



Fassung
November 2017

Zusatzmodul

RF-BEWEG Flächen

Generierung von Wanderlasten
auf Flächen

Programmbeschreibung

Alle Rechte, auch das der Übersetzung, vorbehalten.
Ohne ausdrückliche Genehmigung der DLUBAL SOFTWARE GMBH ist
es nicht gestattet, diese Programmbeschreibung oder Teile daraus
auf jedwede Art zu vervielfältigen.



© Dlubal Software GmbH 2017
Am Zellweg 2
93464 Tiefenbach
Deutschland

Tel.: +49 9673 9203-0
Fax: +49 9673 9203-51
E-mail: info@dlubal.com
Web: www.dlubal.de



Inhalt

	Inhalt	Seite
1.	Einleitung	2
1.1	Zusatzmodul RF-BEWEG Flächen	2
1.2	Gebrauch des Handbuchs	3
1.3	Aufruf des Moduls RF-BEWEG Flächen	3
2.	Eingabedaten	5
2.1	Basisangaben	5
2.2	Liniensätze	8
2.3	Wanderlasten	10
2.4	Bewegungsschemas	15
3.	Generierung	18
4.	Ergebnisse	19
4.1	Ergebnisse überprüfen	19
4.2	Dokumentation	21
5.	Allgemeine Funktionen	22
5.1	Einheiten und Dezimalstellen	22
5.2	Datenexport	23
6.	Beispiel	24
6.1	System und Belastung	24
6.2	Eingabe in RF-BEWEG Flächen	24
6.2.1	Basisangaben	24
6.2.2	Liniensätze	25
6.2.3	Wanderlasten	26
6.2.4	Bewegungsschemas	29
6.2.5	Generierung	29
6.3	Ergebnis in RFEM	30
A.	Literatur	32
B.	Index	33

1 Einleitung

1.1 Zusatzmodul RF-BEWEG Flächen

Das RFEM-Zusatzmodul RF-BEWEG Flächen erleichtert die Aufgabe, Lastfälle für Lasten zu erzeugen, die sich über Flächen bewegen. Praktische Anwendungsbereiche sind Fahrzeuglasten für Brückenbauwerke. Aus den Laststellungen der Wanderlast werden separate Lastfälle für RFEM generiert. Optional wird auch die umhüllende Ergebniskombination aller Laststellungen erzeugt.

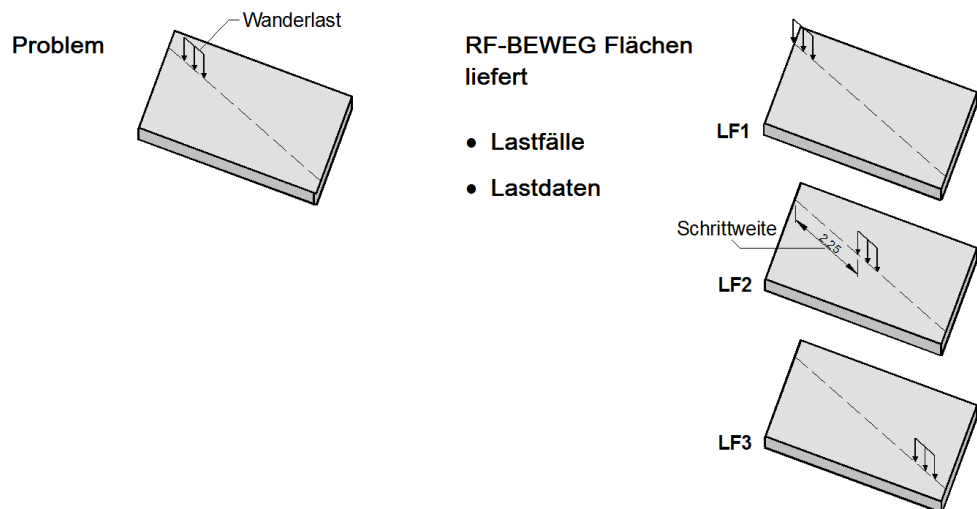


Bild 1.1: Laststellungen einer Wanderlast

Für die Generierung der Lastfälle sind lediglich die Lastparameter (z. B. Art der Last, Abstand der Laststellungen) und der Wanderweg festzulegen. Eine Bibliothek mit Lastmodellen für Fahrzeuglasten erleichtert die Lastdefinition. Individuelle Lastmuster lassen sich in einer Anwender-Bibliothek speichern. Das Modul ermöglicht auch die Berücksichtigung von Einflusslinien und Einflussflächen aus RF-INFLUENCE.

RF-BEWEG Flächen enthält nützliche Steuerungsparameter für die Lastfallgenerierung. Die Einzel- oder Flächenlasten der Fahrstreifen können parallel, versetzt oder exzentrisch angeordnet sowie mit Puffern begrenzt werden. Eine umfangreiche Datenbank bietet Zugriff auf verschiedene Lastmodelle nach EN 1991-2 [1].

In der Regel werden die Lastfälle der Wanderlasten neu für RFEM erzeugt. Alternativ können sie auch zu bestehenden Wanderlast-Lastfällen hinzugefügt werden.

Wir wünschen Ihnen viel Freude und Erfolg mit dem Zusatzmodul RF-BEWEG Flächen.

Ihr DLUBAL-Team

1.2 Gebrauch des Handbuchs

Da die Themenbereiche Installation, Benutzeroberfläche, Ergebnisauswertung und Ausdruck im RFEM-Handbuch ausführlich erläutert sind, wird hier auf eine Beschreibung verzichtet. Der Schwerpunkt dieses Handbuchs liegt auf den Besonderheiten, die sich im Rahmen der Arbeit mit dem Zusatzmodul RF-BEWEG Flächen ergeben.



Dieses Handbuch orientiert sich an der Reihenfolge und am Aufbau der Eingabemasken. Im Text sind die beschriebenen **Schaltflächen** (Buttons) in eckige Klammern gesetzt, z. B. [Bibliothek]. Gleichzeitig sind sie am linken Rand abgebildet. Die Begriffe, die in Dialogen, Tabellen und Menüs erscheinen, sind in *Kursivschrift* hervorgehoben, sodass die Erläuterungen gut nachvollzogen werden können.

Am Ende des Handbuchs befindet sich ein Stichwortverzeichnis. Sollten Sie dort nicht fündig werden, können Sie die Suchfunktion für die [Knowledge Base](#) oder die [FAQs](#) auf unserer Website nutzen, um unter den Beiträgen eine Lösung zu finden.

1.3 Aufruf des Moduls RF-BEWEG Flächen

Es bestehen in RFEM folgende Möglichkeiten, das Zusatzmodul RF-BEWEG Flächen zu starten.

Menü

Sie können das Zusatzmodul aufrufen mit dem RFEM-Menü

Zusatzmodule → Sonstige → RF-BEWEG Flächen.

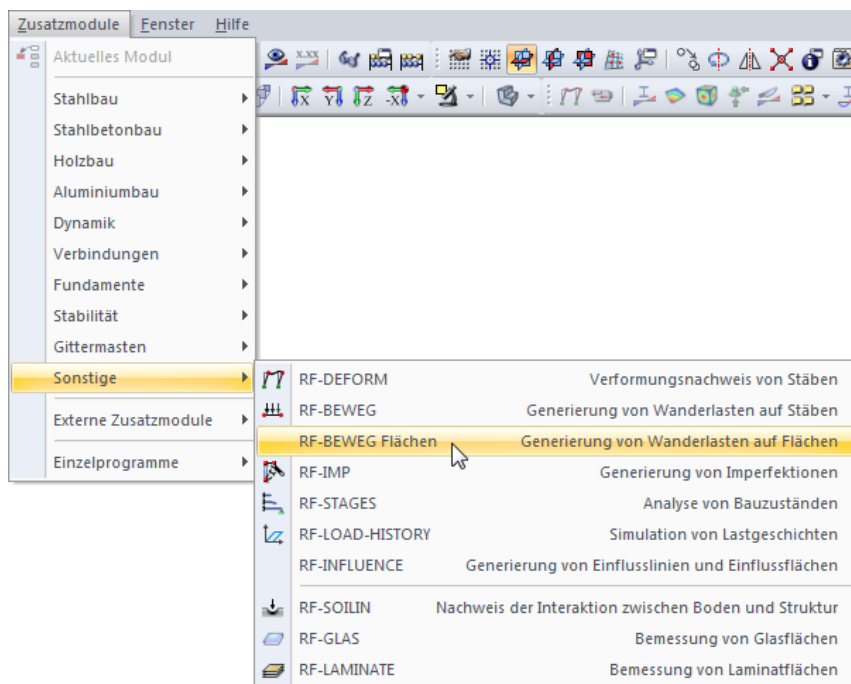


Bild 1.2: Menü *Zusatzmodule → Sonstige → RF-BEWEG Flächen*

Navigator

Alternativ rufen Sie das Zusatzmodul im *Daten*-Navigator auf durch Anklicken des Eintrags

Zusatzmodule → RF-BEWEG Flächen.

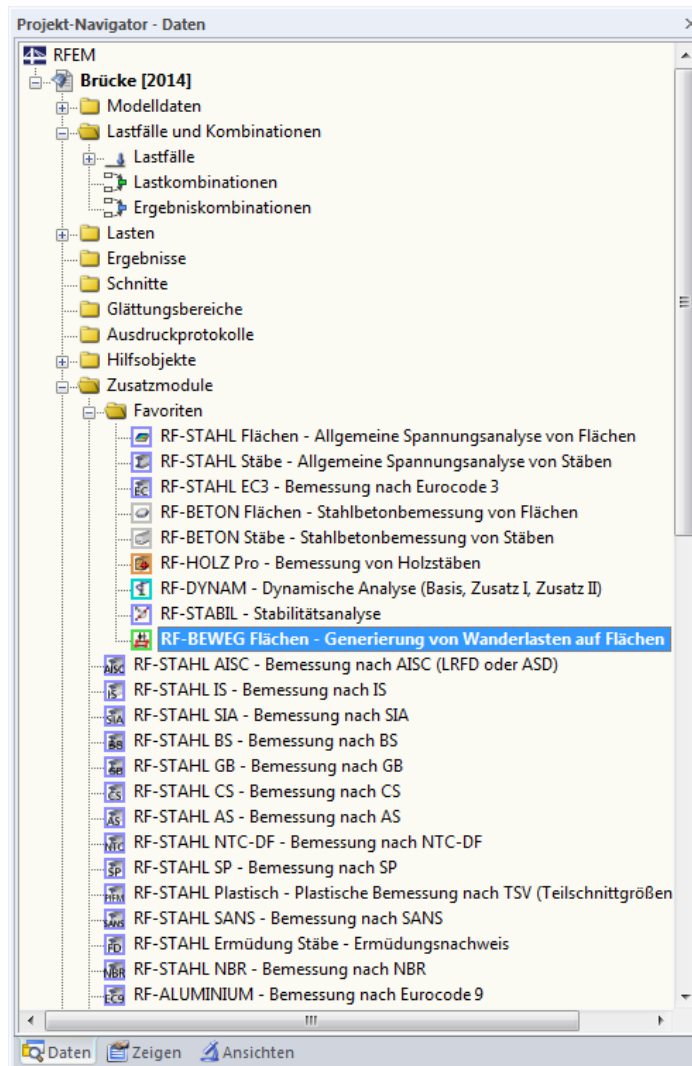


Bild 1.3: Daten-Navigator: Zusatzmodule → RF-BEWEG Flächen

2 Eingabedaten

Nach dem Aufruf des Zusatzmoduls erscheint ein neues Fenster. Links wird ein Navigator angezeigt, der die vier Masken des Modul verwaltet.



Eine Maske lässt sich durch Anklicken des Eintrags im Navigator aufrufen. Mit den links dargestellten Schaltflächen wird die vorherige bzw. nächste Maske eingestellt. Das Blättern durch die Masken ist auch mit den Funktionstasten [F2] (vorwärts) und [F3] (rückwärts) möglich.



[OK] sichert die Eingaben. RF-BEWEG Flächen wird beendet und es erfolgt die Rückkehr in das Hauptprogramm. [Abbrechen] beendet das Zusatzmodul, ohne die Daten zu speichern.

2.1 Basisangaben

In Maske 1.1 *Basisangaben* sind die relevanten Flächen sowie wichtige Parameter für die Generierung der Lastfälle festzulegen.

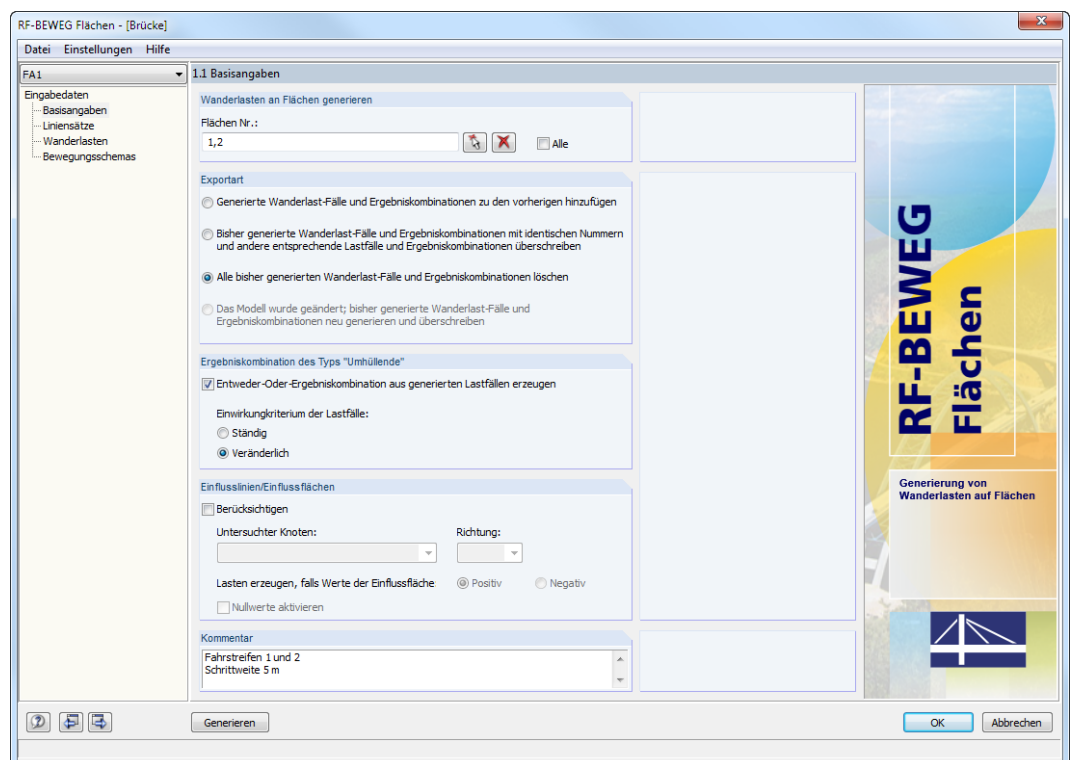


Bild 2.1: Maske 1.1 *Basisangaben*

Wanderlasten auf Flächen generieren

Im Eingabefeld können die Nummern der *Flächen*, die Wanderlasten erhalten sollen, manuell eingetragen werden. Mit dem Anhängen des Kontrollfeldes *Alle* werden sämtliche Flächen des Modells eingestellt.



Über die Schaltfläche [Auswählen] lassen sich die Flächen grafisch im RFEM-Arbeitsfenster auswählen. Die Schaltfläche [Löschen] leert die Liste der Flächennummern.

Exportart

Dieser Abschnitt regelt, wie die generierten Wanderlast-Lastfälle nach RFEM übergeben werden.

Lastfälle zu den bestehenden hinzufügen

Die Lastfälle von RF-BEWEG Flächen werden zu den Lastfällen addiert, die bereits in RFEM vorliegen. Hierzu ist in Maske 1.4 *Bewegungsschemas*, Abschnitt *Generierung beginnen mit* eine Start-Lastfallnummer anzugeben, die größer ist als die letzte in RFEM belegte Nummer (siehe [Kapitel 2.4](#)).

Lastfälle mit identischen Nummern überschreiben

Die Daten der generierten Lastfälle überschreiben alle Lastfälle, die in RFEM bereits mit gleichen Nummern vorliegen. Dies betrifft nicht nur die bislang mit RF-BEWEG Flächen erzeugten Lastdaten, sondern auch benutzerdefinierte Lastfälle mit höheren Nummern.

Lastfälle löschen

Alle Lastfälle, die bereits mit RF-BEWEG Flächen erzeugt wurden, werden gelöscht. Sie werden mit den geänderten Vorgaben neu angelegt und mit Generierungsdaten gefüllt.

Diese Option ist voreingestellt, wenn schon Lastdaten im Zusatzmodul vorliegen. Sie stellt sicher, dass Lasten nicht versehentlich doppelt erzeugt werden.

Modell wurde geändert; Lastfälle neu generieren und überschreiben

Werden die Geometriedaten in RFEM geändert, erscheint beim erneuten Aufruf des Zusatzmoduls folgende Abfrage:

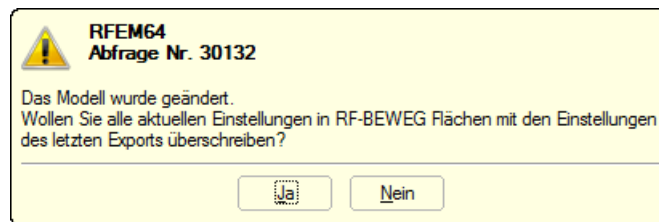


Bild 2.2: RFEM-Abfrage

Unabhängig von der Entscheidung ist dann das letzte Auswahlfeld im Abschnitt *Exportart* zugänglich. Damit lassen sich die veränderten Randbedingungen für eine erneute Generierung der Lasten berücksichtigen. RF-BEWEG Flächen erzeugt die Lastfälle neu und füllt sie mit den angepassten Daten.

Wird die Abfrage mit [Ja] bestätigt, sind die Eingabefelder in den Masken 1.2 bis 1.4 gesperrt. Es ist eine erneute Generierung der Lastfälle erforderlich.

Ergebniskombination des Typs „Umhüllende“

Das Kontrollfeld ermöglicht es, aus den Wanderlast-Lastfällen eine Ergebniskombination zu generieren. Diese beinhaltet die Extremwerte der Schnittgrößen, Verformungen und Lagerkräfte.

Die Lastfälle werden als alternativ wirkend überlagert („oder“-Kriterium). Sie können als *Ständig* oder *Veränderlich* wirkend angesetzt werden. Ein Unterschied zwischen den beiden Möglichkeiten ist erkennbar, wenn an einer Stelle z. B. nur positive Schnittgrößen vorliegen: Bei der ständigen Überlagerung wird der kleinste aller positiven Werte ausgewiesen, bei der veränderlichen Überlagerung der Wert null.

Einflusslinien/Einflussflächen

Das Kontrollfeld bietet die Möglichkeit, Einflusslinien und -flächen zu berücksichtigen, die mit dem Zusatzmodul RF-INFLUENCE ermittelt wurden. Damit lässt sich die Datenmenge reduzieren, da nur ungünstig wirkende Lastfälle erzeugt werden.

Untersuchter Knoten:	Richtung:
Fläche 2; X/Y/Z: 8.500/-2.000/0.000 m; η_1	Fz
Fläche 1; X/Y/Z: 3.000/-2.000/0.000 m; η_1 mx	
Fläche 1; X/Y/Z: 3.000/-2.000/0.000 m; η_1 my	
Fläche 2; X/Y/Z: 8.500/-2.000/0.000 m; η_1 mx	
Fläche 2; X/Y/Z: 8.500/-2.000/0.000 m; η_1 my	
Fläche 2; X/Y/Z: 6.000/-2.000/0.000 m; η_1 mx	
Fläche 2; X/Y/Z: 6.000/-2.000/0.000 m; η_1 my	
Fläche 2; X/Y/Z: 11.000/-2.000/0.000 m; η_1 mx	
Fläche 2; X/Y/Z: 11.000/-2.000/0.000 m; η_1 my	
Fläche 3; X/Y/Z: 14.000/-2.000/0.000 m; η_1 mx	
Fläche 2; X/Y/Z: 8.500/-2.000/0.000 m; η_1 uz	

Nach dem Anhängen des Kontrollfeldes *Berücksichtigen* kann in der Liste der relevante *Knoten* mit seiner Einflussfläche η ausgewählt werden. Zusätzlich ist die *Richtung* festzulegen, in die die Einheitskraft bzw. das Einheitsmoment wirkt.

Beim Berücksichtigen einer Einflussfläche werden nur solche Lastfälle erzeugt, die den Schnittreaktionen der Einheitslast am Modell entsprechen. Hierzu ist anzugeben, ob die positiven oder negativen Werte der Einflussfläche maßgebend sind.

Beispiel: Bei einer dreifeldrigen Brücke mit einem Einflussflächen-Knoten in der Mitte des zweiten Feldes werden für die positiven Biegemomente nur Lasten im zweiten Feld erzeugt. Für die negativen Biegemomente generiert das Programm Lasten für die beiden Außenfelder.

Das Kontrollfeld *Nullwerte aktivieren* ermöglicht es, auch Stellen mit Einflussflächen $\eta = 0$ bei der Generierung zu berücksichtigen.

Kommentar

Dieses Eingabefeld steht für eine benutzerdefinierte Anmerkung zur Verfügung, die z. B. die angesetzten Generierungsparameter beschreibt.

2.2 Liniensätze

Diese Maske verwaltet die Geometrieparameter der beweglichen Lasten. Hier können unterschiedliche „Wanderwege“ definiert werden.

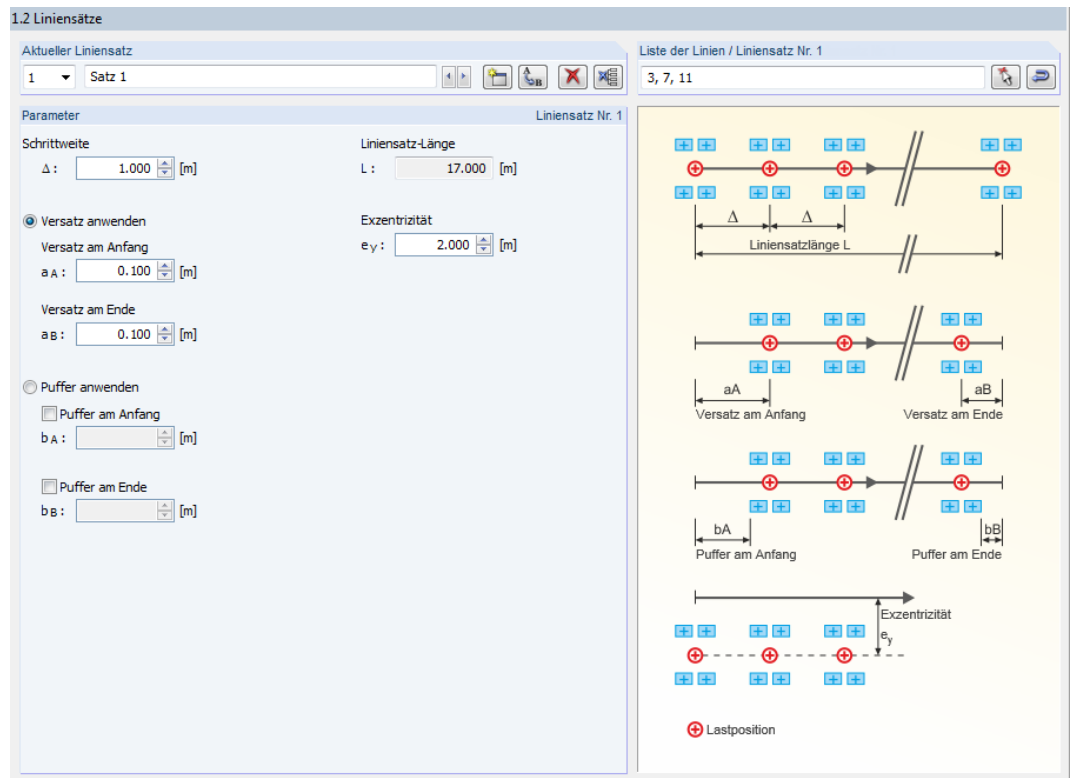


Bild 2.3: Maske 1.2 Liniensätze

Aktueller Liniensatz

Die Wanderlasten werden entlang von Linien generiert. Somit ist es günstig, wenn im RFEM-Modell bereits „Führungslinien“ für die Lasten vorliegen.

Ein Liniensatz beinhaltet eine oder mehrere Linien, die die Wanderrichtung der beweglichen Last beschreiben. Die Nummer des ersten Liniensatzes ist voreingestellt. Die Bezeichnung *Satz 1* kann mit einem manuellen Eintrag überschrieben werden.



Wenn sich Wanderlasten parallel oder versetzt auf Flächen bewegen, sollte mit der Schaltfläche [Neu] ein weiterer Liniensatz angelegt werden. Damit ist die individuelle Steuerung der Wanderlasten in einem Bewegungsschema möglich (siehe [Kapitel 2.4](#)).

Die Schaltflächen dieses Abschnitts sind mit folgenden Funktionen belegt:

Schaltfläche	Funktion
	Blättert einen Liniensatz zurück bzw. weiter
	Erzeugt einen neuen Liniensatz
	Ermöglicht das Umnummerieren des aktuellen Liniensatzes
	Löscht den aktuellen Liniensatz
	Löscht alle Liniensätze ohne weitere Warnung


Tabelle 2.1: Schaltflächen zur Verwaltung der Liniensätze


Liste der Linien / Liniensatz Nr.

Im Eingabefeld können die Nummern der Linien, die „Führungslinien“ für die Wanderlast darstellen, manuell eingetragen werden.



Die Reihenfolge der Nummern gibt die Wanderrichtung vor.

Über die Schaltfläche  lassen sich die Linien grafisch im RFEM-Arbeitsfenster auswählen. Auch hier ist darauf zu achten, die Linien in der richtigen Reihenfolge anzuklicken: Sie legt die Wanderrichtung fest.

Ein Klick auf die Schaltfläche  kehrt die Reihenfolge der Linien um. Dies bewirkt, dass die Wanderlasten den Liniensatz in entgegengesetzter Richtung befahren.

Die Gesamtlänge des Liniensatzes wird im Abschnitt *Parameter* angezeigt (siehe unten).

Parameter

Dieser Abschnitt verwaltet globale Vorgaben für die Generierung der Lastfälle.

Die Längeneinheiten lassen sich über das Menü *Einstellungen* → *Einheiten und Dezimalstellen* anpassen (siehe [Kapitel 5.1, Seite 22](#)).

Schrittweite

Die Schrittweite Δ steuert, in welchen (gleichen) Abständen sich die Lasten über die Flächen bewegen. Je kleiner die Schrittweite, umso mehr Lastfälle werden erzeugt.

Liniensatz-Länge

Zur Information wird die Gesamtlänge der Linien angezeigt, die im aktuellen Liniensatz vorliegen.

Versatz anwenden

Die Lastgenerierung startet am Anfangsknoten der ersten Linie im Liniensatz. Sie endet am Endknoten der letzten Linie.



Die Eingabefelder *Versatz am Anfang* und *Versatz am Ende* ermöglichen es, den Start- bzw. Endpunkt der Wanderlast zu verschieben. Der Versatz a_A beschreibt den Abstand der ersten Lastposition vom Anfangsknoten der ersten Linie.

Für einen Versatz sind nur positive Abstände gemäß Skizze möglich. Um ein Auffahren der Last zu modellieren, können die Wanderlasten mit negativen x-Stellen definiert werden (siehe [Kapitel 2.3](#)).

Exzentrizität

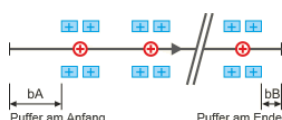
Dieses Eingabefeld ermöglicht es, Lasten neben der Wanderlinie anzuordnen. Damit kann beispielsweise die Randlinie einer Fläche als Referenz benutzt werden; die Definition einer neuen Linie in RFEM erübrigt sich. Die Wanderlasten bewegen sich dann im Abstand e_y parallel zu den Linien des Liniensatzes.



Für die Vorzeichenregelung gilt: Die Richtung des Liniensatzes ist durch den Start- und Endknoten vorgegeben. Positive Werte für e_y ordnen die Lasten in Blickrichtung rechts von der Wanderlinie an, negative Werte links.

Puffer anwenden

Alternativ zum *Versatz* (siehe oben) können Pufferbereiche definiert werden, die frei von Lasten bleiben. Puffer sind für Kranbahnträger und Tragwerke mit seitlichen Begrenzungen relevant. Wanderlasten mit negativen x-Stellen werden dann beispielsweise so weit verschoben, bis sie nicht mehr in den *Puffer am Anfang* hineinragen.



Die Eingabefelder b_A und b_B ermöglichen es, lastfreie Bereiche für den Anfang und das Ende des Liniensatzes festzulegen.

2.3 Wanderlasten

Diese Maske verwaltet die Lastparameter der beweglichen Lasten. Es lassen sich verschiedene Lasten in einem *Lastmodell* zusammenstellen, das als „Lastblock“ über die Fläche wandert.

1.3 Wanderlasten

Aktuelle Zusammenstellung der Wanderlast

1 Lastmodell 1

Lastparameter

Nr.	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Typ	Last Verlauf	Richtung	x [m]	Spurweite [m]	Lastparameter P [kN]	Breite [m]	Länge [m]	Kommentar
1	Kraft	Einzellast	Z - global	0.000	0.000	10.000			
2	Kraft	Achse - Rechteckflächen	Z - global	3.750	1.500	75.000	1.200	0.150	SV - 900 - 6 x 150 - 6 a
3	Kraft	Achse - Rechteckflächen	Z - global	2.250	1.500	75.000	1.200	0.150	SV - 900 - 6 x 150 - 6 a
4	Kraft	Achse - Rechteckflächen	Z - global	0.750	1.500	75.000	1.200	0.150	SV - 900 - 6 x 150 - 6 a
5	Kraft	Achse - Rechteckflächen	Z - global	-0.750	1.500	75.000	1.200	0.150	SV - 900 - 6 x 150 - 6 a
6	Kraft	Achse - Rechteckflächen	Z - global	-2.250	1.500	75.000	1.200	0.150	SV - 900 - 6 x 150 - 6 a
7	Kraft	Achse - Rechteckflächen	Z - global	-3.750	1.500	75.000	1.200	0.150	SV - 900 - 6 x 150 - 6 a
8		Einzellast							
9		Linienlast							
10		Rechtecklast							
11		Kreislast							
12		Achse - Einzellasten							
13		Achse - Rechteckflächen							
14		Achse - Kreisflächen							
15		Links - unendlich							
16		Rechts - unendlich							
17		Gesamte Länge							

Bild 2.4: Maske 1.3 Wanderlasten

Aktuelle Zusammenstellung der Wanderlast

Eine Wanderlast-Zusammenstellung beinhaltet eine oder mehrere Lasten. Diese beschreiben die bewegliche Last über Kräfte und Momente. Die Nummer der ersten Zusammenstellung ist voreingestellt. Die Bezeichnung *Lastmodell 1* kann mit einem manuellen Eintrag überschrieben werden.



Wenn sich Wanderlasten parallel oder versetzt auf Flächen bewegen, sollte mit der Schaltfläche [Neu] eine weitere Wanderlast-Zusammenstellung angelegt werden. Damit ist die individuelle Steuerung der Wanderlasten in einem Bewegungsschema möglich (siehe [Kapitel 2.4](#)).

Die Schaltflächen sind mit folgenden Funktionen belegt:

Schaltfläche	Funktion
	Blättert eine Wanderlast-Zusammenstellung zurück bzw. weiter
	Erzeugt eine Wanderlast-Zusammenstellung
	Ermöglicht das Umnummerieren der Wanderlast-Zusammenstellung
	Löscht die aktuelle Wanderlast-Zusammenstellung
	Löscht alle Wanderlast-Zusammenstellungen ohne weitere Warnung

Tabelle 2.2: Schaltflächen zur Verwaltung der Wanderlast-Zusammenstellungen

Lastparameter

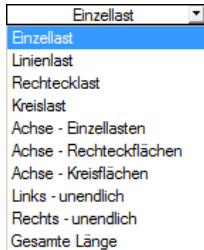
Die Spaltenüberschriften passen sich an den gewählten Lasttyp und Lastverlauf an.

Typ



Die Last kann als *Kraft* oder *Moment* definiert werden. Die Liste ist über die Schaltfläche oder die Funktionstaste [F7] zugänglich.

Lastverlauf



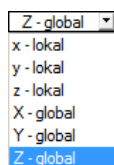
Die Liste bietet verschiedene Möglichkeiten, die Wirkung der Last abzubilden. In der Grafik unterhalb wird die gewählte Last symbolisch dargestellt.

Lastverlauf	Lastsymbol	Beschreibung
Einzellast		<p>Einzelkraft, Einzelmoment</p> <p>Neben der Lastgröße sind die Abstände der Last x längs und y quer zum Festpunkt der Lastposition anzugeben.</p>
Linienlast		<p>Gleichstreckenlast, Trapezlast</p> <p>Es sind die Kräfte P_1 und P_2, die Abstände x und y sowie die <i>Länge</i> der Linienlast anzugeben.</p>
Rechtecklast		<p>Flächen-Blocklast</p> <p>Neben den Abständen x und y ist die Größe der Last P festzulegen. Diese wird in eine Flächenlast umgerechnet, die auf die anzugebende <i>Breite</i> und <i>Länge</i> wirkt.</p>
Kreislast		<p>Flächen-Rundlast</p> <p>Neben den Abständen x und y ist die Größe der Last P festzulegen. Diese wird in eine kreisförmige Flächenlast umgerechnet, die im anzugebenden <i>Durchmesser</i> wirkt.</p>
Achse - Einzellasten		<p>Einzelast-Paar</p> <p>Die Last P wird auf zwei Einzellasten im Abstand der <i>Spurweite</i> verteilt. Als weiterer Parameter ist der Abstand x zum Festpunkt der Lastposition anzugeben.</p>
Achse - Rechteckflächen		<p>Blocklast-Paar</p> <p>Die Last P wird auf zwei Flächenlasten im Abstand der <i>Spurweite</i> verteilt. Diese wirken jeweils auf die anzugebende <i>Breite</i> und <i>Länge</i> (z. B. Radaufstandsfläche).</p>

Achse - Kreisflächen		Rundlast-Paar Die Last P wird auf zwei Flächenlasten im Abstand der <i>Spurweite</i> verteilt. Diese wirken jeweils auf eine kreisförmige Fläche mit dem anzugebenden <i>Durchmesser</i> .
Links - unendlich		Gleichflächenlast Bei jeder Lastposition wird eine konstante Last aufgebracht, die bis zum Anfang des Liniensatzes wirkt. Neben der Lastgröße sind die <i>Breite</i> und der Abstand des rechten Lastrandes zum Lastschritt-Festpunkt anzugeben.
Rechts - unendlich		Gleichflächenlast Bei jeder Lastposition wird eine konstante Last aufgebracht, die bis zum Ende des Liniensatzes wirkt. In diesem Fall ist der Abstand des linken Lastrandes zum Festpunkt anzugeben.
Gesamte Länge		Gleichflächenlast Eine konstante Last wirkt auf die Gesamtlänge des Liniensatzes. Neben der Lastgröße ist die <i>Breite</i> der Last anzugeben. Die Last kann ggf. im Abstand y quer zur Wanderlinie versetzt werden.

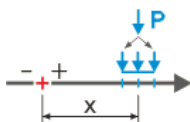
Tabelle 2.3: Lastverläufe

Richtung



Die Wirkung der Lasten kann *lokal* in Richtung der Flächenachsen oder *global* in Richtung der Achsen X, Y und Z definiert werden. Die Liste ist über die Schaltfläche oder die Funktionstaste [F7] zugänglich.

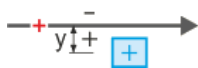
x



Die Stelle x beschreibt den Abstand der Last vom Lastschritt-Festpunkt längs der Wanderlinie. Dieser Festpunkt ist in der Skizze durch ein rotes Kreuz symbolisiert.

Ein positiver Wert verschiebt die Last in Blickrichtung des Liniensatzes. Ist die Stelle x negativ, so wird die Last vor dem Zentrum des Lastschritts platziert. Auf diese Weise kann ein Auffahren von Doppelachslasten auf die Flächen modelliert werden.

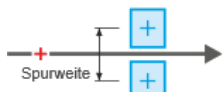
y bzw. Spurweite



Diese Spalte ermöglicht es, Lasten neben der Wanderlinie zu platzieren. Ein positiver Wert y ordnet die Last in Blickrichtung rechts von der Wanderlinie an, ein negativer Wert links.



Lasten können hier individuell quer zur Wanderlinie versetzt werden. Die *Exzentrizität* in Maske 1.2 *Liniensätze* hingegen verschiebt sämtliche Lasten.



Werden Achslasten gesetzt, so trägt die Spalte E den Titel *Spurweite*. Der Wert beschreibt dann den Schwerpunktabstand des Lastpaares gemäß Skizze.

P bzw. M

In dieser Spalte sind die Größen der Kraft P bzw. des Moments M anzugeben.

Bei einer Linienlast ist hier die Größe der Last $P1$ am Linienanfang einzutragen. Der Lastwert $P2$ am Linienende kann dann in der folgenden Spalte definiert werden. Unterscheiden sich die beiden Werte, liegt eine Trapezlast vor.

Breite



Bei Rechtecklasten ist hier die Lastbreite gemäß Skizze zu definieren. Sie stellt die Abmessung der Lastaufstandsfläche quer zur Wanderrichtung dar.

Liegt eine Unendlich-Last vor, so ist in dieser Spalte die Breite der Fahrspur anzugeben, auf die die Gleichflächenlast wirkt.

Länge



In dieser Spalte ist die Länge der Lastaufstandsfläche in Richtung der Wanderrichtung bzw. die Länge der Linienlast anzugeben.

Die geometrischen Gegebenheiten werden bei der Verwendung von Versatz oder Puffer (siehe Kapitel 2.2) berücksichtigt: Die Flächen erhalten nur anteilige Lasten aus den Aufstandsflächen.

Kommentar

Dieses Eingabefeld ermöglicht eine benutzerdefinierte Beschreibung der Lastparameter.

Bibliothek



Die Zusammenstellung der beweglichen Lasten ist meist mit Aufwand verbunden. Es sind jedoch viele Lastmodelle in einer Datenbank hinterlegt, die über die Schaltfläche [Bibliothek] aufgerufen werden kann.

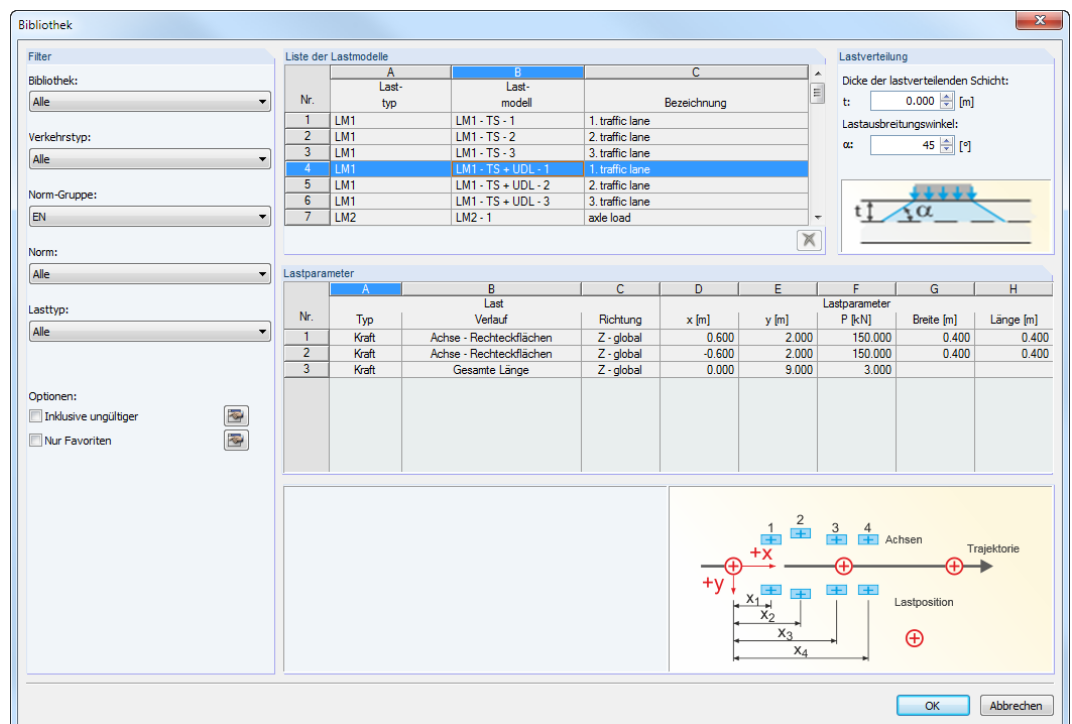
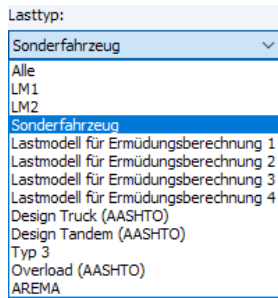


Bild 2.5: Bibliothek mit Lastmodellen



Filter

Die Listen dieses Abschnitts ermöglichen es, die Lastmodelle nach verschiedenen Kriterien zu filtern.

Liste der Lastmodelle

In der *Lasttyp*-Liste finden sich Wanderlast-Zusammenstellungen aus Brückenbaunormen [1]. Beim Aktivieren einer Zeile wird der Datensatz des jeweiligen Lastmodells im Abschnitt *Lastparameter* unterhalb angezeigt.

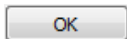
Die Liste der Lastmodelle enthält Achs- und Flächenlasten, die die Einwirkungen aus LKW- und PKW-Verkehr abbilden. Sie wird ständig erweitert und an die aktuellen Normen angepasst.

Lastverteilung

Ist eine *lastverteilende Schicht* vorhanden, so kann deren Dicke t im Eingabefeld angegeben werden. Unter Berücksichtigung des *Lastausbreitungswinkels* α bewirkt diese Schicht eine Verteilung der Aufstandslasten. Die Lastparameter *Breite* und *Länge* werden im Abschnitt unterhalb entsprechend angepasst.



Die Dicke der RFEM-Fläche wird nicht automatisch zur Lastverteilung herangezogen.



[OK] übergibt das Lastmodell in die Maske *1.3 Wanderlasten*. Wenn dort schon Lastdaten vorliegen, werden die neuen Lasten ergänzt.

Zusammenstellung der Wanderlast speichern



In Maske 1.3 kann die aktuelle Wanderlast-Zusammenstellung gesichert werden, sodass sie für weitere Projekte nutzbar ist. Die Schaltfläche [Speichern] befindet sich unterhalb der *Lastparameter*-Tabelle. Sie ruft den Dialog *Neues Lastmodell* auf.

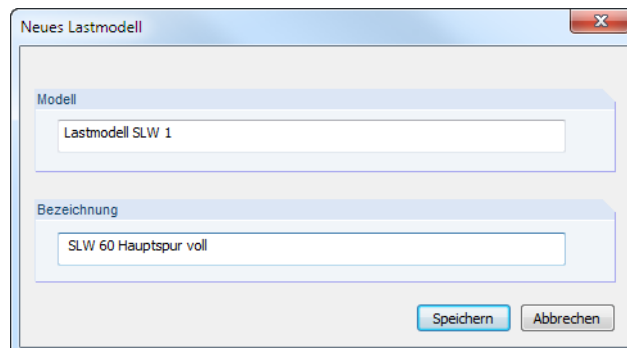
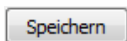


Bild 2.6: Dialog *Neues Lastmodell*

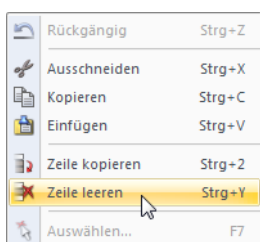


Sind die Einträge für *Modell* und *Bezeichnung* erfolgt, lässt sich das neue Lastmodell [Speichern].



Alle benutzerdefinierten Lastmodelle stehen in der [Bibliothek] zur Auswahl. Sie können dort mit dem Filter *Bibliothek* in übersichtlicher Form dargestellt werden.

Lastzeile löschen



Mit der Tastenkombination [Strg]+[Y] kann eine Tabellenzeile wieder gelöscht werden. Alternativ steht hierzu eine Funktion im Zeilen-Kontextmenü zur Verfügung (z. B. Rechtsklick in Eingabefeld eines markierten Lastparameters).

2.4 Bewegungsschemas

Diese Maske verbindet die Geometrieingaben der Maske 1.2 *Linienätze* mit den Belastungseingaben der Maske 1.3 *Wanderlasten*: Zusammenstellungen von Wanderlasten können bestimmten Linienätzen zugewiesen werden. Die Maske steuert somit, welche Lastzusammenstellungen auf welchen Linienätzen wandern.

Bild 2.7: Maske 1.4 Bewegungsschemas

Aktuelles Bewegungsschema

Ein Bewegungsschema beinhaltet eine oder mehrere Kombinationen von Linienätzen mit Wanderlasten. Die Nummer des ersten Bewegungsschemas ist voreingestellt. Die Bezeichnung *Bewegung 1* kann mit einem manuellen Eintrag überschrieben werden.



In den meisten Fällen wird ein einziges Bewegungsschema ausreichend sein. Wenn sich Wanderlasten völlig unabhängig voneinander bewegen, kann mit der Schaltfläche [Neu] ein weiteres Bewegungsschema angelegt werden.

Die Schaltflächen sind mit folgenden Funktionen belegt:

Schaltfläche	Funktion
	Blättert ein Bewegungsschema zurück bzw. weiter
	Erzeugt ein neues Bewegungsschema
	Ermöglicht das Umnummerieren des aktuellen Bewegungsschemas
	Löscht das aktuelle Bewegungsschema
	Löscht alle Bewegungsschemas ohne weitere Warnung

Tabelle 2.4: Schaltflächen zur Verwaltung der Bewegungsschemas

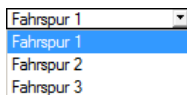
Zu generieren


Mit dem Kontrollfeld lässt sich steuern, ob aus dem aktuellen Bewegungsschema RFEM-Lastfälle erzeugt werden sollen. Das Häkchen kann z. B. für Testzwecke entfernt werden.

Zuweisen

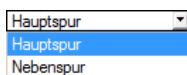
Die Tabelle dient dazu, Liniensätze mit spezifischen Wanderlasten zu versehen. Es können mehrere Liniensätze (z. B. Fahrspuren) mit zugehörigen Lastzusammenstellungen (z. B. Fahrspurlasten) eingegeben werden - das sogenannte *Bewegungsschema*.

Liniensatz



In der Liste ist ein Liniensatz auszuwählen, der in Maske 1.2 definiert wurde. Die Liste ist über die Schaltfläche  oder die Taste [F7] zugänglich.

Zusammenstellung der Wanderlast



In der zweiten Spalte ist die Wanderlast-Zusammenstellung festzulegen, die sich entlang des Liniensatzes bewegt. Die Liste ermöglicht eine Auswahl unter den in Maske 1.3 definierten Zusammenstellungen der Wanderlast.

Lastfaktor

Die Wirkung der Lastzusammenstellung kann über einen Faktor skaliert werden.

Abstand von vorheriger Last

	A	B	C	D	E
Nr.	Liniensatz	Zusammenstellung der Wanderlast	Lastfaktor	Abstand von vorheriger Last [m]	Unabhängig von vorheriger Last
1	Fahrspur 1	Hauptspur	1.000		
2	Fahrspur 1	Hauptspur	1.000	10.000	<input type="checkbox"/>

Bild 2.8: Abstand von vorheriger Last definieren

Sobald in Spalte A ein Liniensatz erneut für die Lastzuweisung ausgewählt wird, ist diese Spalte zugänglich. Sie ermöglicht es, eine Lastzusammenstellung versetzt auf dem gleichen Liniensatz aufzubringen. So können z. B. Doppelachsen-Lastmodelle hintereinander über die Fläche wandern.

Der Lastabstand vom Festpunkt der vorherigen Lastposition ist als positiver Wert anzugeben.

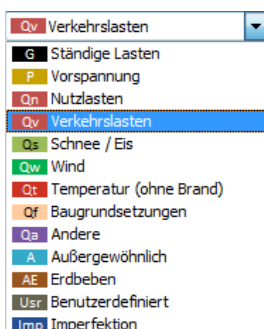
Unabhängig von vorheriger Last

Diese Spalte ist ebenfalls nur zugänglich, wenn in Spalte A ein Liniensatz mehrmals auftritt (siehe Bild 2.8). Das Kontrollfeld ist standardmäßig nicht angehakt. Damit bewegt sich die zweite Lastzusammenstellung synchron zur ersten entlang des Liniensatzes.

Ist diese Option aktiviert, dann wandern die beiden Lastzusammenstellungen unabhängig voneinander über die Flächen - sowohl einzeln als auch gemeinsam. Bei Kombinationen wird der in Spalte D definierte Abstand als Mindestabstand zwischen den Laststellungen berücksichtigt.

Einwirkungskategorie

Jeder Lastfall muss einer *Einwirkungskategorie* zugewiesen werden, die die Überlagerung der Lastfälle sowie die Teilsicherheits- und Kombinationsbeiwerte in RFEM steuert (siehe RFEM-Handbuch, Kapitel 5.1). Die geeignete Kategorie kann in der Liste ausgewählt werden. Sie findet für alle Lastfälle Anwendung, die mit RF-BEWEG Flächen erzeugt werden.



Unabhängige Bewegung der Lasten an verschiedenen Liniensätzen

Die Lasten bewegen sich gemäß der Schrittweite Δ der Maske 1.2 entlang der Liniensätze. Sind mehrere Liniensätze („Wanderwege“) in der Tabelle oben definiert, so startet die Generierung für die Ausgangspunkte eines jeden Liniensatzes. Je nach Anordnung und Richtung der Liniensätze werden damit Lasten erzeugt, die z. B. parallel oder gegenläufig über die Flächen wandern.

Beim Anhaken des Kontrollfeldes wandern die Last-Zusammenstellungen unabhängig voneinander über die Flächen. Es werden sämtliche Konstellationen kombiniert, was sich entsprechend bei der Anzahl der generierten Lastfälle auswirkt.



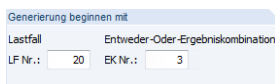
Lastzeile löschen

Mit der Tastenkombination [Strg]+[Y] kann eine Tabellenzeile wieder gelöscht werden. Alternativ steht hierzu eine Funktion im Zeilen-Kontextmenü zur Verfügung (z. B. Rechtsklick in markiertes Eingabefeld).

Anzahl generierter Lastfälle

In diesem Abschnitt wird die Anzahl der Lastfälle angezeigt, die mit den gewählten Vorgaben zu erwarten ist. Sie stellt eine nützliche Kontrollmöglichkeit vor dem Generieren dar.

Generierung beginnen mit



Es ist anzugeben, welche *Nr.* der erste generierte Lastfall erhalten soll. Die folgenden Laststellungen werden dann aufsteigend nummeriert.

Falls in Maske 1.1 eine *Entweder-Oder-Ergebniskombination* für die Generierung vorgegeben wurde (siehe [Kapitel 2.1, Seite 5](#)), kann auch die *Nr.* der „umhüllenden“ EK festgelegt werden.

3 Generierung

Dieses Kapitel beschreibt, wie die Lastfälle und die Ergebniskombination für RFEM erzeugt werden.

Generieren

In jeder Maske von RF-BEWEG Flächen ist die Schaltfläche [Generieren] verfügbar. Sie ermöglicht es, die Lastfälle und die Ergebniskombination für RFEM zu erzeugen.

Nach der erfolgreichen Generierung werden die Nummern der neuen Lastfälle und ggf. der neuen Ergebniskombination in einer Meldung angezeigt.

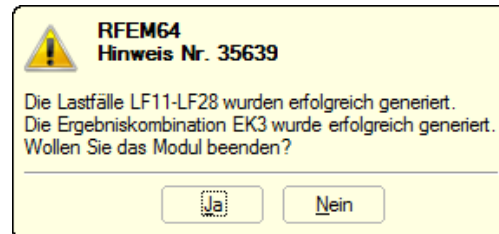


Bild 3.1: Meldung nach der Generierung

Die Generierung ist damit abgeschlossen.

Nach dem Bestätigen der Meldung mit [Ja] wird das Zusatzmodul RF-BEWEG Flächen beendet. Die erzeugten Lastfälle können dann im Arbeitsfenster von RFEM überprüft werden (siehe [Kapitel 4.1](#)). Mit [Nein] erfolgt die Rückkehr zu RF-BEWEG Flächen, um z. B. die Generierungsvorgaben anzupassen.



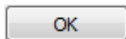
In der RFEM-Oberfläche können keine Lastfälle für RF-BEWEG Flächen erzeugt werden.

4 Ergebnisse

Dieses Kapitel beschreibt, wie die generierten Lasten kontrolliert und bei Bedarf angepasst werden können.

4.1 Ergebnisse überprüfen

Das Modul RF-BEWEG Flächen besitzt keine Ergebnismasken. Die Lastfälle mit den generierten Lasten können jedoch im RFEM-Arbeitsfenster überprüft werden.



Die Meldung nach der Generierung ermöglicht es, RF-BEWEG Flächen zu beenden und nach RFEM zurückzukehren (siehe Bild 3.1). Alternativ wird die Schaltfläche [OK] benutzt; sie ist in jeder Maske verfügbar.

Die generierten Lastfälle können in RFEM über folgende Einträge eingesehen werden:

- **Daten-Navigator: Belastung → Lastfälle**
- Symbolleiste: Liste der Lastfälle
- **Tabelle: 2.1 Lastfälle**
- **Menü: Bearbeiten → Lastfälle und Kombinationen → Lastfälle**

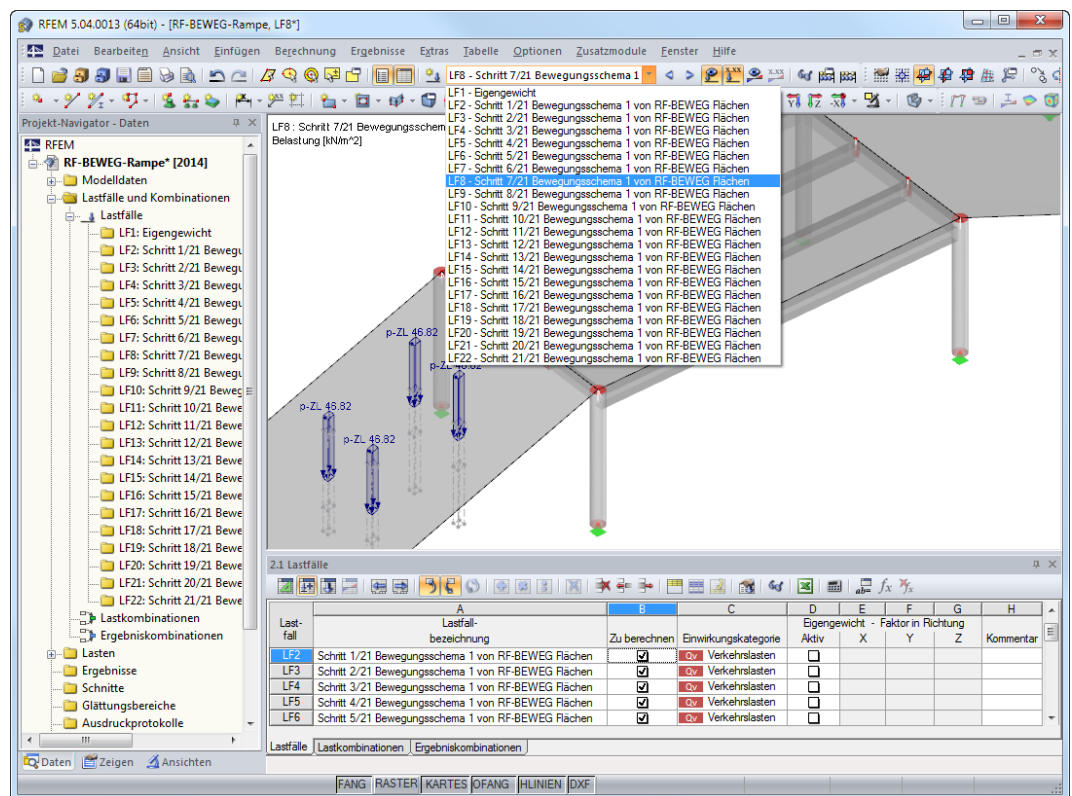


Bild 4.1: Generierte Lastfälle in Navigator, Lastfall-Liste und Tabelle

Die *Bezeichnungen* der Lastpositionen werden automatisch aus den Lastschritt-Nummern erzeugt. Falls erforderlich, können sie im Dialog *Lastfälle und Kombinationen bearbeiten* angepasst werden (siehe Bild 4.2).

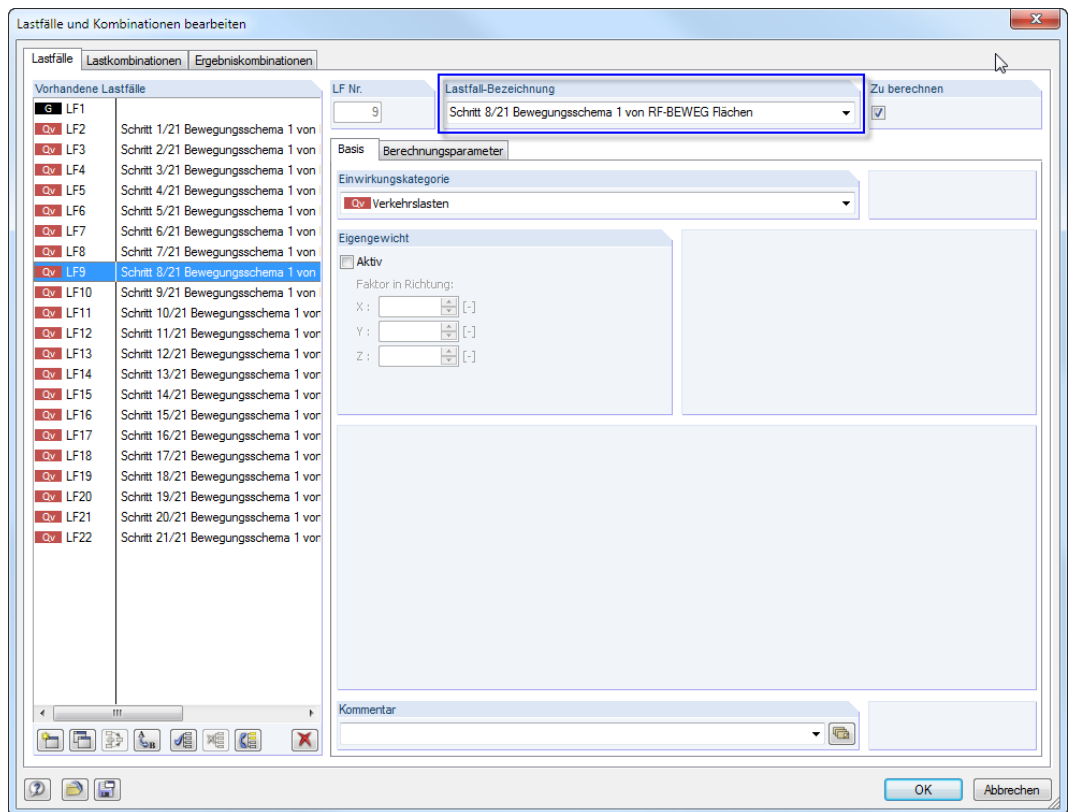


Bild 4.2: Dialog *Lastfälle und Kombinationen bearbeiten*

Wenn mit RF-BEWEG Flächen eine Ergebniskombination generiert wurde, ist sie ebenfalls im *Daten-Navigator* gelistet. Die Überlagerungsparameter können im Register *Ergebniskombinationen* des Dialogs *Lastfälle und Kombinationen bearbeiten* überprüft werden.

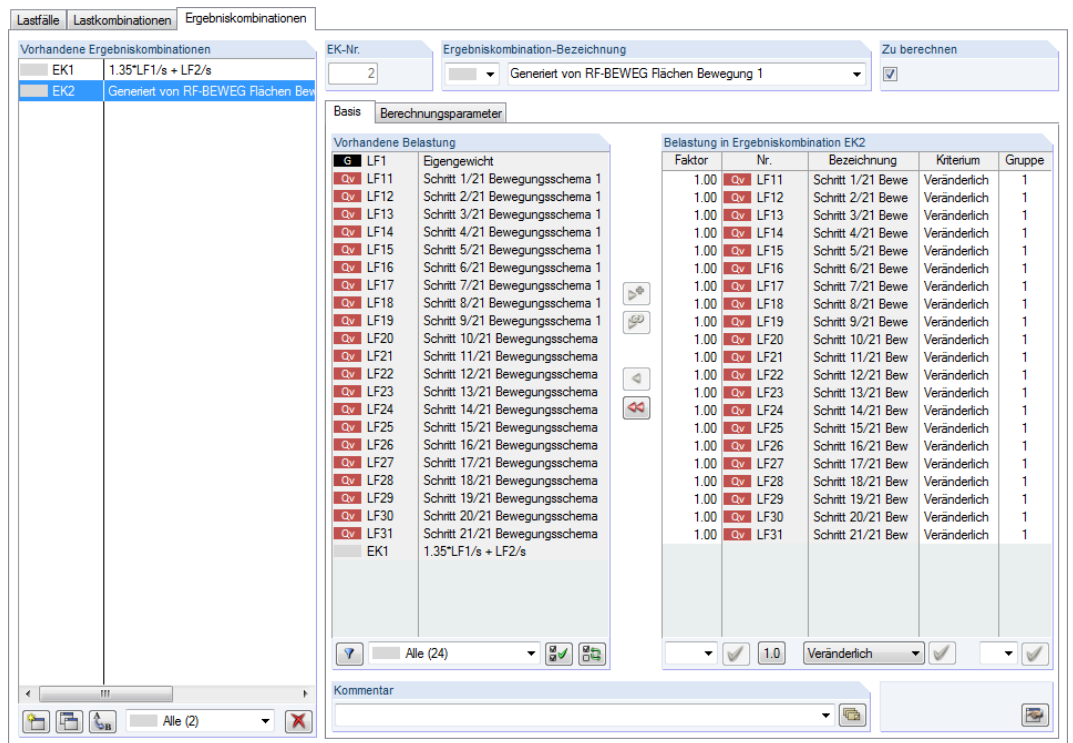


Bild 4.3: Dialog *Lastfälle und Kombinationen bearbeiten*, Register *Ergebniskombinationen*

Die Lasten, die in den einzelnen Lastfällen erzeugt wurden, lassen sich wie gewohnt in der Grafik, den Bearbeitungsdialogen oder der Tabelle 3. *Lasten* überprüfen. Sie wurden als freie Einzellasten, freie Linienlasten oder freie Polygonlasten in die entsprechenden Tabellen übergeben.

3.7 Freie Linienlasten

LF12 - Schritt 2/22 Bew

Nr.	An Flächen Nr.	Projektion	Lastverteilung	Lastrichtung	X1 [m]	Y1 [m]	X2 [m]	Y2 [m]	Lastposition	Lastgröße [kN/m]
1	1-5	XY	Linear	ZL	-3.000	4.000	1.000	4.000		7.500
2	1-5	XY	Linear	x	-3.000	4.000	1.000	4.000		-0.200
3										
4										
5										

Freie Einzellasten Freie Linienlasten Freie Rechtecklasten Freie Kreislasten Freie Polygonlasten Freie veränderliche Lasten

Geben Sie die Flächennummer ein.

Bild 4.4: Tabelle 3.7 Freie Linienlasten mit generierten Wanderlasten

3.10 Freie Polygonlasten

LF12 - Schritt 2/22 Bew

Nr.	An Flächen Nr.	Projektion	Lastverteilung	Lastrichtung	Polygoneckpunkt-Koordinaten [m] X1,Y1; X2,Y2; X3,Y3; ...	1. Eckpunkt Nr. p1 [kN/m²]	2. Eckpunkt Nr. p2 [kN/m²]
1	1-5	XY	Konstant	ZL	-3.5;-3.4.8;-2.8.4.8;-2.8.5	50.00	
2	1-5	XY	Konstant	ZL	-3.3.2;-3.3;-2.8.3;-2.8.3.2	50.00	
3	1-5	XY	Konstant	ZL	-0.2.5;-0.2.4.8.9.68575E-08.4.8.9.68575E-08.5	50.00	
4	1-5	XY	Konstant	ZL	-0.2.3.2;-0.2.3.9.68575E-08.3.9.68575E-08.3.2	50.00	
5							

Freie Einzellasten Freie Linienlasten Freie Rechtecklasten Freie Kreislasten Freie Polygonlasten Freie veränderliche Lasten

Geben Sie die Flächennummer ein.

Bild 4.5: Tabelle 3.10 Freie Polygonlasten mit generierten Wanderlasten

4.2 Dokumentation

Die Daten des Moduls RF-BEWEG Flächen werden nicht gesondert im Ausdruckprotokoll verwaltet. Die generierten Lastfälle mitsamt Lasten werden nach RFEM übergeben und können dort in die Dokumentation integriert werden.

Ausdruckprotokoll - API: Eingabedaten und reduzierte Ergebnisse*

Dlubal Software GmbH
Am Zellweg 2, D-93464 Tiefenbach
www.dlubal.de

Seite: 9/74
Blatt: 1

Projekt: 2014
Hollne 2014

Modell: RF-BEWEG-Print
Lastfallgenerierung

Datum: 11.11.2014

LASTZUSAMMENSTELLUNG RF-BEWEG FLÄCHEN

Typ	Lastverlauf	Richtung	X [m]	Spurweite [m]	P [kN]	Breite [m]	Länge [m]	Kommentar
Kraft	Achse - Rechteckflächen	Z - global	0.000	1.800	2.000	0.200	0.200	0.200 LM1 - TS - 1 - 1. Fahrstreifen
Kraft	Achse - Rechteckflächen	Z - global	2.900	1.800	2.000	0.200	0.200	0.200 LM1 - TS - 1 - 1. Fahrstreifen
Kraft	Links - unendlich	Z - global	0.000	0.000	5.000	3.000		Flächenlast
Kraft	Rechts - unendlich	Z - global	0.000	0.000	5.000	3.000		Flächenlast

3.10 FREIE POLYGONLASTEN

LF2
Schritt 1/39
Bewegungsschema 1 von RF-BEWEG Flächen

Nr.	An Flächen Nr.	Projekt	Lastverteilung	Last-Richtung	Symbol	Wert	Einheit	Lastposition
1	1-5	XY	Konstant	ZL	p	50.00	kN/m²	X [m] Y [m] Z [m] -4.000 5.000 0.000 -3.800 4.800 0.000 -3.800 5.000 0.000 -3.800 4.800 0.000 -3.800 3.000 0.000 -3.800 3.200 0.000 -1.200 5.000 0.000 -1.200 4.800 0.000 -1.000 5.000 0.000 -1.000 3.000 0.000 -1.000 3.200 0.000
2	1-5	XY	Konstant	ZL	p	50.00	kN/m²	-4.000 5.000 0.000 -4.000 3.200 0.000 -3.800 5.000 0.000 -3.800 3.000 0.000 -3.800 3.200 0.000 -1.200 5.000 0.000 -1.200 4.800 0.000 -1.000 5.000 0.000 -1.000 3.000 0.000 -1.000 3.200 0.000
3	1-5	XY	Konstant	ZL	p	50.00	kN/m²	-4.000 5.000 0.000 -4.000 3.200 0.000 -3.800 5.000 0.000 -3.800 3.000 0.000 -3.800 3.200 0.000 -1.200 5.000 0.000 -1.200 4.800 0.000 -1.000 5.000 0.000 -1.000 3.000 0.000 -1.000 3.200 0.000
4	1-5	XY	Konstant	ZL	p	50.00	kN/m²	-4.000 5.000 0.000 -4.000 3.200 0.000 -3.800 5.000 0.000 -3.800 3.000 0.000 -3.800 3.200 0.000 -1.200 5.000 0.000 -1.200 4.800 0.000 -1.000 5.000 0.000 -1.000 3.000 0.000 -1.000 3.200 0.000
5	1-5	XY	Konstant	ZL	p	5.00	kN/m²	-4.000 5.500 0.000 -4.000 2.500 0.000 -28.000 5.500 0.000 -28.000 5.500 0.000 -28.000 5.500 0.000
6	1-5	XY	Konstant	ZL	p	5.00	kN/m²	-4.000 5.500 0.000 -4.000 2.500 0.000 -28.000 5.500 0.000 -28.000 5.500 0.000 -28.000 5.500 0.000

Seiten: 74 Seite: 9

Bild 4.6: Ausdruckprotokoll

5 Allgemeine Funktionen

Dieses Kapitel beschreibt nützliche Menüfunktionen und stellt Exportmöglichkeiten für die Nachweise vor.

5.1 Einheiten und Dezimalstellen

Die Einheiten und Nachkommastellen werden für RFEM und für die Zusatzmodule gemeinsam verwaltet. In RF-BEWEG Flächen ist der Dialog zum Anpassen der Einheiten zugänglich über Menü

Einstellungen → **Einheiten und Dezimalstellen**

Es erscheint der aus RFEM bekannte Dialog. In der Liste *Programm / Modul* ist RF-BEWEG Flächen voreingestellt.

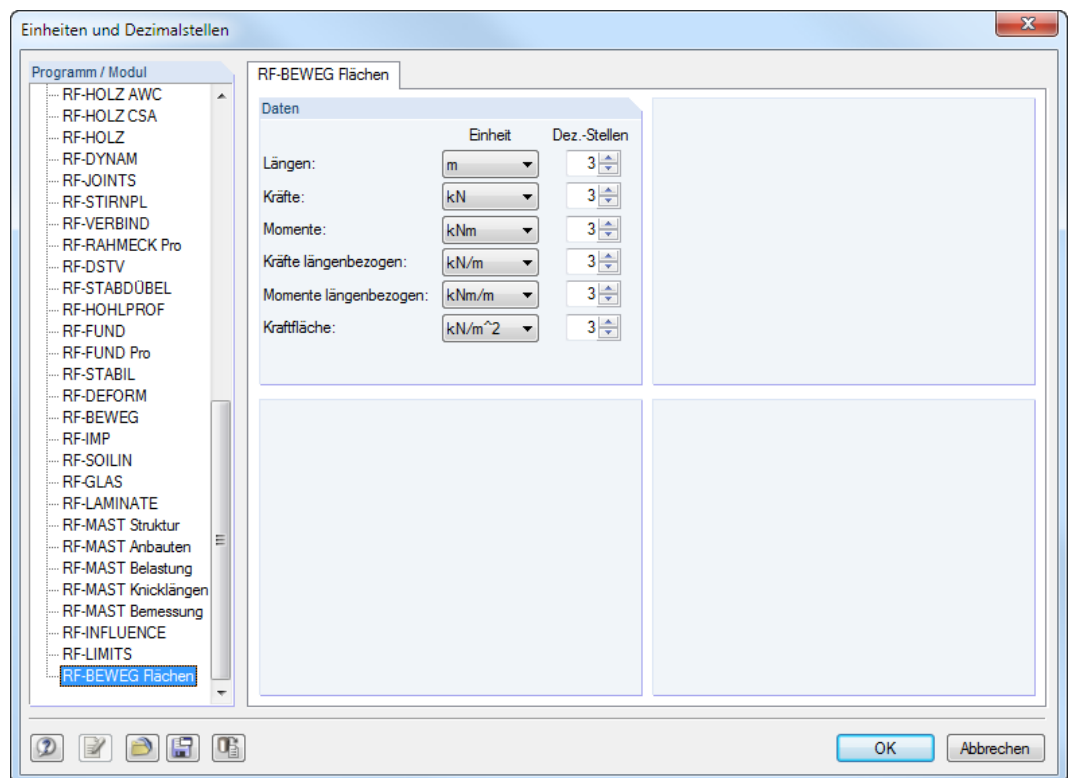


Bild 5.1: Dialog *Einheiten und Dezimalstellen*



Die Einstellungen können als Benutzerprofil gespeichert und in anderen Modellen wieder verwendet werden. Diese Funktionen sind im Kapitel 11.1.3 des RFEM-Handbuchs beschrieben.

5.2 Datenexport

RF-BEWEG Flächen ermöglicht den direkten Datenexport zu MS Excel oder in das CSV-Format. Für den Export kommt konzeptgemäß nur die Tabelle *Lastparameter* der Maske *1.3 Wanderlasten* infrage.

Die Exportfunktion wird aufgerufen über das Menü

Datei → Tabellen exportieren.

Es öffnet sich folgender Exportdialog.

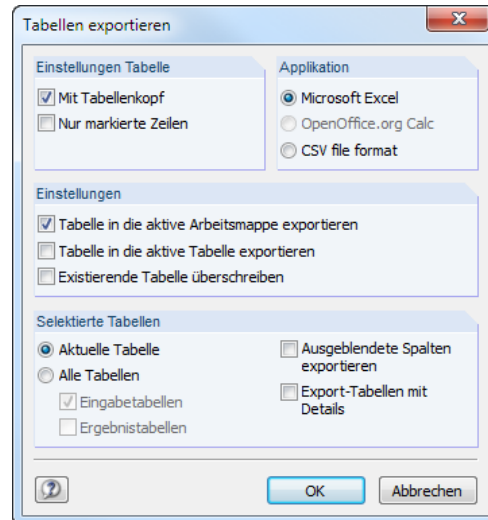


Bild 5.2: Dialog *Tabellen exportieren*

Mit [OK] wird der Datenexport gestartet. Excel wird automatisch aufgerufen, d. h. das Programm braucht vorher nicht geöffnet werden.

6 Beispiel

6.1 System und Belastung

Ein Beispiel mit Verkehrslasten auf einem Brückentragwerk soll die Anwendungsmöglichkeiten des Zusatzmoduls illustrieren.

Auf einer Fahrbahnplatte mit den Abmessungen 50 m x 8 m bewegt sich ein LKW mit einer Last von 300 kN (Doppelachsen Tandem-System). Auf dem zweiten Fahrstreifen wird parallel die Laststellung eines Doppelachsensystems von 200 kN angesetzt.

Zusätzlich wirkt eine gleichmäßige Belastung von 9 kN/m² in Fahrstreifen 1 und 2,5 kN/m² in Fahrstreifen 2. Sie soll im Abstand von 1,5 m vor und hinter den Doppelachsen berücksichtigt werden.

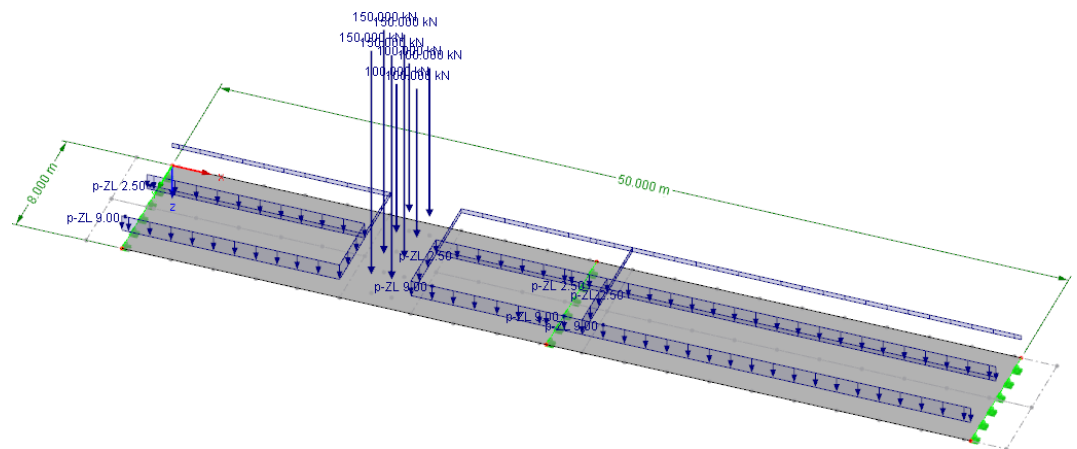


Bild 6.1: Fahrbahnplatte mit Lasten

6.2 Eingabe in RF-BEWEG Flächen

Das Modell wird in RFEM erzeugt. Die Fahrbahnplatte besteht aus zwei Flächen mit je 25 m Länge und 8 m Breite.

6.2.1 Basisangaben

Nach dem Aufruf von RF-BEWEG Flächen erscheint die Maske 1.1 Basisangaben.

Im Abschnitt *Wanderlasten an Flächen generieren* ist das Kontrollfeld **Alle** anzuhaken.

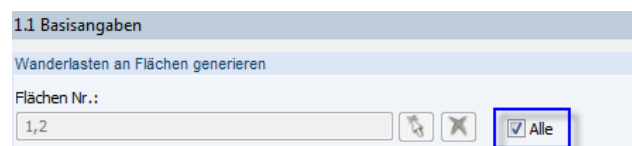


Bild 6.2: Eingabe in Maske 1.1 Basisangaben

6.2.2 Liniensätze

In Maske 1.2 *Liniensätze* sind die „Wanderlinien“ der Lasten festzulegen. Für die beiden Fahrstreifen definieren wir zwei Liniensätze.

Die Schrittweite Δ muss in beiden Liniensätzen gleich sein, damit die Lasten parallel wandern.

Fahrstreifen 1

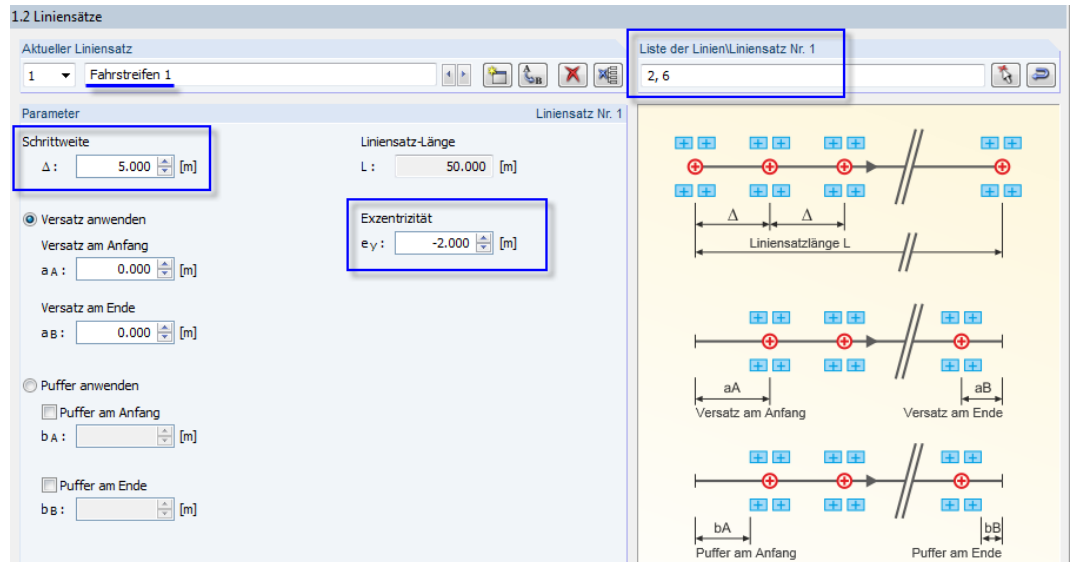



Bild 6.3: Eingabe in Maske 1.2 *Liniensätze* für Fahrstreifen 1

Die Bezeichnung **Fahrstreifen 1** erleichtert später die Zuordnung.

Im Abschnitt *Liste der Linien* sind die Nummern von zwei Längs-Randlinien anzugeben, die als „Führungslinie“ für Fahrstreifen 1 dienen. Über die Schaltfläche  können wir diese Linien grafisch festlegen. Die Reihenfolge der Nummern bestimmt die Wanderrichtung!

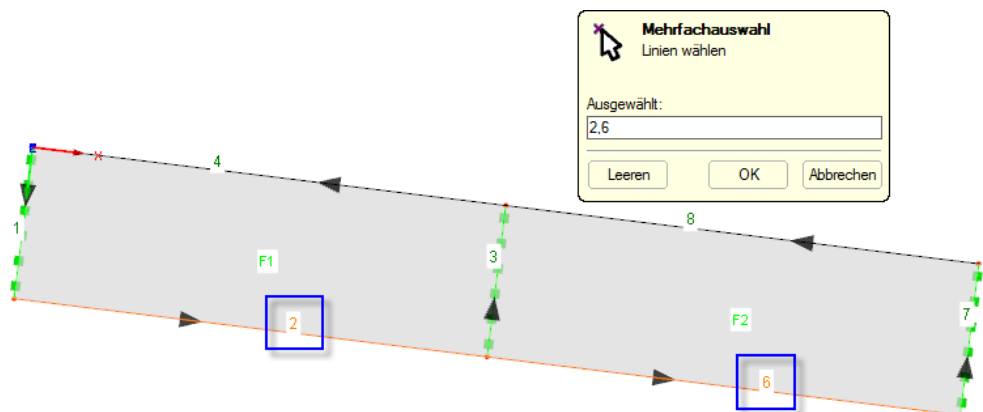


Bild 6.4: Grafische Auswahl der Linien für Liniensatz 1

Die Schrittweite Δ geben wir mit **5 m** vor. So wird alle 5 m ein Festpunkt für die Lasten erzeugt.

Im Abschnitt *Exzentrizität* tragen wir einen seitlichen Abstand von **-2 m** ein, um die Führungslinie in die Mitte des 4 m breiten Fahrstreifens zu versetzen. Im Beispiel ist der Abstand negativ einzugeben, da die Lasten links in Blickrichtung der Linien wirken (siehe Bild 6.4).

Fahrstreifen 2



Mit der Schaltfläche [Neu] legen wir einen zweiten Liniensatz an. Als Bezeichnung tragen wir **Fahrstreifen 2** ein.

Bild 6.5: Eingabe in Maske 1.2 *Liniensätze* für Fahrstreifen 2

Im Abschnitt *Liste der Linien* legen wir die Nummern der Linien fest, die auf der anderen Fahrbahnseite liegen. Sie dienen als Führungslinie für Fahrstreifen 2. Wieder gibt die Reihenfolge der Linien die Wanderrichtung vor.

Die *Schrittweite* Δ ist ebenfalls **5 m**, damit sich die Lasten in beiden Liniensätzen parallel bewegen.

Im Abschnitt *Exzentrizität* tragen wir einen seitlichen Abstand von **2 m** ein, um die Führungslinie in die Mitte des 4 m breiten Fahrstreifens zu versetzen. Der Abstand ist diesmal positiv, da die Lasten rechts des Liniensatzes wirken (siehe Bild 6.4).

6.2.3 Wanderlasten

In Maske 1.3 *Wanderlasten* sind die Lastparameter festzulegen. Für die beiden Fahrstreifen definieren wir zwei Wanderlast-Zusammenstellungen.

Fahrstreifen 1

Die Bezeichnung **Doppelachse 300 kN** erleichtert später die Zuordnung.

Bild 6.6: Bezeichnung in Maske 1.3 *Wanderlasten* für Fahrstreifen 1



Für die Lasteingabe nutzen wir die [Bibliothek] (siehe Bild 6.7).

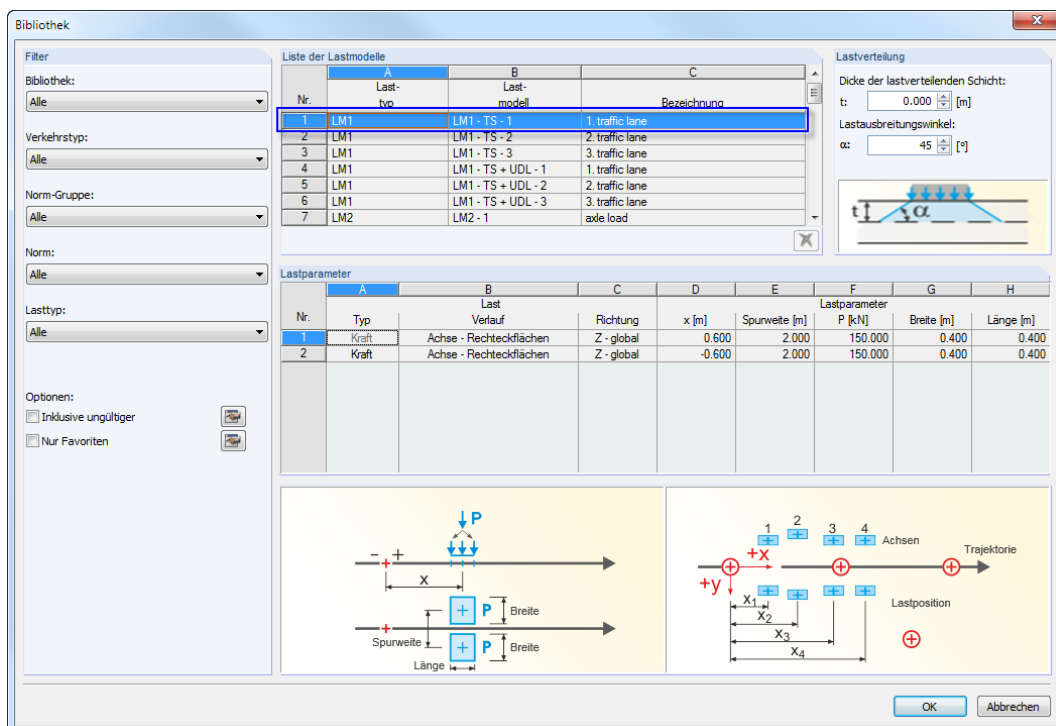


Bild 6.7: Bibliothek mit Lastmodellen

Wir wählen das Lastmodell **LM1 - TS - 1** aus. Im Abschnitt *Lastparameter* werden die Lastgrößen (zweimal 150 kN), die Aufstandsflächen (0,40 m x 0,40 m) und die Spurweite (2 m) angezeigt. Der Abstand zwischen den Laststellen x beträgt 1,2 m. Die erste Achslast wird um 60 cm vom Last-Festpunkt versetzt in Richtung der Wanderlinie aufgebracht, die zweite Achslast um 60 cm zurückversetzt. Am Startpunkt der Wanderlinie befindet sich somit die erste Achse schon auf der Fahrbahnplatte, während die zweite Achse noch nicht aufgefahren ist.

Mit [OK] übergeben wir das Lastmodell in die Maske *1.3 Wanderlasten*.

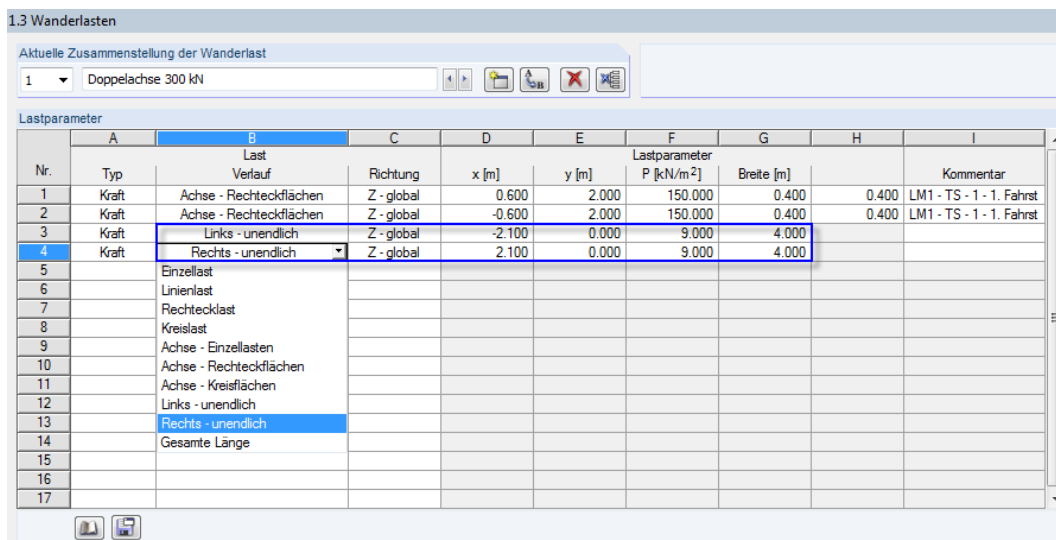


Bild 6.8: Eingabe in Maske 1.3 Wanderlasten für Fahrstreifen 1

Die gleichmäßige Belastung von **9 kN/m²** vor und hinter den Doppelachsen definieren wir in den Zeilen 3 und 4 über die Lastverläufe **Links - unendlich** und **Rechts - unendlich**. Die Breite der Fahrspur beträgt **4 m**.

Um den Abstand von 1,5 m vor und hinter den Doppelachsen zu berücksichtigen, legen wir die Stelle x links mit **-2,1 m** ($-0,60 \text{ m} - 1,50 \text{ m}$) und rechts mit **2,1 m** ($0,60 \text{ m} + 1,50 \text{ m}$) fest.

Fahrstreifen 2



Mit der Schaltfläche [Neu] legen wir eine zweiten Wanderlast-Zusammenstellung an. Als Bezeichnung tragen wir **Doppelachse 200 kN** ein.



Wir nutzen wieder die [Bibliothek] für die Eingabe der Doppelachslast. Dort wählen das Lastmodell **LM1 - TS - 2** mit je 100 kN Radlast aus.

Liste der Lastmodelle

Nr.	A Last- typ	B Last- modell	C Bezeichnung
1	LM1	LM1 - TS - 1	1. traffic lane
2	LM1	LM1 - TS - 2	2. traffic lane
3	LM1	LM1 - TS - 3	3. traffic lane
4	LM1	LM1 - TS + UDL - 1	1. traffic lane
5	LM1	LM1 - TS + UDL - 2	2. traffic lane
6	LM1	LM1 - TS + UDL - 3	3. traffic lane
7	LM2	LM2 - 1	axle load

Lastverteilung

Dicke der lastverteilenden Schicht:
t: 0.000 [m]

Lastausbreitungswinkel:
 α : 45 [°]

Lastparameter

Nr.	A Typ	B Verlauf	C Richtung	D x [m]	E Spurweite [m]	F Lastparameter P [kN]	G Breite [m]	H Länge [m]
1	Kraft	Achse - Rechteckflächen	Z - global	0.600	2.000	100.000	0.400	0.400
2	Kraft	Achse - Rechteckflächen	Z - global	-0.600	2.000	100.000	0.400	0.400

Bild 6.9: Auswahl des Lastmodells

Mit [OK] übergeben wir das Lastmodell in die Maske **1.3 Wanderlasten**.

1.3 Wanderlasten

Aktuelle Zusammenstellung der Wanderlast
2 Doppelachse 200 kN

Lastparameter

Nr.	A Typ	B Verlauf	C Richtung	D x [m]	E y [m]	F Lastparameter P [kN/m²]	G Breite [m]	H Kommentar
1	Kraft	Achse - Rechteckflächen	Z - global	0.600	2.000	100.000	0.400	0.400 LM1 - TS - 2 - 2. Fahrst
2	Kraft	Achse - Rechteckflächen	Z - global	-0.600	2.000	100.000	0.400	0.400 LM1 - TS - 2 - 2. Fahrst
3	Kraft	Links - unendlich	Z - global	-2.100	0.000	2.500	4.000	
4	Kraft	Rechts - unendlich	Z - global	2.100	0.000	2.500	4.000	
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								

Bild 6.10: Eingabe in Maske 1.3 Wanderlasten für Fahrstreifen 2

Die gleichmäßige Belastung von **2,5 kN/m²** vor und hinter den Doppelachsen definieren wir wieder über die Lastverläufe **Links - unendlich** und **Rechts - unendlich**.

Die Breite der Fahrspur beträgt ebenfalls **4 m**. Über die Stellen x von **-2,1 m** bzw. **2,1 m** wird wieder der Abstand 1,5 m vor und hinter den Doppelachsen berücksichtigt.

6.2.4 Bewegungsschemas

In Maske 1.4 *Bewegungsschemas* sind die Liniensätze mit den zugehörigen Lasten zu kombinieren.

Nr.	A Liniensatz	B Zusammenstellung der Wanderlast	C Lastfaktor	D Abstand von vorheriger Last [m]	E Unabhängig von vorheriger Last
1	Fahrstreifen 1	Doppelachse 300 kN	1.000		
2	Fahrstreifen 2	Doppelachse 200 kN	1.000		
3	Fahrstreifen 1				
4	Fahrstreifen 2				
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					

Einwirkungskategorie: **Qv Verkehrslasten**

☐ Unabhängige Bewegung der Lasten an verschiedenen Liniensätzen

Anzahl generierter Lastfälle: 11

Alle Bewegungsschemas: 11

Generierung beginnen mit: LF Nr.: 11

Entweder-Oder-Ergebniskombination: EK Nr.:

Bild 6.11: Verknüpfung von Liniensätzen und Lasten in Maske 1.4 *Bewegungsschemas*

Dem **Fahrstreifen 1** weisen wir die **Doppelachse 300 kN** zu, dem **Fahrstreifen 2** die **Doppelachse 200 kN**. Liniensätze und Lastzusammenstellungen lassen sich über in der Liste auswählen.

Im Abschnitt *Anzahl generierter Lastfälle* wird angezeigt, dass mit der vorgegebenen Schrittweite elf Lastfälle generiert werden. Die Nummer des Start-Lastfalls kann im Abschnitt *Generierung beginnen mit* individuell festgelegt werden.

6.2.5 Generierung

Generieren

Mit einem Klick auf die Schaltfläche [Generieren] lassen wir die elf Lastfälle erzeugen.

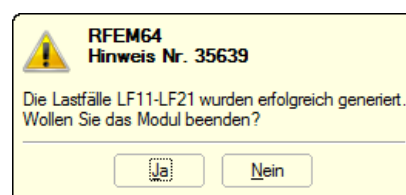


Bild 6.12: Meldung nach der Generierung

Wir bestätigen die Meldung mit [Ja] und beenden so das Zusatzmodul RF-BEWEG Flächen.

6.3 Ergebnis in RFEM

Die Liste der Lastfälle ermöglicht es uns, durch die generierten Lastfälle zu blättern und die Lasten einzusehen. Der Abstand der Flächenlast vor und hinter dem Tandem-System ist gut erkennbar.

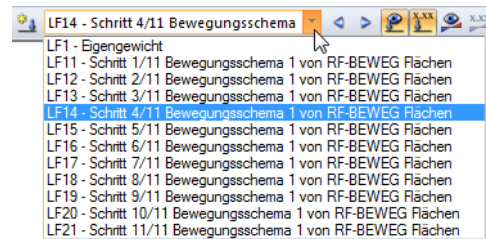


Bild 6.13: Lastfall-Liste

LF14 : Schritt 4/11 Bewegungsschema 1 von RF-BEWEG Flächen
Belastung [kN/m²]

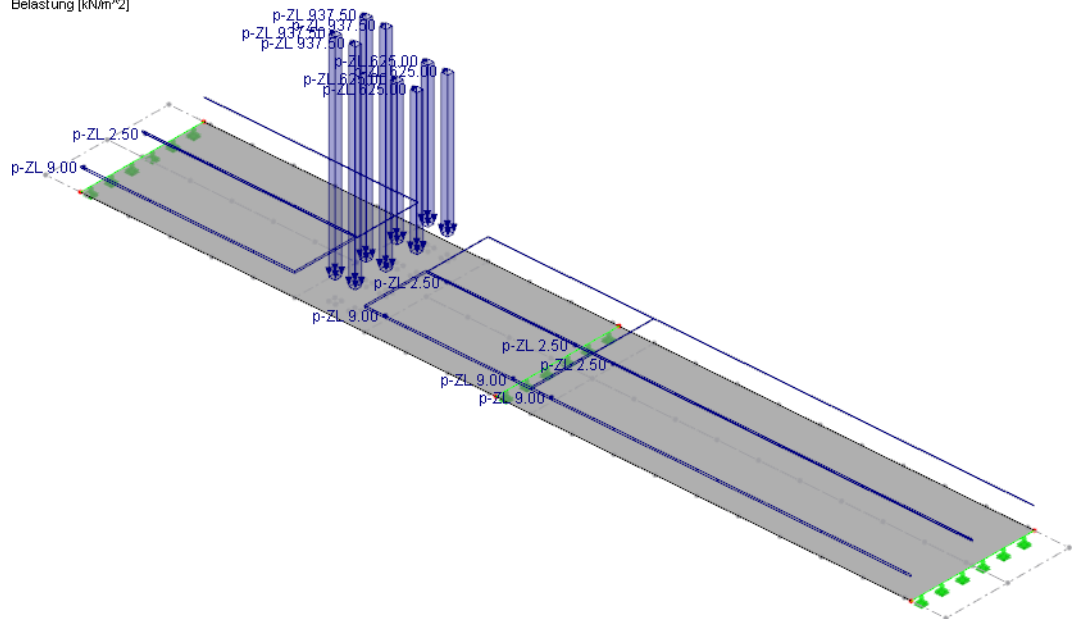


Bild 6.14: Lastschritt 4 mit Doppelachs- und Flächenlasten

LF15 : Schritt 5/11 Bewegungsschema 1 von RF-BEWEG Flächen
Belastung [kN/m²]

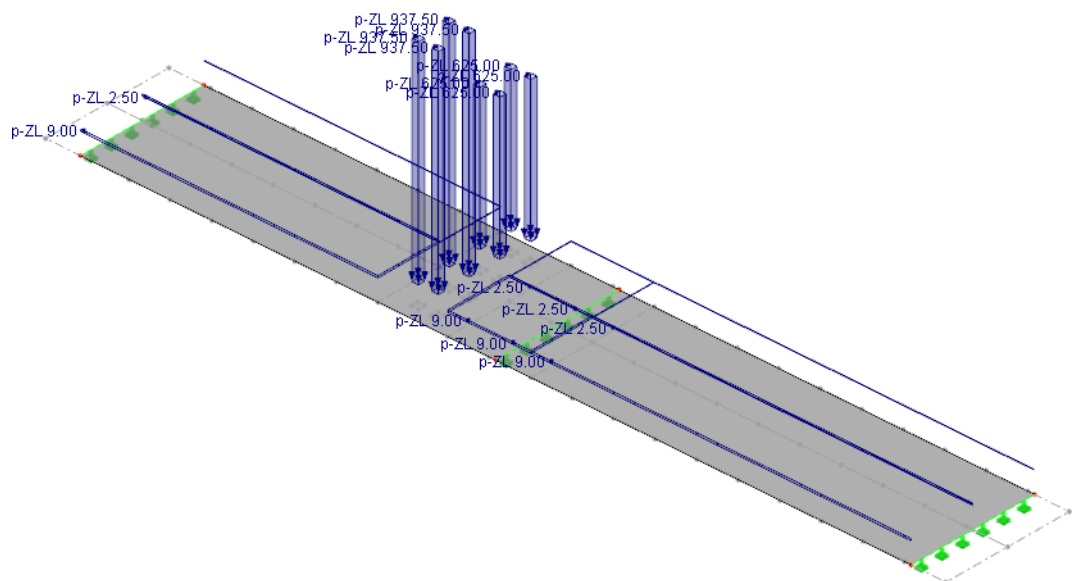


Bild 6.15: Lastschritt 5

In Tabelle 3.10 *Freie Polygonlasten* können wir die generierten Lasten überprüfen.

3.10 Freie Polygonlasten

LF15 - Schritt 5/11 Bew

Nr.	An Flächen Nr.	Projektion	Lastverteilung	Lastrichtung	Polygoneckpunkt-Koordinaten [m] X ₁ ,Y ₁ ; X ₂ ,Y ₂ ; X ₃ ,Y ₃ ; ...	1. Eckpunkt Nr. p ₁ [kN/m ²]	2. Eckpunkt Nr. p ₂ [kN/m ²]
1	1.2	XY	Konstant	ZL	20.4,7.2;20.4,6.8;20.8,6.8;20.8,7.2	937.50	
2	1.2	XY	Konstant	ZL	20.4,5.2;20.4,4.8;20.8,4.8;20.8,5.2	937.50	
3	1.2	XY	Konstant	ZL	19.2,7.2;19.2,6.8;19.6,6.8;19.6,7.2	937.50	
4	1.2	XY	Konstant	ZL	19.2,5.2;19.2,4.8;19.6,4.8;19.6,5.2	937.50	
5	1.2	XY	Konstant	ZL	-2.1,8.0;4.8;2.9,8.5;4.8;7.9,8.10;4.8;12.9,8.15;4.8	9.00	
6	1.2	XY	Konstant	ZL	27.1,8.29;6.8;32.1,8;34.6,8;37.1,8;39.6,8;42.1,8	9.00	
7	1.2	XY	Konstant	ZL	22.1,8.24;6.8;27.1,8;27.1,4;24.6,4;22.1,4	9.00	
8	1.2	XY	Konstant	ZL	20.4,3.2;20.4,2.8;20.8,2.8;20.8,3.2	625.00	
9	1.2	XY	Konstant	ZL	20.4,1.2;20.4,0.8;20.8,0.8;20.8,1.2	625.00	
10	1.2	XY	Konstant	ZL	19.2,3.2;19.2,2.8;19.6,2.8;19.6,3.2	625.00	
11	1.2	XY	Konstant	ZL	19.2,1.2;19.2,0.8;19.6,0.8;19.6,1.2	625.00	
12	1.2	XY	Konstant	ZL	-2.1,4.0;4.2;9.4,5.4;4.4;7.9,4.10;4.4;12.9,4.15;4.4	2.50	
13	1.2	XY	Konstant	ZL	27.1,4.29;6.4;32.1,4;34.6,4;37.1,4;39.6,4;42.1,4	2.50	
14	1.2	XY	Konstant	ZL	22.1,4.24;6.4;27.1,4;27.1,0;24.6,0;22.1,0	2.50	

Freie Einzellasten Freie Linienlasten Freie Rechtecklasten Freie Kreislasten Freie Polygonlasten Freie veränderliche Lasten

Geben Sie die Lastparameter ein.

Bild 6.16: Tabelle 3.10 *Freie Polygonlasten*

Die Basisangaben der generierten Lastfälle sind im Dialog *Lastfälle und Kombinationen bearbeiten* verwaltet.

Lastfälle und Kombinationen bearbeiten

Lastfälle Lastkombinationen Ergebniskombinationen

Vorhandene Lastfälle

- LF1 Eigengewicht
- LF11 Schritt 1/11 Bewegungsschema 1 von
- LF12 Schritt 2/11 Bewegungsschema 1 von
- LF13 Schritt 3/11 Bewegungsschema 1 von
- LF14 Schritt 4/11 Bewegungsschema 1 von
- LF15 Schritt 5/11 Bewegungsschema 1 von
- LF16 Schritt 6/11 Bewegungsschema 1 von
- LF17 Schritt 7/11 Bewegungsschema 1 von
- LF18 Schritt 8/11 Bewegungsschema 1 von
- LF19 Schritt 9/11 Bewegungsschema 1 von
- LF20 Schritt 10/11 Bewegungsschema 1 von
- LF21 Schritt 11/11 Bewegungsschema 1 von

LF Nr.: 15 Lastfall-Bezeichnung: Schritt 5/11 Bewegungsschema 1 von RF-BEWEG Flächen

Zu berechnen: ☒

Basis Berechnungsparameter

Einwirkungskategorie:

Eigengewicht: ☐ Aktiv

Faktor in Richtung:

X: [-]

Y: [-]

Z: [-]

Kommentar:

OK Abbrechen

Bild 6.17: Dialog *Lastfälle und Kombinationen bearbeiten*

Literatur

[1] *EN 1991-2: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 2: Verkehrslasten auf Brücken*. Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2010.

Index

A			
Abstand	16	Lastmodell	14
Achse	11	Lastparameter	11
Achslast	12	Lasttyp	14
		Lastverlauf	11
B		Lastverteilende Schicht	14
Basisangaben	5	Lastverteilung	14
Beenden von RF-BEWEG Flächen	5	Linien	9
Benutzerprofil	22	Linienlast	11, 13
Bewegungsschema	15	Linienansatz	8, 16
Bibliothek	13	Lokale Lastrichtung	12
Blättern in Masken	5		
Breite	13	M	
		Masken	5
D		Moment	11
Dezimalstellen	22	N	
		Navigator	5
E			
Einflussfläche	7	P	
Einflusslinie	7	Parameter	9
Einheiten	22	Programmaufruf	3
Einwirkungskategorie	16	Puffer	9
Einzellast	11		
Ergebniskombination	6	R	
Ergebnisse	19	Rechtecklast	11
Excel	23	Richtung	12
Exportart	6		
Exzentrizität	9, 12	S	
		Schrittweite	9
F		Spurweite	12
Flächen	5	Starten von RF-BEWEG Flächen	3
G		U	
Generierung	18	Unabhängig	16, 17
Gesamte Länge	12	Unendlich	12, 13
Globale Lastrichtung	12		
		V	
I		Versatz	9
Installation	3		
		X	
K		x-Stelle	12
Kommentar	7, 13		
Kraft	11	W	
		Wanderlast	10
L			
Länge	13	Y	
Lastausbreitungswinkel	14	y-Stelle	12
Lastfaktor	16		
Lastfall	17		

Z

Zusammenstellung der Wanderlast 10, 16

Zuweisen 16