskosen Dämpfung

Über den zu definierenden Wert der viskosen Dämpfung lässt sich der grafische Antwortspektren-*Verlauf* im Vorschaufenster farblich darstellen. Wird die viskose Dämpfung geändert, kann die Vorschaugrafik mittels [Aktualisieren] angepasst werden.

Horizontale Koordinatenachse

Der grafische Verlauf der Antwortspektren lässt sich im Vorschaufenster entweder über die *Frequenz* oder die *Periode* darstellen.



Darstellungssystem

Der grafische Antwortspektren-Verlauf lässt sich im Vorschaufenster entweder Arithmetisch oder Logarithmisch darstellen.

Perioden

Für die Generierung ist es wichtig, eine ausreichende Perioden-Inkrementierung sowie eine maximale Periodenanzahl festzulegen. Hierbei unterstützt Sie die Vorschaugrafik interaktiv.

Antwortspektrum übernehmen

Übernehmen

Hier wird festgelegt, welches Spektrum der Vorschau in die Maske 1.5 übernommen werden soll. Ist die Auswahl getroffen, kann der Export mit [Übernehmen] erfolgen.

3.3.8 Maske 1.8 Dynamische Lastfälle

Je nach Definition des Erregertyps in Maske 1.7 (Akzelerogramm, Antwortspektrum oder harmonische bzw. tabellierte Lasten) öffnet sich eine Eingabemaske zur Definition der Akzelerogramm-Faktoren, Antwortspektrum-Faktoren bzw. Belastungsfaktoren.

DF-Nummer

Ein oder mehrere Erregerfälle lassen sich beispielsweise mit verschiedenen Faktoren behaften und als eigener dynamischer Lastfall *DF* abspeichern. Je nachdem, ob in Maske 1.7 ein Akzelerogramm, Antwortspektrum oder Erregerkräfte definiert wurden, öffnet sich in Maske 1.8 die entsprechende Eingabemaske zur Definition der jeweiligen Faktoren.



Bild 3.26: Maske 1.8 Dynamische Lastfälle - Akzelerogramm-Faktoren

Ingenieur-Software

AT - Dynamische Analyse	1.8 Dyna	amische Lastfälle	1							
Eingabedaten 	Dynami <u>N</u> ummer: <u>B</u> ezeichr	DF1 💽		<u>F</u> aktor: [1.000 ÷	Erregerty	rp: ∩ <u>A</u> kzeler @ <u>L</u> asten	ogramm		
Zum Anzeigen	Berücks	ichtigung von		Dämpfungsk	oeffizient für		Angaben für l	ntegration		
 □- Erregerfälle □- EF1 - Anprallsimulation □- Dynamische Lastfälle □ DF1 - Anprall in X 	☑ Anfa ☑ Anfa	ngs⊻erformungen ngsgeschwindigkeite	n	<u>M</u> assenmatrix Steifigkeitsmat	α: 0.00 rix β: 0.00	0000 ÷	Manuell anpassen Auswertung nach jedem:	Zeitschritt Max. Zeit	∆t : t _{max} : Zeitschrift	0.010 🛟 [\$ 3.000 🛟 [\$
	Lasten-	Zuordnung								
		A	В	C	D	E	F	G	Н	
	Nr	Liste des Kusten	Erregerfal	I Multipli	kationsfaktor fi	ür Kraft	Multiplika	tionsfaktor für	Moment	V
	1	5.6 14.16 21 23-2	1	1.000	F,Y L1	F,Z L'I	M,X (1)	יא, Y ניז 0.000	M,Z L'I 0.000	Kunnerita
	2	5,0,1410,21,232		1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	5									
	6									
	7									
	9									
	10									

Bild 3.27: Maske 1.8 Dynamische Lastfälle - Belastungsfaktoren

RF-DYNAM - [Brücke] Datei Einstellungen Hilfe							×			
FA1 · Dynamische Analyse 💌	1.8 Dynamische Lastfälle									
Eingabedaten 	Dynamischer Lastfall Nummer: DF2 P M X Bezeichnung: Erdbeben in X	<u>F</u> aktor:	1.000 🛨							
├─Zum Anzeigen ⊖ Erregerfälle └─EF1-UBC 97; Soil SB; Z = ⊖ Dynamische Lastfälle └─DF2 - Erdbeben in X	Berücksichtigung von Dämpfungskoeffizient für Antwortspektrum ▲Anfangsverformungen Massenmatrix ar. 0.00000 m ▲Anfangsgeschwindigkeiten Stelfigkeitsmatrix gr. 0.00000 m									
	Antwortspektrum - Lagerknoten	Antwortspektrum - Lagerknoten								
	A	B Erregerfall	C Mul	D Itiplikationsfak	E tor	F	▲			
	Nr. Liste der Lagerknoten 1 31-33,51-53 2 3 4 5 5 6 7 8 9 10	EF 1	f _X [·] 1.000	f _Y [·]	fz [·] 0.000	Kommentar				
· ·	Antwortspektrum - Lagerknoten Antwo	ortspektrum - La	gerlinien 🛛 Anfar	ngsverformung	gen Anfangsge	schwindigkeiten				
	Berechnung Kontrolle De	tails		<u>G</u> rafik		OK A	bbrechen			

Bild 3.28: Maske 1.8 Dynamische Lastfälle - Antwortspektrum-Faktoren

Antwortspektrum-Faktoren

Als Superpositions-Regel stehen zwei Auswahlmöglichkeiten zur Verfügung:

- Quadratsummenwurzel Regel (**SRSS** Regel): Hier wird Quadratwurzel der Summe der quadrierten Modalkomponenten gebildet.
- Vollständige quadratische Kombination (,Complete Quadratic Combination', CQC Regel): Diese ist anzuwenden, falls bei der Untersuchung räumlicher Modelle mit gemischten Torsions-/Translations-Eigenformen benachbarte Modalformen vorhanden sind, deren Perioden sich um weniger als 10 % unterscheiden.



Z-Faktor abhängig von Eigenperioden

Z-Faktoren...

Durch Aktivieren des Kontrollfeldes und anschließendem Klick auf die Schaltfläche [Z-Faktoren] wird folgendes Fenster geöffnet, indem die Eigenperioden-abhängigen Z-Faktoren definiert werden können.

Z-Fakt	2-Faktor abhängig von Eigenperioden 🛛 🔀										
Z-Fał	toren										
	A	В									
	Eigenperiode	Faktor									
Nr.	T [s]	für Z-Richtung									
1	0.000	0.700	0								
2	0.150	0.700	0								
3	0.500	0.500	0								
4	1.000	0.500	0								
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12			-								
٢			OK Abbrechen								

Bild 3.29: Eigenperioden abhängiger Z-Faktor

Anfangsverformungen

Hier lassen sich Anfangsverschiebungen bzw. Anfangsverdrehungen definieren, die den Einschwingvorgang maßgeblich beeinflussen. Allerdings dürfen in diesem Falle nur die ungebundenen Freiheitsgrade zugeordnet werden, also an jenen Knoten und jenen Richtungen, an denen keine Stützung die Bewegung des Systems behindert. Eingaben, die dieser Regel widersprechen, werden ignoriert. Da RF-DYNAM die Methode der Projektion auf den Unterraum der Eigenvektoren anwendet, können die Anfangsbedingungen nicht beliebig sein. Der vorgeschriebene Vektor der Anfangsbedingungen muss eine lineare Kombination der Eigenvektoren darstellen (siehe Kapitel 5 dieses Handbuchs).

RF-DYNAM - [Brücke] Datei Einstellungen Hilfe		_								2
FA1 - Dynamische Analyse 📃 💌	1.8 Dyna	mische Lastfälle	:							
Eingabedaten – Basisangaben – Knotenzusatzmassen – Linienzusatzmassen – Stabzusatzmassen – Flächenzusatzmassen	Dynami: <u>N</u> ummer: <u>B</u> ezeichn	DF1 💌 Support		<u>F</u> aktor:	1.000 ÷	Erregertyp:	○ <u>A</u> kzelerog ● <u>L</u> asten	ramm		
 Zum Anzeigen Erregerfälle □ ET1 - Anprallsimulation Dynamische Lastfälle □ DF1 - Anprall in X 	Berücks Anfar Anfar	ichtigung von ngs <u>v</u> erformungen ngsgeschwindigkeite	n	Dåmpfungskoeffizient für Angaben für Integration Massenmatrix a: 0.00000 ⊕ Steifigkeitsmatrix b: 0.00000 ⊕ Auswertung nach jedem: 1 ⊕					:: 0.010	[s] [s]
	Anfangs	verformungen		_						
		A	B	erschiebungen [D mm]	E Ve	F rdrehungen (r	G ad]	<u> </u>	
	Nr.	Liste der Knoten	ux,t=0	uY,t=0	uz,ŧ=0	φ×,t=0	φY,t=0	φz,t=0	Kommentar	
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	23,24,36			0.0	0.0000	0.0000	0.0000		
	Lasten-Z	uordnung Anfangsv	verformunge	an Anfangsgeso	hwindigkeiten	J				
999	Berechnu	ng Kontrolle	Deta	ails		<u>G</u> rafik			OK Abbre	chen

Bild 3.30: Maske 1.5 Dynamische Lastfälle - Anfangsverformungen



Anfangsgeschwindigkeiten:

Hier lassen sich Anfangsverschiebungs- bzw. Anfangsverdrehgeschwindigkeiten eingeben. Identisch zu den Anfangsverformungen müssen auch hier ungebundene Freiheitsgrade vorliegen, da die Geschwindigkeit die erste Ableitung der Verformung darstellt.

RF-DYNAM - [Brücke]										×
Eingabedaten Image Basisangaben Knotenzusatzmassen Linierzusatzmassen Stabzusatzmassen	1.8 Dyna Dynamis <u>N</u> ummer: <u>B</u> ezeichn	mische Lastfälle scher Lastfall DF1 💌 🤮 ung: Anprall in X	5 X	<u>F</u> aktor:	1.000 ÷	Erregertyp:	O <u>A</u> kzelerog @ <u>L</u> asten	ramm	_	
⊢ Flacherzusatzmässen – Zum Anzeigen ⊖ Erregerfälle – EFI - Anpralisimulation ⊖ Dynamiche Lastfälle – DFI - Anprali mX	Berücks Anfar Anfar	ichtigung von ngs <u>v</u> erformungen ngsgeschwindigkeiter	,	Dämpfungskor <u>M</u> assenmatrix Steifjgkeitsmatrix	effizient für α: 0.000 β: 0.000	00÷ 00÷ Au: nac	gaben für Int Manuell anpassen swertung chjedem:	egration Zeitschritt At Max. Zeit tr 1 拱 Ze	:: 0.010	[\$] [\$]
	Anfangs Nr.	geschwindigkeiter A Liste der Knoten 6-9.16-18.25-27.3	n B ∀X,t=0 100	C schwindigkeiten (VY,t=0).0 0.0		E Dreh-Ge: V _{\$\$} ,X,t=0 0.0000	F schwindigkeite V φ, Y, t=0 0,0000	G en [rad/s] V _⊉ ,Z,t=0 0.0000	H Kommentar	
	2 3 4 5 6 7									
· ·	8 9 10 Lasten-Z	uordnung Anfangsv	erformung	en Anfangsgesc	hwindigkeiten					•
0 0 0	Berechnu	ng Kontrolle	Det	ails		<u>G</u> rafik			OK Abbred	hen

Bild 3.31: Maske 1.5 Dynamische Lastfälle - Anfangsgeschwindigkeiten

Bezüglich der Anfangsverformungen und Anfangsgeschwindigkeiten ist zu beachten, dass diese bei einer periodischen Erregung über ein Antwortspektrum nicht definiert werden können.

Dämpfungskoeffizient für

Massenmatrix α

In diesem Eingabefeld kann der Koeffizient α der massenproportionalen Dämpfung festgelegt werden. Die Maßeinheit für α ist [1/s].

Steifigkeitsmatrix β

Hier wird der Koeffizient β der steifigkeitsproportionalen Dämpfung bestimmt. Die Maßeinheit für β ist [s].

Die Dämpfungsmatrix hat die Form: α M + β K

Das Dämpfungsmaß einschließlich des Lehrschen Dämpfungsmaßes D_i für die i-te Eigenkreisfrequenz ω_i lautet:

 $d_i = D_i + \frac{1}{2} [\alpha / \omega_i + \beta \omega_i]$

Angaben für Integration

Zeitauswertung

Über den Zeitschritt und die maximale Zeit lassen sich die Genauigkeit und Dauer der Integration festlegen. Hierbei sollte man darauf achten, dass die maximale Zeit die Größe des Zeitintervalls, das in Maske 1.5 definiert wurde, nicht überschreitet.



Zeitschritt

Die richtige Wahl des Zeitschritts hängt von der Eigenfrequenz des Systems bzw. der Frequenz der erregenden Kräfte ab. Um eine ausreichende Genauigkeit zu erreichen, sollte die maßgebende Periode T = 1/f in etwa 10 Schritte unterteilt werden, d. h. der Zeitschritt Δt ist so zu wählen, dass

 $\Delta t < T/10 = 1/(10f) = 2 \pi / (10 \omega)$

Automatisch ermitteln

Angaben für Integration									
🔽 Manuell	Zeitschritt	Δt :	0.010 📫 [s]						
anpassen	Max. Zeit	t _{max} :	3.000 📫 [s]						

Bild 3.32: Automatisch ermitteln

Die automatische Ermittlung der maximalen Zeit und des Zeitschritts ist nur bei Akzelerogrammen möglich. Hierbei wird als *Zeitschritt* die kürzeste Zeiteingabe aus der Maske 1.7 übernommen. Als *Max. Zeit* wird das Zeitende der Eingabe aus Maske 1.7 angesetzt.



3.3.9 Maske 1.9 Ersatzlasten

Diese Maske kann nur dann geöffnet werden, wenn der ZUSATZ II von RF-DYNAM erworben wurde.

Ersatzlast

Norm		
Ersatzlasten generierer	n	
nach Norm:	DIN 4149: 2005-04	•
	DIN 4149: 1981-04	
Norm Perometer	DIN 4149: 2005-04	
Nomeralameter	EUROCODE 8: 1998-1-1	
Spektrum-Art:	EUROCODE 8: 2004-11 IBC 2000	

Bild 3.33: Auswahl der Norm

Die Auswahlliste *Generieren nach Norm* eröffnet den Zugang zur Eingabemaske unterhalb, in der die Eingabeparameter nach DIN 4149: 1981-04, DIN 4149: 2005-04, EUROCODE 8: 1998-1-1. EOROCODE 8: 2004-11 oder IBC 2000 festgelegt werden können.

Wahl der Eigenformen

Zuordnun	Zuordnung des Bemessungsspektrums für lineare Berechnung										
A	В	С	D	E	F	G					
Zu ge-	Eigenform	Generieren	0	rdinate des Bemessu	ingsspektrums						
nerieren	Nr.	in RFEM-LF Nr.	Auto	S _{dH} [m/s ²]	S _{dV} [m/s ²]	Kommentar					
×	1 - 0.50 Hz	2	×	0.2510	0.1757						
×	2 - 1.42 Hz	3	×	0.7091	0.4963						
×	3 - 1.87 Hz	4	×	0.9362	0.6554						
×	4 - 3.84 Hz	5	×	1.9196	1.3437						
×	5 - 8.31 Hz	6	×	2.5000	1.7500						
×	6 - 10.62 Hz	7	×	2.5000	1.7500						

Bild 3.34: Zuordnung des Bemessungsspektrums

Zu generieren und Eigenform Nr.

In diesen beiden Spalten wird festgelegt, welche der in RF-DYNAM BASIS ermittelten Eigenfrequenzen zur Bestimmung der Ersatzlasten herangezogen werden sollen.

Generieren in RFEM-LF Nr.

Hier wird angezeigt, in welchen RFEM-Lastfall die generierten Ersatzlasten übernommen werden sollen. Die Wirkungsrichtung des Erdbebens entspricht hierbei immer der Richtung der Eigenschwingung. Die Nummer des ersten Lastfalls in RFEM kann unter Export in RFEM eingestellt werden

Lastfall-Nummerier	ung
Nummer des ersten generierten Lastfalls:	11 🜻

Bild 3.35: Lastfall-Nummerierung

Auto

Die Bestätigung dieses Eingabefeldes hat zur Folge, dass die Beiwerte S_{dH} und S_{dV} des Bemessungsspektrums automatisch ermittelt werden. Eine freie Eingabe dieser Werte ist jedoch auch möglich, um eine Ermittlung der Ersatzlasten mit Eingangswerten, die außerhalb der DIN 4149 liegen, zu ermöglichen.

Ordinate des Bemessungsspektrums

Dieser Wert ergibt sich als Funktion der Eigenperiode T.

Kommentar

Jeder generierte Lastfall kann hier mit einem Kommentar versehen werden.



Norm-Parameter DIN 4149: 1981-04

RF-DYNAM - [Brücke]							×
EA1 - Dupanische Apaluse	1 O Ercatzla	eton	_	_			
Eingabedaten	Norm	sten	_	_	Lastfall-Nummerier	upa	
Basisangaben Knotenzusatzmassen Linienzusatzmassen	Ersatzlasten (nach Norm:	generieren	l 4149: 1981-04		Nummer des ersten generierten Lastfalls: 11 ÷		
- Stabzusatzmassen	Norma Davas	er et er					
– Zum Anzeigen – Ersatzlasten	Erdbebenzon	ie: 3	•		Bauwerksklasse:	2	
Ergebnisse	Benelwert an		0.6500 - [m/s ²]		Abminderungsfaktor a	· 0.8000 · 1-1	
Eigenwerte, -frequenzen und -p							
Eigenschwingung knotenweise Eigenschwingung stabweise	Untergrunds	ifluB des	1.0000 🛨 [·]		Hechenwert cal a:	0.5200 [m/s*]	
- Eigenschwingung flächenweise							
Generierte Ersatzlasten							
							5
	Wahl der Ei	genformen					
	A	B	C	D	E	F	_
	Zu	Eigenform	Generieren in	Normierte	s Antwortspektrum		
	generieren	Nr.	Lastfall	Auto	Beiwert ß [-]	Kommentar	
	×	1 - 0.97 Hz	11	×	0.5174		
	×	2 - 1.43 Hz	12	×	0.7024		
	×	3 - 1.85 Hz	13	×	0.8645		
	×	4 - 2.32 Hz	14	×	1.0000		
	×	5 - 2.93 Hz	15	×	1.0000		
	×	6 - 4.02 Hz	16	×	1.0000		•
							32 34
							<u>A</u> <u>V</u>
	Berechnung	Kontrolle			<u>G</u> rafik	0	K Abbrechen

Bild 3.36: Maske 1.9 Ersatzlasten nach DIN 4149: 1981-04

Erdbebenzone

Bedingt durch den Aufbau der Erdbebenkruste aus kontinentalen Platten treten auf der Erdoberfläche an verschiedenen Orten unterschiedliche Erdbebenzonen auf. Die charakteristische Größe für eine Erdbebenzone ist der Regelwert a₀, der der zu erwartenden Beschleunigung entspricht.

Regelwert a₀

Der Beschleunigungswert wird je nach Erdbebenzone automatisch vom Programm angesetzt, sofern eine Erdbebenzone zwischen 1 und 4 festgelegt wurde.

Faktor für Einfluss des Untergrundes ĸ

Dieser Beiwert liegt im Extremfall bei 1.0 (hartes Gestein) oder 1.4 (Lockergestein).

Bauwerksklasse

Über die Bauwerksklasse wird die Schutzwürdigkeit und die gesellschaftliche Bedeutung des Gebäudes angesprochen. Die Einteilung erfolgt in drei Kategorien, über die die Norm näheren Aufschluss gibt. Für Mitteleuropa ist die Berücksichtigung der Bauwerksklassen 1 bis 4 in der Regel ausreichend. Über die baulichen Bestimmungen hinsichtlich der Erdbebenzone gibt die Norm Aufschluss. Es kann auch eine andere Bauwerksklasse für andere Normen und Erdbebenzonen eingegeben werden, wobei die dann gültigen Beschleunigungswerte durch den Anwender anzugeben sind.

Abminderungsfaktor α

Die Regelwerte der Beschleunigung a_0 dürfen in Abhängigkeit von der Bauwerksklasse und der Erdbebenzone mit einem Abminderungsfaktor α multipliziert werden. Näheres hierzu siehe DIN 4149, Kapitel 7.2.3.

Rechenwert cal a

Dieser Wert setzt sich aus dem Regelwert a_0 , dem Abminderungsfaktor α und dem Faktor für den Untergrund κ zusammen. Nach Eingabe dieser Parameter wird cal a automatisch berechnet, kann jedoch auch nachträglich editiert werden.

Spektrum

Über die Schaltfläche [Spektrum] wird das jeweilige Spektrum mit den eingegebenen Parametern grafisch dargestellt. Diese Schaltfläche ist erst nach erfolgreicher Berechnung der Eigenfrequenzen aktiv. Wenn hier in der Spalte *Auto* das Kreuz deaktiviert wird, besteht die Möglichkeit, die Richtungsfaktoren für das Spektrum zu ändern.

Normierte	es Antwort	spektri	um nach DIN	4149: 198:	1-04		×
Zugeord	nete Faktorei	n				Verlauf	
Eigenform	Eigenperiode	Fakto	r des normierten	Antwortspektri	ums in Richtung 🛛 🔺		_
Nr.	T [s]	Auto	fx[·]	fy[]	fz[·]	[-]4	
1	1.026	×	1.00	1.00	0.50		
2	0.700	×	1.00	1.00	0.50		
3	0.540	×	1.00	1.00	0.50		
4	0.432	×	1.00	1.00	0.50		
5	0.341	×	1.00	1.00	0.50		
6	0.249	×	1.00	1.00	0.50		
7	0.205	×	1.00	1.00	0.50		
8	0.190	×	1.00	1.00	0.50		
9	0.171	×	1.00	1.00	0.50		
10	0.169	×	1.00	1.00	0.50		
11	0.134	×	1.00	1.00	0.50		
12	0.121	×	1.00	1.00	0.50		
13	0.120	×	1.00	1.00	0.50	8	
14	0.119	×	1.00	1.00	0.50		
15	0.117	×	1.00	1.00	0.50		
16	0.116	×	1.00	1.00	0.50		
17	0.108	×	1.00	1.00	0.50	t	-
18	0.107	×	1.00	1.00	0.50 🔽	0.000 1.000 2.000 3.000 4.000	_
					2	OX OY OZ	
D						OK Abbrech	en

Bild 3.37: Normiertes Antwortspektrum nach DIN 4149: 1981-04

Z-Faktoren

Die Faktoren für die Z-Richtung können zudem über eine Tabelle beschrieben werden. Die Voreinstellung gemäß DIN 4149 für die Z-Richtung beträgt hier 50 % der horizontalen Erdbebeneinwirkung.

z	2-Faktor abhängig von Eigenperioden											
	Z-Faktoren											
		A	В	*								
		Eigenperiode	Faktor									
	Nr.	T [s]	für Z-Richtung									
	1	0.000	0.500	1								
	2	10.000	0.500]								
	3											
	4			1								
	5			1								
	6			1								
	7			1								
	8			1								
	9			1								
	10			1								
	11			1								
	12			-								
	۵	6			OK Abbrech	en						

Bild 3.38: Z-Faktoren



Norm-Parameter DIN 4149: 2005-04

RF-DYNAM - [Brücke]								×
	1 O Ercatzla	rtan		_				
FA1 - Dynamische Analyse Image: Comparison of the satisfampaben Basisangaben - Knotenzusatzmassen - Linienzusatzmassen - Stabzusatzmassen - Flächenzusatzmassen - Zim Anzeigen - Ersatzlasten Ergebnisse - Eigenschwingung knotenweise - Eigenschwingung tlächenweise	1.9 Ersatzla: Norm Ersatzlasten (nach Norm: Norm-Parat Spektrum-Art: Untergrundve	sten generieren meter : @ Bemi C Elast shältnis: C-T S : 1.2 6 25	41 49: 2005-04 essungsspektrun isches Antwortsp v 50	п für lineare B pektrum Тв-н : С Тс-н : С Тр-н : С	Lastfall-Numme Nummer des erster generierten Lastfall erechnung 1000 [s] T [1400 [s] T [2000 [s] T [rierung s: 11 ** sv: 0.100 ** sv: 0.200 ** sv: 2.000 **	[\$] q: 1.000 [\$] ag: 1.000 [\$] avg: 0.700	[·] [m/s²] [m/s²]
		β0 2.5 γι: 1.0	00 🛨 [·]			,		2
	Zuordnung	des Bemessun	gsspektrums	für lineare E	lerechnung			
	A	B	<u> </u>	D	E	F	G	<u> </u>
	∠u generieren	Ligenform Nr.	Lienerieren in Lastfall	Auto	ate des Bemessung S _{dH} [m/s²]	sspektrums S dv [m/s2]	Kommentar	
		1 - 0.97 Hz	11	X	1.2187	0.4266		
		2 · 1.43 Hz	12		1.7857	0.6250		
		3 - 1.85 Hz	13		2.3153	0.8103		
		4 - 2.32 Hz	14	X	2.8949	1.0132		
	×	5 - 2.93 Hz	15	×	3.1250	1.2822		
	×	6 - 4.02 Hz	16	×	3.1250	1.7597		-
<							2	1
	Berechnung	Kontrolle			<u>G</u> rafik		OK Ab	brechen

Bild 3.39: Maske 1.9 Ersatzlasten DIN 4149: 2005-04, Option Bemessungsspektrum für die lineare Berechnung

RF-DYNAM - [Brücke]								>
Datei Einstellungen Hilfe								
FA1 - Dynamische Analyse 📃	1.9 Ersatzla	sten						
Eingabedaten Basisangaben Knotenzusatzmassen Stabzusatzmassen Bischerzusatzmassen Bischerzusatzmassen Bischerzusatzmassen Eigenweite, frequenzen und -p Eigenschwingung knoterweise Eigenschwingung knoterweise Eigenschwingung stabweise Eigenschwingung flächenweise	Norm Ersatzlasten nach Norm: Norm-Para Spektrum-Arl Untergrundv	genetieren DIN meter C Bem Elast erhältnis: C-T S : 12 ßo 25 yı : 1.0	4149: 2005-04 essungsspektrum iisches Antwortsp 0	Гін lineare E ektrum Тв-н : Г Тс-н : Г Тр-н : Г	Lastfall-Numme Nummer des erster generierten Lastfall Ierechnung 0.100 (s) Te 0.400 (s) Te 2.000 (s) Te	rierung 11 11 11 11 11 12 12 12 12 12] n: 1.000 ag: 1.000 ay: 0.700	[·] [m/s²] [m/s²]
	Zuordnung	dee elsetiechen	Antwortenaktri	Ime				
	A	B	C	D	E	F	G	_
	Zu	Eigenform	Generieren in	Ordinate	des elastischen Ant	wortspektrums		
	generieren	Nr.	Lastfall	Auto	S _{eH} [m/s ²]	S _{eV} [m/s ²]	Kommentar	
	×	1 - 0.97 Hz	11	×	1.2187	0.4266		
	×	2 - 1.43 Hz	12	×	1.7857	0.6250		
	×	3 - 1.85 Hz	13	×	2.3153	0.8103		
	×	4 - 2.32 Hz	14	×	2.8949	1.0132		
	×	5 - 2.93 Hz	15	×	3.1250	1.2822		
	×	6 - 4.02 Hz	16	×	3.1250	1.7597		-
•								3
0 P B	Berechnung	Kontrolle			<u>G</u> rafik		OK A	brechen

Bild 3.40: Maske 1.9 Ersatzlasten nach DIN 4149: 2005-04, Option Elastisches Antwortspektrum

Wenn die Ersatzlasten nach DIN 4149: 2005-04 generiert werden sollen, steht entweder das *Bemessungsspektrum für lineare Berechnung* oder das *Elastische Antwortspektrum* zur Verfügung. Die einzelnen Parameter der DIN 4149: 2005-04 werden wie folgt beschrieben.



Geologische Untergrundklassen

R	Gebiete mit Felsartigem Gesteinsuntergrund
т	Übergangsbereiche zwischen den Gebieten der Untergrundklasse R und der Untergrundklasse S sowie Gebiete relativ flachgründiger Sedimentbecken
S	Gebiete tiefer Beckenstrukturen mit mächtiger Sedimentfüllung

Baugrundklassen

А	Unverwitterte (bergfrische) Festgesteine mit hoher Festigkeit Dominierende Scherwellengeschwindigkeit: > 800 m/s
В	Mäßig verwitterte Festgesteine bzw. Festgesteine mit geringer Festigkeit oder grobkörnige (rollige) bzw. gemischtkörnige Lockergesteine mit hohen Reibungseigenschaften in dichter Lagerung bzw. in fester Konsistenz (z. B. glazial belastete Lockergesteine) Dominierende Scherwellengeschwindigkeit: 350 m/s bis 800 m/s
с	Stark bis völlig verwitterte Festgesteine oder grobkörnige (rollige) bzw. gemischtkörnige Lockergesteine in mitteldichter Lagerung bzw. in mindestens steifer Konsistenz oder feinkörnige (bindige) Lockergesteine in mindestens steifer Konsistenz Dominierende Scherwellengeschwindigkeit: 150 m/s bis 350 m/s

Für die Eingangswerte A, B oder C sowie R, T oder S ergeben sich folgende Eingangsparameter für das Bemessungsspektrum:

Werte der Parameter zur Beschreibung des horizontalen Spektrums

Untergrundverhältnisse	S	T _B [s]	T _c [s]	T _D [s]
A-R	1,00	0,05	0,20	2,0
B-R	1,25	0,05	0,25	2,0
C-R	1,50	0,05	0,30	2,0
B-T	1,00	0,01	0,30	2,0
C-T	1,25	0,01	0,40	2,0
C-S	0,75	0,01	0,50	2,0

Werte der Parameter zur Beschreibung des vertikalen Spektrums

Untergrundverhältnisse	S	T _B [s]	T _c [s]	T _D [s]
A-R	1,00	0,05	0,20	2,0
B-R	1,25	0,05	0,20	2,0
C-R	1,50	0,05	0,20	2,0
B-T	1,00	0,01	0,20	2,0
C-T	1,25	0,01	0,20	2,0
C-S	0,75	0,01	0,20	2,0

Untergrundparameter

 T_{B} , T_{C} , T_{D} Kontrollperioden des Antwortspektrums

βo

S

Verstärkungsbeiwert der Spektralbeschleunigung mit Referenzwert

 $\beta_0 = 2,5$ für 5 % viskose Dämpfung



Verhaltensbeiwert q

Der Verhaltensbeiwert *q* variiert zwischen 1,50 und 5,00, wobei dieser durch den Tragwerkstyp, die Duktilität des Gebäudes, die Regelmäßigkeit des Gebäudes im Aufriss und die Versagensart der verschiedenen Aussteifungssysteme bestimmt wird. Dieser unterliegt der Gleichung:

$$q = q_o * k_R * k_w \ge 1,5$$

Dämpfungs-Korrekturbeiwert η

Der Dämpfungs-Korrekturbeiwert mit dem Referenzwert $\eta = 1$ für 5 % viskose Dämpfung ermittelt sich wie folgt.

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{(5+\xi)}} \ge 0,55$$

Bemessungswert der Bodenbeschleunigungen a_g

Der Bemessungswert de Bodenbeschleunigung ist von der Erdbebenzone abhängig und kann der Nachstehenden Tabelle, in Verbindung mit dem Bild 2 – Erdbebenzonen der Bundesrepublik Deutschland der DIN 4149: 2005-04, entnommen werden.

Erdbebenzonen	Intensitätsintervalle	Bemessungswert der Bodenbeschleunigung a _g [m/s²]
0	6,0 ≤ I < 6,5	-
1	6,5 ≤ I <7,0	0,4
2	7,0 ≤ I < 7,5	0,6
3	7,5 ≤ I	0,8

Bedeutungsbeiwert γ_ι

Hochbauten sind entsprechend ihrer Bedeutung für den Schutz der Allgemeinheit einer der vier Bedeutungskategorien zuzuordnen:

Bedeutungskategorie	Bauwerke	Bedeutungsbeiwert γ_{I}
I	Bauwerk von geringer Bedeutung für die öffentliche Sicherheit, z. B. landwirt- schaftliche Bauten	0,8
II	Gewöhnliche Bauten, die nicht zu den anderen Kategorien gehören, z. B. Wohngebäude	1,0
111	Bauwerke, deren Widerstandsfähigkeit gegen Erdbeben im Hinblick auf die mit Einsturz verbundenen Folgen wichtig ist, z. B. große Wohnanlagen, Verwaltungs- gebäude, Schulen, Versammlungshallen, kulturelle Einrichtungen, Kaufhäuser etc.	1,2
IV	Bauwerke, deren Unversehrtheit im Erd- bebenfall von Bedeutung für den Schutz der Allgemeinheit ist, z. B. Krankenhäu- ser, wichtige Einrichtungen des Kata- strophenschutzes und der Sicherheits- kräfte, Feuerwehrhäuser usw.	1,4

Spektrum

Über die Schaltfläche [Spektrum] wird das jeweilige Spektrum mit den eingegebenen Parametern grafisch dargestellt. Wenn hier in der Spalte *Auto* das Kreuz deaktiviert wird, besteht die Möglichkeit, die Richtungsfaktoren für das Spektrum zu ändern.



Bild 3.41: Bemessungsspektrum für lineare Berechnung

genform	Eigenperiode	Fakto	r des normierten	Antwortspektru	ums in Richtung 🛛 🔺			6 k-1-3	
Nr.	T [s]	Auto	f _X [·]	fy[·]	fz [·]	1		s ^{eH} [mo-]	
1	1.026	×	1.00	1.00	1.00		~		
2	0.700	×	1.00	1.00	1.00				
3	0.540	×	1.00	1.00	1.00				
4	0.432	×	1.00	1.00	1.00				
5	0.341	×	1.00	1.00	1.00		2	N 1811	
6	0.249	×	1.00	1.00	1.00			$ \Xi_{\pm} $	
7	0.205	×	1.00	1.00	1.00		1		
8	0.190	×	1.00	1.00	1.00		J	1888 1	
9	0.171	×	1.00	1.00	1.00		1.55	8 Ell	
10	0.169	×	1.00	1.00	1.00			1811 I N	
11	0.134	×	1.00	1.00	1.00				
12	0.121	×	1.00	1.00	1.00				
13	0.120	×	1.00	1.00	1.00		2	: SI()	
14	0.119	×	1.00	1.00	1.00		-		
15	0.117	×	1.00	1.00	1.00				
16	0.116	×	1.00	1.00	1.00				
17	0.108	×	1.00	1.00	1.00		Ļ	Ballie	τp
18	0.107	×	1.00	1.00	1.00 💌		0.00	0.000 1.000 2.000 3.000 4.00	0
					0		6	●X OY OZ	

Bild 3.42 Elastisches Antwortspektrum

Z-Faktoren

- Die Faktoren für die Z-Richtung können zudem über eine Tabelle beschrieben werden, die über die entsprechende Schaltfläche zugänglich ist. Die Voreinstellung gemäß DIN 4149: 2005-04 für die Z-Richtung beträgt hier:
 - für Schwingzeiten gleich 0,0 s gleich 100 %
 - für Schwingzeiten gleich 10,0 s gleich 100 %

	Δ	B		
	Eigenperiode	Eaktor	-	
Nr.	T [s]	für Z-Richtung		
1	0.000	1.000		
2	10.000	1.000		
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12			-	

Bild 3.43: Z-Faktoren



Norm-Parameter EUROCODE 8: 1998-1-1

RF-DYNAM - [Brücke]						×
Datei Einstellungen Hilfe						
FA1 - Dynamische Analyse 💽	1.9 Ersatzlasten					
Eingabedaten Basisangaben	Norm Ersatzlasten generieren		Lastfa	II-Nummerierung er des ersten		
- Linienzusatzmassen Stabzusatzmassen	nach Norm:	EUROCODE 8: 1998-1-	generie	rten Lastfalls:	11 -	
- Flächenzusatzmassen	Norm-Parameter					
Zum Anzeigen Ersatzlasten	Spektrum-Art: @ <u>B</u> en	nessungsspektrum für lin stisches Antwortspektrum	eare Berechnung			
Ergebnisse	0 500	allocation and a second second				
 Eigenweite, frequenzen und p Eigenschwingung knotenweise 	Baugrundklasse:	▼ ka1 :	0.667 😴 [-]	Тв: 0.200	[s] beiwert g : 1.000	6
- Eigenschwingung stabweise		kw:	1 667 - 11	Ta: 0.800		
Generierte Ersatzlasten	S: 0.	900 🚔 [·] 🛛 Kaz . [1.007	TC.] 0.000		11
	β 0 : 2.	500 🚔 [•]		Tp: 3.000		
						31
						-46
	Zuordnung des Berne	ssungsspektrums für	r lineare Berechr	iung		
	AB		D (F	-	
					F	<u> </u>
	Zu Eigenforr	m Generieren in	Bemessungssp	ektrum	F.	
	Zu Eigenfori generieren Nr.	m Generieren in Lastfall	Bernessungssp Auto Ordi	ektrum nate S d [-]	F Kommentar	
	Zu Eigenfori generieren Nr. X 1 · 2.13 F	m Generieren in Lastfall	Bernessungssp Auto Ordi	nate S _d [-]	F Kommentar	
	Zu Eigenform generieren Nr. X 1 · 2.13 F X 2 · 2.32 F X 3 · 2.93 F	Generieren in Lastfall Iz 11 Iz 12 Iz 13	Bemessungssp Auto Ordi	ektrum nate S _d [-] 0.2250 0.2250 0.2250	F Kommentar	
	Zu Eigenfor generieren Nr. X 1 · 2.13 F X 2 · 2.32 F X 3 · 2.93 F X 4 · 3.17 F	Generieren in Lastfall Iz 11 Iz 12 Iz 12 Iz 13 Iz 14	Bemessungssp Auto Ordi X X X	ektrum nate S d [-] 0.2250 0.2250 0.2250 0.2250	F Kommentar	
	Zu Eigenfor generieren Nr. X 1 · 213 H X 2 · 2.32 H X 3 · 2.93 H X 4 · 3.17 H X 5 · 3.93 H	Generieren in Lastfall 12 11 12 12 12 13 12 14 12 15	Bemessungssp Auto Ordi X X X X	ektrum nate S _d [-] 0.2250 0.2250 0.2250 0.2250 0.2250 0.2250	F Kommentar	
	Zu Eigenfor generieren Nr. X 1 - 2.13 H X 2 - 2.32 H X 3 - 2.93 H X 3 - 2.93 H X 5 - 3.93 H X 5 - 3.93 H X 6 - 4.02 H	Generieren in Lastfall Iz 11 Iz 12 Iz 13 Iz 14 Iz 15 Iz 16	Bemessungssp Auto Ordi X X X X X X X	ektrum nate S _d [-] 0.2250 0.2250 0.2250 0.2250 0.2250 0.2250 0.2250	F Kommentar	
	Zu Eigenfon generieren Nr. X 1 - 2.13 + X 2 - 2.32 + X 3 - 2.93 + X 4 - 3.17 + X 5 - 3.93 + X 6 - 4.02 +	Generieren in Lastfall 12 11 12 12 12 13 12 14 12 15 12 16	Bemessungssp Auto Ordi X X X X X X X X X X X X	ektrum nate S d [-] 0.2250 0.2250 0.2250 0.2250 0.2250 0.2250	F Kommentar	
< >	Zu Eigenfor generieren Nr. X 1 - 213 + X 2 - 232 + X 3 - 293 + X 4 - 317 + X 5 - 3.93 + X 6 - 4.02 +	n Generieren in Lastfall iz 11 iz 12 iz 13 iz 14 iz 15 iz 16	Bemessungssp Auto Ordi X X X X X X X X X X X X	ektrum nate S d [·] 0.2250 0.2250 0.2250 0.2250 0.2250 0.2250	F Kommentar	
I I I I I I I I I I I I I I I I I I I	Zu Eigenfon generieren Nr. X 1 · 213 + X 2 - 232 + X 3 · 293 + X 3 · 293 + X 5 · 393 + X 6 · 4.02 + Berechnung Kontroll	Genericen in Lastfall 1z 11 1z 12 1z 13 1z 14 1z 15 1z 16	Bemessungssp Auto Ordi E E E E E E E	ektrum nate S.q. [-] 0.2250 0.2250 0.2250 0.2250 0.2250 0.2250 0.2250	Kommentar	brechen
• • • • •	Zu Eigenfon generieren Nr. X 1 - 2.13 F X 2 - 232 F X 3 - 2.93 F X 5 - 3.93 F X 6 - 4.02 F Berechnung Kontroll	n Generieren in Lastfall iz 11 iz 12 iz 12 iz 13 iz 14 iz 15 iz 16	Bemessungssp Auto Ordi X X X X X X X X X X	ektrum nate 5 g [1] 0.2250 0.2250 0.2250 0.2250 0.2250 0.2250 0.2250 0.2250	Kommentar	V V V Direchen

Bild 3.44: Maske 1.9 Ersatzlasten nach EUROCODE 8: 1998-1-1, Option Bemessungsspektrum für lineare Berechnung

Extension light in game FAI: Dynamische Analyse I.9 Ersatzlasten Basisangaben Knotenzusatzmassen Linienzusatzmassen Sibususatzmassen CIM Anzeigen Ersatzlästen generieren Zum Anzeigen Ersektlästen Eigenweite, frequenzen und -p Eigenschwingung stabweise Baugrundklasse: L I not in any in an									1
Eingabedelen Norm Lastfall-Nummerierung Knotenzusatzmassen Eiradzlasten geneireren nach Norm: EURDCODE & 1998-1-1 Nummer des ersten geneireren Lastfall: 11	FA1 - Dynamische Analyse	1.9 Ersatzlas	sten	_		_	_		_
Zuordnung des elastischen Antwortspektrums A B C D E F - Zu Eigenform Genetieren in Elastisches Antwortspektrum - <	Eingabedaten Basisangaben Knotenzusatzmassen Linierzusatzmassen Flächenzusatzmassen Zum Anzeigen Ersatlasten Ergebnisse Eigenweite, frequenzen und - Eigenweite, frequenzen und - Eigenschwingung knotenweise	Norm Ersatzlasten g nach Norm: Norm-Paran Spektrum-Art: B <u>a</u> ugrundklas	penerieren EUF neter C Bernesss @ Elastisch se: C S : 0.900 βο : 2.500	ROCODE 8: 1998- ungsspektrum für lin nes Antwartspektru k1 : k2 : c] k2 : c]	1.1 •	Lastfall-Nummerie Nummer des ersten generierten Lastfalls: thnung [·] T B : [·] T C : T D :	0.200 - [s] 0.800 - [s] 0.800 - [s]	η: [a ₀ : [1.000 🛃 [+] 0.100 🛃 [m/s²]
A B C D E F j Zu Eigenform Generieren in Elastisches Antwortspektrum Elastisches Antwortspektrum I I Elastisches Antwortspektrum I <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>=2</td>									=2
Zu Eigenform Generieren in Elastisches Antwotspektrum generieren Nr. Lastfall Auto Ordinate Se (m/s2 Kommentar X 1 - 2.13 Hz 11 X 0.2250 Image: Commentar Image: Commentar X 1 - 2.13 Hz 12 X 0.2250 Image: Commentar I		Zuordnung o	des elastischei	n Antwortspektru	ims				2
Science Factor		Zuordnung o	des elastischer B	n Antwortspektru	ms D	<u> </u>		F	<u> </u>
Image: Construction Image: Construction Image: Construction		Zuordnung o A Zu generieren	des elastischer B Eigenform Nr	n Antwortspektru C Generieren in	ms D Elastisch	E s Antwortspektrum		F	<u>•</u>
Image: Constraint of the		Zuordnung o A Zu generieren	des elastischer B Eigenform Nr. 1 , 2 13 Hz	n Antwortspektru C Generieren in Lastfall	Ims D Elastisch Auto	E es Antwortspektrum Ordinate S e [m/s2		F Kommentar	<u>*</u>
X 4 - 3.17 Hz 14 X 0.2250		Zuordnung o A Zu generieren	des elastischer B Eigenform Nr. 1 - 2.13 Hz 2 - 2 32 Hz	n Antwortspektru Generieren in Lastfall	ms D Elastisch Auto	E ss Antwortspektrum Ordinate S _e [m/s ² 0.2250 0.2250		F Kommentar	<u>×</u>
		Zuordnung (A Zu generieren X	des elastischer B Eigenform Nr. 1 - 2.13 Hz 2 - 2.32 Hz 3 - 2 93 Hz	n Antwortspektru Generieren in Lastfall 11 12 13	ms D Elastisch Auto	E ss Antwortspektrum Ordinate S e [m/s2 0.2250 0.2250 0.2250		F Kommentar	
X 0-3.33 Hz 10 X U.2250		Zuordnung (Zu generieren X X	des elastischer B Eigenform Nr. 1 · 2.13 Hz 2 · 2.32 Hz 3 · 2.93 Hz 4 · 317 Hz	Antwortspektru C Generieren in Lastfall 11 12 13 14	ms D Elastischi Auto X X	E Crimer Content of Co		F Kommentar	
X 6 · 4.02 Hz 16 X 0.2250		Zuordnung (Zu generieren X X X X	des elastischer B Eigenform Nr. 1 · 2.13 Hz 2 · 2.32 Hz 3 · 2.93 Hz 4 · 3.17 Hz 5 · 3.93 Hz	Antwortspektru C Generieren in Lastfall 11 12 13 14 15	ms D Elastische Auto X X X	es Antwortspektrum Ordinate S e [m/s2 0.2250 0.2250 0.2250 0.2250 0.2250		F Kommentar	
		Zuordnung o Zu generieren X X X X X X	des elastischer B Eigenform Nr. 1 · 2.13 Hz 2 · 2.32 Hz 3 · 2.93 Hz 4 · 3.17 Hz 5 · 3.39 Hz 6 · 4.02 Hz	Antwortspektru C Generieren in Lastfall 11 12 13 14 15 16	ms D Elastische Auto X X X	E st Antwortspektrum Ordinate S e [m/s2 0.2250 0.2250 0.2250 0.2250 0.2250 0.2250 0.2250		F Kommentar	
D D Berechnung Kontrolle Erafik DK Abbrecher	۲	Zuordhung c Zu generieren X X X X X X	Jes elastischer B Eigenform Nr. 1 - 2.13 Hz 2 - 2.32 Hz 3 - 2.33 Hz 4 - 3.17 Hz 5 - 3.33 Hz 6 - 4.02 Hz	n Antwortspektru Generieren in Lastfall 11 12 13 14 15 16	ms D Elastisch Auto X X X X	E st Antwortspektrum Ordinate S [m/s2 0.2250 0.2250 0.2250 0.2250 0.2250 0.2250		F Kommentar	

Bild 3.45: Maske 1.9 Ersatzlasten nach EUROCODE 8: 1998-1-1, Option Elastisches Antwortspektrum

Sollen die Ersatzlasten nach Eurocode 8: 1998-1-1 generiert werden, steht entweder das *Bemessungsspektrum für lineare Berechnung* oder das *Elastische Antwortspektrum* zur Verfügung. Die einzelnen Parameter des Eurocode 8: 1998-1-1 werden wie folgt beschrieben.


Baugrundklassen

А	Felsuntergrund mit v_s mindestens 800 m/s Steife Böden mit v_s mindestens 400 m/s in 10 m Tiefe
В	Mitteldicht gelagerte Kiese und Sande oder bindige Böden v_s mindestens 200 m/s in 10 m Tiefe
С	Böden mit v _s unter 200 m/s in den obersten 20 m Tiefe

Für die Eingangswerte A, B oder C ergeben sich folgende Eingangsparameter für das Bemessungsspektrum:

Baugrund	S	β _o	k _{d1}	k _{d2}	k ₁	k ₂	T _b [s]	T _c [s]	T _D [s]
А	1,0	2,5	2/3	5/3	1,0	2,0	0,10	0,40	3,0
В	1,0	2,5	2/3	5/3	1,0	2,0	0,15	0,60	3,0
С	0,9	2,5	2/3	5/3	1,0	2,0	0,20	0,80	3,0

S Bodenparameter

β₀ Verstärkungsbeiwert der Spektralbeschleunigung für 5 % viskose Dämpfung

- $k_{d1,} k_{d2} \quad \mbox{Exponenten, die die Form des Bemessungsspektrums für eine Schwingzeit größer als T_c bzw. T_D beeinflussen }$
- $\mathbf{k}_{1,}\mathbf{k}_{2}$ Exponenten, die die Form des Spektrums für eine Schwingzeit größer als T_c bzw. T_D beeinflussen
- T_b, T_c Grenzen des Bereichs mit konstanter Spektralbeschleunigung
- T_D Wert, der den Beginn des Bereichs mit konstanter Verschiebung im Spektrum bestimmt

Verhaltensbeiwert q

Der Verhaltensbeiwert *q* variiert zwischen 1,50 und 5,00, wobei dieser durch den Tragwerkstyp, die Duktilität des Gebäudes, die Regelmäßigkeit des Gebäudes im Aufriss und die Versagensart der verschiedenen Aussteifungssysteme bestimmt wird. Dieser unterliegt der Gleichung:

$$q = q_0 * k_D * k_R * k_W$$

Dämpfungs-Korrekturbeiwert η

Der Dämpfungs-Korrekturbeiwert mit dem Referenzwert $\eta = 1$ für 5 % viskose Dämpfung ermittelt sich wie folgt.

$$\eta = \sqrt{\frac{7}{(2+\xi)}} \ge 0,7$$

Verhältnis der Beschleunigungen (a_a / g)

Der Faktor α stellt das Verhältnis zwischen dem Bemessungswert der Bodenbeschleunigung a_g für die Referenz-Wiederkehrperiode und der Erdbeschleunigung g dar.

Spektrum

Über die Schaltfläche [Spektrum] wird das jeweilige Spektrum mit den eingegebenen Parametern grafisch dargestellt. Wenn hier in der Spalte *Auto* das Kreuz deaktiviert wird, besteht die Möglichkeit, die Richtungsfaktoren für das Spektrum zu ändern.





Bild 3.46: Bemessungsspektrum für lineare Berechnung



Bild 3.47: Elastisches Antwortspektrum

Z-Faktoren

Die Faktoren für die Z-Richtung können zudem über eine Tabelle beschrieben werden, die über die entsprechende Schaltfläche zugänglich ist. Die Voreinstellung gemäß EC 8 für die Z-Richtung beträgt hier:

- für Schwingzeiten kleiner als 0,15 s gleich 70 %
- für Schwingzeiten größer als 0,5 s gleich 50 %
- für Schwingzeiten zwischen 0,15 s und 0,5 s wird automatisch linear interpoliert



Bild 3.48: Z-Faktoren

Programm RF-DYNAM © 2010 by Ingenieur-Software Dlubal GmbH



Norm-Parameter IBC 2000

Datei Einstellungen Hilfe								
FA1 - Dynamische Analyse 💌	1.9 Ersatzlas	ten						
Eingabedaten Basisangaben Knotenzusatzmassen Stabzusatzmassen Flächenzusatzmassen Ersatzlasten Ergebnisse Eigenschwingung knotenweise Eigenschwingung stabweise	Norm Ersatzlasten g nach Norm: Norm-Paran Kategorie: [I I E : [R: [enerieren IBC I I I I I I I I I I I I I I I I I I	C 2000 Baugrundklasse: [-] SS: [-] S1: [D 5 80.0 40.0	Lastfall-Numm Nummer des ers generierten Last F: [% of g] % [% of g] Si	herierung ten fails: 11 •• : 1.180 ••• : 1.600 ••• v: 1.600 ••• Ms: 0.944 •••	Sps : Sp1:	0.629
	Verwendu Koeffizien	ung der Ausnahn ten ermittelt mitte	ne für den modal-sei els Gleichung 16-54	ismischen	Si	м1: 0.640 🗾 [-]		
	Verwendu Koeffizien	ung der Ausnahn iten ermittelt mitte der modalen s	ne für den modal-sei els Gleichung 16-54 eismischen Antw	ismischen vort	Si	мп: 0.640 🚎 [-]		
	Verwendu Koeffizien Zuordnung o	ung der Ausnahn ten ermittelt mitte der modalen s B	ne für den modal-sei els Gleichung 16-54 eeismischen Antw	ismischen vort	Si E	M1: 0.640	F	
	Verwendt Koeffizien	ung der Ausnahn ten ermittelt mitte der modalen s B Eigenform Nr.	ne für den modal-se els Gleichung 16-54 eeismischen Antw C Generieren in Lastfall	vort D Modale s	Si Eeismische Antwor	MI: 0.640	F	
	Verwendu Koeffizien	ung der Ausnahn ten ermittelt mitte der modalen s B Eigenform Nr. 1 - 213 Hz	ne für den modal-sei els Gleichung 16-54 seismischen Antw Generieren in Lastfall	vort D Modale si Auto	E eismische Antwor Beiwert C _{sm}	MI: 0.640	F	
	Verwendu Koeffizien Zuordnung o A Zu generieren X	ung der Ausnahn ten ermittelt mitte der modalen s B Eigenform 1 - 2.13 Hz 2 - 2.32 Hz	ne für den modal-sei els Gleichung 16-54 eismischen Antw Generieren in Lastfall 11	vort D Modale su Auto	Si Eeismische Antwor Beiwert C _{sm} 0.47	M1: 0.640	F Kommentar	
	Verwendu Koeffizien	ung der Ausnahn ten ermittelt mitte der modalen s B Eigenform Nr. 1 - 2.13 Hz 2 - 2.32 Hz 3 - 2.93 Hz	ne für den modal-sei els Gleichung 16-54 ielsmischen Antwo Genetieren in Lastfall 11 12 13	vort D Modale su Auto	Si Eeismische Antwor Beiwert Csm 0.47 0.47 0.47	мп: 0.640 — [-] t t 20 20 20	F Kommentar	^
	Verwendu Koeffizien Zuordhung d Zu generieen X X X	der modalen s B Eigenform Nr. 1 - 2.13 Hz 2 - 2.32 Hz 3 - 2.93 Hz 4 - 3.17 Hz	ne fui den modal-sei els Gleichung 16-54 els mischen Antw Generieren in Lastfall 11 12 13 14	vort D Modale s Auto X X	Si E eismische Antwor Beiwert Csm 0.47 0.47 0.47 0.47	MT: 0.640 (1) []	F Kommentar	
	Verwendu Koeffizien Zuordhung o A Zu generieren Z S S S	Ing der Ausnahn ten ermittelt mitte der modalen s B Eigenform Nr. 1 - 2.13 Hz 2 - 2.32 Hz 3 - 2.93 Hz 4 - 3.17 Hz 5 - 3.93 Hz	ne für den modal-sei els Gleichung 16-54 Els Gleichung 16-54 C Generieren in Lastfall 11 12 13 13 14	vort D Modale s Auto X X X	Si Eeismische Antwor Beiwert Csm 0.47 0.47 0.47 0.42 0.42	MT: 0.640 — [-]	F Kommentar	×
	Verwendt Koeffizien Zuordhung g Zu generieren Z Z S S S S S	Ing der Ausnahn ten ermittelt mitte B Eigenform Nr. 1 · 2.13 Hz 2 · 2.32 Hz 3 · 2.93 Hz 4 · 3.17 Hz 5 · 3.93 Hz 6 · 4.02 Hz	ne für den modal-sei els Gleichung 16-54	vort D Modale s Auto E E E E E E E	Si Eeismische Antwor Beiwert Csm 0.47 0.47 0.47 0.42 0.42 0.42 0.42 0.42	мп: 0.640 — [-] t t t t t t t t t t t t t t t t t t t	F Kommentar	
	Verwendu Koeffizien	Ing der Ausnahn ten ermittelt mitte B Eigenform Nr. 1 - 2.13 Hz 2 - 2.32 Hz 3 - 2.33 Hz 4 - 3.17 Hz 5 - 3.93 Hz 6 - 4.02 Hz	ne für den modal-sei els Gleichung 16-54 Benerieren in Lastfall 11 12 13 14 15 16	vort D Modale s Auto X X X X X X X	Si E eismische Antwor Beiwert Csm 0.47 0.47 0.47 0.42 0.42	MT: 0.640 (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1)	F Kommentar	×

Bild 3.49: Maske 1.9 Ersatzlasten nach IBC 2000

Spektrum

Über die Schaltfläche [Spektrum] wird das jeweilige Spektrum mit den eingegebenen Parametern grafisch dargestellt. Wenn hier in der Spalte *Auto* das Kreuz deaktiviert wird, besteht die Möglichkeit, die Richtungsfaktoren für das Spektrum zu ändern.



Bild 3.50: General Response Spektrum



Category

Diese Kategorien entsprechen den Seismic Use Groups des IBC 2000:

1616.2.1 Seismic Use Group I. Seismic Use Group I structures are those not assigned to either Seismic Use Group II or III.

1616.2.2 Seismic Use Group II. Seismic Use Group II structures are those, the failure of which would result in a sub-Table 1604.5, or as designated by the building official.

1616.2.3 Seismic Use Group III. Seismic Use Group III structures are those, the failure of which would result in having essential facilities that are required for postearth-quake recovery and those containing substantial quantities of hazardous substances, as indicated in Table 1604.5, or as designated by the building official.

Where operational access to a Seismic Use Group III structure is required through an adjacent structure, the adjacent structure shall conform to the requirements for Seismic Use Group III structures. Where operational access is less than 10 feet (3048 mm) from an interior lot line or less than 10 feet (3048 mm) from another structure, access protection from potential falling debris shall be provided by the owner of the Seismic Use Group III structure.

Occupancy Importance Factor I_E

TABLE 1604.5

CLASSIFICATION OF BUILDINGS AND OTHER STRUCTURES FOR IMPORTANCE FACTORS

CATEGORY®	NATURE OF OCCUPANCY	SEISMIC FACTOR I _E	SNOW FACTOR I _s	WIND FACTOR I _W
I	Buildings and other structures except those listed in Categories II, III and IV	1.00	1.0	1.00
11	 Buildings and other structures that represent a substantial hazard to human life in the event of failure including, but not limited to: Buildings and other structures where more than 300 people congregate in one area Buildings and other structures with elementary school, secondary school or day-care facilities with capacity greater than 250 Buildings and other structures with a capacity greater than 500 for colleges or adult education facilities Health care facilities with a capacity of 50 or more resident patients but not having surgery or emergency treatment facilities Jails and detention facilities Any other occupancy with an occupant load greater than 5,000 Power-generating stations, water treatment for potable water, waste water treatment facilities and other structures not included in Category III Buildings and other structures not included in Category III containing sufficient quantities of toxic or explosive substances to be dangerous to the public if released 	1.25	1.1	1.15
111	 Buildings and other structures designated as essential facilities including, but not limited to: Hospitals and other health care facilities having surgery or emergency treatment facilities Fire, rescue and police stations and emergency vehicle garages Designated earthquake, hurricane or other emergency shelters Designated emergency preparedness, communication, and operation centers and other facilities required for emergency response Power-generating stations and other public utility facilities required as emergency back-up facilities for Category III structures Structures containing highly toxic materials as defined by Section 307 where the quantity of the material exceeds the exempt amounts of Table 307.7(2) Aviation control towers, air traffic control centers and emergency aircraft hangars Buildings and other structures having critical national defense functions 	1.50	1.2	1.15
IV	Buildings and other structures that represent a low hazard to human life in the event of failure including, but not limited to: • Agricultural facilities • Certain temporary facilities • Minor storage facilities	1.00	0.8	0.87 ^b

a. "Category" is equivalent to "Seismic Use Group" for the purposes of Section 1616.2.

b. In hurricane-prone regions with V > 100 miles per hour, I_W shall be 0.77.



Site Class

		SITE CLASS DEFINITI	ONS				
		AVERAGE PROPERTIES IN TOP 100 feet, AS PER SECTION 1615.1.5					
SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Soil shear wave velocity, \overline{v}_s , (ft/s)	Standard penetration resistance, N	Soil undrained shear strength, \overline{s}_{υ} , (psf)			
A	Hard rock	$\overline{v}_s > 5,000$	Not applicable	Not applicable			
В	Rock	$2,500 < \overline{v}_s \le 5,000$	Not applicable	Not applicable			
С	Very dense soil and soft rock	$1,200 < \overline{v}_s \le 2,500$	$\overline{N} > 50$	$\overline{s_u} \ge 2,000$			
D	Stiff soil profile	$600 \le \overline{v}_s \le 1,200$	$15 \le \overline{N} \le 50$	$1,000 \le \overline{s}_u \le 2,000$			
Е	Soft soil profile	$\overline{\nu}_s < 600$	\overline{N} < 15	$\overline{s}_u < 1,000$			
Е	_	Any profile with more than 1. Plasticity index $PI > 20$ 2. Moisture content $w \ge 4$ 3. Undrained shear streng	10 feet of soil having the foll 0; 40%, and 9th $\overline{s}_u < 500$ psf	owing characteristics:			
F		 Any profile containing sc 1. Soils vulnerable to pote liquefiable soils, quick 2. Peats and/or highly org where H = thickness or 3. Very high plasticity cla 4. Very thick soft/mediun 	ils having one or more of the ential failure or collapse under and highly sensitive clays, col- ganic clays ($H > 10$ feet of per f soil) anys ($H > 25$ feet with plasticity n stiff clays ($H > 120$ ft)	following characteristics: seismic loading such as llapsible weakly cemented soils at and/or highly organic clay y index <i>P1</i> >75)			

TABLE 1615.1.1

For SI: 1 foot = 304.8 mm, 1 square foot = 0.0929 m^2 , 1 pound per square foot = 0.0479 kPa.

$$\begin{split} \mathbf{S}_{MS} &= \mathbf{F}_{a} * \mathbf{S}_{S} \\ \mathbf{S}_{M1} &= \mathbf{F}_{V} * \mathbf{S}_{1} \\ \mathbf{S}_{DS} &= 2/3 * \mathbf{S}_{MS} \end{split}$$

 ${f S}_{D1}$ = 2/3 * ${f S}_{M1}$

Hierin bedeuten:

- F_a Site coefficient defined in Table 1615.1.2(1)
- F_v Site coefficient defined in Table 1615.1.2(2)
- S_s The mapped spectral accelerations for short periods as determined in Section 1615.1
- S₁ The mapped spectral accelerations for a 1 second period as determined in Section 1615.1
- S_{MS} The maximum considered earthquake spectral response acceleration for short period as determined in Section 1615.1.2
- S_{M1} The maximum considered earthquake spectral response acceleration for 1 second period as determined in Section 1615.1.2
- S_{DS} The design spectral response acceleration at short periods as determined in Section 1615.1.3
- S_{D1} The design spectral response acceleration at 1 second period as determined in Section 1615.1.3



TABLE 1615.1.2(1) VALUES OF SITE COEFFICIENT F_a AS A FUNCTION OF SITE CLASS AND MAPPED SPECTRAL RESPONSE ACCELERATION AT SHORT PERIODS $\left(S_s\right)^a$

SITE		MAPPED SPECTRAL R				
CLASS	S _S ≤ 0.25	S _S = 0.50	S _S = 0.75	S _S = 1.00	S _S ≥ 1.25	
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	
В	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
С	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0	
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	
E	2.5	1.7	1.2	0.9	Note b	
F	Note h	Note b	Note b	Note b	Note b	

a. Use straight line interpolation for intermediate values of mapped spectral acceleration at short period, S_s.
 b. Site-specific geotechnical investigation and dynamic site response analyses shall be performed to determine appropriate values.

TABLE 1615.1.2(2) VALUES OF SITE COEFFICIENT $F_{\rm V}$ AS A FUNCTION OF SITE CLASS AND MAPPED SPECTRAL RESPONSE ACCELERATION AT 1 SECOND PERIOD $(S_1)^a$

SITE	MAPPED SPECTRAL RESPONSE ACCELERATION AT 1 SECOND PERIOD								
CLASS	S ₁ ≤ 0.1	S ₁ = 0.2	S ₁ = 0.3	S ₁ = 0.4	S ₁ ≥ 0 .5 0.8				
A	0.8	0.8	0.8	0.8					
В	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0				
С	1.7	1.7 1.6		1.5 1.4					
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5				
E	F 35		2.8	2.4	Note b				
 F	Note b	Note b	Note b	Note b	Note b				

a. Use straight line interpolation for intermediate values of mapped spectral acceleration at 1-second period, S_i.
 b. Site-specific geotechnical investigation and dynamic site response analyses shall be performed to determine appropriate values.

Seismic design category

TABLE 1616.3(1)

SEISMIC DESIGN CATEGORY BASED ON SHORT PERIOD RESPONSE ACCELERATIONS

	SEISMIC USE GROUP					
VALUE OF S _{DS}	I	П	III			
$S_{DS} < 0.167 g$	A	Α	Α			
$0.167g \le S_{DS} < 0.33g$	В	В	С			
$0.33g \le S_{DS} < 0.50g$	С	C	D			
$0.50g \le S_{DS}$	Da	Da	Da			

TABLE 1616.3(2)
SEISMIC DESIGN CATEGORY BASED ON
1 SECOND PERIOD RESPONSE ACCELERATION

	SEISMIC USE GROUP				
VALUE OF SD1	I	II	III		
$S_{Dl} < 0.067 g$	A	A	A		
$0.067g \le S_{Dl} < 0.133g$	В	В	C		
$0.133g \le S_{DI} < 0.20g$	С	С	D		
$0.20g \le S_{DI}$	Da	Da	D		

Response modification coefficient R^a

TABLE 1617.6 DESIGN COEFFICIENTS AND FACTORS FOR BASIC SEISMIC-FORCE-RESISTING SYSTEMS

			SYSTEM		SYSTE LIMI CATEGO	M LIMITATI TATIONS (F DRY ^C AS DE	ONS AND BU EET) BY SEI TERMINED II	ILDING HEI SMIC DESIG	GHT N 616.3
BASIC SEISMIC-FORCE-RESISTING SYSTEM	DETAILING REFERENCE SECTION	RESPONSE MODIFICATION COEFFICIENT, R ^a	OVER- STRENGTH FACTOR, Ω0 ⁹	DEFLECTION AMPLIFICATION FACTOR, Cd ^b	A or B	с	Dq	Ee	F®
1. Bearing Wall Systems									
A. Ordinary steel braced frames	(14) ^j 2211	4	2	31/2	NL	NL	160	160	160
B. Special reinforced concrete shear walls	1910.2.4	51/2	21/2	5	NL	NL	160	160	160
C. Ordinary reinforced concrete shear walls	1910.2.3	41/2	21/2	4	NL	NL	NP	NP	NP
D. Detailed plain concrete shear walls	1910.2.2	21/2	21/2	2	NL	NP	NP	NP	NP
E. Ordinary plain concrete shear walls	1910.2.1	11/2	21/2	11/2	NL	NP	NP	NP	NP
F. Special reinforced masonry shear walls	2106.1.1.5	5	21/2	31/2	NL	NL	160	160	100
G. Intermediate reinforced masonry shear walls	2106.1.1.4	31/2	21/2	21/4	NL	NL	NP	NP	NP
H. Ordinary reinforced masonry shear walls	2106.1.1.2	21/2	21/2	13/4	NL	160	NP	NP	NP
 Detailed plain masonry shear walls 	2106.1.1.3	2	21/2	13/4	NL	NP	NP	NP	NP
J. Ordinary plain masonry shear walls	2106.1.1.1	11/2	21/2	11/4	NL	NP	NP	NP	NP
K. Light frame walls with shear panels—wood structural panels/sheet steel panels	2306.4.1/ 2211	6	3	4	NL	NL	65	65	65
 L. Light frame walls with shear panels—all other materials 	2306.4.5	2	2 1/2	2	NL	NL	35	NP	NP
2. Building Frame Systems									
A. Steel eccentrically braced frames, moment-resisting, connections at columns away from links	(15)	8	2	4	NL	NL	160	160	100
B. Steel eccentrically braced frames, nonmoment resisting, connections at columns away from links	(15) ^j	7	2	4	NL	NL	160	160	100
C. Special steel concentrically braced frames	(13)	6	2	5	NL	NL	160	160	100
D. Ordinary steel concentrically braced frames	(14) ^j	5	2	41/2	NL	NL	160	100	100
E. Special reinforced concrete shear walls	1910.2.4	6	21/2	5	NL	NL	160	160	100
F. Ordinary reinforced concrete shear walls	1910.2.3	5	21/2	41/2	NL	NL	NP	NP	NP
G. Detailed plain concrete shear walls	1910.2.2	3	21/2	21/2	NL	NP	NP	NP	NP
H. Ordinary plain concrete shear walls	1910.2.1	2	21/2	2	NP	NP	NP	NP	NP
I. Composite eccentrically braced frames	(14) ^k	8	2	4	NL	NL	160	160	100



3.4 Ergebnismasken

3.4.1 Maske 2.1 Eigenwerte und Eigenfrequenzen

Nach der erfolgreich durchgeführten RF-DYNAM-Berechnung wird die erste Ausgabemaske 2.1 *Eigenwerte, -frequenzen und -perioden* angezeigt.

41 - Dunamische Analuse	2.1 Figer	wertefreque	nzen und -neriod	en		
ingshedsten		Δ	B	с. I	D	F
Basisangahan	E-Form	Eigenwert	Eigenkreisfreguenz	Eigenfreguenz	Eigenperiode	
Vastangaben	Nr.	λ.[1/s2]	 ທ[rad/s]	- f[Hz]	 T [s]	
- Knotenzusatzinassen	1	37 539	6127	0.975	1.026	
Ctabauestamassen	2	81 094	9.005	1 433	0.698	
Elishennustrassen	3	165 796	12.876	2 049	0.666	
- Flachenzusatzmassen	4	644.000	25.377	4.039	0.468	
Zum Anzeigen	5	896 785	29.946	4.766	0.240	
	6	902 169	30.036	4 780	0.209	
The second secon	7	1085 998	32,954	5 245	0.191	
- Dynamische Lastralle	8	1897 901	43.565	6.934	0.144	
	9	1917 315	43.787	P30.0	0.143	
geonisse	10	1943.074	44.080	7.016	0.143	
Eigenwerte, irrequenzen und p	11	2053 672	45.317	7.010	0.139	
Eigenschwingung knotenweise	12	2151 121	45.317	7 392	0.135	
Eigenschwingung stabweise	13	22101.121	40.300	7.502	0.133	
Eigenschwingung flachenweise	14	2205 254	40.134	7.001	0.131	
- Eigenschwingung FE-Netz punl	15	2303.234	F2 424	0.775	0.123	
- Massen in FE-Netz-Punkten	16	2743.273	52,434	0.343	0.120	
Ersatzmassenfaktoren	17	2075.700	52.720	0.331	0.113	
- Knoten - Lagerkräfte	10	2073.760	33.626	0.000	0.117	
- Linien - Lagerkräfte	10	3361.741	57.381	3.228	0.108	
- Knoten - Verformungen	20	3396.012	58.275	9.275	0.108	
Knoten - Geschwindigkeiten	20	3454.860	58.778	9.300	0.107	
Knoten - Beschleunigungen	21	3891.513	62.382	9.928	0.101	
Stäbe - Schnittgrößen	22	4069.729	63.794	10.153	0.098	
Flächen - Grundschnittgrößen	23	4820.532	69.430	11.050	0.090	
Flächen - Grundspannungen	24	4834.495	69.531	11.066	0.090	

Bild 3.51: Maske 2.1 Eigenwerte, -frequenzen und -perioden

Die Ergebnisse werden zeilenweise nach Eigenfrequenzen sortiert in mehreren Spalten ausgegeben.

Eigenwert

Der Eigenwert λ_i [1/sec²] berechnet sich aus der Bewegungsgleichung ohne Dämpfung. Über den theoretischen Hintergrund lesen Sie bitte im Kapitel 5 dieses Handbuchs nach.

Eigenkreisfrequenz

Zwischen der Eigenkreisfrequenz ω_i [1/sec] und dem Eigenwert besteht folgender Zusammenhang: $\lambda_i = \omega_i^2$

Eigenfrequenz

Die Eigenfrequenz f_i [Hz] ist ein Maß für die Häufigkeit der Eigenschwingung pro Sekunde. Die Eigenfrequenz und die Eigenperiode stehen im direkten reziproken Verhältnis zueinander. Eigenfrequenz und Eigenkreisfrequenz stehen in folgender Beziehung zueinander: $\omega_i = 2 \pi f$

Eigenperiode

Die Eigenperiode T_i [s] beschreibt die Zeitdifferenz, die die Struktur zum Durchlaufen einer Schwingung benötigt. Es gilt der folgende Zusammenhang: $f_i = 1/T_i$.



3.4.2 Maske 2.2 Eigenschwingungen knotenweise

Zu jeder Eigenfrequenz gehört eine Eigenfunktion u(x). Diese Funktion beschreibt die Eigenschwingungsform der Struktur.

Die Ergebnisse sind auf 1 normiert, wobei in Abhängigkeit von der Einstellung in Maske 1.1 Basisangaben entweder der Betrag der größten Verschiebung u_i bzw. Verdrehung ϕ_i betrachtet wird oder der Betrag des größten Produkts aus Masse und der Verschiebung zum Quadrat m_i * u_i².

Sortieren nach Knoten-, Stab-, Flächen-, Eigenwert-Nummern, FE-Netz-Punkten oder Raster-Knoten: Die Verschiebungen und Verdrehungen der Strukturknoten werden in Bezug auf einen Objekttyp zeilenweise nach Knotennummern, Stabnummern, Flächennummern, Eigenwertnummern, FE-Netz-Punkten oder Raster-Knoten geordnet ausgegeben.

In Maske 2.2 erfolgt die Ausgabe der Eigenschwingungen knotenweise.

A1 - Dynamische Analyse 📃	2.2 EIG	enschwii	ngungen kni	otenweise					
Eingabedaten		A	В	C	D	E	F	G	
Basisangaben	Knoten	E-Form	Normi	erte Verschiebur	igen	Normi	erte Verdrehun	gen	
- Knotenzusatzmassen	Nr.	Nr.	u _X [·]	u _Y [-]	uz [·]	φ×[·]	φγ[·]	φz[·]	
- Linienzusatzmassen	3	5	-0,07302	-0.07109	0.00013	-0.01144	0.00797	-0.02314	
- Stabzusatzmassen		6	-0.00607	-0.00671	0.00000	-0.00114	0.00063	-0.00266	
- Flächenzusatzmassen		7	0.48448	0.44888	0.00072	-0.07096	0.05286	-0.24931	
- Zum Anzeigen		8	0,03045	-0.08353	-0.00003	-0.00996	-0.00336	-0.15557	
- Erregerfälle		9	-0,00012	0.00012	0,00000	0.00000	0.00000	0.00021	
- EF1		10	0.00120	-0.00197	0.00000	-0.00023	-0.00013	-0.00412	
- Dynamische Lastfälle		11	0.02162	-0.08021	-0.00003	-0.00008	-0.00241	-0.44903	
DE1		12	0,00074	0,00268	0,00000	-0.01445	-0.00009	0.45176	
raebnisse		13	-0.01531	0.06217	0.00000	0.02057	0.00170	-0.25261	
Eigenwerte -frequenzen und -n		14	0.00075	-0.00252	0.00000	-0.00078	-0.00009	0.00785	
- Eigenschwingung knotenweise		15	0.00076	0,00413	0.00000	0.00122	-0.00008	-0.00580	
Eigenschwingung stabweise		16	0.00119	-0.00167	0,00000	-0.00024	-0.00024	0.00119	
Eigenschwingung flächenweise		17	0.00900	-0.09441	0.00000	-0.02172	-0.00100	0.08804	
Eigenschwingung FE-Netz punl		18	0.02243	-0.02153	0.00000	-0.00692	-0.00292	-0.00175	
Massen in FF-Netz-Punkten		19	0.00888	0.03549	-0.00011	0.01341	0.00014	0.00368	
- Freatzmassenfaktoren		20	0.00104	-0.00080	0.00000	-0.00013	-0.00009	0.00044	
- Knoten - Lagerkräfte		21	0.07328	-0.64769	-0.00019	-0.19979	0.00709	-0.11791	
Linien - Lagerkräfte		22	0.02738	0.25380	0.00000	-0.08193	-0.00280	-0.08114	
- Knoten - Verformungen		23	-0.00722	-0.00833	0.00000	0.02976	0.00080	0.19578	
Knoten - Geschwindigkeiten		24	-0.01098	-0.05194	0.00000	0.01602	0.00121	0.18636	
Knoten - Beschleumigungen		25	0101193	0.09991	0,00000	0.08703	0.00133	0.34781	
Stäbe - Schnittgrößen		26	-0100086	-0.01143	0.00000	0.06559	0.00011	0.40467	
Elächen - Grundschnittgrößen		27	0.01563	-0.01039	-0.00002	-0.00133	-0.00174	0.00750	
Eläohen - Grundspannungen		28	-0.00259	0.00159	0.00000	0.00007	0.00029	-0.00183	
nachen - aranaspannangen		29	0100793	0.02261	0.00000	0.00088	0.00117	0.03200	
	Sortiere	n nach:	<u>K</u> noten	C Eigenforme	n				3 9 🖺

Bild 3.52: Maske 2.2 Eigenschwingungen knotenweise



3.4.3 Maske 2.3 Eigenschwingungen stabweise

	C I C I ¹		- · ·		
In Maske 7 3	ertolat die	Ausgabe de	r Figensch	windunden	stabweise
	cribige are	, lasgabe ac	i Eigensen	migangen	5100110150

			D	C I	D []	E I	E I	6 1	<u> </u>	
ingabedaten	Stab	Knoten	Stelle	E-Eorm	Normie	rte Verschiebu	ngen	Normi	erte Verdrehund	ten
Basisangaben	Nr.	Nr	x [m]	Nr.	ux [·]	u~[·]	u z [·]	mx [-]	m×[·]	m7[·]
Lisissen	1	3	000.8	1	0 98728	0.00542	-0100141	0.00071	0 10695	-0.00707
Ctabaucatamassen			0.000	2	-016374	0.00216	0.00025	0.00013	0.01780	-0.00661
Elisebooguestameseen				3	0107426	0/25886	-0100021	0.04262	-0.00802	0.06857
- Zum Anzeigen				4	0.01825	-0.01403	-0100003	-0.00263	-0.00199	-0.01604
1. Erregerfälle				5	-0.07302	-0.07109	0.00013	-0.01144	0.00797	-0.02314
FF1				6	-0.00607	-0.00671	0.00000	-0.00114	0.00063	-0.00266
- Dupamische Lastfälle				7	-0.48448	-0.44888	0.00072	-0.07096	0.05286	-0.24931
DF1				8	0.03045	-0.08353	-0,00003	-0.00996	-0.00336	-0.15557
gebnisse				9	-0.00012	0.00012	0.00000	0.00000	0.00000	0.00021
- Figenwerte -frequenzen und -n				10	0.00120	-0.00197	0,00000	-0.00023	-0.00013	-0.00412
- Eigenschwingung knotenweise				11	0.02162	-0.08021	-0,00003	-0.00008	-0.00241	-0.44903
- Eigenschwingung stahweise				12	0,00074	0,00268	0,00000	-0.01445	-0.00009	0.45176
- Eigenschwingung flächenweise				13	-0.01531	0,06217	0,00000	0.02057	0.00170	-0.25261
- Eigenschwingung FE-Netz punl				14	0,00075	-0.00252	0,00000	-0.00078	-0.00009	0.00785
- Massen in FE-Netz-Punkten				15	0,00076	0.00413	0,00000	0.00122	-0.00008	-0.00580
- Ersatzmassenfaktoren				16	0.00119	-0.00167	0)00000	-0.00024	-0.00024	0.00119
– Knoten - Lagerkräfte				17	0,00900	-0.09441	0,00000	-0.02172	-0.00100	0.08804
- Linien - Lagerkräfte				18	0.02243	-0.02153	0,00000	-0.00692	-0.00292	-0.00175
- Knoten - Verformungen				19	0.00888	0.03549	-0.00011	0.01341	0.00014	0.00368
- Knoten - Geschwindigkeiten				20	0.00104	-0.00080	0,00000	-0.00013	-0.00009	0.00044
- Knoten - Beschleunigungen				21	0,07328	-0.64769	-0,00019	-0.19979	-0.00709	-0.11791
- Stäbe - Schnittgrößen				22	0.02738	- <mark>0</mark> .25380	0,00000	-0.08193	-0.00280	-0.08114
- Flächen - Grundschnittgrößen				23	-0.00722	-0.00833	0,00000	0.02976	0.00080	0.19578
- Flächen - Grundspannungen				24	-0.01098	-0.05194	0,00000	0.01602	0.00121	0.18636
				25	0.01193	0.09991	0,00000	0.08703	-0.00133	0.34781
	Sortiere	n nach:	Stäber	O <u>Ei</u> g	genformen					3 97 🖺

Bild 3.53: Maske 2.3 Eigenschwingungen stabweise

3.4.4 Maske 2.4 Eigenschwingungen flächenweise

In Maske 2.4 erfolgt die Ausgabe der Eigenschwingungen flächenweise.

RF-DYNAM - [Brücke]													×
Datei Einstellungen Hilfe													
FA1 - Dynamische Analyse 💌	2.4 Eig	enschw	ingunge	en flächer	nweise								
Eingabedaten		A	В	C	D	E	F	G	Н		J	K	-
- Basisangaben	Fläche	FE-Netz		Stelle		E-Form	Normier	te Verschieb	ungen	Normi	ierte Verdrehu	ngen	F
- Knotenzusatzmassen	INF.	Punkt Ni	X [m]	Y [m]	Z [m]	Nr.	ux [·]	u _Y [·]	uz [·]	φ×[·]	φγ[·]	φz[·]	
- Linienzusatzmassen	1	6	12.500	0.000	-6.000	1	0.99246	0.01955	0.00024	0.11072	-0.00259	-0.00047	
- Stabzusatzmassen						2	- <mark>0</mark> .16386	0.07539	-0.00750	0.20327	0.00610	-0.00203	
- Flächenzusatzmassen						3	0.07426	0.99937	0.00169	0.04030	-0.00169	-0.01941	
- Zum Anzeigen						4	0.01828	0.00999	-0.00013	0.00050	-0.00011	-0.00638	
Erregerfälle						5	- <mark>0</mark> .07302	- 0 .07559	0.00039	-0.00051	0.00064	0.02725	
EF1						6	-0.00607	-0.00734	0.00000	0.00000	0.00000	0.00228	
Dynamische Lastfälle													
- DF1						8	0.03027	0.04454	-0.00031	0.00083	-0.00046	-0.01137	
Ergebnisse						9	-0.00012	-0.00012	0.00000	0.00000	0.00000	0.00003]
Eigenwerte, -frequenzen und -p						10	0.00120	0.00167	0.00000	0.00003	0.00000	-0.00047	1
- Eigenschwingung knotenweise						11	0.02146	0.03103	-0.00038	0.00126	-0.00054	-0.00777	1
- Figenschwingung stabweise						12	0.00074	0.00109	0.00000	-0.00018	-0.00002	0.00081	1
- Figenschwingung flächenweise						13	-0.01524	-0.02133	0.00062	-0.00152	0.00058	0.00638	1
Eigenschwingung FE-Netz punl						14	0.00072	0.00112	-0.00003	0.00012	-0.00003	-0.00031	1
Massen in FE-Netz-Punkten						15	0.00074	0.00054	0.00020	-0.00054	0.00014	-0.00023	1
- Ersatzmassenfaktoren						16	0.00119	0.00143	0.00000	-0.00024	0.00000	-0.00048	1
Knoten - Lagerkräfte						17	0.00891	0.01414	-0.00027	0.00068	-0.00024	-0.00395	1
Linien - Lagerkräfte						18	0.02296	0.02103	-0.01136	0.02874	-0.00486	-0.00873	1
Knoten - Verformungen						19	0.00651	-0.00078	0.02849	-0.07187	0.01196	-0.00308	
Knoten - Geschwindigen		1				20	0.00101	0.00082	0.00042	-0.00102	0.00017	-0.00040	
Knoten - Beschleunigungen						21	0.06912	0.13124	0.03432	-0.07867	0.00690	-0.03688	1
Stäbe - Schnittgrößen						22	0.02638	0.04516	0.00679	-0.01479	0.00080	-0.01399	
Elächen - Grundschnittgrößen		1				23	-0.00699	-0.01018	-0.00042	0.00067	0.00000	0.00508	1
		1				24	-0.01066	-0.01705	-0.00064	0.00117	-0.00004	0.00682	
nachar aranaspannangen	Sortiere	n nach:	6 EG	heni		Darstelle	n fiir 🍙 FF	Netz-Punkti					
I	oonore	annach.	C Eig	enformen		Daratono	С <u>В</u> а	aster-Punkte			\$	7 🖺 🛛	1
9 P B						Export	tieren	<u>G</u> rafik			ОК	Abbrecher	n

Bild 3.54: Maske 2.4 Eigenschwingungen flächenweise



3.4.5 Maske 2.5 Eigenschwingungen in FE-Netz-Punkten

In Maske 2.5 erfolgt die Ausgabe der Eigenschwingungen netzpunktweise. Diese Ausgabemaske erscheint nur, wenn in Maske 1.6 das Auswahlfeld für die Berechnung der *Eigenschwingungen in FE-Netz-Punkten* aktiviert wurde.

in a datas		Δ.	B	C I	D (F	E	6	
Resignmenter	FE-Netz	E-Form	Normi	erte Verschiebung	len	Norm	ierte Verdrehunger	1	
Knotenzuestzmassen	Punkt Nr.	Nr.	ux [·]	u _Y [·]	uz [·]	ω×[·]	ω _Υ [·] [ωz [·]	
Linienzusatzmassen	3	1	0.98728	0.00542	-0.00141	0.00071	0.10695	-0.00707	
Stabzusatzmassen		2	-0.16374	0.00216	0.00025	0.00013	0.01780	-0.00661	
Flächenzusatzmassen		3	0.07426	0.25886	-0.00021	0.04262	-0.00802	0.06857	
- Zum Anzeigen		4	0.01825	-0.01403	-0.00003	-0.00263	-0.00199	-0.01604	
- Erregerfälle		5	0.07302	0.07109	0.00013	-0.01144	0.00797	-0.02314	
EFF1		6	-0.00607	-0.00671	þ.00000	-0.00114	0.00063	-0.00266	
- Dunamische Lastfälle		7	-0.48448	-0.44888	0.00072	-0.07096	0.05286	-0.24931	
DF1		8	0.03045	0.08353	-0.00003	-0.00996	-0.00336	-0.15557	
raebnisse		9	-0.00012	0.00012	0.00000	0.00000	0.00000	0.00021	
Eigenwerte, -frequenzen und -p		10	0.00120	-0.00197	0.00000	-0.00023	0.00013	-0.00412	
Eigenschwingung knotenweise		11	0.02162	0.08021	-0.00003	-0.00008	-0.00241	-0.44903	
Eigenschwingung stabweise		12	0.00074	0.00268	0.0000	-0.01445	-0.00009	0.45176	
Eigenschwingung flächenweise		13	-0.01531	0.06217	0.00000	0.02057	0.00170	-0.25261	
Eigenschwingung FE-Netz punl		14	0.00075	-0.00252	0.00000	-0.00078	-0.00009	0.00785	
Massen in FE-Netz-Punkten		15	0.00076	0.00413	0.00000	0.00122	-0.00008	-0.00580	
Ersatzmassenfaktoren		16	0.00119	-0.00167	0.00000	-0.00024	-0.00024	0.00119	
Knoten - Lagerkräfte		17	0.00900	0.09441	0.00000	-0.02172	-0.00100	0.08804	
Linien - Lagerkräfte		18	0.02243	0.02153	0.00000	-0.00692	-0.00292	-0.00175	
Knoten - Verformungen		19	0.00888	0.03549	-0.00011	0.01341	0.00014	0.00368	
Knoten - Geschwindigkeiten		20	0.00104	-0.00080	0.00000	-0.00013	-0.00009	0.00044	
Knoten - Beschleunigungen		21	0.07328	-0.64769	-0.00019	-0.19979	-0.00709	-0.11791	
Stäbe - Schnittgrößen		22	0.02738	-0.25380	0.00000	-0.08193	-0.00280	-0.08114	
- Flächen - Grundschnittgrößen		23	-0.00722	-0.00833	0.00000	0.02976	0.00080	0.19578	
Flächen - Grundspannungen		24	-0.01098	0.05194	0.00000	0.01602	0.00121	0.18636	
		25	0.01193	0.09991	0.00000	0.08703	0.00133	0.34781	
	Sortierer	n nach: (EE-Netz-Punkt	en C <u>E</u> igenforn	nen			9	L.

Bild 3.55: Maske 2.5 Eigenschwingungen in FE-Netz-Punkten

3.4.6 Maske 2.6 Knotenmassen

Diese Ausgabemaske erscheint nur, wenn in Maske 1.6 das Auswahlfeld für die Berechnung der *Massen in FE-Netz-Punkten* aktiviert wurde.

Die Massen werden sortiert nach FE-Netzpunktnummern oder nach Strukturobjekten und bezogen auf das globale Koordinatensystem ausgegeben. Dieses Koordinatensystem ist das von der Strukturdefinition in RFEM her bekannte. Die Knotenmassen sind die Massen, die für die dynamische Berechnung relevant sind. So wird beispielsweise für einen Knoten, der in Y- und Z-Richtung gelagert ist, nur die dynamisch in X-Richtung wirkende Masse m_x angegeben. Am Ende der Liste erscheint die Summe der jeweiligen Massen.



itel Einstellungen Hilfe														
1 - Dynamische Analyse 💌	2.6 Ma	ssen in FE-N	etz-Pun	kten										
ngabedaten		A	В	C	D	E	F	G	H					
Basisangaben	FE-Netz			Stab		Lage			Masse					
- Knotenzusatzmassen	Punkt	Objekt	Nr.	x [m]	×[m]	Y [m]	Z [\$]	m _X [kg]	my [kg]	m _Z [kg]				
- Linienzusatzmassen	691	Fläche	10		13.462	-19.000	-2.200	377.40	377.40	377.40				
Stabzusatzmassen	692	Fläche	10		13.462	-18.500	-2.200	377.40	377.40	377.40				
- Flächenzusatzmassen	693	Fläche	10		13.462	-18.000	-2.200	377.40	377.40	377.4				
- Zum Anzeigen	694	Fläche	10		13.462	-17.500	-2.200	377.40	377.40	377.40				
Erregerfälle	695	Fläche	10		13.462	-17.000	-2.200	377.40	377.40	377.4				
EF1	EF1 696 Fläche 10 13.462 -16.500 -2.200 377.40 377.40 377.40 mamische Lastfälle 697 Fläche 10 13.462 -16.000 -2.200 377.40 377.40 377.40													
- Dynamische Lastfälle	697	Fläche	10		13.462	-16.000	-2.200	377.40	377.40	377.4				
- DF1	698	Fläche	10		13.462	-15.500	-2.200	377.40	377.40	377.4				
aebnisse	699	Fläche	10		13.942	-20.000	-2.200	188.70	188.70	188.7				
Eigenwerte, -frequenzen und -p	700	Fläche	10		13.942	-19.500	-2.200	377.40	377.40	377.4				
Eigenschwingung knotenweise	701	Fläche	10		13.942	-19.000	-2.200	377.40	377.40	377.4				
- Eigenschwingung stabweise	702	Fläche	10		13.942	-18.500	-2.200	377.40	377.40	377.4				
- Eigenschwingung flächenweise	703	Fläche	10		13.942	-18.000	-2.200	377.40	377.40	377.4				
Eigenschwingung FE-Netz punl	704	Fläche	10		13.942	-17.500	-2.200	377.40	377.40	377.4				
Massen in FE-Netz-Punkten	705	Fläche	10		13.942	-17.000	-2.200	377.40	377.40	377.4				
- Ersatzmassenfaktoren	706	Fläche	10		13.942	-16.500	-2.200	377.40	377.40	377.4				
- Knoten - Lagerkräfte	707	Fläche	10		13.942	-16.000	-2.200	377.40	377.40	377.4				
- Linien - Lagerkräfte	708	Fläche	10		13.942	-15.500	-2.200	377.40	377.40	377.4				
- Knoten - Verformungen	709	Fläche	10		14.423	-20.000	-2.200	188.70	188.70	188.7				
Knoten - Geschwindigkeiten	710	Fläche	10		14.423	-19.500	-2.200	377.40	377.40	377.4				
Knoten - Beschleunigungen	711	Fläche	10		14.423	-19.000	-2.200	377.40	377.40	377.4				
- Stäbe - Schnittgrößen	712	Fläche	10		14.423	-18.500	-2.200	377.40	377.40	377.4				
- Flächen - Grundschnittgrößen	713	Fläche	10		14.423	-18.000	-2.200	377.40	377.40	377.4				
- Flächen - Grundspannungen	714	Fläche	10		14.423	-17.500	-2.200	377.40	377.40	377.4				
ridenen ananaepannangen	715	Fläche	10		14.423	-17.000	-2.200	377.40	377.40	377.40				
	Sortiere	n nach: 🔘	<u>F</u> E-Netz-	Punkten O j	<u>O</u> bjekten				\$	7 🖺				

Bild 3.56: Maske 2.6 Massen in FE-Netz-Punkten

3.4.7 Maske 2.7 Ersatzmassenfaktoren

Diese Ausgabemaske erscheint nur, wenn in Maske 1.6 das Auswahlfeld zur Berechnung der *Ersatzmassenfaktoren* aktiviert wurde. **Modale Massen**, **Beteiligungsfaktoren**, **Ersatzmassen** und **Ersatzmassenfaktoren** werden nach Eigenfrequenzen geordnet aufgelistet.

Die Ersatzmassenfaktoren können über *Sortieren nach* entweder einzeln oder summiert dargestellt werden. Durch die Summierung der Ersatzmassenfaktoren kann z. B. gemäß EC 8 leichter festgestellt werden, ob die Summe der Ersatzmassen (der "effektiven modalen Massen") mindestens 90 % der Gesamtmasse des Tragwerks beträgt.

61 - Dupamische Analuse	2 7 Ers	atzmassenfa	toren									
Finanka datan	2.1 210	A	B	C I	D 1	F	F	G	н	1 1		
Designment	E-Form	Modale Masse	Be	teiligungsfak	:or		Ersatzmasse		Ersa	atzmassenfak	tor	-
Knotonzuostzmasson	Nr.	Mi [kg]	Lix [kg]	Liv [kg]	Liz (kg)	mex [kg]	mey [kg]	mez (kg)	fmex [·]	fmey [·]	fmez [·]	
Linienzusatzmassen	1	55492.22	50718.64	748.32	-13325.60	46355.69	10.09	3199.93	0.084	0.000	0.006	
Stabausatzmassen	2	16160.16	-8784.74	3277.67	-22312.69	4775.43	664.78	30807.63	0.009	0.001	0.056	
Flächenzusatzmassen	3	44515.55	1072.84	47744.12	5244.17	25.86	51206.84	617.79	0.000	0.092	0.001	
- Zum Anzeigen	4	705.64	13.50	-753.47	860,78	0.26	804.55	1050.03	0.000	0.001	0.002	
Eurranerfälle	5	16526.51	-3.46	-223.77	245.90	0.00	3.03	3.66	0.000	0.000	0.000	
EF1	6	16013.22	-0.58	-45.10	14.54	0.00	0.13	0.01	0.000	0.000	0.000	
E Dunamische Lastfälle	7	14367.46	-78.99	235.17	387.50	0.43	3.85	10.45	0.000	0.000	0.000	
DE1	8	950.06	11.86	-573.21	-11.26	0.15	345.84	0.13	0.000	0.001	0.000	
Fraebnisse	9	879.74	-884.60	1.25	-0.03	889.49	0.00	0.00	0.002	0.000	0.000	
Figenwerte -frequenzen und -n	10	1120.06	0.41	-4.77	-0.30	0.00	0.02	0.00	0.000	0.000	0.000	
Eigenschwingung knotenweise	11	657.56	9.31	-405.18	-2.01	0.13	249.66	0.01	0.000	0.000	0.000	
Eigenschwingung stabweise	12	534.20	0.25	-14.46	0.58	0.00	0.39	0.00	0.000	0.000	0.000	
Eigenschwingung flächenweise	13	1315.80	-6.11	344.37	1.22	0.03	90.12	0.00	0.000	0.000	0.000	
Eigenschwingung FE-Netz punl	14	971.54	0.27	11.53	0.32	0.00	0.14	0.00	0.000	0.000	0.000	
Massen in FE-Netz-Punkten	15	800.10	0.11	8.77	-2.47	0.00	0.10	0.01	0.000	0.000	0.000	
Ersatzmassenfaktoren	16	56919.53	0.52	-41.34	-1.32	0.00	0.03	0.00	0.000	0.000	0.000	
- Knoten - Lagerkräfte	17	871.03	7.56	-789.01	0.61	0.07	714.72	0.00	0.000	0.001	0.000	
Linien - Lagerkräfte	18	562.35	74.32	134.81	136.98	9.82	32.32	33.37	0.000	0.000	0.000	
- Knoten - Verformungen	19	1252.15	-180.71	163.47	-354.69	26.08	21.34	100.47	0.000	0.000	0.000	
- Knoten - Geschwindigkeiten	20	360.25	-2.62	7.71	-5.20	0.02	0.16	0.07	0.000	0.000	0.000	
Knoten - Beschleunigungen	21	8941.00	-369.91	-1041.78	-337.76	15.30	121.38	12.76	0.000	0.000	0.000	
- Stäbe - Schnittgrößen	22	39930.70	-85.83	-323.58	-60.66	0.18	2.62	0.09	0.000	0.000	0.000	
Flächen - Grundschnittgrößen	23	1019.34	98.25	-77.67	6.26	9.47	5.92	0.04	0.000	0.000	0.000	
Flächen - Grundspannungen	24	1261.94	206.63	-207.07	12.08	33.83	33.98	0.12	0.000	0.000	0.000	
	25	1453.17	-307.16	211.88	-19.54	64.92	30.89	0.26	0.000	0.000	0.000	•
(Sortiere	n nach: 🔘	<u>E</u> rsatzmasser	nfaktoren	O <u>S</u> ummen	der Ersatzma	ssenfaktoren			3		

Bild 3.57: Maske 2.7 Ersatzmassenfaktoren



3.4.8 Maske 3.1 Knoten - Lagerkräfte

Je nach Definition in Maske 1.6 werden die gewählten Auflagerkräfte mit oder ohne dazugehörigen Zeitverlauf ausgegeben. Hat man zur Reduzierung des Datenumfangs in Maske 1.6 keine Ausgabe der Auflagerkräfte über den Zeitverlauf der Integration definiert, so wird nur die maximale bzw. minimale Auflagerkraft und der dazugehörige Zeitpunkt dargestellt.

	-		1								
1 - Dynamische Analyse 📃	3.1 Knc	oten - Laç	jerkräfte								
ngabedaten	Kuatan	A	В		D	E	F	G			^
- Basisangaben	Nr	Zeit		D 0.00 1	Lagerkrarte	D 0.00	N. 11.N	Lagermomente	L 14 . R.M1		
 Knotenzusatzmassen 		([5]		PX [KN]	PY [KN]	PZ [KN]		MY [KINM]	MZ [KINM]		
- Linienzusatzmassen	21	0.280		9.162	17.393	55.372	0.000	0.000	0.676		
- Stabzusatzmassen		0.290		12.732	65.996	-188.820	0.000	0.000	1.512		
 Flächenzusatzmassen 		0.300		16.775	120.940	-321.160	0.000	0.000	2.184		
- Zum Anzeigen		0.300		16.775	120.940	-321.160	0.000	0.000	2.184		
Erregerfälle		0.190	Min Px	-55.126	63.908	258.750	0.000	0.000	-1.534		
EF1		0.120	Max Py	2.260	147.410	-361.040	0.000	0.000	0.479		
- Dynamische Lastfälle		0.170	Min Py	-29.084	-135.290	366.360	0.000	0.000	-1.401		
DF1		0.170	MaxPz	-29.084	-135.290	366.360	0.000	0.000	-1.401		
gebnisse		0.110	Min Pz	3.966	141.730	-372.430	0.000	0.000	1.074		
- Eigenwerte, -frequenzen und -p		0.000	Max M _X	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
- Eigenschwingung knotenweise		0.000	Min M _X	0.000	0.000	0.000	0.000	<u> </u>	0.000		
- Eigenschwingung stabweise			0							T E	
Eigenschwingung flächenweise	_	_								0	
- Eigenschwingung FE-Netz punl					0.100 -				emischer Fall		
- Massen in FE-Netz-Punkten	PX	:NJ			0.190 5			I Dyno	Infiscrici i un		-
- Ersatzmassenfaktoren	0.00							DF1	-	4	1
- Knoten - Lagerkräfte	10										
Linien - Lagerkräfte	5										
Knoten - Verformungen	21					N	ABX = 16.7750 [km]			4 1	13
Knoten - Geschwindigkeiten		\sim	\rightarrow	~		~ /		-			
Knoten - Beschleunigungen	0			\sim		$7 \sim$	t[s]	Kno	ton		
- Stäbe - Schnittgrößen	10			`	\setminus \square			Kilot	en		
- Elächen - Grundschnittarößen	51				~ 17			21	-	▲ ▶	R
Elächen - Grundsnannungen											
ridonori andricepatientigen	55				····¥			Lagr	arkräfte		
					Min = -00	.1260 [kNj			-	4 4	
	0.000		0.075	0.150		0.225	0.300				

Bild 3.58: Maske 3.1 Knoten - Lagerkräfte

Unterhalb der Ergebnisstabelle kann jede einzelne Auflagergröße grafisch über den Zeitverlauf dargestellt werden. Zur Auswahl dienen hierzu die Optionen rechts neben der Grafik oder ein Mausklick auf die gewünschte Auflagergröße der Tabelle.

Diese grafische Auflagerdarstellung ist allerdings nur dann möglich, wenn in Maske 1.6 die Zeitverläufe für die jeweilige Schnittgröße aktiviert wurden.

۲	Dynamischer Fall	8
		1.
	Knoten	₹₹
	Lagerkräfte PX • •	

Dynamischer Fall: In dieser Liste lassen sich die berechneten Fälle DF auswählen.

Knoten: Die Auswahl der Knoten kann über die Liste oder die [Pick] Funktion erfolgen.

Lagerkräfte: Bei räumlichen Strukturen lassen sich hier die Lagerkräfte P-X, P-Y, P-Z, M-X, M-Y und M-Z auswählen.

Bild 3.59: Auswahl der Lagerkräfte

Über den Button lässt sich die grafische Darstellung über die Zeit ein- und ausschalten.

Alle grafischen Verläufe lassen sich über die Druck Funktionen sowohl direkt, ins Ausdruckprotokoll als auch in die Zwischenablage drucken.

Die Exportfunktion wird im Kapitel 3.4.16 *Export der DYNAM-Ergebnisse* im Detail beschrieben.

Export..



3.4.9 Maske 3.2 Linien - Lagerkräfte

Je nach Definition in Maske 1.6 werden die gewählten Auflagerkräfte mit oder ohne dazugehörigen Zeitverlauf ausgegeben. Hat man zur Reduzierung des Datenumfangs in Maske 1.6 keine Ausgabe der Auflagerkräfte über den Zeitverlauf der Integration definiert, so wird nur die maximale bzw. minimale Auflagerkraft und der dazugehörige Zeitpunkt dargestellt.

Die einzelnen Optionen bezüglich der Handhabung und der grafischen Darstellung sind identisch mit der oben beschriebenen Maske 3.1 Knoten - Lagerkräfte.



Bild 3.60: Maske 3.2 Linien - Lagerkräfte

3.4.10 Maske 3.3 Knoten - Verformungen

Je nach Definition in Maske 1.6 werden die gewählten Knotenverformungen mit oder ohne dazugehörigen Zeitverlauf ausgegeben. Hat man zur Reduzierung des Datenumfanges in Maske 1.6 keine Ausgabe der Knotenverformungen über den Zeitverlauf der Integration definiert, so wird lediglich die maximale bzw. minimale Knotenverformung und der dazugehörige Zeitpunkt dargestellt.



RF-DYNAM - [Brücke]										×
Datei Einstellungen Hilfe										
FA1 · Dynamische Analyse 🛛 💌	3.3 Kno	oten - Ve	rformung	en						
Eingabedaten	Kastan	A	B	C	D	E	F	G	н	^
- Basisangaben	Knoten Nr	Zeit		V (1997)	erschiebungen		r 11	Verdrehungen	r	
- Knotenzusatzmassen	40	([5]		ux (min)	uy (mm)	uz (mm)	φχ (iau)	φγ (iau)	φz (iau)	
- Linienzusatzmassen	40	0.030		9.0	18.3	0.2	0.758	0.002	-0.011	
- Stabzusatzmassen		0.040		10.2	31.1	0.3	1.231	0.002	-0.013	
- Flachenzusatzmassen		0.000		7.4	41.7	0.2	1.300	0.002	-0.004	
∠um Anzeigen		0.060		2.0	40.0	0.1	1.711	0.001	0.013	
		0.070		-1.0	28.8	0.0	1.300	0.000	0.043	
- EFI		0.000		1.2	14.4	0.0	0.810	0.000	0.000	
DE1		0.000		43	-1.6	0.1	0.377	0.000	0.101	
Erzebniege		0.110		32	-15.3	0.0	0.025	0.000	0.097	
Eigenwerte frequenzen und pr		0.120		-1.7	-22.3	-0.1	-0.214	0.000	0.073	
Eigenschwingung knotenweise		0.130		-6.9	-19.9	-0.2	-0.362	-0.001	0.039	-
- Eigenschwingung stabweise										
- Eigenschwingung flächenweise										<u>3</u> 🖶 📲
- Eigenschwingung FE-Netz punk										
- Massen in FE-Netz-Punkten	uγ(r	nm] 0.050 s						Oynal	mischer Fall	
- Ersatzmassenfaktoren	9		Max = 44.958 [r	mm]				DF1	-	4 E 🖓
- Knoten - Lagerkräfte	8	1						-		
– Linien - Lagerkräfte	-		\sim	/						
- Knoten · Verformungen	8	/		1					~	1 1 1
- Knoten - Geschwindigkeiten	9-1				\ \			· ·		
- Knoten - Beschleunigungen	•						t[s]	Knote	en.	
- Stäbe - Schnittgrößen	5			\smile	\sim		\sim	10		
- Flächen - Grundschnittgrößen	5							43	–	<u>•</u>
- Flächen - Grundspannungen	3						Min = -32.588 [mm]	1 day of the		
	7							veno	rmungen	
•	0.000		0.075	0. 150		0.225	0.300	<u>⊌</u> u-Y	•	• •
2 5 5					Exportierer	<u>G</u> rafi	k		OK	Abbrechen
										·

Bild 3.61: Maske 3.3 Knoten - Verformungen

3.4.11 Maske 3.4 Knoten - Geschwindigkeiten

Je nach Definition in Maske 1.6 werden die gewählten Knotengeschwindigkeiten mit oder ohne dazugehörigen Zeitverlauf ausgegeben. Wurde zur Reduzierung des Datenumfanges in Maske 1.6 keine Ausgabe der Knotengeschwindigkeiten über den Zeitverlauf der Integration definiert, so wird lediglich die maximale bzw. minimale Knotengeschwindigkeit und der dazugehörige Zeitpunkt dargestellt.



Bild 3.62: Maske 3.4 Knoten - Geschwindigkeiten



3.4.12 Maske 3.5 Knoten - Beschleunigungen

Je nach Definition in Maske 1.6 werden die gewählten Knotenbeschleunigungen mit oder ohne dazugehörigen Zeitverlauf ausgegeben. Hat man zur Reduzierung des Datenumfanges in Maske 1.6 keine Ausgabe der Knotenbeschleunigungen über den Zeitverlauf der Integration definiert, so wird lediglich die maximale bzw. minimale Knotenbeschleunigung und der dazugehörige Zeitpunkt dargestellt.

Die einzelnen Optionen bezüglich der Handhabung und der grafischen Darstellung sind identisch mit der oben beschriebenen Maske 3.1 *Knoten - Lagerkräfte*.



Bild 3.63: Maske 3.5 Knoten – Beschleunigungen

3.4.13 Maske 3.6 Stäbe - Schnittgrößen

Je nach Definition in Maske 1.6 werden die gewählten Schnittgrößen mit oder ohne zugehörigen Zeitverlauf ausgegeben. Wurde zur Reduzierung des Datenumfangs in Maske 1.6 keine Ausgabe der Schnittgrößen über den Zeitverlauf der Integration definiert, so wird nur die Maximal- bzw. Minimalschnittgröße und der dazugehörige Zeitpunkt dargestellt.



DE-DUNAM - [Duicko]											v
RF-DTNAM - [Brucke] Datei Finstellungen Hilfe											^
	0.001										
FA1 - Dynamische Analyse	3.6 Sta	be - Schr	hittgroß	en							_
Eingabedaten	Stab	A	B	C Stollo	D	E	F	G	Homonto		^
Basisangaben	Nr.	Zen E[e]	Nr	stene v [m]	N FENT	V ILNI	V IENI	Mar [kNm]	M [kNm]	M. [kNm]	
- Knotenzusatzmassen	124	0.020	191.	6.042	N1 202	V y [Nit]	V Z [NIT]		My [Kinii]	MZ [Kinii]	
- Linienzusatzmassen	124	0.030	12	5.34Z	#1.263	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Stabzusatzmassen		0.040	21	7.810	₽1.263 70.700	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
- Flächenzusatzmassen		0.040	21	0.000	73.730	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
- Zum Anzeigen				0.860	73.730	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	_
⊨ Erregerfälle				1.735	73.738	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
EF1				2.603	79.798	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
B Dynamische Lastfälle				3.471	73.730	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
DF1				4.333	70,700	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Ergebnisse				5.207	73.736	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Eigenwerte, -frequenzen und -pe				6.075	73.730	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Eigenschwingung knotenweise				6.342	<u> </u> 3,730	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Eigenschwingung stabweise			Q							N	L 🐴
Eigenschwingung flächenweise			P								
Eigenschwingung FE-Netz punk	NIK	J 0.040 5							Dynamische	rFall	
Massen in FE-Netz-Punkten		a							DE1	• • •	820
Ersatzmassenfaktoren					Max = 2	06.0500 [kN]			Inci		
Knoten Lagerkrafte		/			$\langle \rangle$				Ctöbo		
Linien - Lagerkratte	£				/		\sim		Stabe		
Knoten - Verformungen			\setminus		- A - `				124	<u> </u>	3
Knoten - Geschwindigkeiten	•		\rightarrow		/	$\sim -$	\rightarrow				
- Knoten - Beschleunigungen				\ /	/	_	\sim	t[5]	x-Stelle [m]		
- Stäbe - Schnittgrößen	¥			\ <i>f</i>					1 736	- + +	15
Flächen - Grundschnittgroßen				\setminus /			N		11.100		-20
- Flächen - Grundspannungen	8								Schnittaröße	n	
	1.1			Min = -	234.0400 [kN]			-	Gernnagreise		
•	0.000		0.075		0. 150	0.225	0.3	00	<u>N</u>	<u> </u>	
2 5 5					Exp	ortieren	<u>G</u> rafik		0	K Abb	rechen

Bild 3.64: Maske 3.6 Stäbe - Schnittgrößen

3.4.14 Maske 3.10 Flächen - Grundschnittgrößen

Je nach Definition in Maske 1.6 werden die gewählten Schnittgrößen mit oder ohne zugehörigen Zeitverlauf ausgegeben. Wurde zur Reduzierung des Datenumfangs in Maske 1.6 keine Ausgabe der Schnittgrößen über den Zeitverlauf der Integration definiert, so wird nur die Maximal- bzw. Minimalschnittgröße und der dazugehörige Zeitpunkt dargestellt.

RF-DYNAM - [Brücke]															×
Datei Einstellungen Hilfe															
FA1 - Dynamische Analyse	3.10 Fi	ichen - G	rundschn	ittgröß	len										
Eingabedaten		A	В	C	D	E	F	G	Н		J	K	L	М	
Basisangaben	Fläche-	Zeit	FE-Netz	FE-Netzp	ounkt-Ko	ordinaten	Mon	nente [kNn	n/m]	Querkräf	te [kN/m]	Norm	ialkräfte (k	N/m]	
Knotenzusatzmassen	Nr.	t [s]	Punkt	×[m]	Y[m]	Z [m]	m×	my	m _{xy}	٧×	Vy	n _×	ny	n _{xy}	
- Linienzusatzmassen	14	0.130	Min m _{×y}	6.250	-20.00	-3.000	-3 5 .895	-9 <mark>1.</mark> 543	-47.07	213.770	292.200	-347.77	36.025	-29,605	
- Stabzusatzmassen		0.160	Max v _×	6.250	-20.00	-3.000	-110.90	-0.917	17.341	96 8 .98	-168.29	-5 3 8.34	65.468	-44,587	
- Flächenzusatzmassen		0.230	Min v_{\times}	6.250	-20.00	-3.000	60.714	-32,361	-29,529	-6 <mark>3</mark> 0.7	261.430	-309.06	30,933	-26,324	
- Zum Anzeigen		0.300	Max v _y	12.500	-20.00	-3.000	-6 <mark>7</mark> .750	-1 <mark>30</mark> .78	-4 <mark>3</mark> ,262	363,930	714.85	94.094	220.850	112,530	
Erregerfälle		0.060	Min v _y	6.250	-20.00	-3.000	36.875	153. <mark>010</mark>	82. <mark>87</mark> 4	-103.12	-555.6	426.710	-47.054	35,885	
EF1		0.020	Max n _×	6.250	-20.00	-3.000	-3 5 .805	31.574	26.122	406.060	-2 <mark>0</mark> 6.94	568.21	-64.366	47,373	
Dynamische Lastfälle		0.170	Min n _×	6.250	-20.00	-3.000	-97.214	5.713	21.472	894.160	-193.47	-574.4	60.559	-48 616	
DF1		0.300	Max n _y	12.500	-20.00	-3.000	-6 <mark>7</mark> .750	-130.78	-4 <mark>3</mark> .262	363,930	714.850	94.094	220,85	112,530	
Ergebnisse		0.020	Min n _y	12.500	-20.00	-3.000	-11.377	19,626	2.361	111.540	-137.46	195.830	-204.4	16,630	
Eigenwerte, -frequenzen und -p		0.170	Max n _{xy}	6.731	-20.00	-3.000	11.748	1.655	2.700	252.110	103,690	-200.07	73.412	228.41	
Eigenschwingung knotenweise		0.020	Min n _{×y}	6.731	-20.00	-3.000	7.497	0. 201	5.713	122.950	105.820	197.940	-74.371	-226.9	-
- Eigenschwingung stabweise			0										*		al
- Eigenschwingung flächenweise													-0		
- Eigenschwingung FE-Netz punl											Dyna	miechor	Fall		
Massen in FE-Netz-Punkten	n _x [(Nim) Maria - Kato Ad	00.00	0.130							Dyna	moeneri		1	
- Ersatzmassenfaktoren	8	Max = 368.21	oo ixiyaali								DF1		<u>▼</u> !)		9
- Knoten - Lagerkräfte	" [
- Linien - Lagerkräfte	\$ (\mathbf{N}								Fläch	en			
Knoten - Verformungen	~ /										14			1	
- Knoten - Geschwindigkeiten	-/										1				2
- Knoten - Beschleunigungen										t [s]	EE-N	etz-Knote	n		
- Stäbe - Schnittgrößen	5							/				012 1101010			
- Flächen - Grundschnittgrößen	-			~	<hr/>		/				157		<u> </u>	1 <u> </u>	5
Flächen - Grundspannungen					~										
	4					Min = -574	4 4900 RNJm				Grun	dschnittgi	rößen		
۱	0.000		0.075		0.150		0.225		0.300	6	n-x		••		
e e e						Expor	tieren	<u>G</u> rafil	k			OK		Abbrechei	ป

Bild 3.65: Maske 3.10 Flächen - Grundschnittgrößen



3.4.15 Maske 3.13 Flächen - Grundspannungen

Je nach Definition in Maske 1.6 werden die gewählten Spannungen mit oder ohne zugehörigen Zeitverlauf ausgegeben. Wurde zur Reduzierung des Datenumfangs in Maske 1.6 keine Ausgabe der Spannungen über den Zeitverlauf der Integration definiert, so wird nur die Maximal- bzw. Minimalspannung und der dazugehörige Zeitpunkt dargestellt.







3.4.16 Export der DYNAM-Ergebnisse

Über die Schaltfläche [Export] in den Ergebnismasken 3.1 *Knoten - Lagerkräfte* bis 3.13 *Flächen - Grundspannungen* gelangen Sie in folgendes Fenster.

DYNAM-Ergebnisse in RFEM exportieren	X
Export von	
DF: DF1	•
Exportant	
 Herausfiltern der ungünstigsten Ergebnisse von allen Zeitschritten 	
O Erzeugung der ausgewählten Zeitschritte als dynamische Fälle	
Herausfiltern der ung ünstigsten Ergebnisse von festgelegten Zeitschritten	
O Von Zeit: 0.000 💌 [\$]	
Exportieren in RFEM-DK Nr.:	
1 Erdbeben in +X	_
D Export Abbrecht	n

Bild 3.67: Export der DYNAM-Ergebnisse in RFEM

Legen Sie unter *Export von* den entsprechenden Dynamischen Fall *DF* fest. Es bestehen nun drei verschieden Möglichkeiten, die Ergebnisse zu exportieren:

Von Zeit

Hier werden alle bestehenden Ergebnisse des gewählten Zeitschritts in einem RSTAB Lastfall zusammengefasst.

Herausfiltern der ungünstigsten Ergebnisse von allen Zeitschritten

Es wird eine Lastfallkombination aus allen Zeitschritten generiert, die die ungünstigsten Ergebnisse enthält.

Zeitschritte...

Export...

Herausfiltern der ungünstigsten Ergebnisse von festgelegten Zeitschritten Diese Funktion beinhaltet quasi die Möglichkeiten der ersten beiden Exportarten.

Zeitschritte auswäl	hlen	×
Zeitschritte		Option
Zeit [s] Q.000 Q.010 Q.020 Q.030 Q.040 Q.050 Q.050 Q.060 Q.080 Q.080 Q.080 Q.0100 Q.0100 Q.110 Q.120 Q.130		Herausfiltern der ungünstigsten Ergebnisse von festgelegten Zeitschritten DK-Nr: 1

Bild 3.68: Zeitschritte auswählen

Aus den im Dialog Zeitschritte auswählen festgelegten Zeitpunkten werden Lastfälle generiert. Diese können durch die Funktion Erzeugung der maßgebenden Kombination der ausgewählten Zeitschritte in RFEM in geeigneter Weise kombiniert werden.

Im Abschnitt *Exportieren in RFEM-DK* bzw. *RFEM-DF* werden Nummerierung und Bezeichnung der zu generierenden Kombination bzw. des Lastfalls festgelegt.



3.4.17 Maske 4.1 Generierte Ersatzlasten

Nach Eingabe der in Maske 1.9 erforderlichen Parameter und Wahl der Eigenformen werden nach der Berechnung die generierten Ersatzlasten in dieser Maske aufgelistet. Als Ausgabewerte erhält man die Punktlasten in die entsprechende Richtung.

A1 - Dynamische Analyse 🔄 🛃	.1 Gen	erierte Ersa	itzlaster								
Eingabedaten		A	B	C	D	E	F	G	Н		J
- Basisangaben Fl	E-Netz	Objekt		Stab		Koordinate		LF		Ersatzlast	
- Knotenzusatzmassen	Punkt	Тур	Nr.	x [m]	X [m]	Y [m]	Z [m]	Nr.	F _X [kN]	F _Y [kN]	F _Z [kN]
- Linienzusatzmassen	203	Fläche	1		14.423	-1.000	-6.000	11	0.547	0.002	-0.042
- Stabzusatzmassen		Fläche	1		14.423	-1.000	-6.000	12	0.009	-0.022	0.038
- Flächenzusatzmassen		Fläche	1		14.423	-1.000	-6.000	13	0.077	0.366	0.075
- Zum Anzeigen		Fläche	1		14.423	-1.000	-6.000	14	0.077	1.101	0.08
Ersatzlasten		Fläche	1		14.423	-1.000	-6.000	15	0.000	-0.001	0.000
irgebnisse		Fläche	1		14.423	-1.000	-6.000	16	-0.008	0.062	0.00
Eigenwerte, -frequenzen und -pe		Fläche	1		14.423	-1.000	-6.000	17	-0.066	0.014	0.00
Eigenschwingung knotenweise		Fläche	1		14.423	-1.000	-6.000	18	0.000	0.000	0.00
Eigenschwingung stabweise		Fläche	1		14.423	-1.000	-6.000	19	0.037	0.052	0.00
Eigenschwingung flächenweise		Fläche	1		14.423	-1.000	-6.000	20	0.000	0.000	0.00
Eigenschwingung FE-Netz punk		Fläche	1		14.423	-1.000	-6.000	21	0.000	0.000	0.00
Massen in FE-Netz-Punkten		Fläche	1		14.423	-1.000	-6.000	22	-0.043	-0.072	-0.00
Ersatzmassenfaktoren		Fläche	1		14.423	-1.000	-6.000	23	0.000	0.000	0.00
Generierte Ersatzlasten		Fläche	1		14.423	-1.000	-6.000	24	-0.002	0.003	0.00
		Fläche	1		14.423	-1.000	-6.000	25	-0.015	-0.008	0.00
		Fläche	1		14.423	-1.000	-6.000	26	-0.072	-0.116	-0.00
		Fläche	1		14.423	-1.000	-6.000	27	0.018	0.043	0.02
		Fläche	1		14.423	-1.000	-6.000	28	-0.033	0.012	-0.00
		Fläche	1		14.423	-1.000	-6.000	29	-0.011	0.048	0.003
		Fläche	1		14.423	-1.000	-6.000	30	0.000	-0.001	0.00
		Fläche	1		14.423	-1.000	-6.000	31	-0.027	-0.033	0.00
		Fläche	1		14.423	-1.000	-6.000	32	0.001	0.001	0.00
		Fläche	1		14.423	-1.000	-6.000	33	-0.015	0.000	0.04
		Fläche	1		14.423	-1.000	-6.000	34	-0.010	-0.007	-0.00
		Fläche	1		14.423	-1.000	-6.000	35	-0.001	0.009	0.000
· · · · ·	Sortieren	nach: 🔘	FE-Netz-	Punkten C	Objekten	C Lastfälle	n				

Bild 3.69: Bild 3.70: Maske 4.1 Generierte Ersatzlasten

Die Ersatzlasten lassen sich Sortieren nach FE-Netz-Punkt-Nummer, Objekttyp oder Eigenform / Lastfall-Nummer.

3.4.18 Export der RF-DYNAM-Ergebnisse

Über die Schaltfläche [Export] in der Ergebnismaske 4.1 *Generierte Ersatzlasten* gelangen Sie in folgendes Fenster.

		~~	ek.	
- E	. XL	лп	н.	

RF-DYNAM, Export von E	L1	×
LK-Einstellungen		
Generierte Lastfälle zusan in Lastfallkombination Nr.:	nmenfassen	3
Überlagerungsart:		
Quadratisch - SRSS 💌 Linear Quadratisch - SRSS	ß	
٦	ОК	Abbrechen

Bild 3.71: Export der RF-DYNAM-Ergebnisse in RFEM

Es besteht die Möglichkeit, direkt die modalen Beiträge quadratisch (nach der SRSS-Regel) oder linear in einer Lastfallkombination zu überlagern. Nehmen Sie unter *LK-Einstellungen* die gewünschten Einstellungen vor.



3.5 Pulldownmenüs

Die Pulldownmenüs enthalten alle notwendigen Funktionen zur Verwaltung der RF-DYNAM-Fälle und -Resultate. Sie können ein Pulldownmenü durch Anklicken des Menünamens aktivieren oder auch durch Drücken von [Alt], gefolgt von der Taste des im Menütitel unterstrichenen Buchstabens.

3.5.1 Datei

...dient der Handhabung der RF-DYNAM-Fälle.

Mouer Fall Strg-	+N asisangaben					
Fall <u>u</u> mbenennen Fall kopieren	ittlung von	Einstellungen				
Fall löschen	. Eigenschwingungen	Anzahl der <u>kl</u> einsten Eigenschwingungen (Eigenwerte), die zu berechnen sind:				
Speichern Strg- Speichern unter	+S Zeitverlaufsverfahren Antwortspektrenverfahren	Eigengewicht als Masse ansetzen				
Tabellen <u>e</u> xportieren						
Eigenwerte, frequenzen und pe Eigenschwingung knotenweise Eigenschwingung stabweise Eigenschwingung flächenweise Eigenschwingung FE-Netz punk	J. Ersaldastern Typ der Massenmatrix C Diagonal Diagonal mit Torsionsgliedern	Einfluss der Normalkräfte aktivieren Normalkräfte aus RFEM übernehmen von LF bzw. LG: LF1 - Eigengewicht	-DVN			
– Massen in FE-Netz-Punkten – Ersatzmassenfaktoren – Generierte Ersatzlasten	Wirkung der Massen In Richtung: ▼ X Im Y ▼ Y Im Z ▼ Z	Eigenwertlöser-Methode Lanczos-Methode Loneraum-Iterationsmethode Loc-Iterationsmethode	Dynamische Analy			
	Normierung der Eigenformen Auf 1 so, dass max (y _i) = 1 C Aus Masse so, dass (y _i) ^T [M] (y _i) = 1 Kommentar	Interne Stabteilung Aktivieren				
		×				

Bild 3.72: Pulldownmenü Datei

Neuer Fall... [Alt+N]

...erlaubt das Anlegen eines neuen RF-DYNAM-Falles.

Neuer RF	-DYNAM-Fall	×
<u>Nr.</u> 2	<u>B</u> ezeichnung Dynamische Analyse	T
D	ОК	Abbrechen

Bild 3.73: Dialog Neuer RF-DYNAM -Fall



[Alt+D]

Vergeben Sie für den neuen *RF-DYNAM-Fall* eine *Nr*. und eine *Bezeichnung*. Die Schaltfläche [▼] listet alle bereits verwendeten Bezeichnungen auf, sodass Sie auf eine davon zurückgreifen können. Mit [OK] wird der neue Fall dann angelegt.

Fall Umbenennen... [Alt+U]

...können Sie den aktuellen RF-DYNAM-Fall, indem Sie die *Bezeichnung* ändern und eventuell auch eine andere *Nr*. wählen. In letzterem Fall ist zu beachten, dass keine Nummer zugewiesen werden kann, die bereits anderweitig vergeben ist.



RF-DYNA	M-Fall umben	ennen	×
<u>N</u> r. 1	<u>B</u> ezeichnung Umbenannt		
٢		ОК	Abbrechen

Bild 3.74: Dialog RF-DYNAM -Fall umbenennen

Fall Kopieren... [Alt+K]

... ermöglicht das Kopieren eines bereits angelegten RF-DYNAM-Falls.

RF-DYNAM-Fall kopiere	en 🔀
Kopieren von Fall	
FA1 - Dynamische Analys	e 🔽
Neuer Fall	
<u>N</u> r.: <u>B</u> ezeichnung:	
2 Kopie	•
٢	OK Abbrechen

Bild 3.75: Dialog RF-DYNAM -Fall kopieren

Der zu kopierenden RF-DYNAM-Fall wird mit [▼] aus der Liste *Kopieren von Fall* ausgewählt. Die Bezeichnung lässt sich ebenfalls mit [▼] aus einer Liste wählen oder aber neu eintragen. Wird die vorgeschlagene *Nr*. des neuen Falls geändert, ist darauf zu achten, dass diese Nummer nicht bereits vergeben ist.

OK

[OK] legt die Kopie des Falls an.

Fall Löschen... [Alt+L]

...zeigt nach Aufruf zunächst alle vorhandenen RF-DYNAM-Fälle in einer Liste an.

Vorhar	ndene Fälle	
Nr.	Bezeichnung	-
1	Dynamische Analyse	
2	Erdbeben in +X	
3	Erdbeben in -X	
4	Erdbeben in -Y	
5	Erdbeben in +Y	
		-
1	1	_
	OK Abbre	chen

Bild 3.76: Dialog Fall löschen

Den zu löschenden Fall markieren Sie durch Anklicken, um ihn dann mit [OK] zu löschen.

OK.



Exportieren in MS Excel und OpenOffice... [Alt+E]

...ermöglicht den Export einzelner oder aller Tabellen von RF-DYNAM zu MS-Excel..

Export - MS Excel	×
Einstellungen Tabelle	Applikation
Mit Tabellenkopf	Microsoft Excel
🔲 Nur markierte Zeilen	C OpenOffice.org Calc
Einstellungen	
 <u>I</u>abelle in die aktive Arbeits Iabelle in die aktive Iabell 	smappe exportieren e exportieren
Existierende Tabelle überso	chreiben
Selektierte Tabellen	
 Aktuelle Tabelle Alle Tabellen Eingabetabellen Ergebnistabellen 	☐ Export-Tabellen mit Details
9	OK Abbrechen

Bild 3.77: Dialog Export - MS-Excel

Einstellungen 3.5.2

Das Pulldownmenu Einstellungen dient der Handhabung der in RF-DYNAM verwendeten Einheiten.

Einheiten und Dezimalstellen [Alt+E]

Es wird der aus RFEM bekannte Dialog zum Anpassen der Einheiten und Dezimalstellen aufgerufen. Das Modul RF-DYNAM ist voreingestellt.

Einheiten und Dezimalsteller	n					×
Programm / Modul	Eingabedaten Ergebniss	e				
	Massen			Anfangsverforn	nunaen	
- BF-STAHL Flächen		Einheit	DezStellen	Ĩ	Einheit	DezStellen
- RF-STAHL Stäbe	Knotenmassen:	ka 💌 💌	2-	Verschiebungen	mm	
RF-STAHL EC3	Kastanation					
RF-STAHL AISC	Knotenmassenmomente:	kgm 2 💌		Verdrehungen:	rad 💌	43
RF-STAHL IS	Linien/ <u>S</u> tabmassen:	kg/m 💌	2 🛨			
- RF-STAHL SIA	Elächenmassen:	kg/m^2 🔻	2÷			
RF-KAPPA		· _				
RF-BGDK	Lasten					
RF-FE-BGDK						
RF-EL-PL	∠eiten:	s 💌	3			
	Beschleunigung:	m/s^2 💌	6 🕂			
REASD	Kräfte:	kN 🔻	3÷			
	Längen in Momenten:		3			
) Galerh					
- RF-BETON Stäbe	<u>w</u> inkei.		4 -			
RF-BETON Stützen	Kreis <u>f</u> requenz:	rad/s 💌	4 🚍			
- RF-STANZ						
RF-HOLZ Pro	Diverse					
RF-HOLZ	Falteren					
RF-DYNAM	Faktoren:	▼	3 -			
RF-STIRNPL						
RE-VERBIND						
0 📝 🔿 😭 🖷					ОК	Abbrechen

Bild 3.78: Dialog Einheiten und Dezimalstellen

3.5.3 Hilfe

[Alt+H]

[Alt+E]

...öffnet die Hilfefunktion als Handbuch.



4. Ergebnisse

4.1 Ergebnisgrafik

Grafik

Nach der Berechnung können Sie mit der Schaltfläche [Grafik] in die grafische Ergebnisanzeige wechseln. Der aktuelle RF-DYNAM-Fall ist hier automatisch voreingestellt.



Bild 4.1: Grafische Ergebnisanzeige im RFEM Arbeitsfenster

<u>_</u>

Wenn [Ergebnisse ein/aus] aktiviert ist, sehen Sie hier den Verlauf der ersten Eigenfrequenz der Struktur und das Ergebnis-Panel.



Bild 4.2: Ergebnis-Panel von RF-DYNAM

Das Panel ist aus drei Registern aufgebaut. Im ersten Register ist die auf 1 normierte Skala der Gesamtverformung der Eigenformen zu sehen.

Unter *Eigenform* und *Verformung* können die anzuzeigende Eigenform und der Vergrößerungsfaktor für die Darstellung eingestellt werden.

Im letzten Register können einzelne Objekte für die Darstellung ein- bzw. ausgeblendet werden.

RF-DYNAM

Mit der Schaltfläche [RF-DYNAM] im Panel erfolgt die Rückkehr in das Dynamikmodul.

Mit [Drucken] können Sie die Ergebnisgrafik – wie jede andere Grafik in RFEM – entweder direkt ausdrucken oder in das Ausdruckprotokoll integrieren.



4.2 Ausdrucken

Um die numerischen Ergebnisse ausdrucken zu können, müssen Sie zunächst in das Programm RFEM zurückkehren und dort [Aktives Ausdruckprotokoll] aufrufen.

<u>N</u> r.	<u>B</u> ezeichnung	
1	Eingabe und reduzierte Ergebnisse	*
⊻oreinstel	lung übernehmen von Muster	
1 - Einga	be und reduzierte Ergebnisse	-

Bild 4.3: Dialog Neues Ausdruckprotokoll

Nachdem Sie die Entscheidungen hinsichtlich der aus RFEM bekannten Möglichkeiten bezüglich *Ausdruckprotokoll* und *Ausdruckprotokoll-Muster* getroffen haben, lassen Sie mit [OK] Ihr Ausdruckprotokoll mit den RF-DYNAM-Ergebnissen erstellen.

Beachten Sie bitte, dass das Ausdruckprotokoll insgesamt eine Einheit aller Daten aus RFEM, RF-DYNAM und den weiteren Zusatzmodulen ist. Beugen Sie deshalb auch im eigenen Interesse durch eine entsprechende Selektion des Inhalts einer unnötigen Datenflut vor.



Bild 4.4: RF-DYNAM-Daten und -Ergebnisse im Ausdruckprotokoll

Sie haben im Ausdruckprotokoll sämtliche Bearbeitungs- und Gestaltungsmöglichkeiten, wie sie ausführlich im RFEM-Handbuch beschrieben sind. Zusätzlich gibt es für das Modul RF-DYNAM ein weiteres Ausdruckprotokoll-Selektionsregister, das Sie mit der Schaltfläche [Themen für Ausdruckprotokoll wählen] aufrufen und bearbeiten können. Gegebenenfalls ist im Dialog *Ausdruckprotokoll-Selektion* zuvor links das *Programm* RF-DYNAM zu aktivieren.



P

à





Bild 4.5: Selektion Ausdruckprotokoll RF-DYNAM 2007, Register Haupt-Selektion



Im Register Haupt-Selektion legen Sie unter Anzeigen von global die anzuzeigenden Oberkapitel fest. Sofern Sie nicht Alle Fälle anzeigen lassen möchten, kann aus der Liste Vorhandene Fälle eine Auswahl für Zu zeigende Fälle vorgenommen werden. Die Übertragung der Fälle von einer Liste in die andere geschieht mit den links dargestellten Schaltflächen [Hinzufügen \rightarrow], [Alle hinzufügen], [\leftarrow Entfernen] und [Alle entfernen].

01	<
Abbre	chen

In jedem Register lässt sich die Selektion mit [OK] übernehmen bzw. mit [Abbrechen] verwerfen. Der Dialog wird geschlossen.



Surdexprotokoli Sele		
rogramm / Modul	Haupt-Selektion Eingabedaten Ergebnisse	
REDYNAM	Anzeigen von	
	✓ 11 Basisangaberi	
	Vir-Selektion (2.5. 1-5,20)	
	V 1.2 Knotenzusatzmassen	5
	V 1.3 Linenzusatzmassen Linen: Alles	3
	I I I I I I I I I I I I I I I I I I I	3
	I I. <u>o</u> Flachenzusatzmassen <u>F</u> lachen: Alles	3
	✓ 1.7 Erregerfälle	
	▼ EF-Verzeichnis EF'e: Alles ▼	
	Zeilen: Alles	
	✓ 18 Dunamische Lastfälle	
	✓ DEMerzeichnis DF'e: Alles	
	V Akzelerogramme Zeilen: Alles	
	V Dunamische Lasten Zeilen: Alles	
	Antworkspektrum Zeilen: Alles	
	Anfangsverformungen Zeilen Alles	
	Anfangsgeschwindigkeiten Zeilen Alles	
	Aniangsgeschwindigkeiten	
	✓ 1. <u>9</u> Ersatzlasten	
	Ersatzlasten-Verzeichnis	
	✓ Norm-Parameter	
nzeigen	▼ Faktoren für SpektrumZeilen: Alles	
Deckblatt	Eigenvibration Selektion Zeilen: Alles	
Inhalt		
Info-Bilder		

Bild 4.6: Selektion RF-DYNAM, Register Eingabedaten

Im Register *Eingabedaten* entscheiden Sie über die Anzeige der Basisangaben, der Zusatzmassen sowie der Normalkräfte. Zusätzlich ist eine detaillierte *Nr.-Selektion* möglich: Klicken Sie hierzu einfach auf die Schaltfläche [▼], wählen die Leerzeile an und tragen dann die gewünschten Nummern der Objekte ein.

suruckprotokoli-sele			
rogramm / Modul	Haupt-Selektion Eingabedaten Ergebnisse		
RF-DYNAM	Anzeigen von		
		NrSelektion (z.B. 1-5,20)	
	2.1 Eigenwerte und Eigenschwingungen Eigenwerte:	Alles	
	☑ 2.2 Eigenschwingung knotenweise	Alles 💌 🍾	
	✓ 2.3 Eigenschwingung stabweise	Alles 💌 🐧	
	✓ 2.4 Eigenschwingung flächenweise	Alles 🔽	
	2.5 Eigenschwingung FE-Netz-punktweise Punkte:	Alles	
	2.6 FE-Netz-Punktmassen Punkte:	Alles	
	2.7 Ersatzmassenfaktoren	Alles	
		Alles 🔹 🐧	
	✓ 3.2 Linien - Lagerkräfte	Alles 🔽	
	3.3 Knoten - Verformungen	Alles 🔹	
	34 Knoten - Geschwindigkeiten Knoten:	Alles 🔽 🐧	
	3.5 Knoten - Beschleunigungen		
	✓ 3.6 Stähe - Schnittgrößen Stähe:		
	□ 37 Stähe . Kontaktkräfte Stähe:		
	✓ 310 Flächen - Grundschnittgrößen Flächen:		
	212 Elishen - Grundssamungen		
	217 Eishen Kentakterannungen		
zeigen	3.17 Hachen - Kontaktspannungen		
Deckblatt			
	✓ 4.1 Ersatzlasten Knoten:	Alles	
Info-Bilder			

Bild 4.7: Selektion RF-DYNAM, Register Ergebnisse

Im Register *Ergebnisse* können Sie hinsichtlich der möglichen Ergebnisse wahlweise *Alles* oder einzeln gewählte Teile bestimmen.



5. Theorie

In diesem Kapitel werden in knapper Form einige theoretische Hintergründe zum besseren Verständnis von RF-DYNAM beleuchtet. Deshalb ist dieses Kapitel kein Ersatz für ein Lehrbuch der Dynamik, sondern möchte vielmehr einige Zusammenhänge in Erinnerung rufen oder Anstoß für weitere Recherchen sein. Der Leser möchte bitte Verständnis dafür haben, dass eine lehrbuchähnliche Aufarbeitung der Materie den Rahmen dieser Programmbeschreibung sprengen würde, ohne gleichzeitig erschöpfend diese Thematik zu behandeln.

Zunächst wird kurz auf die Grundgleichung der Eigenwertanalyse eingegangen. Im Anschluss daran wird in separaten Abschnitten auf die Berechnung der kinetisch äquivalenten Massen, der Beteiligungsfaktoren und Ersatzmassen eingegangen. Den Abschluss dieses Kapitels bildet ein themenbezogenes Beispiel.

Gleichgewichtsgleichung für statische Systeme

Eine Struktur reagiert auf statisch einwirkende Kräfte durch Verformung. Von dem System wird angenommen, dass es sich sowohl vor der Lastaufbringung als auch nach der Lastaufbringung in Ruhe befindet.

Im Allgemeinen lässt sich ein proportionaler Zusammenhang zwischen der Belastung und der Verformung des Systems beobachten. Die Beziehung der beiden Größen ist grundsätzlich nichtlinear, kann aber in den meisten Anwendungsfällen als linear angenommen werden. Als Proportionalitätsfaktor tritt zwischen der Belastung und der Verformung die Steifigkeit k des Systems, so dass die Beziehung für den statischen Fall gilt:

 $K_{ij} x_i = f_j$

Steifigkeitsmatrix
Verformung
Belastung

Im Falle eines Systems mit einem Freiheitsgrad ist i = j = 1.

Berechnung der Eigenfrequenzen

Wurde eine Struktur zum Schwingen angeregt und einige Zeit sich selbst überlassen, beobachtet man, dass das System stets zwischen zwei Energiezuständen pendelt. Es gilt also:

 $E_{kinetisch} = E_{potentiell}$

Dies lässt sich in folgender Gleichung ausdrücken:

Gleichung 4.1:

 $\mathsf{M}_{\mathbf{i}\mathbf{j}}\ddot{\mathbf{x}}_{\mathbf{j}} + \mathsf{K}_{\mathbf{i}\mathbf{j}} \cdot \mathbf{x}_{\mathbf{j}} = \mathbf{\underline{0}}$

In dieser Gleichung bleibt die Dämpfung unberücksichtigt, da dieser Dissipationseffekt zur Bestimmung der Eigenfrequenz und -form nicht relevant ist.

Gleichung (4.1) wird gelöst, indem für x, folgender Ansatz eingeführt wird:

Gleichung 4.2:

 $\mathbf{x}_{i} = \mathbf{C}_{i} \mathbf{e}^{\lambda t} = \mathbf{u}_{i}(\mathbf{x}) \mathbf{c} \cos(\omega t - \alpha)$

Ansatz (2) in Gleichung (4.1) eingesetzt, ergibt unter Berücksichtigung, dass der Ausdruck c $cos(\omega t - \alpha)$ im Allgemeinen ungleich Null ist:

Gleichung 4.3:

$$\left[\mathsf{M}_{ij}\left(-\omega^{2}\right)+\mathsf{K}_{ij}\right]\mathsf{u}_{i}(\mathsf{x})=\underline{\mathsf{Q}}$$



Da die Gleichung der Eigenform $u_i(x)$ ungleich Null ist, bestimmen sich die Eigenfrequenzen aus folgender Gleichung.

Gleichung 4.4:

 $\det\left(\!\mathsf{K}_{ij}-\omega^2\mathsf{M}_{ij}\right)\!=\!\underline{\mathsf{0}}$

Bereits in der Gleichung (4.3) ist uns die Eigenkreisfrequenz ω begegnet. Sie hängt mit der Eigenfrequenz der Struktur über die Beziehung f = $2\pi\omega$ zusammen.

Nach dem Einsetzen einer Eigenfrequenz in Gleichung (4.3) ergibt sich die zugehörige Eigenform $u_i(x)$.

Kinetisch äquivalente Massen

Strukturen mit mehreren Freiheitsgraden, die entweder über konzentrierte oder kontinuierliche Massenverteilung verfügen, lassen sich durch energetische Betrachtungen in einen Einmassenschwinger mit äquivalenter kinetischer Masse überführen. Typische Anwendungsfälle sind Strukturen mit Schwingungsdämpfer oder schlanke, turmartige Konstruktionen. RF-DYNAM berechnet diese kinetisch äquivalente Masse für jede einzelne Eigenfrequenz.

Am Beispiel eines Rohrmastes soll die Theorie näher beleuchtet werden.

Die Bewegung eines Rohrmastes wird durch folgende Beziehung beschrieben:

 $y(x, t) = y(x) \cdot sin(\omega t) = Y \cdot \eta(x) \cdot sin(\omega t)$

mit	y(x,t)	Auslenkung einer Stelle x des Mastes in Anhängigkeit von der Zeit
	ω	Kreisfrequenz der Struktur
	η(x)	die auf 1 im Ort der größten Verschiebung normierte Eigenform
	Y	Auslenkung im Ort der gesuchten kinetisch äquivalenten Massen. RF- DYNAM nimmt hierfür immer die Auslenkung im Ort der maximalen Ver schiebung. Dieser ist in der Darstellung der Eigenformen stets auf 1 nor- miert.

Daraus ergibt sich die kinetische Energie der Struktur:

Gleichung 4.5:

$$E_{kin} = \frac{\omega^2 Y^2}{2} \left[\int_{0}^{L} \mu(x) \eta^2(x) dx \right] \cos^2 \omega t$$

mit $\mu(x)$ kontinuierliche Massenbelegung, Einheit [kg/m].

Die Gleichung 4.5 drückt die kinetische Energie des Eigengewichts der Struktur und der Stabzusatzmassen aus. Dieser ist noch die Energie der einzelnen Knoten-Zusatzmassen m_i hinzuzuaddieren:

Gleichung 4.6:

$$E_{kin} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n} m_{i} \omega^{2} Y^{2} \eta^{2}(x_{i}) \cos^{2} \omega t$$

Die Summe ist über alle n Zusatzmassen zu bilden.

Die gesamte kinetische Energie der Struktur wird dann zu:

Gleichung 4.7:

$$E_{kin} = \omega^2 Y^2 \cdot \frac{1}{2} \left[\int_{o}^{L} \mu(x) \eta^2(x) dx \right] \cos^2 \omega t + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{N} m_i \cdot \omega^2 \eta^2(x) \cos^2 \omega t$$



Die kinetische Energie der Ersatzstruktur eines Einmassenschwingers wird beschrieben durch:

Gleichung 4.8:

$$\mathsf{E}_{\mathsf{kin}} = \frac{1}{2} \mathsf{M} \, \omega^2 \, \mathsf{Y}^2 \, \cos^2 \, \omega \mathsf{I}$$

Nach Gleichsetzen von (4.7) und (4.8) ergibt sich für die kinetisch äquivalente Masse:

Gleichung 4.9:

$$M = \int_{0}^{L} \mu(x) \eta^{2}(x) dx + \sum_{i=1}^{n} m_{i} \eta^{2}(x_{i})$$

Um die kinetisch äquivalente Massen in einem anderen Ort zu berechnen, ist die Gleichung (4.9) mit $Y^2/\eta^2(x)$ durchzumultiplizieren.

Beispiel

Für einen eingespannten Rohrmast soll die kinetisch äquivalente Masse berechnet werden. In den folgenden Beispielen KINEQ1 bis KINEQ3 wird davon ausgegangen, dass der Stab ungeteilt ist. Im Beispiel KINEQ4 wird eine Teilung angesetzt.

Daten des Mastes:

Querschnitt: ROHR 508x11mit der Querschnittsfläche A=0.0172 m²

Höhe: I = 20 m

Spez. Gewicht DYNAM $\gamma = 7.85 \cdot 10^4 \text{ N/m}^3$

Kontinuierliche Massenbelegung: $\mu = \gamma / g \cdot A = 135 \text{ kg/m}$



Bild 5.1: Eingespannter Rohrmast

KINEQ1:

Das Eigengewicht des Mastes M = l μ = 20m \cdot 135 kg/m = 2700 kg ist kontinuierlich über den Mast verteilt.

KINEQ2:

Die Gesamtmasse des Mastes M = l μ = 20 m \cdot 135 kg/m = 2700 kg ist auf die beiden Endknoten 1 und 2 gleichmäßig verteilt.



KINEQ3:

Das Eigengewicht des Mastes ist als äußere Last kontinuierlich auf den Mast aufgetragen.

Da in allen Systemen von einer diagonalen Massenmatrix ausgegangen wird, ist die Summe der kinetisch äquivalenten Massen in jedem Fall gleich der wirkenden Masse, also 1350 kg im Knoten 2.

KINEQ4:

Der Rohrmast wird einer Teilung von 5 unterworfen. Daraus folgt eine genauere Berechnung der kinetisch äquivalenten Masse. Zur Berechnung der kinetisch äquivalenten Masse nach Gleichung (4.7) gilt für die Eigenform:

$$\eta(\xi) = \frac{1}{2,72423} \left[\sin \lambda \xi - \sinh \lambda \xi + (\cos \lambda \xi - \cosh \lambda \xi) \frac{\sinh \lambda - \sin \lambda}{\cosh \lambda - \cos \lambda} \right]$$

mit $\lambda = 1.875$, woraus sich das Integral

$$\int_{0}^{L} \mu(x) \eta^{2}(x) dx = 0,25$$

und somit die Größe der kinetisch äquivalenten Masse zu

$$M = \mu \cdot L \int_{0}^{L} \eta^{2}(x) dx = 135 \frac{kg}{m} \cdot 20m \cdot 0, 25 = 675 \text{ kg}$$

ergibt. Die Berechnung der kinetisch äquivalenten Massen in RF-DYNAM 2007 führt zu dem Zahlenwert von M = 675,1 kg.



Bild 5.2: Massenverteilung des Stabes in den Beispielen KINEQ1 bis KINEQ4

Ersatzmassen und Beteiligungsfaktoren

Wurde vor der Berechnung in Maske 1.6 *Zu berechnen* die Ermittlung der Ersatzmassenfaktoren angewählt, werden in Maske 2.7 *Ersatzmassenfaktoren* die Werte für folgende Größen ausgegeben: Modale Masse, Beteiligungsfaktor, Ersatzmasse und Ersatzmassenfaktor.

Die wichtigste Information über die Struktur stellt die Verteilung der Trägheitskräfte H_i dar, die in Abhängigkeit von der Eigenform V_i eine typische Ausprägung erhält.



Die Trägheitskräfte genügen folgender Beziehung:

Gleichung 4.10

$$\mathbf{H}_{i} = \frac{(\mathbf{V}_{i}^{\mathsf{T}} \mathbf{M})^{2}}{(\mathbf{V}_{i}^{\mathsf{T}} \mathbf{M} \mathbf{V}_{i})} \cdot \mathbf{S}_{a} \cdot (\mathbf{T}_{i})$$

mit V,

> Μ Massenmatrix

Eigenform

 $S_{a}(T_{i})$ Beschleunigungsspektrum der Eigenkreisfrequenz wi

Mit den Ausdrücken

 $M_i = V_i^T M V_i$ modale Masse

 $L_i = V_i^{T} M$ Beteiligungsfaktor

erhält man aus Gleichung (4.10)

Gleichung 4.11

$$H_{i} = \frac{L_{i}^{2}}{M_{i}} \cdot S_{a} \cdot (T_{i}) = m_{ei} \cdot S_{a} \cdot (T_{i})$$

mit

 $m_{ei} = L_i^2 / M_i$ Ersatzmasse der Eigenform V_i

Wie aus den Gleichungen (4.10) und (4.11) ersichtlich, ist die Ersatzmasse unabhängig von der normierten Eigenform V_i. RF-DYNAM normiert die Eigenform V_i im Ort der größten Verschiebung auf 1 entsprechend

Gleichung 4.12

$$\sum_{j=1}^n {V_{ij}}^2 = 1$$

mit

alle Verschiebungsfreiheitsgrade der Eigenform V i, j

und berechnet mit dieser als Grundlage die modale Massenmatrix, die Beteiligungsfaktoren und die Ersatzmassen mit den Ersatzmassenfaktoren als Verhältnis der Ersatzmasse zur Gesamtmasse.

Ein praktischer Anwendungsfall hierzu stellt das nachfolgende Beispiel dar. Weiterführende Informationen enthält [11], Seite 678.



Beispiel

Ein ebener dreigeschossiger Rahmen besteht aus masselosen Stielen und Riegeln. Das Flächenträgheitsmoment für alle Stiele beträgt $I_{2,Stiel} = 25\ 000\ cm^4$, das der Riegel beträgt $I_{2,Riegel} = 150\ 000\ cm^4$.

Die Fläche der Stiele ist mit $A_{Stiele} = 100 \text{ cm}^2$, die der Riegel mit $A_{Riegel} = 10\ 000 \text{ cm}^2$ angesetzt.

Die Masse der Riegel wird in gleichen Teilen auf die beiden Endknoten mit jeweils 12 500 kg angesetzt.



Bild 5.3: Berechnung der Ersatzmassen an einem Dreigeschossrahmen

Ergebnisvergleich zwischen RF-DYNAM und Literatur:

Eigenform Nr.	Ersatzmasse [kg]	
	RF-DYNAM	Literatur [11]
1	66592,9	2,66369*25000 = 66592,25
2	6989,7	0,2769*25000 = 6990,00
3	1417,4	0.05669*25000 = 1417,25



6. Beispiele

Das folgende Kapitel beinhaltet eine Reihe von Beispielen, die die Funktionalität des Moduls RF-DYNAM näher beleuchten.

Ein weiteres Rechenbeispiel demonstriert die Berechnung der Grundfrequenz eines Turmes mit gevoutetem Querschnitt.

Die Beispiele sind Literaturstellen entliehen. Hierbei steht der Vergleich zwischen den in der Literatur angegebenen Ergebnissen mit denen von RF-DYNAM im Vordergrund.

6.1 Balken

Dieses Beispiel greift ein Beispiel aus [12], S. 20 auf.

Ein Durchlaufträger gemäß untenstehender Skizze wird der dynamischen Analyse unterworfen. Die Gesamtlänge des Balkens beträgt 10 m. Der Durchlaufträger besteht aus 20 Einzelbalken, die biegesteif miteinander verbunden sind.

Der Querschnitt ist ein Rechteckquerschnitt mit den Abmessungen d = 0.4 m und b = 0.2 m. Daraus folgt für diesen Querschnitt ein I_y = 1.067E-3 m⁴ und eine Fläche von A = 8.0E-2 m². Der Elastizitätsmodul ist E = $3.0E+7 \text{ kN/m}^2$.

Da das spezifische Gewicht γ = 25 kN/m³ beträgt, hat jeder Einzelbalken ein Gewicht von G_i = γ A I / g = 25000 · 0.08 · 0.5 / 10 kg = 100 kg.



Bild 6.1: Skizze zum Beispiel Nr. 1: Balken

Aus der Ergebnisauflistung von RF-DYNAM liest man eine aktive Masse von 100 kg in die Z-Richtung für die Knoten 2 bis 20 ab. Die Knoten 1 und 21 sind in Z-Richtung gelagert, so dass deren Massen nicht als dynamische in Z-Richtung mitwirkende Masse beachtet wird. Die in X-Richtung aktive Masse ist am Knoten 1 aufgrund der Lagerdefinition (Festhaltung in X-Richtung) gleich Null.

Da die Struktur am Knoten 21 in X-Richtung nicht gehalten ist, weist die aktive Masse einen endlichen Wert kleiner 100 kg auf.

Beachtenswert ist die Genauigkeit der Eigenfrequenzen, die RF-DYNAM im Vergleich zur Literaturstelle erzielt. Folgende Tabelle stellt die Ergebnisse gegenüber.

Sechs niedrigste Eigenfrequenzen f [Hz]			
Nr. der Eigenfrequenz	RF-DYNAM	Literaturstelle	
1	6.284	6,283	
2	25,137	25,133	
3	56,556	56,547	
4	86,580	86,580	
5	100,535	100,519	
6	157,056	157,032	



6.2 Fachwerkträger

Dieses Beispiel greift ein Beispiel aus [12], S. 29 auf.

Die Eigenwerte des in untenstehender Skizze dargestellten Fachwerksystems sollen bestimmt werden. Das Material hat einen Elastizitätsmodul von E = 2.06E+8 kN/m², eine Querdehnzahl v = 0.29 und ein spezifisches Gewicht von 7.88 t/m³.

Es wird ein rundes Profil mit einem Durchmesser von 4 cm verwendet.



Bild 6.2: Skizze zum Beispiel Nr. 2: Fachwerkträger

RF-DYNAM 2007 berechnet im Vergleich zu der Literaturstelle folgende Eigenfrequenzen:

Fünf niedrigste Eigenfrequenzen f [Hz]		
Nr. der Eigenfrequenz	RF-DYNAM	Literaturstelle
1	13,30	13,15
2	22,77	22,57
3	36,20	35,82
4	50,23	49,81
5	51,72	51,37

6.3 Betonschornstein

Dieses Beispiel ist der Literatur [11], S. 213 entnommen. Anhand dieses Beispieles wird der Einfluss der *Teilung der Stäbe wegen Vouten/elast. Bettung* verdeutlicht. In Abhängigkeit von der gewählten Teilung nähert sich das von RF-DYNAM erzielte Ergebnis an die in der Literatur angegebene Lösung an.

Ein Betonschornstein verjüngt sich in seinem Verlauf etwa im Verhältnis 3:1. Er kann deshalb als Voutenstab angenommen werden. Der E-Modul beträgt E = 2E+7 kN/m², das spezifische Gewicht γ = 25 kN/m³.

Folgende Werte gelten für den Fußbereich des Schornsteins:

Die Fläche A_A beträgt 14.78 m², woraus sich eine kontinuierliche Massenbelegung $\mu = \gamma A / g = 25000 \cdot 14.78 / 10 \text{ kg/m} = 36.95\text{E}+3 \text{ kg/m}$ ergibt. Das Flächenträgheitsmoment beträgt I_A = 122.9 m⁴.

Folgende Werte gelten für den Kopfbereich des Schornsteins:

Die Fläche A_E beträgt 4.79 m², woraus sich eine kontinuierliche Massenbelegung $\mu = \gamma A / g = 25000 \cdot 4.79 / 10 \text{ kg/m} = 11.973\text{E}+3 \text{ kg/m}$ ergibt. Das Flächenträgheitsmoment beträgt I_E = 22.2 m⁴.





Bild 6.3: Skizze zum Beispiel Nr. 3: Betonschornstein

Die Literatur gibt für die Grundfrequenz des Schornsteins den Wert f = 0.367 Hz an.

Grundfrequenz f [Hz] des Stahlbetonschornsteins		
Anzahl der Teilungen	Errechnete Grundfrequenz	
2	0,3291	
6	0,3600	
10	0,3673	
20	0,3657	
50	0,3641	


6.4 Erdbebenersatzlasten nach DIN 4149

Dieses Beispiel vergleicht die mit RF-DYNAM gemäß DIN 4149 ermittelten Erdbebenersatzlasten mit einer Handrechnung. Die RFEM-Eingabedaten können den folgenden Tabellen entnommen werden.



Bild 6.4: Strukturmodell zu Beispiel Nr. 6.4: Erdbebenersatzlasten

KNOTEN

Knoten		Bezugs-	Koordinaten	Knotenkoordina	aten	
Nr.	Knotentyp	Knoten	System	X [m]	Z [m]	Kommentar
1	Standard	-	Kartesisch	0.000	-100.000	
2	Standard	-	Kartesisch	0.000	-87.500	
3	Standard	-	Kartesisch	0.000	-62.500	
4	Standard	-	Kartesisch	0.000	-37.500	
5	Standard	-	Kartesisch	0.000	-12.500	
6	Standard	-	Kartesisch	0.000	0.000	Feste Einspannung

LINIEN

Linie			Linienlänge	
Nr.	Linientyp	Knoten Nr.	l [m]	Kommentar
1	Polylinie	2,1	12.500	Z
2	Polylinie	3,2	25.000	Z
3	Polylinie	4,3	25.000	Z
4	Polylinie	5,4	25.000	Z
5	Polylinie	6,5	12.500	Z

6 BeispieleBeispiele



MATERIALIEN

Material	Material-	ElastModul	Schubmodul	Querdehnz.	Sp. Gewicht	Wärmedehnz.	Beiwert
Nr.	Bezeichnung	E [kN/cm^2]	G [kN/cm^2]	my [-]	[kN/m^3]	alpha [1/°C]	gam- ma-M
1	Beton B 25	3000.00	1400.00	0.200	25.00	1.0000E-05	1.000

KNOTENLAGER

Lage	er	Lagerdrehung [°]	Stütze	Stützur	ng bzw. Einspa	annung
Nr.	Knoten Nr.	um Y	In Z	u-X'	u-Z'	phi-Y'
	1 6	0.00		Х	Х	X

QUERSCHNITTE

Quers.	Querschnitts-	Mater.	I-T [m^4]	l-y [m^4]	l-z [m^4]	
Nr.	Bezeichnung	Nr.	A [m^2]	A-y [m^2]	A-z [m^2]	Kommentar
1	Q1	1		12.667		
			100.000			
2	Q2	1		19.000		
			100.000			
3	Q3	1		25.333		
			100.000			
4	Q4	1		31.667		
			100.000			

STÄBE

Stab		Linie		Drehu	ing	Querscl	nnitt	Gelenk		Exz.	Teil.	Länge	
Nr.		Nr.	Stabtyp	Тур	Knoten / Ebene	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Nr.	Nr.	L [m]	
	1	1	Balkenstab	-	-	4	4	-	-	-	-	12.500	Z
	2	2	Balkenstab	-	-	4	4	-	-	-		25.000	Z
	3	3	Balkenstab	-	-	3	3	-	-	-		25.000	Z
	4	4	Balkenstab	-	-	2	2	-	-	-		25.000	Z
	5	5	Balkenstab	-	-	1	1	-	-	-	-	12.500	Z

Gemäß DIN 4149 wurden für dieses Beispiel folgende Parameter ausgewählt:

Untergrundverhältnis: A-R

Bedeutungsbeiwert γ_1 : 1,0

Bemessungswert der Bodenbeschleunigung ag: 1,00 m/s²

Verstärkungsbeiwert der Spektralbeschleunigung β₀: 2,5

Dämpfungs-Korrekturbeiwert η : 1,00



Datei Einstellungen Hilfe			
FA1 · Dynamik 🔹 👻	1.1 Basisangaben		
Eingabedaten - Basisangaben - Knotenzusatzmassen - Stabzusatzmassen - Stabzusatzmassen - Zuberechnen - Zuberechnen - Ersatzlasten Ergebnisse - Eigenschwingung knotenweise - Eigenschwingung stabweise - Fiz-Natz Punktmassen - Frastzmassenfaktoren - Generieite Ersatzlasten	Ermittlung von	Einstellungen Anzahl der kleinsten Eigenschwingungen (Eigenwerte), die zu berechnen sind: Eigengewicht als Masse ansetzen mit Faktor: Eigengewicht als Masse ansetzen mit Faktor: 1.00 ± Eigenwertlöser-Methode Eigenwertlöser-Methode Eigenwertlöser-Methode CG-Iterationsmethode CG-Iterationsmethode CG-Iterationsmethode	
< <u> </u>	Normierung der Eigenformen Auf 1 so, dass max {uj} = 1 Aus Masse so, dass {uj}T [M] {uj} = 1 Kommentar	Interne Stabteilung Interne Teilung der Stäbe Anzahl Teilung: 10 💬	

Bild 6.5: Basisangaben ohne Berücksichtigung des Eigengewichts und mit Wirkung der Massen in Richtung X und Z

A1 - Dynamik 🔹 👻	1.2 Kno	otenzusatzmassen							
ingabedaten	<u> </u>	A	В	С	D	E	F	G	Н
- Basisangaben		Liste der Knoten		Masse		Ma	assenmomen	te	
- Knotenzusatzmassen	Nr.	mit Masse	m x [kg]	mγ[kg]	m z [kg]	Ix [kgm ²]	IY [kgm ²]	Iz [kgm ²]	Kommentar
- Linienzusatzmassen	1	2	359375.00		359375.00				
- Stabzusatzmassen	2	3	359375.00		359375.00				
- Flächenzusatzmassen	3	4	359375.00		359375.00				
- Zu berechnen	4	5	359375.00		359375.00				
Ersatzlasten	5								
raebnisse	6								
- Eigenwerte, -frequenzen und -p	7								
- Eigenschwingung knotenweise	8								
Figenschwingung stabweise	9								
Ersatzmassenfaktoren	10								
Generierte Ersatzlasten	11								
	12								
	13								
	14								
	15								
	16								
	17								
	18								
	19								
	20								
	21		-						
	22								
	23								
	24								
	25								
	20								
4		, D							

Bild 6.6: Massenbelegung der Knoten 2 bis 5 mit je 359 375 kg



FA1 - Dynamik Eingabedaten Basisangaben - Knoterzusatzmassen - Stabzusatzmassen - Stabzusatzmassen - Stabzusatzmassen - Stabzusatzmassen - Zuberechnen - Eingenschwingung knoteweise Eigenschwingung knoteweise - Ersatzmassen - Ersatzmassen - Generiette Ersatzlasten	Datei Einstellungen Hilfe		
Eingabedaten Baisangaben Cusiatzinassen Linierzusatzmassen Linierzusat	-A1 - Dynamik 🔹 👻	1.6 Zu berechnen für Eigenschwingungen	
	Eingabedaten Baisangaben Knotenzusatzmassen Ilinienzusatzmassen Flächenzusatzmassen Zu berechnen Ersatzlasten Ergebnisse Eigenschwingung knotenweise Eigenschwingung stabweise FE-Netz Punktmassen Ersatzmassenfaktoren Generierte Ersatzlasten	Zusätzlich berechnen - Eigenschwingungen Eigenschwingungen in FE-Netz-Punkten Ø Massen in FE-Netz-Punkten Ø Ersatzmassenfaktoren	

Bild 6.7: Maske 1.6 Zu berechnen

Um festzustellen, wie viele Eigenformen berücksichtigt werden müssen, ist es hilfreich, in Maske 1.6 *Zu berechnen* die Ersatzmassenfaktoren und Massen in FE-Netz-Punkten zusätzlich berechnen zu lassen. Denn grundsätzlich sollen so viele Modalformen mitgenommen werden, dass die Summe der effektiven Ersatzmassen mindestens 90 % der effektiven Gesamtmasse beträgt. Dies entspricht einer Summe der Ersatzmassenfaktoren von 0,90.

atei Einstellungen Hilfe	rubebener	satziasten naen 4.					
A1 - Dynamik 🔹	2.1 Eigenw	erte, -frequenzen	und -perioden				
ingabedaten		А	B	C	D		
Basisangaben	Eigen-	Eigenwert	Eigenkreisfrequenz	Eigenfrequenz	Eigenperiode		
Knotenzusatzmassen	Nr.	λ _i [1/s ²]	ω _i [rad/s]	f _i [Hz]	T _i [s]		
- Linienzusatzmassen	1	4.28219	2.06934	0.32935	3.03632		
- Stabzusatzmassen	2	234.88852	15.32607	2.43922	0.40997		
- Flächenzusatzmassen	3	2107.02632	45.90236	7.30559	0.13688		
- Zu berechnen	4	6903.96930	83.09013	13.22420	0.07562		
- Ersatzlasten							
gebnisse							
- Figenwerte -frequenzen und -n							
- Figenschwingung knotenweise							
- Eigenschwingung stabweise							
Erestzmassenfaktoren							
Constinute Erectalector							
Generete Erseziesten							
4 11							
							Abbrech
				- u	dilk.	UN	Abbreche

Bild 6.8: Maske 2.1 Eigenwerte, -frequenzen und -perioden



atei Einstellungen Hilfe									
A1 - Dynamik 🔹	2.2 Eigen	schwingur	ngen knotenwe	ise					
Eingabedaten		A	B	C	D	E	F	G	
Basisangaben	Eigen-	Knoten-	Norm	nierte Verschiebu	ng	Norr	nierte Verdrehung)	
 Knotenzusatzmassen 	Nr.	Nr.	ux [-]	uy [-]	uz [-]	φx [-]	φΥ [-]	φz [-]	
- Linienzusatzmassen	1	1	1.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-0.01284	0.0000	
- Stabzusatzmassen		2	0.84046	0.00000	0.00000	0.00000	-0.01284	0.00000	
- Flächenzusatzmassen		3	0.52506	0.00000	0.00000	0.00000	-0.01222	0.00000	
- Zu berechnen		4	0.23716	0.00000	0.00000	0.00000	-0.01039	0.0000	
Ersatzlasten		5	0.03423	0.00000	0.00000	0.00000	-0.00550	0.0000	
Ergebnisse		6	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000	
Eigenwerte, -frequenzen und -p	2	1	-1.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.04120	0.00000	
- Eigenschwingung knotenweise		2	-0.48264	0.00000	0.00000	0.00000	0.04120	0.00000	
- Eigenschwingung stabweise		3	0.44026	0.00000	0.00000	0.00000	0.02825	0.0000	
- FE-Netz Punktmassen		4	0.70924	0.00000	0.00000	0.00000	-0.00706	0.0000	
- Ersatzmassenfaktoren		5	0.18481	0.00000	0.00000	0.00000	-0.02472	0.0000	
Generierte Ersatzlasten		6	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000	
	3	1	-1.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.05906	0.0000	
		2	-0.26261	0.00000	0.00000	0.00000	0.05906	0.0000	
		3	0.66743	0.00000	0.00000	0.00000	-0.00631	0.0000	
		4	-0.48796	0.00000	0.00000	0.00000	-0.04415	0.0000	
		5	-0.40310	0.00000	0.00000	0.00000	0.03899	0.0000	
		6	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000	
	4	1	-0.42300	0.00000	0.00000	0.00000	0.02859	0.0000	
		2	-0.06238	0.00000	0.00000	0.00000	0.02859	0.0000	
		3	0.23522	0.00000	0.00000	0.00000	-0.02209	0.00000	
		4	-0.43925	0.00000	0.00000	0.00000	0.02664	0.00000	
		5	0.96101	0.00000	0.00000	0.00000	-0.03574	0.00000	
		6	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	
4	Sortieren	nach: 🔘 k	Knoten-Nummern	Eig	jenwert-Nummerr	'n			
					ſ	Grafik		ПК	Abbrer

Bild 6.9: Maske 2.2 Eigenschwingungen knotenweise

Dater Einstellungen Hille										
FA1 - Dynamik 🔹 🔻	2.6 Masse	n in FE-Netz-P	unkten							
Eingabedaten		А	В	C	D	E	F	G	H	
Basisangaben Knotenzusatzmassen	FE-Netz Punkt-Nr.	Objekt	Nr.	x-Stelle [m]	X [m]	Lage Y[m]	Z [m]	FE- mx[kg]	my [kg]	se m z [kg]
- Linienzusatzmassen	1	Knoten	1		0.000	0.000	-100.000	0.00	0.00	0
- Stabzusatzmassen	2	Knoten	2		0.000	0.000	-87.500	359375.00	0.00	359375
- Flächenzusatzmassen	3	Knoten	3		0.000	0.000	-62.500	359375.00	0.00	359375
Zu berechnen	4	Knoten	4		0.000	0.000	-37.500	359375.00	0.00	359375
- Ersatzlasten	5	Knoten	5		0.000	0.000	-12.500	359375.00	0.00	359375
Irgebnisse	6	Knoten	6		0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0
- Eigenwerte, -frequenzen und -p	Summe							1437500.00	0.00	1437500
– Ersatzmasserfaktoren – Generierte Ersatzlasten										
4 III >>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>	Sortieren n	ach: 💿 FE-Ne	tz-Punkt-N	lummern 🔘 C)bjekt					
0 5 3						Grafik			ок	Abbreche

Bild 6.10: Maske 2.6 FE-Netz-Punktmassen



A1 • Dynamik ▼	2.7 Ersatz	massenfaktoren									
ingabedaten		A	B	С	D	E	F	G	Н		J
Basisangaben	Eigen-	Modale Masse	Be	teiligungsfak	tor		Ersatzmasse		Summe vor	n Ersatzmass	enfaktor
Knotenzusatzmassen	Nr.	Mi [kg]	Lix [kg]	Liy [kg]	Liz [kg]	m _{eX} [kg]	mey [kg]	m _e z [kg]	ΣfmeX [-]	ΣfmeY [·]	Σf meZ
- Linienzusatzmassen	1	373456.91	588188.82	0.00	0.00	926388.17	0.00	0.00	0.644	0.000	0.
Stabzusatzmassen	2	346514.62	306235.60	0.00	0.00	270638.65	0.00	0.00	0.833	0.000	0.
Flächenzusatzmassen	3	328651.61	-174802.7	0.00	0.00	92973.82	0.00	0.00	0.897	0.000	0.
Zu berechnen	4	422417.83	249612.41	0.00	0.00	147499.35	0.00	0.00	1.000	0.000	0.
Ersatzlasten	Summe					1437499.9	0.00	0.00			
Eigenschwingung stabweise FE-Netz Punktmassen Ersatzmassenfaktoren Generierte Ersatzlasten											

Bild 6.11: Maske 2.5 Ersatzmassenfaktoren

In Maske 2.7 *Ersatzmassenfaktoren* kann in Spalte H die *Summe der Ersatzmassenfaktoren* gebildet werden. Es wird deutlich, dass mindestens 90 % der effektiven Gesamtmasse mit vier Modalformen erreicht wird.

FA1 - Dynamik 🔹 🔻	1.9 Ersatzlas	sten						
Eingabedaten – Basisangaben – Knotenzusatzmassen – Linienzusatzmassen – Stabzusatzmassen – Flächenzusatzmassen – Zu berechnen	Ersatzlast Generiere	en nach Norm: [IN 4149: 2005-04]	Export in RFEM Erste LF-Nr.:	1.	
Ersatzlasten Ergebnisse	Norm-Para	meter						
Ergebnisse Eigenwerte, -frequenzen und -p Eigenschwingung knoterweise Eigenschwingung stabweise Ersatzmassenfaktoren Generierte Ersatzlasten) Spektrum Untergrun	-Art: OB	emessungsspektrur	n für line	are Berechnung Di [·] Тв-н: 0 Тали 0	● Elastisc 050	hes Antwortspektrum	🚔 [·]
min denenere Ersaziasten		βο: 2.5	ioo 🐳 [·]		Тр.н. 2	.000 ↔ [s] To-v.	0.200 → [s] ag. 1.000 2.000 → [s] avg: 0.700	ektrum
- Generieite Ensatzlasten	Zuordnung	βο: 2.5 des elastischen	100 T [·]		Тр.н: 2	[s] To-v.	2.000 (s) avg: 0.700	ektrum
— denenere Lisadosen	Zuordnung A	3. 1. βο: 2.5 g des elastischen B	Antwortspektrums	D	Тс-н. 0 Тр.н: 2	[s] TD-V.	0.200 ↔ [s] ag. 1.000 2.000 ↔ [s] avg: 0.700 St	ektrum
	Zuordnung A Zu ge- nerieren	s. η.υ βο: 2.5 des elastischen B Eigenform Nr.	Antwortspektrums Generieren in RFEM-LF Nr.	D Ordina Auto	TD-H: 2	E Vitwortspektrums Sev [m/s ²]	0.200 ↔ [s] ag. 1.000 2.000 ↔ [s] avg: 0.700 St G Kommentar	↓ III/s ⁴
— Generiere Lisacioscen	Zuordnung A Zu ge- nerieren	3. 1.υ βo: 2.5 g des elastischen B Eigenform Nr. 1 - 0.33 Hz	Antwortspektrums C Generieren in RFEM-LF Nr. 1	D Ordina Auto	E [Set [m/s ²] 0.1085	F [s] T □-V. Prtwortspektrums Sev [m/s ²] 0.0759	0.200 → [s] ag. 1.000 2.000 → [s] avg: 0.700 St G Kommentar	ektrum
— Genenere Lisacioscen	Zuordnung A Zu ge- nerieren X	3. 1.0 β0: 2.5 gdes elastischen Bigenform Nr. 1 - 0.33 Hz 2 - 2.44 Hz	Antwortspektrums C Generieren in RFEM-LF Nr. 2	D Ordina Auto	E [T D-H: 2 E [ate des elastischen A SeH [m/s ²] 0.1085 1.2196	F F F F F F F F F F F F F F	0.200 → [s] ag. 1.000 2.000 → [s] avg: 0.700 St G Kommentar	ektrum
- denenere Lisacioscen	Zuordnung A Zu ge- nerieren X	3. 1.1. βο: 2.5 βο: 2.5 Begenform Nr. 1 - 0.33 Hz 2 - 2.44 Hz 3 - 7.31 Hz	Antwortspektrums C Generieren in RFEM-LF Nr. 2 3	D Ordina Auto	Е [тр.н: 2 тр.н: 2 аte des elastischen A Seн [m/s2] 0.1085 1.2196 2.5000	F Antwortspektrums Sev [m/s ²] 0.0759 0.8537 1.7500	0.200 → (s) ag. (.000 2.000 → [s] avg: (0.700 St G Kommentar	ektrum
- Generieke Lisaciosken	Zuordnung A Zu ge- netieren X X X	3. 11 βo: 25 bigerform Nr. 1 - 0.33 Hz 2 - 2.44 Hz 3 - 7.31 Hz 4 - 13.22 Hz	Antwortspektrums C Generieren in RFEM-LF Nr. 1 2 3 4	D Ordina Auto X X X X	E T D-H: 2 T de des elastischen A SeH [m/s ²] 1.2196 2.5000 2.5000	F F 000 → [s] T p-y: Prtwotspektrum Sev [m/s²] 0.0759 0.0759 0.8537 1.7500 1.7500 1.7500	0.200 → [s] ag. 1.000 2.000 → [s] avg: 0.700 G Kommentar	TITAS ↓ [m/s] pektrum

Bild 6.12: Maske 1.9 Ersatzlasten

In Maske 1.9 *Ersatzlasten* werden nach der Festlegung der *Norm-Parameter* alle vier Eigenformnummern in Spalte A ausgewählt. Die Ersatzlasten werden weiter automatisch in die RFEM-Lastfälle 1 bis 4 geschrieben (Spalte C).



Datei Einstellungen Hilfe											
FA1 - Dynamik 🔹	2.13 Gene	erierte Ersatzlast	ten								
Eingabedaten		А	В	C	D	E	F	G	H	1	J
Basisangaben	FE-Netz	Objekt		x-Stelle		Koordinate		LF	FE	E-Netz Punktlast	
- Knotenzusatzmassen	Punkt-Nr.	Тур	Nr.	[m]	X [m]	Y [m]	Z [m]	Nr.	F _X [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]
- Linienzusatzmassen	1	Knoten	1		0.000	0.000	-100.000	1	0.000	0.000	0.0
- Stabzusatzmassen	2	Knoten	2		0.000	0.000	-87.500	1	51.614	0.000	0.0
- Flächenzusatzmassen	3	Knoten	3		0.000	0.000	-62.500	1	32.235	0.000	0.0
- Zu berechnen	4	Knoten	4		0.000	0.000	-37.500	1	14.550	0.000	0.0
Ersatzlasten	5	Knoten	5		0.000	0.000	-12.500	1	2.115	0.000	0.0
Ergebnisse	6	Knoten	6		0.000	0.000	0.000	1	0.000	0.000	0.0
Eigenwerte, -frequenzen und -p	1	Knoten	1		0.000	0.000	-100.000	2	0.000	0.000	0.0
- Eigenschwingung knotenweise	2	Knoten	2		0.000	0.000	-87.500	2	-186.940	0.000	0.0
- Eigenschwingung stabweise	3	Knoten	3		0.000	0.000	-62.500	2	170.619	0.000	0.0
- FE-Netz Punktmassen	4	Knoten	4		0.000	0.000	-37.500	2	274.727	0.000	0.0
- Ersatzmassenfaktoren	5	Knoten	5		0.000	0.000	-12.500	2	71.665	0.000	0.0
Generierte Ersatzlasten	6	Knoten	6		0.000	0.000	0.000	2	0.000	0.000	0.0
	1	Knoten	1		0.000	0.000	-100.000	3	0.000	0.000	0.0
	2	Knoten	2		0.000	0.000	-87.500	3	-125.488	0.000	0.0
	3	Knoten	3		0.000	0.000	-62.500	3	318.796	0.000	0.0
	4	Knoten	4		0.000	0.000	-37.500	3	-233.135	0.000	0.0
	5	Knoten	5		0.000	0.000	-12.500	3	-192.608	0.000	0.0
	6	Knoten	6		0.000	0.000	0.000	3	0.000	0.000	0.0
	1	Knoten	1		0.000	0.000	-100.000	4	0.000	0.000	0.0
	2	Knoten	2		0.000	0.000	-87.500	4	-33.108	0.000	0.0
	3	Knoten	3		0.000	0.000	-62.500	4	124.754	0.000	0.0
	4	Knoten	4		0.000	0.000	-37.500	4	-233.096	0.000	0.0
	5	Knoten	5		0.000	0.000	-12.500	4	510.200	0.000	0.0
	6	Knoten	6		0.000	0.000	0.000	4	0.000	0.000	0.0
4	Sortieren	nach: 🔘 i	E-Netz-Pu	inkt-Nummerr	n 🔘 Objekti	yp 🍳	LF-Nr.				Export
						G	rafik			OK .	Abbrecher

Bild 6.13: Maske 2.13 Generierte Ersatzlasten

In der RFEM-Grafik der Lastfälle 1 bis 4 lassen sich die einzelnen Ersatzlasten übersichtlich darstellen.



Bild 6.14: Grafik der exportierten Ersatzlastfälle 1 bis 4

Die ermittelten Erdbebenersatzlasten können jetzt mit den manuell berechneten Werten verglichen werden.



Knoten	Masse [kg]	Normierte Verschiebung _{¥1i} EF1	Normierte Verschiebung _{¥2i} EF2	Normierte Verschiebung ψ _{3i} EF3	Normierte Verschiebung _{¥4i} EF4
1	0.00	1.00000	-1.00000	-1.00000	-0.42300
2	359375.00	0.84046	-0.48264	-0.26261	-0.06238
3	359375.00	0.52506	0.44026	0.66743	0.23522
4	359375.00	0.23716	0.70924	-0.48796	-0.43925
5	359375.00	0.03423	0.18481	-0.40310	0.96101
6	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Σr	n _j *ψ _{ji}	588265	306069	-174743	249622
Σn	η _j *ψj ⁱ²	373562	346418	328836	422517
ம்	[Hz]	2.06934	15.32607	45.90236	83.09013
fi [Hz]		0.32935	2.43922	7.30559	13.22420
Т	ï [s]	3.03632	0.40997	0.13688	0.07562
S _e		0,1085	1,2196	2.5000	2.5000

Mit der Ersatzmasse $m_{e,j}$ und dem Beteiligungsfaktor L_j

$$m_{e,j} = \frac{\left(\sum m_i \cdot \psi_{j,i}\right)^2}{\sum m_i \cdot \psi_{j,i}^2}$$
$$L_j = \sum m_i \cdot \psi_{j,i}$$

und der Ersatzlast

$$F_{j,i} = \frac{m_{e,i}}{L_j} \cdot m_i \cdot \psi_{j,i} \cdot S_e$$

ergeben sich folgende Ersatzlasten, die vollständig mit den in RF-DYNAM ermittelten Ersatzlasten übereinstimmen:

Knoten	Eigenform 1	Eigenform 2	Eigenform 3	Eigenform 4
	m _{e,j} =926365[kg]	m _{e,j} =270419[kg]	m _{e,j} =92858[kg]	m _{e,j} =147476[kg]
	F _{.j,I} [N]	F _{,j,1} [N]	F _{.j,I} [N]	F _{,j,I} [N]
1	0	0	0	0
2	51606.496	-186899.042	125377.2	-33110.9255
3	32240.0909	170487.677	-318649.346	124853.349
4	14562.2595	274648.344	232965.457	-233151.235
5	2101.81372	71566.4098	192450.971	510098.276
6	0	0	0	0



6.5 Modalanalyse eines Rahmens





Ermittlung der ersten drei Eigenperioden:

A1 - Dynamik	 1.1 Basisangaben 	
Eingabedaten Basisangaben Knotenzusatzmassen Linienzusatzmassen	Ermittlung von I. Eigenschwingungen 2. Erzwungene Schwingungen	Einstellungen Anzahl der kleinsten Eigenschwingungen (Eigenwerte), die zu berechnen sind:
— Stabzusatzmassen — Hächenzusatzmassen — Zu berechnen	Zeitverlaufsverfahren Antwortspektrenverfahren 3. Ersatzlasten	Eigengewicht als Masse ansetzen mit Faktor: 1.00 -
	Wirkung der Massen In Richtung: V Y Y Z Z	Linituss der Normalkräfte aktivieren Normalkräfte aus RFEM übernehmen von LF bzw. LG: Eigenwertiöser-Methode ICG-Iterationsmethode ICG-Iterationsmethode Lanczos-Methode Dampierthe Analysis
	Normierung der Eigenformen	Interne Stabteilung Interne Stabteilung Interne Teilung der Stäbe Anzahl Teilung: 10
	Kommentar	

Bild 6.16: Maske 1.1 Basisangaben ohne Berücksichtigung des Eigengewichts

Umrechnung der Massen m1, m2 und m3 in Knoten-Zusatzmassen:

l - Dynamik 🛛 🔻 🔻	1.2 Kno	otenzusatzmassen							
gabedaten	1	A	B	С	D	E	F	G	Н
Basisangaben		Liste der Knoten		Masse		M	assenmomer	ite	
Knotenzusatzmassen	Nr.	mit Masse	m x [kg]	m	m z [kg]	Ix [kgm ²]	ly [kgm²]	lz [kgm²]	Kommentar
Linienzusatzmassen	1	4-6	10000.00						
Stabzusatzmassen	2	7-9	10000.00						
Flächenzusatzmassen	3	10-12	2666.67						
Zu berechnen	4								
	5								
	6								
	7								
	8								
	9								
	10								
	11								
	12								
	13								
	14								
	15								
	16								
	17								
	18								
	19								
	20								
	21								
	21								
	22								
	23	-							
	24	-							
	2								
		, D							

Bild 6.17: Maske 1.2 Knoten-Zusatzmassen



	4		
1	•		

latei Einstellungen Hilfe						
A1 - Dynamik 🔹 👻	2.1 Eigenw	erte, -frequenzen i	und -perioden			
11 - Uynamik ▼ ingabedaten Basisangaben Knotenzusatzmassen Linienzusatzmassen Stabzusatzmassen Flächenzusatzmassen Zu berechnen rgebnisse Eigenschwingung knotenweise Eigenschwingung stabweise	P.I. Eigenv Eigen- Nr. 2 3	erre, -rrequenzen i A Bigenwert \\[/[v2]] 6922384 119546781 354543333	Ind - perioden B Eigenkreisfrequenz (a) [rad/s] 8.32069 34.57554 59.54355	C Eigenfrequenz f [[Hz] 1.32428 5.50287 9.47665	D Eigenperiode Ti (s) 0.75513 0.18172 0.10552	
4 []]]						

Bild 6.18: Maske 2.1 Eigenwerte

Folgende Tabelle vergleicht die RF-DYNAM-Ergebnisse mit den Literaturergebnissen:

Eigenform	Eigenpe	riode T _i [sec]
Nr.	DYNAM	Literatur [13]
1	0.75513	0.755128
2	0.18172	0.181723
3	0.10552	0.105522



A: Literatur

[1]	Klingmüller, O. Lawo, M., Thierauf, G. (1983) Stabtragwerke, Matrizenmethoden der Statik und Dynamik, Teil 2: Dynamik Fr. Vieweg & Sohn, Braunschweig
[2]	Klotter, K. (1981) Technische Schwingungslehre, Bd. 1, Teil A: Lineare Schwingungen, Teil B: Nichtlineare Schwingungen, Bd. 2: Schwinger von mehreren Freiheitsgraden, Springer, Berlin
[3]	Kolousek, V. (1962) Dynamik der Baukonstruktionen VEB-Verlag f. Bauwesen, Berlin
[4]	Krämer, E. (1984) Maschinendynamik Springer, Berlin
[5]	Lehmann, T. (1979) Elemente der Mechanik IV: Schwingungen, Variationsprinzipe Fr. Vieweg & Sohn, Braunschweig
[6]	Lipinski, J. (1972) Fundamente und Tragkonstruktionen für Maschinen Bauverlag, Wiesbaden
[7]	Lorenz, H. (1960) Grundbau-Dynamik Springer, Berlin
[8]	Müller, F. P. (1978) Baudynamik, Betonkalender 1978 Ernst & Sohn, Berlin
[9]	Natke, H. G. (1989) Baudynamik B. G. Teubner, Stuttgart
[10]	Nowacki, W. (1974) Baudynamik Springer, Berlin
[11]	Petersen, Ch. (1996) Dynamik der Baukonstruktion Vieweg Verlag, Wiesbaden
[12]	Flesch, R. (1993) Baudynamik, praxisgerecht Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin
[13]	Meskouris, K. (1999) Baudynamik, Modelle Methoden Praxisbeispiele Ernst & Sohn, Berlin
DIN 1311	SchwingungslehreBl. 1Kinematische Begriffe, Febr. 1974Bl. 2Einfache Schwinger, Dez. 1974Bl. 3Schwingungssysteme mit endlich vielen Freiheitsgraden, Dez. 1974Bl. 4Schwingende Kontinua, Wellen, Febr. 1974



 DIN 4024 Maschinenfundamente Bl. 1 Elastische Stützkonstruktionen für Maschinen mit Entwurf rotierender Massen, Mai 1983 DIN 4024 Stützkonstruktionen für rotierende Maschinen (vorzugsweise Tisch-Fundamente für Dampfturbinen), Jan. 1955 DIN 4025 Fundamente für Amboßhammer (Schabotte-Hämmer). Hinweise für die Bemessung und Ausführung, Okt. 1958 DIN 4112 Filegende Bauten. Richtlinie für Bemessung und Ausführung, Febr. 1983 DIN 4112 Kranbahnen, Stahltragwerke aus Stahl. Berechnung und Ausführung, März 1969 DIN 4113 Antennentragwerke aus Stahl. Berechnung und Ausführung, Aug. 1973 DIN 4113 Schornsteine aus Stahl. Statische Berechnung und Ausführung, Aug. 1973 DIN 4133 Schornsteine aus Stahl. Statische Berechnung und Ausführung, Aug. 1973 DIN 4149 Bauten in deutschen Erdbebengebieten Teil 1: Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten, April 1981, Beiblatt 1 Teil 1: Zuordnung von Verwaltungsgebieten zu den Erdbebenzonen. April 1981 DIN 4150 Erschütterung im Bauwesen Teil 1: Grundsätze, Vorermittlung und Messung von Schwingungsgrößen Vornorm, Sept. 1975 Teil 2: Einwirkungen auf Benschen in Gebäuden, März 1986 DIN 4178 Glockentürme. Berechnung und Ausführung, Aug. 1978 VDI 2057 Beurteilung der Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, Mai 1987 Bl. 1 Grundlagen, Gliederung, Begriffe Bl. 2 Bewertung Bl. 3 Beurteilung Bl. 4.1 Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen in Gebäuden Bl. 4.2 Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen in Gebäuden Bl. 4.1 Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen in Gebäuden Bl. 4.1 Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen auf Landfahrzeugen Bl. 1 Begriffe und Methoden, Jan. 1976 VDI 3831 Schutzmaßnahmen geen die Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, allgemeine Schutzmaßnahmen, Beispiele, Nov. 1985 KTA 2201 (Kerntechnische Anlagen): Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen		
 DIN 4024 Stützkonstruktionen für rotierende Maschinen (vorzugsweise Tisch-Fundamente für Dampffurbinen), Jan. 1955 DIN 4025 Fundamente für Amboßhämmer (Schabotte-Hämmer). Hinweise für die Bemessung und Ausführung, Okt. 1958 DIN 4112 Fliegende Bauten. Richtlinie für Bemessung und Ausführung, Febr. 1983 DIN 4113 Antennentragwerke aus Stahl. Berechnung und Ausführung, März 1969 DIN 4131 Antennentragwerke aus Stahl. Berechnung und Ausführung, Aug. 1973 DIN 4132 Kranbahnen, Stahltragwerke. Grundsätze für Berechnung, bauliche Durchführung und Ausführung, Febr. 1981 Beiblatt Erläuterungen, Febr. 1981 DIN 4133 Schornsteine aus Stahl. Statische Berechnung und Ausführung, Aug. 1973 DIN 4149 Bauten in deutschen Erdlebengebieten Teil 1: Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten, April 1981, Beiblatt 1 Teil 1: Zurdnätze, Vorermittlung und Messung von Schwingungsgrößen Vornorm, Sept. 1975 Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, März 1986 Teil 3: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, März 1986 Teil 3: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, März 1986 DIN 4178 Glockentürme. Berechnung und Ausführung, Aug. 1978 VDI 205 Beurteilung der Einwirkung mechanische Schwingungen von Maschinen, Okt. 1964 VDI 205 Beurteilung der Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, Mai 1987 Bl. 1 Grundlagen, Gliederung, Begriffe Bl. 2 Bewertung Bl. 3 Beurteilung Bl. 4.1 Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen in Gebäuden Bl. 4.2 Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen auf Landfahrzeugen Bl. 4.3 Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen in Gebäuden Bl. 4.1 Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen auf Landfahrzeugen Bl. 1 Begriffe und Methoden, Jan. 1976 Bl. 2 Isolierelemente, Jan. 1976 VDI 2062 Schwingungsisolierung Bl. 1 Begriffe und Methoden, Jan. 1976 Bl. 2 Isolierelemente, Jan. 1975 Teil 2 Baugrund, Nov. 1982 Teil 4 Gaugung der maschinenelektrotechnischen Anlagenteile,	DIN 4024	Maschinenfundamente Bl. 1 Elastische Stützkonstruktionen für Maschinen mit Entwurf rotierender Massen, Mai 1983
 DIN 4025 Fundamente für Amboßhämmer (Schabotte-Hämmer). Hinweise für die Bemessung und Ausführung, Okt. 1958 DIN 4112 Fliegende Bauten. Richtlinie für Bemessung und Ausführung, März 1969 DIN 4131 Antennentragwerke aus Stahl. Berechnung und Ausführung, März 1969 DIN 4132 Kranbahnen, Stahltragwerke. Grundsätze für Berechnung, bauliche Durchführung und Ausführung, Febr. 1981 DIN 4133 Schornsteine aus Stahl. Statische Berechnung und Ausführung, Aug. 1973 DIN 4133 Schornsteine aus Stahl. Statische Berechnung und Ausführung, Aug. 1973 DIN 4133 Schornsteine aus Stahl. Statische Berechnung und Ausführung, Aug. 1973 DIN 4149 Bauten in deutschen Erdbebengebieten Teil 1: Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten, April 1981, Beiblatt 1 Teil 1: Zuordnung von Verwaltungsgebieten zu den Erdbebenzonen, April 1981, Beiblatt 1 Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, März 1986 Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, März 1986 DIN 4150 Beurteilungsmaßstäbe für mechanische Schwingungen von Maschinen, Okt. 1964 VDI 2057 Beurteilung der Einwirkung mechanischer Schwingungen von Maschinen, Okt. 1964 VDI 2057 Beurteilung der Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, Mai 1987 Bi. 1 Grundlagen, Gliederung, Begriffe Bi. 2 Bewertung Bi. 3 Beurteilung Bi. 4.1 Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen in Gebäuden Bi. 4.2 Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen in Gebäuden Bi. 4.3 Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen in Gebäuden Bi. 4.3 Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen in Gebäuden Bi. 4.3 Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen in Gebäuden Bi. 4.3 Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen in Gebäuden Bi. 4.1 Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen in Gebäuden Bi. 4.2 Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen in Gebäuden Bi. 4.3 Messung und Bewertung von Arbe	DIN 4024	Stützkonstruktionen für rotierende Maschinen (vorzugsweise Tisch-Fundamente für Dampfturbinen), Jan. 1955
 DIN 4112 Fliegende Bauten. Richtlinie für Bemessung und Ausführung, Febr. 1983 DIN 4131 Antennentragwerke aus Stahl. Berechnung und Ausführung, März 1969 DIN 4132 Kranbahnen, Stahltragwerke. Grundsätze für Berechnung, bauliche Durchführung und Ausführung, Febr. 1981 Beiblatt Erläuterungen, Febr. 1981 DIN 4133 Schornsteine aus Stahl. Statische Berechnung und Ausführung, Aug. 1973 DIN 4149 Bauten in deutschen Erdbebengebieten Teil 1: Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten, April 1981, Beiblatt 1 Teil 1: Zuordnung von Verwaltungsgebieten zu den Erdbebenzonen, April 1981 DIN 4150 Erschütterung im Bauwesen Teil 1: Grundsätze, Vorermittlung und Messung von Schwingungsgrößen Vornorm, Sept. 1975 Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, März 1986 Teil 3: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, März 1986 Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen, Mai 1986 DIN 4178 Glockentürme. Berechnung und Ausführung, Aug. 1978 VDI 205 Beurteilungsmaßtäbe für mechanische Schwingungen von Maschinen, Okt. 1964 VDI 2057 Beurteilung der Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, Mai 1987 Bl. 1 Grundlägen, Gliederung, Begriffe Bl. 2 Bewertung Bl. 3 Beurteilung Bl. 4.1 Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen in Gebäuden Bl. 4.2 Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen in Gebäuden Bl. 4.3 Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen in Gebäuden Bl. 4.1 Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen in Gebäuden Bl. 4.2 Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen auf Landfahrzeugen Bl. 4.3 Messung und Beurteilung für Wasserfahrzeuge VDI 2062 Schwingungsisolierung Bl. 1 Begriffe und Methoden, Jan. 1976 Bl. 2 Isolierelemente, Jan. 1976 VDI 3831 Schutzmaßnahmen gegen die Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, allgemeine Schutzmaßnahmen, Beispiele, Nov. 1985 KTA 2201 (Kerntechnische Anlagen): Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen Teil	DIN 4025	Fundamente für Amboßhämmer (Schabotte-Hämmer). Hinweise für die Bemessung und Ausführung, Okt. 1958
 DIN 4131 Antennentragwerke aus Stahl. Berechnung und Ausführung, März 1969 DIN 4132 Kranbahnen, Stahltragwerke. Grundsätze für Berechnung, bauliche Durchführung und Ausführung, Febr. 1981 Beiblatt Erläuterungen, Febr. 1981 DIN 4133 Schornsteine aus Stahl. Statische Berechnung und Ausführung, Aug. 1973 DIN 4139 Bauten in deutschen Erdbebengebieten Teil 1: Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten, April 1981, Beiblatt 1 Teil 1: Zuordnung von Verwaltungsgebieten zu den Erdbebenzonen, April 1981 DIN 4150 Erschütterung im Bauwesen Teil 1: Grundsätze, Vorermittlung und Messung von Schwingungsgrößen Vornorm, Sept. 1975 Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, März 1986 Teil 3: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, März 1986 DIN 4178 Glockentürme. Berechnung und Ausführung, Aug. 1978 VDI 205 Beurteilungsmaßstäbe für mechanische Schwingungen von Maschinen, Okt. 1964 VDI 2057 Beurteilung der Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, Mai 1987 Bl. 1 Grundlagen, Gliederung, Begriffe Bl. 2 Bewertung Bl. 3 Beurteilung Bl. 41 Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen in Gebäuden Bl. 41 Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen in Gebäuden Bl. 41 Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen in Gebäuden Bl. 41 Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen in Gebäuden Bl. 3 Beurteilung Bl. 1 Begriffe und Methoden, Jan. 1976 Bl. 2 Isolierelemente, Jan. 1976 VDI 2052 Schwingungsisolierung Bl. 1 Begriffe und Methoden, Jan. 1976 Bl. 2 Isolierelemente, Jan. 1975 Teil 2 Baugrund, Nov. 1982 Teil 4 Auslegung der maschinenelektrotechnischen Anlagenteile, Nov. 1983 Teil 5 Seismische Instrumentierung, Jan. 1977 	DIN 4112	Fliegende Bauten. Richtlinie für Bemessung und Ausführung, Febr. 1983
 DIN 4132 Kranbahnen, Stahltragwerke. Grundsätze für Berechnung, bauliche Durchführung und Ausführung, Febr. 1981 Beiblatt Erläuterungen, Febr. 1981 DIN 4133 Schornsteine aus Stahl. Statische Berechnung und Ausführung, Aug. 1973 DIN 4139 Bauten in deutschen Erdbebengebieten Teil 1: Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten, April 1981, Beiblatt 1 Teil 1: Zuordnung von Verwaltungsgebieten zu den Erdbebenzonen, April 1981 DIN 4150 Erschütterung im Bauwesen Teil 1: Grundsätze, Vorermittlung und Messung von Schwingungsgrößen Vornorm, Sept. 1975 Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, März 1986 Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen, Mai 1986 DIN 4178 Glockentürme. Berechnung und Ausführung, Aug. 1978 VDI 205 Beurteilungsmaßstäbe für mechanische Schwingungen auf den Menschen, Okt. 1964 VDI 2057 Beurteilung der Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, Mai 1987 Bl. 1 Grundlagen, Gliederung, Begriffe Bl. 2 Bewertung Bl. 3 Beurteilung Bl. 41 Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen in Gebäuden Bl. 4.1 Messung und Beurteilung für Wasserfahrzeuge VDI 2062 Schwingungsisolierung Bl. 1 Begriffe und Methoden, Jan. 1976 Bl. 2 Isolierelemente, Jan. 1976 Bl. 2 Isolierelemente, Jan. 1976 VDI 3831 Schutzmaßnahmen gegen die Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, allgemeine Schutzmaßnahmen, Beispiele, Nov. 1985 KTA 2201 (Kerntechnische Anlagen): Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen Teil 1 Grundsätze, Jan. 1975 Teil 2 Baugrund, Nov. 1982 Teil 4 Auslegung der maschinenelektrotechnischen Anlagenteile, Nov. 1983 Teil 5 Seismische Instrumentierung, Jan. 1977 	DIN 4131	Antennentragwerke aus Stahl. Berechnung und Ausführung, März 1969
 DIN 4133 Schornsteine aus Stahl. Statische Berechnung und Ausführung, Aug. 1973 DIN 4149 Bauten in deutschen Erdbebengebieten Teil 1: Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten, April 1981, Beiblatt 1 Teil 1: Zuordnung von Verwaltungsgebieten zu den Erdbebenzonen, April 1981 DIN 4150 Erschütterung im Bauwesen Teil 1: Grundsätze, Vorermittlung und Messung von Schwingungsgrößen Vornorm, Sept. 1975 Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, März 1986 Teil 3: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, März 1986 DIN 4178 Glockentürme. Berechnung und Ausführung, Aug. 1978 VDI 205 Beurteilungsmaßstäbe für mechanische Schwingungen von Maschinen, Okt. 1964 VDI 2057 Beurteilung der Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, Mai 1987 Bl. 1 Grundlagen, Gliederung, Begriffe Bl. 2 Bewertung Bl. 3 Beurteilung Bl. 4.1 Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen in Gebäuden Bl. 4.2 Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen auf Landfahrzeugen Bl. 4.3 Messung und Bewertung für Wasserfahrzeuge VDI 2062 Schwingungsisolierung Bl. 1 Begriffe und Methoden, Jan. 1976 VDI 3831 Schuttmaßnahmen gegen die Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, allgemeine Schutzmaßnahmen, Beispiele, Nov. 1985 KTA 2201 (Kerntechnische Anlagen): Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen Teil 1 Grundsätze, Jan. 1975 Teil 2 Baugrund, Nov. 1982 Teil 4 Auslegung der maschinenelektrotechnischen Anlagenteile, Nov. 1983 Teil 5 Seismische Instrumentierung, Jan. 1977 	DIN 4132	Kranbahnen, Stahltragwerke. Grundsätze für Berechnung, bauliche Durchführung und Ausführung, Febr. 1981 Beiblatt Erläuterungen, Febr. 1981
 DIN 4149 Bauten in deutschen Erdbebengebieten Teil 1: Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten, April 1981, Beiblatt 1 Teil 1: Zuordnung von Verwaltungsgebieten zu den Erdbebenzonen, April 1981 DIN 4150 Erschütterung im Bauwesen Teil 1: Grundsätze, Vorermittlung und Messung von Schwingungsgrößen Vornorm, Sept. 1975 Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, März 1986 Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen, Mai 1986 DIN 4178 Glockentürme. Berechnung und Ausführung, Aug. 1978 VDI 205 Beurteilungsmaßstäbe für mechanische Schwingungen von Maschinen, Okt. 1964 VDI 2057 Beurteilung der Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, Mai 1987 Bl. 1 Grundlagen, Gliederung, Begriffe Bl. 2 Bewertung Bl. 3 Beurteilung Bl. 4.1 Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen in Gebäuden Bl.4.2 Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen auf Landfahrzeugen Bl.4.3 Messung und Bewertung für Wasserfahrzeuge VDI 2062 Schwingungsisolierung Bl. 1 Begriffe und Methoden, Jan. 1976 Bl. 2 Isolierelemente, Jan. 1976 VDI 3831 Schutzmaßnahmen gegen die Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, allgemeine Schutzmaßnahmen, Beispiele, Nov. 1985 KTA 2201 (Kerntechnische Anlagen): Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen Teil 1 Grundsätze, Jan. 1975 Teil 2 Baugrund, Nov. 1982 Teil 4 Auslegung der maschinenelektrotechnischen Anlagenteile, Nov. 1983 Teil 5 Seismische Instrumentierung, Jan. 1977 	DIN 4133	Schornsteine aus Stahl. Statische Berechnung und Ausführung, Aug. 1973
 DIN 4150 Erschütterung im Bauwesen Teil 1: Grundsätze, Vorermittlung und Messung von Schwingungsgrößen Vornorm, Sept. 1975 Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, März 1986 Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen, Mai 1986 DIN 4178 Glockentürme. Berechnung und Ausführung, Aug. 1978 VDI 205 Beurteilungsmaßstäbe für mechanische Schwingungen von Maschinen, Okt. 1964 VDI 2057 Beurteilung der Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, Mai 1987 Bl. 1 Grundlagen, Gliederung, Begriffe Bl. 2 Bewertung Bl. 3 Beurteilung Bl. 4.1 Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen in Gebäuden Bl. 4.2 Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen auf Landfahrzeugen Bl. 4.3 Messung und Beurteilung für Wasserfahrzeuge VDI 2062 Schwingungsisolierung Bl. 1 Begriffe und Methoden, Jan. 1976 Bl. 2 Isolierelemente, Jan. 1976 VDI 3831 Schutzmaßnahmen gegen die Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, allgemeine Schutzmaßnahmen, Beispiele, Nov. 1985 KTA 2201 (Kerntechnische Anlagen): Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen Teil 1 Grundsätze, Jan. 1975 Teil 2 Baugrund, Nov. 1982 Teil 4 Auslegung der maschinenelektrotechnischen Anlagenteile, Nov. 1983 Teil 5 Seismische Instrumentierung, Jan. 1977 	DIN 4149	Bauten in deutschen Erdbebengebieten Teil 1: Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten, April 1981, Beiblatt 1 Teil 1: Zuordnung von Verwaltungsgebieten zu den Erdbebenzonen, April 1981
 DIN 4178 Glockentürme. Berechnung und Ausführung, Aug. 1978 VDI 205 Beurteilungsmaßstäbe für mechanische Schwingungen von Maschinen, Okt. 1964 VDI 2057 Beurteilung der Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, Mai 1987 Bl. 1 Grundlagen, Gliederung, Begriffe Bl. 2 Bewertung Bl. 3 Beurteilung Bl. 4.1 Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen in Gebäuden Bl. 4.2 Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen auf Landfahrzeugen Bl. 4.3 Messung und Beurteilung für Wasserfahrzeuge VDI 2062 Schwingungsisolierung Bl. 1 Begriffe und Methoden, Jan. 1976 Bl. 2 Isolierelemente, Jan. 1976 VDI 3831 Schutzmaßnahmen gegen die Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, allgemeine Schutzmaßnahmen, Beispiele, Nov. 1985 KTA 2201 (Kerntechnische Anlagen): Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen Teil 1 Grundsätze, Jan. 1975 Teil 2 Baugrund, Nov. 1982 Teil 4 Auslegung der maschinenelektrotechnischen Anlagenteile, Nov. 1983 Teil 5 Seismische Instrumentierung, Jan. 1977 	DIN 4150	Erschütterung im Bauwesen Teil 1: Grundsätze, Vorermittlung und Messung von Schwingungsgrößen Vornorm, Sept. 1975 Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, März 1986 Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen, Mai 1986
 VDI 205 Beurteilungsmaßstäbe für mechanische Schwingungen von Maschinen, Okt. 1964 VDI 2057 Beurteilung der Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, Mai 1987 Bl. 1 Grundlagen, Gliederung, Begriffe Bl. 2 Bewertung Bl. 3 Beurteilung Bl. 4.1 Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen in Gebäuden Bl. 4.2 Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen auf Landfahrzeugen Bl. 4.3 Messung und Beurteilung für Wasserfahrzeuge VDI 2062 Schwingungsisolierung Bl. 1 Begriffe und Methoden, Jan. 1976 Bl. 2 Isolierelemente, Jan. 1976 VDI 3831 Schutzmaßnahmen gegen die Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, allgemeine Schutzmaßnahmen, Beispiele, Nov. 1985 KTA 2201 (Kerntechnische Anlagen): Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen Teil 1 Grundsätze, Jan. 1975 Teil 2 Baugrund, Nov. 1982 Teil 4 Auslegung der maschinenelektrotechnischen Anlagenteile, Nov. 1983 Teil 5 Seismische Instrumentierung, Jan. 1977 	DIN 4178	Glockentürme. Berechnung und Ausführung, Aug. 1978
 VDI 2057 Beurteilung der Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, Mai 1987 Bl. 1 Grundlagen, Gliederung, Begriffe Bl. 2 Bewertung Bl. 3 Beurteilung Bl. 4.1 Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen in Gebäuden Bl. 4.2 Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen auf Landfahrzeugen Bl. 4.3 Messung und Beurteilung für Wasserfahrzeuge VDI 2062 Schwingungsisolierung Bl. 1 Begriffe und Methoden, Jan. 1976 Bl. 2 Isolierelemente, Jan. 1976 VDI 3831 Schutzmaßnahmen gegen die Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, allgemeine Schutzmaßnahmen, Beispiele, Nov. 1985 KTA 2201 (Kerntechnische Anlagen): Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen Teil 1 Grundsätze, Jan. 1975 Teil 2 Baugrund, Nov. 1982 Teil 4 Auslegung der maschinenelektrotechnischen Anlagenteile, Nov. 1983 Teil 5 Seismische Instrumentierung, Jan. 1977 	VDI 205	Beurteilungsmaßstäbe für mechanische Schwingungen von Maschinen, Okt. 1964
 Bl. 4.2 Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen auf Landfahrzeugen Bl. 4.3 Messung und Beurteilung für Wasserfahrzeuge VDI 2062 Schwingungsisolierung Bl. 1 Begriffe und Methoden, Jan. 1976 Bl. 2 Isolierelemente, Jan. 1976 VDI 3831 Schutzmaßnahmen gegen die Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, allgemeine Schutzmaßnahmen, Beispiele, Nov. 1985 KTA 2201 (Kerntechnische Anlagen): Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen Teil 1 Grundsätze, Jan. 1975 Teil 2 Baugrund, Nov. 1982 Teil 4 Auslegung der maschinenelektrotechnischen Anlagenteile, Nov. 1983 Teil 5 Seismische Instrumentierung, Jan. 1977 	VDI 2057	 Beurteilung der Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, Mai 1987 Bl. 1 Grundlagen, Gliederung, Begriffe Bl. 2 Bewertung Bl. 3 Beurteilung Bl. 4.1 Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen in Gebäuden
 VDI 2062 Schwingungsisolierung Bl. 1 Begriffe und Methoden, Jan. 1976 Bl. 2 Isolierelemente, Jan. 1976 VDI 3831 Schutzmaßnahmen gegen die Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, allgemeine Schutzmaßnahmen, Beispiele, Nov. 1985 KTA 2201 (Kerntechnische Anlagen): Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen Teil 1 Grundsätze, Jan. 1975 Teil 2 Baugrund, Nov. 1982 Teil 4 Auslegung der maschinenelektrotechnischen Anlagenteile, Nov. 1983 Teil 5 Seismische Instrumentierung, Jan. 1977 	Bl. 4.2	Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen auf Landfahrzeugen Bl. 4.3 Messung und Beurteilung für Wasserfahrzeuge
 VDI 3831 Schutzmaßnahmen gegen die Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, allgemeine Schutzmaßnahmen, Beispiele, Nov. 1985 KTA 2201 (Kerntechnische Anlagen): Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen Teil 1 Grundsätze, Jan. 1975 Teil 2 Baugrund, Nov. 1982 Teil 4 Auslegung der maschinenelektrotechnischen Anlagenteile, Nov. 1983 Teil 5 Seismische Instrumentierung, Jan. 1977 	VDI 2062	Schwingungsisolierung Bl. 1 Begriffe und Methoden, Jan. 1976 Bl. 2 Isolierelemente, Jan. 1976
 KTA 2201 (Kerntechnische Anlagen): Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen Teil 1 Grundsätze, Jan. 1975 Teil 2 Baugrund, Nov. 1982 Teil 4 Auslegung der maschinenelektrotechnischen Anlagenteile, Nov. 1983 Teil 5 Seismische Instrumentierung, Jan. 1977 	VDI 3831	Schutzmaßnahmen gegen die Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, allgemeine Schutzmaßnahmen, Beispiele, Nov. 1985
	KTA 2201	(Kerntechnische Anlagen): Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen Teil 1 Grundsätze, Jan. 1975 Teil 2 Baugrund, Nov. 1982 Teil 4 Auslegung der maschinenelektrotechnischen Anlagenteile, Nov. 1983 Teil 5 Seismische Instrumentierung, Jan. 1977