

■ 13.25 U-Boot aus Schalen Nr. 22

Ein Unterseeboot der Klasse 212A der Bundesmarine, das als Schalenstruktur in Pro/ENGINEER konstruiert wurde, wird mit Hilfe der NASTRAN-Schnittstelle in Z88Aurora importiert und dort zur Volumenschale aufgedickt. Berechnet werden die Verformung und Spannungen des U-Bootrumpfes bei einer Tauchtiefe von 50 m. Das U-Boot befindet sich in einer Art Schwebezustand im Wasser. Daher wird es in Z88Aurora mit einem virtuellen Fixpunkt praktisch „schwebend“ im Raum fixiert.

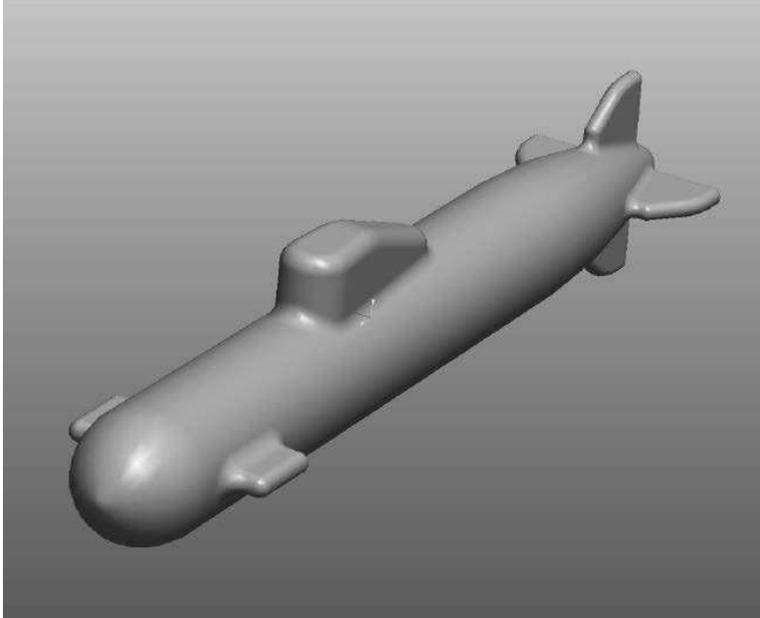


Bild 13.25-1: Geometrie des U-Bootes in Pro/ENGINEER

Neuen Projektordner erstellen

Erstellen Sie einen neuen Projektordner .

Import NASTRAN

Die Beispieldatei "u-boot.nas" aus „z88_beispiele_z88aurora/b25/Nastran-Datei“ wird im Import-Kontextmenü als NASTRAN-Datei importiert. Wählen Sie die Importmöglichkeit „Schale“ aus.

Erstellung der FE-Struktur aus Superelementen

Die konventionelle Schalenstruktur des U-Bootes soll im nächsten Schritt zu Volumenschalen vernetzt werden. Wechseln Sie in das *Präprozessormenü* → *Superelemente*. Die Volumenschalenstruktur soll eine Dicke von 20 mm besitzen:

1. Dicke vorgeben: Wert „20“.
2. Verwaltung: „Hinzufügen“ der neuen Vernetzungsregel.
3. FE-Struktur erzeugen: „Netz erstellen“.

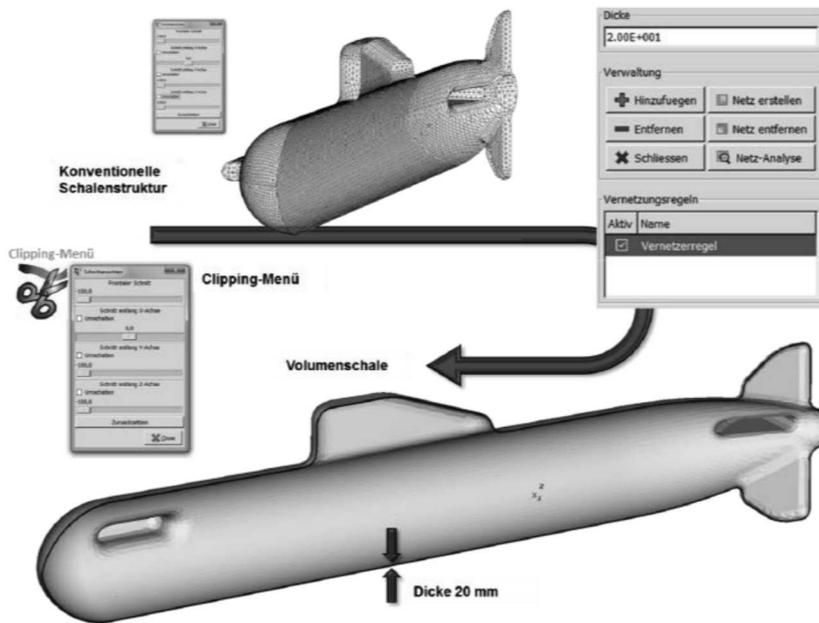


Bild 13.25-2: Erzeugung von Volumenschalen

Clipping

Mit Hilfe der Clipping-Funktion (Menüreiter Ansichten) kann kontrolliert werden, dass die konventionelle Schalenstruktur zu einer Struktur aus Volumenschalen aufgedickt wurde.

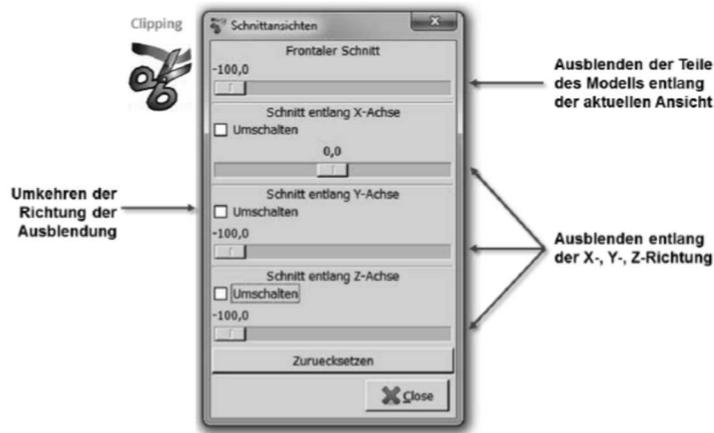


Bild 13.25-3: Clipping-Menü

Material erstellen

Verwenden Sie das Material Baustahl S235JR aus der Z88Aurora-Materialdatenbank.

Flächenpicken – Knotenpicken

Wechseln Sie in das „Picking-Kontextmenü“ und „Knotenpicking“ und legen Sie nun zwei Knoten-Sets, „X_Richtung“ und „Z_Richtung“, für den virtuellen Fixpunkt an. Des Weiteren ist ein Flächen-Set „Mantelflaeche“ anzulegen. Dieses Flächen-Set stellt die gesamte Außenfläche des U-Bootes dar und erhält die Druckrandbedingung. Im Kontextmenü „Flaechen-Picking“ wird eine Oberflächenfacette ausgewählt, der Schieberegler für den „Winkel“ auf den Wert „50“ geschoben und mittels des Buttons „Flaechen“ die gesamte Außenflächen gepickt.

Randbedingungen

Button *Praeprozessor* → *Randbedingungen Zuweisen*. → Im Kontextmenü werden den Knoten-Sets und dem Flächen-Set nun Randbedingungen zugewiesen. Auf die gesamte Mantelfläche wirkt der Wasserdruck mit 0.5 N/mm^2 . Die Knoten-Sets werden in der Weise festgehalten, dass das U-Boot „frei“ im Wasser schwebt, für die FEA dennoch statisch bestimmt gelagert ist.

1. Festhaltung: Set „Z_Richtung“, Richtung X, Y, „Verschiebung“, Wert 0, Name „XY_fest“.
2. Festhaltung: Set „X_Richtung“, Richtung Y, Z, „Verschiebung“, Wert 0, Name „YZ_fest“.
3. Druck: Set „Mantelflaeche“, Druck, Wert 0.5, Name „Wasserdruck“.

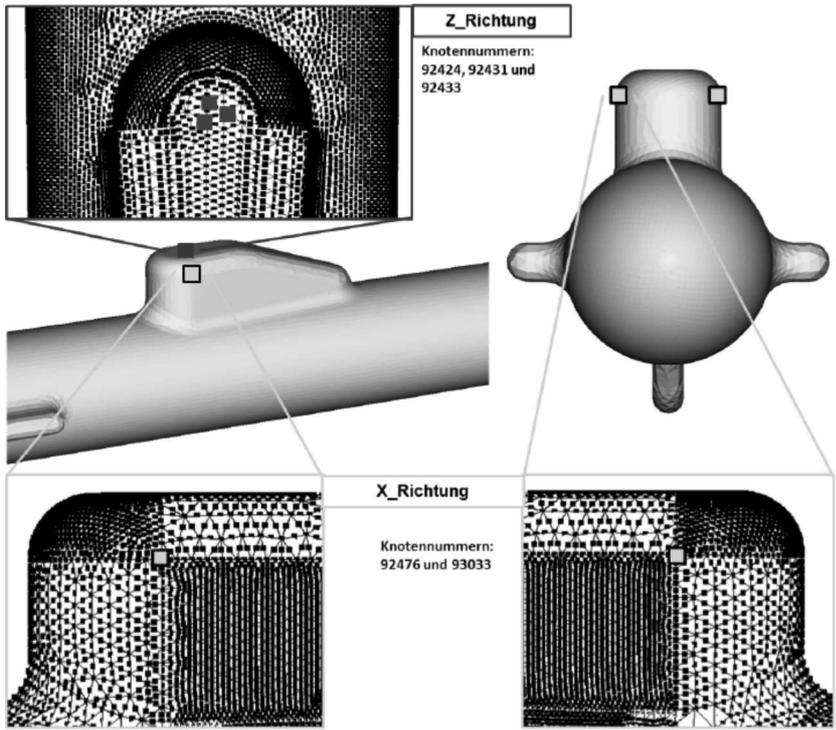


Bild 13.25-4: Knoten-Sets für virtuellen Fixpunkt

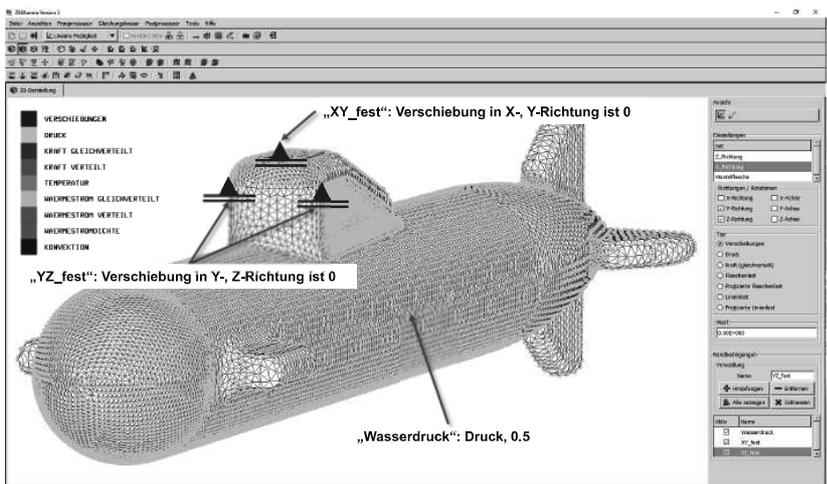


Bild 13.25-5: Randbedingungen

Berechnung starten

Starten Sie die Berechnung mit dem „Pardiso-Solver“.

Ausgaben

Der Pardiso-Solver liefert folgende Gesamtverschiebung und Spannungen in den Eckknoten:

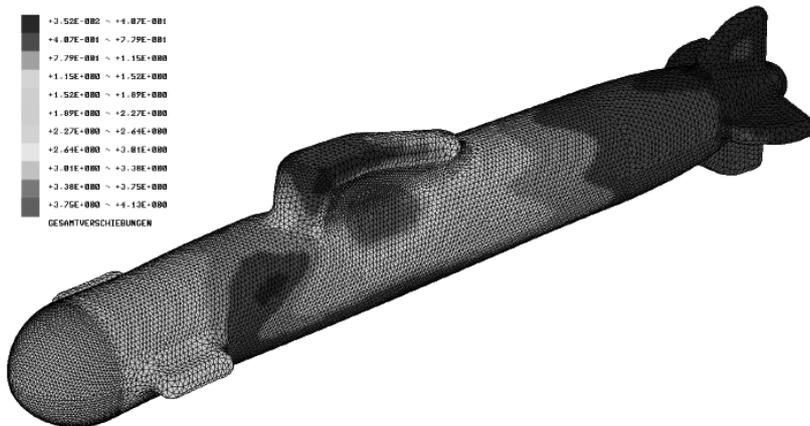


Bild 13.25-6: Darstellung der Ergebnisse: Gesamtverschiebung

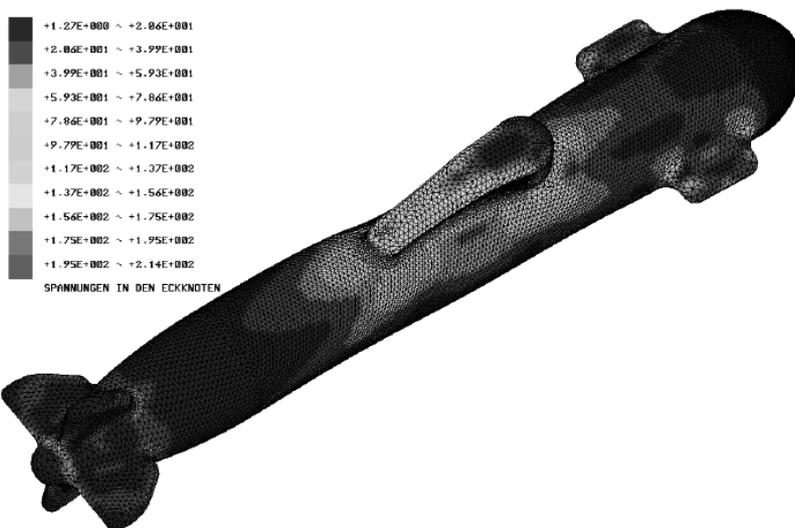


Bild 13.25-7: Darstellung der Ergebnisse: Vergleichsspannungen nach GEH in den Eckknoten

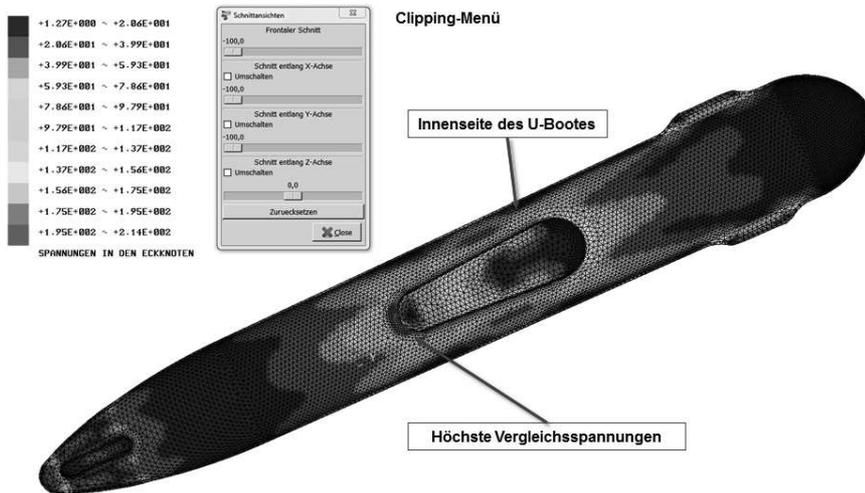


Bild 13.26-8: Darstellung der Ergebnisse im Inneren des U-Bootes: Vergleichsspannungen nach GEH in den Eckknoten

■ 13.26 Zahnrad aus Tetraedern Nr. 17

In diesem Beispiel wird ein Zahnrad, das als ABAQUS INP-Datei vorliegt, in Z88Aurora importiert und berechnet. Die Berechnung erfolgt mit statischer Last und ersetzt nicht eine Beanspruchungsberechnung nach DIN 3990. Das Zahnrad ist geradverzahnt und hat Evolventen-Zahnflanken ohne jegliche Verzahnungsabweichung. Der Radkörper ist aus Gewichtsgründen mit Rippen versehen.

Es besitzt 30 Zähne, Modul 5 mm, einen Eingriffswinkel von 20° und einen Wälzkreisdurchmesser von 154 mm. Das Zahnrad soll mit einem Drehmoment von 160 Nm belastet werden.



Bild 13.26-1: Geometrie des Zahnrades in ABAQUS

Neuen Projektordner erstellen

Erstellen Sie ein neues Projektverzeichnis .

Import ABAQUS-INP

Die Beispieldatei „zahnrad.inp“ aus „z88_beispiele_z88aurora/b26/Abaqus-Datei“ einlesen.

Knotenpicken

Wechseln Sie in das Pickingmenü und „Knotenpicking“ und legen Sie nun drei Knoten-Sets an, eines für die Lagerstelle „Lager“ und zwei für die Normalkräfte entlang der Breitenrichtung der Zahnflanke. Für die Normalkraft werden zwei Knoten-Sets, „Last_x“ und „Last_y“, mit den gleichen gepickten Knoten benötigt, um die Normalkraft komponentenweise aufzuteilen. Das „Lager“-Set kann durch die Auswahl eines Knotens der Lagerfläche und dem Button „Flaeche“ gepickt werden.

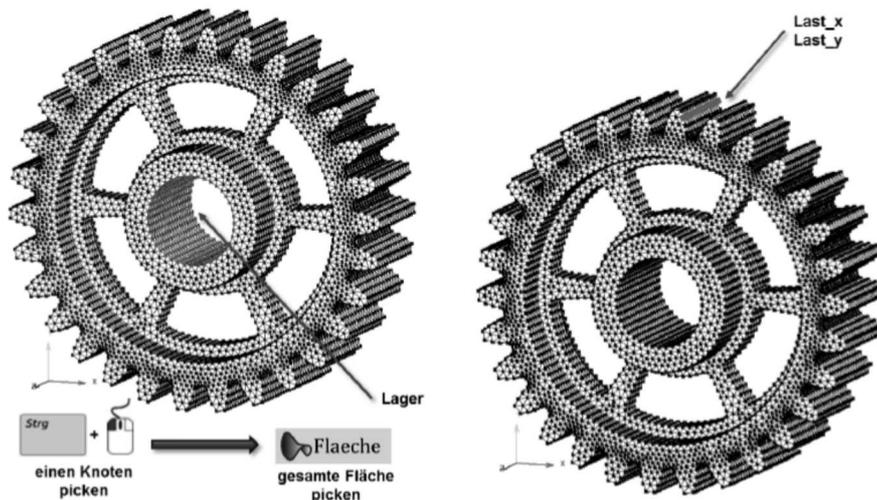


Bild 13.26-2: Knoten-Sets für Randbedingungen picken

Randbedingungen

Button *Praeprozessor* → *Randbedingungen Zuweisen*. → Im Kontextmenü werden den Knoten-Sets nun Randbedingungen zugewiesen. Als Last wird die Normalkraft entlang der Berührlinie der Zahnflanke als Linienlast aufgebracht. Sie berechnet sich aus dem Drehmoment und der Richtung der Normale entlang der Berührlinie. Reibungseffekte bleiben unberücksichtigt.

1. Festhaltung: Set „Lager“, Richtung X, Y, Z, „Verschiebung“, Wert 0, Name „Festhaltung“.
2. Kraft aufbringen: Set „Last_x“, Richtung X, Linienlast, Wert „-2170“, Name „Linienlast_x“.
3. Kraft aufbringen: Set „Last_y“, Richtung Y, Linienlast, Wert „-673“, Name „Linienlast_y“.

Die Verwendung der Option „Linienlast“ erspart die Berechnung der einzelnen Kraftanteile der FE-Knoten entlang der Berührlinie der Zahnflanke. Die unter „Wert“ angegebene Last wird entsprechend dem Vorgehen der FEA bei Streckenlasten auf alle ausgewählten FE-Knoten verteilt. Zusätzlich fließen in die Kraftverteilung noch die Längen der belasteten Finiten Elemente ein. Nur so kann eine konstante Streckenlast entlang einer Linie gewährleistet werden.

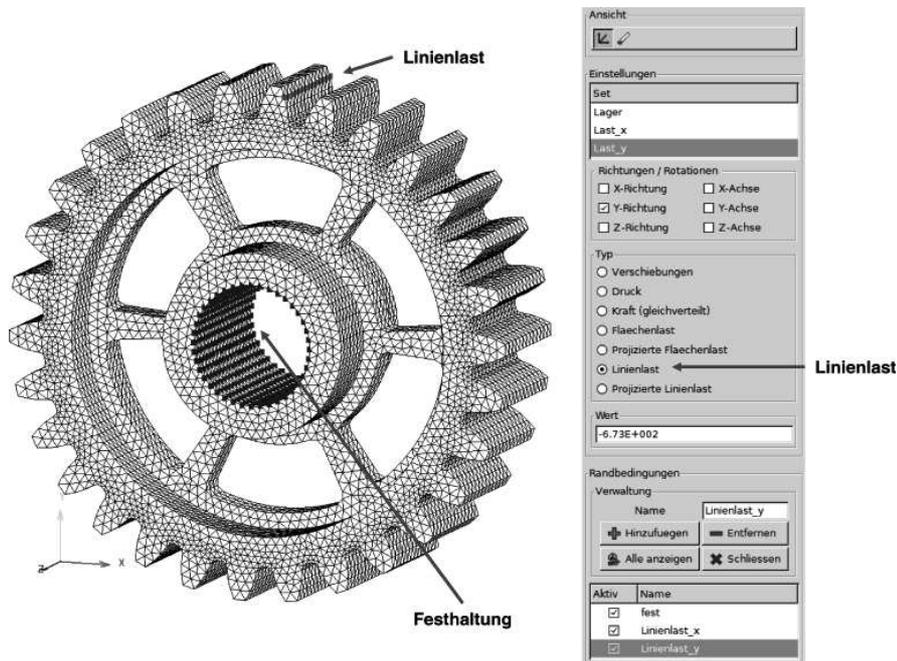


Bild 13.26-3: Linienlast und Festhaltung

Material erstellen

Verwenden Sie das Material Baustahl S235JR aus der Z88Aurora-Materialdatenbank.

Berechnung starten

Starten Sie die Berechnung mit dem „Pardiso-Solver“.

Ausgaben

Die Aufbringung der Last als Linienlast (konstante Streckenlast) bewirkt eine gleichmäßige Verschiebung über die gesamte Breite der Zahnflanke. Die höchsten Vergleichsspannungen nach GEH treten in den Rippen am Übergang zur Nabe auf. Je nachdem welchen Zahn Sie zur Aufgabe der Linienlast verwenden, ändern sich die Ergebnisse leicht, da die Entfernung des Zahns zur inneren Versteifung des Zahnrads von Belang ist.