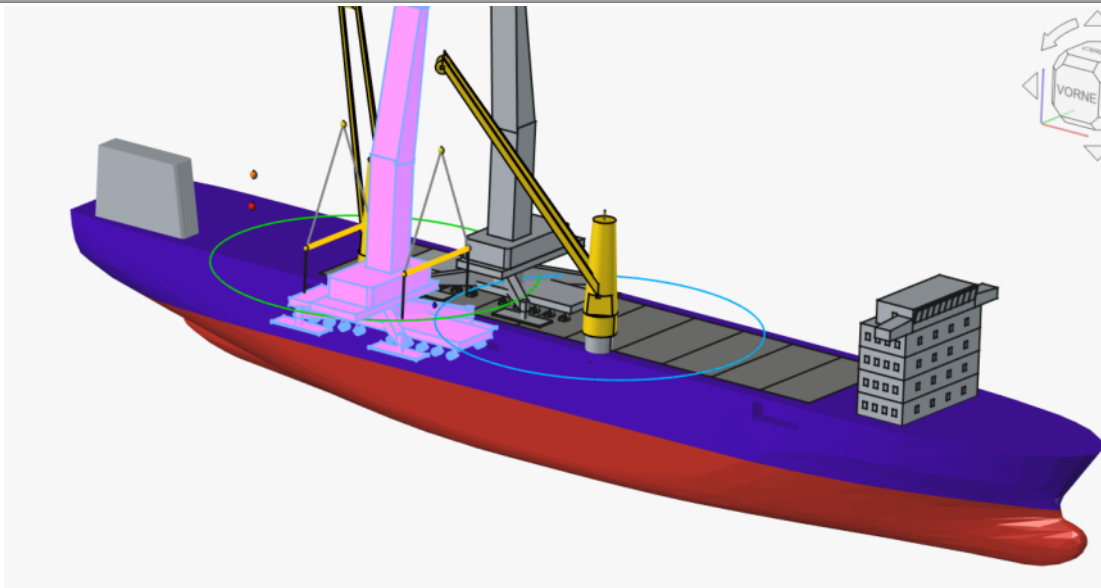


Installations-Kurzanleitung StowMind workbench:



1. FreeCAD 1.1 installieren

Table

System	Methode	Befehl / Download
Windows	Installer	freecad.org → Windows 64-bit
Linux	AppImage (empfohlen)	GitHub Releases → .AppImage herunterladen
Linux	Package Manager	sudo apt install freecad (Ubuntu/Debian)
macOS	DMG	freecad.org → macOS Intel oder Apple Silicon

2. StowMind-Workbench installieren

Windows (mit Batch)

batch

Copy

```
:: 1. installv1-1.bat und installv1-1.py in denselben Ordner legen  
:: 2. Doppelklick auf installv1-1.bat  
:: Oder im CMD:  
install.bat
```

Linux (System/Snap/Flatpak)

bash

Copy

```
# Im Terminal:  
cd /pfad/zu/installv1-1.py  
python3 installv1-1.py
```

Linux mit AppImage

bash

Copy

```
# Variante A: FreeCAD läuft bereits
# Finde Python im gemounteten AppImage:
ls /tmp/.mount_FreeCAD*/usr/bin/python3
# Dann:
python3 installv1-1.py -p /tmp/.mount_FreeCADXXXX/usr/bin/python3

# Variante B: AppImage extrahieren
chmod +x FreeCAD_1.0.AppImage
./FreeCAD_1.0.AppImage --appimage-extract
python3 installv1-1.py -p ./squashfs-root/usr/bin/python3
```

macOS

bash

Copy

```
# Im Terminal:
cd /pfad/zu/installv1-1.py
python3 installv1-1.py
# Falls nicht gefunden:
python3 installv1-1.py -p
/Applications/FreeCAD.app/Contents/Resources/bin/python
```

3. FreeCAD neu starten

Workbench erscheint unter **Werkzeuge** → **Arbeitsbereiche** → **StowMind**

StowMind Workbench

Einleitung

Schiffe sind komplexe Systeme — technische Objekte, die an der Grenze zweier Welten operieren, dem Wasser und der Luft, beladen mit Fracht, verpflichtet zur Stabilität, abhängig von präzisen Berechnungen. Wer ein Schiff plant, belädt oder analysiert, bewegt sich in einem Spannungsfeld aus Physik, Geometrie, Logistik und Sicherheit, das kein einzelnes Werkzeug der klassischen CAD-Welt vollständig abbildet.

StowMind ist die Antwort auf genau dieses Problem.

Als spezialisierte Workbench für FreeCAD schließt StowMind eine Lücke, die in der maritimen Ingenieurslandschaft seit Langem klafft: die Lücke zwischen dem dreidimensionalen Schiffsmodell und den Berechnungen, die auf ihm aufbauen. Klassische CAD-Umgebungen erzeugen Geometrie — sie wiegen nicht, trimmen nicht, heben nicht. Klassische Stabilitätsprogramme rechnen zuverlässig, aber blind gegenüber der tatsächlichen räumlichen Situation an Bord. StowMind verbindet beides. Die Workbench lebt im FreeCAD-Dokument, denkt in denselben Koordinaten wie das Modell und macht das Schiff zum aktiven Rechenobjekt.

Das Herzstück dieses Ansatzes ist das **StowMind**-Objekt — ein parametrisches FreeCAD-Feature, das Tiefgang, Trimm, Schwerpunktlagen und alle beladungsrelevanten Zustandsgrößen dauerhaft im Dokument trägt. Ändert sich die Beladung, aktualisieren sich Hydrostatik, Stabilitätskennwerte und Lastnachweise mit. Kein manuelles Übertragen von Zahlen zwischen Programmen, kein Versionschaos zwischen CAD-Modell und Stabilitätsbooklet — das Modell ist die Berechnung, und die Berechnung ist das Modell.

Für den Ladungsplaner bedeutet das eine Arbeitsweise, die so bisher nicht möglich war. Frachteinheiten — Container, Schwergutpakete, Monopiles, Windturbinenkomponenten — werden als echte 3D-Objekte im Schiffsmodell platziert. Der Stauplan entsteht nicht auf Papier oder in einer separaten Software, sondern direkt in der Geometrie. StowMind übernimmt dabei die Aufgaben, die in der Praxis Zeit und Fehler kosten: automatische Schwerpunktberechnung der Gesamtbeladung, Stabilitätsprüfung des aktuellen Ladezustands, Lastnachweise nach geltenden Regelwerken und der Export druckfertiger Stau- und Laschdokumente — alles aus einem einzigen FreeCAD-Dokument heraus.

Noch weiter geht StowMind im Bereich der Hebeoperationen. Ladungsplanung endet nicht an der Reeling — oft beginnt die eigentliche ingenieurtechnische Herausforderung erst beim Loadout: beim Heben schwerer oder sperriger Lasten mit einem oder mehreren Kranen, beim Nachweis von Anschlagmitteln, beim Dimensionieren von Traversen. StowMind bildet diesen gesamten Prozess dreidimensional ab. Krangeometrien werden als FreeCAD-Objekte im Modell verankert, Hebegeschirre — Schäkel, Grummets, Traversen — als parametrische Bauteile angelegt und geprüft. Tandemhübe, Monopile-Schwenkvorgänge, die Überprüfung kritischer Ausleger- und Lastwinkel: all das geschieht im selben Modellraum wie die Beladungsplanung selbst. Das Ergebnis ist ein lückenloser digitaler Nachweis vom Stauplan bis zum Hebeprotokoll.

StowMind umfasst in seiner aktuellen Form **99 Module**, gegliedert in neun funktionale Bereiche: Rumpfgeometrie und Hydrostatik, Tanks und Gewichte, Laderäume und Deckskonfiguration,

Stabilitätsberechnung und GZ-Kurven, Visualisierung und Flächenprojektionen sowie das vollständige Werkzeugspektrum für Hebeoperationen und Rigging. Jedes Modul adressiert einen konkreten Ausschnitt des maritimen Ingenieuralltags — und alle teilen dieselbe geometrische Grundlage, dasselbe FreeCAD-Koordinatensystem, dieselbe Datenbasis.

Die folgenden Abschnitte beschreiben diese Module im Einzelnen: ihre Funktion, ihre Schnittstellen und ihr Zusammenspiel. Was dabei entsteht, ist mehr als eine technische Referenz — es ist die Dokumentation einer Arbeitsumgebung, die das Schiff als Ganzes denkt, von der Konstruktion bis zum sicheren Heben der letzten Frachteinheit an Bord.

Kapitel 1: Rumpf & Geometrie — StowMindCreateStowMind

Überblick

Alles beginnt mit dem Rumpf. Bevor StowMind rechnen, laden oder heben kann, muss das Schiff als dreidimensionales Solid im FreeCAD-Dokument verankert sein — als geometrisches Objekt, das Volumen hat, eine Bounding Box, und das StowMind-interne Koordinatensystem kennt. Dieses Kapitel beschreibt, wie aus einer Datei ein vollwertiges **StowMind**-Objekt wird.

Das Modul **StowMindCreateStowMind** übernimmt genau diese Aufgabe: Es importiert Rumpfgeometrie aus verschiedenen Quellen, konvertiert sie bei Bedarf in ein wasserdichtes Solid und erzeugt daraus das parametrische **StowMind**-Feature, das als Grundlage für alle nachfolgenden Berechnungen dient.


Workflow

Schritt 1 — StowMind-Erstellung starten

Im FreeCAD-Menü oder der StowMind-Toolbar den Befehl **Create StowMind** aufrufen. Es öffnet sich das TaskPanel — ein geführter Dialog, der alle notwendigen Eingaben in einer einzigen Oberfläche zusammenfasst.

Schritt 2 — Geometriequelle wählen

Das TaskPanel bietet drei Optionen:

a) Datei importieren (Standardeinstellung) Die gebräuchlichste Option. Über die Schaltfläche  **Choose file...** wird eine Rumpfdatei ausgewählt. Unterstützte Formate:

Format	Beschreibung
.gf / .gf1	Spantendatei (GF-Format, typisch aus Schiffbau-CAD-Systemen)
.txt	Spantenpunkte im GF-Format, automatisch erkannt
.dxf	DXF-Polylinien als Spanten, inkl. Spiegelerkennung
.stl	Mesh-Datei, wird automatisch in ein Solid konvertiert
.iges / .igs / .step / .stp	BREP-Geometrie direkt aus Konstruktionsprogrammen

Format

Beschreibung

.fcstd

FreeCAD-Dokument — das volumenstärkste Solid wird übernommen

b) Bestehendes Objekt verwenden Wenn im FreeCAD-Dokument bereits ein Solid vorhanden und selektiert ist, kann dieses direkt als Rumpf übernommen werden. Nützlich, wenn die Geometrie bereits im Dokument liegt oder manuell aufgebaut wurde.

c) Beispielschiff laden Für Tests und Einsteiger stehen vier vordefinierte Rümpfe zur Verfügung: zwei Series-60-Rümpfe (schlank und vollforming) sowie zwei Wigley-Rümpfe (kanonisch und als Katamaran-Variante). Diese Beispiele sind vollständig vorbereitet und erfordern keine externen Dateien.

Schritt 3 — Einheiten festlegen

StowMind erkennt die Einheit der importierten Datei automatisch (**Auto (recommended)**): Liegen Koordinatenwerte im Bereich > 100 , wird Millimeter angenommen; kleinere Werte werden als Meter interpretiert und entsprechend skaliert. Für GF-Dateien mit Fuß-Koordinaten (Werte > 50) wird automatisch der Faktor 304.8 (ft \rightarrow mm) angewandt.

Bei Bedarf kann die Einheit auch manuell auf Millimeter oder Meter erzwungen werden. Die Option **Auto-center at X=0, Y=0** (standardmäßig aktiv) zentriert den Rumpf beim Import im StowMind-Koordinatensystem: Kiel auf $Z=0$, Mittschiffs auf $X=0$.

Schritt 4 — Schiffsabmessungen eingeben

Im Abschnitt **Ship Dimensions** werden die realen Schiffsmaße in Metern eingetragen:

- **Length (L)** — Schiffslänge
- **Breadth (B)** — Schiffsbreite
- **Depth (D)** — Seitenhöhe
- **Draft (T)** — Tiefgang (wird standardmäßig als $D \times 0,5$ vorgeschlagen)

Diese Werte dienen als Metadaten des StowMind-Objekts und sind Grundlage für alle hydrostatischen Berechnungen.

Affine Scaling: Standardmäßig deaktiviert. Wenn aktiviert, wird die importierte Geometrie so gestreckt, dass ihre Bounding Box exakt den eingegebenen $L \times B \times 2T$ entspricht. Sinnvoll wenn eine Entwurfsgeometrie auf reale Schiffsmaße skaliert werden soll. Bei bereits maßstäblich korrekter Geometrie (z.B. STEP/IGES aus dem Konstruktionsprogramm) sollte die Option deaktiviert bleiben.

Schritt 5 — Import bestätigen

Nach der Dateiauswahl erscheint eine blaue Vorschau des Rumpfes im 3D-Viewport (Transparenz 60 %, Blauton). Sieht die Geometrie plausibel aus, wird der Dialog mit **OK** bestätigt.

StowMind erzeugt dann im Dokument:

- Das StowMind-Feature mit dem Rumpf-Solid als Basis
- Eine Gruppe **Yard** mit einem Platzhalter-Textdokument für Werft-Hydrostatik (Pantokarenen, Stabilitätsbooklet)

- Eine Gruppe **Superstructure** für Aufbauten und Hindernisse auf den Luken (relevant für die spätere Ladungsplanung)

Hintergrund: Geometriekonvertierung

Nicht jede Quelldatei liefert sofort ein verwendbares Solid. Besonders STL-Dateien — als Mesh-Format — erfordern eine Konvertierung. Der `GeometryConverter` arbeitet dabei in drei Stufen, die nacheinander versucht werden:

1. **MeshPart.meshToShape** — robusteste Methode, erzeugt direkt eine Shell aus dem Mesh-Netz
2. **Toleranzbasierte Konvertierung** — bei problematischen Meshes mit Lücken, in drei Toleranzstufen (0,5 / 1,0 / 2,0 mm)
3. **Manueller Shell-Aufbau** — einzelne Faces werden auf Validität geprüft und zu einer Shell zusammengesetzt

Vor jeder Konvertierung prüft der Converter ob das Mesh geschlossen ist. Offene Meshes werden automatisch repariert (`fillUpHoles`, `removeDuplicatedPoints`, `harmonizeNormals`). Ein Shell, das zu weniger als 10 % offen ist, wird als hydrostatisch brauchbar akzeptiert.

Für Spantendateien (GF, DXF) baut der `HullImporter` das Solid direkt aus den Spantenpunkten auf: Die Halbspanten werden gespiegelt zu Vollspanten, gleichmäßig neu parametrisiert (Arc-Length-Resampling, 30 Punkte pro Spant) und zonenweise geloftet (Heck / Mitte / Bug). Die drei Loft-Zonen werden anschließend zu einem einzigen Solid fusioniert.

Wichtige Hinweise

Koordinatensystem: StowMind arbeitet im nautischen Koordinatensystem: X = Längsrichtung (voraus positiv), Y = Querrichtung (Steuerbord positiv), Z = vertikal (oben positiv), Kiel bei Z = 0.

GF-Dateien: Das GF-Format erwartet Halbspanten (Steuerbordseite). StowMind spiegelt automatisch auf Vollspanten. Die Reihenfolge der Punkte (von Kiel nach Deck) wird automatisch geprüft und bei Bedarf umgekehrt.

DXF-Dateien: Spanten müssen als Polylinien im DXF vorliegen. Ein Spiegel (Transom) mit negativer X-Koordinate wird erkannt und als separater geschlossener Wire behandelt.

Nachträgliche Änderungen: Länge, Breite und Tiefgang des `StowMind`-Objekts können nach der Erstellung direkt in den FreeCAD-Eigenschaften angepasst werden, ohne die Geometrie neu importieren zu müssen.

Modulreferenz

Modul	Aufgabe
<code>TaskPanel</code>	GUI-Dialog für die geführte <code>StowMind</code> -Erstellung
<code>Tools.createStowMind()</code>	Erzeugt das parametrische <code>StowMind</code> -Feature aus

Modul	Aufgabe
GeometryImporter	einem oder mehreren Solids Format-Router: erkennt Dateiformat und delegiert an den passenden Importer
StowMind_Hull_Importer (HullImporter)	Parst GF/GF1/DXF-Spantendateien und baut das Rumpf-Solid per Loft
GeometryConverter	Konvertiert STL-Meshes in wasserdichte Solids



StowMind design

Laden einer Geometrie

-neben den 4 bekannten Schiffstypen kann ein eigenes Schiff oder Geometrie eingeladen werden. Hierzu gibt es folgende Auswahlmöglichkeiten

- * Beispielschiff verwenden, es erscheint die Länge/Breite/Tiefgang des Beispielschiffes, wird eine neue Länge/Breite/Tiefgang eingegeben, so wird das Beispielschiff affin auf die gewünschten Abmessungen verzerrt.
- * Importieren einer Geometrie als:
 - STL Datei, die Form muß geschlossen sein, also inklusive Deck und Spiegel. Liegt keine geschlossene Form vor, kann die STL Datei nicht in einen Solid umgewandelt werden
 - IGES oder STEP Dateien sind in der Regel Solids
 - GF / GF1 Dateien, diese Punktabgaben werden zu Spanten zusammen gefasst und müssen händisch in Solids umgewandelt werden, es wird empfohlen mit Lofts ein geschlossenes Netz zu erstellen um dies dann in der part workbench in ein solid umzuwandeln
- * Eigene Geometrie, diese muß ein Solid sein und kann dann als StowMind Instanz gespeichert und bearbeitet werden.

Gewählt werden kann eine Maßeinheit im Import oder eine automatische Umwandlung der Maße. In FreeCAD wird intern in mm gerechnet.

Die Struktur wird so platziert, dass der Koordinatenursprung bei L/2 liegt. Dies ist schiffbaulich eher ungewöhnlich, normalerweise ist der Koordinatenursprung in Europa im hinteren Lot, in den USA im vorderen Lot. Nur als Hinweis, da dieser Koordinatenursprung eher ungewöhnlich ist. Insbesondere für die Tankpositionen und Gewichtsposten muß dies berücksichtigt werden.

Kapitel 2: Hydrostatik — StowMindHydrostatics

Überblick

Hydrostatik ist die Grundlage jeder Stabilitätsbewertung: Wie viel verdrängt das Schiff bei einem gegebenen Tiefgang? Wo liegt der Auftriebsschwerpunkt? Wie verhält sich das Schiff beim Krängen? StowMind berechnet diese Kurven direkt im FreeCAD-Dokument — aus dem Rumpfsolid oder aus vorhandenen Spanten — und legt die Ergebnisse als FreeCAD-Spreadsheets ab, die für alle nachgelagerten Berechnungen (Stabilitätsmonitor, GZ-Kurven, Ladungszustand) direkt verfügbar sind.

Das Modul bietet zwei Berechnungsmethoden, die je nach vorhandenem Ausgangsmaterial gewählt werden:

- **Hydrostatics via Slice** (`hydrostatic_frames`): Schnelle Methode auf Basis bereits vorhandener Spanten-Objekte aus der `Frames`-Gruppe.
- **Frames + Hydrostatics + Pantocarenes** (`Spant_Tools`): Vollständige Pipeline, die Spanten erst aus dem Rumpfsolid extrahiert und dann Hydrostatik- und Krängungskurven (KN-Werte) berechnet.

Für eine frische Installation — d.h. ein neu importierter Rumpf ohne vorhandene Spanten — ist **Frames + Hydrostatics + Pantocarenes** der richtige Einstieg.

Workflow

Schritt 1 — Hydrostatik starten

Im StowMind-Menü oder der Toolbar den Befehl **Hydrostatics** aufrufen. Es öffnet sich das **TaskPanel**, das als Launcher fungiert.

Schritt 2 — Modul wählen

Im oberen Abschnitt **Module** stehen zwei Optionen zur Auswahl:

Hydrostatics via Slice Setzt voraus, dass bereits eine `Frames`-Gruppe im Dokument vorhanden ist (erzeugt durch einen vorherigen Lauf von `Frames + Hydrostatics + Pantocarenes`). Liest die gespeicherten Spantpolygone aus der Gruppe und berechnet nur die Hydrostatik-Kurven neu — deutlich schneller als der vollständige Lauf.

Frames + Hydrostatics + Pantocarenes ← empfohlen für Erstberechnung Extrahiert eigenständig 50 gleichmäßig verteilte Spanten aus dem Rumpfsolid (oder Mesh), berechnet Hydrostatik-Kurven für drei Wasserarten und erzeugt vollständige Pantokarenen (KN-Kurven) für 13 Krängungswinkel. Prüft automatisch, ob eine vorhandene `Frames`-Gruppe wiederverwendet werden kann.

Schritt 3 — Rumpfobjekt wählen

Im Abschnitt **Hull Object** wird das StowMind-Objekt (oder ein anderes Shape/Mesh) aus dem Dokument ausgewählt, das als Berechnungsgrundlage dienen soll.

Schritt 4 — Tiefgangsbereich definieren

Unter **Parameters** werden Start-Tiefgang, End-Tiefgang und Schrittweite in Metern eingegeben:

Parameter	Standardwert	Empfehlung
Start draft	0,50 m	Mindestens 0,3 m über Kiellinie
End draft	8,00 m	Unterhalb Deckshöhe
Step	0,25 m	0,25 m für Standardauflösung, 0,10 m für feine Kurven

Schritt 5 — Berechnung starten (OK)

StowMind führt die Berechnung durch. Je nach Methode und Tiefgangsbereich dauert dies einige Sekunden bis wenige Minuten. Die FreeCAD-Konsole zeigt den Fortschritt.

Ergebnisstruktur im Dokument

Nach der Berechnung enthält das Dokument eine Gruppe **Frames** mit folgender Struktur:

Frames/

Hydrostatic_Frames/ ← Spant-Objekte mit FramePoly, FrameArea, FrameX etc.

HydrostaticCurves ← Spreadsheet: Hydrostatik-Tabelle

PantocarenesCurves ← Spreadsheet: KN-Kurven (nur bei Spant_Tools)

HydrostaticCurves — Inhalt

Jede Zeile entspricht einem Tiefgangswert. Die Tabelle enthält:

Spalte	Beschreibung
Draft [m]	Tiefgang
Disp SW / BW / FW [t]	Verdrängung in Salz-, Brackwasser und Süßwasser
LCB [m]	Längsschwerpunkt des Auftriebs (von Mittschiffs)
KB [m]	Vertikaler Auftriebsschwerpunkt (über Kiel)
BM [m]	Metacenterhöhe transversal
KM [m]	$KM = KB + BM$
BML [m]	Metacenterhöhe longitudinal
KML [m]	$KML = KB + BML$
LCF [m]	Längsschwerpunkt der Wasserlinienfläche
WPA [m ²]	Wasserlinienfläche
TPC [t/cm]	Tonnen pro Zentimeter Eintauchen
MCT [tm/cm]	Moment to Change Trim 1 cm

PantocarenesCurves — Inhalt

KN-Werte (Hebelarm des Auftriebs bei Krängung) für Krängungswinkel von 0° bis 90°, jeweils für Salz-, Brack- und Süßwasser. Die Berechnung erfolgt volumenkonstant: Für jeden Tiefgang und Krängungswinkel wird die Gleichgewichtswasserlinie iterativ bestimmt.

Standardmäßig berechnete Winkel: 0°, 5°, 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, 40°, 50°, 60°, 70°, 80°, 90°.

Berechnungsmethode

Spantextraktion

Aus dem Rumpfsolid werden 50 Querschnitte gleichmäßig über die Schiffslänge verteilt. Jeder Schnitt wird als ebener Draht (Wire) in der YZ-Ebene erzeugt und zu einem Polygon mit 60 Punkten diskretisiert. Die Punkte werden als `FramePoly`-Eigenschaft im FreeCAD-Objekt gespeichert, sodass sie bei nachfolgenden Berechnungen ohne erneuten Geometrie-Zugriff direkt verfügbar sind.

Ist das Rumpfojekt ein Mesh statt eines Solids, wird der Schnitt über MeshPart-Methoden erzeugt.

Volumenintegration

Die Hydrostatikwerte werden durch numerische Integration über die Spanten berechnet (Trapezregel). Für jeden Tiefgang wird jeder Spantquerschnitt an der Wasserlinienhöhe abgeschnitten (Sutherland-Hodgman-Clipping) und die Fläche sowie der Schwerpunkt des geklippten Polygons per Gaußscher Flächenformel (Shoelace) bestimmt. Daraus ergeben sich Volumen, Verdrängung, LCB, KB, Wasserlinienfläche, Trägheitsmomente und alle abgeleiteten Stabilitätsgrößen.

Pantokarenen (KN-Kurven)

Für jeden Tiefgang und Krängungswinkel wird der Rumpf um die aktuelle Wasserlinie gedreht. Eine Bisektions-Iteration (bis zu 60 Schritte) findet die Wasserlinie, bei der das verdrängte Volumen dem aufrechten Ausgangsvolumen entspricht. Aus der Position des Auftriebsschwerpunkts im gedrehten System ergibt sich der KN-Wert.

Wichtige Hinweise

Voraussetzung: Das `StowMind`-Objekt muss korrekt erstellt sein (Kapitel 1). Der Kiel liegt bei $Z = 0$.

Wiederverwendung von Spanten: Ist bereits eine `Frames`-Gruppe mit `Hydrostatic_Frames` im Dokument vorhanden, verwendet `Frames + Hydrostatics + Pantocarenes` diese automatisch wieder. Eine erneute Spantextraktion entfällt — das spart Zeit bei geänderten Tiefgangsbereichen oder Dichtewerten.

Wasserlinien-Plots: Wenn das FreeCAD-Plot-Modul installiert ist, erzeugt `StowMind` automatisch drei Diagrammfenster: Verdrängungskurven (Volume), Stabilitätswerte (Stability) und Formkoeffizienten (Coefficients). Die Plots aktualisieren sich bei erneuter Berechnung, ohne neue Fenster zu öffnen.

Salzwasser-Standard: Alle Stabilitätsgrößen (KM, BM, TPC usw.) beziehen sich auf Salzwasser ($\rho = 1,025 \text{ t/m}^3$). Brack- und Süßwasserwerte stehen in den Spreadsheets parallel zur Verfügung.

Genauigkeit: Die polygonbasierte Berechnung liefert für gut aufgelöste Spanten (50 Querschnitte, 60 Polygonpunkte) eine Genauigkeit, die für die Ladungsplanung und Vorstabilitätsnachweise

ausreichend ist. Für amtliche Stabilitätsbücher ist eine Verifikation gegen werftdefinierte Hydrostatikdaten empfohlen — die Yard-Gruppe (Kapitel 1) ist dafür vorgesehen.

Modulreferenz

Modul	Aufgabe
TaskPanel (TaskPanelLauncher)	GUI-Dialog zur Modulauswahl und Parameterübergabe
Spant_Tools	Vollständige Pipeline: Spantextraktion, Hydrostatik, Pantokarenen
hydrostatic_frames	Hydrostatik-Kurven auf Basis vorhandener Frames-Gruppe
hydrostatic_Tools	Low-Level-Berechnungsroutinen: Gleichgewichtswasserlinie, GZ-Vorbereitung, Konvertierungshelfer
pantokarenen	KN-Kurven-Berechnung (wird von Spant_Tools eingebunden)
PlotAux	Erzeugt und aktualisiert die drei Hydrostatik-Diagrammfenster



Constraints Hydrostatic

Ships-rea und Hydrostatic, sowie Tanksdefinitionen und Tankkurven werden in dem ersten Teil der Constraints erzeugt. Die Hydrostatic tables sind Basis für weitere hydrostatische Berechnungen je nach Beladungszustand. Sinnvoll ist eine Tabelle vom Minimumtiefgang bis zum maximal erlaubten Tiefgang. Diese Tabelle wird genutzt um bei dem jeweiligen Beladungszustand den ungefähren Tiefgang bei entsprechendem Gewicht zu ermitteln um in der Sink/Trim Rechnung schneller zum Ziel zu kommen.

Kapitel 3: Tanks — StowMindCreateTank

Überblick

Tanks sind stabilitätswirksame Objekte: Ihr Füllstand beeinflusst den Schwerpunkt des Schiffes, ihre freie Oberfläche reduziert die metacentrische Höhe. StowMind verwaltet Tanks als parametrische FreeCAD-Objekte, die dem StowMind-Feature direkt zugeordnet sind und vom Stabilitätsmonitor sowie der Ladezustandsberechnung automatisch berücksichtigt werden.

Ein Tank in StowMind ist immer ein Solid-Objekt mit definierten Eigenschaften: Fluidtyp, Dichte und — über den Füllgrad — eine gewichts- und schwerpunktwirksame Größe im Ladezustand.

Workflow

Schritt 1 — Tankgeometrie modellieren

Tanks werden in FreeCAD als Solid-Objekte konstruiert, bevor sie als StowMind-Tank registriert werden. Typisch sind einfache Box-Geometrien (workbench Part::Quader) oder durch Boolesche Operationen aus dem Rumpfsolid ausgeschnittene Volumenkörper. Am einfachsten wieder in workbench einen Quader an der Stelle des gewünschten Tanks erstellen und diesen mit der Boolean Funktion (workbench Part::Schnitt) als gemeinsames Volumen Quader/Rumpfgeometrie definieren. Das gemeinsame Volumen wird als Common... angezeigt, dies dann in ein solid (workbench Part::In Festkörper umwandeln). Sinnvoll ist es das erste erzeugte Common... zu löschen unter Beibehaltung der beiden Bestandteile Rumpfgeometrie und Quader, letzteren kann man durch Verschiebung im Placement oder durch Größenordnungen für den nächsten Tank nutzen, die Rumpfgeometrie sollte auf jedenfall erhalten bleiben. Einfacher ist es, die Rumpfgeometrie einmal für Tanks etc zu kopieren. Die Tankgeometrie muss das tatsächliche innere Volumen des Tanks repräsentieren — also das befüllbare Volumen ohne Wandstärken.

Das resultierende Solid im FreeCAD-Viewport selektieren.

Schritt 2 — Tank-Dialog öffnen

Im StowMind-Menü **Create Tank** aufrufen. Das TaskPanel öffnet sich. Voraussetzung: Im Dokument muss mindestens ein StowMind-Objekt vorhanden sein und im Viewport mindestens ein Solid selektiert sein.

Schritt 3 — Tankeigenschaften definieren

Im Dialog werden folgende Parameter gesetzt:

Tank Name Frei wählbare Bezeichnung, z.B. FO_PS (Fuel Oil Portside), FW_AFT oder BW_DB_1. Der Name wird als Label im Dokumentbaum und in der Ladezustandsberechnung verwendet.

Fluid Type Vordefinierten Fluidtyp aus der Dropdown-Liste wählen:

Fluidtyp	Dichte [kg/m ³]
Fuel (Diesel)	850
Fresh Water	1000
Salt Water	1025

Fluidtyp	Dichte [kg/m³]
Lube Oil	900
Waste Water	1000
Sludge	950

Bei Auswahl eines Presets wird die Dichte automatisch gesetzt und das Dichtefeld deaktiviert. Für benutzerdefinierte Fluide kann eine eigene Dichte eingetragen werden.

StowMind Auswahl des StowMind-Objekts, dem der Tank zugeordnet werden soll. Bei einem Dokument mit einem einzigen Schiff ist dies in der Regel bereits vorausgewählt.

Schritt 4 — Bestätigen (OK)

StowMind legt den Tank im Dokumentbaum unter einer Tanks-Gruppe an, die dem jeweiligen StowMind-Objekt zugeordnet ist:

StowMind

```

└─ StowMind_Tanks/
    └─ FO_PS
    └─ FO_SB
    └─ FW_AFT

```

Das Quell-Solid (die selektierte Geometrie) wird nach der Tank-Erstellung aus dem Dokumentbaum entfernt — die Geometrie lebt fortan im Tank-Objekt selbst.

Tankeigenschaften im Dokument

Jedes Tank-Objekt trägt folgende Eigenschaften, die in den FreeCAD-Eigenschaften direkt einsehbar und editierbar sind:

Eigenschaft	Beschreibung
<code>Label</code>	Tankname
<code>FluidType</code>	Fluidbezeichnung (z.B. "Fuel (Diesel)")
<code>Density</code>	Dichte in kg/m ³
<code>FillLevel</code>	Füllgrad 0,0–1,0 (wird im Ladezustand gesetzt)

Der Füllgrad wird nicht im Tank-Dialog gesetzt, sondern im Ladezustand (Kapitel 6) — dort kann jeder Tank individuell befüllt werden, was sich direkt auf Verdrängung und Schwerpunktlage auswirkt.

Wichtige Hinweise

Koordinatensystem: Die Tankgeometrie muss im StowMind-Koordinatensystem liegen — Kiel bei $Z = 0$, Mittschiffs bei $X = 0$. Tanks, die außerhalb der Rumpfgeometrie liegen, werden zwar angelegt, erzeugen aber falsche Schwerpunktlagen.

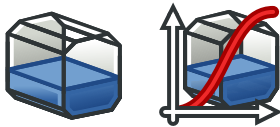
Mehrere Tanks auf einmal: Mehrere Solids können gleichzeitig selektiert und in einem Schritt als Tank registriert werden. Jedes Solid erzeugt ein eigenes Tank-Objekt. Die Namen müssen anschließend in den Eigenschaften individuell angepasst werden.

Tanks und Stabilität: Tanks werden vom Stabilitätsmonitor (`StowMindSinkAndTrim`) und der GZ-Berechnung automatisch berücksichtigt, sobald sie in der Tanks-Gruppe des `StowMind`-Objekts liegen. Ein Tank außerhalb dieser Gruppe hat keinen Einfluss auf die Stabilitätsberechnung.


Doppelbodentanks: Für Doppelbodentanks empfiehlt sich, die Geometrie durch Boolesche Differenz aus dem Rumpfsolid zu schneiden, um das korrekte interne Volumen zu erhalten. Die resultierende Form direkt selektieren und als Tank anlegen.

Modulreferenz

Modul	Aufgabe
<code>TaskPanel</code>	GUI-Dialog: Tankname, Fluidtyp, Dichte, <code>StowMind</code> -Zuordnung
<code>Tools.createTank()</code>	Legt das Tank-Objekt an, ordnet es der Tanks-Gruppe zu, bereinigt Quellobjekte
<code>TankInstance</code>	Parametrische FreeCAD-Klasse für Tank-Objekte inkl. <code>ViewProvider</code>



Constraints Tanks

Tanks werden als boolesches Element erzeugt. Die Erzeugung ist einfach, man nehme einen Quader im Bereich wo der Tank entstehen soll und bilde über die booleschen Funktionen der Part workbench über die Funktion `Schnitt` das gemeinsame Volumen aus Rumpf und dem erzeugten Quader. Dies wird für jeden Tank wiederholt. Jedes dieser Elemente sollte danach in ein solid (Festkörper) umgewandelt werden, Das Element aus dem Schnitt kann gelöscht werden, damit entsteht wieder der Rumpf und der Quader, den man dann über `placement` und Eigenschaften zur Erzeugung des nächsten Tanks. Sind alle Tanks definiert werden diese über das Tanksymbol  der `StowMind` Instanz als Tank hinzugefügt, zu empfehlen ist ein entsprechender Name wie `BW_PS_1` or `Fuel_Center_1` ... etc Beim Erzeugen dieser Tanks wird nach der Flüssigkeit und deren Dichte (z.B. 1.025 Seawater oder 0,87 Diesel). Gefragt.

Kapitel 4: Gewichte — StowMindCreateweight

Überblick

Während Tanks flüssige Massen mit variablem Füllstand repräsentieren, deckt das Gewichts-Modul alle festen und sonstigen stabilitätswirksamen Massen an Bord ab: Ausrüstungsgegenstände des Leerschiffs, Besatzung und Verpflegung, Decksequipment, Schwergutladungen, Fahrzeuge — kurz alles, was eine definierte Masse an einem definierten Ort im Schiff hat und damit in die Schwerpunktberechnung des Ladezustands eingeht.

StowMind verwaltet diese Objekte als parametrische **Weight**-Features, die dem **StowMind**-Objekt direkt zugeordnet sind und von der Ladezustandsberechnung automatisch erfasst werden.

Gewichtstypen

Das Modul kennt ein breites Spektrum vordefinierter Gewichtstypen:

Typ	Beschreibung	Typischer Einsatz
Lightship	Leerschiffsgewicht	Stahlbau, Maschine, fest installierte Ausrüstung
Crew & Effects	Besatzung und persönliches Gepäck	
Provisions & Stores	Proviant und Vorräte	
Hatch Covers	Lukendeckel	Gewichtsrelevant beim Trimm
Stability Pontoon	Stabilitätspontons	
Ballast (Solid)	Festballast	Kielballast, Zementballast
Spare Parts	Ersatzteile	
Deck Equipment	Deckskrane, Poller, Ankergeschirr	

Für Frachtgewichte (Container, Stückgut, Schüttgut, Projektladung, Fahrzeuge) stehen erweiterte Typen zur Verfügung, die im Ladungsplanungs-Modul (Kapitel 6) in der Regel über den Stauplan angelegt werden. Das Gewichts-Modul ist der direkte Weg für alle Gewichte, die keine eigenständige Frachtgeometrie benötigen.

Workflow

Schritt 1 — Geometrie selektieren (optional, aber empfohlen)

Ein im FreeCAD-Viewport selektiertes Solid, eine Fläche, Linie oder ein Punkt dient als geometrische Grundlage des Gewichts. Die Geometrie definiert die räumliche Ausdehnung und ermöglicht die automatische Schwerpunktberechnung. Sie muss nicht das exakte Volumen repräsentieren — ein vereinfachter Quader als Platzhalter genügt für die Stabilitätsrechnung.

Ist kein Objekt selektiert, akzeptiert das Modul auch reine Punktmassen ohne Geometriebezug.

Schritt 2 — Weight-Dialog öffnen

Im StowMind-Menü **Create Weight** aufrufen.

Schritt 3 — Gewichtseigenschaften definieren

Weight Identification Name des Gewichts, z.B. Crew_6pax, FW_Stores, AnchorGear_FWD. Der Name erscheint im Dokumentbaum und in der Ladezustandstabelle.

StowMind Assignment Auswahl des StowMind-Objekts, dem das Gewicht zugeordnet werden soll.

Weight Type Auswahl des Gewichtstyps aus der Dropdown-Liste (siehe Tabelle oben).

Mass Masse in beliebiger Einheit mit Einheitenangabe, z.B. 1500 kg, 2.5 t oder 5000 lbs. StowMind parst die Einheit automatisch und konvertiert intern nach Kilogramm.

Center of Gravity (COG) Der Schwerpunkt kann auf zwei Arten definiert werden:

- **Auto Calculate from Shape** — berechnet den volumetrischen Schwerpunkt der selektierten Geometrie automatisch. Für symmetrische Objekte (Boxen, einfache Körper) in der Regel ausreichend genau.
- **Manuell** — X, Y, Z-Koordinaten in Metern, wahlweise relativ zur Formmitte (**Relative to shape center**) oder als absolute Koordinaten im StowMind-Koordinatensystem.

Bei relativer Eingabe gilt: X=0, Y=0, Z=0 setzt den Schwerpunkt exakt in die Bounding-Box-Mitte der Geometrie. Abweichungen davon, z.B. Z=+0.5 m, verschieben den Schwerpunkt entsprechend nach oben.

Schritt 4 — Bestätigen (OK)

Das Gewichtsobjekt wird im Dokumentbaum in der Gruppe `weights_vessel` abgelegt und dem StowMind-Objekt unter `Weights` zugeordnet:

```
weights_vessel/  
  Crew_6pax  
  FW_Stores  
  AnchorGear_FWD  
  HatchCovers_1-4
```

Gewichtseigenschaften im Dokument

Jedes Weight-Objekt trägt folgende Eigenschaften:

Eigenschaft	Beschreibung
Label	Name des Gewichts
weightType	Klassifikation (z.B. "Crew & Effects")
Mass	Masse in kg
COG	Schwerpunktvektor (absolut, in mm)
Dens	Volumendichte (abgeleitet aus Masse / Shapevolumen)
Inertia	Trägheitsmatrix 4×4 (für dynamische Berechnungen)

Wichtige Hinweise

Leerschiff: Alle festen Schiffskomponenten, die zum Leerschiff (Lightship) gehören, sollten als Gewichte vom Typ `Lightship` angelegt werden. Sie gehen in jeden Ladezustand ein, ohne erneut eingegeben werden zu müssen.

COG-Genauigkeit: Für Stabilitätsnachweise ist die vertikale Schwerpunktlage (KG) entscheidend. Bei flachen oder exzentrischen Geometrien liefert `Auto Calculate` eine `BoundingBox`-basierte Näherung — bei Bedarf manuell korrigieren, insbesondere wenn die reale Massenverteilung vom geometrischen Schwerpunkt abweicht (z.B. schwere Fundamentplatten im Unterboden einer Maschine).

Freiflächenmoment: Für befüllte Tanks mit freier Oberfläche steht eine vereinfachte Berechnung des Freiflächenmoments zur Verfügung (`calculate_free_surface_moment`), die auf Basis der `Bounding-Box`-Breite und des Füllgrads arbeitet. Für amtliche Nachweise sollten die Werft-Hydrostatikdaten aus der `Yard`-Gruppe herangezogen werden.

Projektladung: Der Typ `Project Cargo` legt zusätzlich einen kritischen Kippwinkel (`CriticalTippingAngle`, Standard 15°) als Eigenschaft an, der bei der Hebeoperationsplanung (Kapitel 9) als Warngrenze verwendet werden kann.

Fahrzeuge: Der Typ `Vehicle` erzeugt automatisch eine `Box`-Geometrie auf Basis von Länge, Breite und Höhe und setzt den Schwerpunkt auf typische Fahrzeugproportionen (40 % der Länge, 50 % der Breite, 40 % der Höhe). Diese Werte können in den Eigenschaften angepasst werden.

Modulreferenz

Modul	Aufgabe
<code>TaskPanel (AdvancedTaskPanel)</code>	GUI-Dialog: Name, Typ, Masse, COG-Eingabe und automatische COG-Berechnung
<code>Tools.createWeight()</code>	Basisgewicht mit Masse/Dichte und Trägheitsmatrix
<code>Tools.createAdvancedWeight()</code>	Erweiterter Dispatcher für typenspezifische Gewichtsobjekte
<code>WeightInstance</code>	Parametrische <code>FreeCAD</code> -Klasse für <code>Weight</code> -Objekte inkl. <code>ViewProvider</code>



Constraints Weights

Hier werden fixe Gewichte eingegeben, z.B. Lukendeckel, Tweendeckdeckel, diese werden mit dem Objekt als Eigenschaft des Objektes gespeichert, ändert sich die Positionierung, so wird auch die Positionierung des Gewichtes verändert. Für das Objekt Schiff sollte man zwei Gewichte angeben, das Leerschiffsgewicht und Crew, Effekten und Provision.

Kapitel 5: Laderäume & Decksconfiguration — StowMindDecks

Überblick

Bevor ein Stauplan entstehen kann, muss das Schiff seine Topologie kennen: Wo liegen die Laderäume? Wie hoch ist der Tanktop? Wo sitzen die Luken, die Zwischendecks, die Kranstützen? StowMind löst dieses Problem durch eine explizite Decksdefinition, die als JSON-Struktur direkt im StowMind-Objekt gespeichert wird und allen nachfolgenden Modulen — Stauplan, Lashing, Stabilitätsberechnung — als gemeinsame Grundlage dient.

Das Modul StowMindDecks kennt zwei Betriebsmodi: den **allgemeinen Laderaumsetup** für Mehrzweck-Frachter, Heavylift-Schiffe und Projektladungsschiffe, und den **Bulker-Modus** für Massengutschiffe mit trichterförmigen Laderäumen, Hoppers und verjüngten Bug- und Heckraumbereichen (Affenfelsen).


Workflow

Schritt 1 — Deck Setup starten

Im StowMind-Menü **Deck Setup** aufrufen. Das System liest automatisch die Bounding Box des StowMind-Objekts aus und zeigt Schiffslänge, -breite und Kiellage als Information an.

Schritt 2 — Modus wählen

Standardmodus (allgemein) Für Mehrzweckfrachter, Heavylift-Schiffe, Container- und Projektladungsschiffe. Der Dialog führt in zwei Schritten durch die Konfiguration.

Bulker-Modus Schaltfläche  **BULKER-MODUS** wählen. Öffnet einen eigenständigen Dialog mit erweiterter Kontrolle über Laderaumgeometrie, Querdecks (Tanktops) und trapezförmige Grundrisse für Bug- und Heckraum.

Standardmodus — Schritt 1: Globale Parameter

Parameter	Beschreibung
Anzahl Laderäume	1–8 Laderäume
Anzahl Deckel	Anzahl TD-Ponton-Deckel je Laderaum (Default für alle)
Deckeldicke TD-Pontone	Geometrische Dicke der Zwischendeck-Pontone in Metern
Deckeldicke Hatch Cover	Geometrische Dicke der Lukendeckel
Masse je TD-Pontondeckel	Gewicht eines einzelnen TD-Deckels in kg
Masse je Hatch Cover	Gewicht eines einzelnen Lukendeckels in kg

Diese Werte gelten als Default für alle Laderäume. Pro Laderaum können sie im nächsten Schritt individuell überschrieben werden.

Standardmodus — Schritt 2: Pro Laderaum

Für jeden Laderaum wird ein eigener Dialog aufgerufen:

Länge (X-Koordinaten) Vorder- und Hinterschott des Laderaums in Metern, bezogen auf das StowMind-Koordinatensystem (Mittschiffs = 0).

Breite Halbe Lukenbreite y_{max} in Metern. Der Laderaum ist immer symmetrisch um $Y=0$. Seitenüberstände (Tanks, Hoppers) liegen außerhalb dieses Bereichs.

Höhen (Z absolut)

- **Tanktop Z** — Oberkante der Doppelbodentanks, Bezugshöhe für die Laderaumebene
- **Lichte Gesamthöhe** — Von Tanktop bis Oberkante geschlossener Lukendeckel
- **Höhe TD-Pontone** — Unterkante der Zwischendeck-Pontone über Tanktop
- **Tanktop-Plattendicke** — Symbolische Plattendicke (Standard 20 mm)

Affenfelsen Verjüngung des Laderaums an Bug und/oder Heck. Relevant für Containerschiffe und Bulker. Angabe in Containerbreiten (Einrückung) und Zonenlänge in Metern.

Override pro Laderaum Abweichende Pontonanzahl, -dicke und -massen für diesen Laderaum, wenn er vom globalen Default abweicht.

Bulker-Modus

Für Massengutschiffe mit 3–9 Laderäumen. Der Dialog steuert alle Holds in einer einzigen Oberfläche:

Globale Parameter: Gesamtlängsausdehnung (X Bug / X Heck), Tanktop-Höhe, Deckshöhe, Kranabstände (Gap) zwischen Laderäumen.

Vorder- und Heckraum (trapezförmig): Laderaum- und Lukenabmessungen plus Tipp-Breite (0 = Spitze, > 0 = abgestumpfte Trapezform) und Lukenmittenversatz (Hatch Offset).

Mittelschiffe (identisch oder individuell): Entweder ein Template für alle gleichen Mittelräume oder individuelle Abmessungen je Raum.

Ergebnisstruktur im Dokument

Nach dem Setup enthält das Dokument:

StowMind

└─ CargoHoldDefinitions ← JSON-String mit vollständiger Laderaum-Topologie

weights_vessel/

 Tanktop_H1_fwd ← Tanktop-Fläche als Part::Feature

 Coaming_H1_fwd ← Lukensüll-Geometrie

 Cover_H1_fwd ← Lukendeckel (mit Mass-Property)

 ...

Die `CargoHoldDefinitions`-Property im `StowMind`-Objekt enthält alle Laderauminformationen als JSON und ist die gemeinsame Datenbasis für Stauplan, Placement und Lashing.

Modulreferenz

Modul	Aufgabe
deck_setup	Allgemeiner Laderaumsetup-Dialog (2-stufig: global + pro Raum)
deck_setup_2	Erweiterte Variante mit zusätzlichen Optionen
bulker_deck_setup	Spezialisierter Bulker-Modus mit Trapez-Geometrie und Kranabständen
HoldGeometrySetup	Low-Level-Geometrieerzeugung: Tanktops, Coamings, Covers



Constraints Deck

Dieses Tool soll die entsprechenden Decks und Laderäume an Bord definieren. An Deck können Bereiche in denen Kräne, Schornstein, sonstige Aufbauten stehen, als obstacles definiert werden. Obstacles werden bei automatischer Beladung frei gelassen. Da Bulker etwas andere Luken haben, wesentlich kleinere Luken gegenüber den Laderäumen mit Unterstaumöglichkeiten unter Hauptdeck und zwischen den Luken, gibt es für Bulker ein extra tool. Die Bereiche in denen der Rumpf stark zusammen läuft und keine boxshape Form mehr vorliegt, können die Verengungen mit entsprechenden Containerbreiten definiert werden. Die möglichst genaue Definition der Decks ist wesentlich um Ladung entsprechend automatisiert unter zu bringen.

Kapitel 6: Ladungsplanung & Stauplan

Überblick

Die Ladungsplanung ist der Kernprozess von StowMind — und der Bereich, in dem die enge Integration mit FreeCAD ihren größten Mehrwert zeigt. Frachteinheiten werden nicht in einer separaten Software verwaltet, sondern direkt als dreidimensionale Objekte im Schiffsmodell platziert. Der Stauplan ist das Modell. Kollisionen werden geometrisch erkannt, Hindernisse (Krane, Aufbauten) werden respektiert, und jede Frachteinheit trägt ihre Masse und ihren Schwerpunkt als FreeCAD-Eigenschaft — verfügbar für die Stabilitätsberechnung im nächsten Schritt.

Workflow

Phase 1 — Ladeliste importieren

Via Excel-Import (CargoStowagePlan) Die häufigste Methode in der Praxis. Eine Excel-Tabelle mit der Ladeliste wird eingelesen. StowMind erwartet folgende Spaltenstruktur (konfigurierbar):

Spalte	Inhalt
A	Bezeichnung/Name der Frachteinheit
B	Beschreibung (optional)
C	Masse (kg oder t, Einheit automatisch erkannt)
D	Länge (m)
E	Breite (m)
F	Höhe (m)
G	Frachttyp (container / general / heavy / bulk / vehicle)

Jede Zeile erzeugt ein Box-Objekt im FreeCAD-Dokument mit den entsprechenden Abmessungen und Eigenschaften. Frachtgruppen (z.B. alle Stücke für Port X) werden als

App: :DocumentObjectGroup angelegt, mit Stackable-Property für stapelbare Güter.

Via 3D-Modell-Import (import_3Dcargo) Für Projektladungen, Sonderladungen oder Fahrzeuge, die als STEP/IGES/STL-Datei vorliegen: direkter Import als 3D-Objekt, das anschließend im Stauplan wie jede andere Frachteinheit behandelt wird.

Manuelle Anlage Einzelne Frachteinheiten können auch manuell als Part::Box in FreeCAD angelegt und mit den erforderlichen Eigenschaften (Mass, Length, Width, Height, WeightType) versehen werden.

Phase 2 — Automatische Platzierung (placement)

Der **Placement-Dialog** liest alle unplatzierten Frachteinheiten aus dem Dokument und ordnet sie nach Priorität:

- Große Grundfläche ($> 10 \text{ m}^2$) — höchste Priorität, platziert zuerst
- Schwere Stücke ($> 100 \text{ t}$)
- Standardstücke

Deckszuweisung Für jeden Laderaum stehen drei Ebenen zur Verfügung:

Ebene	Beschreibung
Lower Hold	Untester Raum, von Tanktop bis Unterkante TD-Pontone
Tweendeck	Zwischen Oberkante TD-Pontone und Unterkante Hatch Cover
On Deck	Auf dem Wetterdeck über den Lukendeckeln

Der Platzierungsalgorithmus scannt jede Ebene systematisch von voraus nach achteraus und sucht die erste kollisionsfreie Position. Hindernisse werden geometrisch erkannt: Alle Objekte in der **Superstructure**-Gruppe (Krane, Aufbauten, Fundamente) und alle bereits platzierten Frachteinheiten fließen in die Kollisionsprüfung ein.

Kollisionserkennung Für jeden Kandidatenplatz wird eine AABB-Überlappungsprüfung (Axis-Aligned Bounding Box) gegen alle Hindernisse im Deckbereich durchgeführt. Ist eine Position kollisionsfrei, wird die Frachteinheit platziert: Position als **Placement** gesetzt, **StowageLocation** als Eigenschaft geschrieben.

Manuelles Platzieren Einzelne Stücke können auch manuell durch Selektion im 3D-Viewport positioniert werden. Der Placement-Dialog erkennt die Selektion und schlägt die nächste gültige Position auf der gewählten Ebene vor.

Phase 3 — Stapelbare Ladung (**stackable_placer**)

Für Blockstauung — Holzstapel, Coils, Stahlbundles, Säcke — steht ein spezialisierter Stapelalgorithmus zur Verfügung. Er wird automatisch angeboten, wenn mindestens zwei Frachteinheiten die Eigenschaft **Stackable = True** tragen.

Der Stackable Placer:

- berechnet die maximale Stapelhöhe auf Basis der **MaxStackLoad**-Eigenschaft
- verteilt gleichartige Stücke in Lagen (Layers)
- berechnet Unterlagerungs-Dunnage und schreibt die Lagenhöhen als Eigenschaften

Phase 4 — Stauplan-Dokument (**CargoStowagePlan**)

Nach der Platzierung erzeugt StowMind eine Stauplan-Übersicht: eine Tabelle aller platzierten Frachteinheiten mit Position, Masse, Schwerpunkt und Staubereich — exportierbar als Excel-Datei.

Farbcodierung im 3D-Viewport:

Farbe	Frachttyp
Blau	Container
Grau	General Cargo
Rot	Schwergut (Heavy)
Orange	Schüttgut (Bulk)
Grün	Fahrzeuge

Phase 5 — Ladung löschen (**Discharge**)

Der **Smart Delete**-Dialog erlaubt das gezielte Entfernen einzelner Frachteinheiten oder ganzer Ladungsgruppen. Drei Ansichten:

- **Ganze Ladungen** — komplette Cargo-Gruppen (z.B. alle Stücke für Port X) auf einmal löschen

- **Einzelteile** — einzelne Frachteinheiten aus einer Gruppe entfernen
- **Erweitert** — andere Objekte im Dokument (nicht Cargo) gezielt entfernen

Beim Löschen werden alle Referenzen aus der **Weights**-Liste des **StowMind**-Objekts automatisch bereinigt.

Modulreferenz

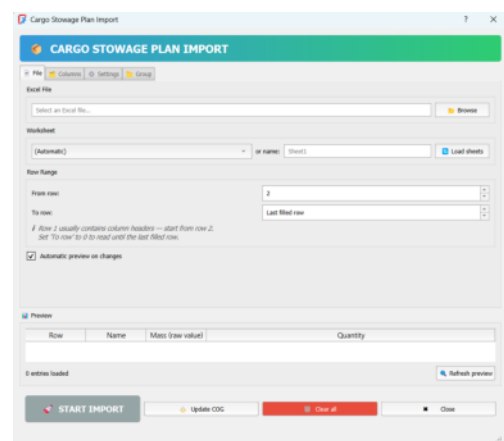
Modul	Aufgabe
CargoStowagePlan	Excel-Import, Frachteinheiten-Erzeugung, Stauplan-Export
CargoStowagePlanGUI	GUI-Wrapper für den Import-Dialog
placement	Automatische und manuelle Platzierung mit Kollisionserkennung und Hindernisumgehung
stackable_placer	Spezialisierter Stapelalgorithmus für Blockstauung
import_3Dcargo	3D-Modell-Import für Projektladungen und Sonderladungen
integration	Excel-Import-Erweiterung für Stackable-Properties und Gruppenintegration
Discharge	Smart Delete: gezieltes Entfernen von Ladungsgruppen und Einzelteilen
Stowageplan	Stauplan-Generierung und Exportfunktionen



Cargo Packing list / Excel sheet

Diese Funktion ruft ein Eingabetool zum Einlesen von Excel Packlisten auf. Die eingelesenen Daten wie Länge/Breite/Höhe werden in 3D Quader umgewandelt, Alle Quader werden beschriftet, die Schrift ragt einige cm aus dem Quader. Ganz wichtig ist, dass alle 4 Seiten des Konvertierungstools ausgefüllt werden.

Auf Seite 1 wird die entsprechende Datei gewählt:
 Auf Seite 2 werden die Spalten ausgewählt in denen die relevanten Informationen zu dem einzelnen Ladungsteil stehen.
 Seite 3 gibt die Umrechnungsfaktoren an, also ob die Daten im m/cm/mm inch oder kg/t ... vorliegen. Intern wird immer in mm und kg gerechnet.

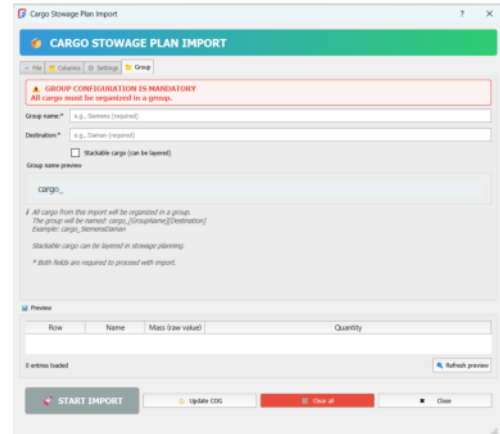


Ganz wichtig ist Seite 4, hier wird die Ladung genauer definiert. Ladung bekommt immer cargo_ vorangestellt, es ist zu empfehlen dass danach Kunde und als weiterer Eintrag Zielhafen vorgeschlagen.

Diese Unterscheidung ist extrem wichtig, weil im weiteren Verlauf die einzelnen Ladungen separat aufgerufen werden können.

Ein weiterer, wesentlicher Punkt ist ein Kreuzchen, ob die Ladung stackable ist oder nicht.

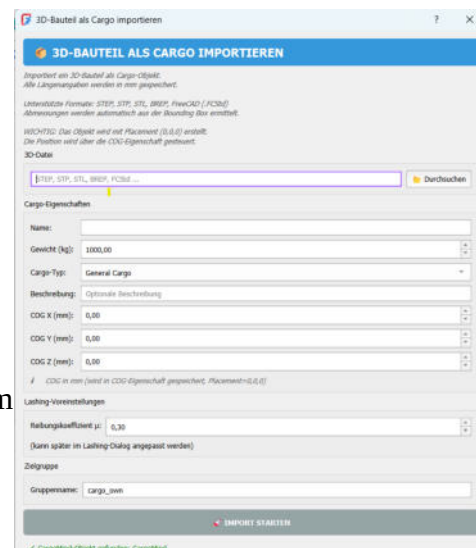
Es ist später immer noch möglich einzelnen Ladungsteile non-stackable zu behandeln.



Cargo 3d Import

Es können auch 3d Ladungsteile importiert werden. Verschiedene Formate sind möglich, STEP, STL, iges aber auch FCStd files. Die Eingabemaske ist selbsterklärend.

Ein Problem mit importierten 3D Teilen soll nicht verschwiegen werden, es ist nicht immer klar wo der Koordinatenursprung liegt, das kann zu Fehlplatzierungen führen, diese können zwar ohne größere Probleme mit einem entsprechenden placement behoben werden.



Cargo Placement

Das Cargo Placement hat zwei unterschiedliche Bereiche, sind die Ladungsteile als stackable beim Import markiert worden, dann werden die Teile nach Größe geordnet und möglichst gestapelt, Vor dem Placement ist es noch möglich einzelne Ladungsteile aus dem Placement zu nehmen. Die Automatik ist foccussiert Platz zu sparen, ob die Auswahl der gestackten Teile ok ist, muß der Bediener entscheiden.

Die andere Möglichkeit ohne stackable solutions geht von einer anderen Priorität aus, Priorität hat hier die Möglichkeit mit dem Kran/den Kränen die Ladung zu platzieren.

Plazierte Ladung wird für spätere Ladungen als obstacles behandelt.



Cargo Discharge

Alle Ladungsteile sind nicht nur Objekte in der Zeichnung sondern sind in den Instanzen der Hauptobjekte verknüpft. Aus diesem Grund ist es nicht sinnvoll Teile simpel zu löschen, denn dann bleiben Daten aktiv die früher oder später zum Absturz des Modells führen. Aus diesem Grund müssen Ladungsteile (und auch sonstige Teile des Modells, wenn nötig) mit diesem tool gelöscht werden.

Kapitel 7: Load Condition & Stabilitätsberechnung

Überblick

Die Load Condition ist das zentrale Instrument von StowMind zur Berechnung der Schiffsstabilität. Sie aggregiert alle Massen, Schwerpunkte und Momente aus Tanks, Gewichten, Ladung und Kränen in einer einzigen FreeCAD-Spreadsheet-Tabelle und leitet daraus die hydrostatischen Kennwerte Tiefgang, Trim, KMt und GMt ab. Der gesamte Prozess ist vollständig in FreeCAD integriert: Die Datenquellen sind die 3D-Objekte im Dokument, die Berechnung erfolgt über Python-Skripte, und das Ergebnis wird direkt im Modell gespeichert. Änderungen an Tankfüllständen, Ladungsverteilung oder Kranpositionen werden mit einem Klick neu berechnet.

Workflow

Phase 1 — Load Condition erstellen (Create Load Condition)

Der Erstellungsdialog scannt das aktive FreeCAD-Dokument und extrahiert alle relevanten Objekte aus dem StowMind-Objekt. Dabei werden Objekte aus Gruppen (z. B. `cargo_`, `weights_`, `tanks_`) automatisch expandiert, um Doppelzählungen zu vermeiden. Der Benutzer kann zwischen zwei Modi wählen:

- **Vollständiger Neuaufbau (Standard)** — das bestehende LoadCondition-Spreadsheet wird gelöscht und vollständig neu erstellt mit allen Sektionen: TANKS, WEIGHTS, CRANES, CARGO.
- **Cargo & Cranes nur aktualisieren** — nur die CARGO- und CRANES-Sektionen werden überschrieben; TANKS und WEIGHTS bleiben unverändert erhalten. Dies ist nützlich, wenn sich nur die Ladungsverteilung oder Kranpositionen geändert haben, Tankfüllstände und feste Gewichte aber konstant bleiben.

Ergebnis der Erstellung: Ein Spreadsheet : : Sheet-Objekt mit dem Namen

LoadCondition, das alle Massen, Dichten, Füllgrade, Schwerpunkte und Momente tabellarisch erfasst.

Phase 2 — Berechnung ausführen (Calculate Load Case)

Die Berechnung erfolgt in vier strikt sequentiellen Schritten, deren Reihenfolge kritisch ist:

1. `calculate_all_items()` — iteriert über alle Zeilen des LoadCondition-Spreadsheets, berechnet Tankmassen (inkl. Füllvolumen und freie Oberfläche), Gewichtsmomente und Ladungsmomente, und schreibt die Summen nach **D4** (Gesamtmasse), **E5/F5/G5** (LCG/TCG/VCG) und **H4** (FSM).
2. `doc.recompute()` — propagiert alle Spreadsheet-Formeln und stellt sicher, dass abhängige Zellen aktualisiert sind.
3. `_run_sink_and_trim()` — ruft `StowMindSinkAndTrim.Tools.compute()` auf und berechnet Tiefgang (Draft), Trim, KMt und GMt. Diese Werte werden nach **E4**, **F4**, **G4**, **H5** und **D6** geschrieben.
4. `switch_to_StowMind_workbench()` — kehrt automatisch zum StowMind-Workbench zurück.

Tankberechnung

Für jeden Tank wird das Füllvolumen über `getVolume()` (bevorzugt) oder `BoundingBox-Fallback` berechnet. Die Dichte wird entweder aus der Tank-Eigenschaft `Density`, der `FluidType`-Zuordnung (Diesel 850, Frischwasser 1000, Seewasser 1025, Schmieröl 900) oder

dem Standardwert 1025 kg/m³ ermittelt. Der Schwerpunkt des gefüllten Tanks wird über `getCOG()` berechnet (Eingabe in mm³, Ausgabe in mm). Bei teilgefüllten Tanks wird das Free-Surface-Moment (FSM) nach der Formel $I = (L \times B^3) / 12$ berechnet und in t·m² ausgegeben.

Gewichte & Ladung

Objekte mit `MASS`-Eigenschaft werden als **Weight** oder **Cargo** klassifiziert — je nachdem, ob sie in einer Gruppe mit dem Prefix `cargo_` liegen oder nicht. Fehlende Massen oder Schwerpunkte werden automatisch aus den FreeCAD-Objekteigenschaften (`Mass`, `COG`, `Shape.BoundingBox.Center`) ergänzt. Kräne werden mit ihren Komponenten **Kranbaum (Boom)** und **Last am Haken (Hook load)** als separate Zeilen erfasst, wobei die Positionen aus `Placement.Base`, `BoomCGPosition` und `SheavePosition` stammen.

Phase 3 — Hydrostatik (SinkAndTrim)

Nach der Gewichtsrechnung liest `SinkAndTrim` die aggregierten Werte (Gesamtmasse `D4`, `KG G5`, `FSM H4`) und berechnet:

- **Tiefgang (Draft)** — aus der Hydrostatiktafel über Interpolation
- **Trim** — aus dem Verhältnis von `LCG` zu `LCB`
- **KMt** — metazentrische Höhe über Kiel
- **GMt = Km - KG** — metazentrische Höhe (Stabilitätsreserve)

Das Ergebnis wird im FreeCAD-Konsolenfenster ausgegeben und farblich klassifiziert:

Table

Stabilitätsbewertung GMt-Wert Bedeutung

✓ GUT	> 0,5 m	Ausreichende Reserve
△ AKZEPTABEL	0,15–0,5 m	Kritisch, aber zulässig
△ KRITISCH	0–0,15 m	Sehr knappe Reserve
✗ INSTABIL	≤ 0	Schiff ist instabil!

Phase 4 — Manuelle Bearbeitung & Neuberechnung

Das `LoadCondition`-Spreadsheet kann jederzeit manuell editiert werden: Tankfüllstände ändern, Gewichte korrigieren, neue Positionen eintragen. Nach jeder Änderung genügt ein Klick auf `Calculate Load Case`, um die gesamte Kette neu durchlaufen zu lassen. Die Berechnung ist idempotent — sie überschreibt nur die berechneten Zellen (`D4–K6`) und lässt manuelle Eingaben in den Datenzeilen unberührt.

Spreadsheet-Struktur

Table

Bereich	Zelle(n)	Inhalt
Kopf	A1:K1	Titelzeile „StowMind LOAD CONDITION“
Meta	A2:B3	StowMind-Label, Datum
Ergebnisse	A4:D4	Total mass [kg] → D4 = Σ Massen
	E4:G4	Draft [m], KM [m], GM' [m] (von <code>SinkAndTrim</code>)
	F4:H4	Free Surface [t·m] → H4 = Σ FSM
	E5:G5	COG X/Y/Z [m] (LCG/TCG/VCG)
	I6:K6	Summe Momente X/Y/Z
TANKS	A12:K...	Name, Dichte, Fill%, Mass, LCG, TCG, VCG, MomX/Y/Z, FSM

Bereich	Zelle(n)	Inhalt
WEIGHTS	...	Name, Type, -, Mass, LCG, TCG, VCG, MomX/Y/Z, Note
CRANES	...	Name, Component, -, Mass, LCG, TCG, VCG, MomX/Y/Z, Note
CARGO	...	Name, Type, Dims, Mass, LCG, TCG, VCG, MomX/Y/Z, Ports

Farbcodierung im Spreadsheet:

Table

Bereich	Hintergrundfarbe	Bedeutung
Titel	Hellblau (0.8, 0.8, 1.0)	Header
TANKS	Hellblau-weiß (0.95, 0.95, 1.0)	
WEIGHTS	Grau (0.95, 0.95, 0.95)	
CRANES	Beige (0.95, 0.90, 0.80)	
CARGO	Hellgrün (0.95, 1.0, 0.95)	
Ergebnisse	Hellgrün (0.9, 1.0, 0.9)	Summenzeilen

Modulreferenz

Table

Modul	Aufgabe
Tools.py	Erstellung und Verwaltung des LoadCondition-Spreadsheets; Gruppenerkennung; Objekttypen-Ermittlung (Tank/Weight/Cargo/Crane); Cargo-&-Cranes-Only-Update; Löschen aller LoadConditions; Statusanzeige
CalculateLoadCondition.py	Berechnung aller Zeilen: Tankvolumen, Gewichtsmomente, Gesamtschwerpunkt; Aufruf von SinkAndTrim; Workbench-Switch; State-Tracking für inkrementelle Berechnungen
integration.py	Excel-Import-Erweiterung für Stackable-Properties; Gruppenintegration; Button-Erweiterung für placement.py zum Wechsel in den Stackable-Placer



Cargo Create Loading Condition

Ist die Ladung gesetzt, Gewichte definiert, Tanks eingebaut, kann mit dem tool Create Loading Condition eine Gewichtsrechnung starten. Erzeugt wird ein worksheet namens LoadCondition. Es ist aufgeteilt in die Ergebnisse oben in den ersten Zeilen, dann in den Bereich tanks, die sind standardmäßig auf 50% Füllung gesetzt, dem Bereich Weights, dem Bereich Kräne mit Last im Haken und Kranbaum, Gewicht im Haken wird in der Rolle des Kranbaums oben gemäß Drehwinkel und Baumwinkel angegeben, der COG des Kranbaums wird analog angegeben. Danach der Bereich der Ladung, alle Ladungsteile sind mit ihrer Position und Gewicht aufgeführt.



Cargo Calculate Loading Condition

Um unnötige Rechenzeit zu sparen wird erst nach betätigen dieses buttons, die LoadCondition neu berechnet. Es wird GM, GM', KG, KM Displacement berechnet. Mit Sink&Trim sowie GZ-Kurve wird die aktuelle Stabilität berechnet und ausgegeben.

Kapitel 8: Lashing & Nachweis — Lashcalc / lashing_pdf_export

Überblick

Jede Frachteinheit an Deck oder im Laderaum muss gegen Seegang gesichert sein. Der Nachweis folgt international verbindlichen Regeln — StowMind implementiert die **IMO CSS Code Annex 13 (2021 Amendments), Advanced Calculation Method**. Das Ergebnis ist ein vollständiger, druckfertiger Laschnachweisbericht als PDF, der für jedes Stück Ladung die erforderlichen Zurrpunkte, Materialien und Kräfte ausweist.

Workflow

Schritt 1 — Lashcalc starten

Im StowMind-Menü **Lash Calculation** aufrufen. Der Dialog öffnet sich mit mehreren Reitern.

Schritt 2 — Schiffparameter

Im Reiter **Ship Parameters** werden die stabilitäts- und beschleunigungsrelevanten Schiffsgößen eingetragen:

Parameter	Beschreibung
Ship Length (Lpp)	Länge zwischen den Loten in Metern
GM (metacentric height)	Metacentrische Höhe in Metern
Hs (significant wave height)	Maßgebliche Wellenhöhe in Metern (beeinflusst Reduktionsfaktor fR)
Stowage Position	Lage der Ladung: Deck-high / Deck-low / Tweendeck / Lower Hold
x/L ratio	Längsposition der Ladung als Verhältnis zur Schiffslänge (0 = Mittschiffs, 1 = Bug/Heck)

Schritt 3 — Ladungsparameter

Im Reiter **Cargo Parameters**:

Parameter	Beschreibung
Masse [t]	Gesamtmasse der Frachteinheit
Länge / Breite / Höhe [m]	Abmessungen der Frachteinheit
KG Cargo [m]	Höhe des Frachtsschwerpunkts über Kiel
Reibungskoeffizient μ	Abhängig von Unterlage und Ladungsart (typisch 0.3 für Stahl/Stahl)

Schritt 4 — Zurrmittel definieren

Im Reiter **Lashing Setup** wird das Zurrmittelkonzept definiert. Für jede der vier Seiten (SB, PS, FWD, AFT) können bis zu vier Zurrmittelgruppen eingetragen werden:

Parameter	Beschreibung
Material	Chain, Wire (new/used), Fibre rope, Web lashing, Steel band
MSL [kN]	Maximum Securing Load des einzelnen Zurrmittels
Winkel α [°]	Vertikalwinkel des Zurrmittels
Winkel β [°]	Horizontalwinkel des Zurrmittels
Anzahl	Anzahl der Zurrmittel in dieser Gruppe

Der MSL-Faktor wird aus dem Materialkatalog automatisch vorgeschlagen (z.B. Kette: 0,50, neues Drahtseil: 0,80).

Schritt 5 — Berechnen

Beschleunigungswerte werden aus den IMO-Tabellen interpoliert:

- Längsbeschleunigung a_x (konstant je Staubereich: Deck-high 3,8 m/s², Lower Hold 1,5 m/s²)
- Querbeschleunigung a_y (interpoliert aus Tabelle 2 nach x/L-Ratio und Staubereich)
- Vertikalbeschleunigung a_z (interpoliert aus separater Tabelle nach x/L-Ratio)

Der **Längenfaktor** aus Tabelle 3 (nach Schiffslänge und x/L) und der **GM-Faktor** aus Tabelle 4 werden ebenfalls berücksichtigt.

Kräftebilanz je Richtung:

- Gleitkraft (Sliding): $F = m \times a - \mu \times m \times g$ (abzüglich Reibungswiderstand)
- Kippmomentsnachweis: Überprüfung des Stabilisierungsmoments der Zurrmittel gegen das Kippmoment
- Tie-down-Grenzwert: Vertikale Zurrmittelkraft begrenzt auf 10 kN je Meter Frachtlänge

Nutzungsgrad der Zurrmittel wird ausgewiesen (Verhältnis Anforderung zu vorhandener MSL \times Faktor). Grünmarkierung bei Ausnutzung ≤ 100 %, Rotmarkierung bei Überschreitung.

PDF-Export (`lashing_pdf_export`)

Nach der Berechnung kann mit einem Klick ein druckfertiger Laschnachweisbericht exportiert werden. Der Bericht enthält:

- Schiffsdaten und Voyage-Informationen (Schiffsname, Voyage-Nummer, Datum, Hafen)
- Frachtbeschreibung mit Abmessungen und Masse
- Tabellarische Darstellung der Beschleunigungswerte aus den IMO-Tabellen
- Zurrmittelplan mit allen Winkeln, MSL-Werten und Nutzungsgraden
- Kräftebilanz je Richtung (SB, PS, FWD, AFT)
- Ergebnisseite mit PASS/FAIL-Bewertung

Die PDF-Datei kann direkt aus FreeCAD erzeugt und gespeichert werden.

IMO-Tabellenwerte (Referenz)

StowMind implementiert die vollständigen Tabellen des CSS Code Annex 13 (2021):

- Tabelle 1: Querbeschleunigung a_y nach Staubereich und x/L
- Tabelle 2: Vertikalbeschleunigung a_z nach x/L
- Tabelle 3: Längenfaktor nach Schiffslänge und x/L
- Tabelle 4: GM-Faktor nach Staubereich und GM-Wert

Alle Werte werden linear interpoliert. Extrapolation außerhalb der Tabellengrenzen wird durch Clipping auf den letzten Tabellenwert verhindert.

Wichtige Hinweise

Stabilitätseingabe: Der GM-Wert muss für den aktuellen Ladezustand eingetragen werden. Er kann aus dem Stabilitätsmonitor (Kapitel 8) übernommen werden — StowMind liest den aktuellen GM nicht automatisch aus dem Ladezustand.

Reibungskoeffizient: Die Norm gibt Richtwerte, aber der tatsächliche μ -Wert ist von Unterlagenmaterial und Oberflächenzustand abhängig. StowMind setzt keinen Default — der Wert muss vom Anwender bewusst gewählt werden.

Mehrfachnachweis: Für Schiffe mit vielen Frachteinheiten empfiehlt es sich, zunächst die kritischsten Stücke (größte Masse, ungünstigste Position) nachzuweisen. Lashcalc kann für jede Einheit separat ausgeführt und als eigenes PDF gespeichert werden.

Modulreferenz

Modul	Aufgabe
Lashcalc	Vollständige Laschnachweisberechnung nach IMO CSS Annex 13 (2021)
lashing_pdf_export	PDF-Erstellung des Laschnachweisberichts



Cargo Lashing Calculation

Die Lashkalkulation folgt den Anforderungen der ADVANCED CALCULATION METHOD, according to the 2021 Amendments to the Code of Safe Practice for Cargo Stowage and Securing-IMO

Im Startfenster wird nach der Schiffsgeschwindigkeit und eventuellen Einschränkung der Seegangshöhe Hs gefragt.

Es ist möglich mit Angabe einer signifikanten Wellenhöhe von weniger als 12m die Lasten auf die Ladung durch eine restricted voyage zu reduzieren, so wird in der Ostsee allgemein akzeptiert, dass die signifikante Wellenhöhe im max 6m beträgt, statt 12m für unrestricted voyage weltweit. Wählt man eine restricted voyage wird dies in der Laschkalkulation besonders hervorgehoben. Es ist möglich die Laschkalkulation auf Ladung ab einem bestimmten Gewicht zu beschränken.

Im nächsten Fenster kann die Ladung, die man betrachten will, ausgewählt werden.

In der Startseite des einzelnen Objektes wird, falls mit Stoppfern gearbeitet wird, die BL des Stoppers einzugeben, ansonsten wird Kette/Draht vorausgesetzt.. Für jede Seite, vorn und achtern werden die Laschmaterialien einzeld angesetzt. Hier wird sich auf ausschließlich vertikale Winkel beschränkt, dafür dann der Saftyfactor von 1,5 zur calculated strength. Desweiteren werden Stopper ausschließlich für horizontale Lasten eingesetzt, zusätzliche lashings wire/chain ausschließlich gegen tipping in Verbindung mit einem Stopper.

Für besonders große und schwere Ladung wird das zusätzliche tipping moment gemäß appendix 3 mit berücksichtigt.

Kapitel 9: GZ-Kurve & Projizierte Flächen — StowMindGZ / ProjectedAreas

Überblick

Die GZ-Kurve ist das zentrale Instrument der Stabilitätsbewertung: Sie zeigt für jeden Krängungswinkel den aufrichtenden Hebelarm des Schiffes. Ein positiver GZ-Wert bedeutet, das Schiff richtet sich auf — ein negativer, es krängt weiter. Die Form der Kurve — ihre Fläche, ihr Maximum, der Winkel des Maximums und der Untergang-Nulldurchgang — ist Grundlage aller internationalen Stabilitätsvorschriften.

StowMind berechnet die GZ-Kurve direkt aus der Rumpfgeometrie, ohne Umweg über externe Programme. Die Berechnung ist geometrisch exakt und volumenkonstant — das Referenzvolumen bei aufrechtem Tiefgang wird für jeden Krängungswinkel beibehalten. Ergänzend berechnet das Modul ProjectedAreas die projizierten Wind- und Querschnittsflächen des beladenen Schiffes, die für Winddruck-Nachweise und IMO-Wetterkriterien benötigt werden.

Workflow: GZ-Kurvenberechnung

Schritt 1 — GZ-Kurve starten

Im StowMind-Menü **GZ Curve** aufrufen. Das Modul liest automatisch den aktuellen Ladezustand aus dem LoadCondition-Sheet:

Quelle	Wert
Zelle E4 / D6	Tiefgang [m]
Zelle G5	KG (vertikaler Schwerpunkt über Kiel) [m]
Zelle H5	Freiflächenmoment FSM [tm]

Falls kein LoadCondition-Sheet vorhanden ist, können Tiefgang und KG manuell im Dialog eingegeben werden.

Schritt 2 — Parameter prüfen

Im TaskPanel werden die gelesenen Werte angezeigt und können vor der Berechnung überschrieben werden. Besonders relevant:

KG (Höhe des Gesamtschwerpunkts): Entscheidend für die gesamte GZ-Kurve. Ein zu niedrig angesetztes KG ergibt zu optimistische, ein zu hoch angesetztes ergibt konservativere Werte. StowMind schätzt KG automatisch aus der Geometrie (KB + BM), wenn kein Wert aus dem LoadCondition-Sheet verfügbar ist — diese Schätzung ist für Frühphasen geeignet, nicht für amtliche Nachweise.

FSM (Freiflächenmoment): Der Freiflächen-Korrekturbetrag wird vom effektiven KG abgezogen: $KG_{\text{eff}} = KG + \text{FSM}/\text{Verdrängung}$. Je größer das FSM (volle Tanks mit freier Oberfläche), desto kleiner der effektive GMt.

Schritt 3 — Berechnung

StowMind berechnet GZ für 13 Krängungswinkel: 0°, 5°, 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, 40°, 50°, 60°, 70°, 80°, 90°.

Physikalisches Modell je Winkel φ :

1. Rumpf wird um die Wasserlinie (Pivot bei $z = \text{Tiefgang}$) um φ gedreht

2. Gleichgewichts-Wasserlinie wird per Bisektionsiteration (max. 60 Schritte, Toleranz 5×10^{-5}) so bestimmt, dass das Unterwasservolumen dem Referenzvolumen entspricht
3. Auftriebsschwerpunkt B wird im gedrehten System berechnet
4. Rücktransformation von B in aufrechtes Schiffskordinatensystem
5. $GZ = hl(\varphi) - KG \times \sin(\varphi)$, wobei $hl = B_ship_y \times \cos(\varphi) + B_ship_z \times \sin(\varphi)$

Jeder Bisektionsschritt führt eine Boolesche Operation (Part.common) auf dem Rumpf-Solid durch. Schlägt die Boolean fehl (numerischer Grenzfall), versucht StowMind automatisch einen leicht verschobenen `z_cut`-Wert.

Schritt 4 — Ergebnisdarstellung

Das Ergebnis wird als interaktiver **Qt-Plot** direkt im FreeCAD-Fenster angezeigt — kein externes Matplotlib oder TkAgg erforderlich.

Der Plot zeigt:

- Die GZ-Kurve in Metern über Krängungswinkel in Grad
- **SOLAS-Mindestflächen** als Referenzlinien (0° – 30° und 0° – 40° bzw. 30° – 40°)
- Kennwerte in der Legende: GZ-Maximum, Winkel des Maximums, GMt, Tiefgang

SOLAS-Kriterien (IS-Code 2008, angezeigt als Referenz):

Kriterium	Mindestanforderung
Fläche 0° – 30°	$\geq 0,055 \text{ m} \cdot \text{rad}$
Fläche 0° – 40°	$\geq 0,090 \text{ m} \cdot \text{rad}$
Fläche 30° – 40°	$\geq 0,030 \text{ m} \cdot \text{rad}$
GZ-Maximum	$\geq 0,20 \text{ m}$ bei $\varphi \geq 25^\circ$
GM	$\geq 0,15 \text{ m}$

Die Flächen werden durch numerische Integration (Trapezregel) über die berechneten GZ-Punkte ermittelt.

Projizierte Flächen — ProjectedAreas

Überblick

Für den Winddrucknachweis (IMO Wetterkriterien, Krängesimulationen) werden die projizierten Flächen des Schiffes inklusive Aufbauten und Ladung benötigt. `ProjectedAreas` berechnet diese Flächen direkt aus der 3D-Geometrie aller sichtbaren Objekte im Dokument.

Berechnung

Das Modul sammelt alle sichtbaren Shapes (Rumpf, Superstructure-Gruppe, Cargo-Objekte) und bildet daraus eine geometrische Union. Diese wird in zwei Richtungen projiziert:

Lateral (Seitenansicht, Projektion auf XZ-Ebene): Blick von Steuerbord. Ergibt die Längsprofil-Fläche getrennt in oberwasser ($z \geq \text{Tiefgang}$) und unterwasser ($z < \text{Tiefgang}$), jeweils mit Flächenschwerpunkt.

Fore/Aft (Frontansicht, Projektion auf YZ-Ebene): Blick von voraus. Ergibt die Querprofil-Fläche, ebenfalls getrennt in ober- und unterwasser.

Ergebnisse

Die berechneten Flächen werden ins LoadCondition-Spreadsheet eingetragen und stehen damit für nachgelagerte Berechnungen zur Verfügung:

Wert	Beschreibung
A_lat_above [m ²]	Laterale Fläche oberhalb Wasserlinie
A_lat_below [m ²]	Laterale Fläche unterhalb Wasserlinie
z_lat_above [m]	Schwerpunkthöhe der oberwasser-Lateralfläche
A_fa_above [m ²]	Stirnfläche (Fore/Aft) oberhalb Wasserlinie
A_fa_below [m ²]	Stirnfläche unterhalb Wasserlinie

Trimm-Behandlung

Die Berechnung nimmt eine horizontale Wasserlinie bei $z =$ Tiefgang an. Der Trimmeinfluss auf die projizierte Fläche ist zweiter Ordnung und wird vernachlässigt — ausreichend für die Abschätzung im Rahmen der IMO-Wetterkriterien.

Wichtige Hinweise

Rechenzeit: Die GZ-Berechnung führt für jeden der 13 Winkel mehrere Boolesche Operationen auf dem Rumpf-Solid durch. Je nach Komplexität der Rumpfgeometrie dauert eine vollständige GZ-Berechnung 1–15 Minuten. FreeCAD bleibt während der Berechnung responsiv; der Fortschritt wird in der Konsole ausgegeben.

Pantokarenen vs. direkte GZ: Die KN-Kurven aus Kapitel 2 (PantocarenesCurves) und die direkte GZ-Berechnung dieses Moduls arbeiten unabhängig voneinander. Die Pantokarenen sind schneller (polygonbasiert), die direkte Methode ist geometrisch exakter. Bei gut aufgelösten Spanten (50 Querschnitte, 60 Punkte) liefern beide vergleichbare Ergebnisse.

KG-Schätzung: Ist kein KG aus dem LoadCondition-Sheet verfügbar, schätzt StowMind $KG \approx KB + BM$. Dieser Wert entspricht einem $GMt = 0$ — das Schiff ist gerade am Grenze der Stabilität. Für sinnvolle GZ-Kurven muss KG aus dem tatsächlichen Ladezustand (Kapitel 4–6) stammen.

SOLAS-Anzeige: Die SOLAS-Kriterienlinien im Plot sind Referenzwerte für Frachtschiffe. Für Spezialschiffe (Kabelschiffe, Schwimmkrane, Offshore-Einheiten) gelten abweichende Anforderungen — hier sind die zuständigen Klassifikationsgesellschaften zu konsultieren.

Modulreferenz

Modul	Aufgabe
Tools (gz ())	GZ-Berechnung: volumenkonstante Bisektionsiteration über alle Krängungswinkel
Tools (placeStowMindShapeEquilibrium)	Gleichgewichts-Placement mit Verdrängungserhaltung
Tools (findEquilibriumWaterline)	Bisektionssolver für Gleichgewichts-Wasserlinie
TaskPanel (GZPlotWidget)	Qt-basierter interaktiver GZ-Plot mit SOLAS-Referenzlinien
PlotAux	Zusatzplot-Routinen für GZ-Darstellung
ProjectedAreas	Berechnung projizierter Wind- und Querschnittsflächen

	Modul	Aufgabe
Spant_Tools		Spanten-Daten für GZ-Vorberechnungen

Kapitel 10: Sink and Trim & Hydrostatische Gleichgewichtsberechnung

Überblick

SinkAndTrim ist das hydrostatische Kernmodul von StowMind. Es berechnet aus der LoadCondition (Gesamtmasse, Schwerpunkt) und einer vorberechneten Hydrostatiktabelle den Gleichgewichtszustand des Schiffes: mittlerer Tiefgang, Trimm, metazentrische Höhe und Stabilitätsreserve. Die Berechnung ist vollständig in FreeCAD integriert — Eingabedaten kommen aus dem LoadCondition-Spreadsheet, die Hydrostatik aus einem ebenfalls im Dokument gespeicherten Spreadsheet, und die Ergebnisse werden zurück in die LoadCondition geschrieben sowie im 3D-Viewport visualisiert. Das Modul unterstützt sowohl eine interaktive Berechnung über das TaskPanel als auch eine automatische Hintergrundberechnung, die direkt aus der LoadCondition-Berechnung heraus aufgerufen wird. Alle Qt5/Qt6-Kompatibilitätsprobleme sind intern aufgelöst.

Workflow

Phase 1 — Vorbereitung: LoadCondition & Hydrostatik

Voraussetzung für jede SinkAndTrim-Berechnung ist ein vollständig berechnetes LoadCondition-Spreadsheet mit gültigen Werten in D4 (Gesamtmasse kg), E5 (LCG), F5 (TCG) und G5 (VCG). Zusätzlich muss eine Hydrostatiktabelle im Dokument vorhanden sein, die vom StowMindHydrostatics-Modul erzeugt wurde. Das Spreadsheet enthält in Zeile 1 mehrsprachige Header, die automatisch erkannt werden:

Hydrostatik-Header-Mapping (automatisch):

Table

Interner Schlüssel Erkannte Header (Deutsch / Englisch)

draft	Draft, Tiefgang, Draught, T, Tfg
disp_sw	DispSW, DisplacementSW, SW, Saltwater, Salzwasser, Salzw
disp_fw	DispFW, DisplacementFW, FW, Freshwater, Süßwasser, Süßw
disp_bs	DispBS, DisplacementBS, BS, BalticSea, Ostsee, Brackwasser
wet	Wet, WattedSurface, BenetzteFläche, WSA
tmc	TMC, TPC, TonnesPerCm, Tonnescm, TonsPerCm
farea	FArea, WPA, WaterplaneArea, Wasserlinienfläche, Aw
kbl	KBL, LCB, LongitudinalCB, Längsschwerpunkt
kbt	KBT, KB, VerticalCB, VCB, Vertikalschwerpunkt
bmt	BMT, BM, BMTransverse
cb	CB, BlockCoefficient, Blockkoeffizient
cf	CF, PrismaticCoefficient, Prismatic, CP, PrismaticcherKoeffizient
cm	CM, MidshipCoefficient, Mittschiffskoeffizient

Wenn die automatische Header-Erkennung fehlschlägt, greift ein Fallback auf die feste Spaltenzuordnung A–M. Die Hydrostatik-Punkte werden ab Zeile 2 gelesen und nach Verdrängung sortiert.

Hydrostatik-Spreadsheet-Prioritäten (automatische Suche):

Table

Priorität	Quelle	Bedingung
1	Hydrostatics	Label exakt „Hydrostatics“
2	HydrostaticCurve (Frames)	Label „HydrostaticCurve“ in Gruppe „Frames“ oder „Frame“
3	HydrostaticYard	Label exakt „HydrostaticYard“
4	StowMindHydrostatics	Legacy-Name

Phase 2 — TaskPanel: Interaktive Berechnung

Das TaskPanel bietet eine vollständige GUI für die manuelle Gleichgewichtsberechnung:

StowMind-Auswahl

- **Find StowMind** — automatische Erkennung nach Label „StowMind“ oder geometrischem Fallback (längstes Shape)
- **Select from Tree** — manuelle Selektion im Baum

Load Condition-Auswahl

- **Find Load Condition** — automatische Suche mit Scoring: D4>0 (+3), E5/F5/G5 vorhanden (+1 je Zelle), A1-Header „LOAD CONDITION“ (+2). Mindestens 3 Punkte erforderlich.
- **Select from Tree** — manuelle Selektion eines Spreadsheets
- **Test LC Format** — diagnostische Prüfung der Zellen A1, D4, E5, F5, G5, K4

Hydrostatic Data Source

- **Refresh List** — lädt alle verfügbaren Hydrostatic-Spreadsheets in die ComboBox (mit Gruppenpfad, z. B. „Frames/HydrostaticCurve“)
- **Select from Tree** — manuelle Auswahl
- **Analyze** — öffnet eine Header-Diagnose mit Spaltenzuordnung, Pflichtfeldprüfung und Datenzeilen-Vorschau

Berechnungsoptionen

- **Waterplane Reference:** At zero trim (horizontal) oder At actual trim
- **Water Density:** 900–1100 kg/m³ (Standard 1025)

Phase 3 — Berechnung (Compute)

Die Berechnung erfolgt in mehreren Schritten:

1. Datenextraktion — Das LoadCondition-Spreadsheet wird gelesen: D4 (Masse), E5/F5/G5 (COG). Die Wasserart wird aus C3 ermittelt (FW = Freshwater, BS = Baltic Sea, SW = Saltwater) und bestimmt, welche Displacement-Spalte der Hydrostatiktable verwendet wird.

2. Hydrostatik laden — Die Hydrostatik-Punkte werden aus dem gewählten Spreadsheet extrahiert. Jeder Punkt enthält: Verdrängung, Tiefgang, benetzte Fläche, TMC (Tonnes per Centimeter), Wasserlinienfläche, LCB, KBt, BMt, KMt (= KBt + BMt), Block-, Prismatic- und Midship-Koeffizient. Einheiten werden automatisch korrigiert (mm → m, kg → t).

3. Interpolation — Für die aktuelle Gesamtverdrängung (in t) wird der zugehörige Tiefgang sowie alle hydrostatischen Kennwerte linear interpoliert. Liegt die Verdrängung außerhalb des Tabellenbereichs, wird der nächstgelegene Randwert verwendet (mit Warnung).

4. Iterative Trimm-Lösung (sinkingtool.py) — Der Trimm wird nicht in einem Schritt berechnet, sondern iterativ konvergiert:

- Starttiefgang aus Verdrängungsinterpolation
- LCB bei aktuellem Tiefgang aus der Tabelle holen
- Trimmmoment = $\Delta \cdot (LCG - LCB)$
- Neuer Trimm = Trimmmoment / TMC
- LCB bei gleichem Tiefgang neu interpolieren (der mittlere Tiefgang ändert sich durch Trimm in erster Näherung nicht)
- Wiederholen bis Konvergenz (typisch 3–5 Iterationen, Abbruch bei $\delta_{trim} < 1e-5^\circ$)

Bei Trimmwerten $> 3^\circ$ wird eine Warnung ausgegeben, da die TMC-Näherung dann fraglich wird.

5. Ergebnis-Speicherung — Die Ergebnisse werden zurück in das LoadCondition-Spreadsheet geschrieben:

Table

Zelle	Inhalt
E4 / D6	Tiefgang [m]
F4	KMt [m]
G4	GMt korrigiert [m] (= KMt - VCG - FSM-Hebel)
H5	FSM-Hebel [m] (= Σ FSM / Δ)

Phase 4 — Ergebnisse & Stabilitätsbewertung

Das TaskPanel zeigt die Ergebnisse in einem Textfeld an:

- Displacement, Draft, Trim (mit Einheiten)
- LCB, VCB, KBt, BMt, KMt
- GMt mit farbiger Stabilitätsbewertung

Stabilitätsbewertung (im TaskPanel und Konsole):

Table

Bewertung	GMt-Wert	Anzeige
✓ GUT	> 0,5 m	Grün
△ AKZEPTABEL	0,15–0,5 m	Gelb
△ KRITISCH	0–0,15 m	Orange
x INSTABIL	≤ 0	Rot

Vor jeder neuen Berechnung werden alte Visualisierungsobjekte automatisch gelöscht (Objekte mit Namen SinkAndTrim, Waterplane, StowMind_Equilibrium, COG, Buoyancy).

Phase 5 — Echtzeit-Überwachung (StabilityMonitor)

Der StabilityMonitor ist ein frameless, translucent, always-on-top Widget, das über dem FreeCAD-Fenster schwebt und alle 4 Sekunden automatisch aktualisiert wird:

Table

Anzeigebereich Inhalt

Heel Angle	Krängungswinkel aus TCG/GMt ($\text{asin}(\text{TCG}/\text{GMt})$ in Grad). Farbe: grün (OK), rot ($\geq 3^\circ$ Warnung, $\geq 5^\circ$ n.a.). Richtungsanzeige: → STB (Steuerbord) oder ← BB (Backbord).
Mean Draft	Mittlerer Tiefgang aus LoadCondition E4/D6
Trim	Trimm in cm, farblich: grün (< 50 cm), rot (> 50 cm)
Draft Aft / Fwd	Achter- und Bug-Tiefgang aus Hydrostatik-Interpolation
GMt	Metazentrische Höhe mit Farbcodierung
LCB / LCG	Longitudinale Schwerpunkte zum Vergleich
Status	Gesamtmasse in t und Zeitstempel

Das Widget ist drag-to-move (Linksklick ziehen) und lässt sich über das ✕-Symbol schließen. Der Refresh-Button ↻ aktualisiert die Anzeige manuell.

Hydrostatik-Spreadsheet-Struktur (Beispiel)

Zeile 1: Header (mehrsprachig, siehe Mapping oben) Zeile 2+: Datenpunkte, aufsteigend nach Tiefgang oder Verdrängung

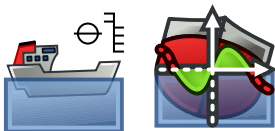
Table

Spalte	Beispiel-Header	Einheit	Inhalt
A	Displacement SW	t	Verdrängung Salzwasser
B	Draft	m	Tiefgang
C	Wetted Surface	m ²	Benetzte Oberfläche

Spalte	Beispiel-Header	Einheit	Inhalt
D	TMC	t·m/cm	Tonnes per Centimeter
E	Waterplane Area	m ²	Wasserlinienfläche
F	LCB	m	Längsschwerpunkt der Verdrängung
G	KB	m	Vertikaler Schwerpunkt der Verdrängung
H	BM	m	Metazentrische Breite
I	CB	—	Block-Koeffizient
J	CP	—	Prismatic-Koeffizient
K	CM	—	Midship-Koeffizient

Modulreferenz
Table

Modul	Aufgabe
sinkingtool.py	Iterative hydrostatische Gleichgewichtsberechnung; LoadCondition-Datenextraktion; Hydrostatik-Interpolation; Trimm-Iteration; Ergebnis-Speicherung in LoadCondition; StowMind-Objekterkennung
Tools(1).py	Nicht-iterative SinkAndTrim-Berechnung (Legacy); mehrsprachige Header-Erkennung; Hydrostatik-Spreadsheet-Suche mit Prioritäten; Header-Analyse-Diagnose; Wasserart-Erkennung (FW/BS/SW); Ergebnis-Speicherung
TaskPanel.py	Interaktives GUI-TaskPanel für SinkAndTrim; StowMind/LoadCondition/Hydrostatik-Auswahl; Berechnungsoptionen (Waterplane Reference, Dichte); Ergebnisanzeige; Alte Visualisierungen löschen; Qt5/Qt6-kompatibel
StabilityMonitor.py	Echtzeit-Überwachungs-Widget (frameless, always-on-top); Heel-Winkel, Draft, Trim, GMt-Anzeige; Auto-Refresh (4 s); Farbige Warnstufen; Drag-to-move; Hydrostatik-Nachladen für Draft Aft/Fwd; Qt5/Qt6-kompatibel



Constraints *Sink&Trim and GZ-curve*

Beide Tools stehen nur zu Verfügung, wenn es eine LoadCondition, also eine Gewichtsrechnung gibt. Ist sie vorhanden wird über Sink&Trim der aktuelle Schwimmzustand des Schiffes berechnet, mit dem tool GZ-curve die Stabilitätskurve nebst der Fläche unter der Stabilitätskurve nebst Vergleich zu den IMO/SOLAS Kriterien und ein pdf Ausdruck zur aktuellen Stabilitätslage erzeugt.



Constraints *flying Monitor*

öffnet ein verschiebbares Fenster in dem der aktuelle Trim und Tiefgang angezeigt wird.

Kapitel 10: Hebeoperationen & Rigging — StowMindCraneLoadout

Überblick

Ladungsplanung endet nicht, wenn die letzte Frachteinheit im Stauplan platziert ist. Die eigentliche Herausforderung beginnt oft erst beim Loadout: beim Heben schwerer, sperriger oder langer Lasten mit einem oder zwei Kranen, beim Nachweisen der Anschlagmittel, beim Dimensionieren von Traversen, beim Sicherstellen, dass Auslegerspitzen nicht kollidieren und das Schiff während des Hubs stabil bleibt. StowMind bildet diesen gesamten Prozess dreidimensional ab — im selben Modellraum wie der Stauplan, mit denselben Koordinaten, denselben Krangeometrien.

Das Ergebnis ist ein lückenloser digitaler Nachweis vom Kran bis zum Lastzertifikat.

Workflow

Phase 1 — Kran anlegen (TaskCreateCrane)

Bevor ein Hub geplant werden kann, muss der Kran als parametrisches FreeCAD-Objekt im Schiffsmodell verankert sein.

Kranparameter:

Gruppe	Parameter	Beschreibung
Geometry	BoomLength	Auslegerlänge [mm]
	BoomPivotHeight	Höhe des Ausleger-Drehpunkts über Kranbasis [mm]
	TowerHeight	Turmhöhe [mm]
	BaseDiameter	Basisdurchmesser [mm]
	SheaveWidth / SheaveDiameter	Rollengeometrie an der Auslegerspitze
Motion	SlewAngle	Drehwinkel [°]
	LuffingAngle	Auslegerneigungswinkel [°]
Weights	BoomWeight	Eigengewicht des Auslegers [t]
Coupling	ParentStowMind	Verknüpfung mit dem StowMind-Objekt
LoadCapacity	UseLoadStages	Laststufen-Modus oder automatische Kurve

Traglastkonfiguration — zwei Modi:

Laststufen-Modus: Drei diskrete Laststufen (Stage 1/2/3), jeweils mit maximaler Last [t] und zulässigem Radiusbereich (min/max) [mm]. Für Kräne mit tabellierten Lastdiagrammen.

Automatischer Modus: Lineare Interpolation zwischen Maximalradius (bei Mindestlast) und Minimalradius (bei Maximallast). Für vereinfachte Traglastkurven.

Der Kran wird als vollständige 3D-Geometrie im Viewport dargestellt: Turmkörper, Auslegergeometrie, Scheibe. Die Position wird relativ zum StowMind-Koordinatensystem gesetzt und folgt dem Schiff bei Änderungen automatisch.

Phase 2 — Einfacher Hub (TaskLiftOperation)

Der **Single Hook Lift** berechnet den optimalen Auslegerstatus für eine gegebene Last.

Workflow:

1. Kran aus dem Dokument wählen
2. Lastmasse in Tonnen eingeben
3. StowMind berechnet den maximalen zulässigen Radius aus der Traglastkonfiguration
4. Ausleger wird auf optimalen Radius (größtmögliche Ausladung bei gegebener Last) gestellt
5. Die Hakenhöhe (Sheave-Position) wird im 3D-Viewport visualisiert

Stabilitätskette: Der Single Hook Lift kann optional die automatische Stabilitätskette auslösen: Nach der Radiusberechnung wird die Kranmasse inkl. Auslegermasse und Lastmasse dem LoadCondition-Sheet übergeben, und Sink & Trim (Kapitel 8) wird neu berechnet. So ist der Einfluss des Hubs auf Tiefgang und Krängung direkt sichtbar.

Phase 3 — Tandem-Lift (TandemLift)

Für Lasten, die einen einzelnen Kran übersteigen oder bei denen die Geometrie zwei Anschlagpunkte erfordert, steht der vollständige **Tandem-Lift-Solver** zur Verfügung.

Eingaben:

- Kran 1 (Heck) und Kran 2 (Bug) aus dem Dokument
- Lastmasse gesamt [t] oder getrennt nach achtern/voraus
- Lastposition: Längspositions-Vektor (LP1/LP2) als Anschlagpunkte

Berechnung (TandemGeometrySolver): Der Solver bestimmt für jede Kombination aus Slew-Winkel und Ausladung die Hakenpositionen beider Kräne, verteilt die Last nach Hebelarm (statische Lastverteilung) und prüft:

- Ob die Traglast beider Kräne eingehalten wird
- Ob der zulässige maximale Slew-Winkel (Standard: 10°) nicht überschritten wird
- Ob der Kippwinkel (Kapp-Angle) unter 15° bleibt

Das Ergebnis ist eine Tabelle aller gültigen Positionen, aus der die optimale Konfiguration gewählt wird.

Schwing-Simulation (InteractiveSwing): Für den Lastentransfer vom Land aufs Schiff (oder umgekehrt) simuliert StowMind den gesamten Schwingvorgang als Schritt-für-Schritt-Animation im 3D-Viewport. Jeder Schritt zeigt:

- Aktuelle Hakenposition (LP1, LP2 im Weltkoordinatensystem)
 - Slew-Winkel beider Kräne
 - Last-Bodenhöhe über Deck
 - Abstände zu Hindernissen
-

Phase 4 — Monopile-Schwingung (MonopileSwing)

Für Langlasten — Monopile-Fundamente, Windturbinentürme, lange Träger — existiert eine spezialisierte Schwingungssimulation. Diese berücksichtigt die Geometrie langer, rotationssymmetrischer Körper und berechnet:

- Änderung der Lastverteilung während der Schwingbewegung (Massenverlagerung entlang des Rohres)
- Bodenfreiheit des Pfahlendes während der Aufrichtbewegung
- Mindestabstände zum Rumpf (HULL_CL_MIN = 500 mm) und zu Aufbauten (TOWER_CL_MIN = 1000 mm)

- Optimaler Schwingpfad unter Berücksichtigung beider Traglastkurven

Farbcodierung im Viewport: Grün (OK) → Gelb (Warnung) → Rot (kritisch).

Phase 5 — Boom-Kollisionsprüfung (BoomCollisionChecker)

Bei Tandem-Lifts besteht das Risiko, dass die Auslegerspitzen miteinander oder mit der Last kollidieren. Der BoomCollisionChecker überwacht für jeden Simulationsschritt drei Abstände:

Prüfung	Beschreibung	Sicherheitsabstand
Boom 1 → Last	Abstand Ausleger 1 zur Lastgeometrie	2000 mm
Boom 2 → Last	Abstand Ausleger 2 zur Lastgeometrie	2000 mm
Boom 1 → Boom 2	Abstand zwischen den Auslegern	2000 mm

Unterschreitet der minimale Abstand den halben Sicherheitsabstand, wird WARN ausgegeben; bei echtem Overlap FAIL.

Phase 6 — Rigging-Nachweis (lifting_arrangement)

Für jeden Hub erzeugt StowMind einen vollständigen **Rigging-Nachweis** nach DNV-Standards.

Berechnungsgrundlagen:

Faktor	Wert	Beschreibung
DAF	1,05–1,15	Dynamic Amplification Factor (je nach Umgebung)
Skew Factor	1,05	Lastverteilungs-Ungenauigkeit bei Mehrpunkt-Anschlag
Safety Factor	1,35	DNV Rigging Design Factor
Grummet SF	5,0	Bruchlast = WLL × 5
Max. Slings Angle	60°	Maximaler Anschlagwinkel zur Senkrechten
BFR Mindest-Ausnutzung	2,5	Mindestverhältnis Bruchlast / Stranglast

Anschlagmittelklassen:

StowMind dimensioniert und prüft alle Elemente des Hebegeschirrs:

Grummets (grummet . py): Endlose Drahtseile, dimensioniert nach WLL-Tabelle (Green-Pin-Standard). D/d-Verhältnis (Seil- zu Biegekörperdurchmesser) wird gegen Mindestanforderungen geprüft.

Schäkel (shackle . py): Green-Pin G-4163-Serie, 0,5 t bis 600 t WLL. 22 Größenstufen mit vollständiger Geometrie (Bügelabmessungen, Bolzendurchmesser, Innenmaße). Jeder Schäkel wird als vollständiges 3D-Modell im Dokument erzeugt — Sweep-Geometrie, Bolzen, Mutter.

Haken (hook . py): Ramshorn-Doppelhaken, parametrisch erzeugt für Tragfähigkeiten von 50 t bis 1000 t (9 Größenstufen). Querschnitt: Trapezprofil, durch Arc-Sweep geformt.

Traversen (traverses . py / traverse_check . py): Starrtraverse mit mehreren Trunions. Konfigurierbar als Single-Lift- oder Tandem-Traversal. Kraftverteilung nach Trunion-Position (Hebelarm zur Kranachse). D/d-Prüfung der Grummets an Trunion-Durchmessern (oben immer double-reeved, 4 Stränge).

Rigging-Zeichnung (rigging_drawing . py): Aus den Berechnungsergebnissen wird automatisch eine Rigging-Zeichnung als PDF erzeugt. Sie enthält:

- Schematische Darstellung des Hebegeschirrs (Kran → Haken → Schäkel → Grummets → Traverse/Last)
- BOM (Bill of Materials): alle Rigging-Komponenten mit Bezeichnung, WLL und Gewicht
- D/d-Check-Tabelle für alle Biegekörper
- Kräftenachweis je Strang mit Ausnutzungsgrad
- Schiffs- und Projektdaten

Wichtige Hinweise

Traglastkurven: Die in StowMind hinterlegten Laststufen oder automatischen Traglastkurven sind Eingabedaten, die der Anwender aus den Kranunterlagen des Schiffes übernehmen muss. StowMind übernimmt keine Verantwortung für die Richtigkeit der eingegebenen Kapazitäten — diese müssen aus dem aktuellen, gültigen Lasttestzeugnis des Bordkrans stammen.

Stabilitätsintegration: Während eines Hubs liegt die angehobene Last am Haken — ihr Schwerpunkt wandert auf Hakenhöhe. Bei schweren Lasten und hohen Kranstellungen kann dies GMt erheblich reduzieren. Die automatische Stabilitätskette (Single Hook und Tandem Lift) übergibt die Hakenposition an das LoadCondition-Sheet und berechnet den Stabilitätszustand neu.

PDF-Nachweis: Alle erzeugten Rigging-PDFs und Schwingsimulations-Berichte sind als Arbeitsdokumente für die Planungsphase gedacht. Für die amtliche Genehmigung von Sondertransporten oder Offshore-Huboperationen sind zusätzliche Nachweise durch zertifizierte Rigging-Ingenieure und Klassifikationsgesellschaften erforderlich.

3D-Modelle des Hebegeschirrs: Schäkel, Haken und Traversen werden als vollständige parametrische 3D-Geometrien im FreeCAD-Dokument erzeugt und können direkt im Stauplan platziert werden. Das ermöglicht visuelle Kollisionsprüfungen und eine realistische Darstellung des gesamten Hebegeschirrs im beladenen Schiff.

Modulreferenz

Modul	Aufgabe
TaskCreateCrane	Krananlage: parametrisches FreeCAD-Feature mit Turmgeometrie und Traglastkonfiguration
TaskLiftOperation (SingleHookLift)	Einzelhub: optimaler Radius aus Traglastkurve, optionale Stabilitätskette
TandemLift (TandemLiftCalculator, TandemGeometrySolver)	Tandem-Lift-Solver: Lastverteilung, Radiusoptimierung, Schwing-Simulation
InteractiveSwing	Interaktive Schritt-für-Schritt-Schwingsimulation im 3D-Viewport
MonopileSwing	Schwingsimulation für Langlasten (Monopile, Träger) mit Bodenfreiheits- und Kollisionsprüfung
BoomCollisionChecker / boom_checker	Boom-Kollisionsverhütung für Tandem-Lifts (Boom-Last und Boom-Boom)
lifting_arrangement	Rigging-Kern: DNV-Nachweise für Anschlagmittel, D/d-Prüfung, Kräftebilanz
lifting_arrangement_ui	GUI-Wrapper für den Rigging-Nachweis-Dialog
lifting_wizard /	Geführter Assistent für die Rigging-Konfiguration

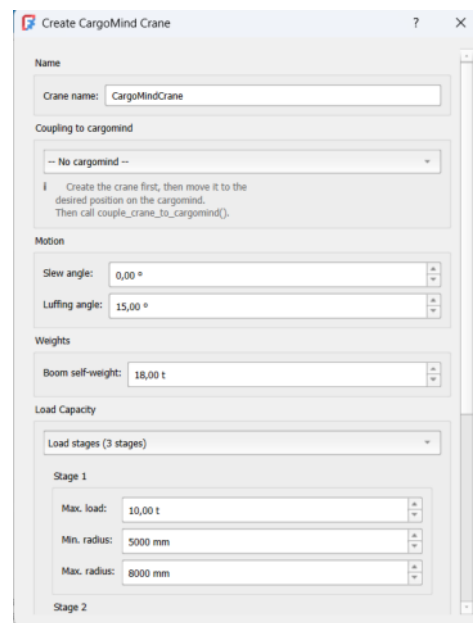
Modul	Aufgabe
lifting_wizard_p4p5	
traverse_check	Traverse-Integration: Trunion-Kraftverteilung, D/d-Grummet-Prüfung
traverses	Traversendatenbank: Geometrien, Trunion-Abstände, WLL-Werte
grummet	Grummet-Dimensionierung nach WLL-Tabelle (Green-Pin-Standard)
shackle	Green-Pin G-4163-Schäkel: 22 Größenstufen, 3D-Geometrieerzeugung
hook	Ramshorn-Doppelhaken: parametrische 3D-Geometrie, 9 Tragfähigkeitsklassen
rigging_drawing	PDF-Export: Rigging-Zeichnung mit BOM und Kräftenachweis
CraneSpreadsheetTools	Datentransfer Kran → LoadCondition-Sheet, Stabilitätsintegration
pdf_to_3d_freecad	Import von PDF-Kranzeichnungen als 3D-Referenzgeometrie



Crane Create Crane

Das Modul zum erstellen von Kränen ist eigentlich selbsterklärend. Wesentlich sind die Möglichkeiten entweder Laststufen zu definieren oder eine Automatikstufe aus max Last bei einem definierten Drehkreis und einer min Last bei max Drehkreis. Der Kran wird im Nullunkt erstellt und muß dann mit placement auf die gewünschte Position verschoben.

Die Kräne sind parametrisch erstellt und können entsprechend angepaßt werden. Das Aussehen kann nicht so einfach geändert werden, dazu müßte eine neue Datei erstellt werden, hier geht es aber im wesentlichen um die mechanischen und nicht um die optischen Eigenschaften.





Crane Couple / De-couple

Es gibt die Möglichkeit die Kräne an das Schiff zu koppeln oder zu entkoppeln, Hintergrund ist die Idee evt weitergehende Untersuchungen mit dem Modell zu machen, ist derzeit aber nicht relevant. Gekoppelt folgt der Kran den Schiffsbewegungen, Interessant wird dies bei einer Erweiterung um die Bewegungen eines Ladungsteils bei offshore Liftoperationen unter Berücksichtigung der Seegangsverhältnisse zu ermitteln. Dieses Modul ist derzeit noch nicht implementiert.



Crane Singlehook Lift

Ein nahezu selbsterklärendes taskPanel fragt die relevanten Punkte ab. Interessant ist, dass man einen zweiten Kran als Gegengewicht drehen kann. Der gewählte Kran dreht in die gewünschte Richtung nebst max Drehradius entweder durch die Geometrie oder durch die Last erzeugt.

Die Vorgehensweise ist, dass zunächst der button calculate gedrückt wird, der entsprechende Drehkreis wird berechnet, der button Execute dreht den Kran auf die eingestellte Gradzahl und bringt den Baum in einen Winkel, der dem berechneten Drehkreis entspricht. In diesem Moment kann man den großen grünen button Transfere Stability Calculation drücken, die Last wird in die LoadCondition gemäß der Position der Umlenkrolle an der Baumspitze übertragen, die LoadCondition berechnet und die Stabilitätsrechnung Sink&Trim gestartet mit einem entsprechenden Ausdruck zur Stabilitätssituation während des Lifts.

Single Hook Lift

Main Crane

ShipCrane_1 (Automatic)

Mode: Automatic (linear interpolation)
Point 1: 320.0t @ 10.0m (M=3200 tm)
Point 2: 80.0t @ 28.0m (M=2240 tm)
Boom length: 28.5m

Second Crane (Counterweight / Tandem partner)

Crane: ShipCrane (Automatic)

Slew angle: 180,0 °

Hook load (0 = counterweight): 0,0 t

Load Parameters (Main crane)

Weight: 105,0 t

Slew angle: 0,0 °

Maximum radius for weight

Manual radius: 10000 mm

Calculation

Max. radius: 26.12m
Luffing angle: 23.6°
(Limited by load capacity)

ShipCrane: Counterweight
Boom weight: 18.0t, Hook: 0.0t

Transfer Stability Calculation

Calculate Execute Close



Crane Tandem Lift

Analog zum Single Hook Lift ist auch ein Tandem Lift möglich, Dieser hat ähnlich wie beim single hook lift ein sehr umfangreiches TaskPanel. Im folgenden soll das Vorgehen anhand eines LHM600 Liebherr Krans gezeigt werden. Zunächst der obere Teil des TaskPanels:

Hier wurde zunächst festgelegt, dass mit einem Spreader gehoben werden soll, nächste Punkte sind die ungefähren geometrischen Abmessungen.

In diesem Fall scheint es etwas merkwürdig, dass der Abstand LP1 from End 18500mm lang ist, das liegt an der etwas anderen Nullpunktdefinition des 3D Modells, dass hier nur eingelesen wurde.

Entscheidend ist hier, dass eine Warnung erscheint, dass der COG 5700mm über den Liftpunkten liegt. In einem solchen Fall wird gemäß DNV Stability of Lifts der Lift kontrolliert.

Tandem Lift - Swing Simulation

Cranes

Crane 1 (Aft): ShipCrane [-25.0m, -8.0m]

Crane 2 (Fwd): ShipCrane_1 [4.8m, -8.0m]

Rigging Type

Simple box (no rigging) Spreader bars Traverse beam

Load Geometry and COG

Length: 23000 mm

Width: 17500 mm

Height: 3000 mm

Weight: 317,0 t

LP1 to LP2 Distance (along load): 13000 mm

COG Distance from LP1: 6500 mm

LP1 from Forward End: 18500 mm

— Höhenangaben (von Lastunterkante) —

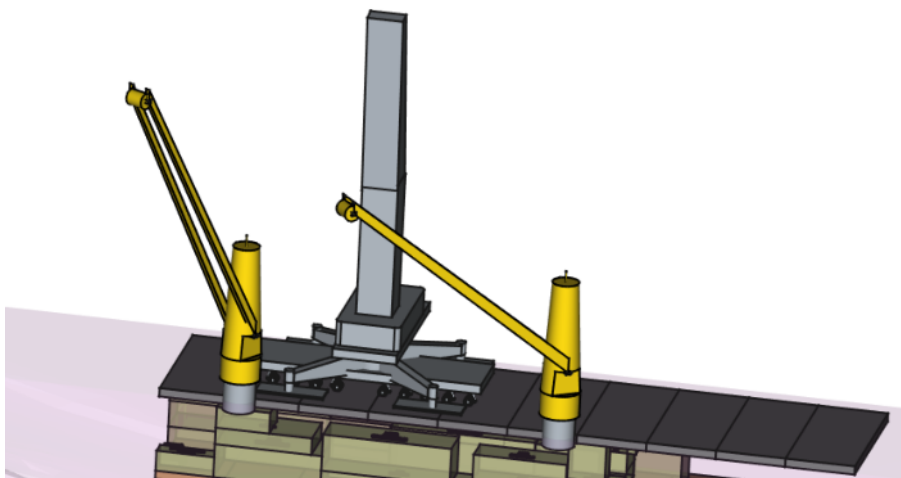
COG Height: 8500 mm

LP Height: 2800 mm

Deck Z: 15000 mm

-> Kran 1: 158.5 t Kran 2: 158.5 t

COG 5700 mm ABOVE LP - virtual COG check required!



Im mittleren Teil des Task Panel wird zunächst definiert ob man einen einfachen Quader als Simulationsobjekt nutzen möchte oder ob es ein 3D Modell gibt, in diesem Fall ist ein 3d Modell vorhanden und soll entsprechend eingesetzt werden.

Die windlast kann gesetzt werden , in diesem Fall wird Windstille vorausgesetzt.

Danach werden die spreader bars definiert. Eine Traverse wäre auch möglich

Im unteren Teil kann eine Simulation gestartet werden, Schritt für schritt wird der Kran an Bord geschwungen.

Es gibt keine durchgängige Kollisionskontrolle mit den Kanbäumen, aber selbst wenn dort eine Kollision zu sehen ist, kann sehr einfach entschieden werden ob dieser Lift machbar ist oder nicht.

The screenshot displays the configuration interface for a simulation. It is divided into several sections:

- Object Selection:** Radio buttons for "Box (standard)" and "Use existing 3D object" (selected). Below are dropdown menus for "Filter by group:" with values "cargo_own" and "lhm6002", and an "Apply dimensions" button.
- Wind Load (Heeling Moment):** Input fields for "Wind Speed:" (0,0 m/s), "Lateral Area:" (0,0 m²), and "Form Factor c:" (1,0). A "No wind load" button is present.
- Spreader Rigging:** Two sections for "Traverse 1 (Crane 1 / Aft)" and "Traverse 2 (Crane 2 / Fwd)". Each section contains input fields for "LP Spacing (P to S):", "Spreader Width:", "Lower Sling Length:", "Upper Sling Length:", and "Spreader Mass:", all with values of 12,00 m, 12,00 m, 5,00 m, 14,00 m, and 6,00 t respectively.
- Simulation:** A section at the bottom, currently empty.

Wie bei dem single hook lift kann bei jedem Schritt die aktuelle Position der Ladung und der Kräne in die LoadCondition übertragen werden, automatisch wird für diese Situation die Stabilität des Schiffes berechnet werden.

Der Generate PDF Stability Report meint in diesem Fall nicht die schiffstabilität sondern die Stabilität des Lifts gemäß der DNV stability-of-lifts---guidance-paper-2024-

Der letzte button generiert eine Berechnung des Lifting arrangemnts gemäß Noble Denton / DNV, eine Zeichnung des Lifting arrangements und eine bill of material.

Simulation

Sea Side Direction: 0,0 deg

Land Side Target: 180,0 deg

Number of Steps: 15

▶ Initialize Simulation

Step Control

◀ Back **Step: 1 / 15** Next ▶

Status: Clear

What-If

List Angle: 0,0 deg Apply

LoadCondition Export_Report

Transfer_Run Stability Calc

Ready to transfer

Generate PDF Stability Report

Rigging Detail Design

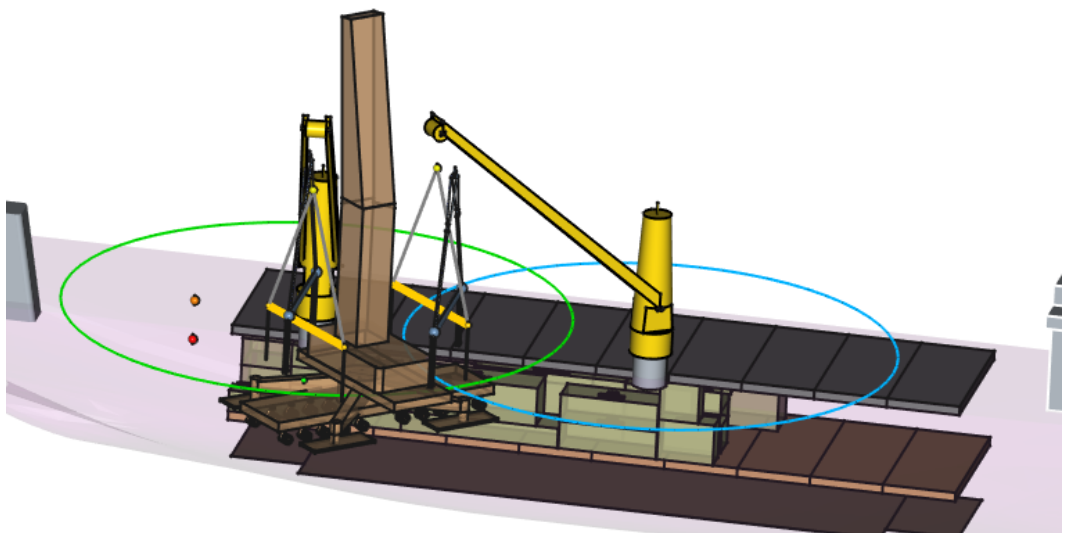
Create Lifting Arrangement

Step Info

Step 1/15 [LP1-first]

Crane 1 (green): 164.6 t Slew 185.6 r=15.45 m
Crane 2 (cyan): 164.4 t Slew 135.1 r=21.72 m

Hull clearance: 3.62 m
Deck clearance: 1.00 m



StowMind – Rigging

Auch ohne ein konkretes Schiff oder Kran kann ein Lifting arrangement gemäß DNV / Nobel Denton mittels eines Rigging wizards gestaltet werden. Auf 5 Seiten wird der Lift definiert und kann entsprechend berechnet werden, sowie, analog zum TandemLift, eine 3D Ansicht des Lifting arrangements nebst eines bill of materials.

The screenshot shows the 'Lifting Arrangement Wizard' software interface. The title bar reads 'Lifting Arrangement – Rigging Wizard'. The main header is 'LIFTING ARRANGEMENT WIZARD – DNVGL-RP-N103 · GL Lifting Technology'. The interface is divided into five tabs: '1 · Load_WIF', '2 · COG_LP', '3 · Configuration', '4 · Factors_BM', and '5 · Stability'. The current step is 'Step 1 – Load & Design Weight'. A blue box contains the following formulas and definitions: $W_{design} = W_{nom} \times (1 + WIF) \times DAF$, WIF = Weight Insufficiency Factor (DNVGL-RP-N103 Tab. 4-1), and DAF = Dynamic Amplification Factor (DNVGL-RP-N103 Tab. 4-3). The 'Project data' section includes input fields for 'Project' (Project), 'Cargo' (Cargo), and 'Date' (2026-04-09). The 'Weight' section has a 'W_nom (nominal weight)' field set to 100,00 t. The 'WIF – Weight Insufficiency Factor' section has a 'WIF' dropdown set to '3 % – weighing available' and a 'WIF manual' field set to 5,0 %. The 'DAF – Dynamic Amplification Factor' section has a 'DAF' dropdown set to 'DAF 1.05 – 5% standard onshore / sheltered' and a 'DAF manual' field set to 1,050. A yellow box provides a definition for DAF: 'DAF = fixed surcharge for dynamic load peaks during pick-up/set-down. DAF is NOT weight-dependent – value from code or project specification.' A summary box at the bottom left shows: $W_{nom} = 100.00\ t$, $WIF = 3.0\ \%$, $W_{rigged} = W_{nom} \times (1 + WIF) = 103.00\ t$, and $DAF = 1.050\ (+5\ \%)$. The bottom of the window features 'Cancel', 'Back', 'Tab 1 / 5', and 'Next' buttons.

Weiter können unter Rigging sowohl Schäkel, Grummets, als auch eine Traverse als 3D Objekte zur weiteren Verwendung erstellt werden.

Kapitel 11: Werkzeuge

Überblick


Dieses Kapitel beschreibt zwei Hilfswerkzeuge, die den Arbeitsablauf in StowMind ergänzen: den **Cargo Editor** zur direkten Bearbeitung von Frachtobjekten und **SnipDecal** zur optischen Aufwertung des 3D-Modells durch Bild-Texturen. Beide Tools sind vollständig in FreeCAD integriert, Qt5/Qt6-kompatibel und arbeiten direkt auf den Objekten im aktiven Dokument.

Tool 1 — Cargo Editor (editor.py)

Der Cargo Editor ist ein kompakter, zweiteiliger Dialog zur direkten Bearbeitung aller relevanten Eigenschaften einer Frachteinheit. Er ersetzt das manuelle Durchklicken im FreeCAD-Eigenschaften-Fenster durch eine übersichtliche, auf StowMind zugeschnittene Oberfläche.

Tab 1: Main

Object Selection

- **Group** — Dropdown aller Gruppen mit Prefix `cargo_`, `weights_` oder `tanks_`. Anzeige: „Cargo › PortX“ statt „cargo_PortX“
- **Object** — Dropdown aller box-ähnlicher Objekte in der gewählten Gruppe mit Vorschau der Abmessungen (z. B. „Container_01 (6058×2438×2591)“)
- **Refresh-Button**  — aktualisiert Gruppen und Objekte nach Dokumentänderungen

Dimensions

- Einheit: mm / cm / m (Umschaltung skaliert alle Werte)
- Länge, Breite, Höhe — direkt editierbar, Volumen wird live berechnet

Weight

- Masse in kg, t oder g

COG Offset (editable)

- X/Y/Z-Offset — der WERT in der FreeCAD-Expression (z. B. „Placement.Base.z + 1200 mm“)
- **Absolute COG** — wird live berechnet und angezeigt (z. B. „X:4520 Y:1219 Z:3897“)
- **Expression-Info** — zeigt die aktuelle Formel an (z. B. „COG.z = Placement.Base.z + 1200“)
- Der Offset bleibt über Expressions dynamisch: Ändert sich die Position, folgt der Schwerpunkt automatisch

Position & Rotation

- Einheit: mm / cm / m
- Pos X/Y/Z und Rot X/Y/Z (Euler-Winkel)

Tab 2: Visual

- Sichtbarkeit (Checkbox)
- Farbe (Color-Picker mit Hex-Eingabe)
- Transparenz (0–100 %)
- Label-Name (frei editierbar)

Aktionen

- **Apply** — schreibt alle Änderungen zurück ins Objekt; COG wird als Expression gespeichert (z. B. `COG.z = Placement.Base.z + Height/2`), damit der Schwerpunkt bei Positionsänderungen mitwandert
- **Dup** — dupliziert das Objekt mit Offset +500 mm in X; kopiert alle Properties, Expressions und ViewObject-Einstellungen; fügt das neue Objekt automatisch der StowMind-Weights-Liste hinzu
- **Reset** — lädt die ursprünglichen Werte des aktuellen Objekts neu
- **Close** — schließt den Dialog

Live-Auswahl aus dem 3D-Viewport

Der Editor überwacht alle 300 ms die FreeCAD-Auswahl (`Gui.Selection.getSelection()`). Wird ein anderes box-ähnliches Objekt im Viewport angeklickt, lädt der Editor es automatisch — ohne den Dialog zu schließen oder neu zu öffnen. Der Timer wird beim Schließen sauber gestoppt.

Tool 2 — SnipDecal (tag.py)

SnipDecal ist ein Texture-Placement-Tool, das Bilder (PNG mit Transparenz, JPG, BMP) als Decals auf die Oberflächen von Frachtobjekten projiziert. Ursprünglich für Screenshots (Snipping Tool) konzipiert, eignet es sich für Beschriftungen, Logos, Warnsymbole oder visuelle Markierungen auf Ladungseinheiten.

Funktionsweise

1. **Bild laden** — über Datei-Browser oder Snipping Tool (Win+Shift+S)
2. **Frachtobjekt wählen** — Dropdown aller Objekte mit Length/Width/Height
3. **Fläche wählen** — Top, Bottom, Front, Back, Left, Right
4. **Skalierung** — 0.1–1.0 (Standard 0.98, leicht kleiner als die Fläche, um Überlappung zu vermeiden)
5. **Apply** — erzeugt ein `Part::Plane`-Objekt mit Coin3D-Textur, das an das Frachtobjekt gekoppelt ist

Technische Umsetzung

- Das Decal ist ein `Part::Plane`, dessen Placement relativ zum Cargo-Objekt berechnet wird (`Placement.multiply(local_pl)`)
- Die Textur wird über Coin3D (pivy) als `SoTexture2` mit `SoTextureCoordinatePlane` auf die Fläche projiziert
- UV-Koordinaten werden automatisch an Länge und Breite des Decals angepasst
- Ein `DocumentObserver` überwacht das Cargo-Objekt: Bei jeder Placement-Änderung wird das Decal automatisch nachgeführt
- Alle Decals werden in der Gruppe „Decals“ zusammengefasst
- Linienbreite und Punktgröße des Planes werden auf 0 gesetzt, damit nur die Textur sichtbar ist

Dialog-Elemente

- **Bild-Vorschau** — skalierte Vorschau des geladenen Bildes
- **Browse** — Dateiauswahl (*.png *.jpg *.jpeg *.bmp)
- **Open Snipping Tool** — startet das Windows-Snipping Tool für schnelle Screenshots
- **Face & Scale** — Flächenauswahl und Skalierung
- **Statuszeile** — Erfolgsmeldung oder Fehler
-

Einschränkungen

- Erfordert pivy / Coin3D (sonst Texturierung deaktiviert, Dialog bleibt nutzbar)
- Die Textur folgt dem Cargo-Objekt nur bei Placement-Änderungen, nicht bei Dimensionsänderungen

Modulreferenz

Table

Modul Aufgabe

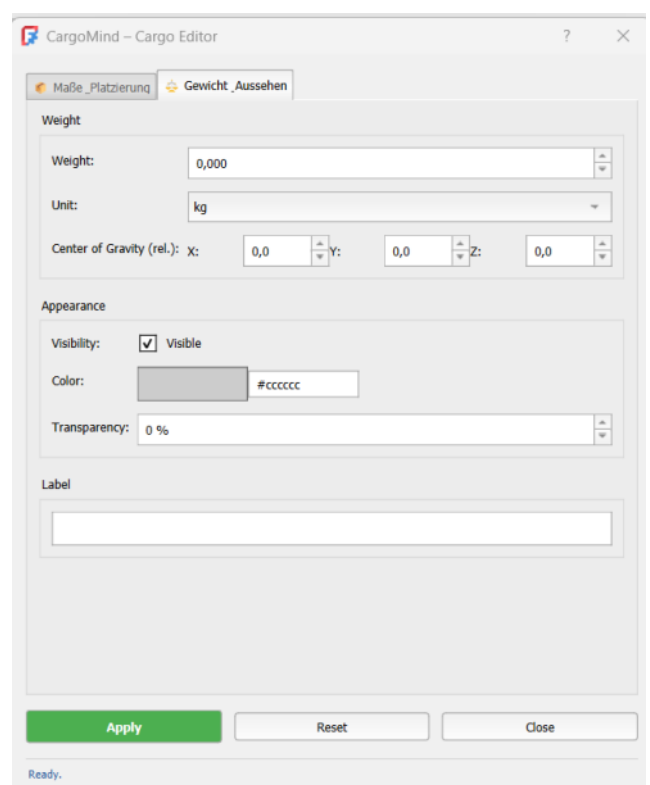
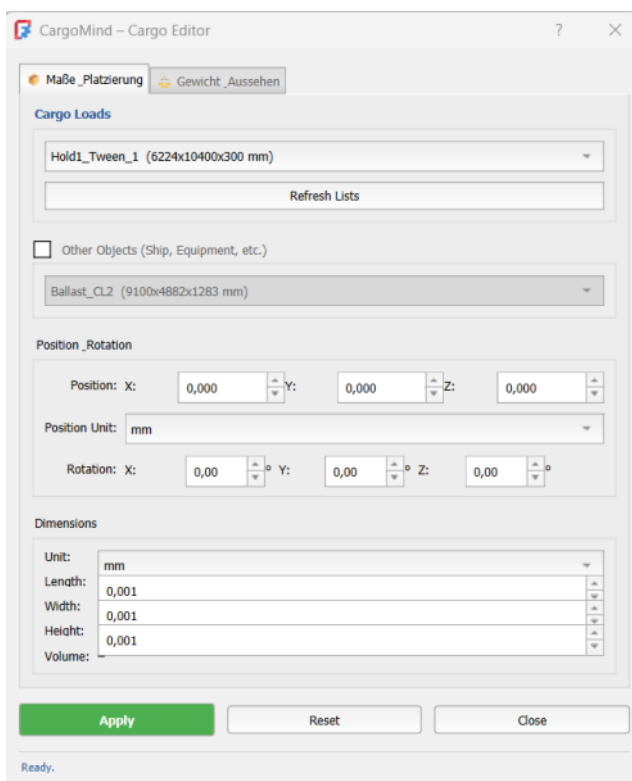
editor.py Cargo Editor: Direkte Bearbeitung von Dimensionen, Masse, COG-Offset (mit Expressions), Position, Rotation, Farbe, Transparenz und Label; Duplizieren mit automatischer Weights-Registrierung; Live-Viewport-Auswahl

tag.py SnipDecal: Bild-Textur-Placement auf Frachtobjekt-Flächen; Coin3D-Texturierung; DocumentObserver für automatisches Nachführen; Gruppenverwaltung; Qt5/Qt6-kompatibel

Tools Editor



Mit dem Editor können Ladungsteile editiert werden und die Eigenschaften verändert werden. Wichtigstes tool ist die Möglichkeit das Ladungsteil zu rotieren oder auf eine andere Position zu verschieben. Dieser Editor fasst die üblichen manipulierbaren Daten von FreeCAD zusammen

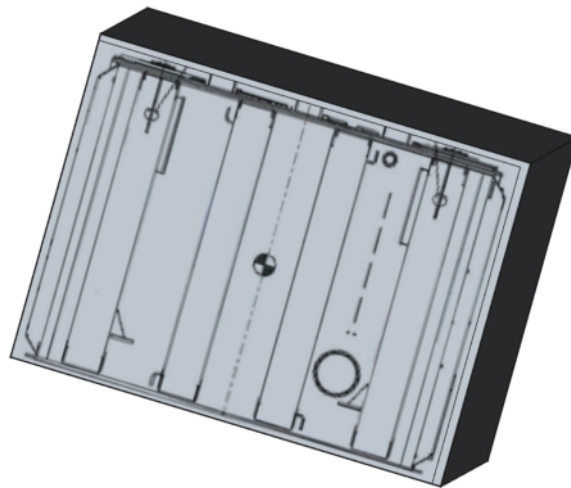




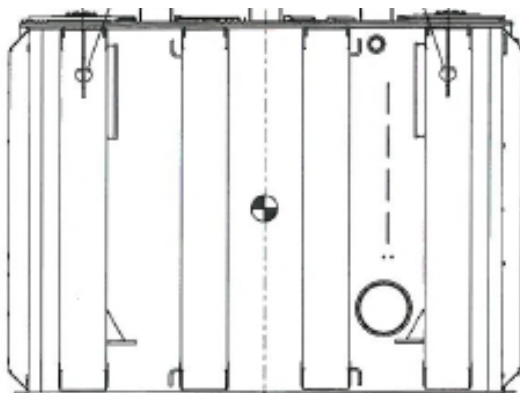
Tools Tag

Mit dem tool tag können Zeichnungsteile auf einen Quader projiziert werden. Sinn soll sein aus einer pdf Zeichnung den räumlich gleich großen „Platzhalter“ Quader mit den Zeichnungsdetails aus dem pdf zu „bekleben“ um den Eindruck einer technischen Zeichnung zu erstellen. Zunächst wird mit einem snipping tools, wie z.B. von windows der gewünschte Ausschnitt ausgewählt und als *.png abgespeichert. Dieses *.png kann dann mit diesem tool auf die Außenhaut des Quaders aufgebracht werden. Die Seiten vorne, hinten, Seite links, rechts sowie Boden und Deckel können ausgewählt werden. Diese Grafiken werden unter der Gruppe Decals abgespeichert

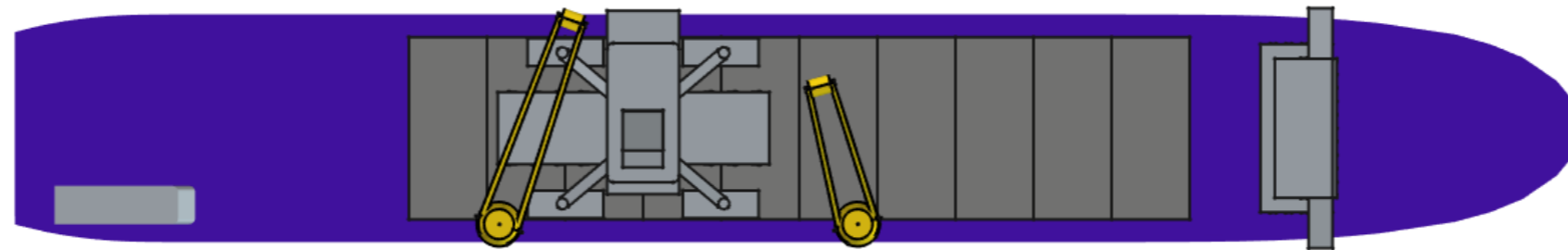
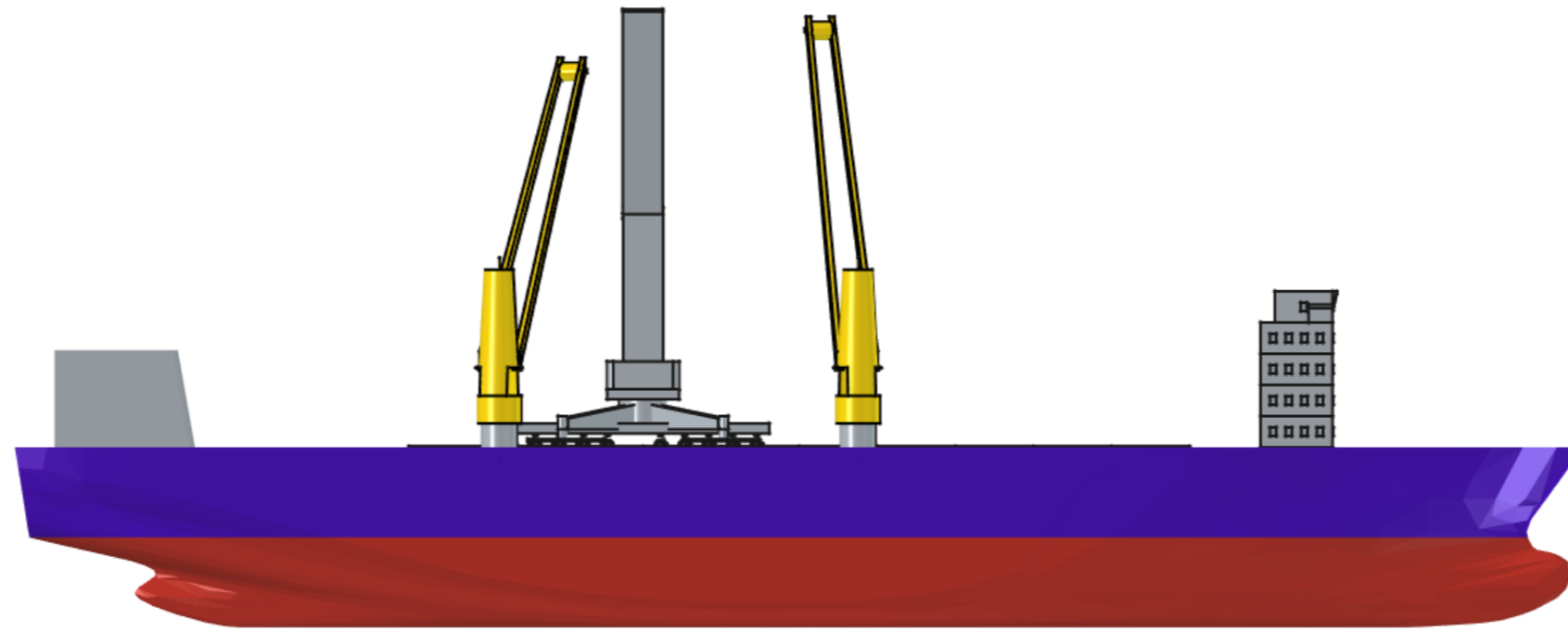
Quader mit „aufgeklebten“ Bild

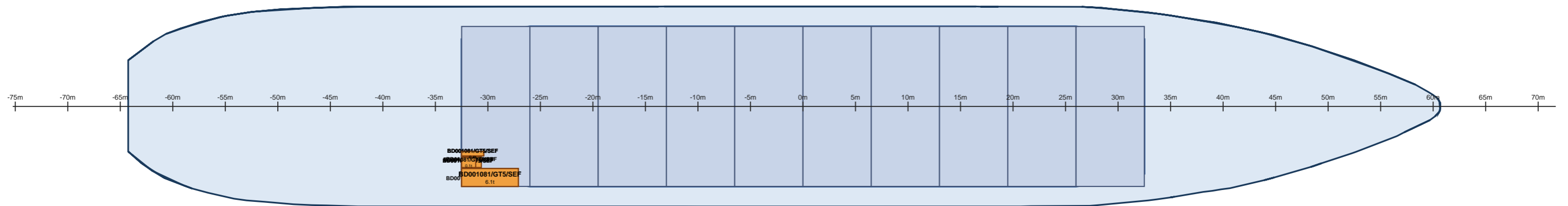
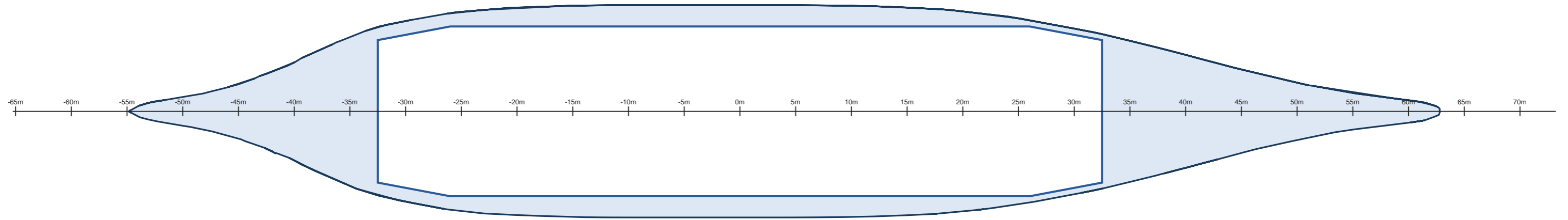


Original aus dem pdf erzeugten Kopie und als png abgespeichert:



Kapitel 12: Beispielausdrucke





GZ CURVE DATA

Vessel: Ship | Load case: LoadCondition | Displacement: 10461.4 t | KG: 7.821 m | GM: 0.670 m

Roll [deg]	GZ [m]	Draft [m]	Trim [deg]	Cumul. Area [m*rad]
0.00	-0.10017	6.454	-	0.00000
5.71	-0.03030	7.131	-	-0.00651
11.43	0.05299	7.736	-	-0.00537
17.14	0.16193	8.298	-	0.00534
22.86	0.30920	8.775	-	0.02884
28.57	0.50252	9.171	-	0.06931
34.29	0.73320	9.446	-	0.13094
40.00	0.98381	9.558	-	0.21656

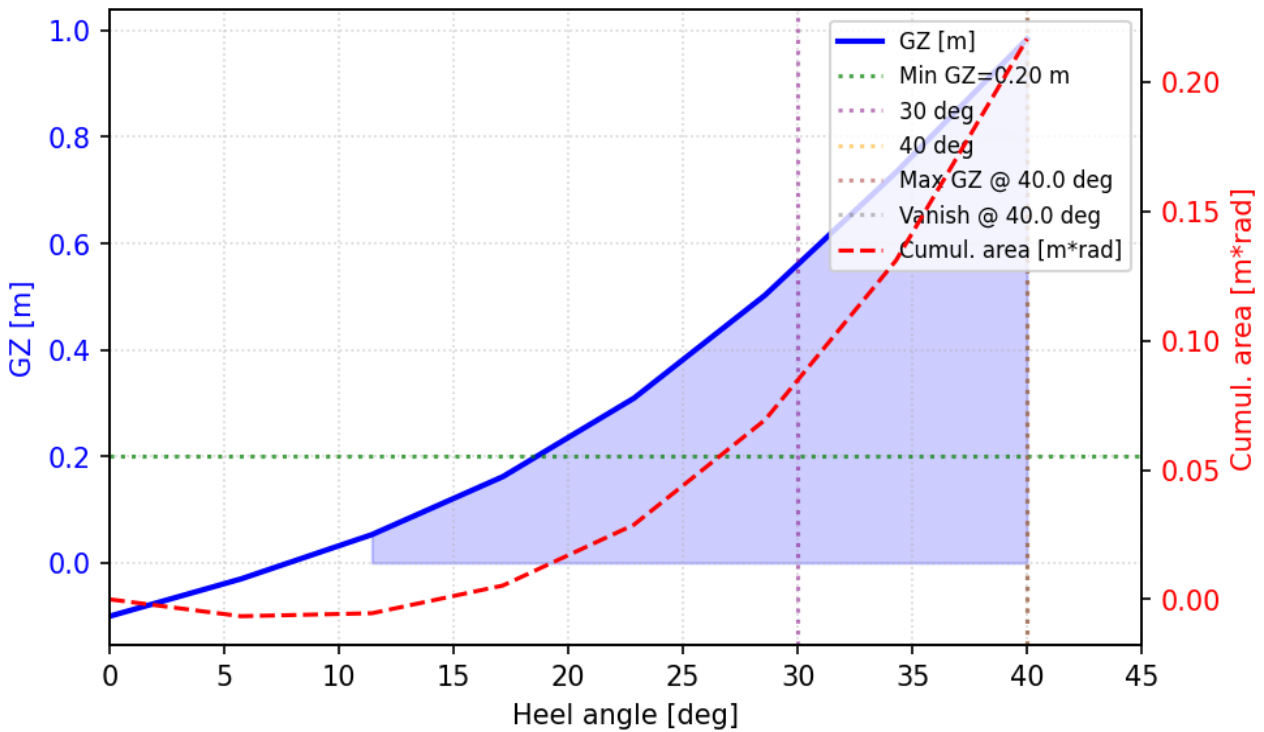
Generated: 2026-04-10 14:04

SOLAS / IMO STABILITY CRITERIA (IS Code 2008)

Criterion	Required	Actual	Status
Area 0-30 deg \geq 0.055 m ² /rad	0.055 m ² /rad	0.0826 m ² /rad	PASS
Area 0-40 deg \geq 0.090 m ² /rad	0.090 m ² /rad	0.2166 m ² /rad	PASS
Area 30-40 deg \geq 0.030 m ² /rad	0.030 m ² /rad	0.1340 m ² /rad	PASS
GZ at 30 deg \geq 0.200 m	0.200 m	0.5602 m	PASS
Max GZ angle \geq 25 deg	25.000 deg	40.0000 deg	PASS
Initial GM \geq 0.150 m	0.150 m	0.6697 m	PASS

6/6 criteria passed | Max GZ: 0.984 m @ 40.0 deg | Vanishing: 40.0 deg | GM: 0.670 m (spreadsheet)

GZ RIGHTING LEVER CURVE



Generated: 2026-04-10 14:04

LOAD CONDITION SUMMARY - WEIGHT GROUPS

Vessel	Ship
Load case	LoadCondition
Displacement	10461.39 t
KG (VCG)	7.821 m
KM	8.497 m
GM (calc.)	0.670 m
Date	2026-04-10 14:04

Weight Groups

Group	Items	Mass [t]	LCG [m]	TCG [m]	VCG [m]
TANKS	12	2543.30	-0.810	-0.249	3.028
WEIGHTS	22	7181.00	-0.191	0.000	8.543
CRANES	2	36.00	-10.075	-8.000	22.930
CARGO	37	701.09	-3.280	-0.171	17.036
TOTAL	-	10461.39	-0.582	-0.100	7.821

Group total: 10461.39 t | Sheet displacement: 10461.39 t | Difference: 0.000 t (0.0 %)

Generated: 2026-04-10 14:04

LASHING CALCULATION

Advanced Calculation Method · IMO CSS Annex 13 · 2021 Amendments

VESSEL		CARGO	lhm6002
Length LPP	130.6 m	Mass	320.000 t
Breadth	19.00 m	Stowage	Deck-high
GM	1.500 m	x / L	0.000
Speed	17.0 kn	Friction μ	0.30
Voyage	unrestricted	COG height	8.900 m
fR	1.0000	Footprint wxl	17.290 × 22.600 m

Forces (fR = 1.0000)

Direction	Accel×fR kN	Wind kN	Sea kN	Total kN	Tag
Transverse →PS	2084.0	270.6	45.2	2399.8	Fy_ps
Transverse →SB	2084.0	270.6	45.2	2399.8	Fy_sb
Longit. →Aft	1097.1	170.8	34.6	1302.5	Fx_aft
Longit. →Fwd	1097.1	170.8	34.6	1302.5	Fx_fwd
Vertical	2194.2	—	—	2194.2	Fz

fR = 1.0000 reduces acceleration forces only. Wind/sea areas in m²; force = area × 1 kN/m².

Appendix 3 applicable – additional transverse: 6567.4 kNm | additional longitudinal: 9484.0 kNm

Securing Materials (SF = 1.5)

Material	BL kN	MSL kN	CS (SF 1.5) kN	Count
Chain / D-Ring / Welded	200	100.0	66.7	60

Securing Arrangement

Side	n	Material	α °	Lever m	MSL kN	CS kN	f	Restr. kN	Mom. kNm
SB → resists PS	22	Chain / D-Ring / Welded	23	6.00	100.0	66.7	1.00	1467.4	8804.4
PS → resists SB	22	Chain / D-Ring / Welded	23	6.00	100.0	66.7	1.00	1467.4	8804.4
FWD → resists Aft	8	Chain / D-Ring / Welded	45	22.60	100.0	66.7	0.92	490.9	11094.6
AFT → resists Fwd	8	Chain / D-Ring / Welded	45	22.60	100.0	66.7	0.92	490.9	11094.6

Balance of Forces (Sliding) & Moments (Tipping)

Sliding [Lashings + Fr (941.8 kN)]	Req kN	App kN	Status	Tipping	Req kNm	App kNm	Status
→ PS (SB lashings)	2399.8	2408.4	OK	→ SB (PS lashings)	27925.6	35938.4	OK
→ SB (PS lashings)	2399.8	2408.4	OK	→ PS (SB lashings)	27925.6	35938.4	OK
→ Aft (FWD lashings)	1302.5	1432.0	OK	→ Aft (FWD lashings)	21075.8	46552.9	OK
→ Fwd (AFT lashings)	1302.5	1432.0	OK	→ Fwd (AFT lashings)	21075.8	46552.9	OK

Appendix 3: additional transverse moment +6567.4 kNm | additional longitudinal moment +9484.0 kNm

SF = 1.5 | Vertical lashing angles only (conservative approach). For SF = 1.35 horizontal angles must be measured and documented per IMO CSS Annex 13.

TANDEM LIFT – VIRTUAL COG STABILITY REPORT

Project: Tandem Lift

Printed: 2026-07-05 15:17:50

PASS

Page 1 / 8

1. Project and Load Data

Total Lift Weight	332.00 t
Crane 1 (Aft) Share	166.00 t (50%)
Crane 2 (Fwd) Share	166.00 t (50%)
Load Dimensions L x B x H	23000 x 17000 x 3000 mm
COG Height above Baseplate	8500 mm
Lift Point Height above Baseplate	2800 mm
COG relative to Lift Points	5700 mm – ABOVE LP: stability check required
LP1 to LP2 Distance	13.00 m

2. Rigging Geometry

Lifting Arrangement: AFT / Crane 1

LP Spacing BB to SB	12.00 m
Spreader Width	12.00 m
Lower Sling Length	5.00 m
Lower Sling Angle (from vertical)	0.0 deg
Lower Sling Vert. Component S	5.000 m
Upper Sling Length	14.00 m
Upper Sling Angle (from vertical)	25.4 deg
Upper Sling Vert. Component V	12.649 m
Phi – Vertical to Upper Sling	25.4 deg
Spreader Mass	6.00 t
Hook Height above LP (COS)	17.649 m

Lifting Arrangement: FWD / Crane 2

LP Spacing BB to SB	12.00 m
Spreader Width	12.00 m
Lower Sling Length	5.00 m
Lower Sling Angle (from vertical)	0.0 deg
Lower Sling Vert. Component S	5.000 m
Upper Sling Length	14.00 m
Upper Sling Angle (from vertical)	25.4 deg
Upper Sling Vert. Component V	12.649 m
Phi – Vertical to Upper Sling	25.4 deg
Spreader Mass	6.00 t
Hook Height above LP (COS)	17.649 m

3. Virtual COG Stability Check (Kapp/Nikitin)

Result: AFT/Crane1

Z – COG above LP	5.700 m
S – Lower sling vert.	5.000 m
V – Upper sling vert.	12.649 m
Phi	25.4 deg
R_rigging	3.598 m
R_wind	0.017 m
R_total	3.615 m
Virtual COG above LP (Z+R)	9.315 m
COS (S+V)	17.649 m
Margin M = COS - vCOG	8.334 m

STABLE

Result: FWD/Crane2

Z – COG above LP	5.700 m
S – Lower sling vert.	5.000 m
V – Upper sling vert.	12.649 m
Phi	25.4 deg
R_rigging	3.598 m
R_wind	0.017 m
R_total	3.615 m
Virtual COG above LP (Z+R)	9.315 m
COS (S+V)	17.649 m
Margin M = COS - vCOG	8.334 m

STABLE

4. Overall Assessment

Overall: PASS (governing margin = 8.334 m)

Virtual COG is 8.334 m below COS. Governing margin exceeds 2.5 m minimum.

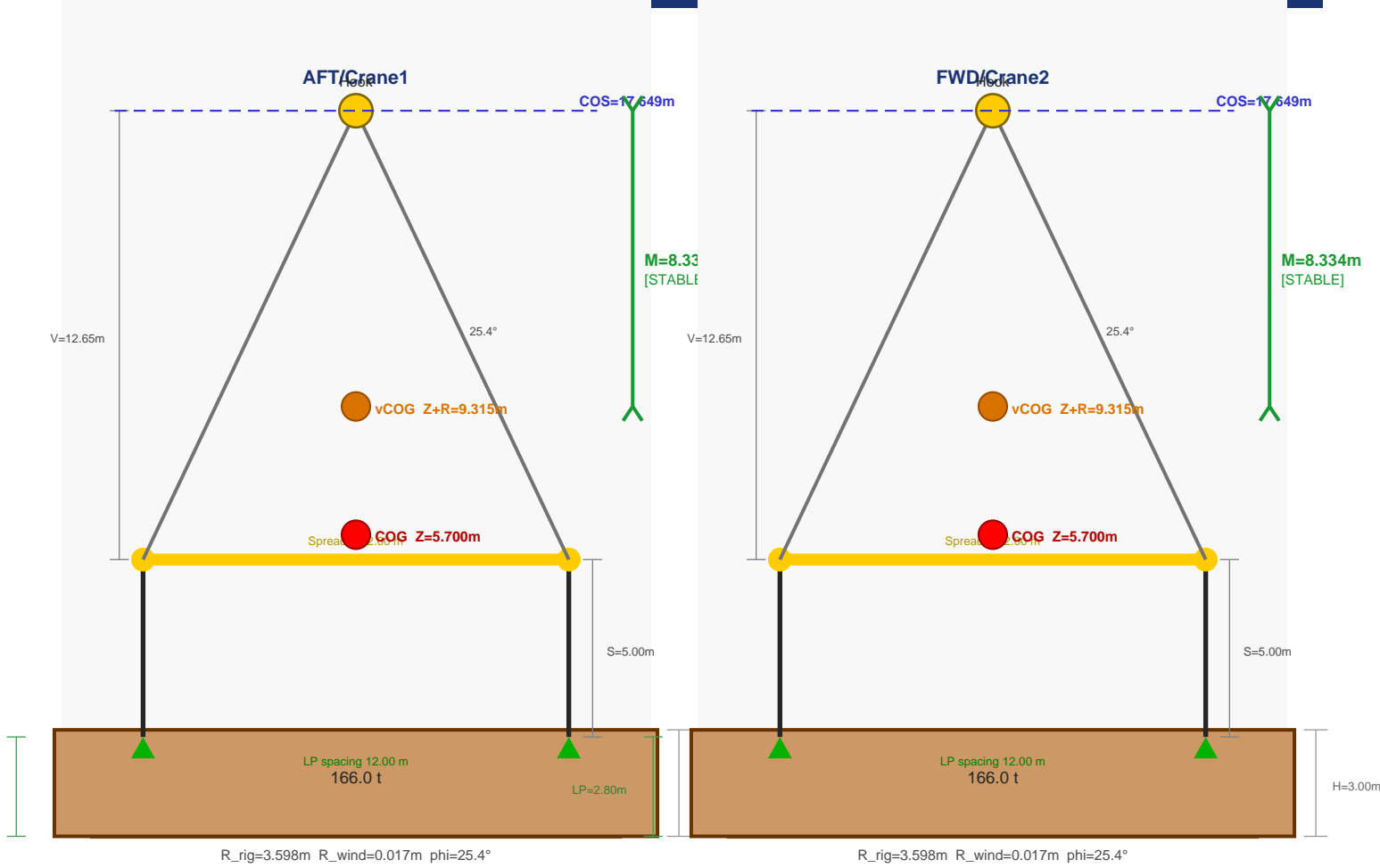
Acceptance: PASS \geq 2.5 m | MARGINAL 0.5–2.5 m | FAIL $<$ 0.5 m

TANDEM LIFT – VIRTUAL COG STABILITY REPORT

Project: Tandem Lift
Printed: 2026-07-05 15:17:50

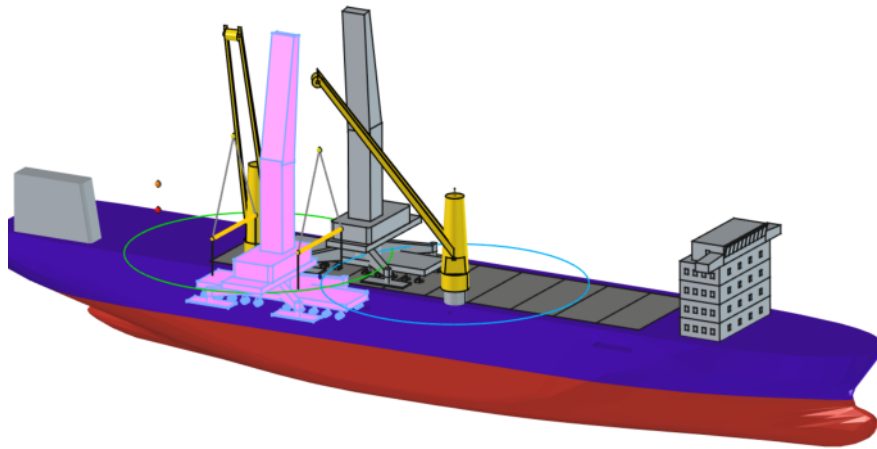
PASS
Page 3 / 8

5. Front Elevation – Cross-Section View

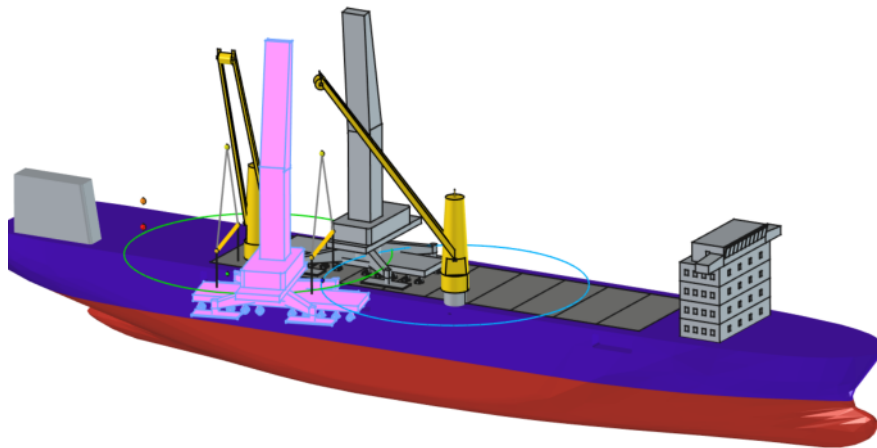


6. Simulation Steps 1–3 (of 14)

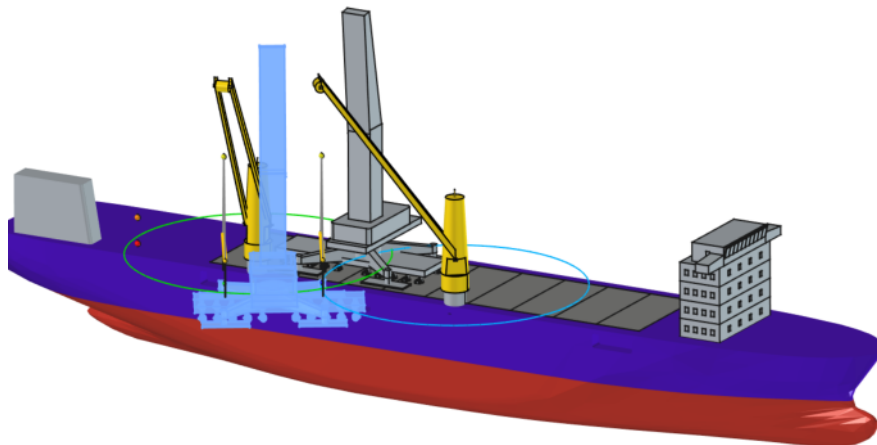
Step 1/14 [SWING] Status:FAIL K1: $r=9.23\text{m}$ slew= 188.4° K2: $r=17.99\text{m}$ slew= 120.5°



Step 2/14 [SWING] Status:WARN K1: $r=13.60\text{m}$ slew= 191.2° K2: $r=17.71\text{m}$ slew= 124.3°

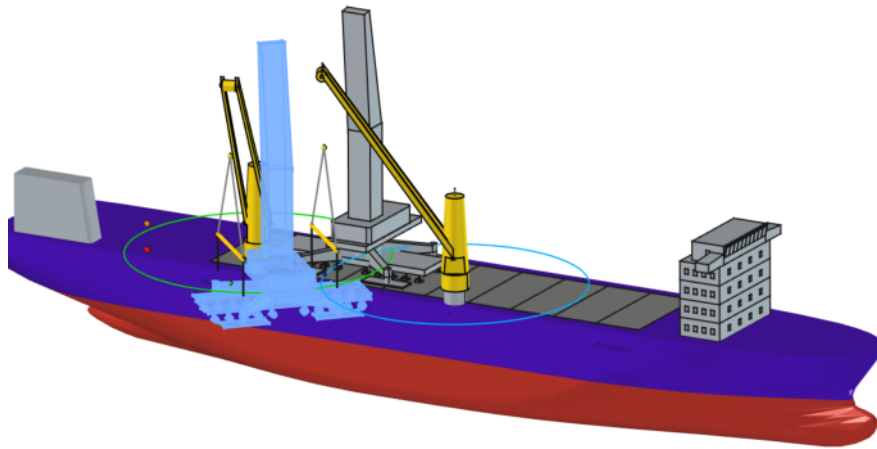


Step 3/14 [SWING] Status:OK K1: $r=17.83\text{m}$ slew= 194.1° K2: $r=17.89\text{m}$ slew= 127.1°

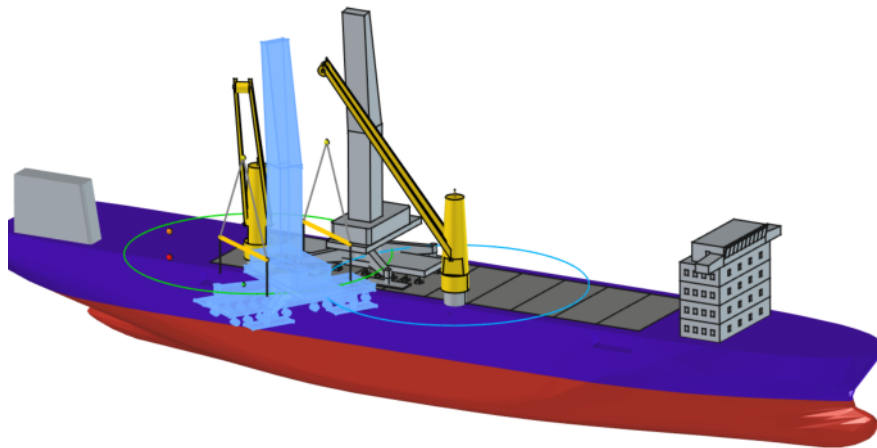


7. Simulation Steps 4–6 (of 14)

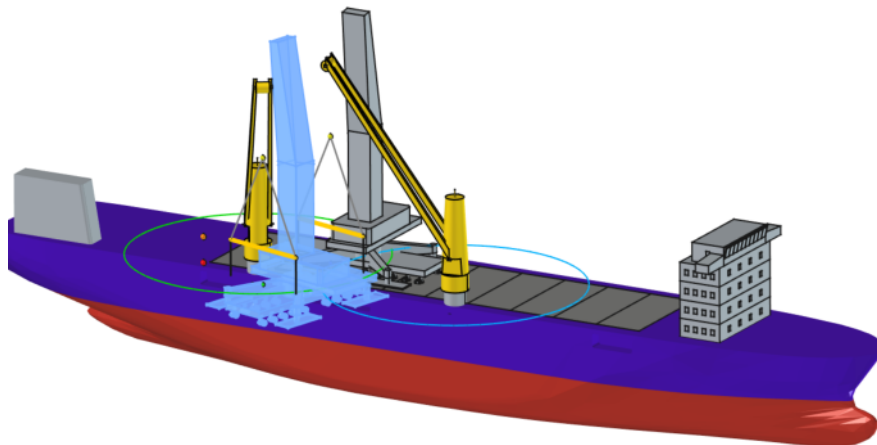
Step 4/14 [SWING] Status:OK K1: r=17.83m slew=196.9° K2: r=17.37m slew=117.0°



Step 5/14 [SWING] Status:OK K1: r=17.83m slew=202.5° K2: r=17.33m slew=107.5°

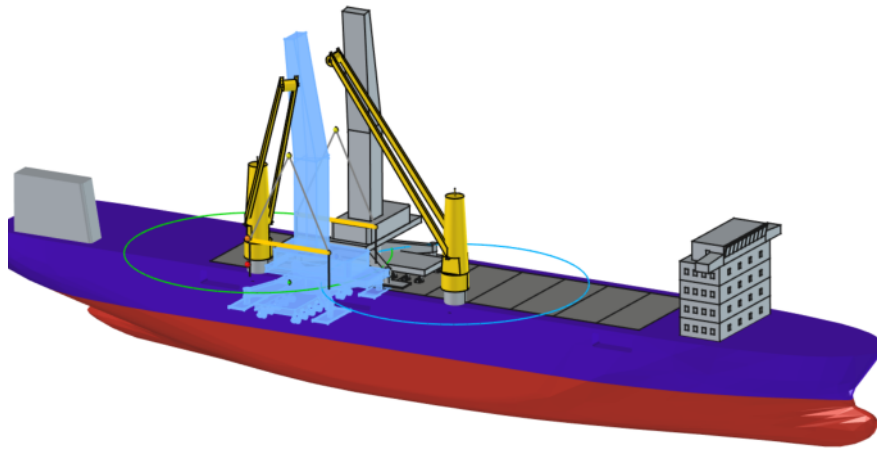


Step 6/14 [SWING] Status:OK K1: r=17.83m slew=210.9° K2: r=17.53m slew=99.0°

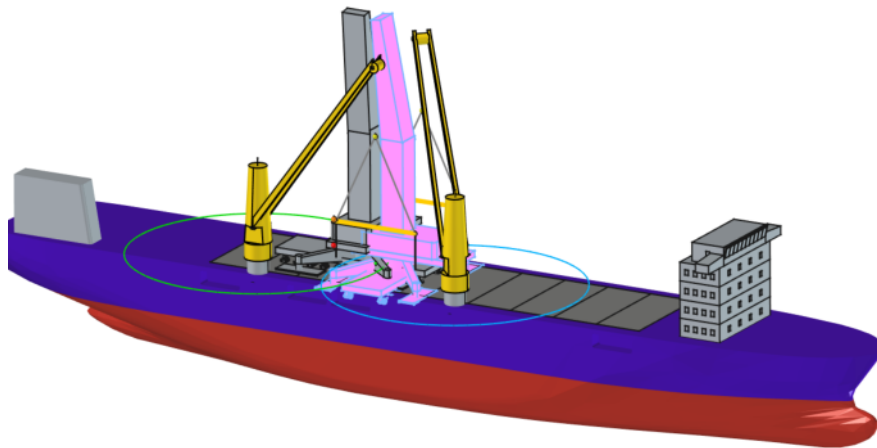


8. Simulation Steps 7–9 (of 14)

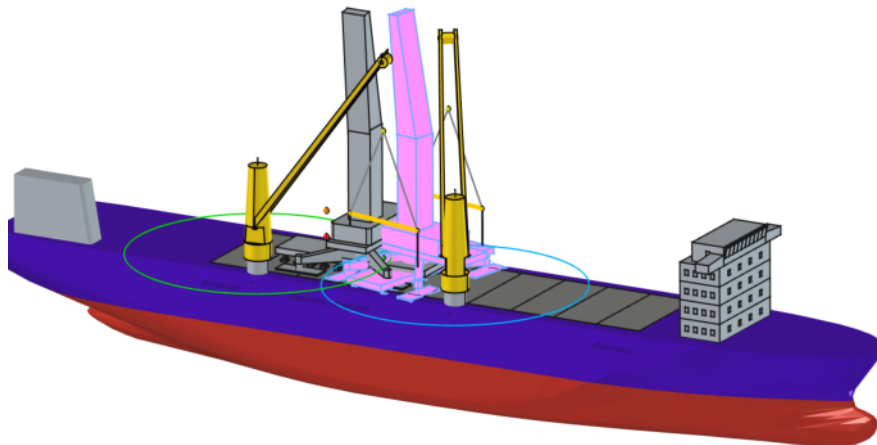
Step 7/14 [SWING] Status:OK K1: r=17.83m slew=222.2° K2: r=17.88m slew=90.7°



Step 8/14 [SWING] Status:FAIL K1: r=17.83m slew=270.0° K2: r=17.70m slew=42.7°

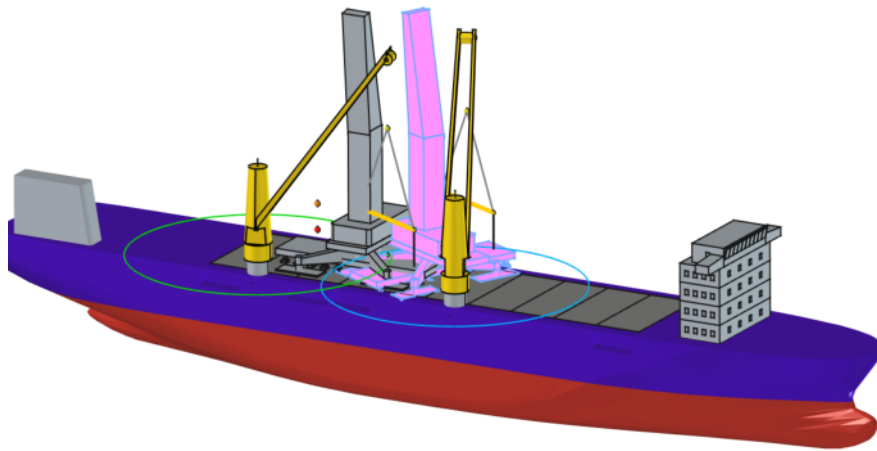


Step 9/14 [SWING] Status:FAIL K1: r=17.83m slew=278.4° K2: r=17.91m slew=31.4°

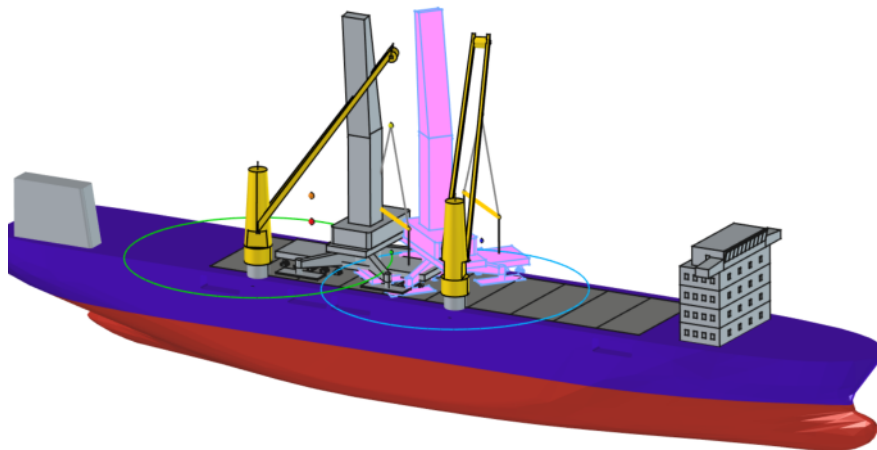


9. Simulation Steps 10–12 (of 14)

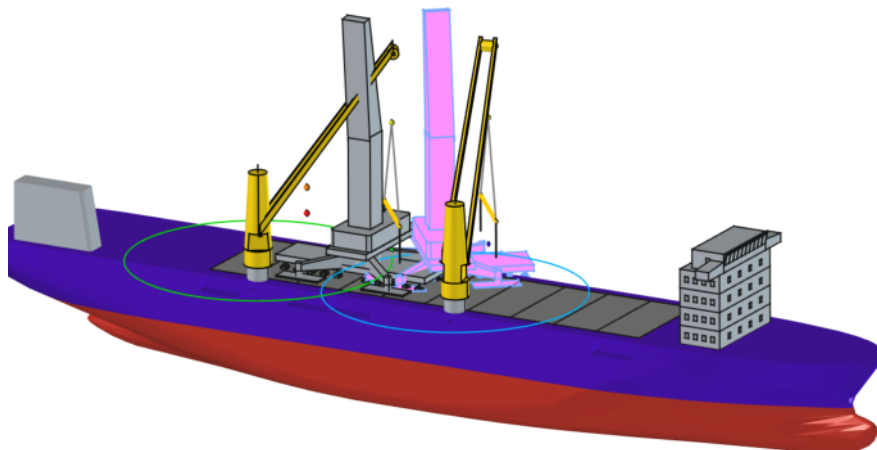
Step 10/14 [SWING] Status:FAIL K1: r=17.83m slew=284.1° K2: r=17.47m slew=23.3°



Step 11/14 [SWING] Status:FAIL K1: r=17.83m slew=292.5° K2: r=17.79m slew=17.2°

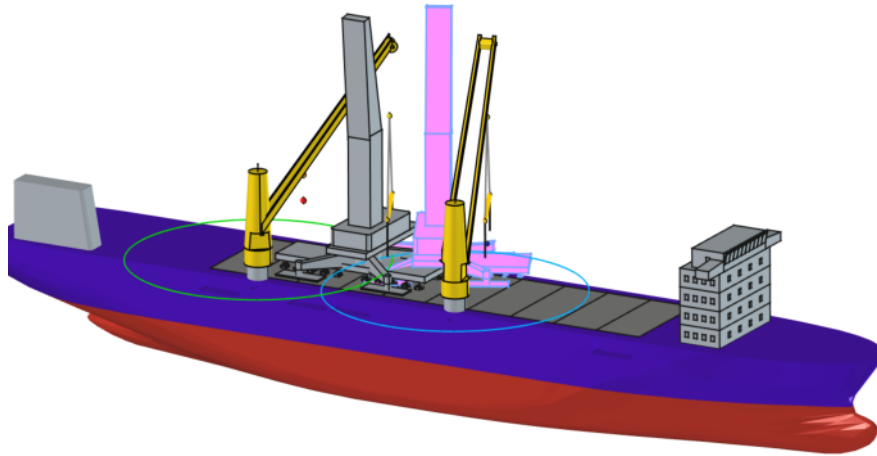


Step 12/14 [SWING] Status:FAIL K1: r=17.83m slew=300.9° K2: r=17.82m slew=14.3°

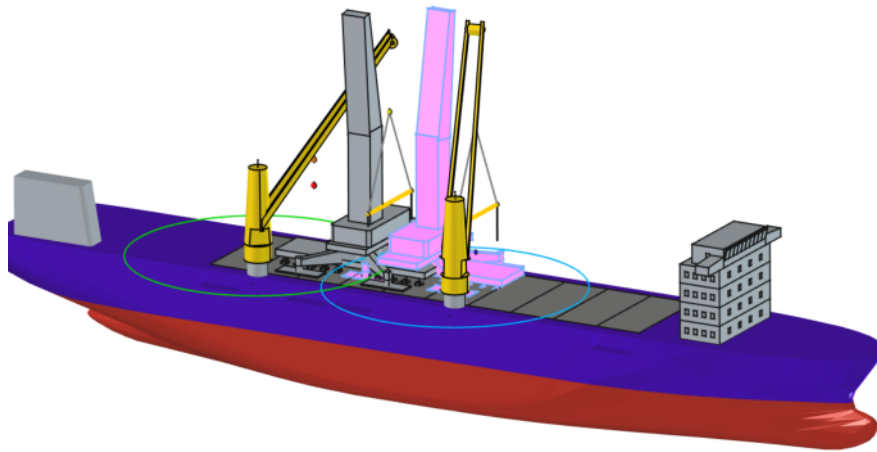


10. Simulation Steps 13–15 (of 14)

Step 13/14 [SWING] Status:FAIL K1: r=17.83m slew=309.4° K2: r=17.50m slew=14.4°



Step 15/14 [SWING] Status:FAIL K1: r=17.83m slew=309.4° K2: r=11.72m slew=15.2°



LIFTING ARRANGEMENT REPORT

Project: Tandem_Rigging | Date: 2026-07-05 15:20 | DNV-ST-N001 / Noble Denton

PASS

1. Project Data

Project	Tandem_Rigging
Crane 1 operating load	166.000 t
Crane 2 operating load	166.000 t
DAF sheltered / open_sea / offshore	1.05/1.1/1.15
Skew factor (Noble Denton)	1.05
Safety factor WLL	1.35
D/d min normal/reduced	5.0/4.0

2. Load Verification (DNV-ST-N001)

PASS

Crane	F0[t]	DAF	Skew	a_max[deg]	Ang.fac.	F_d[t]	WLL_req[t]
1	166.000	1.05	1.05	24.7 deg	1.133	183.015	135.941
2	166.000	1.05	1.05	24.7 deg	1.133	183.015	135.941

LIFTING ARRANGEMENT REPORT

Project: Tandem_Rigging | Date: 2026-07-05 15:20 | DNV-ST-N001 / Noble Denton

PASS

3. Geometry Verification (actual angles from segment lengths)

PASS

Crane	h_up target[m]	h_up act.[m]	Delta[mm]	a_up target	a_up act.	h_low target[m]	h_low act.[m]	Delta[mm]
1	12.649	12.649	+0	25.4 deg	24.7 deg	5.000	5.000	+0
2	12.649	12.649	+0	25.4 deg	24.7 deg	5.000	5.000	+0

4. D/d Verification (DNV-ST-N001 Tab. 9-7)

PASS

Crane	Position	WLL[t]	D shackle[mm]	d wire[mm]	D/d	BFR	Status
1	Coupling-1	150.0	105	90.0	1.17	0.537	OK

5. Bill of Material

No.	Description	Qty	Specification	Wt.[kg]
1	Crane 1 Grommet upper Seg.1	2	L=9.00m d=90mm WLL min 158.99t	-
2	Crane 1 Grommet upper Seg.2	2	L=5.00m d=90mm WLL min 158.99t	-
3	Crane 1 Coupling shackle #1	1	WLL 150.0t	160.0
4	Crane 1 Grommet lower Seg.1	2	L=5.00m d=90mm WLL min 158.99t	-
5	Crane 2 Grommet upper Seg.1	2	L=14.00m d=90mm WLL min 158.99t	-
6	Crane 2 Grommet lower Seg.1	2	L_geom=5.00m L_order=2x5.00m=10.00m d=45mm WLL min 34.55t ■ 4 strands	-

6. Design Statement

Project: Tandem_Rigging Date: 2026-07-05 15:20

Basis: DNV-ST-N001 (Marine Operations) and Noble Denton General Guidelines.

Factors: DAF 1.05/1.1/1.15 (sheltered/open_sea/offshore), skew/slew factor 1.05 (Noble Denton tandem lift), angle factor $1/\cos(a)*1.03$, safety factor 1.35. D/d check: minimum 5.0 (normal) / 4.0 (reduced, WLL reduction 80%).

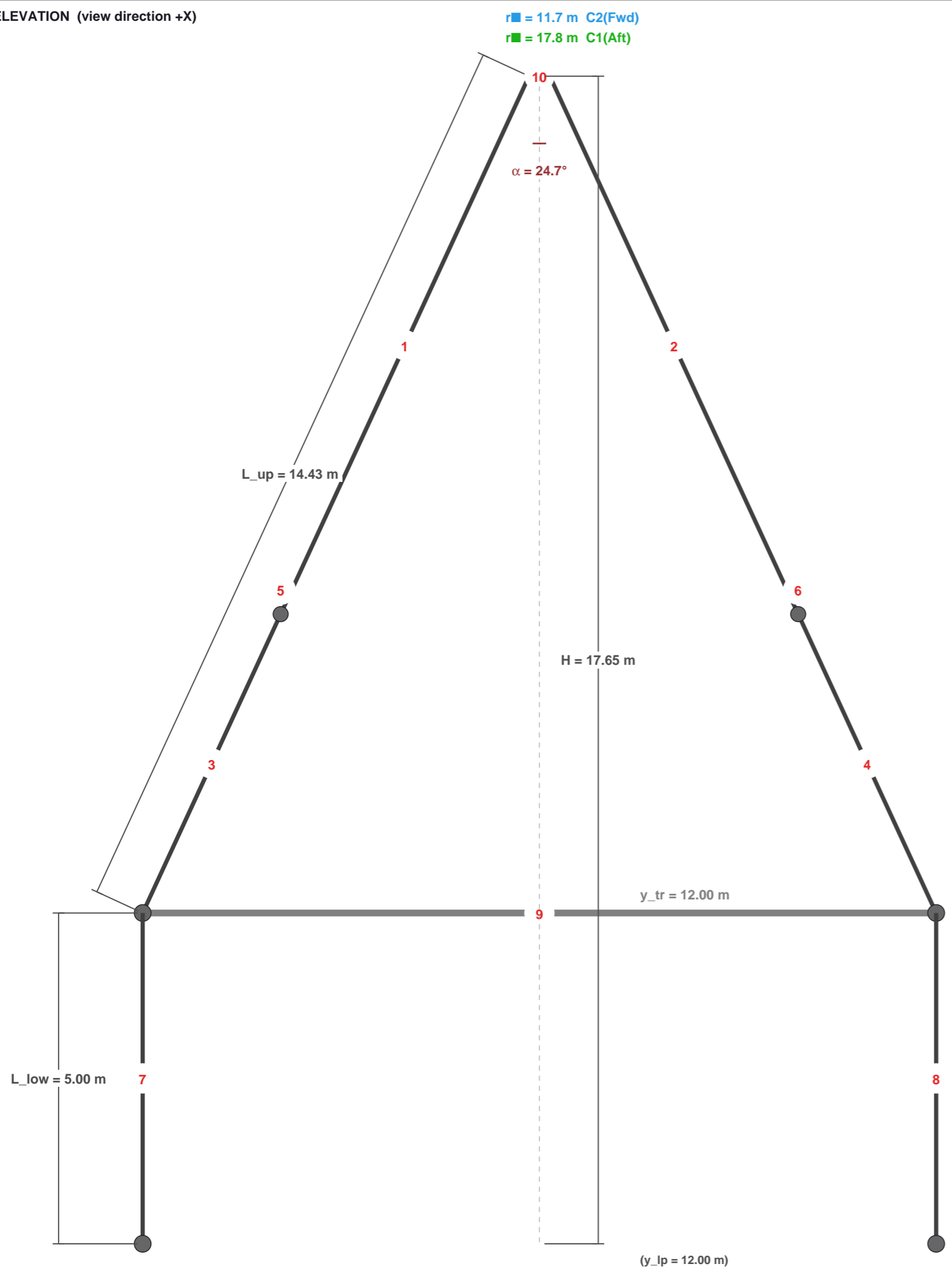
Geometry: effective sling angles are calculated geometrically from the configured grommet segment lengths and the ramshorn hook width.

Crane 1: F0=166.000t F_d=183.015t WLL_req=135.941t PASSED.

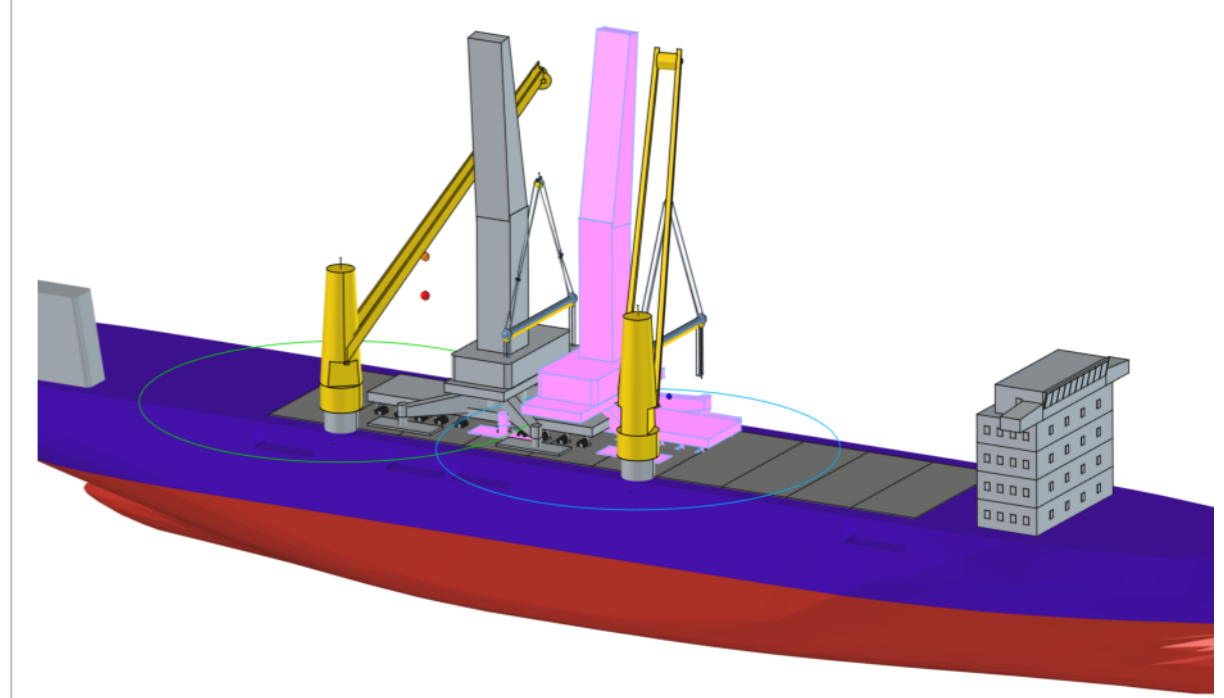
Crane 2: F0=166.000t F_d=183.015t WLL_req=135.941t PASSED.

Overall result: All verifications passed. Recommended for MWS approval.

SIDE ELEVATION (view direction +X)



3D VIEW (FreeCAD axonometric)

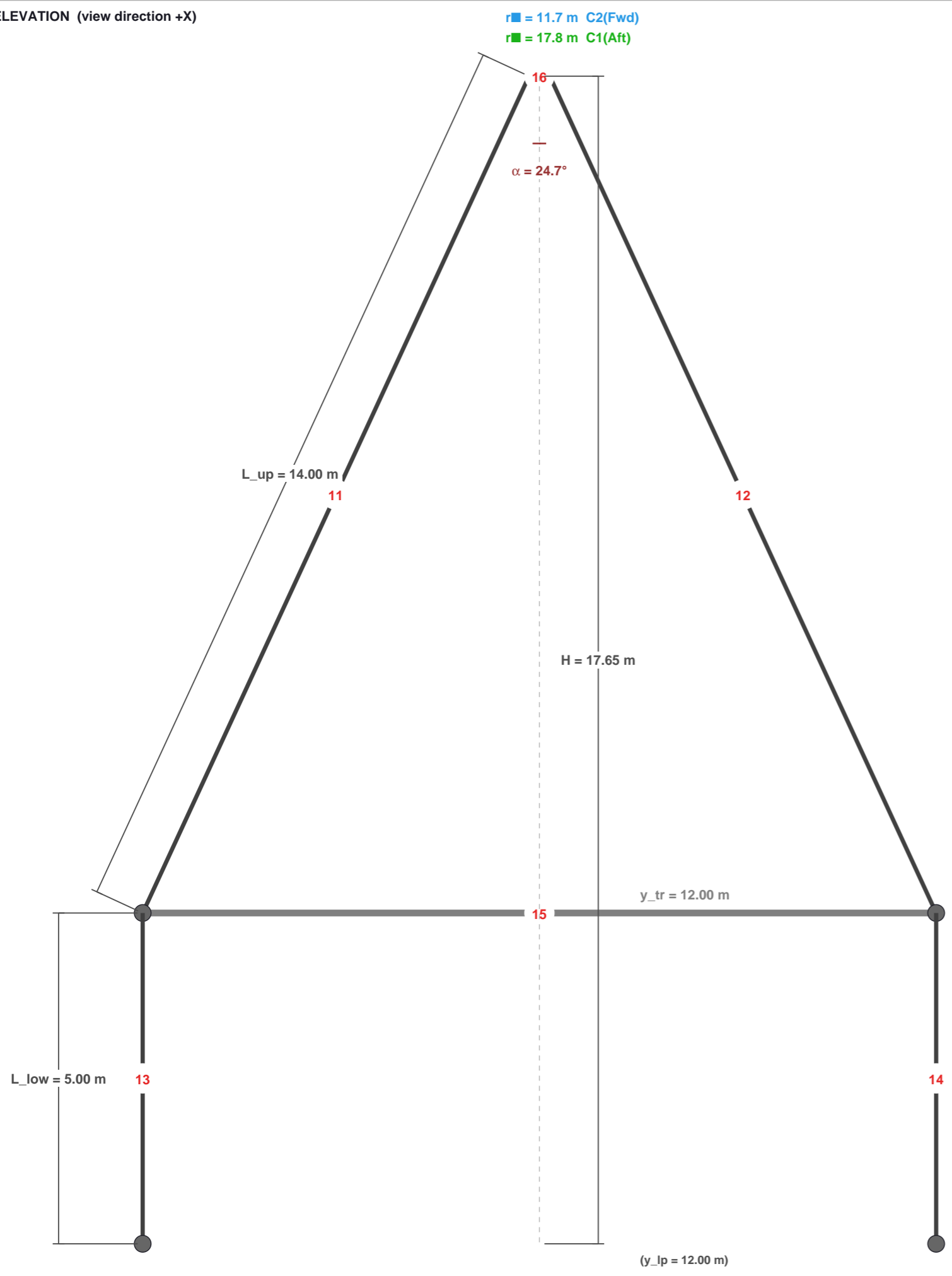


Crane 1 (Aft): r = 17.8 m
 Crane 2 (Fwd): r = 11.7 m

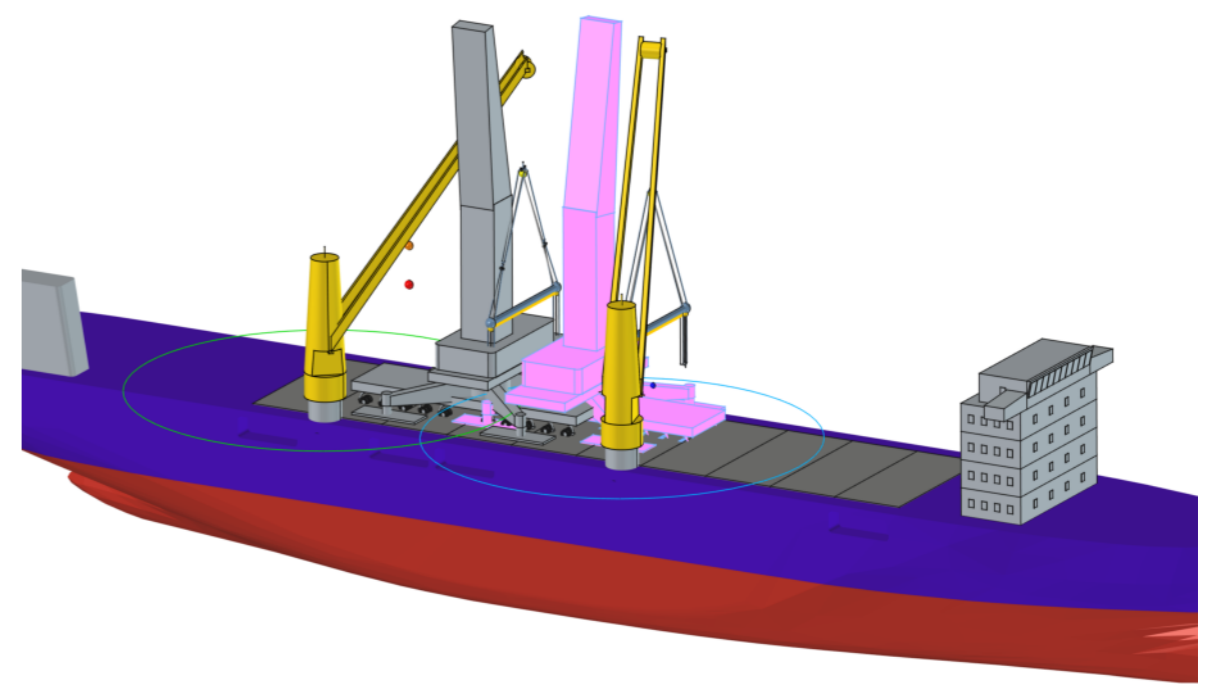
BILL OF MATERIALS – CRANE 1

Qty	Description	Pos.
2x	Grummet d=90 mm L=9.00 m	1. 2.
4x	Grummet d=90 mm L=5.00 m	3. 4. 7. 8.
2x	Shackle WLL 150 t	5. 6.
1x	Spreader beam L=12.00 m	9.
1x	Ramshorn hook 320 t	10.

SIDE ELEVATION (view direction +X)



3D VIEW (FreeCAD axonometric)



Crane 1 (Aft): $r = 17.8 \text{ m}$
Crane 2 (Fwd): $r = 11.7 \text{ m}$

BILL OF MATERIALS – CRANE 2

Qty	Description	Pos.
2x	Grummet d=90 mm L=14.00 m	11. 12.
2x	Grummet ■ d=45 mm L_geom=5.00 m → order 2x5.00=10.00...	13. 14.
1x	Spreader beam L=12.00 m	15.
1x	Ramshorn hook 320 t	16.