

**Fassung**  
**März 2012**

**Zusatzmodul**

# **MAST**

**Generierung von Gittermast-  
strukturen mit Anbauteilen  
und Belastung**

## **Programm- Beschreibung**

Alle Rechte, auch das der Übersetzung, vorbehalten.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der INGENIEUR-SOFTWARE DLUBAL GMBH ist es nicht gestattet, diese Programmbeschreibung 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 9203-51  
E-Mail: [info@dlubal.com](mailto:info@dlubal.com)  
Web: [www.dlubal.de](http://www.dlubal.de)



# Inhalt

Inhalt		Seite	Inhalt		Seite
1.	<b>MAST Struktur</b>	<b>5</b>	6.12	Export	42
1.1	Einleitung	5	7.	<b>Allgemeine Funktionen</b>	<b>43</b>
1.2	MAST - Team	6	7.1	MAST-Fall löschen	43
1.3	Gebrauch des Handbuchs	6	7.2	Einheiten und Dezimalstellen	43
1.4	Aufruf des MAST-Moduls	7	8.	<b>MAST Knicklängen</b>	<b>44</b>
2.	<b>Eingabedaten</b>	<b>8</b>	8.1	Einführung	44
2.1	Masttyp	8	8.2	Starten des Moduls	44
2.2	Querschnitte	10	9.	<b>Eingabedaten</b>	<b>46</b>
2.3	Mastschüsse	13	9.1	Basisangaben	46
2.4	Vertikale Ausfachungen	15	9.2	Details	47
2.4.1	Benutzerdefinierte Ausfachungstypen	17	10.	<b>Generierte Daten</b>	<b>50</b>
2.5	Horizontale Gurte	18	10.1	Knicklängen - Fachwerkstäbe	50
2.6	Horizontale Ausfachung	19	10.2	Effektive Längen - Nichtfachwerkstäbe	51
2.7	Innere Ausfachungen	20	10.3	Export der Ergebnisse	51
2.8	Querarme	21	11.	<b>Allgemeine Funktionen</b>	<b>52</b>
3.	<b>Generierte Daten</b>	<b>23</b>	11.1	MAST-Fall löschen	52
3.1	Stabendgelenke	23	11.2	Einheiten und Dezimalstellen	52
3.2	Stabdrehungen	24	12.	<b>MAST Belastung</b>	<b>53</b>
3.3	Stückliste	25	12.1	Einleitung	53
4.	<b>Allgemeine Funktionen</b>	<b>26</b>	12.2	Aufruf des Moduls	53
4.1	MAST-Fall löschen	26	13.	<b>Eingabedaten</b>	<b>55</b>
4.2	Einheiten und Dezimalstellen	26	13.1	Basisangaben	55
5.	<b>MAST Anbauten</b>	<b>27</b>	13.2	Eigengewicht	56
5.1	Einleitung	27	13.3	Windlast - Teil 1	57
5.2	Aufruf des Moduls	27	13.4	Windlast - Teil 2	59
6.	<b>Eingabedaten</b>	<b>29</b>	13.5	Ermittlung des Böenreaktionsfaktors	60
6.1	Basisangaben	29	13.6	Abschirmung	61
6.2	Bühnen	30	13.7	Eislasten - Vereisungsklasse G	62
6.3	Bühnen selbst erstellen	31	13.8	Eislasten - Vereisungsklasse R	63
6.4	Aufsatzrohr	34	13.9	Details	64
6.5	Antennenträger	35	13.10	Verkehrslasten	65
6.6	Antennengruppen	36	14.	<b>Ergebnisse</b>	<b>66</b>
6.7	Antennen	37	14.1	Lastfälle	66
6.8	Antennenersatzflächen	38	14.2	Eigengewicht und Eisgewicht	67
6.9	Innenschächte	39	14.3	Windlasten - Böenreaktionsfaktor	67
6.10	Kabelbahnen	40	14.4	Windlasten - Mast	68
6.11	Leitern	41			

# Inhalt

	Inhalt	Seite		Inhalt	Seite
14.5	Windlasten - Horizontale Ausfachungen	69			
14.6	Windlasten - Begrenzung der Windlast	70			
14.7	Export der Ergebnisse	70			
15.	Allgemeine Funktionen	<b>71</b>			
15.1	MAST-Fall löschen	71			
15.2	Einheiten und Dezimalstellen	71			
A	Literatur	<b>72</b>			
B	Index	<b>73</b>			

# 1. MAST Struktur

## 1.1 Einleitung

Mit diesem leistungsfähigen Modul gibt die ING.-SOFTWARE DLUBAL GMBH dem Anwender ein Werkzeug zur Erstellung von komplexen Gittermaststrukturen in die Hand. Damit lassen sich drei- oder vierseitige Mastkonstruktionen, welche auch räumlich ausgesteift sein können, generieren.

Das Modul bietet mit seiner klaren Strukturierung und den intuitiven Eingabemasken eine innovative Arbeitserleichterung für den Anwender. Geometrisch aufwändige 3D-Maststrukturen lassen sich somit in kürzester Zeit in RSTAB bzw. RFEM erzeugen. Weiterhin ist mit dem Zusatzmodul MAST eine Modifizierung einer bereits bestehenden Struktur sehr leicht möglich. Im vorliegenden Handbuch werden die einzelnen Masken anhand eines begleitenden Beispiels beschrieben.

Wie die übrigen Zusatzmodule ist auch MAST vollständig in RSTAB bzw. RFEM integriert.

Wir wünschen Ihnen viel Freude und Erfolg mit MAST.

Ihr Team von ING.-SOFTWARE DLUBAL GMBH

## 1.2 MAST - Team

An der Entwicklung von MAST waren beteiligt:

### Programmkoordinierung

Dipl.-Ing. Georg Dlubal  
 Ing. Evžen Haluzík  
 Ing. Vladimír Pátý

Dipl.-Ing. (FH) Younes El Frem  
 Ing. Pavol Červeňák  
 Dipl.-Ing. (FH) Wieland Götzler

### Programmierung

David Schweiner  
 Petr Oulehle  
 Ing. Ph.D. Jaromír Křížek

Ing. Martin Budáč  
 Ing. Vladimír Pátý

### Querschnitts- und Materialdatenbank

Ing. Ph.D. Jan Rybín

### Programmdesign, Dialogbilder und Icons

Dipl.-Ing. Georg Dlubal  
 MgA. Robert Kolouch

### Programmkontrolle

Ing. Evžen Haluzík  
 Ing. Jakub Harazín

Dipl.-Ing. (FH) René Flori  
 Jozef Krčmárik

### Handbuch, Hilfesystem und Übersetzungen

Dipl.-Ing. (FH) René Flori  
 Ing. Ladislav Kábrt

Mgr. Ing. Hana Macková  
 Dip.-Ü. Gundel Pietzcker

### Technische Unterstützung und Endkontrolle

Dipl.-Ing. (FH) Matthias Entenmann  
 Dipl.-Ing. Frank Faulstich  
 Dipl.-Ing. (FH) Wieland Götzler  
 Dipl.-Ing. (FH) René Flori

M.Eng. Dipl.-Ing. (BA) Andreas Niemeier  
 M.Eng. Dipl.-Ing. (FH) Walter Rustler  
 Dipl.-Ing. (FH) Christian Stautner  
 Dipl.-Ing. (FH) Robert Vogl

## 1.3 Gebrauch des Handbuchs

Die Themenbereiche Installation, Benutzeroberfläche, Ergebnisauswertung und Ausdruck sind im RSTAB- bzw. RFEM-Handbuch ausführlich erläutert, so dass auf eine Beschreibung verzichtet werden kann. Der Schwerpunkt dieses Handbuchs liegt auf den Besonderheiten, die sich im Rahmen der Arbeit mit den MAST-Zusatzmodulen ergeben.

Das Handbuch orientiert sich an der Reihenfolge und am Aufbau der einzelnen Eingabe- und Ergebnismasken. Die unterschiedlichen Module werden der Reihe nach vorgestellt: **MAST Struktur, MAST Anbauten, MAST Knicklängen und MAST Belastung.**



Im Text werden die beschriebenen **Schaltflächen** (Buttons) in eckige Klammern gesetzt, z. B. [Details]. Gleichzeitig sind sie am linken Rand abgebildet. Zudem werden die **Begriffe** der Dialoge, Tabellen und Menüs durch *Kursivschrift* hervorgehoben, um das Nachvollziehen der Erläuterungen zu erleichtern.

Das Handbuch enthält auch ein Stichwortverzeichnis. Sollten Sie trotzdem nicht fündig werden, steht auf unserer Website [www.dlubal.de](http://www.dlubal.de) eine Suchfunktion zur Verfügung, mit der Sie in der Liste aller *Fragen und Antworten* nach bestimmten Kriterien filtern können.

## 1.4 Aufruf des MAST-Moduls

Es bestehen in RSTAB bzw. RFEM zwei Möglichkeiten, das Zusatzmodul **MAST Struktur** zu starten.

### Menü

Der Programmaufruf kann erfolgen über das Pulldownmenü

**Zusatzmodule → Gittermasten → MAST Struktur.**

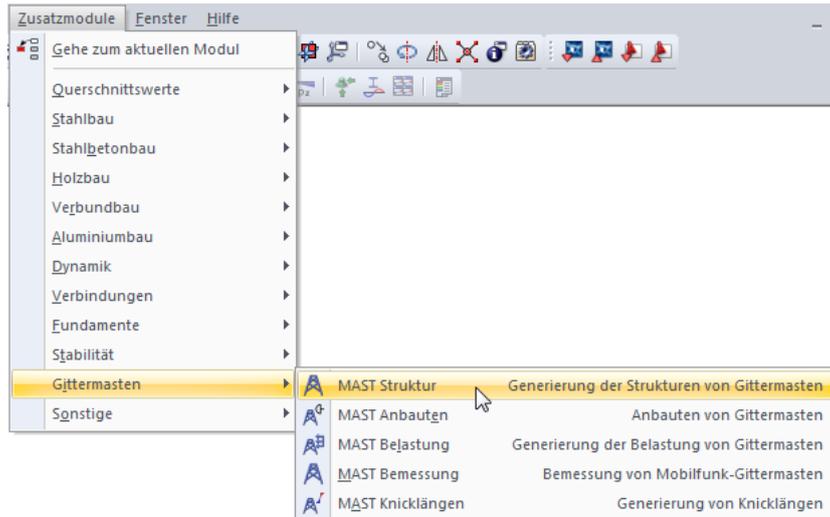


Bild 1.1: Menü: Zusatzmodule → Gittermasten → MAST Struktur

### Navigator

Das Modul MAST Struktur kann im *Daten*-Navigator aufgerufen werden über den Eintrag

**Zusatzmodule → MAST Struktur.**

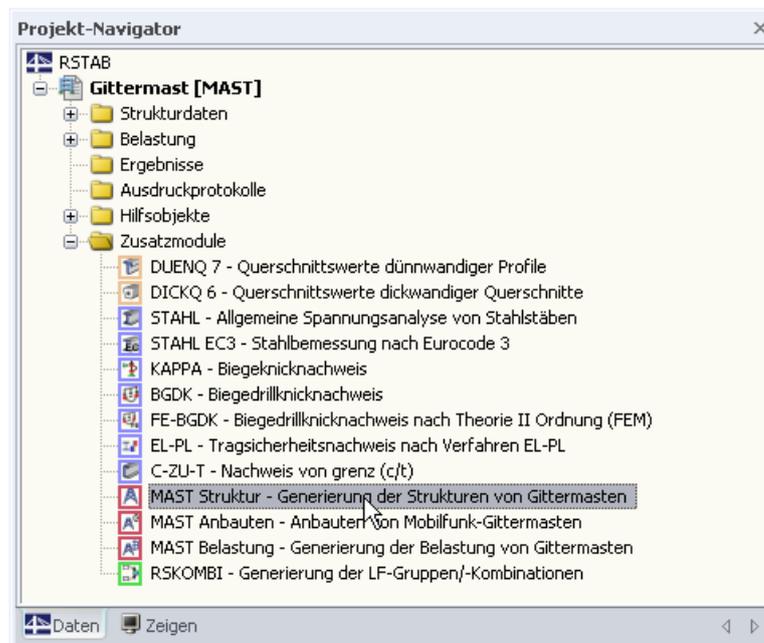


Bild 1.2: Daten-Navigator: Zusatzmodule → MAST Struktur

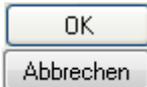
## 2. Eingabedaten

Die Eingaben zur Definition der Strukturdaten erfolgen in Masken.

Nach dem Aufruf von MAST wird in einem neuen Fenster links ein Navigator angezeigt, der alle aktuell anwählbaren Masken verwaltet.



Die Ansteuerung der Masken erfolgt entweder durch Anklicken eines bestimmten Eintrages im Navigator von MAST oder durch Blättern mit den beiden links dargestellten Schaltflächen. Die Funktionstasten [F2] und [F3] blättern ebenso eine Maske vorwärts oder zurück.



Mit [OK] werden die getroffenen Eingaben gesichert und das Modul MAST verlassen, während [Abbrechen] ein Beenden ohne Sicherung zur Folge hat.

### 2.1 Masttyp

In Maske 1.1 *Masttyp* erfolgen die Eingaben zur grundlegenden Formgebung der Maststruktur.

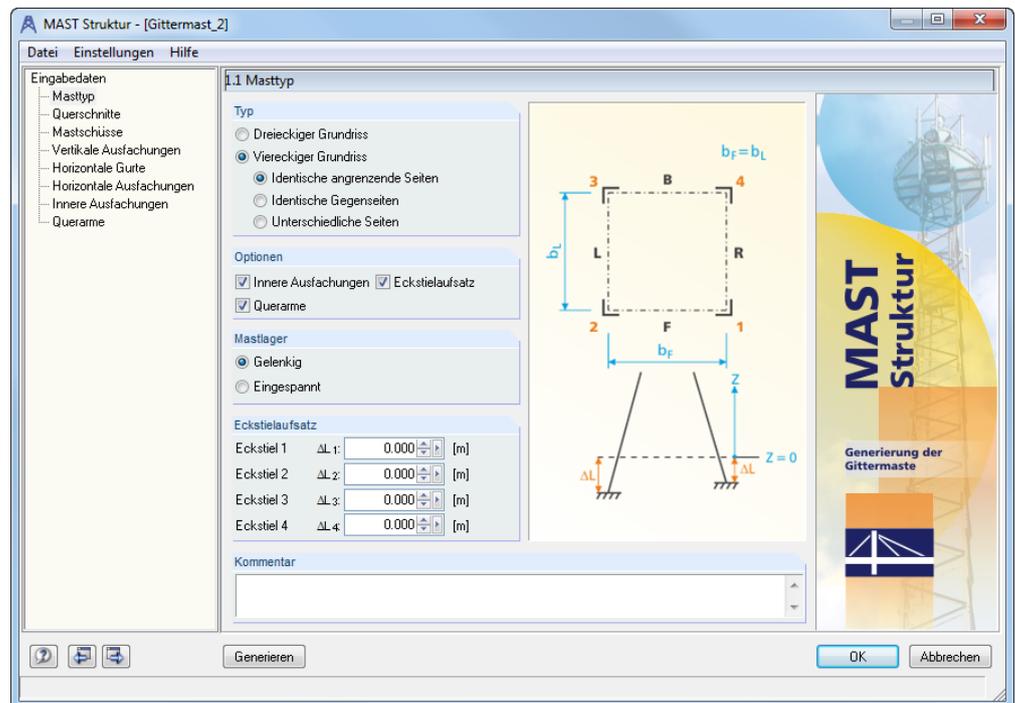


Bild 2.1: Maske 1.1 *Masttyp*

#### Typ

In diesem Abschnitt ist die Anzahl der Seiten des Gittermastes zu definieren. Liegt ein *Viereckiger Grundriss* vor, sind auch die Seitenverhältnisse anzugeben. Wenn hier die Option *Identische angrenzende Seiten* gewählt wird, erzeugt MAST Struktur einen Turm mit quadratischer Form der horizontalen Ebenen. Sind die Seiten nicht gleich lang, so erscheint im Navigatorbereich die zusätzliche Eingabemaske 1.5 zur Definition der weiteren vertikalen Ausfachungen.

Es ist auch möglich, die vier Mastseiten in Bezug auf ihre Ausfachung unterschiedlich auszubilden. Mit Aktivierung der Option *Unterschiedliche Seiten* werden dann die Masken 1.6 und 1.7 aktiv. Die Masken 1.4 bis 1.7 sind in Kapitel 2.4 ab Seite 15 beschrieben.

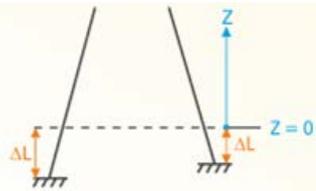
### Optionen

Sollen die vertikalen Ausfachungen zusätzlich noch abgestützt werden, kann man hier die Option *Innere Ausfachung* aktivieren. Diese Maske ist in Kapitel 2.7 auf Seite 20 erläutert.

Zur Berechnung von Stromleitungsmasten können optional auch *Querarme* ausgewählt werden. Ist das Kontrollfeld aktiviert, wird eine zusätzliche Eingabemaske sichtbar. Die Eingabemöglichkeiten werden in Kapitel 2.8 auf Seite 21 beschrieben.

### Mastlager

Hier kann der Anwender den Lagertyp festlegen, der dann in RSTAB generiert wird. Zur Auswahl stehen gelenkige Lager und eine Volleinspannung.



### Eckstielaufsatz

Oft werden Maststrukturen an Orten erreicht, an denen keine einheitliche Oberkante für alle drei bzw. vier Eckstiele gegeben ist. Daher bietet MAST Struktur mit der Option *Eckstielaufsatz* dem Anwender die Möglichkeit für jeden Eckstiel eine Versatzhöhe  $\Delta L$  anzugeben.

### Kommentar

Dieses Eingabefeld steht für eine benutzerdefinierte Anmerkung zur Verfügung, die z. B. die aktuelle Maststruktur erläuternd beschreibt.

## 2.2 Querschnitte

In Maske 1.2 *Querschnitte* definiert der Anwender die zu verwendenden Profile sowie das Material. Die hier eingegebenen Querschnitte stehen dann in den weiterführenden Masken zur Verfügung.

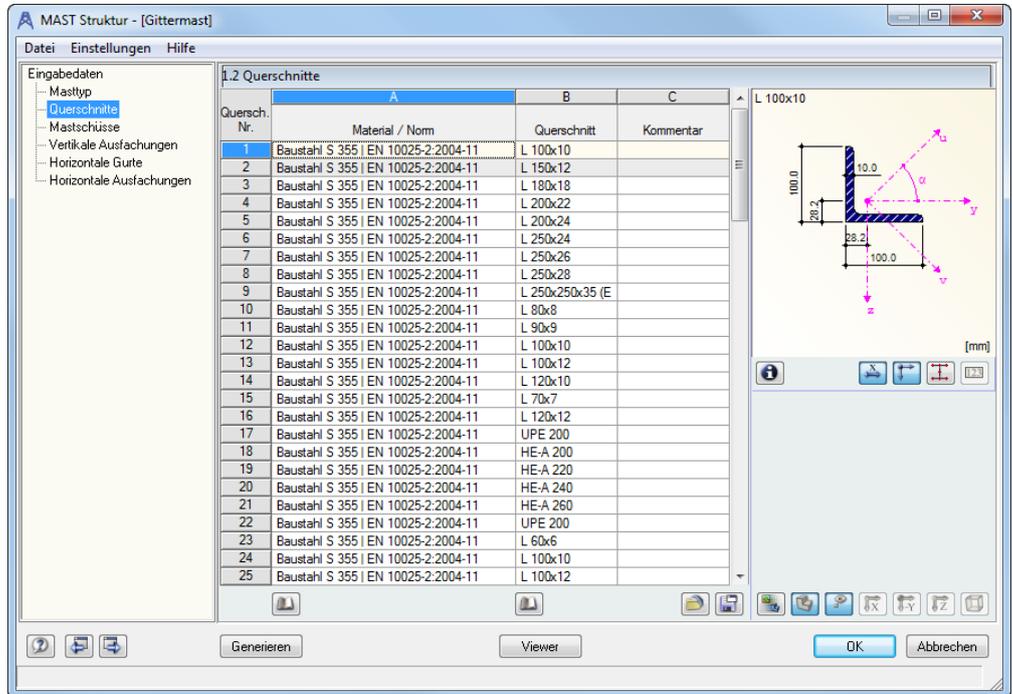


Bild 2.2: Maske 1.2 *Querschnitte*

Zum Ändern eines Profils wird die neue Querschnittsbezeichnung in die entsprechende Zeile eingetragen oder das neue Profil aus der Bibliothek ausgewählt. Diese können Sie wie gewohnt mit der Schaltfläche [Querschnittsbibliothek] aufrufen. Alternativ platzieren Sie den Cursor in der gewünschten Zeile und drücken dann [...] oder die Funktionstaste [F7]. Es erscheint die bereits aus RSTAB bekannte Querschnittsbibliothek bzw. Profilliste.

Die in Maske 1.2 so definierte Querschnittstabelle lässt sich als Datensatz abspeichern und bei Bedarf in jedem anderen MAST-Fall wieder einlesen.

Die Auswahl von Querschnitten aus der Bibliothek ist im Kapitel 5.3 des RSTAB-Handbuchs bzw. Kapitel 5.13 des RFEM-Handbuchs ausführlich beschrieben.



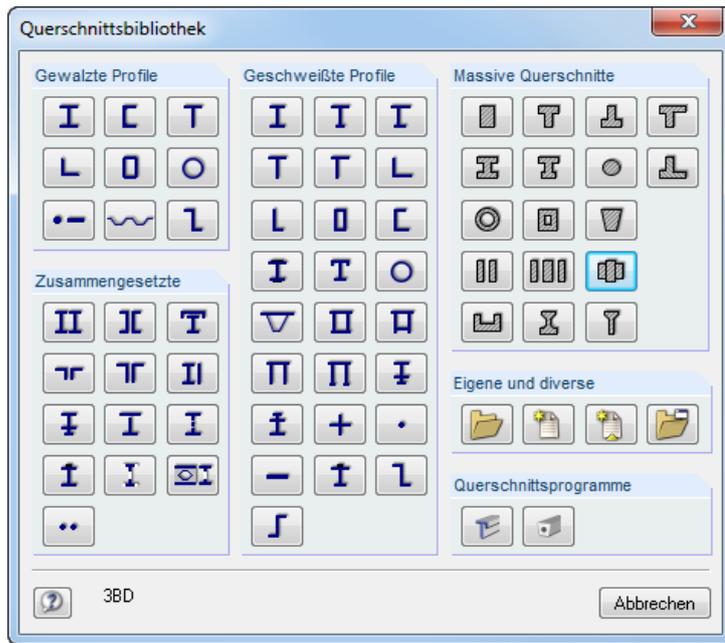


Bild 2.3: Querschnittsbibliothek

### Info über Querschnitt



Zur Kontrolle können über die Schaltfläche [Info] zusätzliche Detailinformationen zu jedem Querschnitt abgerufen werden. Es erscheint ein Dialog mit Querschnittswerten.

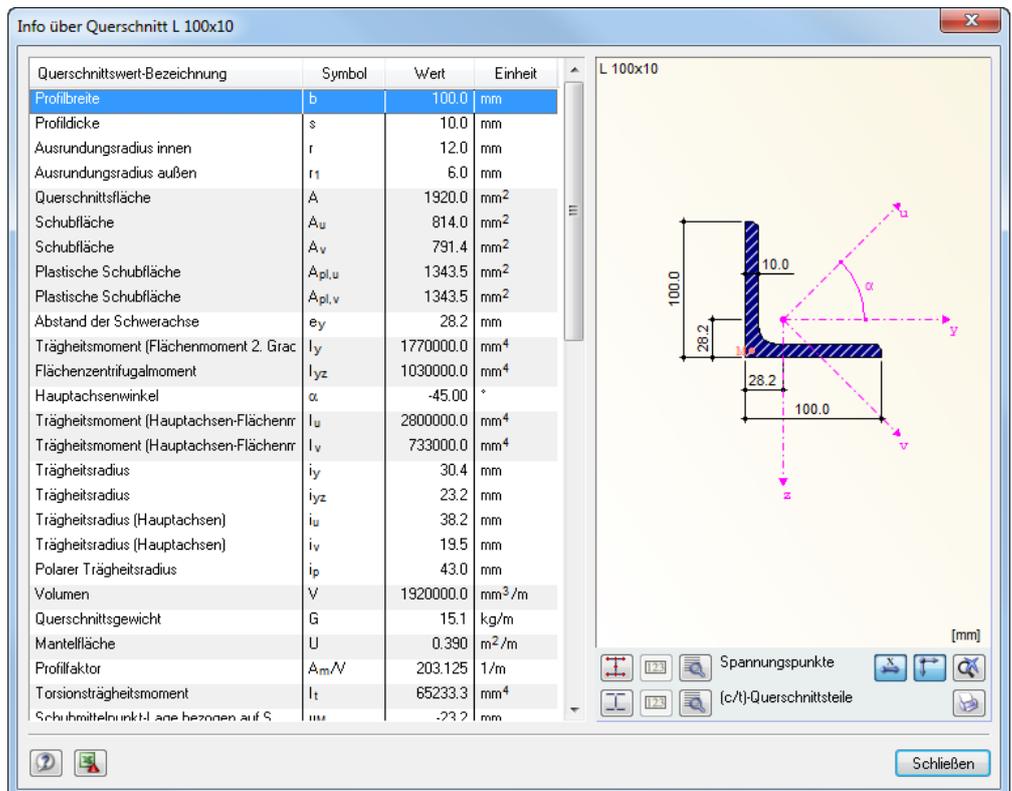


Bild 2.4: Dialog Info über Querschnitt

Zudem können die *Spannungspunkte* und *Querschnittsteile* für den c/t-Nachweis zur Anzeige gebracht werden. Im rechten Teil der Maske wird der aktuelle Querschnitt grafisch dargestellt.

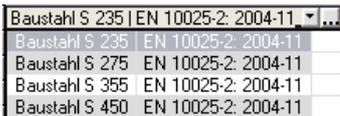
Die Schaltflächen unterhalb der Grafik sind mit folgenden Funktionen belegt:

Schaltfläche	Funktion
	Die Spannungspunkte werden angezeigt oder ausgeblendet.
	Die (c/t)-Querschnittsteile werden angezeigt oder ausgeblendet.
	Die Nummerierung der Spannungspunkte bzw. (c/t)-Querschnittsteile wird ein- oder ausgeblendet.
	Die Details der Spannungspunkte bzw. (c/t)-Querschnittsteile wird ein- oder ausgeblendet.
	Die Bemaßung des Querschnitts wird ein- oder ausgeblendet.
	Die Hauptachsen des Profils werden ein- oder ausgeschaltet.
	Der gesamte Querschnitt wird angezeigt.
	Das Ausdrucken der Querschnittsinformationen wird ermöglicht.

Tabelle 2.1: Schaltflächen der Querschnittsgrafik

### Material / Norm

In Spalte A der Maske 1.2 kann man über das Pulldownmenü *Material* direkt auswählen. Es stehen dabei die Materialien der in der Bibliothek ausgewählten Norm bzw. Normengruppe zur Verfügung.



### Materialbibliothek

Eine Vielzahl von Materialien ist in einer Bibliothek hinterlegt. Diese wird aufgerufen über die links dargestellten Schaltflächen oder die Funktionstaste [F7].

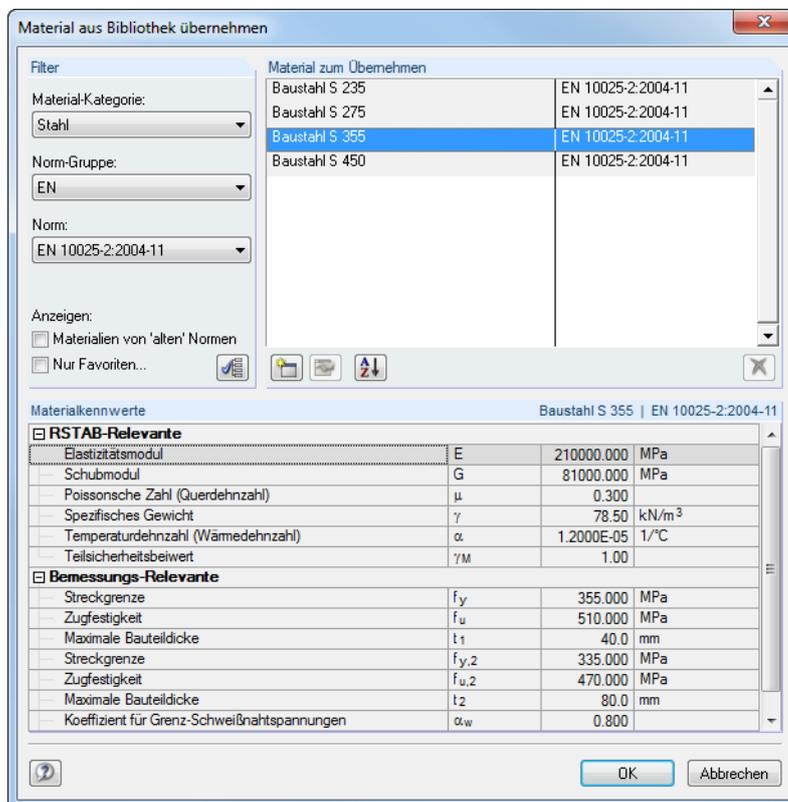


Bild 2.5: Dialog *Material aus Bibliothek übernehmen*

OK

Im Abschnitt *Filter* ist die Materialkategorie *Stahl* voreingestellt. Aus der rechts davon befindlichen Liste *Material zum Übernehmen* können Sie ein Material auswählen und dessen Kennwerte im unteren Bereich des Dialogs kontrollieren. Mit [OK] oder [↵] wird es in die Maske 1.2 von MAST-Struktur übernommen.

Im Kapitel 5.2 des RSTAB-Handbuchs ist ausführlich beschrieben, wie Materialien gefiltert, ergänzt oder neu sortiert werden können.

## 2.3 Mastschüsse

Die Eckstiele von Gittermasten können verschiedene Anordnungen über die Höhe haben. So verlaufen sie im unteren Bereich meist nicht parallel, und der Mast verjüngt sich nach oben hin. In der Maske 1.3 *Mastschüsse* hat der Anwender die Möglichkeit, die Geometrie der Konstruktion mit den so genannten Mastschüssen zu definieren.

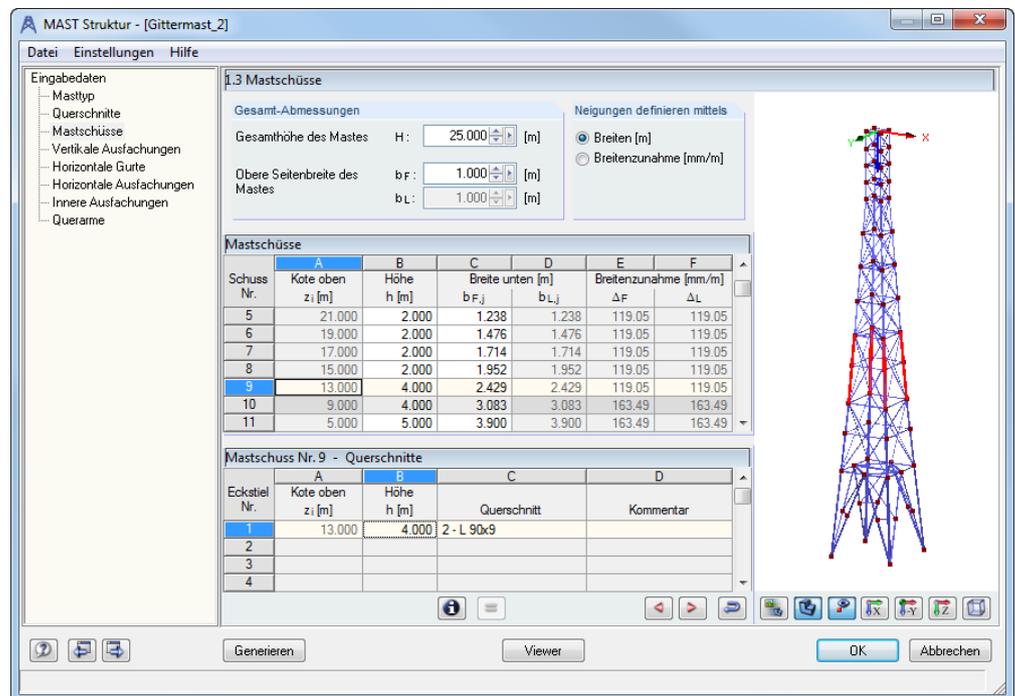
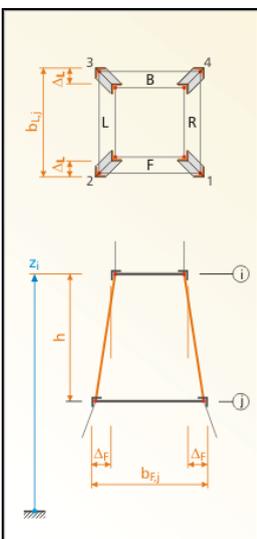


Bild 2.6: Maske 1.3 *Mastschüsse*



### Gesamtabmessungen

Im oberen Bereich der Maske definiert man die *Gesamthöhe H*. Zusätzlich muss die Startbreite des ersten Mastschusses  $b_F$  definiert werden. Bei Masten mit einem quadratischen Querschnitt ist das Feld  $b_L$  deaktiviert.

### Neigungen der Eckstiele definieren

Hier hat der Anwender zwei Auswahlmöglichkeiten. Es kann die jeweilige Startbreite eines Mastschusses angegeben werden. Hier ermittelt das Modul die Neigung über Mastschuss-höhe und Differenz der Breiten. Weiterhin ist es möglich, die Neigung über eine Breitenzunahme in [mm/m] anzugeben. Die Mastschussbreiten werden dann automatisch ermittelt.

Erklärend kann im rechten Bereich ein Schema eingeblendet werden. Hier werden die in den Tabellen verwendeten Variablen dargestellt.

### Mastschüsse

In der mittleren Tabelle definiert man die Mastschüsse über ihre Höhe  $h$ , die Breite  $b$  oder die Breitenzunahme. Welcher Teil der Tabelle dabei aktiv ist, wird über die zuvor gemachte Einstellung der Neigungsdefinition entschieden.

### Mastschuss - Querschnitte

Jedem Teilbereich des Mastes muss ein Querschnitt zugewiesen werden. Dazu wählt man mit dem Mauszeiger einen Mastschuss in der mittleren Tabelle aus und weist diesem dann einen Querschnitt aus Spalte C in der unteren Tabelle zu. Dabei greift der Anwender auf die Profile zurück, welche in Maske 1.2 *Querschnitte* definiert wurden. Möchte man für einen Mastschuss verschiedene Querschnitte verwenden, so sind zuerst die Teilhöhen  $h$  in Spalte B der unteren Tabelle festzulegen. Danach kann wie gewohnt ein Querschnitt zugewiesen werden. Bei einer großen Anzahl von Unterteilungen kann das Zuweisen gleicher Querschnitte mit der Schaltfläche [=] für die folgenden Zeilen erfolgen.

Zur Visualisierung der bisher eingegebenen Strukturdaten stehen verschiedene Schaltflächen zur Verfügung. In der folgenden Tabelle werden diese erläuternd dargestellt:

Schaltfläche	Funktion
	Wechsel zwischen den Zeilen der Tabelle Mastschüsse
	Wechsel zwischen der mittleren und unteren Tabelle
	Anzeige der schematischen Darstellung oder des Modells
	Ein- und Ausblenden der Strukturknoten
	Anzeige des Drahtmodells oder des gerenderten Modells
	Ansicht des Modells in Richtung der Achsen X, -Y und Z
	Anzeige der isometrischen Ansicht

Tabelle 2.2: Schaltflächen zur Visualisierung der Strukturdaten

## 2.4 Vertikale Ausfachungen

Zur Stabilisierung der Eckstiele kann man in Maske 1.4 vertikale Ausfachungen definieren. Dazu ist die Maske in zwei Bereiche untergliedert.

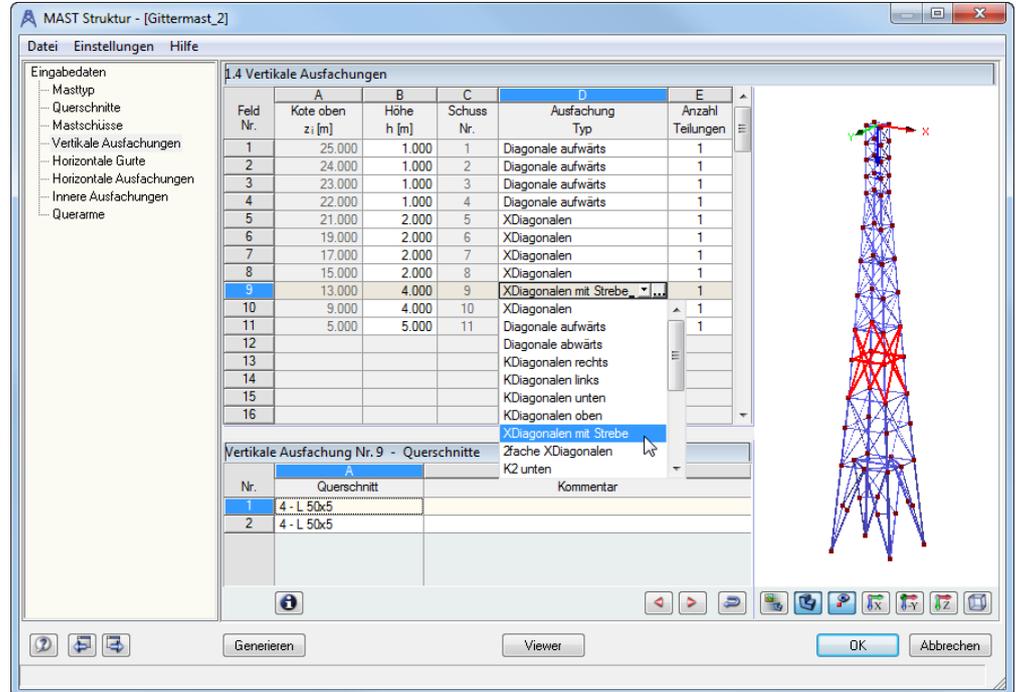


Bild 2.7: Maske 1.4 Vertikale Ausfachungen

In der oberen Tabelle wird die Geometrie festgelegt. Die Höhe  $h$  wird dabei als Empfehlung aus der Maske 1.3 *Mastschüsse* übernommen. Werden die Feldhöhen geringer als die Mastschusshöhe angegeben, so erzeugt das Modul automatisch ein weiteres Ausfachungsfeld.

Zur Definition des Ausfachungstyps verfügt das Modul MAST Struktur über eine Datenbank, in der die üblichen Anordnungen von vertikalen *Ausfachungen* hinterlegt sind. Zum Öffnen der Datenbank (siehe Bild 2.8) platzieren Sie den Cursor in der relevanten Zeile der Spalte D und drücken dann [...] oder die Funktionstaste [F7].



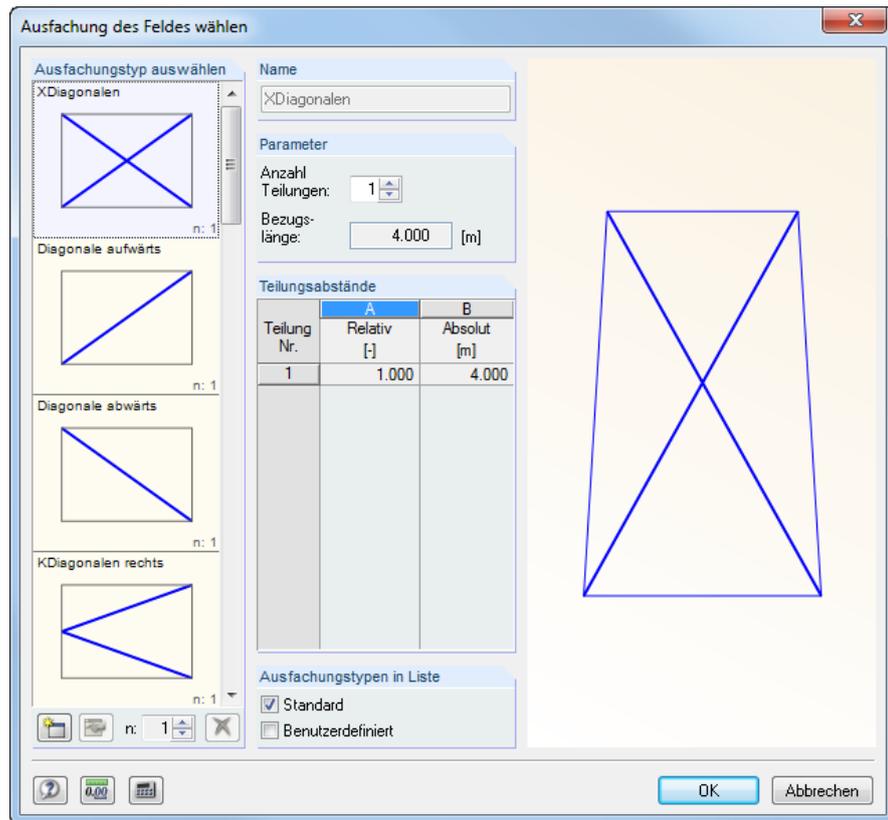


Bild 2.8: Datenbank der Ausfachungsgeometrien für vertikale Ausfachungen

### Parameter und Teilungsabstände

Die vorhandenen Datensätze können über die Parameter *Anzahl der Teilungen* und *Bezugs-länge* angepasst werden. Dabei werden vom Modul automatisch Teilungen in der Tabelle Teilungsabstände angelegt. Diese kann der Anwender nachträglich noch manuell ändern. Es wird dabei die oben definierte Bezugslänge berücksichtigt und die Längen der jeweiligen Teilungen angepasst.

### 2.4.1 Benutzerdefinierte Ausfachungstypen



Die Datenbank ist mit selbstdefinierten Ausfachungstypen beliebig erweiterbar. Durch Drücken der links dargestellten Schaltfläche öffnet sich ein neues Bearbeitungsfenster. Zur einfachen Erstellung einer benutzerdefinierten Geometrie empfiehlt es sich, eine Vorlage aus der Datenbank zu nutzen.

Die Generierung der Ausfachungsstäbe basiert auf der Verwendung von Linien, die sich wiederum an Bezugslinien orientieren. Dabei wird der Start- und Endpunkt einer Linie über den Relativabstand zum Beginn oder Ende einer Bezugslinie definiert. Alle Eingaben werden direkt in der Grafik auf der rechten Seite dargestellt. Zur besseren Übersicht kann die Liniennummerierung und die Linienorientierung über die beiden Schaltflächen aktiviert werden.

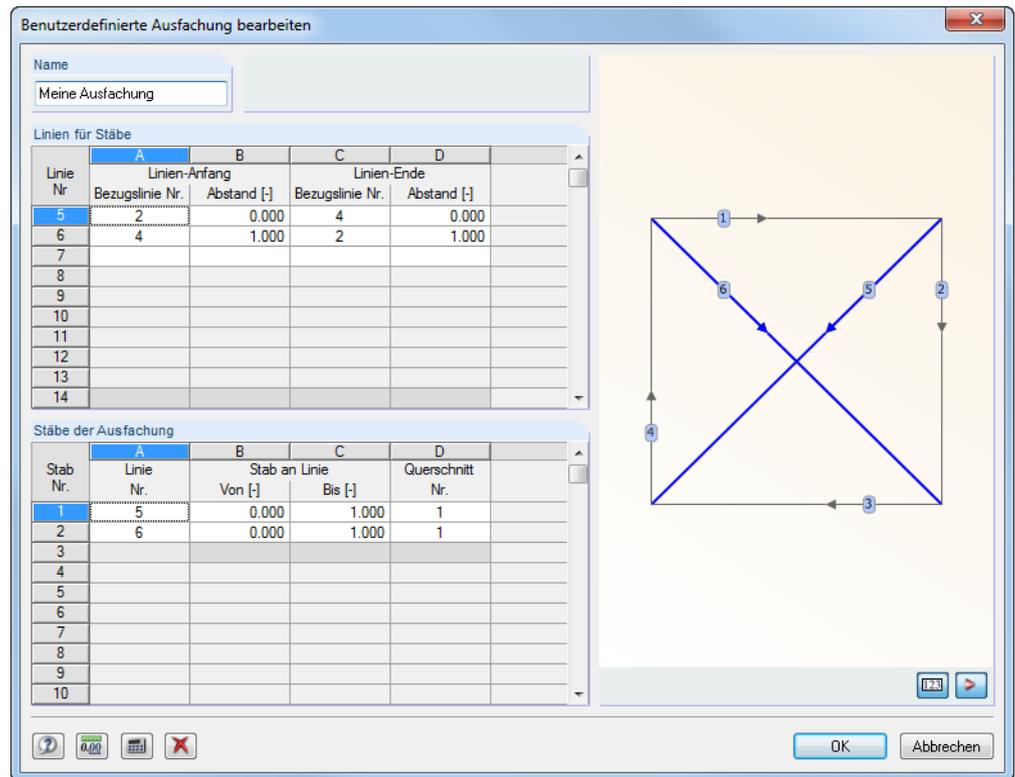
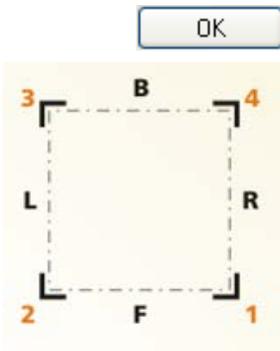


Bild 2.9: Dialog Benutzerdefinierte Ausfachung bearbeiten

Hat man eine benutzerdefinierte Ausfachung erstellt, vergibt man noch einen Namen und verlässt die Maske mit [OK]. Aus der Datenbank wechselt man dann ebenfalls mit [OK].

Nun muss der Ausfachung noch ein Querschnitt zugewiesen werden. Dazu wählt man im oberen Teil der Maske 1.4 ein Ausfachungsfeld aus und vergibt dann in der unteren Tabelle einen Querschnitt.

Wird in Maske 1.1 die Option *Identische Gegenseiten* aktiviert, so definiert man in Maske 1.4 Vertikale Ausfachungen – Seiten F, B und in Maske 1.5 Vertikale Ausfachungen – Seiten L, R. Mit der dritten Option *Unterschiedliche Seiten* erfolgt die Definition der vertikalen Ausfachung für die Seiten F,L,B und R in den Masken 1.5 bis 1.7.



## 2.5 Horizontale Gurte

An den Übergängen der Mastschüsse kann man in Maske 1.8 horizontale Gurte definieren.

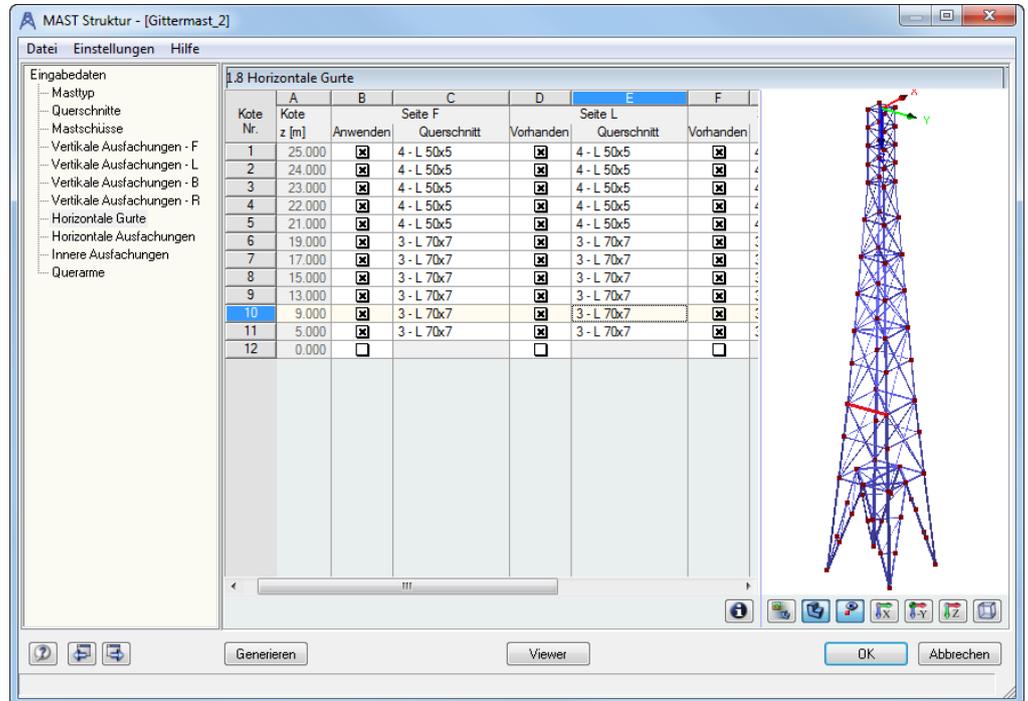


Bild 2.10: Maske 1.8 Horizontale Gurte

Bei gleichen Seitenwandlängen des Mastes sind die Spalten D bis I inaktiv. Die Definitionen aus Spalte B und C werden hier automatisch übernommen. Bei Auswahl nicht identischer Seitenlängen in Maske 1.1 (siehe Kapitel 2.1, Seite 8) können die horizontalen Gurte für die jeweiligen Seitenwände definiert werden.

## 2.6 Horizontale Ausfachung

Zur zusätzlichen Aussteifung können in der Ebene der horizontalen Gurte horizontale Ausfachungen in verschiedenen Ausführungen definiert werden.

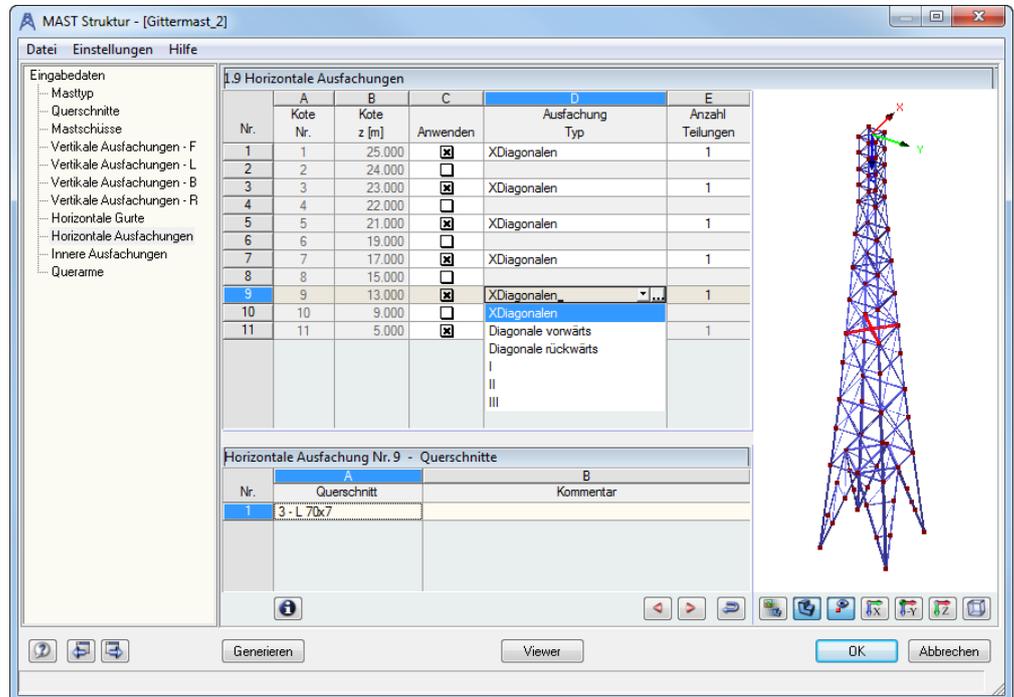


Bild 2.11: Maske 1.9 Horizontale Ausfachung

Auch hier bietet das MAST-Modul eine Datenbank mit vordefinierten Anordnungen von Stäben für Ausfachungen an. Möchte man jedoch eine benutzerdefinierte horizontale Ausfachung verwenden, so lässt sich diese analog der Beschreibung in Kapitel 2.4.1 auf Seite 17 erstellen.

## 2.7 Innere Ausfachungen

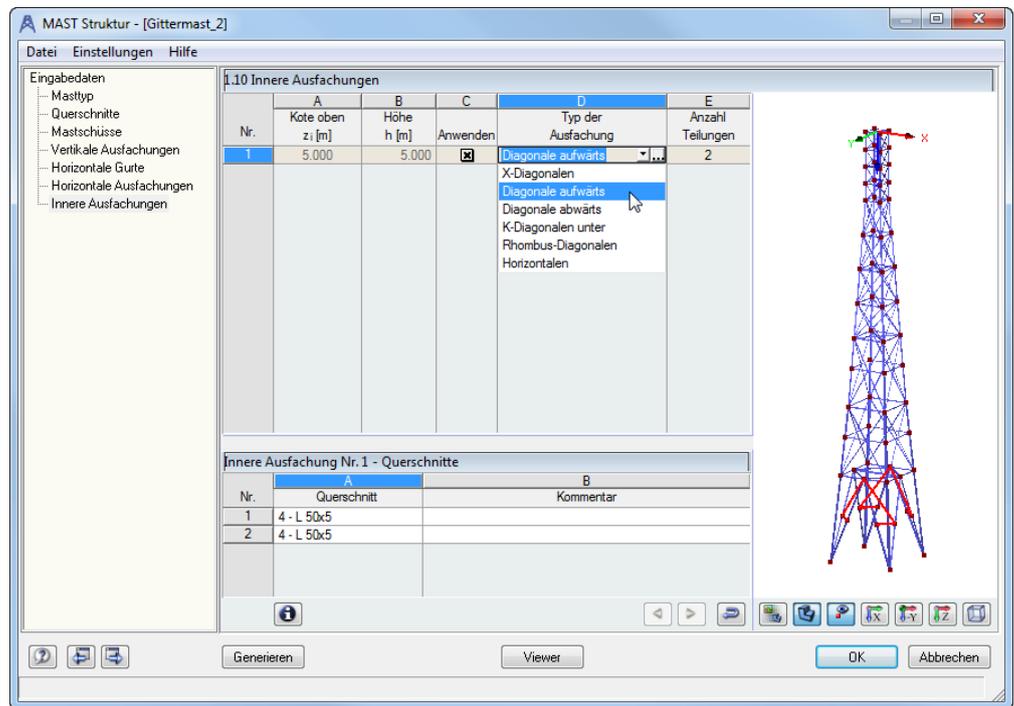


Bild 2.12: Maske 1.10 Innere Ausfachungen

Sind die Ausfachungsstäbe der Seitenwände sehr schlank, so kann es notwendig werden, die Knicklänge durch konstruktive Maßnahmen zu reduzieren. Dazu bietet das Modul MAST-Struktur die inneren Ausfachungen an. Die Definition erfolgt für jeden Mastschuss separat, dadurch ist eine individuelle Anpassung an die statischen Erfordernisse möglich.



Die Maske 1.10 *Innere Ausfachungen* ist nur aktiv, wenn in den Masken 1.4 bzw. 1.5 bis 1.7 vertikale Ausfachungstypen gewählt wurden, für die eine zusätzliche Aussteifung sinnvoll ist. Da die inneren Ausfachungen für alle vier Mastseiten gleich definiert werden, muss bei ungleichmäßigen Seitenlängen für alle Seiten ein Ausfachungstyp gewählt werden, der eine innere Ausfachung erlaubt.



Im oberen Teil der Maske aktiviert man in Spalte C die vorhandenen Ausfachungen und weist diesen einen Ausfachungstyp zu. In Spalte E ist es möglich, die Anzahl der Teilungen auszuwählen. Hier kann direkt eine Zahl eingegeben werden oder man nutzt die Schaltflächen, welche bei Anwahl der Tabellenzelle aktiv werden.

Die Datenbank der inneren Ausfachungen ist auf die geometrischen Randbedingungen abgestimmt. Auch hier kann der Anwender benutzerdefinierte Ausfachungstypen anlegen. Die Bedienung der Datenbank ist in Kapitel 2.4 auf Seite 15 näher erläutert.

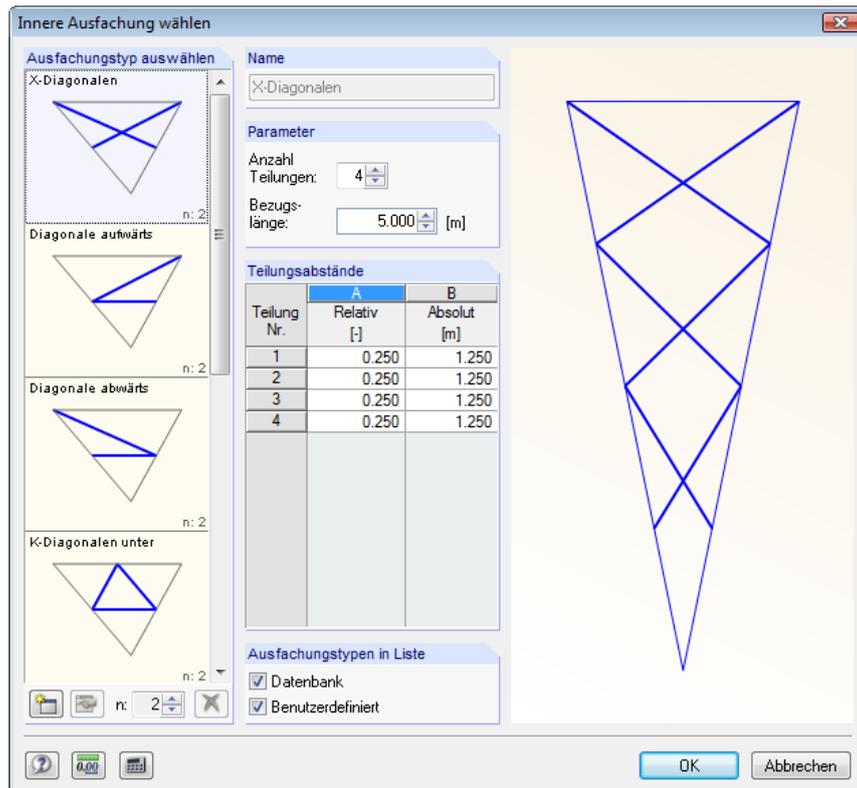


Bild 2.13: Datenbank der Ausfachungsgeometrien für innere Ausfachungen

## 2.8 Querarme

In Maske 1.11 *Querarme* können Ausleger für die Auflagerung von Stromleitungen generiert werden. Diese Maske ist anwählbar, wenn die Option *Querarme* in Maske 1.1 aktiv ist.

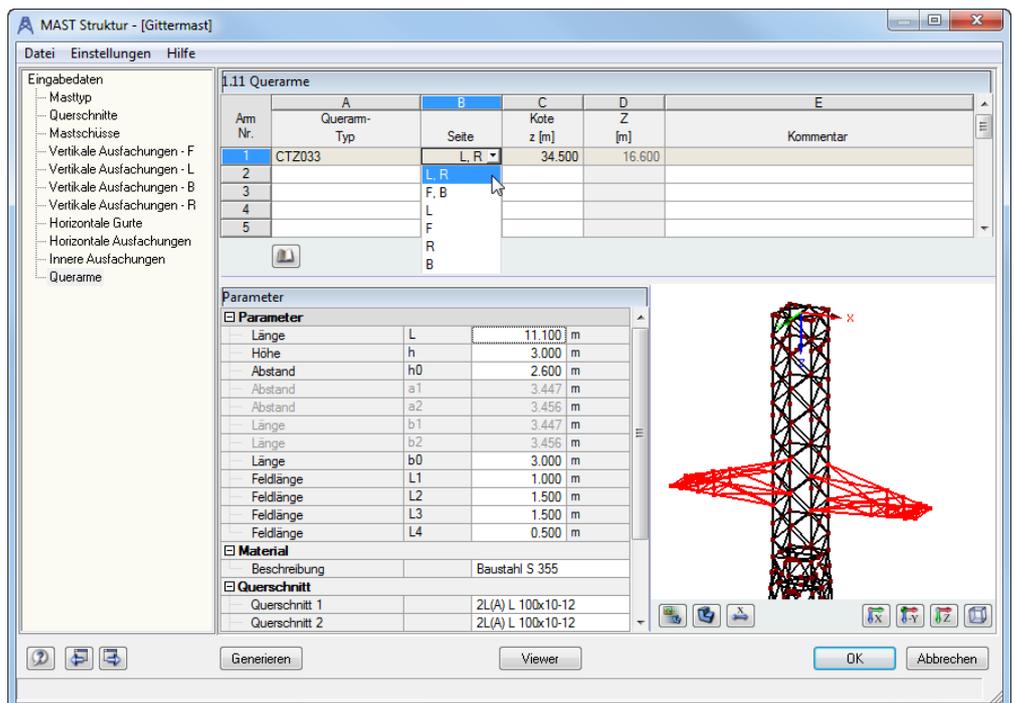


Bild 2.14: Maske 1.11 *Querarme*

Zur Definition der Querarme verfügt das Modul MAST Struktur über eine Datenbank, in der die verschiedensten Ausführungen von Auslegern hinterlegt sind. Zum Öffnen der Datenbank platzieren Sie den Cursor in der gewünschten Zeile der Spalte A und drücken dann [...] oder die Funktionstaste [F7].

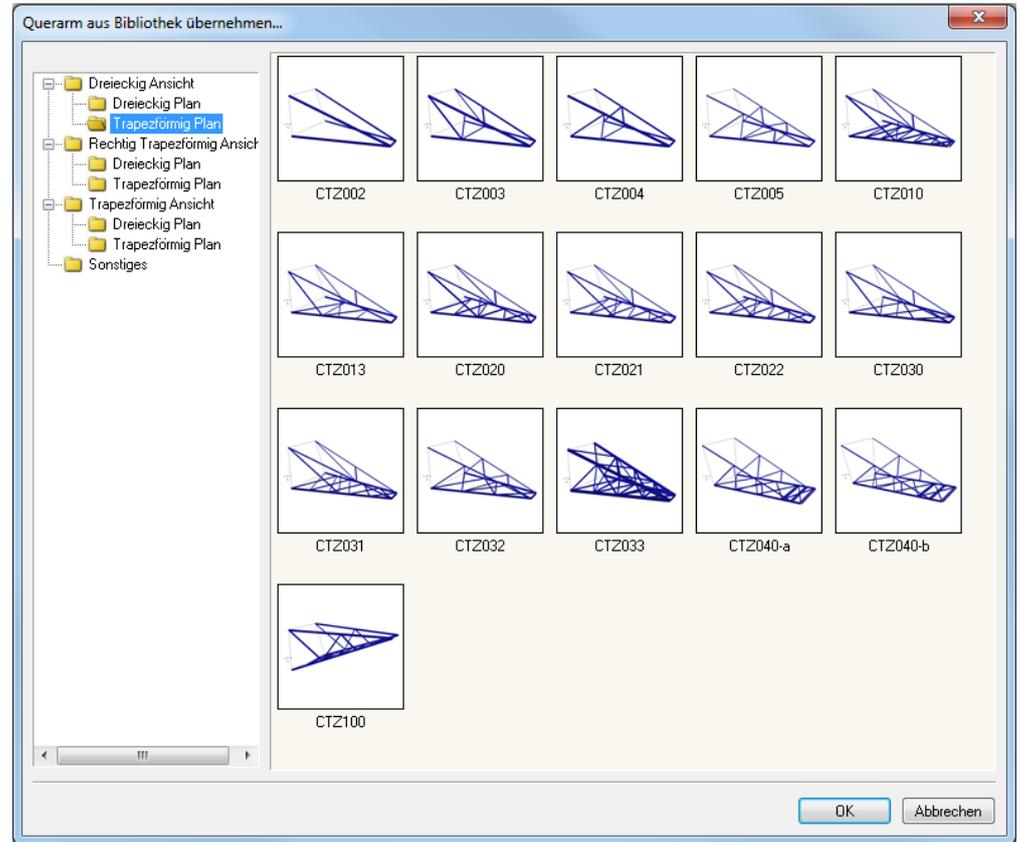


Bild 2.15: Datenbank für Querarme

In Spalte B kann der ausgewählte Ausleger den Mastseiten zugeordnet werden. Über die Spalte C steuert der Anwender die Höhe, in der ein Querarm positioniert ist. Im unteren Teil der Maske 1.11 können verschiedene Parameter des Auslegers angepasst werden. Neben den geometrischen Bedingungen können hier natürlich auch das Material und die Querschnitte der einzelnen Bauteile angepasst werden.

# 3. Generierte Daten

Generieren

Sind alle Daten vollständig eingegeben, startet man die Generierung der Maststruktur mit der Schaltfläche [Generieren]. Stellt das Modul dabei fehlerhafte oder fehlende Einträge in den Eingabemasken fest, so erhält man eine entsprechende Fehlermeldung.

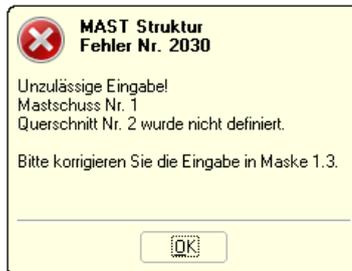


Bild 3.1: Fehlermeldung

Durch die genaue Angabe der betroffenen Eingabemaske kann eine Korrektur schnell vorgenommen werden.

## 3.1 Stabendgelenke

Nach erfolgreicher Generierung erhält man in der Ergebnismaske 2.1 die Übersicht der Stabendgelenke.

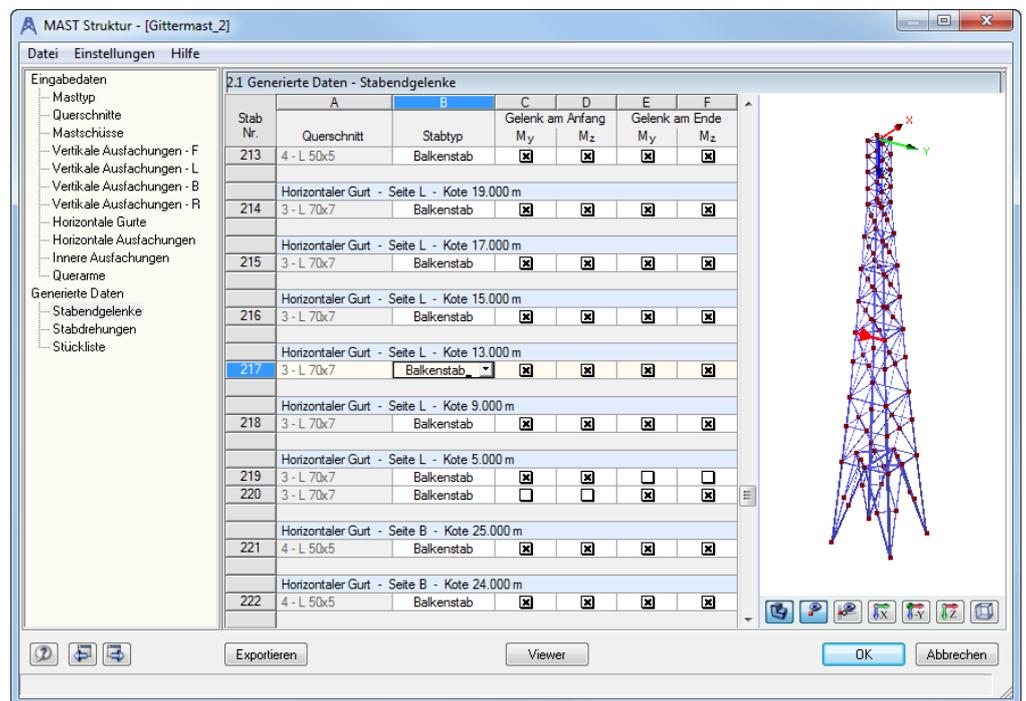


Bild 3.2: Maske 2.1 Stabendgelenke

Die Tabelle ist übersichtlich in die einzelnen Baugruppen unterteilt. Das Modul hat bei der Generierung den entsprechenden Bauteilen bereits Stabendgelenke zugewiesen. Der Anwender kann diese nach den individuellen Erfordernissen einfach anpassen. Dazu muss lediglich der jeweilige Freiheitsgrad in Spalte C bis F an- oder ausgeschaltet werden. Eine Änderung der Stabendgelenke ist auch nach dem Export in RSTAB/RFEM möglich.

## 3.2 Stabdrehungen

Diese Maske enthält Informationen über die Hauptachsneigung  $\alpha$  und den Stabdrehwinkel  $\beta$ .

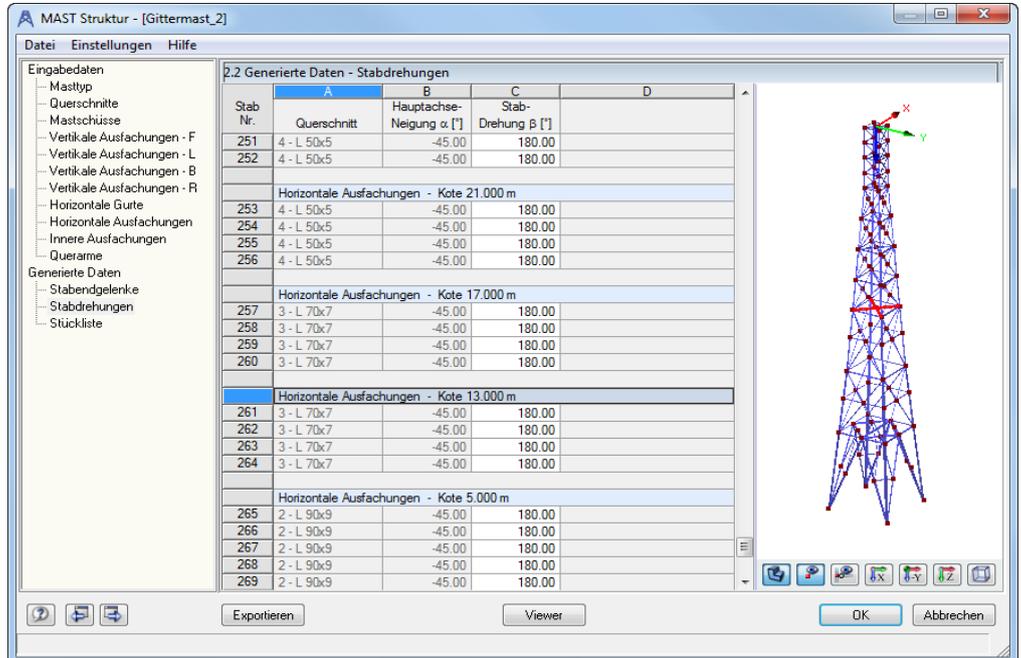


Bild 3.3: Maske 2.2 Stabdrehungen

Die Ergebnisse sind hier in Bauteilgruppen eingeteilt. Dies kann sehr hilfreich sein, wenn die Winkel mehrerer Stäbe eines Bereichs geändert werden sollen. Es ist dann ausreichend, den Zahlenwert des ersten zu ändernden Stabdrehwinkels einzugeben. Die folgenden Zellen können mit Hilfe der Taste [F8] mit dem gleichen Wert belegt werden. Die manuelle Anpassung der Stabdrehung kann sinnvoll sein zur Anpassung der Schenkelausrichtung von L-Profilen in Bezug auf die Neigung der Mastseiten.

### 3.3 Stückliste

In Maske 2.3 erhält man eine detaillierte Übersicht der verwendeten Querschnitte.

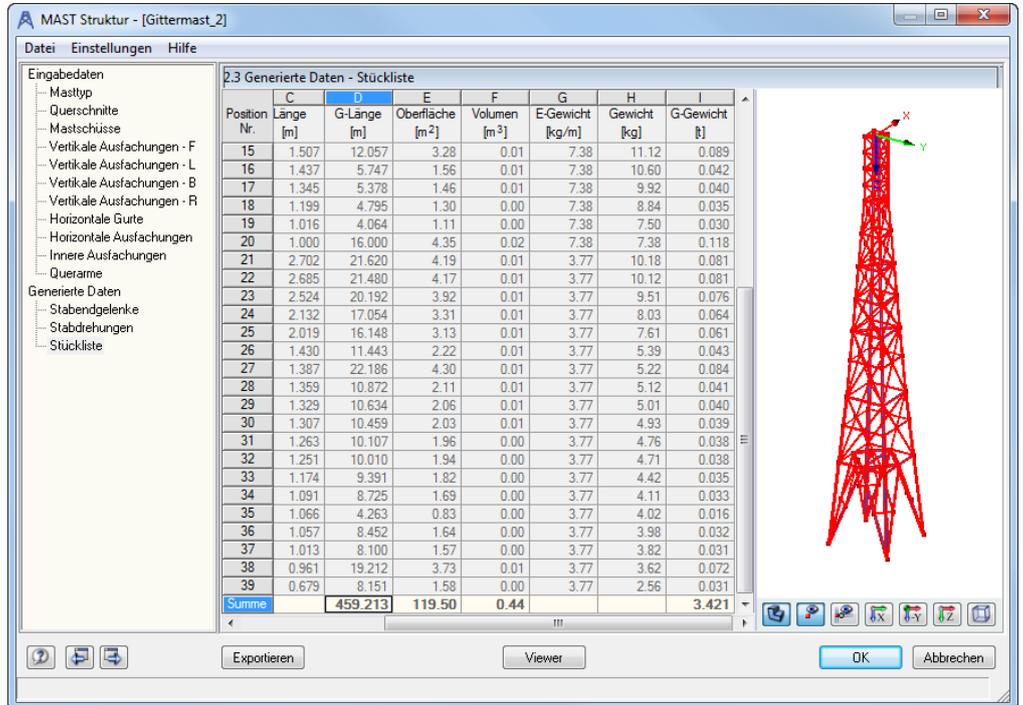


Bild 3.4: Maske 2.3 Stückliste

Neben den Einzellängen und Gewichten werden hier auch Informationen zur Oberfläche ausgegeben. Diese Informationen sind hilfreich für die Auswahl der Art des Korrosionsschutzes.

#### Exportieren

Exportieren

Zur weiteren Bearbeitung der Struktur, d. h. als Basis für die Eingaben in den Modulen MAST-Anbauten und MAST-Belastung, müssen die generierten Daten nach RSTAB/RFEM exportiert werden. Dies erfolgt durch Drücken der Schaltfläche [Exportieren].

Durch das Ausführen der Exportfunktion werden alle in RSTAB/RFEM bereits vorhandenen Strukturdaten überschrieben. Deshalb erscheint vorher eine entsprechende Warnung.

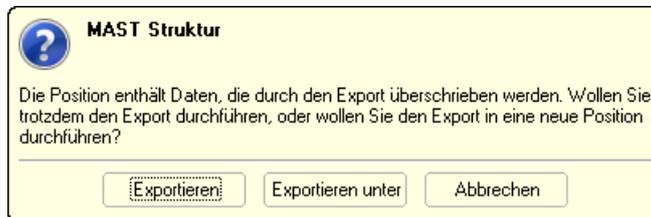


Bild 3.5: Warnung vor Export der Daten

## 4. Allgemeine Funktionen

Über die Menüleiste am oberen Rand der Maske sind verschiedene allgemeine Funktionen möglich.

### 4.1 MAST-Fall löschen

Es besteht die Möglichkeit einen MAST-Fall zu löschen über MAST-Menü

**Datei** → **Fall löschen**.

Nach dem Bestätigen der Auswahl wird der Fall gelöscht und das Modul geschlossen. Bereits exportierte Daten bleiben in RSTAB/RFEM erhalten.

### 4.2 Einheiten und Dezimalstellen

Die Einheiten und Nachkommastellen werden für RSTAB/RFEM sowie für sämtliche Zusatzmodule zentral verwaltet. Im Modul **MAST Struktur** ist der Dialog zum Einstellen der Einheiten zugänglich über das Menü

**Einstellungen** → **Einheiten und Dezimalstellen**.

Es wird der aus RSTAB/RFEM bekannte Dialog aufgerufen. Das MAST-Modul ist voreingestellt.

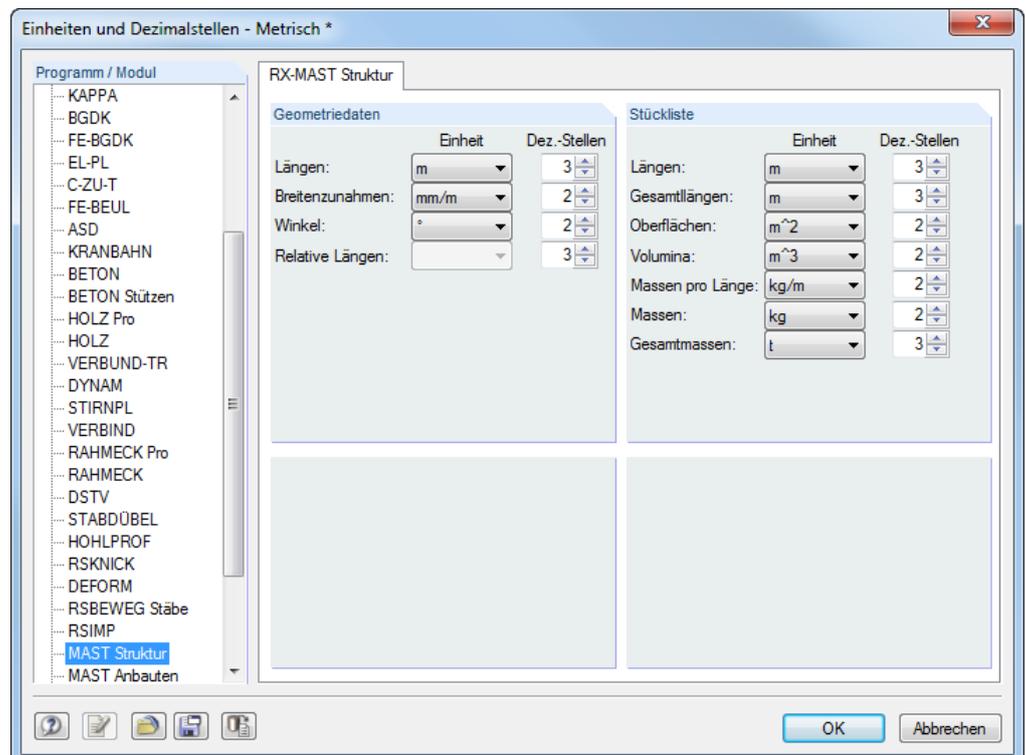


Bild 4.1: Dialog *Einheiten und Dezimalstellen*



Die Einstellungen können als Benutzerprofil gespeichert und in anderen Positionen wieder verwendet werden.

# 5. MAST Anbauten

## 5.1 Einleitung

Die in **MAST Struktur** erzeugten Konstruktionen dienen als Tragkonstruktionen für Sendeanennen und weitere Anbauteile wie Bühnen, Leitern und Kabelschächte. Da die Berücksichtigung dieser Bauteile, speziell der Antennen, bei der Bemessung der Konstruktion unerlässlich ist, stellt die DLUBAL GMBH mit dem Zusatzmodul **MAST Anbauten** dem Anwender ein effektives Werkzeug zur Verfügung, um eine komplette Sendeanlage mit allen bemessungsrelevanten Anbauteilen in kürzester Zeit modellieren zu können. Dabei unterstützt Sie der einfache und übersichtliche Aufbau des Moduls. Die Definition einzelner Komponenten gestaltet sich durch eine datenbankgestützte Eingabe sowie informative Grafiken als einfache zu lösende Aufgabe.

## 5.2 Aufruf des Moduls

Es bestehen in RSTAB/RFEM zwei Möglichkeiten, das Zusatzmodul **MAST Anbauten** zu starten.

### Menü

Der Programmaufruf kann erfolgen über das Pulldownmenü

**Zusatzmodule → Gittermasten → MAST Anbauten.**

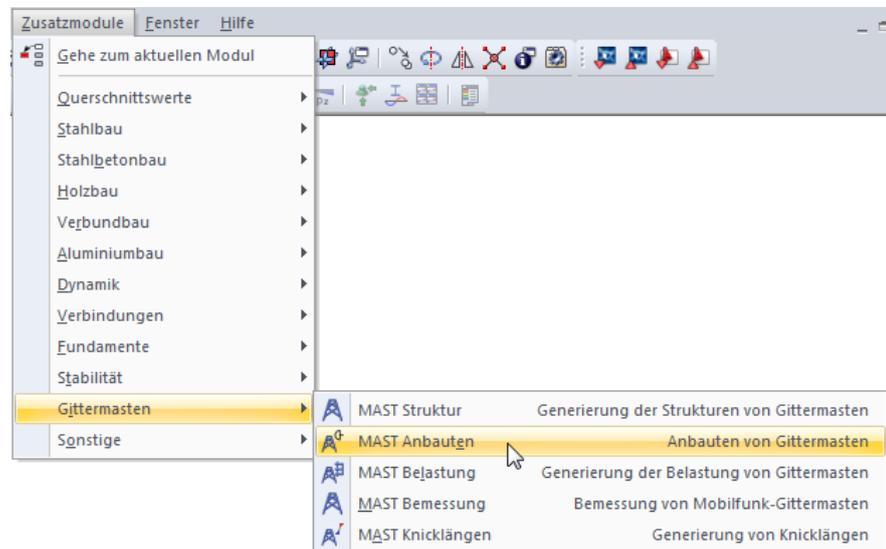


Bild 5.1: Menü: *Zusatzmodule* → *Gittermasten* → *MAST Anbauten*

## Navigator

Das Modul MAST Anbauten kann im *Daten*-Navigator aufgerufen werden über den Eintrag

**Zusatzmodule** → **MAST Anbauten**.



Bild 5.2: Daten-Navigator: *Zusatzmodule* → *MAST Anbauten*

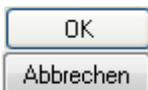
## 6. Eingabedaten

Die Eingaben zur Definition der Anbauten erfolgen in Masken.

Nach dem Aufruf des Moduls **MAST Anbauten** wird in einem neuen Fenster links ein Navigator angezeigt, der alle aktuell anwählbaren Masken verwaltet.



Die Ansteuerung der Masken erfolgt entweder durch Anklicken eines bestimmten Eintrags im Navigator von MAST Anbauten oder durch Blättern mit den beiden links dargestellten Schaltflächen. Die Funktionstasten [F2] und [F3] blättern ebenso eine Maske vorwärts oder zurück.



Mit [OK] werden die bereits getätigten Eingaben gesichert und das Modul MAST Anbauten verlassen, während [Abbrechen] ein Beenden ohne Sicherung zur Folge hat.

### 6.1 Basisangaben



In Maske 1.1 erhält man eine Übersicht über die aus RSTAB/RFEM eingelesenen Strukturdaten, aufgelistet nach den Mastbauteilen. Wählt man eine Zeile in der Tabelle *Stabzuordnung* aus, so werden die Strukturteile im rechts dargestellten Modell farbig markiert. Um das Modell anzuzeigen, ist die links dargestellte Schaltfläche zu verwenden.

Im unteren Bereich sind die wichtigsten Geometriedaten der Mastkonstruktion aufgelistet.

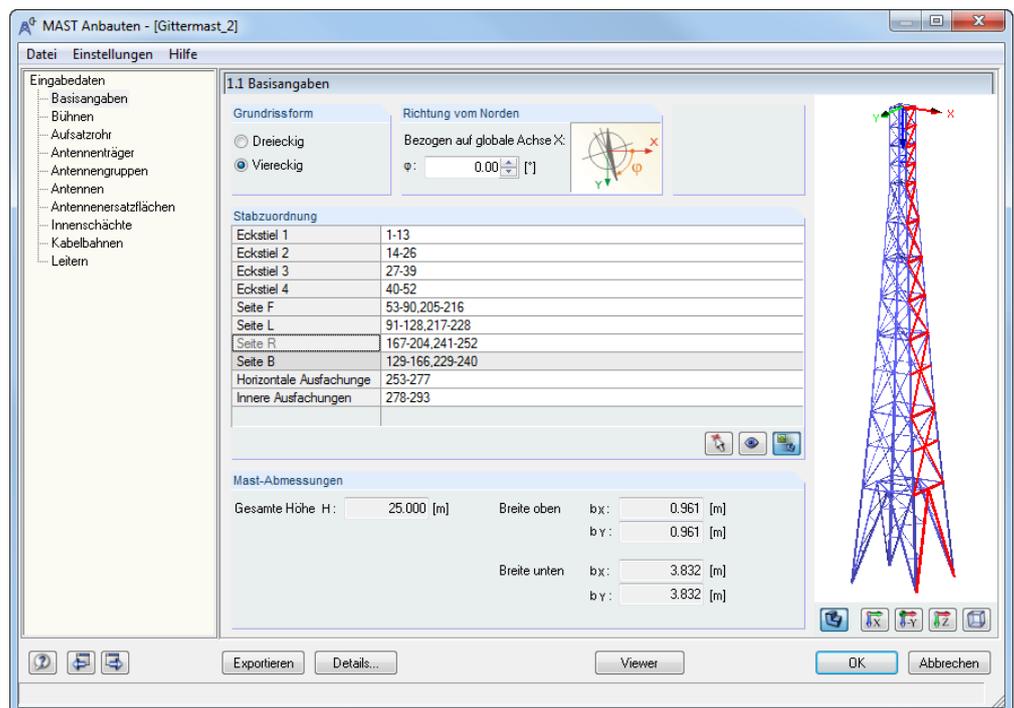


Bild 6.1: Maske 1.1 *Basisangaben*

Wurde die Maststruktur ohne das Modul **MAST Struktur** erstellt oder nach dem Export aus **MAST Struktur** verändert, so ist die Tabelle *Stabzuordnung* zunächst leer. Man hat dann die Möglichkeit, die Stabnummern manuell in die Zeilen einzutragen oder mit Hilfe der [Pick]-Funktion die entsprechenden Bauteile aus der RSTAB/RFEM-Struktur auszuwählen.

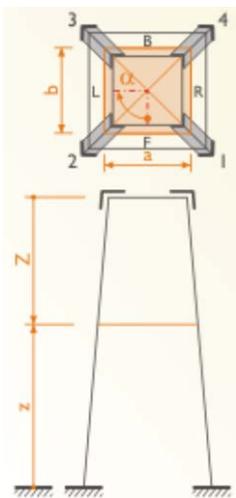
### Richtung von Norden



Für die spätere Definition der Belastung und zur Bemessung der Konstruktion ist die Ausrichtung der Antennenanlagen wichtig. Über den Winkel  $\phi$  wird die Ausrichtung des Mastes in Bezug auf Norden definiert. Dieser bezieht sich auf die globale X-Achse in RSTAB.

## 6.2 Bühnen

Bühnen sind wichtige Bestandteile von Masten. In der Maske 1.2 haben Sie die Möglichkeit, verschiedenste Arten von Bühnenkonstruktionen in die Struktur zu integrieren.



Bühne Nr.	Bühnertyp	Drehung	Kote z [m]	Koordinate Z [m]	Anschluss von Außen	Kommentar
1	PRA004	0.00	31.000	1.000	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	PRI002a	0.00	29.000	3.000	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	PRI003-x	0.00	27.000	5.000	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	PRI002a-x	0.00	25.000	7.000	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	PRA-Flori	0.00	23.000	9.000	<input checked="" type="checkbox"/>	

Parameter	Werte
Länge a	2.440 m
Länge b	2.440 m
Abstand a1	0.500 m
Länge a2	0.650 m
Abstand a3	0.500 m
Abstand b1	0.450 m
Abstand F3	0.500 m
Abstand L1	0.500 m
Abstand L3	0.500 m
Abstand B1	0.500 m
Abstand B3	0.500 m
Abstand R1	0.500 m
Abstand R3	0.500 m

Bild 6.2: Maske 1.2 Bühnen

Im oberen Teil der Maske wird der *Bühnertyp* festgelegt. Dazu hat der Anwender die Möglichkeit, Muster aus einer Datenbank auszuwählen. Zum Öffnen der Datenbank platzieren Sie den Cursor in der gewünschten Zeile der Spalte A und drücken dann [...] oder benutzen die [Bibliothek]-Schaltfläche. Die Höhenlage der Bühne wird durch die Eingabe der Höhenkote z oder über die *Koordinate Z* festgelegt. Die Definition dieser Variablen ist in der schematischen Darstellung einzusehen.

Da die Bühnenträger nicht immer symmetrisch angeordnet sein müssen, kann die Definition einer *Drehung* der Bühne sinnvoll sein, zum Beispiel um die gerade Führung einer Kabelbahn zu ermöglichen. Hierzu besteht die Möglichkeit, in Spalte B einen Winkel zwischen 0°, 90°, 180° und 270° zu definieren.

Zu der im oberen Teil ausgewählten Bühne werden die Parameter in der unteren Tabelle dargestellt. Über die jeweiligen Abstände wird die Lage der einzelnen Bühnenträger definiert. Zur besseren Übersicht kann man hier über die in Tabelle 6.1 aufgeführten Schaltflächen die Ansicht individuell anpassen. Werden die Parameter rot gekennzeichnet, so ist die Bühne mit den definierten bzw. in der Datenbank hinterlegten Abmessungen nicht in die Mastgeometrie integrierbar. Es ist dann möglich, mit dem Mauszeiger über die Parameterbezeichnung zu fahren und es wird der mögliche Wertebereich des Parameters angezeigt.



Schaltfläche	Funktion
	Anzeige der schematischen Darstellung oder des Modells
	Anzeige des Drahtmodells oder des gerenderten Modells
	Anzeige des aktuellen Objekts oder aller Objekte
	Nicht selektierte Objekte transparent anzeigen oder nicht anzeigen
	Bemaßung anzeigen
	Bemaßung mit Symbolen anzeigen
	Ansicht des Modells in Richtung der Achsen X, -Y und Z
	Anzeige der isometrischen Ansicht

Tabelle 6.1: Schaltflächen zur Visualisierung der Bühnen

Die Bühnenkonstruktion kann aus einer anderen Stahlgüte gefertigt werden als die Grundkonstruktion des Mastes. Daher ist das Material als weiterer Parameter im unteren Bereich von Maske 1.2 einstellbar. Die Querschnitte der einzelnen Bühnenträger sind für jedes Muster der Datenbank bereits definiert. Mit der Schaltfläche [...] kann eine andere Querschnittsgröße ausgewählt oder über die Querschnittsbibliothek ein neues Profil definiert werden. Die Benutzung der Bibliothek ist im Kapitel 2.2 auf Seite 10 ausführlich beschrieben.

### 6.3 Bühnen selbst erstellen

Entsprechen die Muster der Datenbank nicht der benötigten Bühnenkonstruktion, so kann der Anwender auch eigene Muster erstellen. Hierzu erzeugt er in einer leeren RSTAB- bzw. RFEM-Position die Bühnenstruktur und legt diese als Block ab. Da viele Abmessungen der Bühnen parametrisiert sind, empfiehlt sich hier die Verwendung einer Standardbühne als Vorlage zur Generierung des individuellen Bauteils. Damit dieses richtig vom Modul MAST Anbauten erkannt wird, gibt es einige Regeln, die bei der Erstellung und Benennung der Muster berücksichtigt werden müssen.

Schema für äußere Bühnen

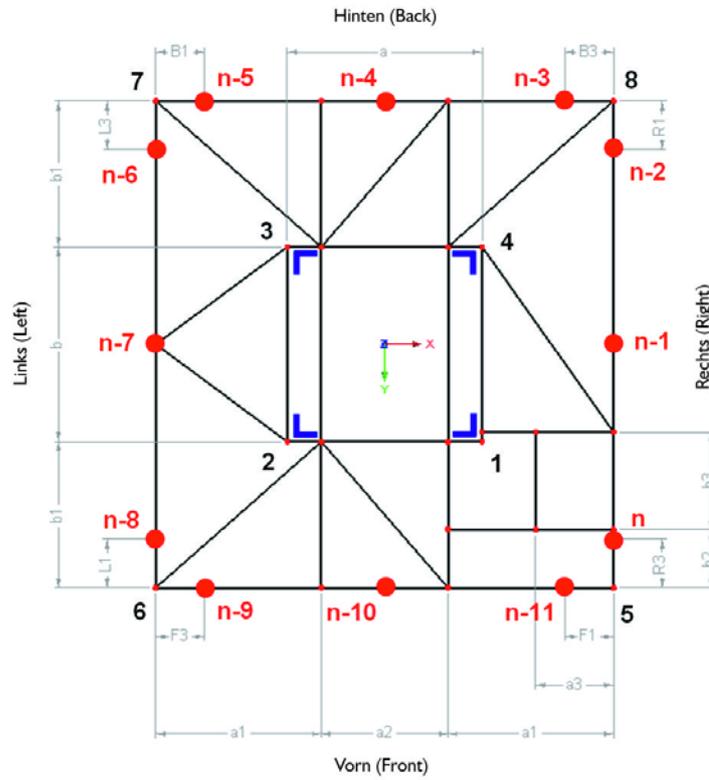


Bild 6.3: Schema für äußere Bühnen

Schema für innere Bühnen

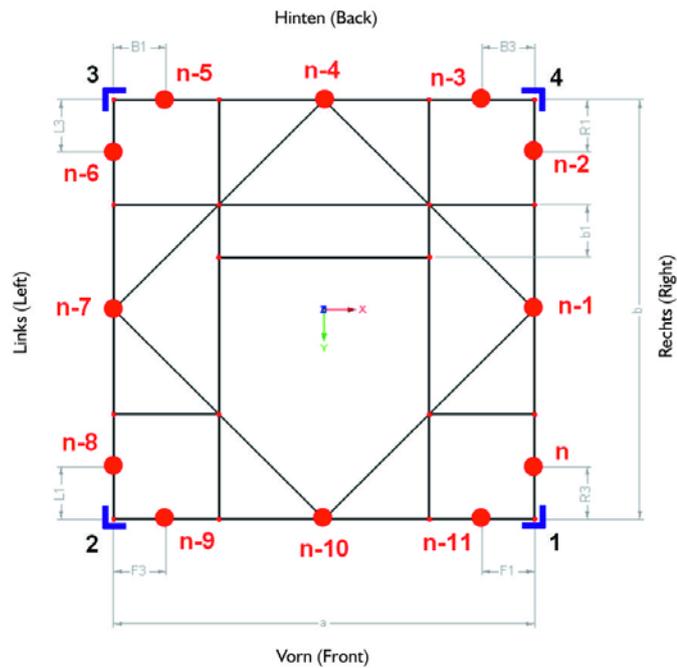


Bild 6.4: Schema für innere Bühnen

Werden die folgenden Festlegungen vom Anwender berücksichtigt, so können die verschiedensten benutzerdefinierten Bühnen in MAST Anbauten verwendet werden.

- Ebene Bühnen werden als 2D Strukturen erstellt.
- Bühnen mit L-Profilen sind als 3D (XY) Struktur anzulegen.
- Die Knoten der Bühnenecken sind mit 1,2,3,4 zu nummerieren; Knoten Nr. 1 ist dabei im ersten Quadranten (positive X und Y Koordinaten), die weiteren Eckknoten folgen im Uhrzeigersinn.
- Der Parameter "a" bezieht sich auf den Abstand der Knoten 1 und 2 (3 und 4); Parameter "b" bezieht sich auf den Abstand zwischen Knoten 1 und 4 (2 und 3).
- Die zwölf Knoten mit der höchsten Nummerierung (im Falle von drei Knoten pro Bühnenecke) stehen für die Anbindung von Antennenträgern zu Verfügung.
- Knoten in den Außenecken von äußeren Bühnen sind mit 5,6,7,8 zu nummerieren; Knoten Nr. 5 ist dabei im ersten Quadranten (positive X und Y Koordinaten), die weiteren Eckknoten folgen im Uhrzeigersinn.
- Querschnitt Nr. 1 wird immer den äußeren Stäben zugewiesen. Wenn ein weiterer Stab der Bühne den gleichen Querschnitt haben soll, so muss hier ein neuer Querschnitt definiert werden.
- Die neu definierten Bühnen sind als Blöcke abzuspeichern und nach Tabelle 6.2 zu benennen.

Block Bezeichnung	Mastbauart	Bühne	Bühnenform
PRR	viereckig	äußere	rechteckig
PRO			achteckig
PRT			dreieckig
PRC			rund
PRI		innere	innere
PRA			innere mit Auflager für Aufsatzrohr
PTR	dreieckig	äußere	rechteckig
PTP			mehreckig
PTT			dreieckig
PTC			rund
PTI		innere	innere

Tabelle 6.2: Bühnen-Bezeichnungen

## 6.4 Aufsatzrohr

Aufsatzrohre dienen als Haltekonstruktionen von Antennen und Blitzabfanganlagen. In Maske 1.3 kann man in der oberen Tabelle die Geometrie und Lage des Aufsatzrohres bestimmen. Das rechts dargestellte Schema erklärt dabei die verschiedenen Parameter.

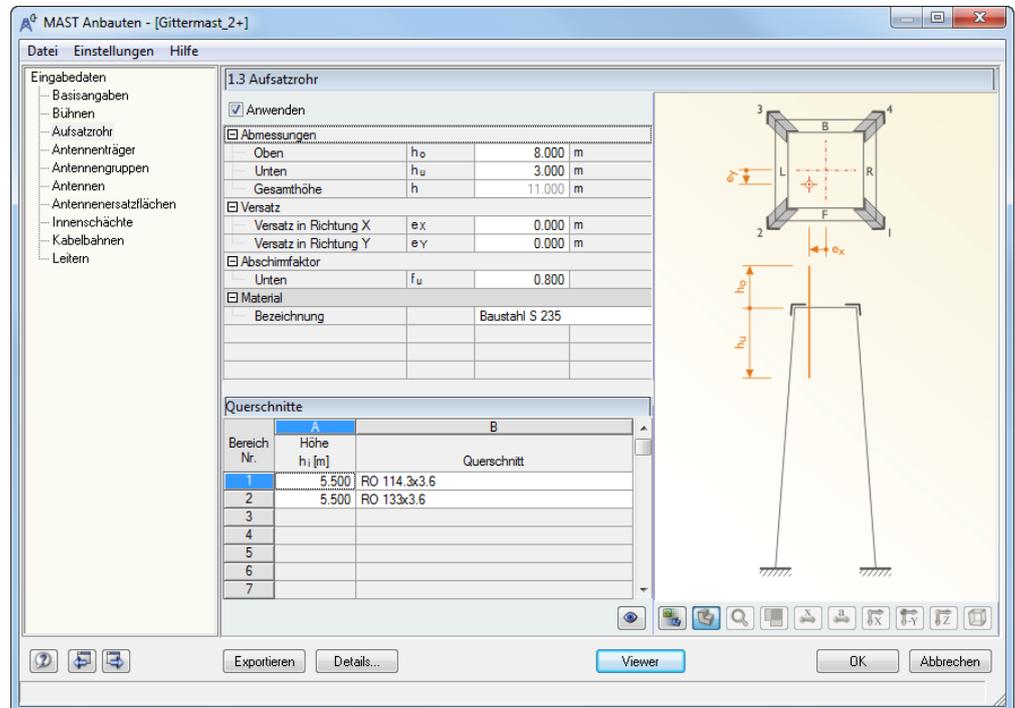


Bild 6.5: Maske 1.3 Aufsatzrohr

Der *Abschirmfaktor* ist standardmäßig auf 1,0 gesetzt. Nach DIN 4131 Anhang A Kapitel A1.3.2.2 kann für Konstruktionsteile, welche sich innerhalb der Umrissfläche des Mastes befinden, die Windlast um bis zu 20% reduziert werden.

In der unteren Tabelle wird der *Querschnitt* des Aufsatzrohres festgelegt. Weiterhin ist es hier möglich, das Bauteil durch die Definition von Teilhöhen  $h_i$  in mehrere Bereiche und somit verschiedene Querschnitte zu unterteilen.

## 6.5 Antennenträger

In Maske 1.4 werden die Antennenträger definiert. Da diese Bauteile je nach zu befestigender Antenne sehr unterschiedliche Formen haben können, steht in **MAST Anbauteile** eine umfassende Datenbank mit Mustern zur Verfügung.

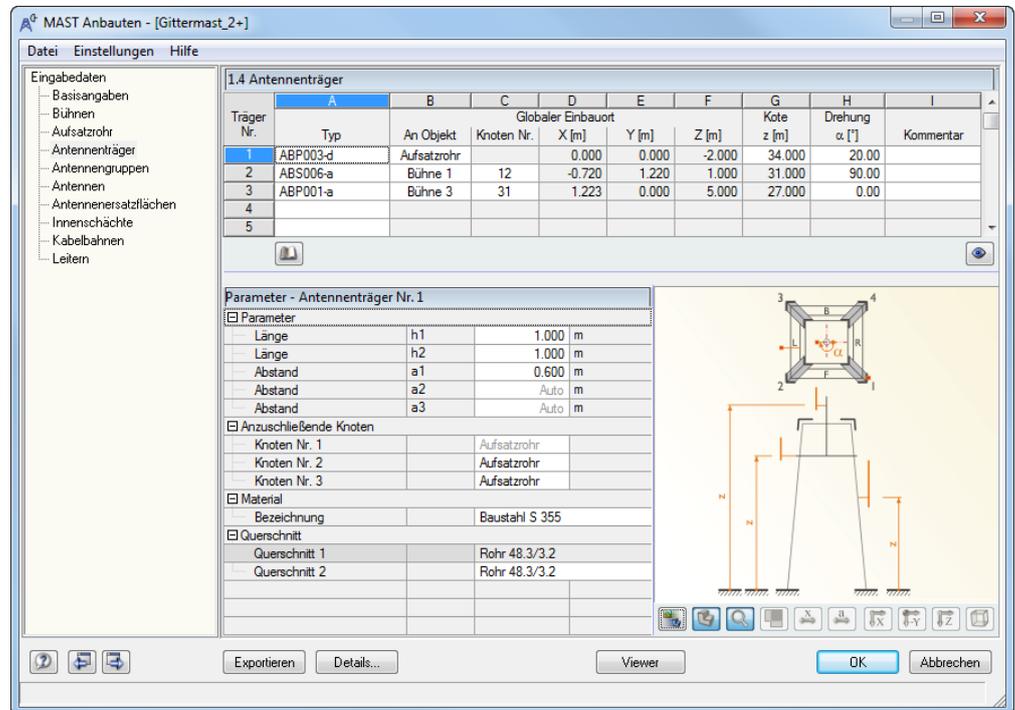


Bild 6.6: Maske 1.4 Antennenträger

Nr.	Lage	Anordnung
22	Seite F	2
23	Seite F	3
24	Seite L	1
25	Seite L	2
26	Seite L	3
27	Seite B	1
28	Seite B	2
29	Seite B	3
30	Seite R	1
31	Seite R	2

In Spalte B der Tabelle legt man fest, an welchem Mastbauteil der Antennenträger befestigt werden soll. Als tragende Unterkonstruktion kann dort das Aufsatzrohr, die Eckstiele oder eine Bühne ausgewählt werden. Wird eine Bühne als Unterkonstruktion gewählt, so muss in Spalte C der entsprechende Knoten angegeben werden. Über das Pull-downmenü werden die Knoten mit Zuordnung zu den entsprechenden Mastseiten zur Auswahl gestellt.

## 6.6 Antennengruppen

Zu einer Mobilfunkbetreiber orientierten Auswertung der Beanspruchungen ist eine dahingehende Gliederung der Antennenbelegung sinnvoll. In Maske 1.5 wird dazu die Definition von Antennengruppen vorgenommen.

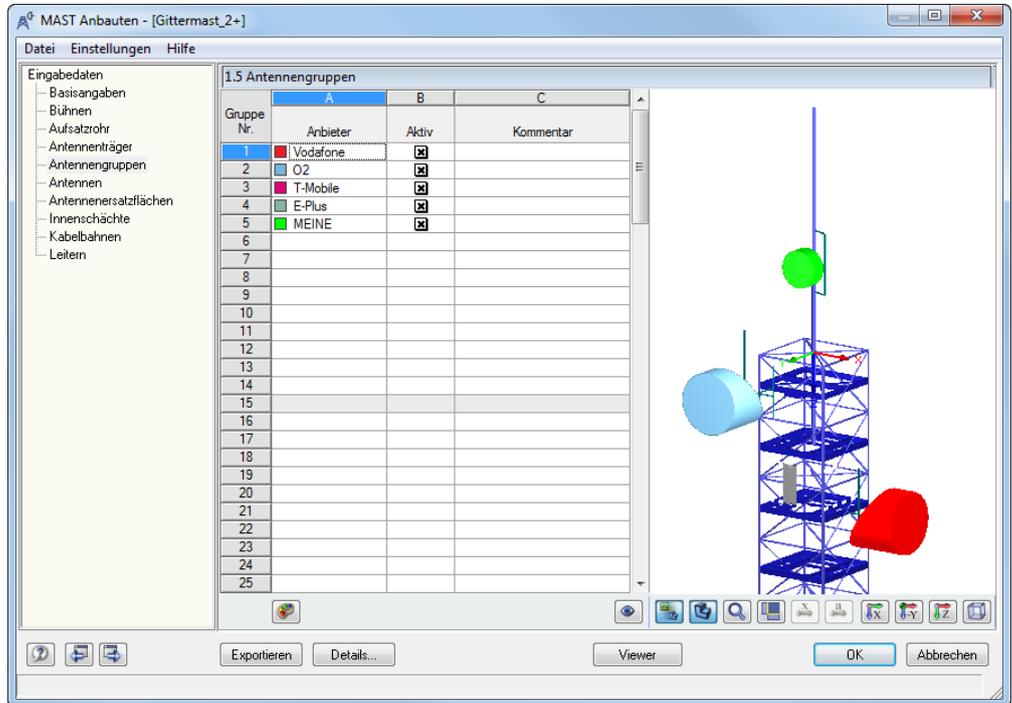


Bild 6.7: Maske 1.5 Antennengruppen

Die vier großen Mobilfunkbetreiber sind hier bereits angegeben und farbig hinterlegt.

Man hat die Möglichkeit, eigene Anbieter zu definieren; die Farben sind über die Farbtabelle individuell einstellbar.

## 6.7 Antennen

Durch ihre Form und Größe bieten die Antennen mitunter sehr große Angriffsflächen für die auftretende Windbelastung. Daher ist die Definition der Lage und der Ausrichtung dieser Bauteile für die Bemessung von Bedeutung.

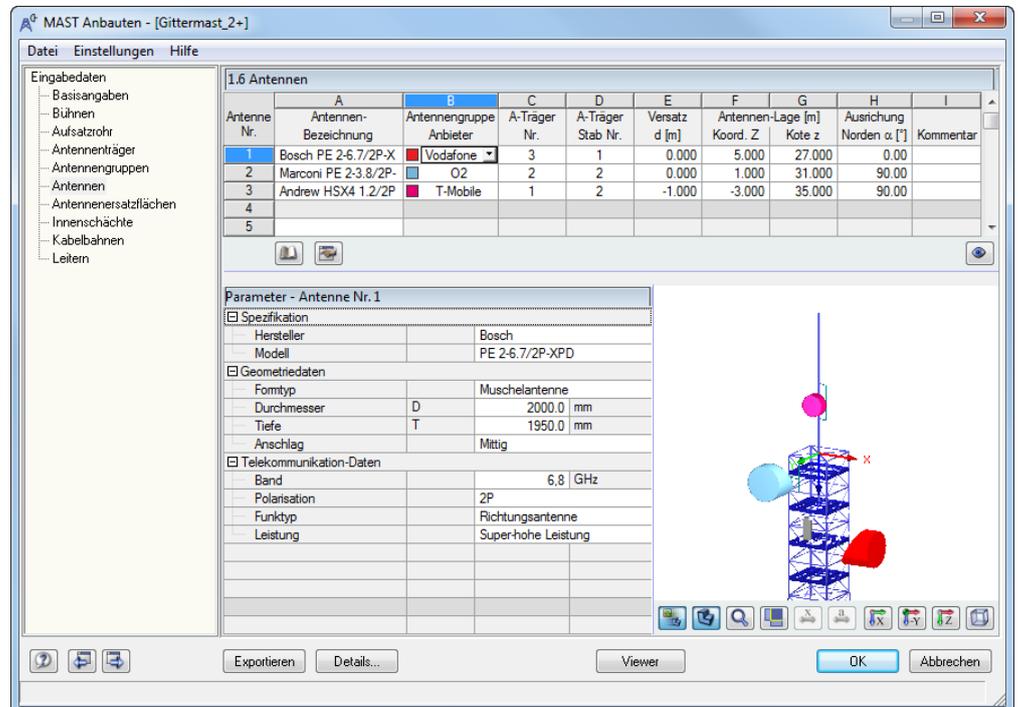


Bild 6.8: Maske 1.6 Antennen

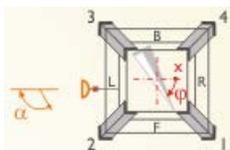
In Spalte A der Maske 1.6 wird der Antennentyp festgelegt. Dazu hat der Anwender die Möglichkeit, Muster aus einer umfassenden Datenbank auszuwählen. Zum Öffnen der Datenbank platzieren Sie den Cursor in der gewünschten Zeile der Spalte A und drücken dann [...] oder nutzen die [Bibliothek]-Schaltfläche.

Nachdem die *Antennengruppe* in Spalte B festgelegt wurde, muss noch die genaue Position am Mast definiert werden. Hierbei ist es sinnvoll, die zu bearbeitende Antenne im Grafikenfenster der Maske groß darzustellen.

Die *Lage* der Antenne wird über die in Maske 1.4 festgelegten Antennenträger definiert. Je nach Typ des Antennenträgers steht in Spalte D eine verschiedene Anzahl von Stäben zur Auswahl, an denen die Antenne befestigt werden kann. Über das *Versatz*-Maß kann noch die Lage der Empfangseinheit innerhalb des Stabes verändert werden.

Eine wichtige Definition ist die Angabe der Antennenausrichtung, da diese für die später festzulegende Belastung von Bedeutung ist. Über den Winkel  $\alpha$  wird die *Ausrichtung* der Antenne in Bezug auf die Himmelsrichtung Norden definiert.

Im unteren Teil der Maske 1.6 erhält man Detailinformationen zu den Parametern der Antenne und ihrer Geometriedaten.



## 6.8 Antennenersatzflächen

Ist die Bauart der Antenne zum Zeitpunkt der Bemessung noch nicht eindeutig festgelegt oder in der Datenbank nicht auswählbar, so kann man zur Berücksichtigung dieses Konstruktionsteils in Maske 1.7 eine Ersatzfläche definieren. Diese wird dann zur Generierung der richtigen Wind- beziehungsweise Eisbelastung im Modul **MAST Belastung** verwendet.

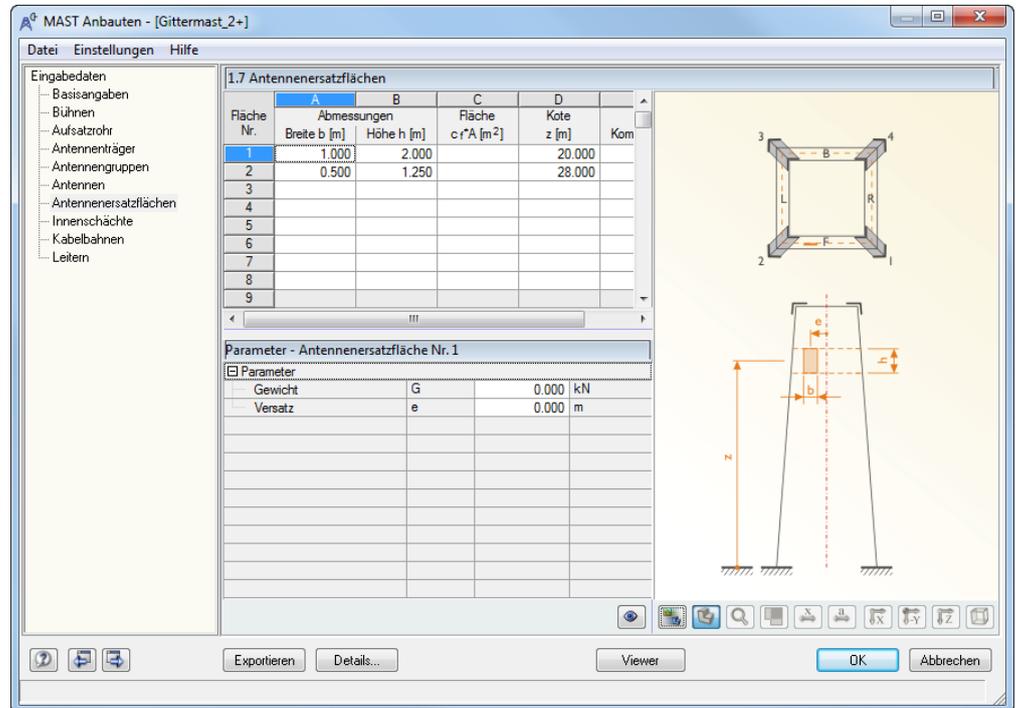


Bild 6.9: Maske 1.7 Antennenersatzflächen

Es werden in der Tabelle die Abmessungen und die Höhenlage der Ersatzfläche definiert. Die Bestimmung einer bestimmten Mastseite ist nicht notwendig. Die maßgebende Mastseite wird im Modul **MAST Belastung** bei der Generierung der Last ermittelt.

Zur Berücksichtigung des Antenneneigengewichts kann in den Parametern das *Gewicht G* als Eigengewichtskraft definiert werden. Weiterhin ist es möglich, einen *Versatz e* anzugeben. Bei der Generierung der Windbelastung im Modul **MAST Belastung** wird dieses Maß dann berücksichtigt.

## 6.9 Innenschächte

Innenschächte dienen zur Aufnahme von Leitern und Kabelbahnen. In Maske 1.8 kann der Anwender Größe, Lage und Anzahl der Innenschächte bestimmen.

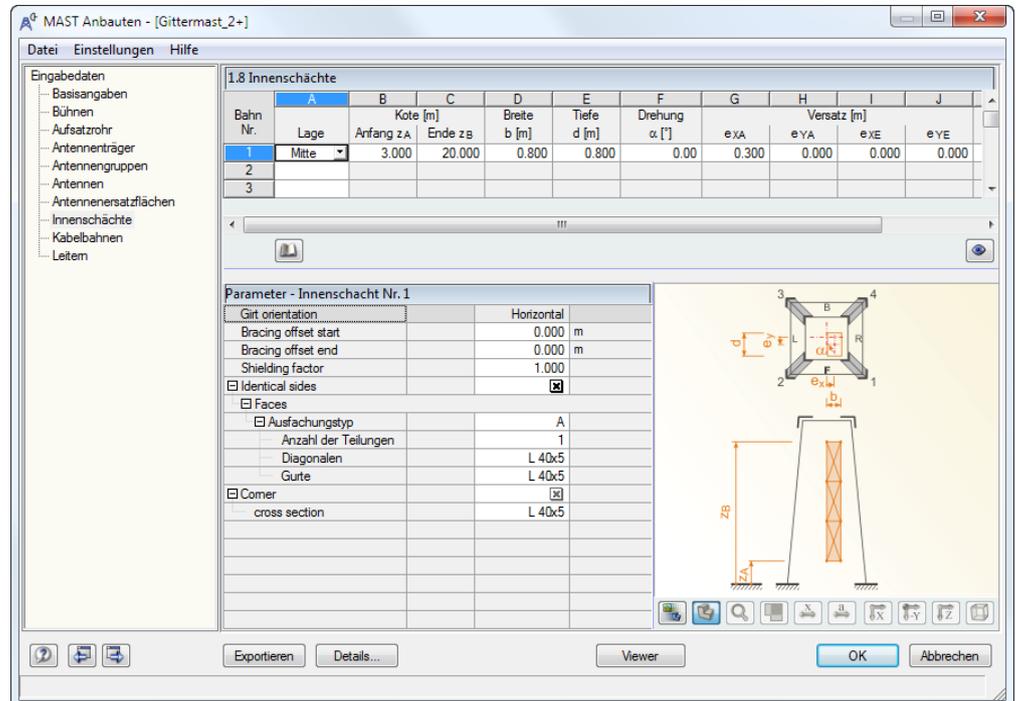


Bild 6.10: Maske 1.8 Innenschächte

Die Innenschächte können im Inneren der Maststruktur oder an den Seiten angebracht werden.

Über die Höhen-Kote  $z_A$  und  $z_B$  werden Beginn und Ende des jeweiligen Schachts bestimmt. Die Drehung  $\alpha$  in Spalte F und der Abschirmfaktor  $K_{sh}$  im Abschnitt *Parameter* unterhalb sind notwendige Angaben zur späteren Bestimmung der richtigen Windbelastung.

Mithilfe der Spalten G bis J kann ein Versatz der Start- und Endposition des Innenschachts definiert werden. Ein Höhenversatz der Ausfachung des Innenschachts kann mithilfe der Einstellung *Versatz der Ausfachung* im Abschnitt *Parameter* erstellt werden.

Standardmäßig werden die Seiten der Innenschächte identisch ausgeführt. Sollte eine individuelle Ausführung je Seite notwendig sein, so deaktiviert man das Kontrollfeld *Identische Seiten* im Abschnitt *Parameter*. Dann können die Seiten individuell ausgeführt werden.



Zur Querschnittsauswahl steht die bekannte Bibliothek zur Verfügung. Um einen andere Querschnitt auszuwählen, platziert man den Cursor in der Zelle des Profils, das man ändern möchte, und drückt dann [...].

## 6.10 Kabelbahnen

Ähnlich der Eingabe von Innenschächten dient die Angabe von Kabelbahnen zur Berücksichtigung dieser bei der Windbelastung des Eigen- und Eisgewichts.

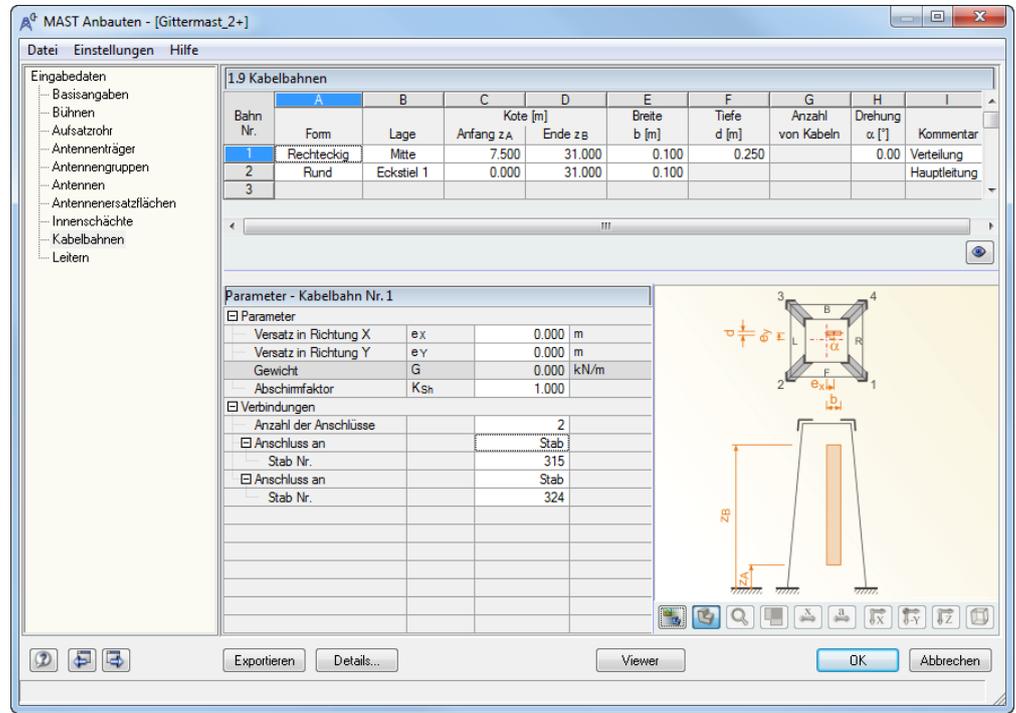


Bild 6.11: Maske 1.9 Kabelbahnen

Es können rechteckige und runde Kabelbahnen definiert werden. Die Eingabe erfolgt ähnlich wie bei den Innenschächten. Für die richtige Berücksichtigung der Verschattung bei der Windlastgenerierung können auch einzelne Kabel in einer Reihe positioniert werden. Wählt man diese Form in Spalte A aus, so kann in Spalte G die Anzahl der Kabel festgelegt werden.

Über die Höhen-Kote  $z_A$  und  $z_B$  werden Beginn und Ende der jeweiligen Kabelbahn festgelegt. Die Drehung  $\alpha$ , der Abschirmfaktor  $K_{sh}$  und der Versatz werden in den Parametern jeder einzelnen Kabelbahn definiert. Das Eigengewicht gibt man als Linienlast in [kN/m] an.

Über die Verbindungen werden die Halterungen der Kabelbahnen an der Mastkonstruktion angegeben. Dies ist für den Lasteintrag aus Eigengewicht, Wind und Eis auf die tragende Konstruktion von Bedeutung.

## 6.11 Leitern

In Maske 1.10 werden die Leitern zur Besteigung des Mastes angegeben.

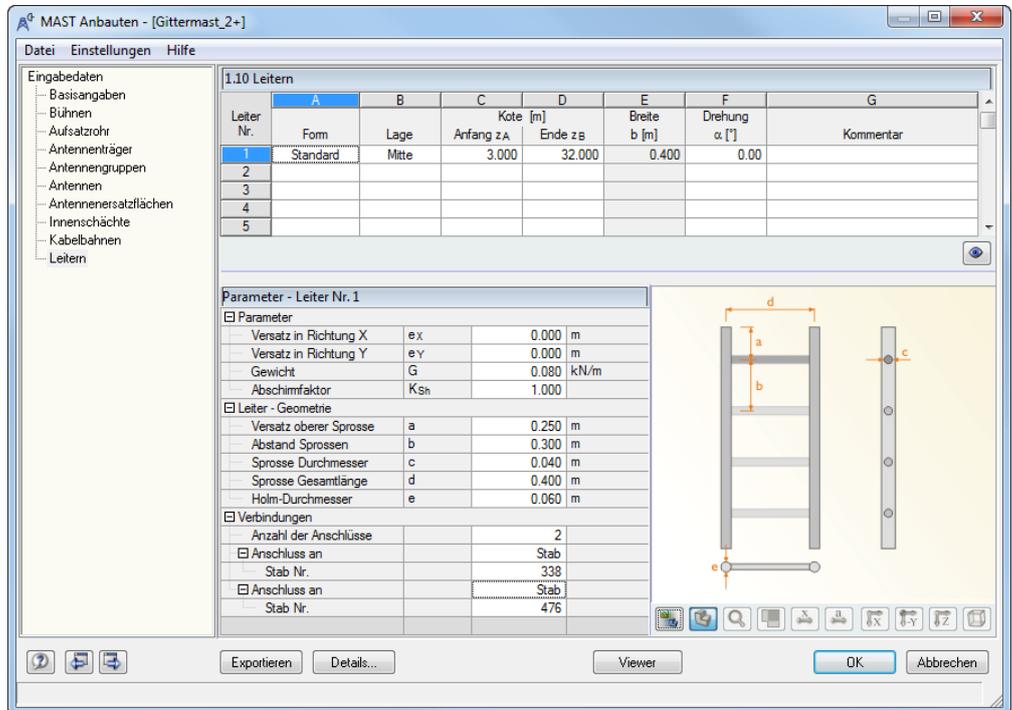


Bild 6.12: Maske 1.10 Leitern

Es stehen fünf Leitertypen zur Auswahl. Die Standardleiter ist in Bild 6.12 zu sehen. Die weiteren Typen sind im Folgenden dargestellt.

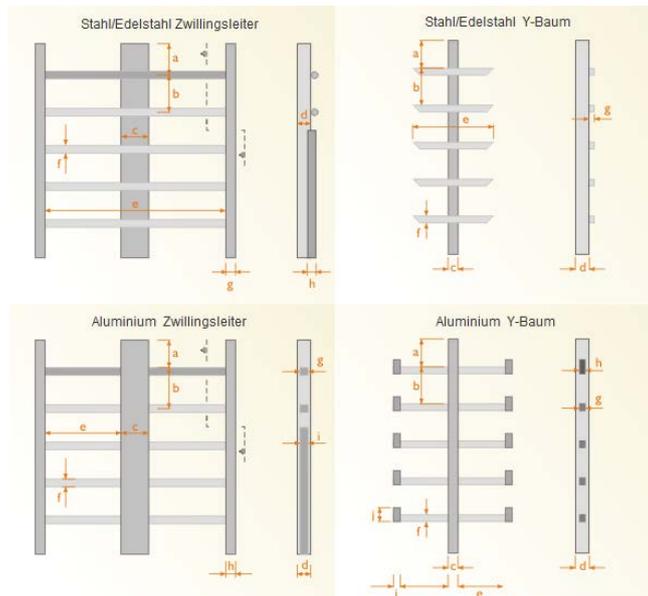


Bild 6.13: Leitertypen

Über die Höhen-Kote  $z_A$  und  $z_B$  werden Beginn und Ende der jeweiligen Leiter bestimmt. Die Drehung  $\alpha$ , der Abschirmfaktor  $K_{sh}$  und der Versatz wird in den Parametern jeder einzelnen Leiter definiert. Das Eigengewicht ist für die Standardparameter bereits angegeben. Ändert man die Leitergeometrie, so muss auch das Gewicht entsprechend geändert werden.

Analog der Kabelbahnen muss auch bei den Leitern angegeben werden, wie oft und an welchen Stellen der Mastkonstruktion das Anbauteil befestigt ist. Zur richtigen Ermittlung der Mastbelastung ist dies eine wichtige Definition.

## 6.12 Export

Sind alle Anbauteile definiert, so können diese nach RSTAB/RFEM exportiert werden.

Statisch wirksame Bauteile wie Antennenträger, Aufsatzrohre und Innenschächte werden beim Export als Stäbe angelegt. Zur Visualisierung der anderen Anbauteile wird im Hauptprogramm ein MAST Anbauten-Fall angelegt. Dieser kann wie ein normaler Lastfall eingeblendet werden.

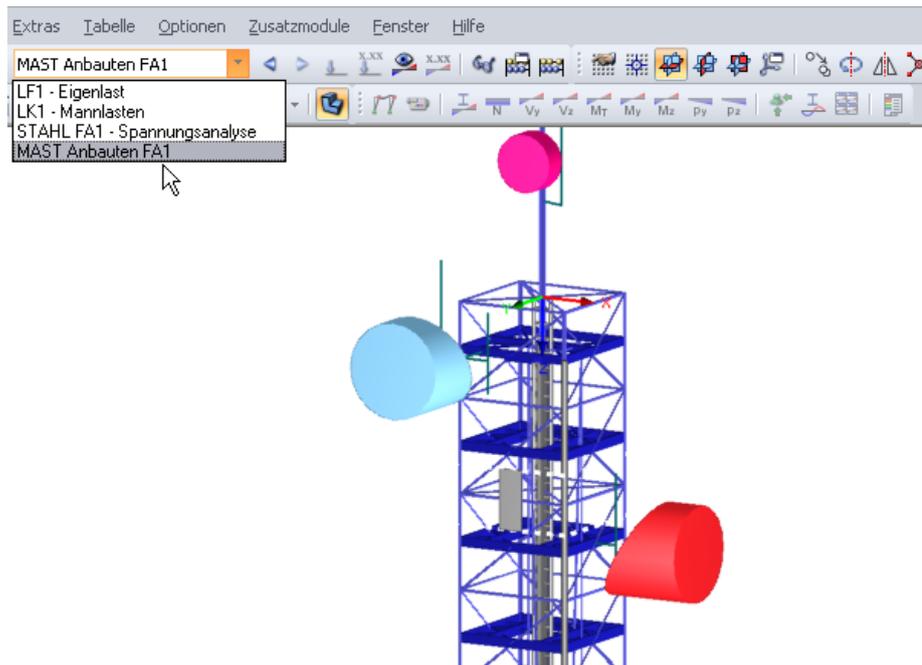


Bild 6.14: MAST Anbauten-Fall in RSTAB/RFEM

# 7. Allgemeine Funktionen

Über die Menüleiste am oberen Rand der Maske sind verschiedene allgemeine Funktionen möglich.

## 7.1 MAST-Fall löschen

Es besteht die Möglichkeit einen MAST-Fall zu löschen über MAST-Menü

**Datei** → **Fall löschen**.

Nach dem Bestätigen der Auswahl wird der Fall gelöscht und das Modul geschlossen. Bereits exportierte Daten bleiben in RSTAB/RFEM erhalten.

## 7.2 Einheiten und Dezimalstellen

Die Einheiten und Nachkommastellen werden für RSTAB/RFEM sowie für sämtliche Zusatzmodule zentral verwaltet. In **MAST Anbauten** ist der Dialog zum Einstellen der Einheiten zugänglich über das Menü

**Einstellungen** → **Einheiten und Dezimalstellen**.

Es wird der aus RSTAB/RFEM bekannte Dialog aufgerufen. Das MAST-Modul ist voreingestellt.

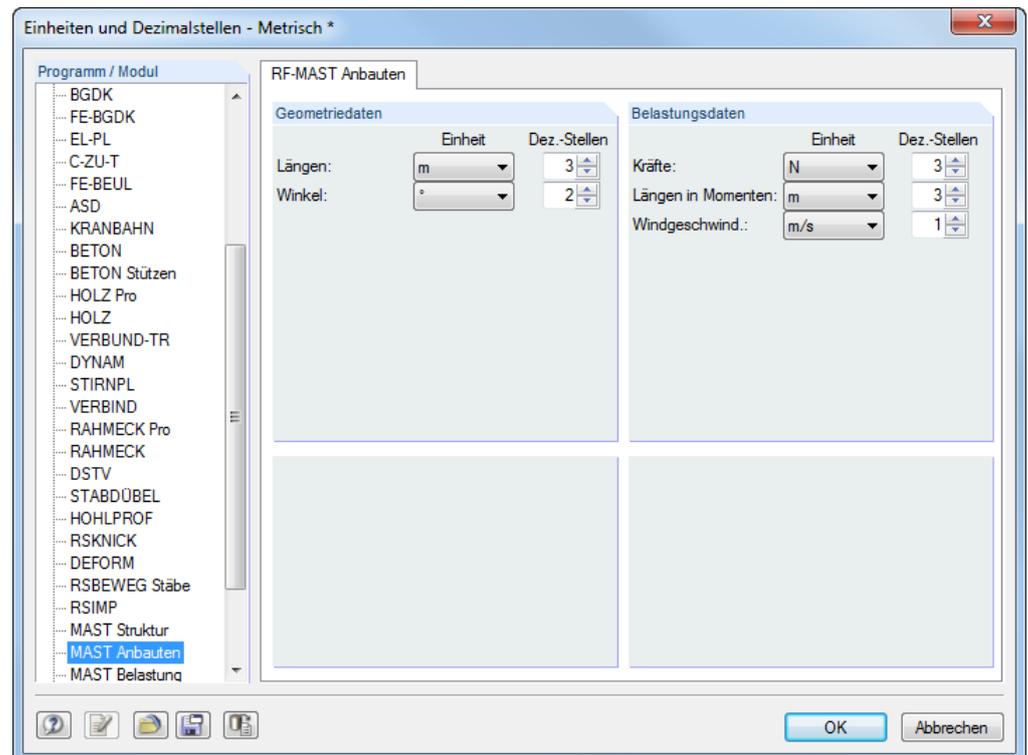


Bild 7.1: Dialog *Einheiten und Dezimalstellen*



Die Einstellungen können als Benutzerprofil gespeichert und in anderen Positionen wieder verwendet werden.

# 8. MAST Knicklängen

## 8.1 Einführung

Dieses Zusatzmodul erzeugt die Knicklängen für die einzelnen Stäbe. Dabei können die Längen von quadratischen, rechteckigen oder dreieckigen Mastgrundrissen generiert werden. Es ist ebenfalls möglich, einen Mast aus dem Modulen **Mast Struktur** und **Mast Anbauten** in der Eingabe zu berücksichtigen. Das Modul **Mast Knicklängen** arbeitet jedoch in jedem Falle unabhängig, d. h. jeder Fachwerkmast aus RSTAB/RFEM kann zur Ermittlung der Knicklängen benutzt werden. Nach der Generierung können die generierten Knicklängen exportiert werden, um sie für die Nachweise im Modul **Mast Bemessung** zu berücksichtigen.

Die Generierung der Knicklängen basiert ausschließlich auf der Geometrie des Mastes. Sie ist damit unabhängig von der Belastung. Durch die Optionen im Dialog *Detail Einstellungen* kann die Berechnung beeinflusst werden. Die Knicklängen können nach der Berechnung manuell editiert werden. Das Modul stellt eine effektive und leistungsfähige Lösung zur Ermittlung der Knicklängen dar, die in den nächsten Abschnitten beschrieben wird.

## 8.2 Starten des Moduls

Es bestehen in RSTAB/RFEM zwei Möglichkeiten, das Zusatzmodul **MAST Knicklängen** zu starten.

### Menü

Der Programmaufruf kann erfolgen über das Pulldownmenü

**Zusatzmodule** → **Gittermasten** → **MAST Knicklängen**.

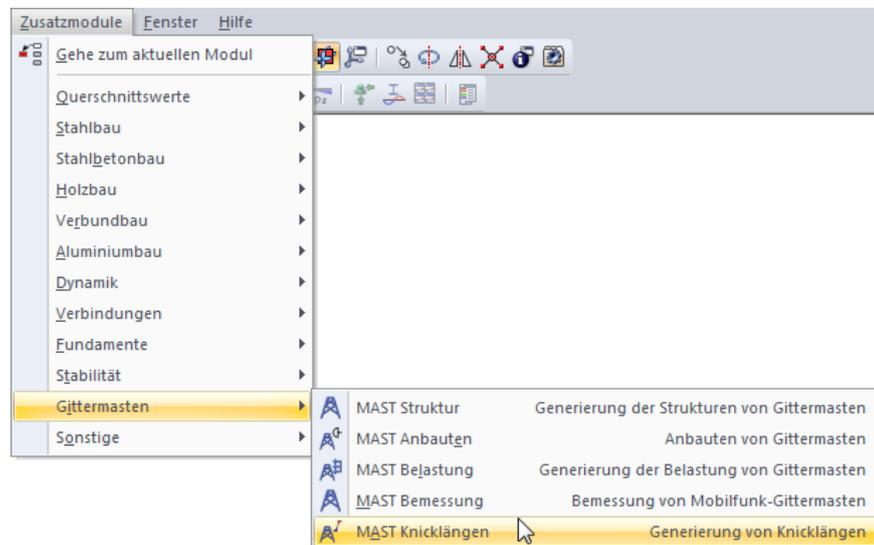


Bild 8.1: Hauptmenü: *Zusatzmodule* → *Gittermasten* → *MAST Knicklängen*

### Navigator

Das Modul MAST Knicklängen kann im *Daten*-Navigator aufgerufen werden über den Eintrag

**Zusatzmodule** → **MAST Knicklängen**.

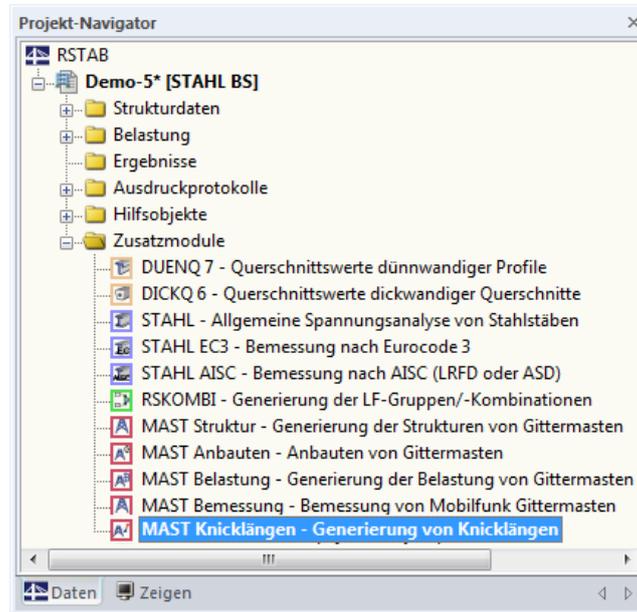


Bild 8.2: Daten-Navigator: *Zusatzmodule* → *MAST Knicklängen*

## 9. Eingabedaten

Die zur Ermittlung der Knicklängen erforderlichen Daten sind in Maske 1.1 *Basisangaben* einzugeben.

Nach dem Aufruf von **MAST Knicklängen** erscheint im linken Teil des Fensters ein Navigator, der alle aktuell anwählbaren Masken verwaltet.

Die Ansteuerung der Masken erfolgt entweder durch Anklicken eines bestimmten Eintrags im Navigator oder durch Blättern mit den beiden links dargestellten Schaltflächen. Die Funktionstasten [F2] und [F3] blättern ebenso eine Maske vorwärts oder zurück.

Mit [OK] werden die bereits getätigten Eingaben gesichert und das Modul MAST Knicklängen verlassen, während [Abbrechen] ein Beenden ohne Sicherung zur Folge hat.



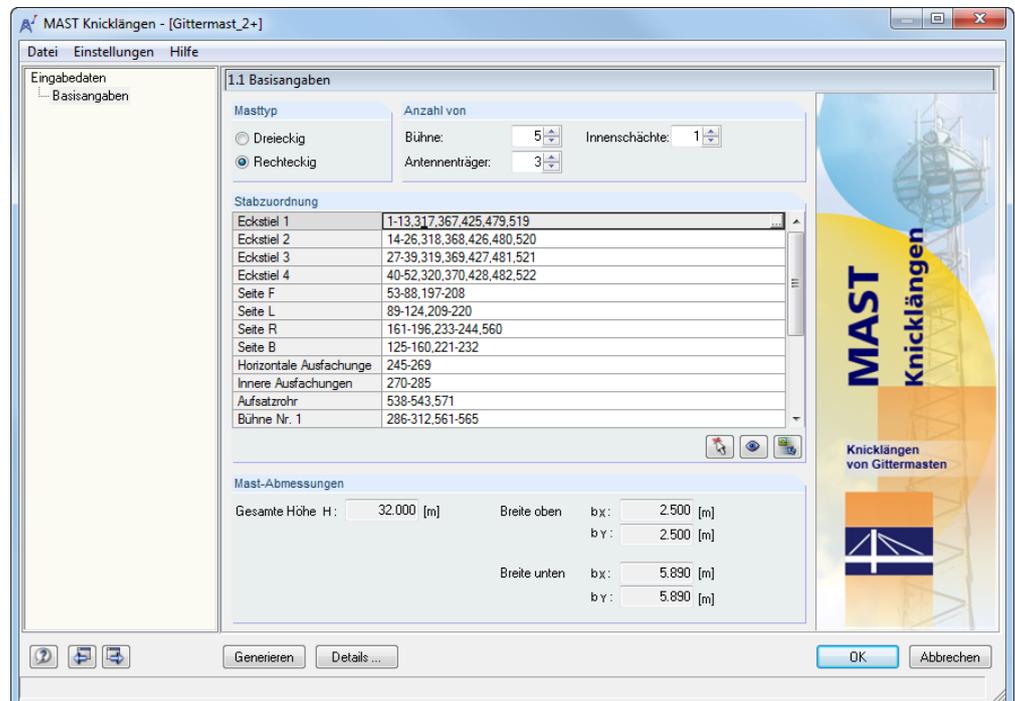
OK

Abbrechen

### 9.1 Basisangaben

Maske 1.1 gibt einen generellen Überblick über die Struktur. In den Abschnitten *Masttyp* und *Anzahl von* werden die Basisparameter des Mastes gesetzt. In Abhängigkeit von diesen Vorgaben erscheinen im Abschnitt *Stabzuordnung* die entsprechenden Zeilen.

Mit der Schaltfläche [Pick] können Stäbe grafisch aus RSTAB/RFEM für die Analyse ausgewählt werden. Wurde ein Mast mit den Modulen MAST Struktur und/oder MAST Anbauten erstellt, so erfolgt die Zuordnung der Stäbe automatisch. Beim Klicken in eine Zeile des Abschnitts *Stabzuordnung* werden alle Stäbe dieser Zeile rechts in der Strukturgrafik hervorgehoben – wenn die Option [Rendering anzeigen] aktiviert ist.

MAST Knicklängen - [Gittermast\_2+]

1.1 Basisangaben

Masstyp

Dreieckig

Rechteckig

Anzahl von

Bühne: 5

Antennenträger: 3

Innenschächte: 1

Stabzuordnung

Eckstiel 1	1-13, 317, 367, 425, 479, 519
Eckstiel 2	14-26, 318, 368, 426, 480, 520
Eckstiel 3	27-39, 319, 369, 427, 481, 521
Eckstiel 4	40-52, 320, 370, 428, 482, 522
Seite F	53-88, 197-208
Seite L	89-124, 209-220
Seite R	161-196, 233-244, 560
Seite B	125-160, 221-232
Horizontale Ausfachung	245-269
Innere Ausfachungen	270-285
Aufsatzrohr	538-543, 571
Bühne Nr. 1	286-312, 561-565

Mast-Abmessungen

Gesamte Höhe H: 32.000 [m]

Breite oben b<sub>x</sub>: 2.500 [m]  
b<sub>y</sub>: 2.500 [m]

Breite unten b<sub>x</sub>: 5.890 [m]  
b<sub>y</sub>: 5.890 [m]

Generieren Details... OK Abbrechen

Bild 9.1: Maske 1.1 *Basisangaben*

## 9.2 Details

Details...

Die Schaltfläche [Details] ruft einen Dialog mit zahlreichen Einstellungen auf, die für die Ermittlung der Knicklängen wichtig sind.

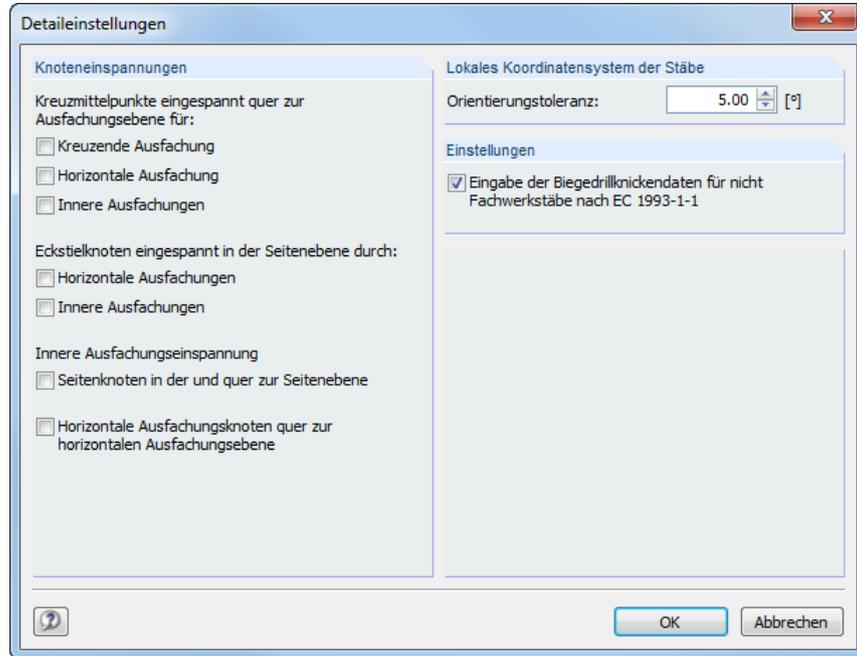


Bild 9.2: Dialog *Detaileneinstellungen*

### Knoteneinspannungen

Für die Generierung der effektiven Längen muss definiert werden, welche Knoten in welche Richtung als gehalten von anderen Stäben angesehen bzw. welche Knoten als nicht gehalten betrachtet werden sollen. Der Abschnitt *Knoteneinspannungen* stellt die entsprechenden Optionen zur Verfügung.

Bild 9.3 zeigt die Optionen zur Definition der Einspannungen rechtwinklig zur Ausfachungsebene des Kreuzungsknotens zweier Ausfachungsstäbe. Ist ein Kontrollfeld angehakt, wird der Kreuzungsknoten der jeweiligen Ausfachung als gehalten betrachtet und es wird die effektive Länge  $L_1$  rechtwinklig zur Ausfachungsebene generiert (siehe Bild 9.4). Ist das Kontrollfeld deaktiviert, so wird der jeweilige Knoten als nicht gehalten betrachtet; es wird die effektive Länge  $L_2$  generiert.

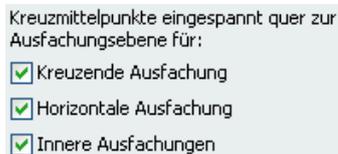


Bild 9.3: Kontrollfelder für Knoteneinspannung rechtwinklig zur Ausfachungsebene

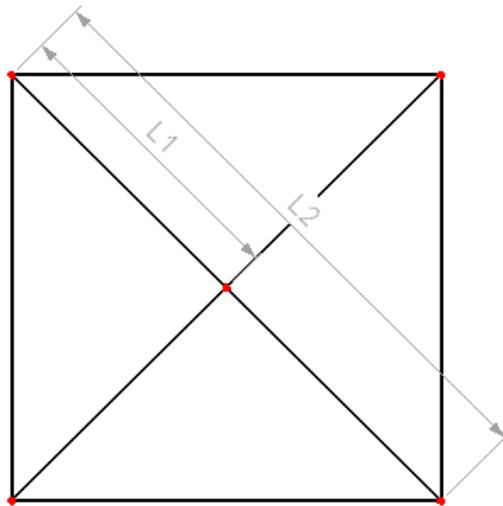


Bild 9.4: Generierte Knicklängen je nach Knoteneinspannung

Die in Bild 9.5 gezeigten Optionen definieren, wie die Eckstiele von horizontalen Ausfachungen gehalten werden. Ist das Kontrollfeld *Horizontale Ausfachungen* deaktiviert, werden die Eckstiele nur in diagonale Richtungen durch die Ausfachungen gehalten (siehe Bild 9.6a). Ist das Kontrollfeld angehakt, werden die Eckstiele diagonal und in die Richtungen der Mastseiten gehalten (siehe Bild 9.6b). Analog können die Eckstiele durch *Innere Ausfachungen* gehalten werden.

- Eckstielknoten eingespannt in der Seitenebene durch:
- Horizontale Ausfachungen
  - Innere Ausfachungen

Bild 9.5: Einspannung der Eckstielknoten

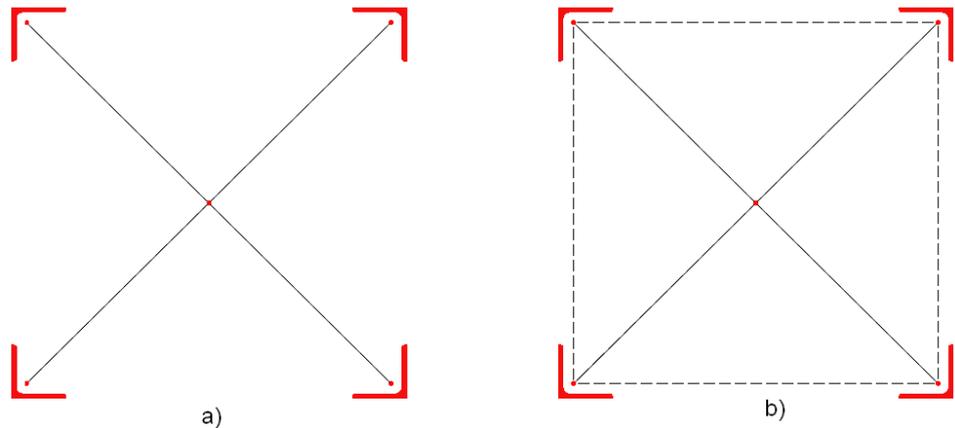


Bild 9.6: Einspannung der Eckstielknoten durch horizontale Ausfachung

Sind im Mast innere Ausfachungen vorhanden, so können diese bei der Ermittlung der Knicklängen für die horizontalen Ausfachungen sowie für die Seitenstäbe berücksichtigt werden. Diese Möglichkeiten sind in Bild 9.7 dargestellt.

- Innere Ausfachungseinspannung
- Seitenknoten in der und quer zur Seitenebene
  - Horizontale Ausfachungsknoten quer zur horizontalen Ausfachungsebene

Bild 9.7: Innere Ausfachungseinspannung

## Lokales Koordinatensystem der Stäbe

Für die Generierung der Knicklängen müssen die Querschnitte der Mastelemente korrekt ausgerichtet sein. Es gelten folgende Regeln zur Orientierung der Stabachsen:

- **Eckstiele:**  
Die lokale y- und z- Achse muss parallel zu den Seiten des Mastes liegen (siehe Bild 9.8a). Bei dreieckigen Masten spielt die Orientierung der Eckstiele keine Rolle, da hier die Knicklängen in einem vereinfachten Verfahren ermittelt werden.
- **Seitenstäbe:**  
Die lokale y- oder z- Achse muss parallel zur Ebene der Seite liegen (siehe Bild 9.8b).
- **Horizontale Ausfachungen:**  
Die lokale y- oder z- Achse muss lotrecht zur Ausfachungsebene liegen.

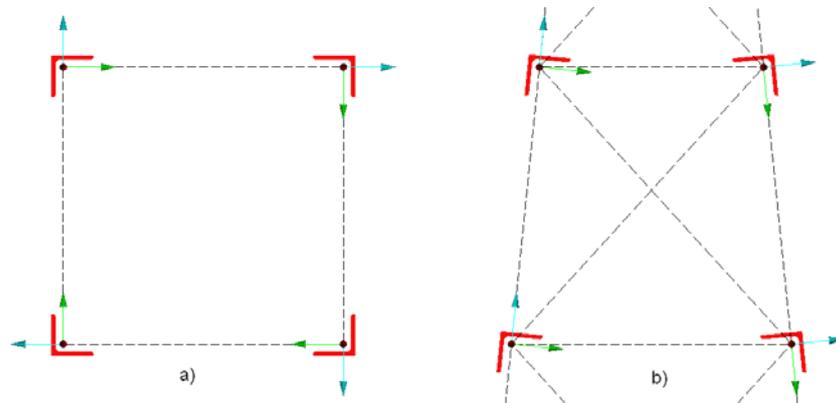


Bild 9.8: Orientierung der Eckstiel- und Seitenstäbe

Wurde der Mast mit dem Modul **MAST Struktur** erstellt, sind die Stäbe entsprechend dieser Regeln orientiert. Falls der Mast manuell in RSTAB/RFEM modelliert wurde, so muss die Orientierung der einzelnen Stäbe überprüft werden, um die korrekte Generierung der Knicklängen zu gewährleisten. Die Orientierung der einzelnen Stäbe ist ggf. in RSTAB/RFEM anzupassen.

Die exakte Ermittlung der Staborientierung kann jedoch – besonders bei geneigten Stäben – mühsam sein. Das Eingabefeld *Orientierungstoleranz* bietet deshalb eine Möglichkeit, die Staborientierung näherungsweise zu bestimmen. Die Toleranz kann von  $0^\circ$  bis  $44,99^\circ$  festgelegt werden. Passt die Orientierung nicht zu den obigen Regeln inklusive Toleranz, so kann die effektive Länge nicht automatisch ermittelt werden.

## Einstellungen

Die effektiven Längen der Nicht-Fachwerkstäbe können manuell in Tabelle 2.2 definiert werden. Sollen diese Stäbe später nach EN 1993-1-1 nachgewiesen werden, können die Biegedrillknickdaten eingegeben werden. Um die Eingabefelder in Tabelle 2.2 freizuschalten, ist dieses Kontrollfeld anzuhaken.

# 10. Generierte Daten

Generieren

Die Ermittlung der Knicklängen wird über die Schaltfläche [Generieren] gestartet. Dabei wird auch eine Überprüfung der Eingabedaten durchgeführt. Da in Maske 1.1 *Stabzuordnungen* Stäbe nur einmal zugewiesen werden können (siehe Bild 9.1), erscheint eine Fehlermeldung, falls ein Stab mehrfach zugewiesen ist.



Bild 10.1: Warnung bei Mehrfachzuweisung von Stäben

Die Berechnung kann nicht ausgeführt werden, solange die Eingabedaten der Maske 1.1 im Abschnitt *Stabzuordnung* nicht korrekt sind.

Nach der erfolgreichen Generierung erscheinen die Ergebnismasken des Moduls, die in den folgenden Abschnitten näher beschrieben sind.

## 10.1 Knicklängen - Fachwerkstäbe

Maske 2.1 *Knicklängen - Fachwerkstäbe* gibt die generierten effektiven Längen aus. Diese Maske zeigt ausschließlich Fachwerkstäbe, also die Stäbe, die das Haupttragwerk des Mastes bilden (Eckstiele, Seiten, horizontale Ausfachungen und innere Ausfachungen). Für jeden Stab sind die Knicklängenbeiwerte  $k_{v}$ ,  $k_y$ ,  $k_z$  und die effektiven Längen  $L_{cr,v}$ ,  $L_{cr,y}$ ,  $L_{cr,z}$  aufgelistet. Die Werte beziehen sich auf die lokalen Koordinatensysteme der Stäbe.

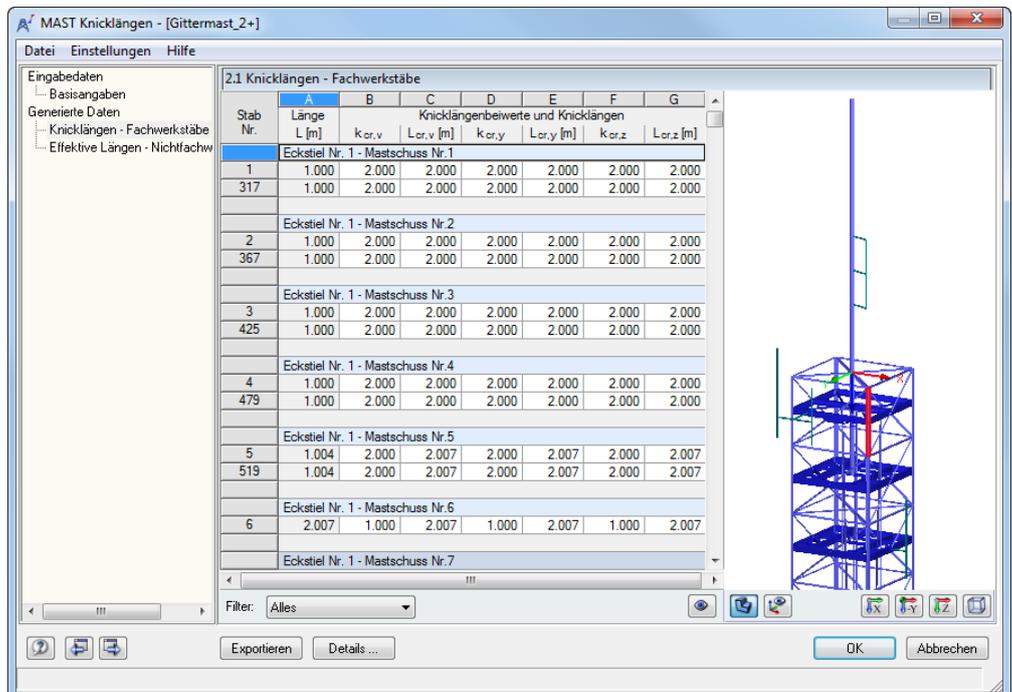


Bild 10.2: Maske 2.1 *Knicklängen - Fachwerkstäbe*

Die Werte  $k_v$ ,  $k_y$ ,  $k_z$  und  $L_{cr,v}$ ,  $L_{cr,y}$ ,  $L_{cr,z}$  können in unterschiedlichen Farben angegeben werden:

- Wenn die Werte *schwarz* dargestellt werden, so wurden die Werte korrekt ermittelt.
- Werden die Werte *rot* dargestellt, konnten die Werte nicht automatisch bestimmt werden. In diesem Fall sind die Längenbeiwerte 1,0. Die effektive Länge entspricht damit der Stablänge.
- Ist eine Zelle gesperrt (*grau*), so existiert kein Wert. Dieser Fall liegt typischerweise bei den Werten  $k_v$  und  $L_{cr,v}$  von Stäben mit doppelsymmetrischen Querschnitten vor.

Innere Ausfachung - Ausfachung Nr.75					
146	0.829	1.000	0.829	1.000	0.829

Seite F - Ausfachung Nr. 1				
105	0.972		2.000	1.944
106	0.972		2.000	1.944



Die Werte für  $k_v$ ,  $k_y$ ,  $k_z$  und  $L_{cr,v}$ ,  $L_{cr,y}$ ,  $L_{cr,z}$  können manuell in Maske 2.1 geändert werden, solange die Werte nicht ausgegraut und damit gesperrt sind.

Über die links dargestellte Schaltfläche [LKS anzeigen] lassen sich die lokalen Koordinatensysteme der Stäbe in der Grafik einblenden.

## 10.2 Effektive Längen - Nichtfachwerkstäbe

Maske 2.2 *Effektive Längen - Nichtfachwerkstäbe* gibt die Knicklängen von Mast-Anbauteilen wie Plattformen, Innenschächte, Leitern o. ä. aus. Die Werte in dieser Tabelle wurden nicht vom Modul **MAST Knicklängen** ermittelt, da dieses nur die Knicklängen für Fachwerkstäbe berechnet. Die Knicklängenbeiwerte der Nichtfachwerkstäbe sind zu 1,0 gesetzt. Damit entsprechen die Knicklängen den Stablängen.

In der oberen Tabelle sind die Knicklängenbeiwerte und die effektiven Längen der Stäbe um ihre Hauptachsen aufgelistet. In den Spalten F bis H können die Biegedrillknickdaten definiert werden, sofern die entsprechende Option im Dialog *Details* aktiviert wurde (siehe Bild 9.2). In der unteren Tabelle werden die *Details* des oben selektierten Stabes angezeigt.

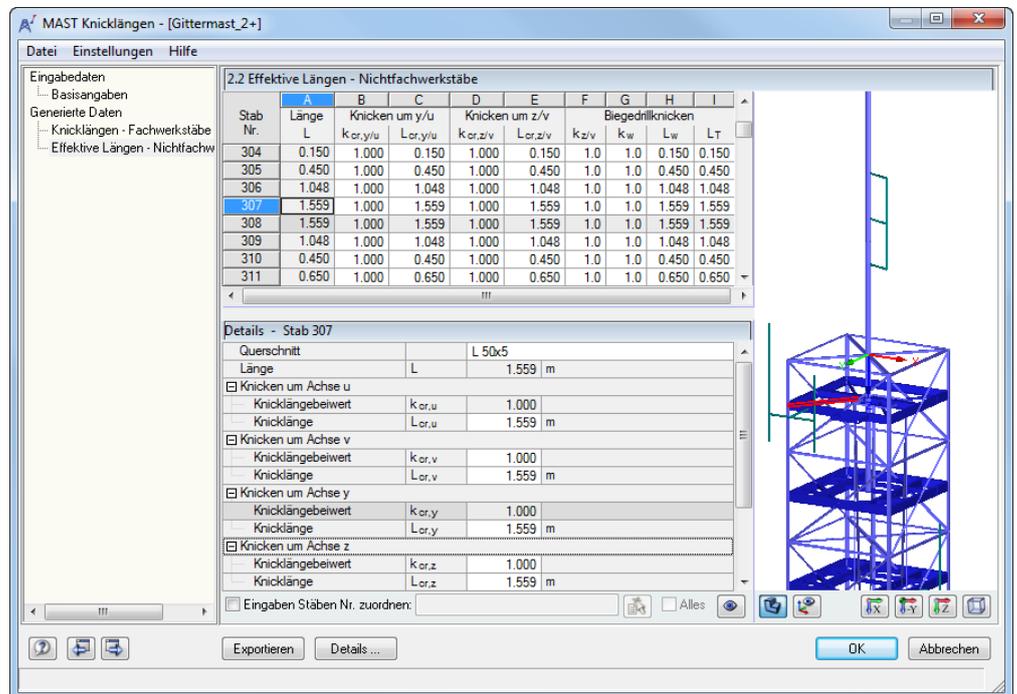


Bild 10.3: Maske 2.2 *Effektive Längen - Nichtfachwerkstäbe*

## 10.3 Export der Ergebnisse

Exportieren

Die Daten der Masken 2.1 und 2.2 lassen sich über die entsprechende Schaltfläche [Exportieren] und dann im Modul **MAST Bemessung** für die weiteren Nachweise nutzen.

# 11. Allgemeine Funktionen

Über die Menüleiste am oberen Rand der Maske sind verschiedene allgemeine Funktionen zugänglich.

## 11.1 MAST-Fall löschen

Es besteht die Möglichkeit einen MAST-Fall zu löschen über MAST-Menü

**Datei** → **Fall löschen.**

Nach dem Bestätigen der Auswahl wird der Fall gelöscht und das Modul geschlossen. Bereits exportierte Daten bleiben in RSTAB/RFEM erhalten.

## 11.2 Einheiten und Dezimalstellen

Die Einheiten und Nachkommastellen werden für RSTAB/RFEM sowie für sämtliche Zusatzmodule zentral verwaltet. Im Modul **MAST Struktur** ist der Dialog zum Einstellen der Einheiten zugänglich über das Menü

**Einstellungen** → **Einheiten und Dezimalstellen.**

Es wird der aus RSTAB/RFEM bekannte Dialog aufgerufen. Das MAST-Modul ist voreingestellt.

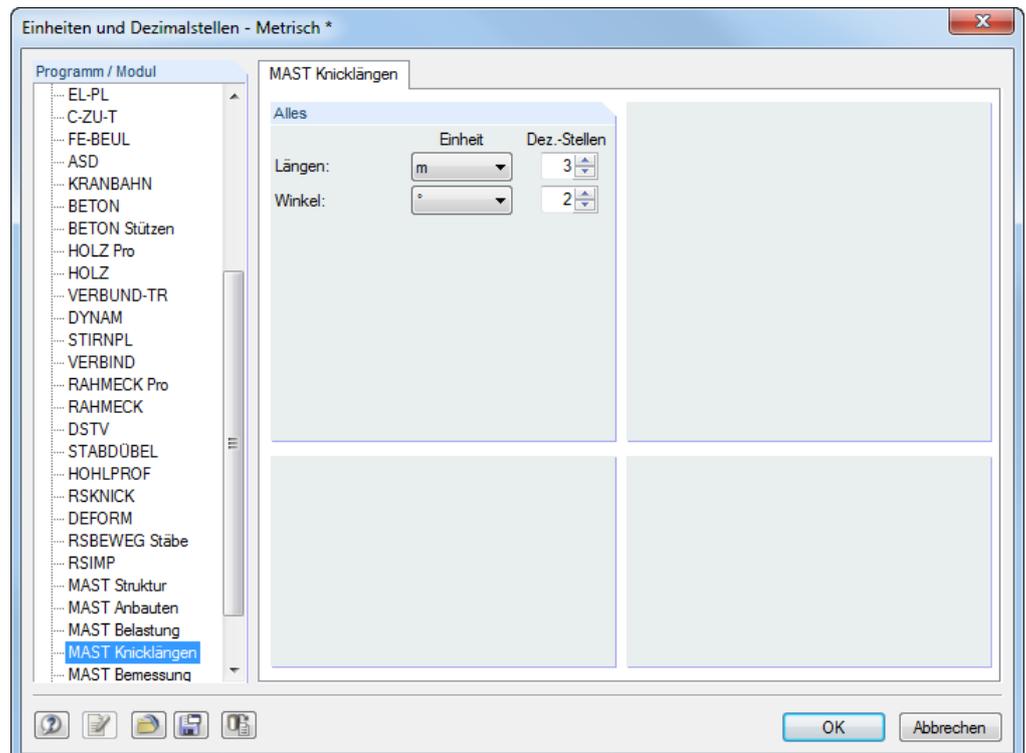


Bild 11.1: Dialog *Einheiten und Dezimalstellen*



Die Einstellungen können als Benutzerprofil gespeichert und in anderen Positionen wieder verwendet werden.

# 12. MAST Belastung

## 12.1 Einleitung

Mit dem Zusatzmodul **MAST Belastung** können die zur Bemessung notwendigen Einwirkungen sehr einfach generiert werden. Dabei berücksichtigt das Modul die Anforderungen nach DIN 1055 für Eigengewicht, Windlasten und Eislasten sowie Verkehrslasten gemäß DIN V 4131.

Der Anwender hat aber auch die Möglichkeit, individuelle Belastungssituationen zu generieren. Auf den folgenden Seiten wird detailliert beschrieben, wie mit dem Modul **MAST Belastung** eine komplexe Einwirkungsdefinition in kurzer Zeit realisiert werden kann.

## 12.2 Aufruf des Moduls

Es bestehen in RSTAB/RFEM zwei Möglichkeiten, das Zusatzmodul **MAST Belastung** zu starten.

### Menü

Der Programmaufruf kann erfolgen über das Pulldownmenü

**Zusatzmodule** → **Gittermasten** → **MAST Belastung**.

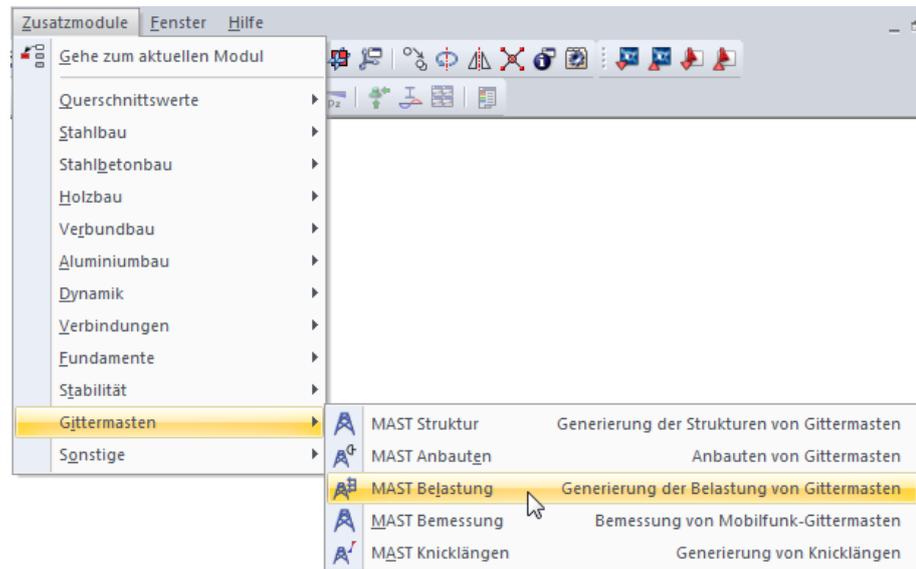


Bild 12.1: Menü: *Zusatzmodule* → *Gittermasten* → *MAST Belastung*

## Navigator

Das Modul MAST Belastung kann im *Daten*-Navigator aufgerufen werden über den Eintrag

**Zusatzmodule → MAST Belastung.**

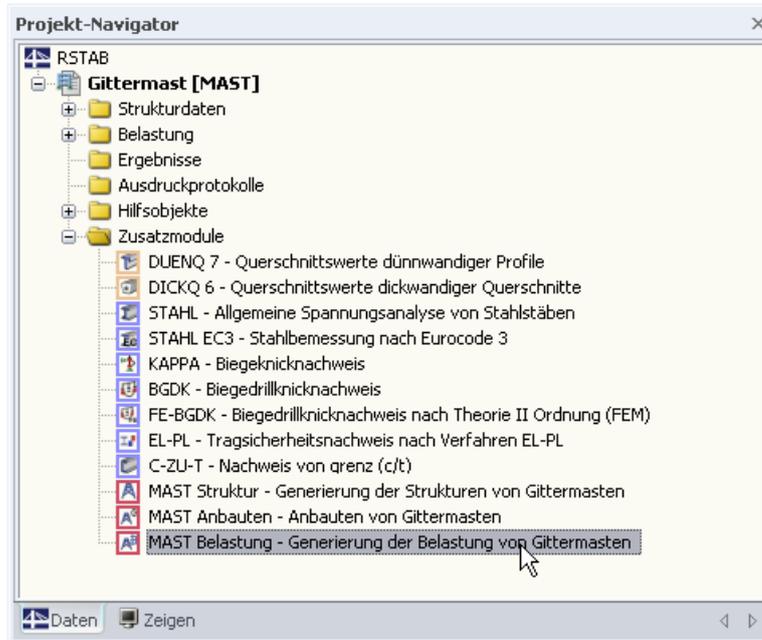


Bild 12.2: Daten-Navigator: *Zusatzmodule* → *MAST Belastung*

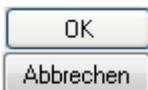
# 13. Eingabedaten

Die Eingabe zur Definition der Lasten erfolgt in Masken.

Nach dem Aufruf von **MAST Belastung** wird in einem neuen Fenster links ein Navigator angezeigt, der alle aktuell anwählbaren Masken verwaltet.



Die Ansteuerung der Masken erfolgt entweder durch Anklicken eines bestimmten Eintrags im Navigator von MAST Belastung oder durch Blättern mit den beiden links dargestellten Schaltflächen. Die Funktionstasten [F2] und [F3] blättern ebenso eine Maske vorwärts oder zurück.



Mit [OK] werden die bereits getätigten Eingaben gesichert und das Modul MAST Belastung verlassen, während [Abbrechen] ein Beenden ohne Sicherung zur Folge hat.

## 13.1 Basisangaben

In Maske 1.1 werden grundlegende Informationen über die Maststruktur und die vorhandenen Anbauteile definiert.

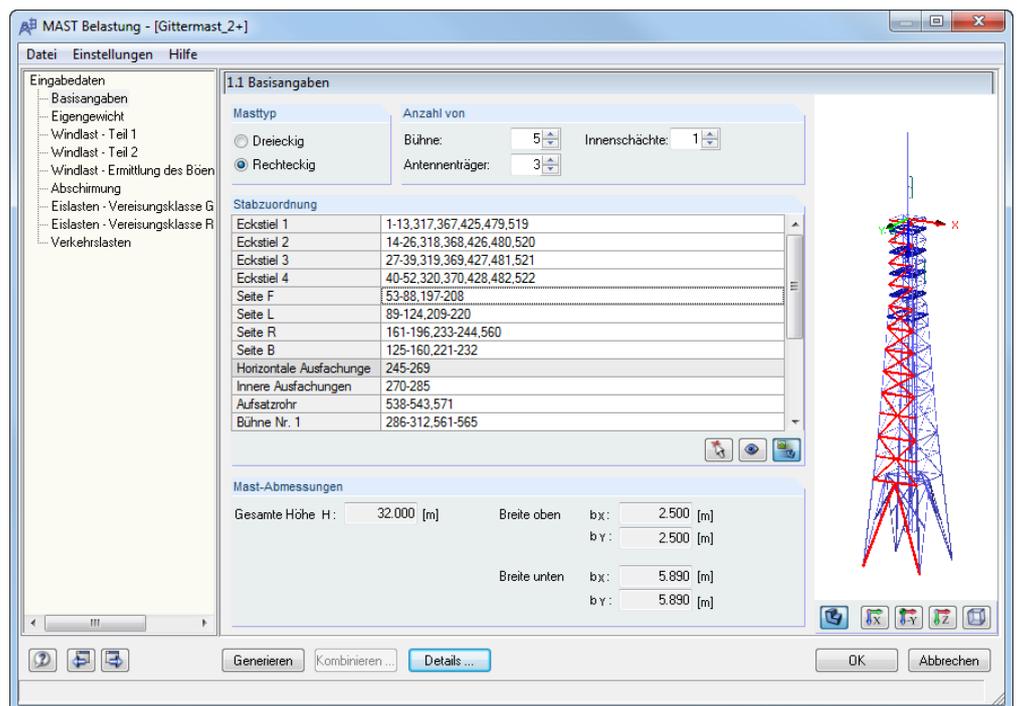


Bild 13.1: Maske 1.1 Basisangaben

Wird in diesem Modul eine aus MAST Struktur exportierte Mastkonstruktion erkannt, so enthält die Tabelle *Stabzuordnung* bereits alle erkannten Maststäbe. Die in MAST Anbauten definierten Bühnen, Antennenträger und Innenschächte werden im oberen Teil der Maske mit ihrer Anzahl angegeben.

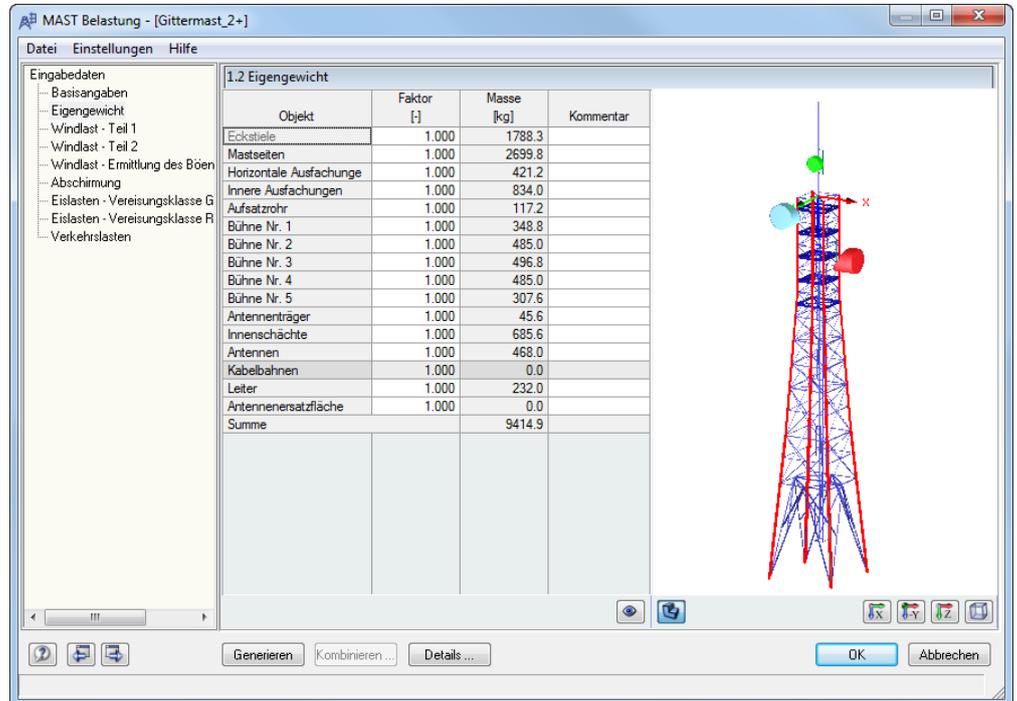


Wurden im Vorfeld keine Daten aus den Modulen MAST Struktur oder MAST Anbauten nach RSTAB/RFEM exportiert, so können die Daten auch manuell in Maske 1.1 eingegeben werden. Wird das Rendering über die links dargestellte Schaltfläche aktiviert, so kann man durch Auswahl der einzelnen Tabellenzeilen die Zuordnung der Stäbe zu den benannten Mastbauteilen in der Grafik kontrollieren und gegebenenfalls anpassen.

Im unteren Teil der Maske erhält man Informationen über die Geometriedaten des Mastes.

## 13.2 Eigengewicht

Die Tabelle in Maske 1.2 zeigt das Eigengewicht der einzelnen Bauteilgruppen an. Die Ermittlung erfolgt automatisch auf Basis der einzelnen Querschnittsflächen und dem zugeordneten Material.



Objekt	Faktor [-]	Masse [kg]	Kommentar
Eckstiele	1.000	1788.3	
Maatseiten	1.000	2699.8	
Horizontale Ausfachungen	1.000	421.2	
Innere Ausfachungen	1.000	834.0	
Aufsatzrohr	1.000	117.2	
Bühne Nr. 1	1.000	348.8	
Bühne Nr. 2	1.000	485.0	
Bühne Nr. 3	1.000	496.8	
Bühne Nr. 4	1.000	485.0	
Bühne Nr. 5	1.000	307.6	
Antennenträger	1.000	45.6	
Innenschächte	1.000	685.6	
Antennen	1.000	468.0	
Kabelbahnen	1.000	0.0	
Leiter	1.000	232.0	
Antennensatzfläche	1.000	0.0	
Summe		9414.9	

Bild 13.2: Maske 1.2 *Eigengewicht*

Zur Berücksichtigung einer Verzinkung der Profile sowie eines eventuellen Zusatzgewichts aus Verbindungsmitteln kann ein Erhöhungs-*Faktor* für die einzelnen Bauteilgruppen definiert werden.

## 13.3 Windlast - Teil 1

Der Wind ist bei Mastkonstruktionen aufgrund ihrer Bauform und Bauhöhe eine bemessungsrelevante Belastung. In Maske 1.3 werden hierzu die grundlegenden Eingaben zur Bestimmung der Windlast unter Berücksichtigung des Standortes und der Mastgeometrie vorgenommen.

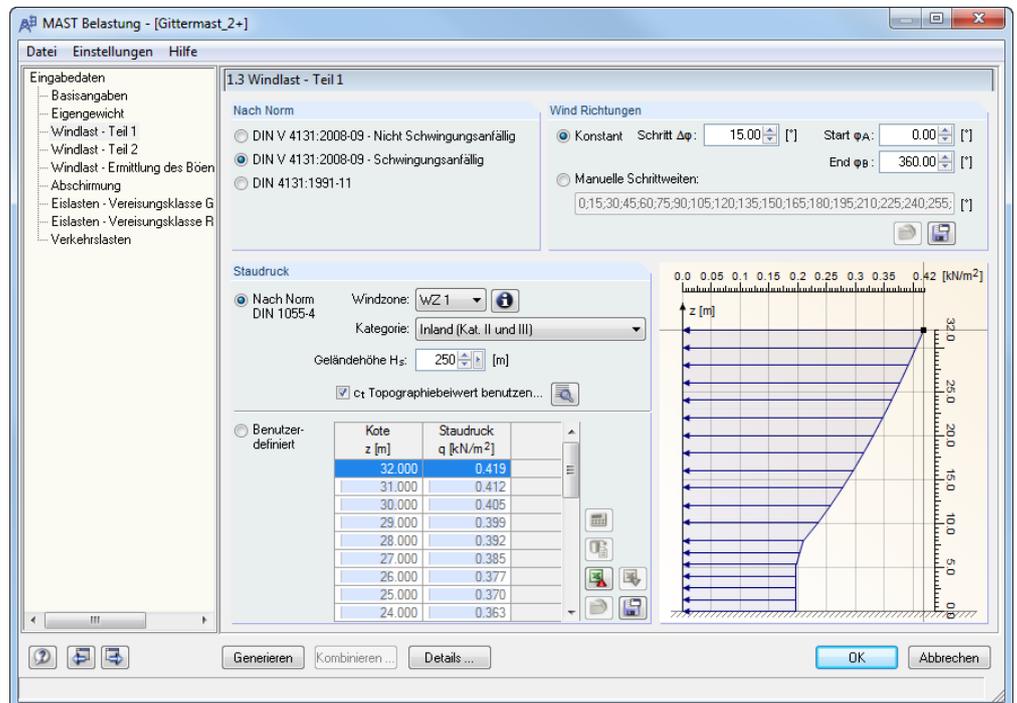


Bild 13.3: Maske 1.3 Windlast - Teil 1

Durch die Bögigkeit des Windes können Masttragwerke zum Schwingen angeregt werden. Zum Erfassen dieser Schwingungen sind dynamische Berechnungen notwendig. DIN 1055-4 Anhang C bietet die Möglichkeit, diese dynamische Berechnung durch Einführung eines Böenreaktionsfaktors auf eine statische Berechnung zurückzuführen. Wird in der vorliegenden Maske die Norm *DIN V 4131:2008-09 - Schwingungsanfällig* ausgewählt, so erfolgt die Ermittlung der Gesamtwindlast unter Berücksichtigung des Böenreaktionsfaktors.

Zur Bestimmung des Böenreaktionsfaktors ist die Berechnung der ersten Eigenfrequenz notwendig. Das Modul ermittelt die niedrigste Eigenfrequenz programmintern. Weitere Möglichkeiten zur Ermittlung des Böenreaktionsfaktors sind in Kapitel 13.5 auf Seite 60 zu finden.

### Wind Richtungen

Nach DIN 4131 Anhang A 1.6 ist die Windrichtung umlaufend in einer 15° Schrittweite zu variieren. Standardmäßig sind die Vorgaben der Norm in Maske 1.3 voreingestellt. Man hat die Möglichkeit, die Schrittweiten sowie den Start- und Endwinkel zu ändern oder eigene manuelle Schrittweiten zu definieren.

Die vom Modul erzeugten Einzelschritte für die Windrichtung können als Muster abgespeichert werden. Wird die manuelle Definition der Schrittweiten aktiviert, so können gespeicherte Muster über die links dargestellte Schaltfläche eingelesen werden.



### Staudruck nach DIN 1055-4

Die Windlastverteilung über die Strukturhöhe wird vom Modul MAST Belastung in Abhängigkeit von *Windzone*, *Geländekategorie*, *Geländehöhe* und gegebenenfalls unter Berücksichtigung des *Topographiefaktors*  $c_t$  ermittelt. Die Definitionen der Windzonen und Geländekategorien sind in DIN 1055-4 Anhang A und B geregelt.



Mit dem Topographiefaktor  $c_t$  wird die mittlere Windgeschwindigkeit unter Berücksichtigung der Lage des Mastbauwerks in Bezug auf windbeeinflussende Geländeformen wie Hügel oder Geländesprünge beeinflusst. Ist die Berücksichtigung von  $c_t$  aktiviert, so gelangt man über die Schaltfläche [Details] in die Detaileinstellungen für diesen Faktor.

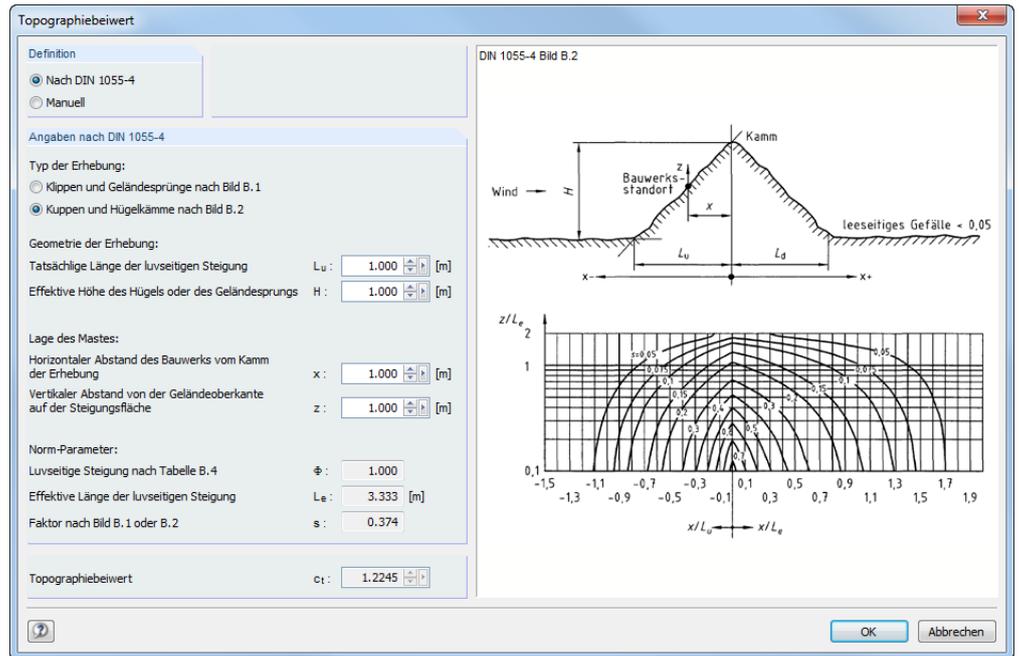


Bild 13.4: Dialog *Topographiebeiwert*

Auf Grundlage der hier angegebenen Randbedingungen ermittelt MAST Belastung den Topographiebeiwert  $c_t$  automatisch. Eine manuelle Angabe dieses Beiwerts ist über die Auswahl in den Detaileinstellungen auch möglich.

### Staudruck nach DIN 4131

Wird die Windbelastung nach DIN 4131:1991-1 ermittelt, so erfolgt dies im Modul unter Berücksichtigung der vier Windzonen und der Geländehöhe  $H_s$ . Die Geländetopographie kann durch Aktivierung der Staudruckerhöhung  $\Delta q$  berücksichtigt werden.

### Staudruck benutzerdefiniert

Sind Winddruckverhältnisse gegeben, die sich nach den bekannten Normen nicht kategorisieren lassen, so kann die Staudruckkurve manuell definiert werden.



Um die Definition der Staudruckwerte mit kleinen Schrittweiten rasch zu bewältigen, kann die Import/Export-Funktion zu MS Excel genutzt werden.

In der folgenden Tabelle 13.1 werden die Schaltflächen zur Unterstützung der manuellen Definition von Staudruckkurven beschrieben.

Schaltfläche	Funktion
	Windows-Rechner öffnen und berechneten Wert übernehmen
	Einlesen der Parameter aus der aktuell eingestellten Norm
	Exportieren der Tabellenwerte nach MS Excel
	Importieren der Tabellenwerte aus geöffneter MS Excel-Datei
	Einlesen von als Muster gespeicherten Tabellenwerten
	Speichern der aktuellen Tabellenwerte als Muster

Tabelle 13.1: Schaltflächen zur manuellen Definition der Staudruckkurve

## 13.4 Windlast - Teil 2

Standardmäßig ermittelt das Modul MAST Belastung die aerodynamischen Kraftbeiwerte automatisch.

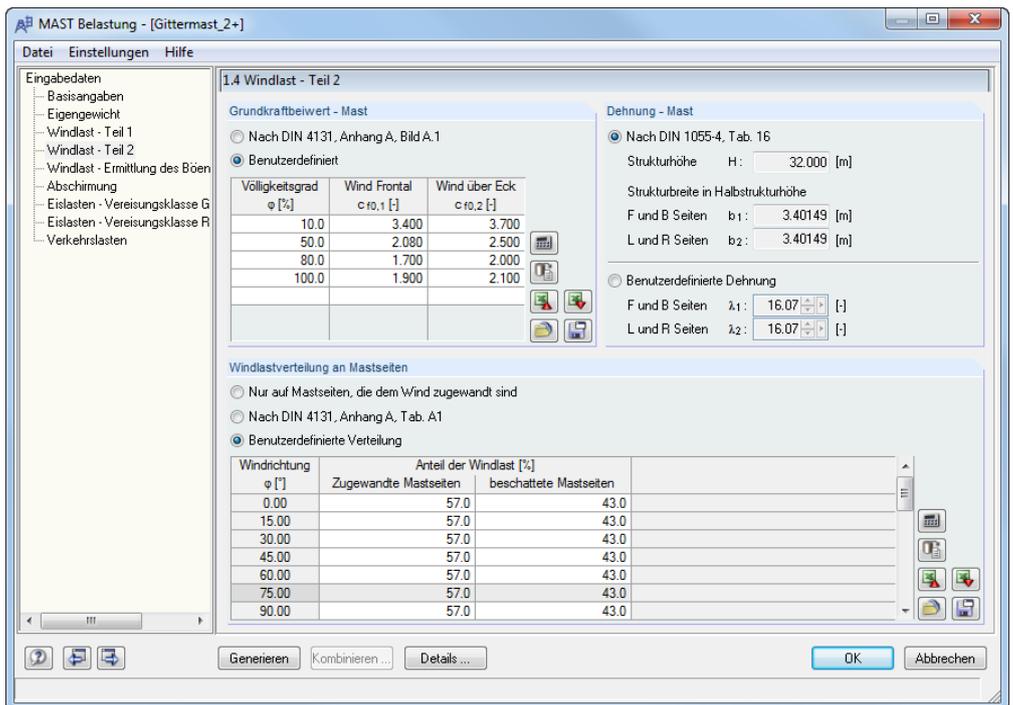


Bild 13.5: Maske 1.4 Windlast - Teil 2

### Grundkraftbeiwert

Die Ermittlung des Grundkraftbeiwertes  $c_{f0}$  für räumliche Fachwerke erfolgt in Abhängigkeit des Volligkeitsgrades und unter Berücksichtigung der Windrichtung. Auch hier besteht die Möglichkeit, benutzerdefinierte Eingaben unter Zuhilfenahme der in Tabelle 13.1 beschriebenen Schaltflächen manuell zu tätigen.

## Dehnung

Die Normen verwenden hier unterschiedliche Bezeichnungen. Die Dehnung entspricht nach DIN 4131 der Streckung  $\lambda$ . In DIN 1055-4 wird hier von der effektiven Schlankheit gesprochen. Standardmäßig wird die Dehnung nach DIN 1055-4 Tabelle 16 ermittelt.

Sollen der Berechnung benutzerdefinierte Werte zugrunde gelegt werden, so hat man die Möglichkeit, die Dehnungen für die parallelen Mastseiten F/B und L/R separat einzugeben.

## Windlastverteilung an Mastseiten

Die Standardeinstellung für die Behandlung der Windlasten sieht vor, dass die dem Wind zugewandten Mastflächen zu hundert Prozent belastet werden und die abgewandten Flächen unbelastet bleiben. Eine anteilige Belastung der Flächen nach DIN 4131 Anhang A, Tabelle A1 und eine benutzerdefinierte Verteilung sind möglich. Zur manuellen Definition können die bekannten Schaltflächen (siehe Tabelle 13.1 auf Seite 59) verwendet werden.

## 13.5 Ermittlung des Böenreaktionsfaktors

Standardmäßig ermittelt das Modul MAST Belastung den Böenreaktionsfaktor voll automatisch. Basierend auf der kleinsten Eigenform der Maststruktur wird der Faktor bei schwingungsanfälligen Bauwerken nach dem Formelapparat der DIN 1055-4 mit Berücksichtigung der angegebenen Berechnungsparameter ermittelt.

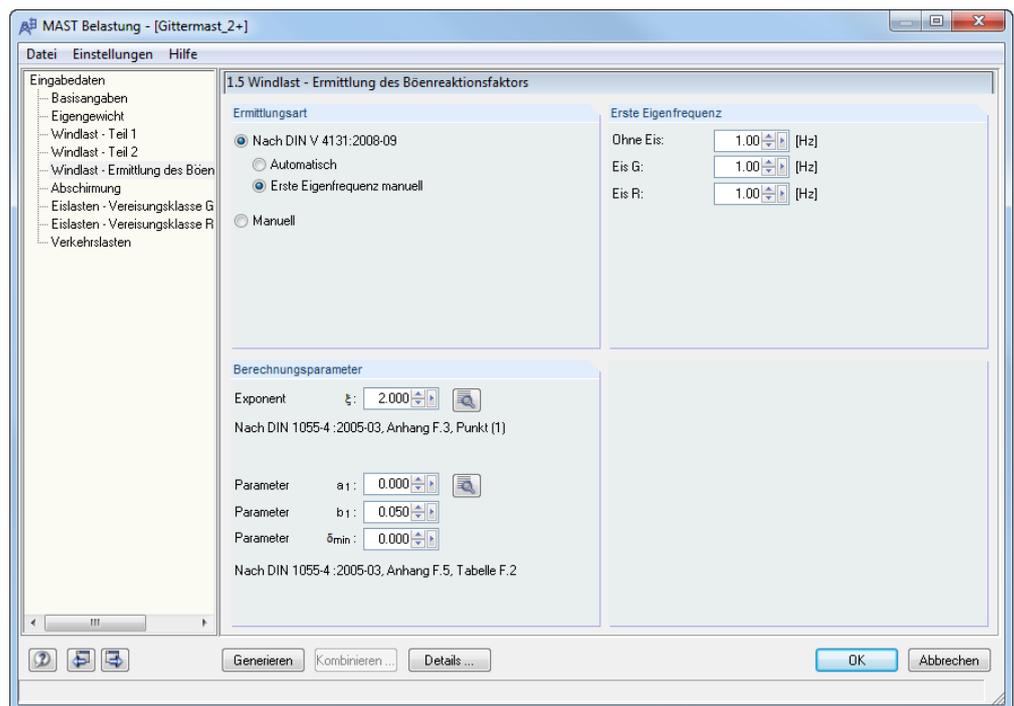


Bild 13.6: Maske 1.5 Windlast - Ermittlung des Böenreaktionsfaktors

Ist die erste Eigenfrequenz der Struktur bekannt, kann diese vorgegeben werden und der Böenreaktionsfaktor wird auf Basis des manuell definierten Wertes und der Berechnungsparameter ermittelt. Bei Vergleichsrechnungen kann es zur Sicherstellung der gleichen Ausgangssituation sinnvoll sein, den Böenreaktionsfaktor manuell zu definieren. Durch Aktivierung des Schalters *Manuell* kann der Böenreaktionsfaktor für die Lastfälle Eigengewicht, Eigengewicht mit Eis Vereisungsklasse G oder Eigengewicht mit Vereisungsklasse R vorgegeben werden.



## 13.6 Abschirmung

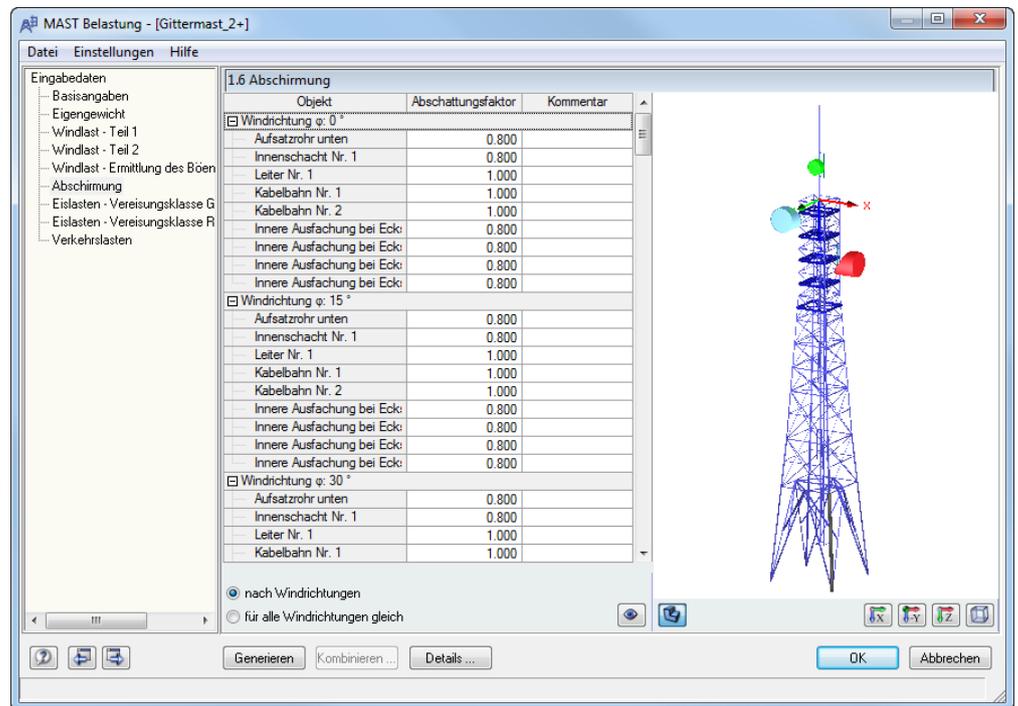


Bild 13.7: Maske 1.6 Abschirmung

Nach DIN V 4131 kann zur Berücksichtigung der Abschattung bei Einbauten und Außenbauten mit einer reduzierten Windlast gerechnet werden. In Maske 1.6 hat der Anwender die Möglichkeit den Abschattungsfaktor anzupassen.

## 13.7 Eislasten - Vereisungsklasse G

In Maske 1.7 werden die Eislasten für eine allseitige, gleichmäßige Eismantelung der Bauteile definiert.

Die Vereisungsklassen und die Eisrohichte sind nach DIN 1055-5 Anhang A voreingestellt.

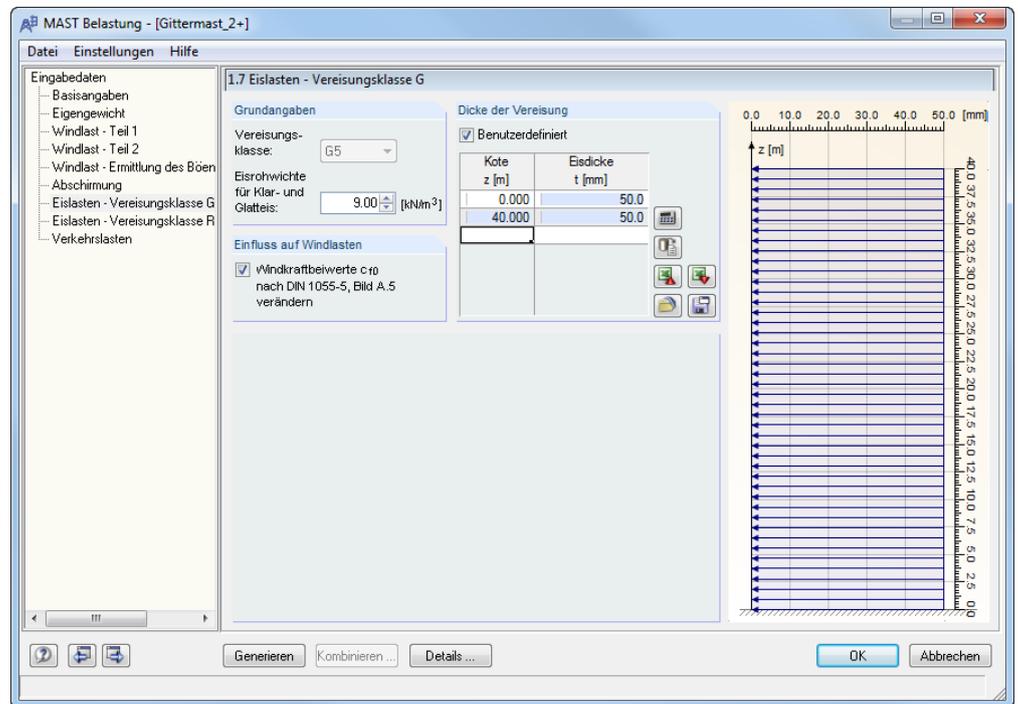


Bild 13.8: Maske 1.7 Eislasten - Vereisungsklasse G

Die Dicke der Vereisung ist in Abhängigkeit der Vereisungsklasse vordefiniert und über die Masthöhe konstant verteilt. Der Anwender hat die Möglichkeit, hier benutzerdefinierte Vereisungsdicken anzugeben, wenn das Feld *Anwenderdefiniert* aktiviert wurde.

Die Berücksichtigung der Vergrößerung der Querschnitte bei der Ermittlung der Windbelastung nach DIN 1055-5 Anhang A, Kapitel A.4 kann ebenfalls in Maske 1.7 aktiviert werden.

## 13.8 Eislasten - Vereisungsklasse R

Die vorherrschende Windrichtung kann bei der Vereisung des Bauwerks zum Aufbau einer einseitigen, gegen den Wind anwachsenden kompakten Eisfahne führen.

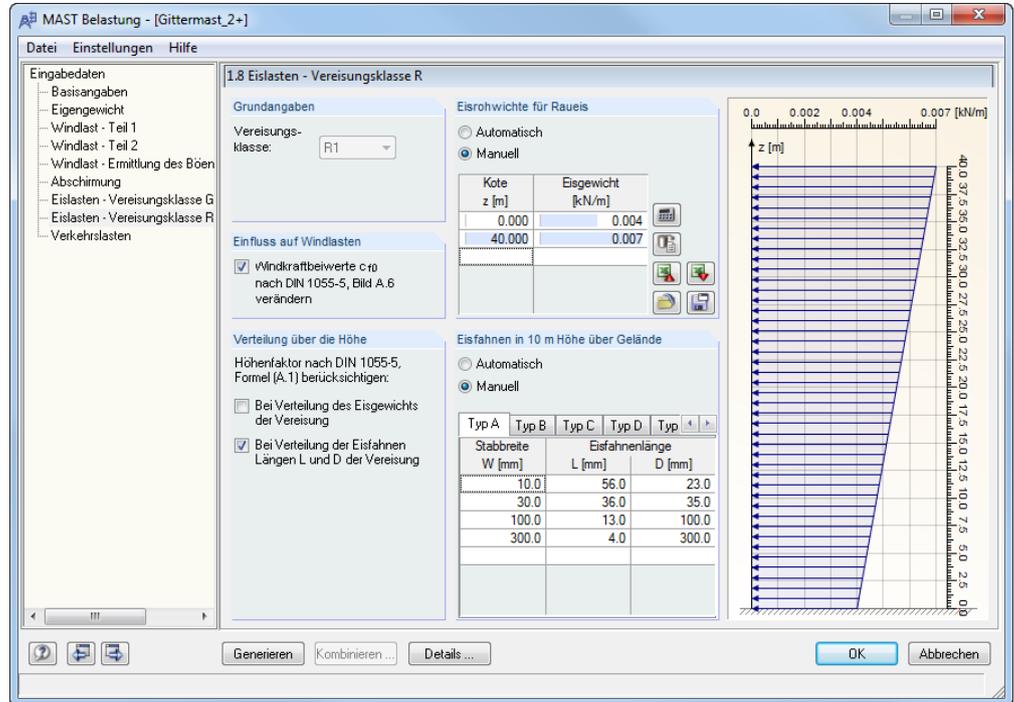
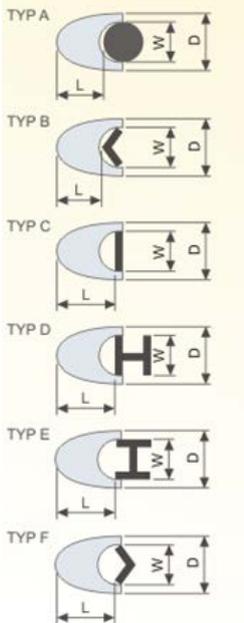


Bild 13.9: Maske 1.8 Eislasten - Vereisungsklasse R



In Maske 1.8 hat man die Möglichkeit, durch Definition der entsprechenden Randbedingungen nach DIN 1055-5 diese Art der Vereisung bei der Lastgenerierung zu berücksichtigen. Die Typen der Eisfahnen werden vom Modul automatisch entsprechend dem Profiltyp erkannt.

Der Anwender kann aber auch die Form der Eisfahne durch Angabe der Länge  $L$  und Breite  $D$  manuell definieren. Die hier gemachten Angaben haben dann Einfluss auf die Windangriffsfläche, die durch das Eis beschrieben wird.

## 13.9 Details

Details ...

Über die links dargestellte Schaltfläche kann der Anwender in den Detailsinstellungen Einfluss auf die Windlastgenerierung, eine mögliche Reduktion der Gesamtwindlast und die Berücksichtigung der Eis- und Mannlasten nehmen.

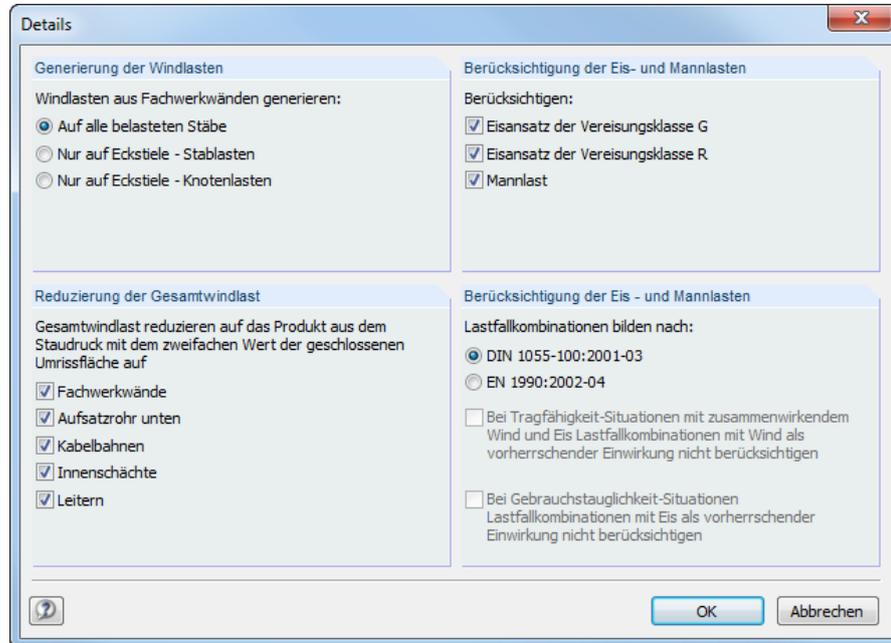


Bild 13.10: Dialog Details

## 13.10 Verkehrslasten

Die auf Mastbauwerke aufzubringenden Verkehrslasten sind in DIN V 4131 Kapitel 6.6 geregelt. In Maske 1.9 sind die entsprechenden Lastgrößen dementsprechend vorgegeben.

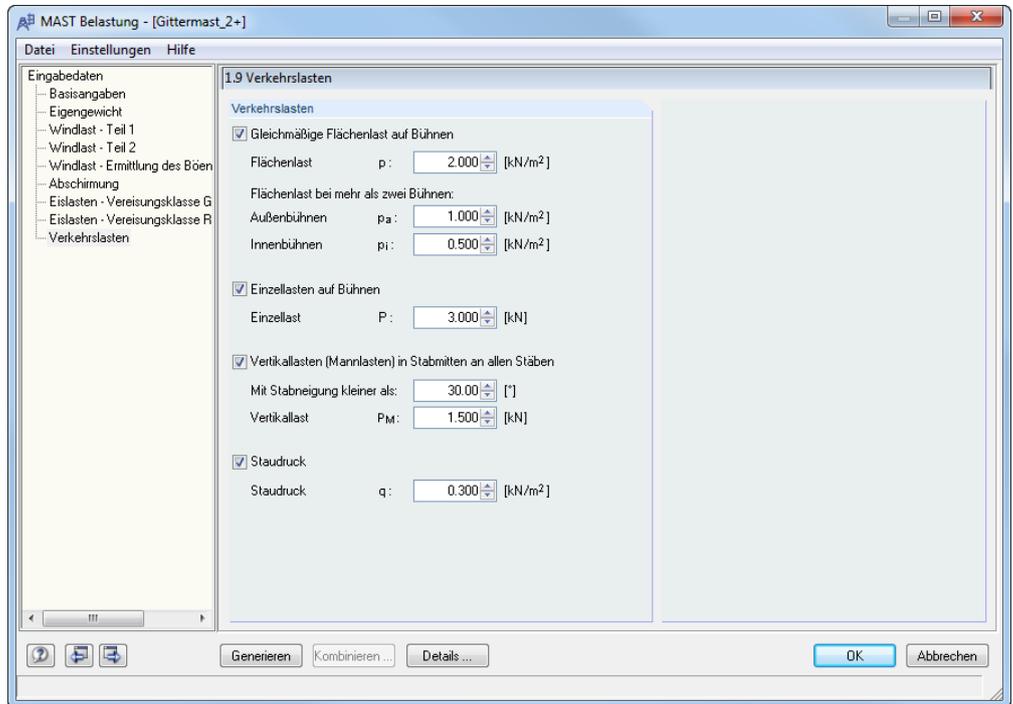


Bild 13.11: Maske 1.9 *Verkehrslasten*

Der Anwender hat auch hier die Möglichkeit, bei von der Norm abweichenden Forderungen für die Verkehrslasten individuelle Belastungswerte anzugeben.

# 14. Ergebnisse

Generieren

Sind alle Daten vollständig eingegeben, startet man die Generierung der Belastung mit der Schaltfläche [Generieren].

Wurde die Belastung erfolgreich generiert, so ist im Navigationsbereich des Moduls MAST Belastung eine Übersicht der Ergebnismasken vorhanden.

## 14.1 Lastfälle

Die Maske 2.1 enthält eine Übersicht aller erzeugten Lastfälle. Das Modul hat dabei jedem Lastfall einen eindeutigen und bezeichnenden Namen gegeben.

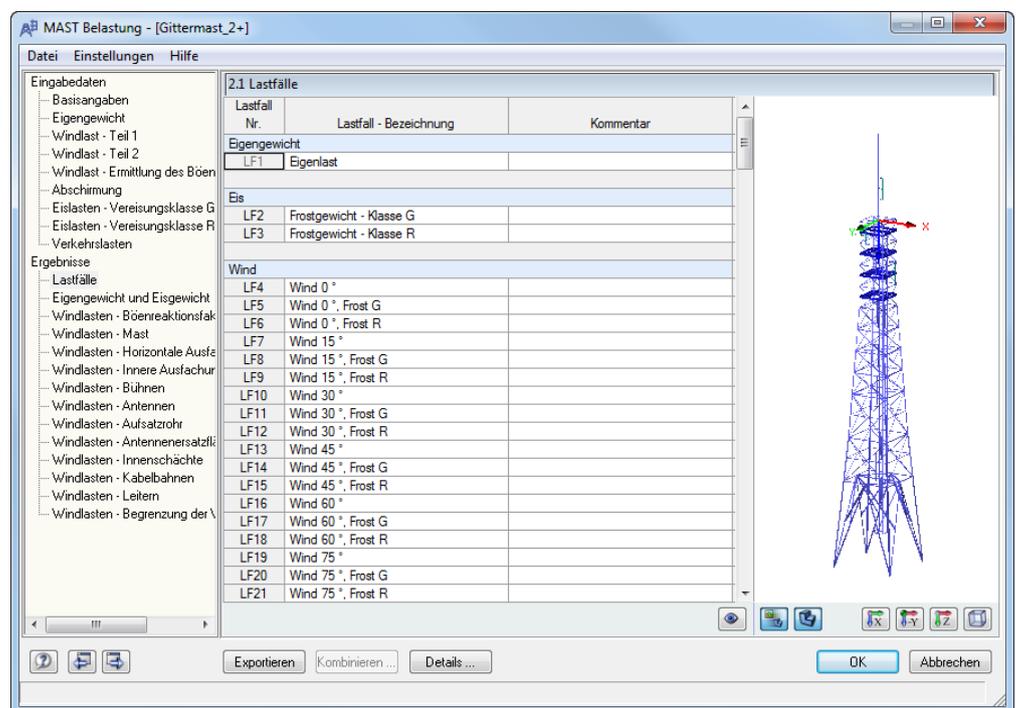
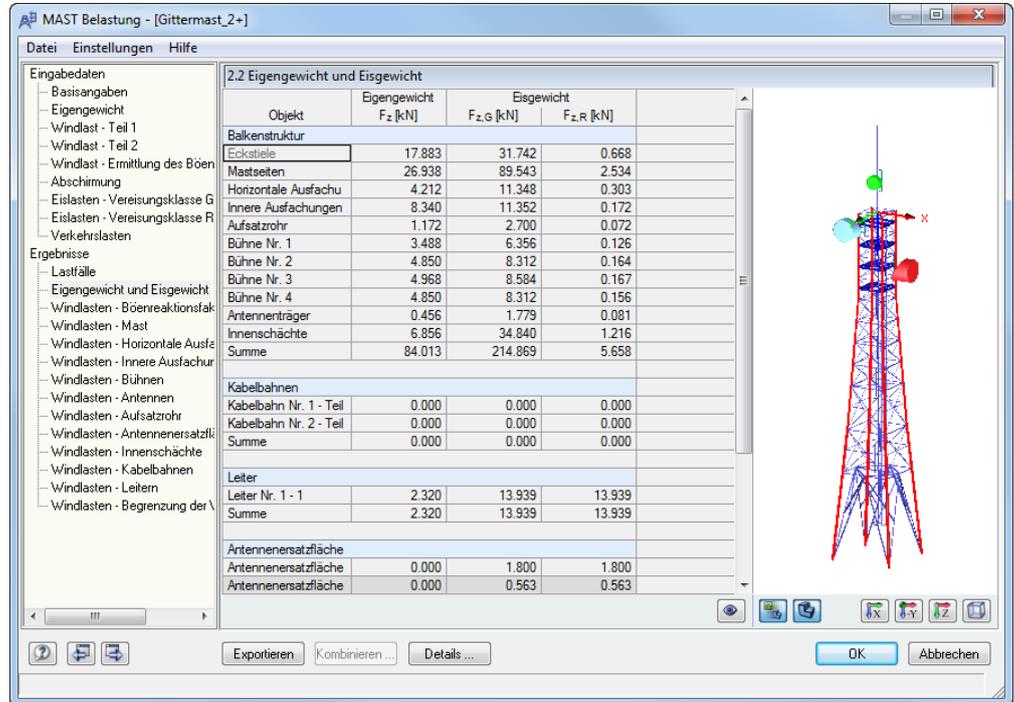


Bild 14.1: Maske 2.1 Lastfälle

## 14.2 Eigengewicht und Eisgewicht

Eigengewicht und Eisgewicht für Vereisungsklasse G und R werden in Maske 2.2 nach Maststruktur und Anbauteilen gegliedert angezeigt.



2.2 Eigengewicht und Eisgewicht			
Objekt	Eigengewicht F <sub>Z</sub> [kN]	Eisgewicht F <sub>Z,G</sub> [kN]    F <sub>Z,R</sub> [kN]	
<b>Balkenstruktur</b>			
Eckstiele	17.883	31.742	0.668
Mastseiten	26.938	89.543	2.534
Horizontale Ausfachu	4.212	11.348	0.303
Innere Ausfachungen	8.340	11.352	0.172
Aufsatzrohr	1.172	2.700	0.072
Bühne Nr. 1	3.488	6.356	0.126
Bühne Nr. 2	4.850	8.312	0.164
Bühne Nr. 3	4.968	8.584	0.167
Bühne Nr. 4	4.850	8.312	0.156
Antennenträger	0.456	1.779	0.081
Innenschächte	6.856	34.840	1.216
Summe	84.013	214.869	5.658
<b>Kabelbahnen</b>			
Kabelbahn Nr. 1 - Teil	0.000	0.000	0.000
Kabelbahn Nr. 2 - Teil	0.000	0.000	0.000
Summe	0.000	0.000	0.000
<b>Leiter</b>			
Leiter Nr. 1 - 1	2.320	13.939	13.939
Summe	2.320	13.939	13.939
<b>Antennensatzfläche</b>			
Antennensatzfläche	0.000	1.800	1.800
Antennensatzfläche	0.000	0.563	0.563

Bild 14.2: Maske 2.2 Eigengewicht und Eisgewicht

Für alle Bauteilgruppen wird eine zusammenfassende Summe ausgegeben

## 14.3 Windlasten - Böenreaktionsfaktor

Wurde in Maske 1.3 die Ermittlung der Windbelastung nach *DIN V 4131:2008-09 - Vibrationsanfällig* oder nach *DIN 4131:1991* ausgewählt, so berechnet das Modul MAST Belastung zusätzlich den Böenreaktionsfaktor. Die Ergebnisse werden dann in Maske 2.3 dargestellt (siehe Bild 14.3 auf der folgenden Seite).

Ein programminterner Eigenwertlöser ermittelt die zur Berechnung erforderliche erste Eigenfrequenz. Diese wird in der Ergebnismaske ebenfalls ausgegeben. Wie der Böenreaktionsfaktor mit einer vorgegebenen ersten Eigenfrequenz ermittelt werden kann oder auch manuell vorgegeben werden kann, findet man in Kapitel 13.5 auf Seite 60.

Der Böenreaktionsfaktor G wird auch für die Maststruktur unter Eisbelastung ermittelt. Im unteren Teil der Maske werden die *Details* der Berechnung angezeigt. Zum Wechseln zwischen den Ergebnissen wird mit der Maus die jeweilige Zeile der oberen Ergebnistabelle ausgewählt.

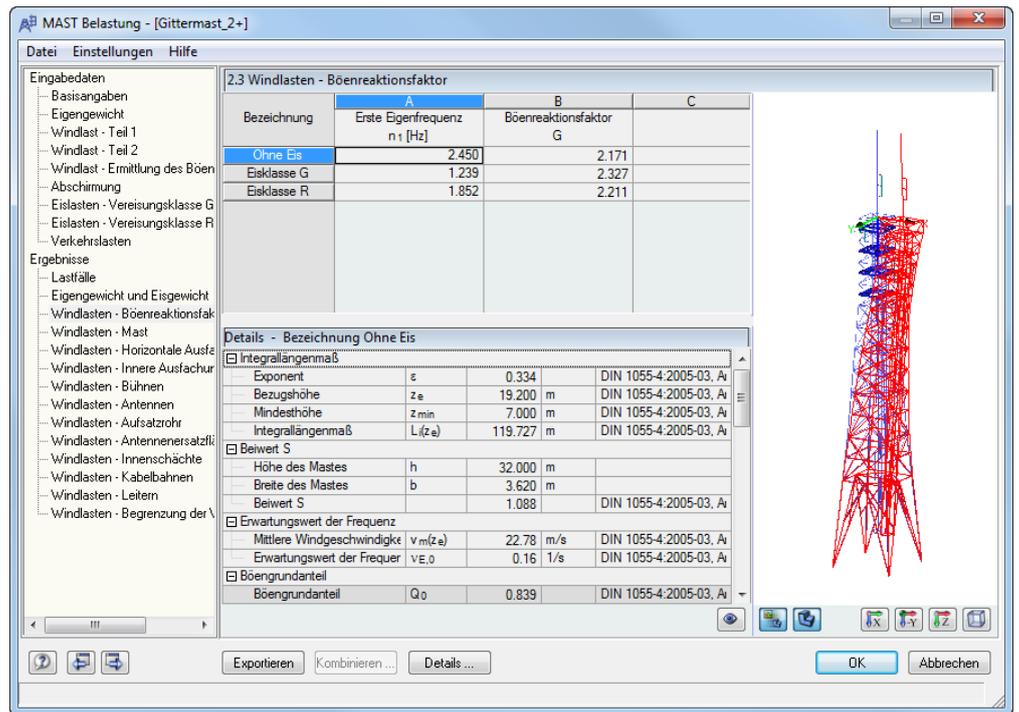


Bild 14.3: Maske 2.3 Böenreaktionsfaktor

## 14.4 Windlasten - Mast

In Maske 2.4 werden alle ermittelten Windlasten aufgelistet, die auf die Maststruktur einwirken.

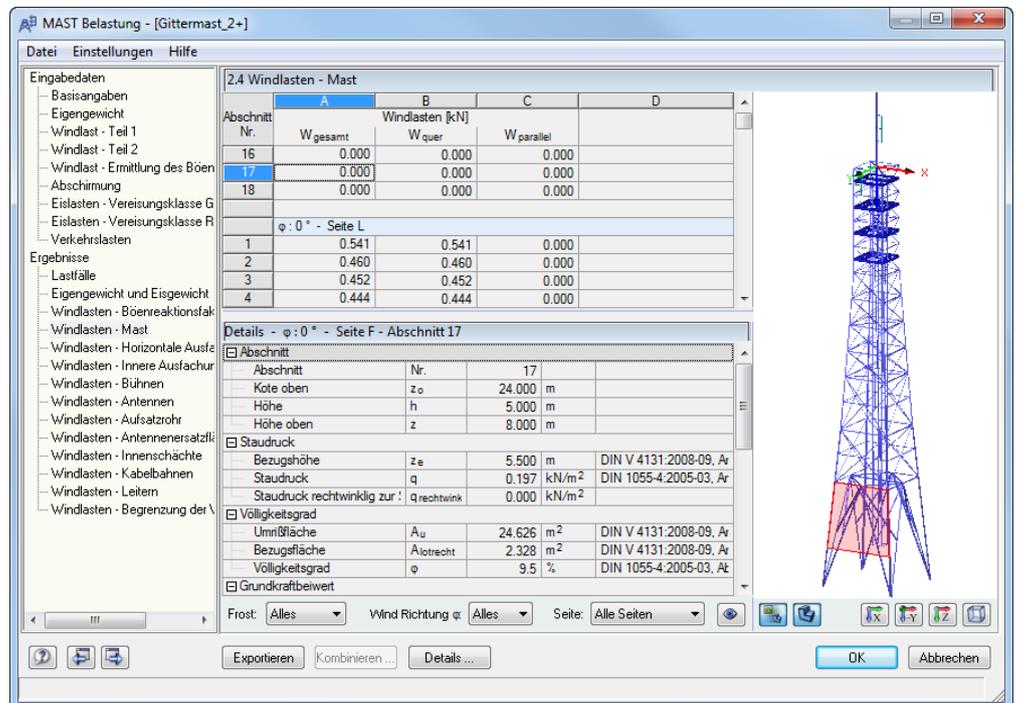


Bild 14.4: Maske 2.4 Windlasten Mast



Durch die Forderung der Norm, die Windbelastung in Teilschritten auf die Maststruktur aufzubringen, sind in dieser Ergebnismaske – je nach Vorgabe der Schrittweite in Maske 1.3 – große Datenmengen anzuzeigen. In der oberen Tabelle sind die Ergebnisse nach Windrichtung und Mastseite dargestellt. Im unteren Teil der Maske sind die zugehörigen Ergebnisdetails aufgelistet.

Um eine komfortable Ergebnisauswertung zu ermöglichen, stehen am unteren Rand der Ergebnismaske drei Auswahllisten zur Verfügung. Damit lässt sich der Inhalt der Ergebnistabelle wie folgt selektieren:

Die Option *Frost* ermöglicht es, die Windbelastung ohne Frost oder mit Berücksichtigung der jeweiligen Vereisungsklasse auszugeben. Über die Liste *Windrichtung* kann zum jeweiligen Teilschritt gesprungen werden. Durch Auswahl der *Seite* können die Ergebnisse nach den vier Mastseiten selektiert werden.

## 14.5 Windlasten - Horizontale Ausfachungen

Maske 2.5 präsentiert die ermittelten Windlasten für die horizontalen Ausfachungen.

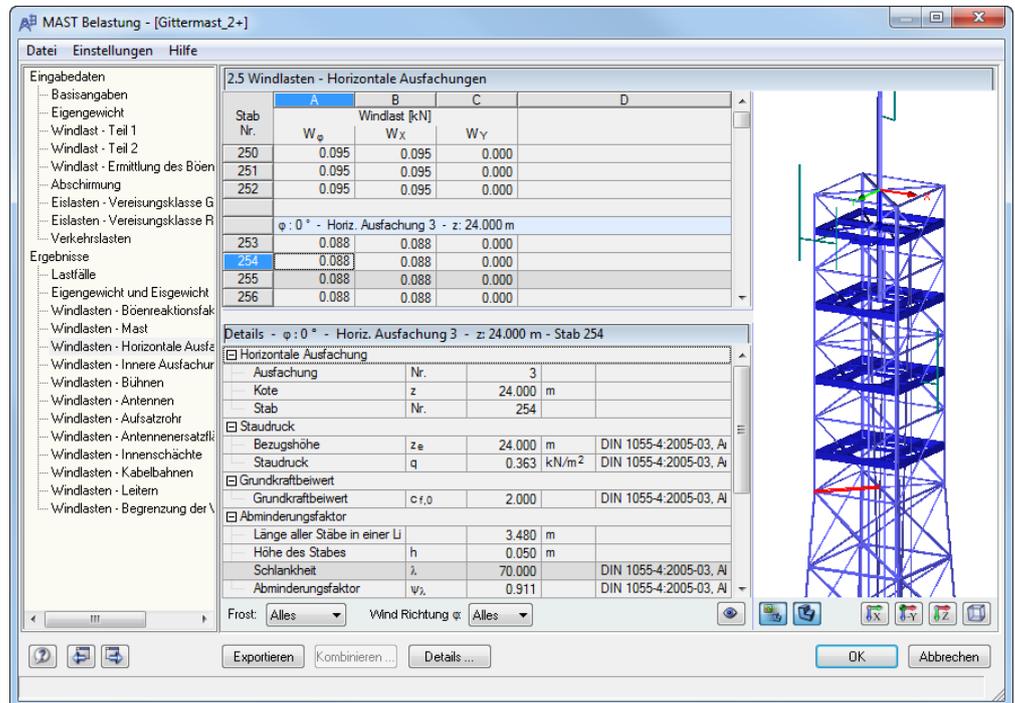


Bild 14.5: Maske 2.5 Windlasten - Horizontale Ausfachungen

Für diese Bauteile erfolgt die Ergebnisauswertung stabweise. Die Ergebnisausgabe kann hier über die in Kapitel 14.4 beschriebenen Auswahllisten für *Frost* und *Windrichtung* gefiltert werden.

Die Ergebnismasken 2.6 bis 2.13 für die weiteren Anbauteile lassen sich analog der oben beschriebenen Masken auswerten. Je nach Anbauteil können sich die Angaben zu den Windlasten auf die globalen Achsen beziehen oder es erfolgt die Richtungsangabe *parallel* und *quer*.



Wurden im Modul MAST Anbauten zum Beispiel keine Kabelbahnen definiert, so erscheint im Modul MAST Belastung für diese Anbauteile auch keine Ergebnismaske. Die Maskennummerierung ist dann nicht fortlaufend.

## 14.6 Windlasten - Begrenzung der Windlast

Nach DIN V 4131 Anhang A Abschnitt A.2.6.2.2 darf die Gesamtwindlast auf den Wert  $2,0 \cdot A_c \cdot q$  begrenzt werden.

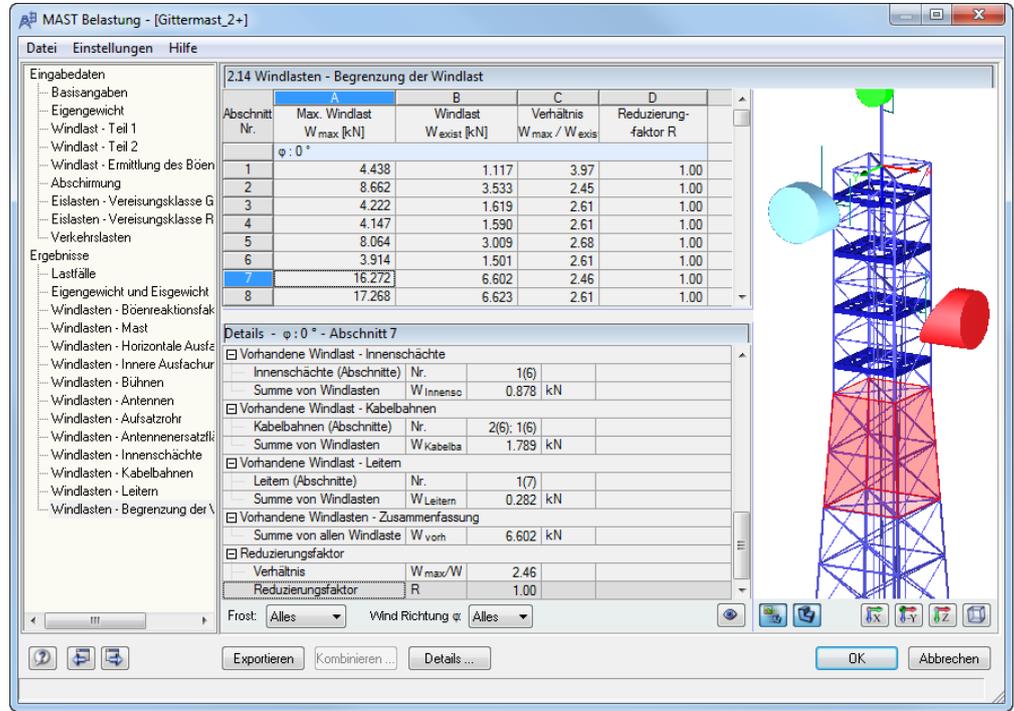


Bild 14.6: Maske 2.14 Windlasten - Begrenzung der Windlast

Das Modul vergleicht die existierende Gesamtwindbelastung mit der Grenzwindbelastung und führt bei Überschreitung der letzteren den Reduktionsfaktor R ein.

## 14.7 Export der Ergebnisse

Exportieren

Zur weiteren Bemessung der Maststruktur müssen die erzeugten Lastfälle an RSTAB/RFEM übergeben werden. Durch Drücken der Schaltfläche [Exportieren] wird die Übergabe der in Maske 2.1 angezeigten Lastfälle gestartet. Zusätzlich erzeugt das Modul die Lastfallkombination *LK1 Mannlasten*. Nach DIN V 4131 Abschnitt 6.6 darf der Nachweis der Mannlast als Einzelkraft in Kombination mit der Windbelastung mit einem einheitlichen Staudruck von  $q = 0,3 \text{ kN/m}^2$  geführt werden.

Kombinieren ...

Ist eine Lizenz für das Zusatzmodul RSKOMBI/RF-KOMBI vorhanden, so ist nach dem erfolgreichen Export der Lastfälle der Start dieses Moduls direkt aus MAST Belastung möglich. Das KOMBI-Modul unterstützt den Anwender bei der Generierung der möglichen Lastfallkombinationen.

# 15. Allgemeine Funktionen

Über die Menüleiste am oberen Rand der Maske sind verschiedene allgemeine Funktionen möglich.

## 15.1 MAST-Fall löschen

Es besteht die Möglichkeit einen MAST-Fall zu löschen über MAST-Menü

**Datei** → **Fall löschen.**

Nach dem Bestätigen der Auswahl wird der Fall gelöscht und das Modul geschlossen. Bereits exportierte Daten bleiben in RSTAB/RFEM erhalten.

## 15.2 Einheiten und Dezimalstellen

Die Einheiten und Nachkommastellen werden für RSTAB bzw. RFEM sowie für sämtliche Zusatzmodule zentral verwaltet. Im Modul **MAST Belastung** ist der Dialog zum Einstellen der Einheiten zugänglich über das Menü

**Einstellungen** → **Einheiten und Dezimalstellen.**

Es wird der aus RSTAB bzw. RFEM bekannte Dialog aufgerufen, das MAST-Modul ist voreingestellt.

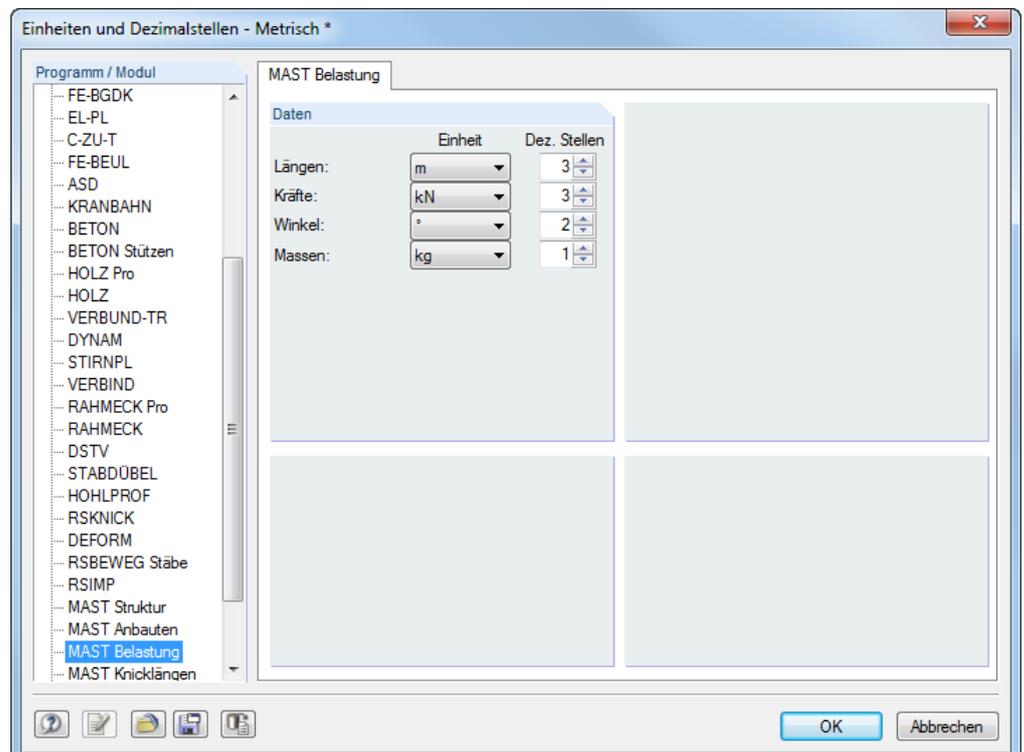


Bild 15.1: Dialog *Einheiten und Dezimalstellen*



Die Einstellungen können als Benutzerprofil gespeichert und in anderen Positionen wieder verwendet werden.

# A Literatur

- [1] DIN V 4131:2008-09 Antennentragwerke aus Stahl
- [2] DIN 1055-4:2005-03 Einwirkungen auf Tragwerke Teil 4: Windlasten
- [3] DIN 1055-5:2005-07 Einwirkungen auf Tragwerke Teil 5 Schnee- und Eislasten

# B Index

## A

Abschattungsfaktor .....	61
Abschirmung .....	61
Antennen .....	37
Antennenersatzflächen .....	38
Antennengruppen .....	36
Antennenträger .....	35
Aufsatzrohr .....	34
Ausfachungen .....	9, 15, 19, 20, 48, 69
Ausfachungstyp .....	17
Ausleger .....	22

## B

Basisangaben .....	46, 55
Beenden von MAST .....	8, 29, 55
Benutzerprofil .....	26, 43, 71
Blättern in Masken .....	8, 29, 55
Böenreaktionsfaktor .....	60, 67
Breitenzunahme .....	13
Bühnen .....	30, 33

## D

Dehnung .....	60
Dezimalstellen .....	26, 43, 52, 71

## E

Eckstielaufsatz .....	9
Eckstiele .....	13, 48
Effektive Länge .....	50
Effektive Längen .....	51
Eigenfrequenz .....	67
Eigengewicht .....	56, 67
Einheiten .....	26, 43, 52, 71
Eisfahne .....	63
Eisgewicht .....	67
Eislasten .....	62, 63
Export .....	25, 42, 51, 70

## F

Fachwerkstäbe .....	50
---------------------	----

## G

Grundkraftbeiwert .....	59
Grundriss .....	8
Gurte .....	18

## I

Innenschächte .....	39
Installation .....	6

## K

Kabelbahnen .....	40
Knicklängen .....	44, 47, 50, 51
Knicklängenbeiwert .....	50
Knoteneinspannungen .....	47
Kommentar .....	9
Koordinatensystem .....	49

## L

Lastfälle .....	66
Leitern .....	41

## M

Mannlast .....	64
Masken .....	8, 55
MAST Anbauten .....	27
MAST Belastung .....	53
MAST Knicklängen .....	44
MAST Struktur .....	7
Mastlager .....	9
Mastschüsse .....	13
Masttyp .....	8
Materialbibliothek .....	12

## N

Navigator .....	8, 29, 55
Neigungen .....	13
Nichtfachwerkstäbe .....	51
Norden .....	30

## O

Optionen .....	9
----------------	---

## P

Programmaufruf .....	7, 27, 44, 53
----------------------	---------------

## Q

Querarme .....	21
Querschnitte .....	10
Querschnittsbibliothek .....	10
Querschnittsinfo .....	11

**S**

Schwingungsanfällig ..... 57  
Stabdrehungen ..... 24  
Stabendgelenke ..... 23  
Starten von MAST ..... 7, 27, 44, 53  
Staudruck ..... 58  
Stückliste ..... 25

**V**

Vereisung ..... 62  
Verkehrslasten ..... 65

**W**

Windlasten ..... 57, 59, 67, 68  
Windlastverteilung ..... 60  
Windrichtung ..... 57, 59