

Antennenberechnung – ATB

FRILO Software GmbH

www.friilo.eu

info@friilo.eu

Stand: 30.10.2018

The screenshot displays the FRILO ATB software interface. The main window is titled "ATD Antennenbemessung 01/2016D - Position: Mast2 (Projekt: Examples) - [Eingabe]". The interface includes a menu bar (Datei, Bearbeiten, Optionen, Ansicht, Hilfe), a toolbar, and a navigation pane on the left with categories like "Systemeingabe", "Lageingabe", and "Optionen".

The central area features a table with the following data:

	Profil	Aussen- durchmesser	Wanddicke	Rauhigkeits- tiefe
1	RO 244.5 X 5	24,450	0,500	0,100
2	RO 193.7 X 6.3	19,370	0,630	0,100
3	RO 177.8 X 5.6	17,780	0,560	0,100
4	RO 139.7 X 6.3	13,970	0,630	0,100
5	RO 127 X 6.3	12,700	0,630	0,100
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

Below the table, there are buttons for "OK", "Abbrechen", "Übernehmen", and "Weiter". To the right of the table is a 3D diagram of a tower structure with a coordinate system (X, Y, Z) and a vertical axis labeled "H".

At the bottom of the window, there is a status bar with the text "Drücken Sie F1, um Hilfe zu erhalten." and numerical values: "0,00", "0,00", "0,00 [m] CS NUM".

Antennenberechnung – ATB

Inhaltsverzeichnis

Anwendungsmöglichkeiten	3
Berechnungen	5
Rechengang	5
Berechnungsgrundlagen Fußpunkt und Flansch	6
Berechnungsergebnisse	8
Optionen - Einstellungen	9
Systemeingabe	10
Material	10
Querschnitte	11
Profilauswahl	12
Mastgeometrie	12
Eigenschaften des Mastsegmentes	13
Verbindungen Flansch	13
Lagerung	16
Mastöffnung	20
Fußpunkt	21
Rippen	23
Anker	24
Kerbfälle	24
Bemerkungen	24
Lasteingabe	25
Allgemeines zu Lasten	25
Windlast / Erdbeben	25
Ständige Lasten	27
Veränderliche Lasten	28
Zusätzliche Windlasten	29
Temperaturbelastung / Eisbehang	30
Ausgabe	31
Ausgabeprofil	32
Bildschirmausgabe (Textfenster)	32
Ergebnisse - Berechnen	33
Programmspezifische Symbole	34

Grundlegende Dokumentationen - Übersicht

Neben den einzelnen Programmhandbüchern (Manuals) finden Sie grundlegende Erläuterungen zur Bedienung der Programme auf unserer Homepage www.frilo.eu

(▶ Service ▶ Fachinformationen ▶ Bedienungsgrundlagen).

Anwendungsmöglichkeiten

Das Programm ATB berechnet Antennenmasten auf der Grundlage von DIN 4131 Ausgabe November 1991. Es werden hierzu Verformungen und Schnittgrößen nach Elastizitätstheorie I. und II. Ordnung sowie Eigenfrequenzen ermittelt, mit denen Tragsicherheit, Betriebsfestigkeit sowie Gebrauchsfähigkeit nachzuweisen sind.

Dem Bemessungskonzept liegt das Sicherheitskonzept nach DIN 18800 mit gesplitteten Teilsicherheitsfaktoren für Last- und Widerstandsseite zugrunde.

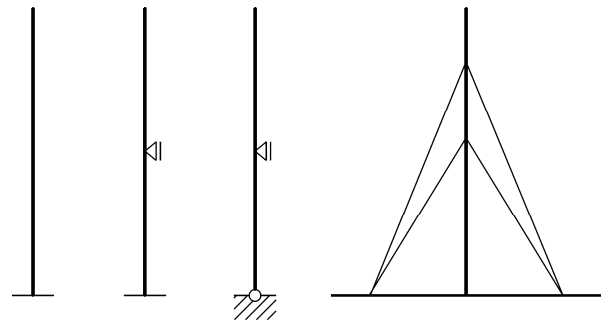
In Anlehnung an DIN 18800 T1 Anmerkung zu Element (717) wird bei den Tragsicherheitsnachweisen der Teilsicherheitsbeiwert des Widerstandes auf der Einwirkungsseite berücksichtigt. Entsprechend sind die Widerstände mit den charakteristischen Werten zu ermitteln.

Als Abspannung können 3 oder 4 Seile gewählt werden mit mehreren Lagerpunkten über die Masthöhe. Die Seile können mit Eisbehang besetzt sein und vom Wind angeströmt werden.

Mastgeometrie:

Mit der vorliegenden Version des Programms können folgende Systeme behandelt werden:

- Frei auskragende, ungestützte Tragrohre mit unterschiedlichem Material und beliebigem Verlauf der Querschnitte
- Mehrfach, räumlich abgestützte Tragrohre mit unterschiedlichem Material und beliebigem Verlauf der Querschnitte
- Mehrfach, räumlich abgestützte Tragrohre mit Abspannungen mit unterschiedlichem Material und beliebigem Verlauf der Querschnitte



Mastöffnungen:

Der Nachweis von Mastöffnungen wird nach DIN 4131 6.4.1. Bild 3a und Bild 3b geführt.

Erdbebenkontrolle:

Bei Bedarf führt das Programm ATB einen Erdbebennachweis nach DIN 4149 Ausgabe 1981. Einzugeben sind Erdbebenzone, Baugrundfaktor und Erhöhungsfaktor für den Abminderungsfaktor α nach DIN 4149 Tabelle 2.

Eigenfrequenzuntersuchung:

- Ermittlung der Eigenfrequenzen unter Berücksichtigung der Massen aus den 1,0-fachen ständigen Lasten.
- Bestimmung des Böenreaktionsfaktors zur Erfassung der Windböigkeit.
- Berechnung der 1,0-fachen Trägheitskräfte für Querschwingungsnachweis.

Nachweis der Tragsicherheit mit Ersatzlasten infolge Querschwingungen und der Nachweis der Betriebsfestigkeit erfolgen für die Grundfrequenz und gegebenenfalls höhere Eigenfrequenzen, sofern sie durch Anströmung angeregt werden können, in Kombination mit der ersten und höheren kritischen Windgeschwindigkeiten.

Eigene aerodynamische Maßnahmen können durch schraubenförmige Wendeln oder die Vorgabe des aerodynamischen Formbeiwertes für Tragmastteile berücksichtigt werden.

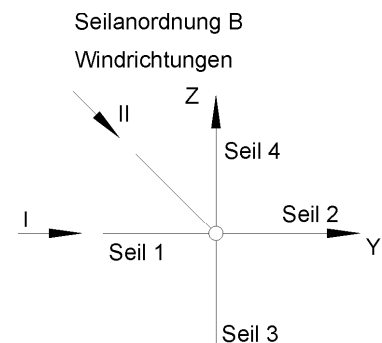
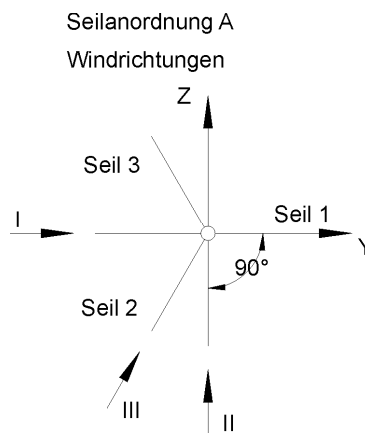
Außerdem kann ein Erhöhungsfaktor für den Erregerbeiwert $clat$ und die Strouhalzahl vorgeben werden.

Windlastdaten:

Berechnung der Windlasten mit folgenden Eingabemöglichkeiten:

- Windrichtung
- Staudruckzone 1/2/3/4
- Geländehöhe ü. NN
- Staudruckerhöhung nach DIN 4131 A.1.2
- Windlasterhöhungsfaktor nach DIN 4131 A.1.3.2.3
- Windbelastungsbereich Anfang + Ende
- Dämpfungsdekrement für Böigkeit und Querschwingung

Es wird standardmäßig Wind in y- und in z-Richtung untersucht. Im Falle von Abspannungen wird bei 3 Seilen je Abspannstern zusätzlich die Windrichtung 60° bzw. bei 4 Seilen je Abspannstern zusätzlich die Windrichtung 315° untersucht.



Zusätzliche Windlasten:

Es können zusätzliche konzentrierte Windlasten z.B. aus Anströmung von Anbauten, Podesten oder Steigleitern erfasst werden.

Eislasten:

Eine direkte Eingabe von Lasten infolge Eisbehang des Tragmastes ist möglich.

Temperaturbelastung:

Veränderung der Aufstelltemperatur infolge Wärmeeinwirkung längs und quer der Mastachse können berücksichtigt werden.

Sonstige veränderliche Lasten:

Es besteht die Möglichkeit konzentrierte oder verteilte Lasten einzugeben. Einzellast R_x , R_y , R_z , Moment M_x , M_y , M_z oder Streckenlasten bzw. -momente.

Beulsicherheitsnachweis:

Das Programm ATB führt eine Beulsicherheitsnachweis nach DIN 18000 T4 durch. Für abgestufte Wanddicken wird nach dem Element (305) der Nachweis geführt.

Ob ein Nachweis mit der Schalentheorie geführt werden muss, wird geprüft und ausgewiesen.

Betriebsfestigkeitsnachweis:

Die durch Querschwingungen des Bauwerkes verursachten Schwingungsbeanspruchungen werden, falls erforderlich, nachgewiesen. Der Nachweis der Betriebsfestigkeit erfolgt DIN 4132/02.81, Abschnitt 4.4 unter Berücksichtigung der Kerbfälle der Tabellen 5 und 6.

Berechnungen

Rechengang

Der Rechengang des Programms umfasst folgende Schritte:

Eigenfrequenzuntersuchung

- Ermittlung der Eigenfrequenzen unter Berücksichtigung der Massen aus den 1,0-fachen, ständigen Lasten
- Bestimmung des Böenreaktionsfaktors zur Erfassung der Windböigkeit
- Berechnung der 1,0-fachen Trägheitskräfte für Querschwingungsnachweis

Vor Beginn der Eigenfrequenzuntersuchung prüft das Programm, wie viele Eigenfrequenzen benötigt werden. Dabei ist zwischen verschiedenen statischen Systemen und der Art des Nachweises (Wind mit Böigkeitszuschlag, Querschwingungsnachweis oder Erdbebennachweis) zu unterscheiden.

Während bei einfachen Kragssystemen die Ermittlung der Grundfrequenz genügt, können bei seitlich gestützten Antennemasten mit überkragendem Ende mehrere Eigenfrequenzen für Böigkeitsfaktor und Querschwingungsnachweis erforderlich werden.

Lastfall 1

Tragsicherheitsnachweis für Grundkombination nach DIN 4131 bestehend aus:

- ständige Lasten - ungünstig wirkend $\rightarrow \gamma = 1,35 \cdot 1,1$
- Vorspannkraft/Seilkraft $\rightarrow \gamma = 1,00 \cdot 1,1$
- veränderliche Lasten $\rightarrow \gamma = 1,50 \cdot 1,1$
- Windlasten mit Böigkeitszuschlag $\rightarrow \gamma = 1,50 \cdot 1,1$

Hier werden Windlasten mit Böigkeitszuschlag, Lasten infolge Temperaturänderung und Eisbehang sowie weitere, vom Benutzer explizit spezifizierte veränderliche Lasten berücksichtigt. Kräfte infolge Querschwingung werden nicht angesetzt.

Der Lastfall wird differenziert in Lastfall 1,1 – Wind in y-Richtung und in Lastfall 1,2 – Wind in z-Richtung.

Lastfall 2

Tragsicherheitsnachweis für Grundkombination nach DIN 4131 bestehend aus:

- ständige Lasten - ungünstig wirkend $\rightarrow \gamma = 1,35 \cdot 1,1$
- Vorspannkraft/Seilkraft $\rightarrow \gamma = 1,00 \cdot 1,1$
- Ersatzlasten aus Querschwingung $\rightarrow \gamma = 1,50 \cdot 1,1$
- veränderliche Lasten $\rightarrow \gamma = 1,50 \cdot 1,1$

Hier werden Ersatzlasten infolge Querschwingung, Lasten infolge Temperaturänderung und Eisbehang sowie weitere, vom Benutzer explizit spezifizierte veränderliche Lasten berücksichtigt. Windlasten in Anströmrichtung werden nicht angesetzt.

Dieser Nachweis wird für die Grundfrequenz und gegebenenfalls höhere Eigenfrequenzen - sofern sie durch Anströmung angeregt werden können – und für höhere kritische Windgeschwindigkeiten durchgeführt.

Lastfall 3

Tragsicherheitsnachweis für außergewöhnliche Kombination nach DIN 4131 bestehend aus:

- ständige Lasten $\rightarrow \gamma = 1,00 \cdot 1,1$
- Vorspannkraft/Seilkraft $\rightarrow \gamma = 1,00 \cdot 1,1$
- Trägheitskräfte aus Erdbebenbelastung $\rightarrow \gamma = 1,00 \cdot 1,1$
- sonstige veränderliche Lasten $\rightarrow \gamma = 1,00 \cdot 1,1$

Es werden keine Windlasten, weder infolge direkter Anströmung noch infolge von Querschwingungen berücksichtigt!

Der Nachweis entfällt, wenn kein Erdbebennachweis erforderlich ist.

Lastfall 4

Betriebsfestigkeitsnachweis für Lastkombination, bestehend aus:

- ständige Lasten $\rightarrow \gamma = 1,00$
- Vorspannkraft/Seilkraft $\rightarrow \gamma = 1,00$
- Ersatzlasten aus Querschwingung $\rightarrow \gamma = 1,00$

Es werden keine weiteren veränderlichen Lasten berücksichtigt. Windlasten in Anströmrichtung werden nicht angesetzt.

Dieser Nachweis wird für die Grundfrequenz und gegebenenfalls höhere Eigenfrequenzen - sofern sie durch Anströmung angeregt werden können - durchgeführt.

Lastfall 5

Gebrauchsfähigkeitsnachweis für Grundkombination nach DIN 4131 bestehend aus:

- ständige Lasten - ungünstig wirkend $\rightarrow \gamma = 1,00$
- Vorspannkraft/Seilkraft $\rightarrow \gamma = 1,00$
- veränderliche Lasten $\rightarrow \gamma = 1,00$
- Windlasten mit Böigkeitszuschlag $\rightarrow \gamma = 1,00$

Hier werden Windlasten mit Böigkeitszuschlag, Lasten infolge Temperaturänderung und Eisbehang sowie weitere, vom Benutzer explizit spezifizierte veränderliche Lasten berücksichtigt. Kräfte infolge Querschwingung werden nicht angesetzt.

Der Lastfall wird differenziert in Lastfall 5.1 – Wind in y-Richtung und in Lastfall 5.2 – Wind in z-Richtung.

Berechnungsgrundlagen Fußpunkt und Flansch

1. Bemessung Fußpunkt

1.1 Ankerbemessung

Die Bemessung der Anker erfolgt als nicht vorgespannt, nach den folgenden Methoden.

1.1.1 Iteration nach Petersen

Berechnung kreisförmiger und kreisringförmiger Fußplatten mit Schraubenankern nach [1] S.960 unter Ansatz des Ersatzschraubenquerschnitts, der sich aus dem Verhältnis der EModuli des Ankerstahls und des Betons ergibt.

Ergebnis der iterativen Berechnung ist eine Randdruck - und Randzugspannung.

Aus der Randzugspannung wird die maximale Zugkraft des Ankers ermittelt.

1.1.2 Einfache Formel von Petersen

Ermittlung der Ankerkraft nach [1] Gl.55 S.957 bzw. S.963 (Beispiel)

r = Radius des Schraubenkranzes

1.1.3 Stahlbau Handbuch

Ermittlung der Ankerkraft nach [2] Gl.39.9-19)

r = Radius des Rohres

1.1.4 Bemessung analog Stahlbetonbemessung

Die Bemessung der erforderlichen Stahlfläche der Anker erfolgt analog der Stahlbetonbemessung.

Die Anker werden in diesem Fall nicht mit Druck beansprucht.

1.2 Aus der Ankerbemessung resultierende Fußplattenbemessung

Zur Bemessung der Fußplatte wird das Kragmoment, das sich aus dem Hebelarm des Ankerabstands und der maximalen Ankerkraft ermittelt, gegen das Widerstandsmoment der Fußplatte verglichen.

Ebenso wird ein 1 cm breiter Druckstreifen der Fußplatte mit der Länge des Überstands der Fußplatte über das Rohr mit der ermittelten Betondruckspannung belastet.

Beim Vorhandensein von Rippen erfolgt die Berechnung analog als zwischen den Rippen eingespannte Platte.

Ergibt der gewählte Anker nachweis als Ergebnis nur die Zugkraft am Anker, muss der Nachweis der Fußplatte auf Druck gesondert geführt werden.

Die Berechnung der Fußplatte erfolgt auf diese einfache Weise, ohne Berücksichtigung von Krepelmomenten oder den Steifigkeitsbeziehungen zwischen Rohrmantel und Fußplatte - das würde eine FEM-Berechnung erfordern, die uns zur Zeit für dieses Modell noch nicht zur Verfügung steht.

1.3 Rippenbemessung

Die Bemessung der Rippen erfolgt nach [3] S.310 als zweiseitige bzw. mit Ringsteife als dreiseitige Rippe. Die Belastung ergibt sich aus der Rohrspannung und dem Abstand der Rippen.

2. Flanschbemessung

Die Flanschbemessung erfolgt nach [1] S.953ff Laschenstöße - Flanschstöße, bzw. S.506ff Stirnplatten- und Flanschverbindungen.

Literatur

[1] Petersen Stahlbau 2.verbesserte Auflage

[2] Stahlbau Handbuch Band 2, zweite,neu bearbeitete Auflage, Stahlbau-Verlagsgesellschaft mbH.Köln 1985

[3] Kahlmeyer

Berechnungsergebnisse

Berechnungsergebnisse sind nur vorhanden, wenn zuvor der Berechnungsbefehl ausgeführt wurde.
Bei Änderungen am System werden alle Ergebnisse gelöscht.

Das Programm ATB berechnet für jeden der 5 Lastfälle nach Theorie II. Ordnung Knotenverformungen, Schnittgrößen am Anfang und Ende eines Elementes sowie die Lagerreaktionen infolge der γ -fachen Lasten.

Weitere Berechnungsergebnisse:

Lastfälle 1, 2 und 3

Normalspannung in x-Richtung, Schubspannung in Umfangsrichtung sowie die von-Mises-Vergleichsspannung für diese Spannungskomponenten an beiden Elementenden im Abstand von 45° entlang des Umfangs.

Ausgegeben werden hierfür die entsprechenden Extremwerte $min\sigma$, $max\sigma$, $min\tau$, $max\tau$ sowie das Verhältnis der maximalen Vergleichsspannung $max\tau_v$ zur zulässigen Grenzspannung $grenz\tau$ an beiden Elementenden.

Wie oben bei den Allgemeinen Hinweisen erläutert, berücksichtigt das Programm ATB in Anlehnung an DIN 18800 T1 - Anmerkung zu Element (717) - bei den Tragsicherheitsnachweisen den Teilsicherheitsbeiwert des Widerstandes auf der Einwirkungsseite. Entsprechend ist der Widerstand - hier die Grenzspannung - gleich dem charakteristischen Wert der Fließspannung. Dieser wird weiterhin nach DIN 4131 6.1.1 im Hinblick auf die vorhandenen plastischen Reserven um 10% erhöht. Die der Verhältnisbildung zugrunde gelegte Grenzspannung ergibt sich damit zu

$$grenz\tau = \tau_{t,y,k} \cdot 1,1.$$

Beulsicherheitsnachweis nach DIN 18800 Teil 4

Auch beim Beulsicherheitsnachweis für die Axialspannung nach Gl. (14) in DIN 18800 T4 wird der Teilsicherheitsbeiwert γ_M einheitlich mit 1,1 auf der Einwirkungsseite berücksichtigt. Für die hier in Betracht kommenden Schalen ist die schlankheitsabhängige Erhöhung von γ_M nach Gl. (13b) in DIN 18800 T4 vernachlässigbar. Entsprechend sind die maximalen Spannungen infolge der γ_M -fachen Bemessungslasten mit den realen Beulspannungen nach Gl.(4) DIN 18800 T4 zu vergleichen. Der für die ideale Beulspannung nach Gl. (26) erforderliche Beiwert C_x wird für lange Kreiszyinderschalen mit dem Beiwert $\eta = 3,0$ in Gl. (30) ermittelt.

Bei Antennentragwerken mit abgestuften Wanddicken ist der Beulsicherheitsnachweis nach Element (505) für jeden Ersatzmast mit der Gesamthöhe h und der jeweiligen konstanten Wanddicke $t = t_i$ zu führen.

Lastfall 4

Betriebsfestigkeitsnachweis nach DIN 4131 6.1.3 und DIN 4132 4.4

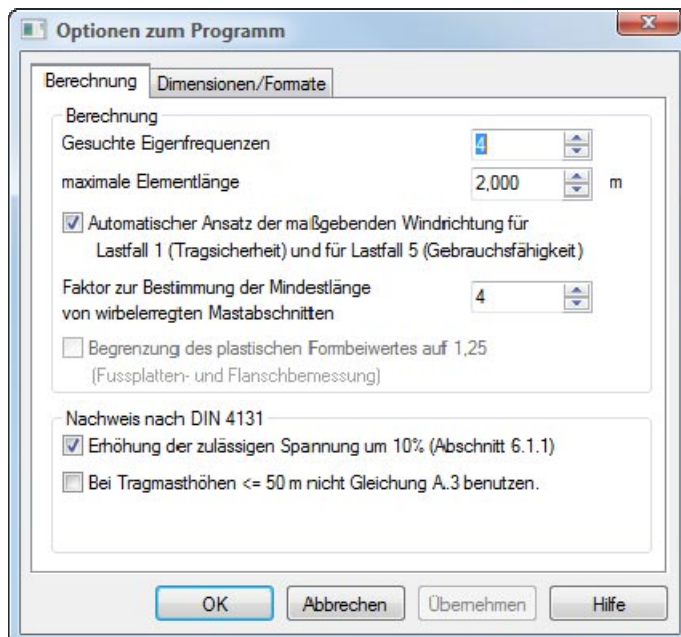
Dieser Nachweis ist nur für die Beanspruchungen aus wirbelerregten Querschwingungen zu führen.

Schrifttum

- [1] Petersen, Ch., Statik und Stabilität der Baukonstruktionen, 2. Auflage, Vieweg & Sohn, 1982, Abschnitt 6.8.7
- [2] Scheer, J., Peil, U., Zur Berechnung von Tragwerken mit Seilabspannungen, insbesondere mit gekoppelten Seilabspannungen, Bauingenieur 59(1984), 273-277

Optionen - Einstellungen

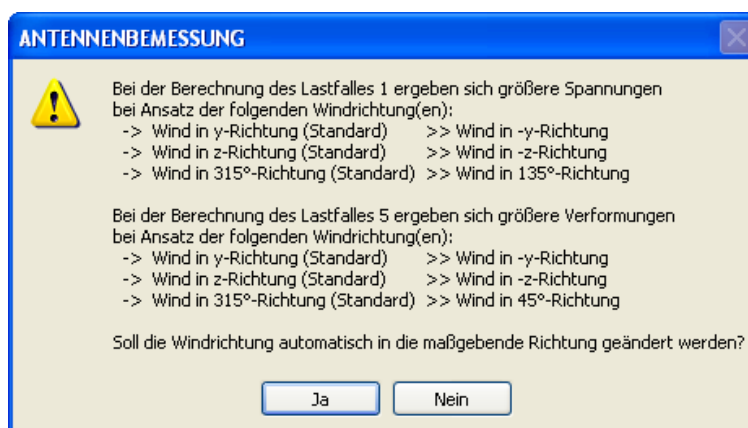
Menüpunkt Optionen >> Einstellungen – Antennenbemessung



Im **unteren Dialogbereich** können verschiedene Normparameter ein- oder ausgeschaltet werden.

Im **oberen Dialogbereich** können bestimmte Berechnungsoptionen festgelegt werden:

- Die Anzahl der gesuchten Eigenfrequenzen kann zwischen 4 und 10 gewählt werden.
- Das Programm ATB wählt mindestens 40 Elemente. Ein kleinerer Wert wird nicht zugelassen.
- Ein Faktor zur Bestimmung der Mindestlänge von wirbelerregten Mastabschnitten (zwischen 2 bis 6 mal dem mittleren Rohrdurchmesser).
- Bei Ansatz von ständigen und veränderlichen Lasten kann die maßgebende Windrichtung automatisch vom Programm ermittelt werden. Bei einer neuen Position wird dieser Haken automatisch gesetzt. Falls diese Option nicht aktiviert ist und das Programm während der Berechnung feststellt, dass eine negative Windrichtung zu ungünstigeren Ergebnissen führt, erscheint folgendes Fenster:



Durch Klick auf "Ja" wird der Haken für den automatischen Ansatz der maßgebenden Windrichtung gesetzt.

Dimensionen/Formate: Auswahl der Dimensionen wie mm, cm, m, N, kN ...

Systemeingabe

Material

The screenshot shows a software window titled 'Material' with several tabs: 'Material', 'Querschnitte', 'Mastgeometrie', 'Lagerung', 'Mastöffnung', 'Fusspunkt', 'Kerbfälle', and 'Bemerkungen'. On the left, there is a list of materials with columns for 'Bez.' and a list of numbers 1 through 11. The first row is highlighted in yellow and contains 'St 37-2'. On the right, there are several dropdown menus and input fields. The first dropdown is 'Wahl der Betonsorte nach' set to 'DIN 1045'. Below it are three radio buttons: 'Allgemeine Baustähle' (selected), 'Warmfeste Stähle', and 'Nichtrostende Stähle'. The 'Allgemeine Baustähle' dropdown is set to 'St 37-2', 'Warmfeste Stähle' to 'H II', and 'Nichtrostende Stähle' to '1.4301'. Below these are input fields for material properties at 20 °C: E-Modul (21000,00), fyk (24,00), Gamma (7,850E+01), alphaT (1,200E-05), and Bezeichnung (St 37-2). The units for these properties are kN/cm², kN/cm², kN/m³, 1/K, and the text label respectively.

Über die verfügbaren Symbole können Materialien hinzugefügt oder gelöscht werden - siehe auch „[Tooltips](#)“:

- Material hinzufügen (am Ende der Liste)
- Aktuelles Material löschen. Nach dem Löschen sollte die Zuordnung von Material zu Mastgeometrie überprüft werden.
- Alle Materialien löschen

Für die Betonsorte wählen Sie die gewünschte Norm - DIN 1045/1045-1

Durch Auswahl eines Materials aus den Listen werden die zugehörigen Materialkennwerte automatisch gesetzt. Die Vorgaben können Sie aber mit eigenen Werten überschreiben.

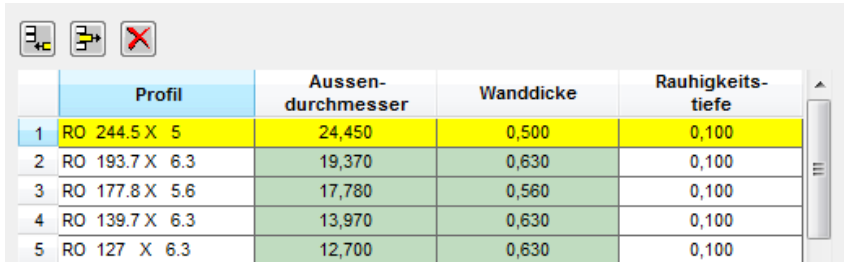
Hinsichtlich der Materialdefinition ist DIN 4131 Abschnitt 4 zu beachten.

Wie in den [Anwendungsmöglichkeiten](#) erwähnt, wird im Programm ATB der Sicherheitsbeiwert des Widerstands in Anlehnung an DIN 18800 T1, Anmerkung zu Element (717), bei den Tragsicherheitsnachweisen auf der Einwirkungsseite berücksichtigt. Entsprechend sind bei den Materialkennwerten die charakteristischen Größen zu verwenden.

Eingabewerte

Betriebstemperatur	E-Modul, <i>fyk</i> und Gamma werden in Abhängigkeit der Betriebstemperatur vom Programm ermittelt. Hinter den Eingabefeldern stehen zum Vergleich die zugehörigen Werte für eine Betriebstemperatur von 20°. Gegebenenfalls sind verschiedene Betriebszustände zu beachten.
E-Modul	Charakteristischer Wert des E-Moduls.
fyk	Charakteristischer Wert der Streckgrenze.
Gamma	Spezifisches Gewicht.
AlphaT	Wärmedehnzahl
DeltaSigmaA	Bezugsgröße der Betriebsfestigkeit entsprechend der Kerbfälleklasse nach Tabelle B.1 in DIN 4133 (1991) für den Betriebsfestigkeitsnachweis nach DIN 4133.
Bezeichnung	Kurzbezeichnung des gewählten Materials. Kann ebenfalls überschrieben werden.

Querschnitte



	Profil	Aussen- durchmesser	Wanddicke	Rauhigkeits- tiefe
1	RO 244.5 X 5	24,450	0,500	0,100
2	RO 193.7 X 6.3	19,370	0,630	0,100
3	RO 177.8 X 5.6	17,780	0,560	0,100
4	RO 139.7 X 6.3	13,970	0,630	0,100
5	RO 127 X 6.3	12,700	0,630	0,100

Eingabe eines neuen Querschnitts (Aufruf der [Profilauswahl](#)):

- entweder durch Klick auf das Hinzufügen-Symbol und anschließender Betätigung der F5-Taste
- oder durch Doppelklick auf das nächste freie Feld in der Spalte „Profil“

Bearbeiten eines vorhandenen Querschnitts (Aufruf der [Profilauswahl](#)):

- entweder durch Betätigung der F5-Taste
- oder durch Doppelklick in der Spalte „Profil“

Der Querschnitt des Tragmastes hat die Form eines dünnwandigen Kreiszyinders. Die Steifigkeit des Tragmastes zur Ermittlung der Schnittgrößen und Verformungen wird durch das Programm ausschließlich aus den Querschnittswerten des Rohres errechnet. Äußere Anbauten wie Podeste, Steigleitern u.ä. können nur als Lasten, nicht jedoch als Steifigkeiten berücksichtigt werden.

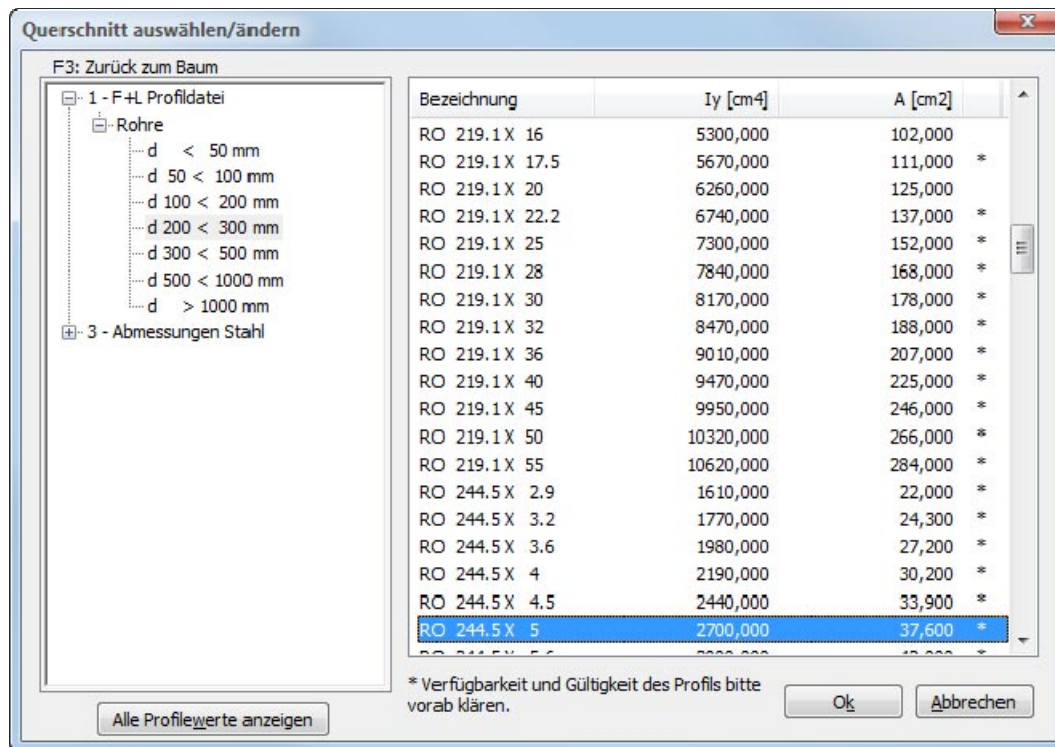
Im Wert für den Außendurchmesser des Tragmastes dürfen weder Verkleidung noch Isolierung enthalten sein. Die Rauhigkeitstiefe der Oberfläche des Tragrohres wird zur Ermittlung des aerodynamischen Kraftbeiwertes benötigt. Für Stahl beträgt dieser Wert nach DIN 4131 A.1.3.2.1 $k=0,001$ m. Weitere Angaben zur Rauhigkeitstiefe sind in DIN 1055 T4 S.7 enthalten.

Profilauswahl

Die Profilauswahl rufen Sie im Fenster der [Querschnitte](#) z.B. über die Taste F5 auf.

Die Rohre für den Antennenmast sowie die Auswahl der Fußplatte können Sie entweder aus der FRILO Profildatei oder über Abmessungen eingeben.

Die entsprechende Auswahl treffen Sie im linken Fensterbereich.



Falls die Baumstruktur verborgen ist, kann sie durch einen Klick auf das "+"-Kästchen wieder geöffnet werden.

Im rechten Fensterbereich wird entweder das gewünschte Profil ausgewählt oder die Abmessungen eingeben.

Mit dem OK Button wird die Eingabe bestätigt und die Profilauswahl verlassen.

Mastgeometrie

	von x [m]	bis x [m]	Q1	Q2	Material	Eigen- schaften	Verbin- dungen
1	0,00	15,00	1	1	1	Bearbeiten	Flansch
2	15,00	27,00	1	1	1	Bearbeiten	Flansch
3	27,00	40,00	2	2	1	Bearbeiten	Flansch
4	40,00	53,00	3	3	1	Bearbeiten	Flansch
5	53,00	64,50	4	4	1	Bearbeiten	Flansch
6	64,50	76,00	5	5	1	Bearbeiten	Flansch
7	76,00	80,00	5	5	1	Bearbeiten	

Bereichsgrenzen sind nur an Unstetigkeitsstellen beim Querschnittsverlauf vorzusehen. Auflager oder Lastangriffspunkte müssen hier nicht berücksichtigt werden.

Zur Eingabe konischer Querschnitte genügt die Angabe von Anfangsquerschnitt Q1 und Endquerschnitt Q2. Das Programm nähert intern den tatsächlichen Verlauf durch elementweise konstante Querschnitte an.

Segmentweise können über die Spalte Eigenschaften (Button „Bearbeiten“) schraubenförmige Wendeln oder aerodynamische Kraftbeiwerte c_f vorgegeben werden.

Über die Spalte Verbindungen (Button „Flansch“) kann je Segment eine innen- oder außenliegende Flanschverbindung definiert werden.

Eigenschaften des Mastsegmentes

Bei der Geometrieingabe des Mastes können für jedes Mastsegment eine der folgende Eigenschaften vorgegeben werden:

- **keine Auswahl**

= Standardeinstellung. Der aerodynamische Kraftbeiwert c_f wird vom Programm ermittelt.

- **Störelement - Schraubenförmige Wendel**

Eingabe von schraubenförmigen Wendeln nach A.2.2.8.2 mit der Möglichkeit der Modifizierung von c_f . Nach A.1.3.2.1 ist, falls in Windkanalversuchen kein geringerer Wert nachgewiesen wird, $c_f = 1,2$.

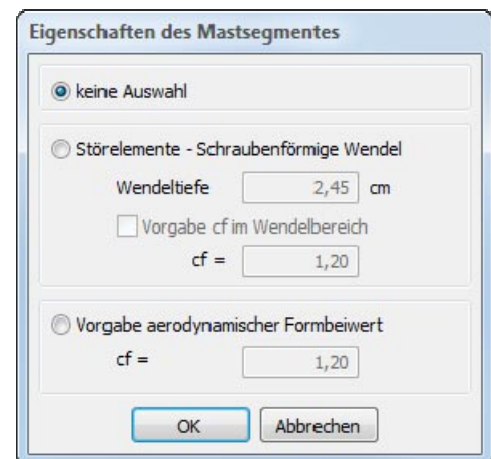
Die Wendel wird auch bei der Berechnung des aerodynamischen Erregerbeiwertes $clat^*$ nach A.2.2.8.2 berücksichtigt. Als Wirklänge L_j wird die gesamte Tragmasthöhe angenommen, d.h. der Wirklängenfaktor beträgt $K_w = 1$.

Hinweis:

Die Nutzung von Wendeln als aerodynamische Maßnahme gegen wirbelerregte Schwingungen ist erst ab einer Scruton-Zahl größer 8 sinnvoll.

- **Vorgabe aerodynamischer Formbeiwert**

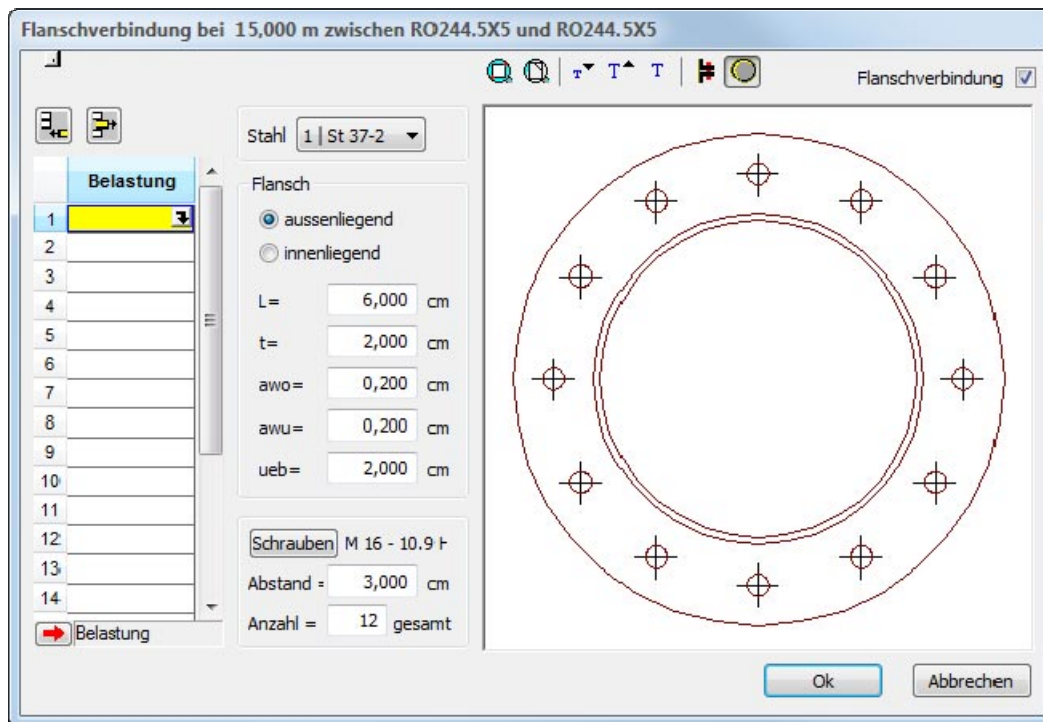
Freie Vorgabe von c_f .



Verbindungen Flansch

Für jeden Segmentstoß ist eine Flanschbemessung möglich.

Der Nachweis des Flansches erfolgt für alle im Programm berechneten Lastfälle – zusätzlich ist es möglich, eigene Einwirkungskombinationen zu berechnen.



Die Bemessung der Flanschverbindung erfolgt nach Petersen Stahlbau 2.Auflage, S.508, bzw. S. 952.

Das Material für den Flansch und die Rippen wird über eine Listenauswahl gewählt. Die entsprechenden Stahlsorten sollten Sie bereits bei der Materialeingabe auswählen, da die dort definierte Liste hier angezeigt wird. Für allgemeine Baustähle werden die zulässigen Schweißnahtspannungen ermittelt.

Der Flansch kann entweder außen oder innen liegen. Er wird mit einer minimalen Länge L , der Dicke t , dem vertikalen Überstand am Rohr ueb sowie den Schweißnahtdicken am oberen bzw. unteren Rohrquerschnitt awo/awu definiert.

Die Anker sind umlaufend gleichmäßig verteilt angeordnet, der Abstand von der Flanschaußenkante gilt bis zur Mitte des Durchmessers des Ankers.

In der Tabelle „Belastung“ kann durch Anklicken der entsprechenden Zeile und des Auswahlsymbols (☑) der Dialog zur Eingabe der Einwirkungen gestartet werden.

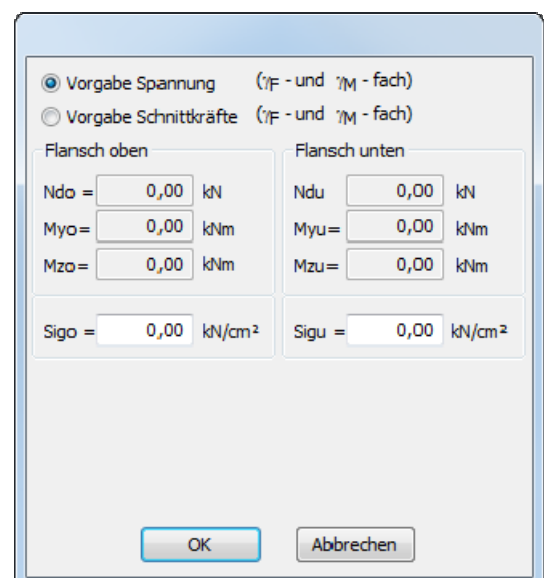
Für den Tragfähigkeitsnachweis werden entweder die Schnittkräfte oder die maximalen Spannungen am Rohr eingegeben. Die Bemessung erfolgt anhand der Spannungen.

Für die Standardlastfälle ist eine Änderung nicht möglich.

Die Einwirkungen bzw. Spannungen werden für den Tragfähigkeitsnachweis Gamma-F-fach und Gamma-M erwartet.

Hinweis: Im Antennenprogramm ATB wird für Flansch und Fußpunkt kein Betriebsfestigkeitsnachweis geführt.

Die Schraubenauswahl erfolgt über den Button „Schrauben“.



Berechnung

Die Berechnung erfolgt durch die Auswertung der maximalen Zugspannung am Rohr - anhand des Schraubenabstands wird die Einflussbreite c pro Schraube ermittelt

Es werden die Druckfedern des Flansches $CD1$ und der Unterlegscheibe $CD2$, sowie die Zugfeder der Schraube CS und die Drehfederkonstante des Rohres K berechnet.

Aus diesen Werten ergeben sich die Verteilungszahlen p und q .

Für die vorhandene Zugkraft Z werden daraus die Kräfte in der Zugfeder =Schraube FvS und in der Druckfeder FvD ermittelt. Die vorhandene Zugkraft ist die maximale Zugspannung im Rohr dividiert durch die Rohrdicke und die Einflussbreite c , die sich aus dem Schraubenabstand berechnet – umgerechnet auf den Schwerpunkt des Schraubenkranzes.

Für das L-Modell wird immer der elasto-statische Nachweis geführt. Es wird unter Berücksichtigung der Vorspannung nachgewiesen, bei welcher Zugkraft Z_{krit} die Verbindung klafft.

Für den Tragsicherheitsnachweis wird auch der plasto-statische Nachweis erbracht.

Dabei werden die drei Versagensfälle überprüft :

- A: Schraubenbruch
- B: Fließgelenk im Schnitt 3 (Anschluss Flansch/Rohr)
- C: Fließgelenk im Schnitt 2 (Flansch).

Lagerung

Im Programm ATB können sowohl Abspannungen als auch vorgegebene Auflager in beliebiger Masthöhe eingegeben werden.

Material Querschnitte Mastgeometrie Lagerung Mastöffnung Fusspunkt Kerbfälle Bemerkungen							
Auflager							
	x	ux	uy	uz	rx	ry	rz
1	0,00	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	0,0	0,0
2							
3							
4							
→ Abstand des Punktes von der Antennenmastunterkante in [m]							
Abspannungen							
	x	Art	d	Vs	alpha	Material	Eigen- schaften
1	15,00	2	0,80	1,00	61,82	1	Bearbeiten
2	27,00	2	0,80	1,00	46,04	1	Bearbeiten
3	40,00	2	0,80	1,00	35,00	1	Bearbeiten
4	53,00	2	0,80	1,00	27,85	1	Bearbeiten
→ Abstand des Abspannpunktes von der Antennenmastunterkante in [m]							

Auflager

Folgende Werte können für die Lagerung eingegeben werden:

- 1 feste Lagerung
- 0 frei verschiebbar
- >0 elastisch gelagert

Tipp: Eingabe von "-6" in der Spalte "ux" füllt alle Spalten mit "-1,0".

Feste Lagerung wird programmintern durch einen hohen Steifigkeitswert (10^{20}) realisiert. Elastischen Lagerung ist durch Vorgabe einer Feder mit entsprechender Steifigkeit zu realisieren. Zugelassen sind Translations- sowie Rotationsfedern in Richtung der Antennenachse sowie der beiden Querschnittshauptachsen.

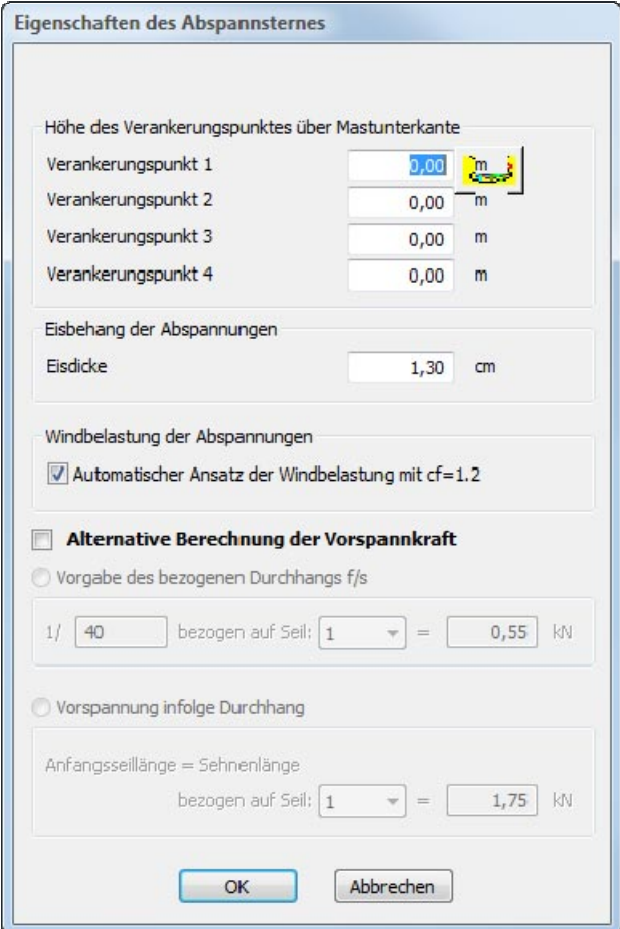
Über den Button Bearbeiten unter Eigenschaften rufen Sie den Dialog „Eigenschaften des Abspannsternes“ auf.

Abspannungen

Ein Abspannstern kann aus 3 oder 4 Seilen bestehen.

Dabei ist zu beachten, dass immer eine Vorspannkraft größer 0 einzugeben ist. Es besteht die Möglichkeit, die weiteren Eigenschaften des Abspannsternes zu bearbeiten.

- Vorgabe der Höhe des Verankerungspunktes für jedes Seil.
- Eisbehang der Abspannungen
- soll automatisch die Windbelastung auf das Seil mit $cf = 1,2$ angesetzt werden



Alternative Definitionen der Vorspannung

- Vorgabe der Seilkraft S_0 mit $q = q_0 = g \cdot \cos \alpha$
hierbei ist zu beachten, dass damit der parabelförmige Durchhang f nach unten stehender Gleichung festgelegt ist.
- Vorgabe des bezogenen Durchhangs f/s
hohe Vorspannung $f/s = l/120$
mittlere Vorspannung $f/s = l/80$
kleine Vorspannung $f/s = l/40$

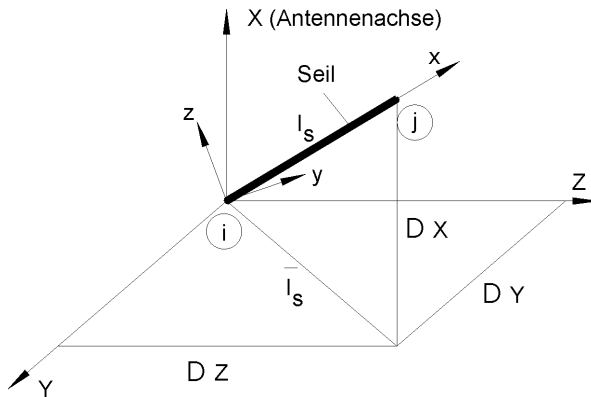
zugehörige Vorspannkraft aus $S_0 = \frac{g \cdot a}{8} \left(\frac{s}{f} \right)$, mit $q_0 = g \cdot \cos \alpha$

Vorspannung infolge Durchhang (Anfangsseillänge = Sehnenlänge)

$$S_0 = \sqrt[3]{\frac{EA \cdot g^2 \cdot a^3}{24 \cdot s \cdot \cos \alpha}}$$

Berechnungsgrundlagen

Die Nichtlinearität von Seilen ist ab Längen von 20 bis 30 m nicht zu vernachlässigen. Sie hängt stark von der Vorspannkraft ab.



Für die Seilsteifigkeitsmatrix wird das Ersatz-Modul nach Ernst [1] verwendet:

$$\frac{E_V}{E_S} = \frac{1}{1 + \frac{(\bar{\gamma} s)^2}{12 \sigma^3} E_S}$$

$$\bar{\gamma} = \frac{\bar{q}}{F_S} \quad , \quad F_S \dots \text{metallischer Seilquerschnitt}$$

$$\bar{q} = g_P \sqrt{\cos^2 \alpha + \kappa^2 (1 - \cos^2 \alpha \cdot \cos^2 \beta) + 2 \kappa \sin \alpha \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta}$$

$$\kappa = \frac{w}{g_P} \quad \text{mit } w = w_P \cdot \sin \gamma \quad \text{und } w_P = c \cdot q_W \cdot d$$

q_W Staudruck, $c = 1,2$ Windbeiwert (siehe Windbelastung der Abspannungen)

d Seildurchmesser evtl. einschl. Eisumhüllung, γ siehe Bild

g_P Eigengewicht je Längeneinheit einschl. Eisbehang

$$\bar{\gamma}_g = \frac{g}{F_S}$$

$$\sigma = \frac{S}{F_S}$$

Bestimmung der Seilkraft S mit Δl aus FE-Berechnung und S_0 (Seilkraft im Ausgangszustand)

$$\text{aus } \Delta l = \frac{l}{EA} (S - S_0) - \frac{l^3}{24} \left(\frac{q^2}{S^2} - \frac{q_0^2}{S_0^2} \right)$$

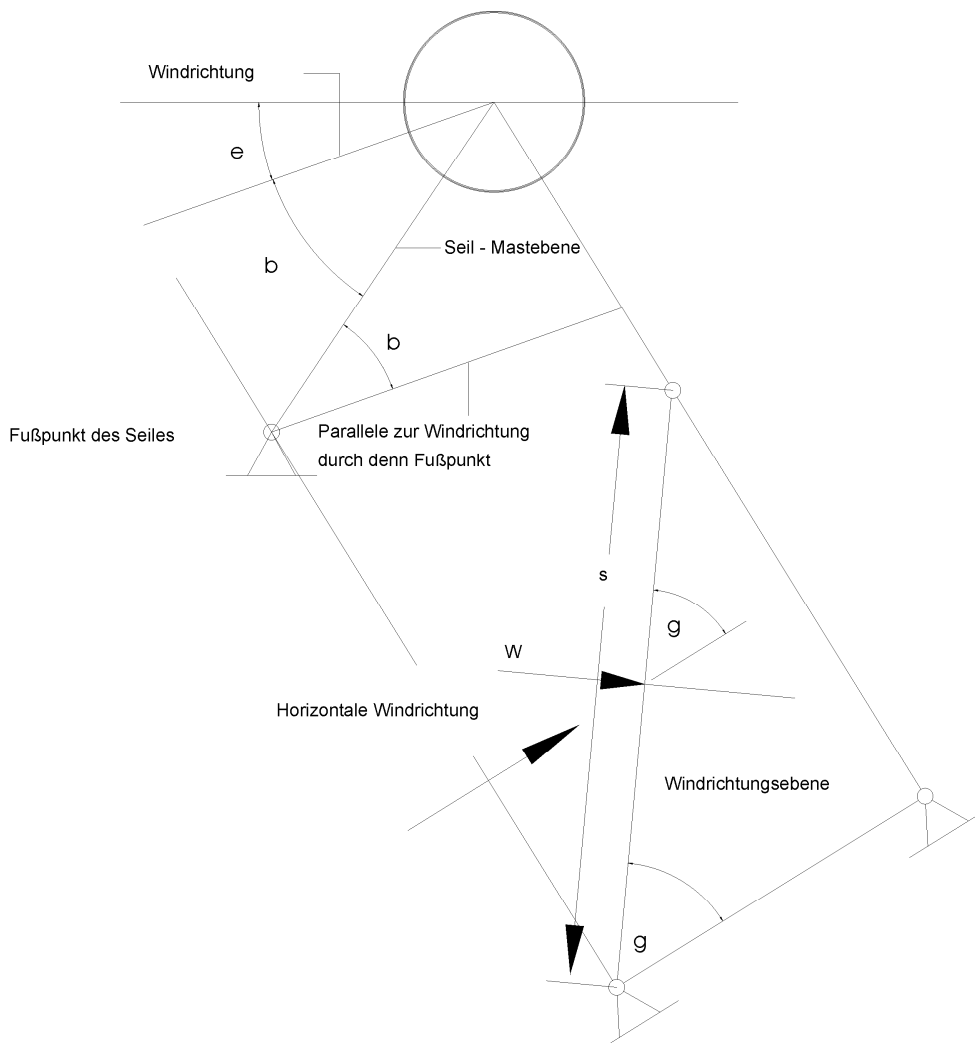
$$\text{mit } C = \Delta l + \frac{l}{EA} S_0 - \frac{l^3}{24} \frac{q_0^2}{S_0^2}$$

$$\text{folgt } f(S) = \frac{l}{EA} S - \frac{l^3}{24} \frac{q^2}{S^2} - C$$

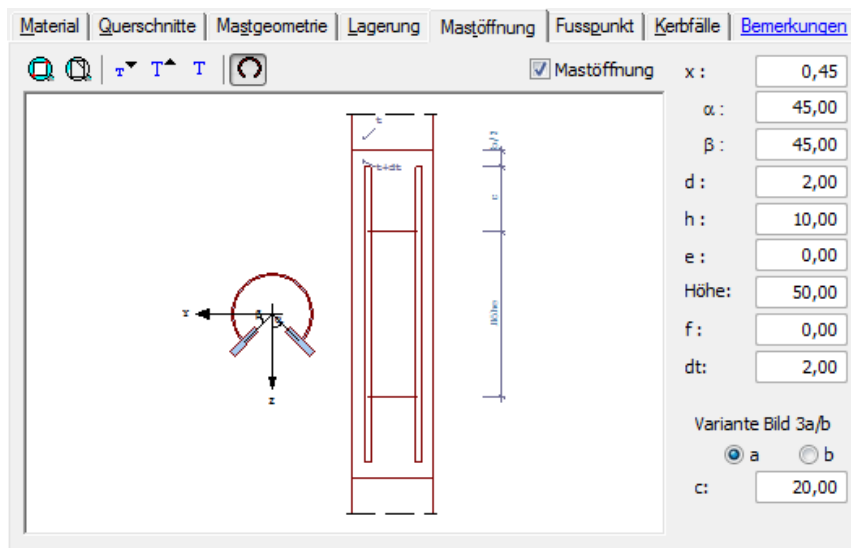
$$\text{und } f'(S) = \frac{l}{EA} + \frac{l^3}{12} \frac{q^2}{S^3}$$

damit Nullstellenbestimmung = Berechnung der Seilkraft mit Newton Iteration

$$S_{i+1} = S_i - \frac{f(S_i)}{f'(S_i)}$$



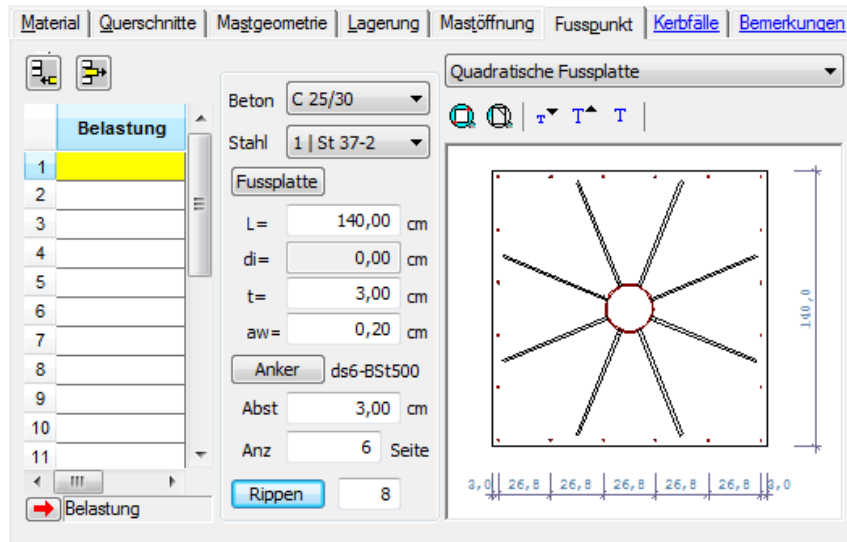
Mastöffnung



Der Nachweis von Mastöffnungen wird nach DIN 4131 6.4.1. Bild 3a und Bild 3b geführt.

Der Spannungsnachweis für die Lastfälle 1 und 2 erfolgt für die in Kapitel 2 beschriebenen Sicherheitsfaktoren.

Fußpunkt



Der Fußpunkt kann über eine Auswahlliste mit quadratischer, kreisförmiger oder kreisringförmiger Fußplatte ausgebildet werden.

Der Nachweis des Fußpunktes erfolgt für alle im Programm berechneten Lastfälle – zusätzlich ist es möglich, eigene Einwirkungskombinationen zu berechnen.

In der Tabelle „Belastung“ kann durch Anklicken der entsprechenden Zeile der Dialog zur Eingabe der Einwirkungen gestartet werden, für die Standardlastfälle ist eine Änderung nicht möglich.

Die Einwirkungen werden Gamma-F-fach eingegeben. Gamma-M wird beim Material berücksichtigt.

Hinweis: Im Antennenprogramm ATB wird für Flansch und Fußpunkt kein Betriebsfestigkeitsnachweis geführt.

Das Material für die Fußplatte und die Rippen wird über die Auswahllisten oben (Beton, Stahl) gewählt. Es ist zu empfehlen, bei der [Materialeingabe](#) die entsprechenden Stahlsorten bereits auszuwählen, da die dort definierte Liste an dieser Stelle angezeigt wird. Für allgemeine Baustähle werden die zulässigen Schweißnahtspannungen ermittelt.

Die Fußplatte kann über ihre Abmessungen definiert oder aus der Standardprofildatei ausgewählt werden (siehe [Profilauswahl](#)). Die Schweißnaht zwischen Rohr und Fußplatte wird nachgewiesen, wenn keine Rippen angeordnet sind.

[Rippen](#) sind als zweiseitige Rippen gleichmäßig über den Rohrquerschnitt verteilt – es wird die Anzahl der Rippen für das gesamte Rohr angegeben.

Die Belastung der Rippe wird anhand der Spannungsverteilung im Rohr pro Segment (Lasteinzugsbereich) der Rippe ermittelt.

Als [Zuganker](#) können Betonstabstahl, Hammerschrauben oder Schrauben gewählt werden.

Die Anker sind umlaufend gleichmäßig verteilt angeordnet, der Abstand von der Fußplattenaußenkante gilt bis zur Mitte des Durchmessers des Ankers. Die Eingabe der Anzahl der Anker erfolgt bei quadratischen Fußplatten pro Seite, ansonsten wird die Gesamtanzahl erwartet.

Die Bemessung der Zuganker erfolgt wie die Bemessung eines Stahlbetonquerschnitts (äußere Abmessung entspricht den Fußplattenabmessungen – Stahl den Zugankern) für schiefe Biegung mit

umlaufend verteilter Bewehrung. Allerdings werden die Zuganker nicht zur Aufnahme von Druckkräften herangezogen.

Für kreisförmige Fußplatten und Zuganker als Schrauben gibt es zwei weitere Möglichkeiten zur Bemessung der Anker:

1. Iteration nach Petersen
2. einfache Formel nach Petersen.

(Petersen Stahlbau 2.Auflage, S.960, bzw.S.963)

Der Nachweis der Fußplatte erfolgt als Kragarm, der am Rohrquerschnitt eingespannt ist.

Die Belastung ergibt sich einmal aus der gleichmäßigen Druckspannung unter der Fußplatte und der maximalen Zugkraft eines Ankers, die entsprechend dem Ankerabstand über die Einflussbreite am Rohr verteilt wird.

Sind Rippen angeordnet, werden die vorgenannten Belastungen auf eine beidseitig in den Rippen eingespannte Platte angesetzt.

Wenn keine Momentenbelastung auftritt, wird die Fußplatte als Kreisplatte mit der gleichmäßigen Belastung infolge Normalkraft durch Fußplattenfläche bemessen.

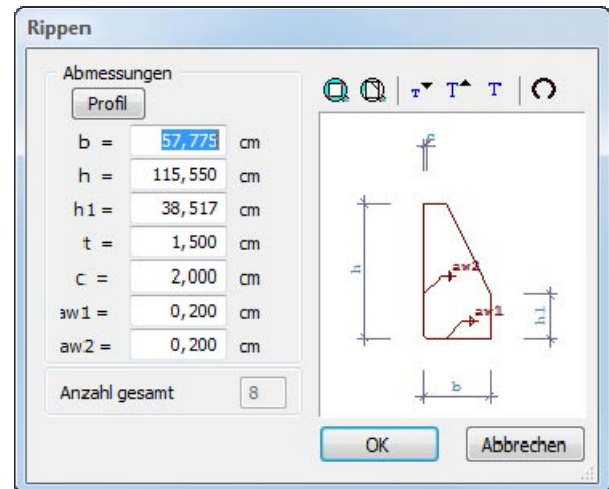
Rippen

Rippen sind als zweiseitige Rippen gleichmäßig über den Rohrquerschnitt verteilt – die Eingabe der Anzahl der Rippen erfolgt pro Seite (Hälfte) des Rohres.

Die Belastung der Rippe wird anhand der Spannungsverteilung im Rohr pro Segment (Lasteinzugsbereich) der Rippe ermittelt .

Bemessung und Konstruktion der Rippen erfolgt nach Kahlmeyer, Stahlbau nach DIN 18800(11.9), Abschnitt 8, S.308.

Die maximal mögliche Rippenbreite ergibt sich demnach aus der Geometrie des einleitenden Rohres und der aufnehmbaren Fußplatte.

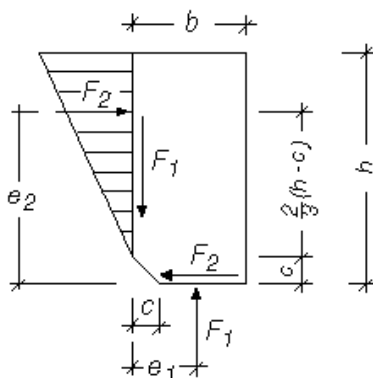


Kraftverteilung an den Rippen

h - Rippenhöhe

b - Rippenbreite

c - Aussparung der Rippe am Rohr bzw. an der Fußplatte



Für die Einleitung der Kräfte in die Rippen werden folgende Annahmen getroffen:

- Gleichmäßige Verteilung der einzuleitenden Vertikalkraft F_1 auf die Länge $(b - c)$.
- Der Angriffspunkt der Vertikalkraft hat daher den Abstand $e_1 = (b - c) / 2$ vom Rohr.;
- Das dadurch hervorgerufene Moment $M = F_1 \times e_1$ wird durch die entgegengesetzt wirkende Kraft F_2 aufgehoben.
- dreieckige Pressungsverteilung im Bereich $(h - c)$ mit Hebelarm $e_2 = (2 \times h + c) / 3$

Anker

In diesem Fenster wählen Sie Größe und Festigkeit der Zuganker. Es kann zwischen Betonstabstahl, Hammerschrauben und Schrauben gewählt werden.

Die Anker sind umlaufend gleichmäßig verteilt angeordnet.

Die Art der Bemessung der Zuganker für kreisförmige/kreisringförmige Fußplatten mit Schraubenankern kann in einer Listenauswahl gewählt werden:

Bemessungsart für Anker
analog Stahlbetonbemessung
analog Stahlbetonbemessung
Iteration nach Petersen
einfache Formel nach Petersen

- analog Stahlbetonbemessung
- Iteration nach Petersen
- Einfache Formel nach Petersen

Weiter Hinweise finden Sie unter [Fußpunkt](#).

Kerbfälle

Der Nachweis der Betriebsfestigkeit erfolgt nach DIN 4131/11.91 in Verbindung mit DIN 4132/02.81, Abschnitt 4.4 unter Berücksichtigung der Kerbfälle der Tabellen 5 und 6.

Dazu kann man die zu bemessende Stelle durch Angabe der x-Koordinate und des Winkels wählen. Bei Eingabe eines Winkels $\phi = -1$ untersucht das Programm den gesamten Umfang und weist für die maßgebende Stelle nach.

Bemerkungen

Zur Position können Bemerkungen in den Ausdruck eingefügt werden.

Lasteingabe

Allgemeines zu Lasten

Wie unter [Anwendungsmöglichkeiten](#) erwähnt, liegt dem Programm das Sicherheitskonzept nach DIN 18800 mit gesplitteten Teilsicherheitsfaktoren für Last- und Widerstandsseite zugrunde. In Anlehnung an DIN 18800 T1 Anmerkung zu Element (717) wird bei den Tragsicherheitsnachweisen der Teilsicherheitsbeiwert des Widerstandes auf der Einwirkungsseite berücksichtigt. Da das Programm selbsttätig die nach DIN 4131 bzw. DIN 18800 T1 erforderlichen Sicherheitsbeiwerte bestimmt, sind vom Anwender ausschließlich die charakteristischen Werte der Einwirkungen vorzugeben.

In Anlehnung an DIN 18800 T1 ist bei der Eingabe inhaltlich zwischen *ständigen* und *veränderlichen* Einwirkungen zu unterscheiden. Entsprechend gliedert sich im Programm ATB die Lasteingabe in folgende Gruppen:

- [Ständige Lasten](#)
- [Lasten aus Eisbehang](#)
- [Temperaturänderung](#)
- Windlasten
- Sonstige [veränderliche Lasten](#)

Formal ist weiterhin zu unterscheiden zwischen konzentrierten und verteilten Lasten. Konzentrierte Lasten sind an beliebiger Stelle des Tragmastes zugelassen. Verteilte Lasten sind abschnittsweise konstant oder linear veränderlich und wirken über eine durch 2 Punkte bezeichnete Länge auf den Tragmast ein.

Windlast / Erdbeben

Windlastdaten

Der Rechenwert des Staudruckes q_0 in Geländehöhe nach DIN 4131 Anhang A.1.2 abhängig von der Zoneneinteilung nach Bild A.1 wird vom Programm ermittelt.

In Staudruckzone 1 ist die Angabe der Geländehöhe über NN erforderlich, da dort der Rechenwert q_0 bei Geländehöhen > 600 m über NN zu variieren ist.

Der Staudruck ist nach DIN 4131 A.1.2 in allen Zonen konstant additiv um den Betrag $0,15E-4 \text{ kN/cm}^2$ zu erhöhen, wenn der Antennenmast auf einer Erhebung steht, welche das umliegende Gelände mit einer Steigung größer 1 : 3 überragt.

Mittels des Windlasterhöhungsfaktors kann die automatische Windlastermittlung auch korrigiert werden im Hinblick auf

- eine Vergrößerungen des Außendurchmessers durch außenliegende Isolierung und Verkleidung
- eine nach Abschnitt A.1.2 zulässige Reduktion der Windlast im Montagezustand

Die durch das Programm erfolgende automatische Windlastermittlung basiert auf den Angaben für untere und obere Bereichsgrenzen. Für die außerhalb dieses Bereiches liegenden Teile des Antennenmastes werden keine Windlasten berücksichtigt.

Zur Ermittlung des Grundwertes des Böenreaktionsfaktors nach A.2.1.1 wird neben der durch das Programm errechneten Schwingungsdauer der Rechenwert des logarithmischen Dämpfungsdekrementes für Böenbelastung benötigt. Wegen der unter der rechnerischen Böenbelastung auftretenden hohen Beanspruchung und großen Schwingungsamplituden und wegen der aerodynamischen Dämpfung darf das logarithmische Dämpfungsdekrement unabhängig von der Konstruktion des Bauwerkes mit 0.1 angenommen werden. Wird ein Schwingungsdämpfer nach A.2.2.7.3 angeordnet, kann mindestens der Wert 0.2 angesetzt werden.

Schornsteine in Reihenordnung werden über folgende Eingabefelder berücksichtigt:

- Windlasterhöhungsfaktor: Im rechten Fensterbereich wird der Erhöhungsfaktor k für die Grundkraftbeiwerte cf_0 nach Abschnitt A.1.3.2.3 vorgegeben. Standardvorgabe ist 1,0 für nicht in Reihe stehende Schornsteine.
- $clat$ -Faktor und Strouhal-Zahl zur Berücksichtigung erhöhter Beanspruchungen aus wirbelerregten Querschwingungen.

Windlast/Erdbeben	Ständige Lasten	Veränderliche Lasten	Zusätzliche Windlasten	Temperatur/Eisbehang
Kontrollangaben für Tragmast		Kontrollangaben für Windlastberechnung		
Abstand Oberkante zu Oberkante Gelände <input type="text" value="0,00"/> m		Staudruckzone <input type="text" value="Zone 2"/> >>>		
Kontrollangaben für Erdbeben		Geländehöhe über NN <input type="text" value="0,00"/> m		
Erdbebenzone <input type="text" value="Zone 0"/>		Staudruckerhöhung <input type="text" value="0,00"/> kN/m ²		
Baugrundfaktor <input type="text" value="1,00"/>		Windlasterhöhungsfaktor <input type="text" value="1,00"/>		
Lasterhöhungsfaktor <input type="text" value="1,00"/>		Windlastbereich - Anfang <input type="text" value="0,00"/> m		
Wirbelerregte Schwingungen		Windlastbereich - Ende <input type="text" value="80,00"/> m		
clat - Faktor <input type="text" value="1,00"/>		Dämpfungsdekr. - Böigkeit <input type="text" value="0,100"/>		
Strouhalzahl <input type="text" value="0,200"/>		Dämpfungsdekr. - Querschw. <input type="text" value="0,015"/>		

Erdbebenkontrolle

Das Programm ATB führt bei Bedarf einen Erdbebennachweis nach DIN 4149 Ausgabe 1981.

Dazu ist zunächst die Erdbebenzone nach DIN 4149 Bild 1 vom Anwender einzugeben. Durch ungünstige Baugrund- und Bodenverhältnisse kann die Erdbebengefahr örtlich höher sein. Deshalb sind die Regelwerte für die Horizontalbeschleunigungen je nach Baugrund und Boden mit einem Faktor zwischen 1,0 bei hartem Festgestein und maximal 1,4 bei Lockergestein zu multiplizieren. Faktoren > 1,4 sind anzusetzen bei extrem ungünstigen Verhältnissen (z.B. Hangschutt).

DIN 4149 gibt Rechenwerte für Horizontalbeschleunigungen infolge eines Erdbebens zum Schutz von Personen und Objekten an. Durch Wahl eines Erhöhungsfaktors für den Abminderungsfaktor α nach DIN 4149 Tabelle 2 wird der Bauherr aufgefordert, eine weitergehende Sicherung des Bauwerkes anzustreben.

Ständige Lasten

Konzentrierte und verteilte ständige Lasten sind als Gravitationslasten in negativer x-Richtung sowie als Biegemomente um die beiden Querschnittsachsen zugelassen.

Das Vorzeichen bei Eingabe der Gravitationslasten ist optional und muss nicht angegeben werden.

Über den Kontrollparameter "Kraft/Masse" kann hier für die Einwirkungen zwischen Lasten und Massen unterschieden werden.

Hierbei gilt:

-1	Lasten
0	Lasten und Massen
1	Massen

Windlast/Erdbeben | **Ständige Lasten** | Veränderliche Lasten | Zusätzliche Windlasten | Temperatur/Eisbehang

☰
➡
✖

Ständige konzentrierte Lasten

	x	Last Rx	Kraft/ Masse	Moment My	Moment Mz	Bezeichnung
1	0,00	0,00	0	0,00	0,00	
2						
3						
4						

➡ x-Koordinate mit konzentrierter Einzellast von der Antennenmastunterkante in [m]

☰
➡
✖

Ständige verteilte Lasten

	x1	x2	qx(x1)	qx(x2)	Kraft/ Masse	my (x1)	my (x2)	mz (x1)	mz (x2)	Bezeichnung
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	
2										
3										
4										

➡ x- Koordinate der oberen Bereichsgrenze in [m]

Veränderliche Lasten

Veränderliche Lasten können als konzentrierte oder verteilte Lasten eingegeben werden.

Zu den sonstigen veränderlichen Lasten gehören z.B. Verkehrslasten, Schneelasten, Lasten aus Bauzuständen und weiterhin beliebige, vom Benutzer definierte Ersatzlasten.

Lasten bzw. Momente sind in allen 3 Achsrichtungen zugelassen.

Über die [Berechnungsoptionen](#) lässt sich festlegen, dass das Programm automatisch die maßgebende Windrichtung für Lastfall 1 (Tragsicherheit) und Lastfall 5 (Gebrauchsfähigkeit) ansetzt.

Windlast/Erdbeben | Ständige Lasten | Veränderliche Lasten | Zusätzliche Windlasten | Temperatur/Eisbehang

Veränderliche konzentrierte Lasten

	x	Last Rx	Last Ry	Last Rz	Moment Mx	Moment My	Moment Mz	Bezeichnung
1	0,00							
2								
3								
4								

x-Koordinate mit konzentrierter Einzellast von der Antennenmastunterkante in [m]

Veränderliche verteilte Lasten

	x1	x2	Art	qx (x1)	qx (x2)	Bezeichnung
1	0,00	0,00				
2						
3						
4						

x- Koordinate der oberen Bereichsgrenze in [m]

Zusätzliche Windlasten

Wie bei den [Windkontrolldaten](#) erläutert, erfolgt i.d.R. die Ermittlung der Windlasten auf den Tragmast unter Verwendung von Bereichsangaben und Kraftbeiwert. Bei dieser automatisierten Windlastermittlung werden Lasten aus der Anströmung von Anbauten, Podesten und Steigleitern zunächst nicht erfasst.

Zur Eingabe dieser Lasten stehen im Programm ATB zwei Möglichkeiten zur Verfügung:

- näherungsweise Berücksichtigung mittels eines globalen Windlasterhöhungsfaktors bei Eingabe der Windkontrolldaten .
- Spezifizierung zusätzlicher konzentrierter oder verteilter Windlasten

Windlast/Erdbeben Ständige Lasten Veränderliche Lasten Zusätzliche Windlasten Temperatur/Eisbehang									
Zusätzliche konzentrierte Windlasten									
	x	Achsabstand	Fläche	Beiwert cf	Bezeichnung				
1	10,00	50,00	200,00	1,30					
2									
3									
4									
➔ Bezeichnung der Last									
Zusätzliche verteilte Windlasten									
	x1	x2	Dx (x1)	B (x1)	cf (x1)	Dx (x2)	B (x2)	cf (x2)	Bezeichnung
1	0,00	0,00							
2									
3									
4									
➔ x- Koordinate der oberen Bereichsgrenze in [m]									

Die Eingabe zusätzlicher konzentrierter Windlasten erfolgt durch Angabe der x-Koordinate, der angeströmten Fläche, des zugehörigen Kraftbeiwertes (z.B. nach DIN 1055 T4, Abschnitt 6; oder nach CHRISTIAN PETERSEN: *Der Stahlbau. 2.*, verbesserte Auflage Braunschweig (Vieweg & Sohn) 1990, Abschnitt 23 "Stahlschornsteine" und 24 "Türme und Maste") und des Abstandes zwischen Mastachse und Flächenschwerpunkt. Der zugehörige Staudruck in der entsprechenden Höhe wird durch das Programm ermittelt.

Temperaturbelastung / Eisbehang

Temperaturbelastung

Die Wärmeeinwirkung ist in DIN 4133 im Abschnitt 5.7 geregelt.

Zu berücksichtigen sind entlang der x-Achse Veränderungen gegenüber der Aufstelltemperatur infolge betrieblicher und meteorologischer Wärmeeinwirkungen.

Temperaturänderungen längs der Schornsteinachse werden als verteilte Lasten behandelt.

Temperaturlasten							
	x1	x2	const T(x1)	const T(x2)	Delta T	phi (Delta T)	Bezeichnung
1	0,00	0,00					
2							
3							
4							

→ x- Koordinate der unteren Bereichsgrenze in [m]

Eisbehang				
	x1	x2	Dicke	Bezeichnung
1	10,00	80,00	3,00	LE
2				
3				
4				

→ x- Koordinate der unteren Bereichsgrenze in [m]

- const T** Gleichmäßige Temperaturbelastung über den Querschnitt. Sie ist positiv bei Temperaturerhöhung gegenüber der Aufstelltemperatur und kann linear veränderlich über ein Schornsteinsegment sein.
- Delta T** Maximale Temperaturdifferenz der Randfasern. Positiv, wenn die Temperatur T1 in Richtung der positiven y-Achse kleiner ist als die Temperatur T2 auf der gegenüberliegenden Seite (für phi=0).
- Phi** Drehwinkel von Delta T. Positiv im Gegenuhrzeigersinn von der y-Achse ausgehend.

T1, T2:

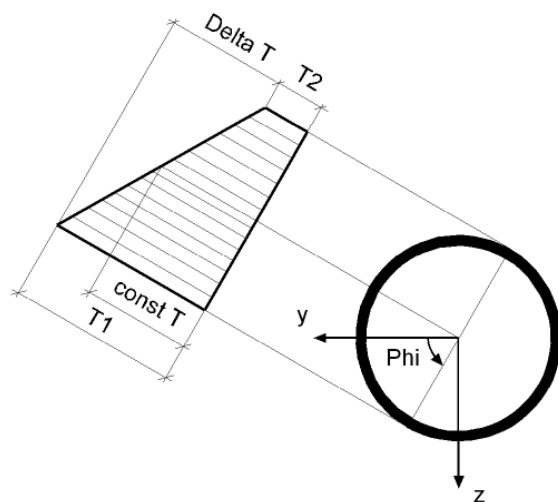
Temperaturänderungen gegenüber Aufstelltemperatur

$$\text{const T} = (T1 + T2) / 2$$

$$\text{Delta T} = T2 - T1$$

Eislasten

Eingabe von Lasten infolge Eisbehanges des Tragmastes: Es wird hierbei angenommen, dass der Eisbesatz bezüglich der x-Achse rotationssymmetrisch erfolgt. Die Größe ist DIN 1055 T5 zu entnehmen.



Ausgabe

Ausgabe der Systemdaten, Ergebnisse und Grafik auf Bildschirm oder Drucker.

Über den Punkt Ausgabe in der Hauptauswahl starten Sie den Ausdruck bzw. die Anzeige auf Bildschirm.

Ausgabeprofil Bei einigen Programmen können Sie auch den Umfang der Ausgabe (Ausgabeprofil) festlegen/einschränken.

Bildschirm Anzeige der Werte in einem Textfenster

Drucken Starten der Ausgabe auf den Drucker

Die Ausgabe von Systemdaten und Ergebnissen erfolgt wahlweise tabellarisch und/oder grafisch auf Bildschirm oder Drucker. Ergebnisse wie Eigenformen, Schnittgrößen oder Spannungen können nur angezeigt werden, wenn das System zuvor berechnet wurde.

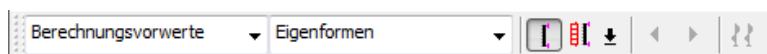
Es gibt prinzipiell zwei verschiedene Wege der Ausgabe:

1. Schnelle Ausgabe auf Bildschirm über die obere Symbolleiste

Für die schnelle Überprüfung von System, Lasten und Ergebnissen bietet sich die Bildschirmausgabe im Textfenster oder Grafikfenster über die oberen Symbole an:

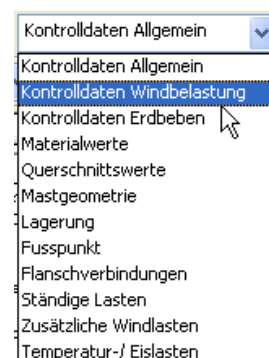
Auswahlliste Textfenster: Kontrolldaten Allgemein ... siehe Abb. rechts.

Symbolleiste Grafikanzeige:



Über diese **Symbolleiste** lassen sich immer nur die Ergebnisse eines über die linke Auswahlliste gewählten Lastfalls im Grafikfenster betachten

→ siehe [Programmspezifische Symbole](#).



Hinweis:



Durch Klick auf das Druckersymbol in der oberen Symbolleiste wird der Inhalt des gerade aktiven Fensters (Text oder Grafik) ausgedruckt.

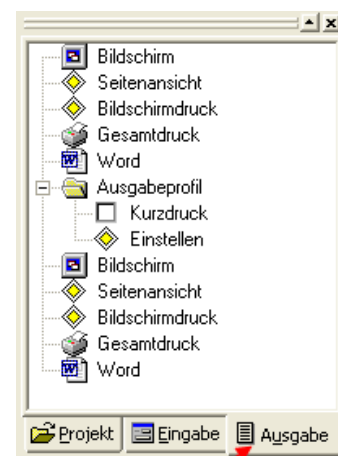
2. Ausgabe über die Hauptauswahl:

Die andere Möglichkeit zur Ausgabe-Steuerung bietet das "Ausgabe"-Register der Hauptauswahl.

Über das **Ausgabeprofil** stellen Sie den Umfang der System- und Ergebnisdaten zusammen.

Kurzdruck: Wenn Sie Kurzdruck ankreuzen, wird der Ausgabeumfang vom Programm automatisch eingestellt. Es werden nur die wichtigsten Systemdaten und Ergebnisse ausgegeben.

Einstellen: Durch Doppelklick auf „Einstellen“ öffnet sich das Fenster des Ausgabeprofils, in dem Sie den Ausgabeumfang selbst zusammenstellen.



Ausgabe-Register

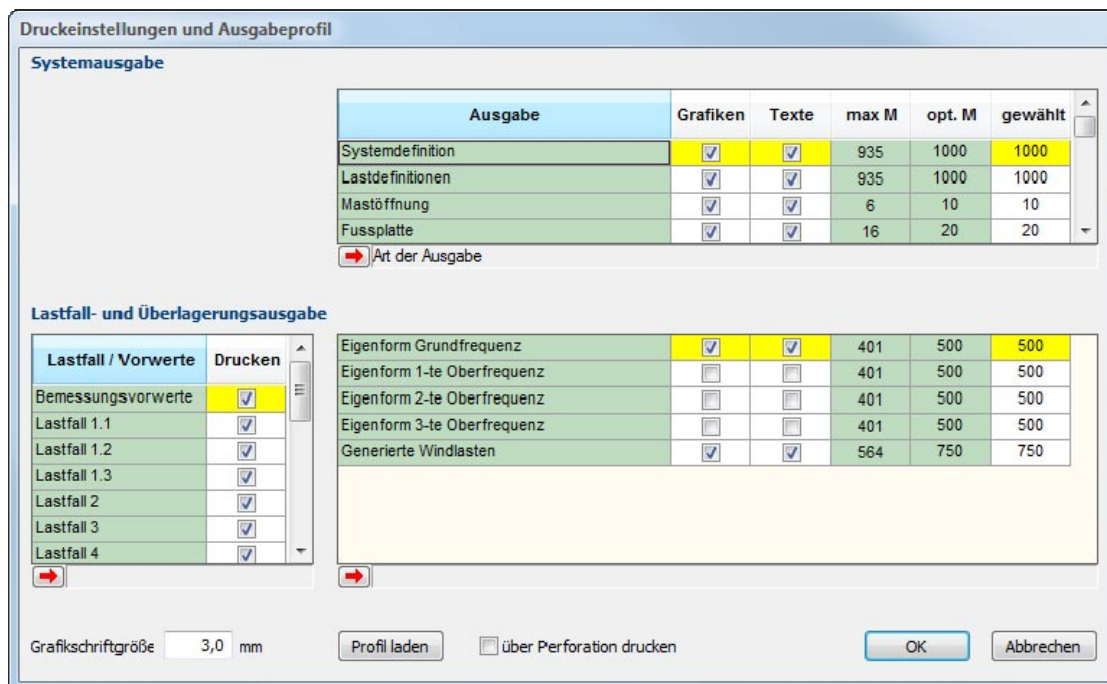
Als Ort der **Ausgabe** stehen 4 Möglichkeiten zur Verfügung:

- Bildschirm:** Tabellarische Ausgabe der System- und Ergebnisdaten auf Bildschirm (ohne Grafiken).
- Seitenansicht:** Als [Druckvorschau](#) (Seitenlayout) zur Überprüfung der Ausgabe auf Drucker.
- Gesamtdruck:** Direkte Ausgabe auf Drucker
- Word:** Durch Doppelklick auf diesen Ausgabepunkt wird, falls vorhanden, das Textprogramm Word gestartet. Es wird ein rtf – Dokument geöffnet, das den Positionsnamen beinhaltet, wie z.B. "Pos1.rtf". Das Dokument kann dann mit Word gedruckt oder auch verändert werden. Das Dokument enthält den im Ausgabeprofil festgelegten Umfang.

Ausgabeprofil

Aufruf: ▶ Hauptauswahl ▶ Register Ausgabe ▶ Doppelklick auf „Einstellen“.

Hier können Sie den Umfang der System- und Ergebnisdaten definieren.




Die Listen für die Lastfall- und Überlagerungsausgabe sind erst **nach der Berechnung** vorhanden. Die **rechte untere Liste** mit der Zusammenstellung der Ergebnisse bezieht sich immer auf den aktiven (gelben) Lastfall in der **linken Liste**.

Das Ausgabeprofil wird mit der Position gespeichert. Über den Button „Profil laden“ können Ausgabeprofile anderer Positionen komplett übernommen werden.

Bildschirmausgabe (Textfenster)

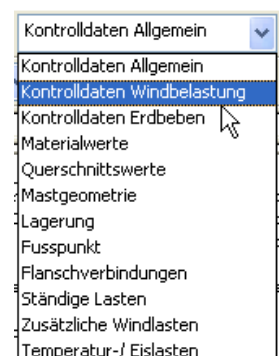
Ausgabe der Daten auf auf den Bildschirm.

Aufruf über das Symbol  oder über die Auswahlliste für das Textfenster (Abb. rechts) oder über den Menüpunkt Fenster → Textausgabe.

Inhalt des Textfensters

In der Textausgabe am Bildschirm werden, unabhängig vom Ausgabeprofil, immer alle vorhandenen Daten angezeigt (System, Belastung, Ergebnisse).

Über die Auswahlliste für das Textfenster kann man schnell an die gewünschte Stelle springen.



Drucken der Bildschirmausgabe

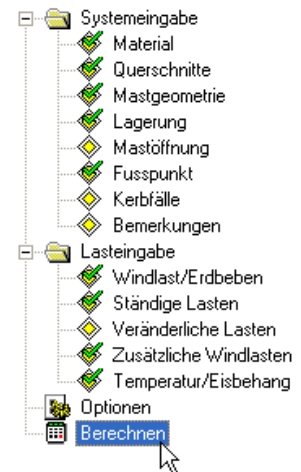
Wenn das Textfenster aktiv ist (z.B. durch Anklicken mit der Maus), dann kann der Inhalt durch Klick auf das Drucker-Symbol in der oberen Symbolleiste zum Drucker geschickt werden. Die Druckfunktion erscheint auch, wenn Sie mit der rechten Maustaste ins Textfenster klicken.

Ergebnisse - Berechnen

Berechnungsergebnisse sind nur vorhanden, wenn zuvor der Berechnungsbefehl ausgeführt wurde.

Der Menüpunkt „Berechnen“ befindet sich in der Hauptauswahl (Register „Eingabe“).

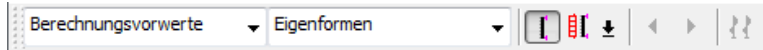
Bei Änderungen am System werden alle Ergebnisse gelöscht und die Berechnung muss erneut durchgeführt werden.



Programmspezifische Symbole

Je nach Programm stehen zusätzlich zu den [Standardsymbolen](#) weitere Symbole/Symboleisten für programmspezifische Funktionen zur Verfügung.

Bitte beachten Sie, dass Ergebnisse nur vorhanden sind, wenn das System zuvor [berechnet](#) wurde.

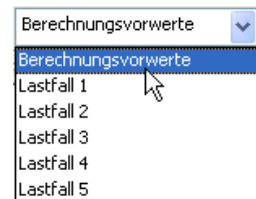


Lastfallauswahl

Dies ist die linke Auswahlliste in der dargestellten Symbolleiste.

Hier wählen Sie den Lastfall aus.

Weitere Hinweise unter [Berechnungen](#) bzw. [Berechnungsergebnisse](#).

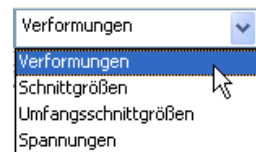
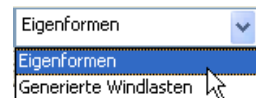


Ergebnisse (Art)

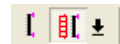
Dies ist die zweite Auswahlliste in der dargestellten Symbolleiste.

Abhängig vom Lastfall können folgende Ergebnisse grafisch dargestellt werden:

- Eigenformen
- Generierte Windlasten
- Verformungen
- Schnittgrößen
- Umfangsschnittgrößen
- Spannungen
- Trägheitskräfte
- Spannungsschwingbreiten

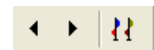



Systemgrafik und **Lastgrafik** mit Möglichkeit zum Wechseln zwischen Ansicht in y- und z-Richtung



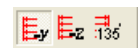
Eigenfrequenzabhängige Darstellung

Diese Symbole erscheinen bei den eigenfrequenzabhängigen Lastfällen 2,3 und 4 und bei den Berechnungsvorwerten (Eigenformen).



Bei gedrücktem -Symbol werden alle Ergebnisse dargestellt. Bei losgelassenem Symbol kann mit den Richtungs-Symbolen zwischen den Ergebnissen einer bestimmten Eigenfrequenz umgeschaltet werden. Die Anzahl der berechneten Eigenfrequenzen wird im Optionen-Fenster gesteuert.

Wind in y- bzw. z-Richtung oder in Richtung 135 Grad.



Wind in y- bzw. z-Richtung oder in Richtung 315 Grad.



Ergebnisse für die jeweilige Windrichtung. Gilt für Lastfall 1 und 5.

Schnittgrößen: Darstellung der Momenten- und Normalkraft- / Querkraftverläufe.