

SIMULATION IN DER MASCHINENENTWICKLUNG

DIE SCHERDELGRUPPE

Referent: Dipl.-Ing. (FH) Kevin Will

Dörfles-Esbach, 13.09.2023

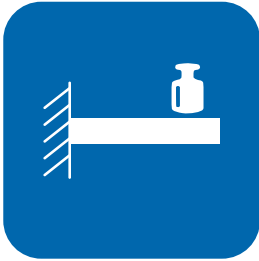
Computational Driven Engineering ist in der heutigen Produktentwicklung nicht mehr wegzudenken.

Sowohl FEM als auch CFD bieten dabei die Möglichkeit vorab oder innerhalb des Lebenszyklus eine Maschine oder deren Bauteile und Features hinsichtlich ihrer Eigenschaften zu beurteilen, ohne teure Prototypen und komplexe, zeitaufwendige Experimente einzusetzen.

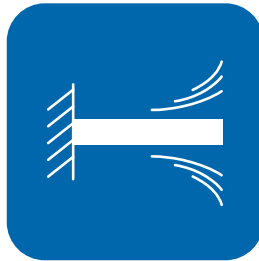
Die Methodik der Konstruktionsbegleitung kann somit das Potenzial einer vorhandenen Konstruktion ausschöpfen oder einer Neuentwicklung grundsätzliche Verbesserungen verleihen und daher eine erhebliche Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens bewirken.

Hierbei kann die Ermittlung und der Vergleich von Eigenschaften wie Steifigkeiten und Eigenfrequenzen oder Drücken und Volumenströmen Chancen aufzeigen eine Anlage zu verbessern.

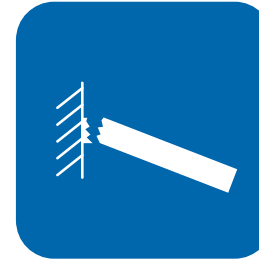
Anhand einiger ausgewählter Beispiele aus der Praxis wird dies verdeutlicht.



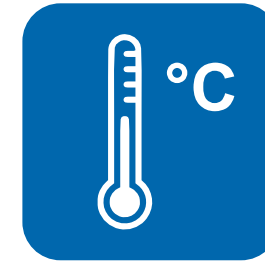
Statics



Dynamics



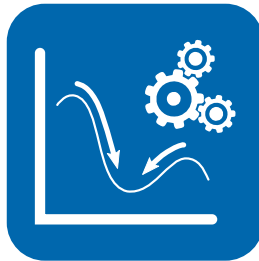
Fatigue strength



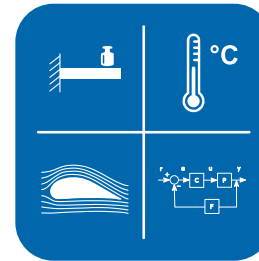
Temperature fields



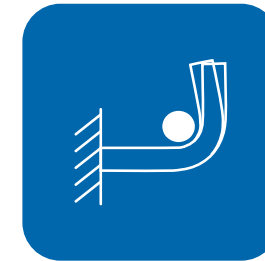
Fluid dynamics



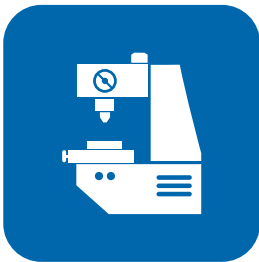
Optimization



Multiphysics



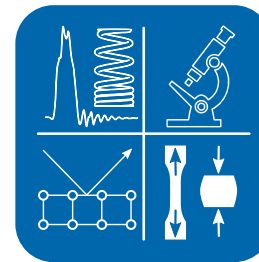
Metal forming



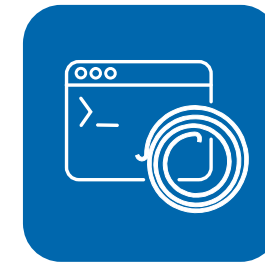
Mechanical
engineering



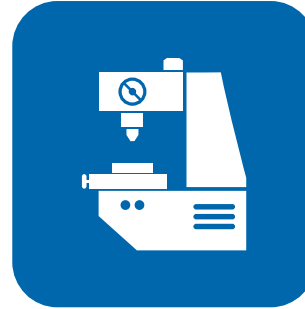
Crash



Physical
testing



Software



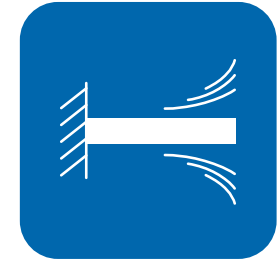
Mechanical engineering



Statics



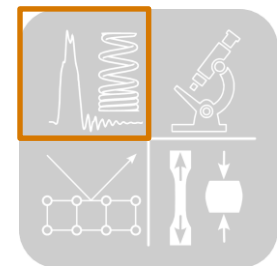
Optimization



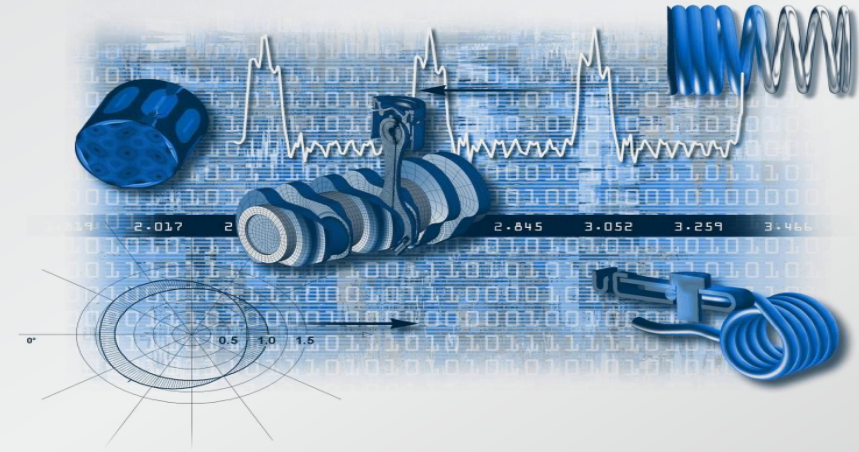
Dynamics



Fluid dynamics



Physical testing

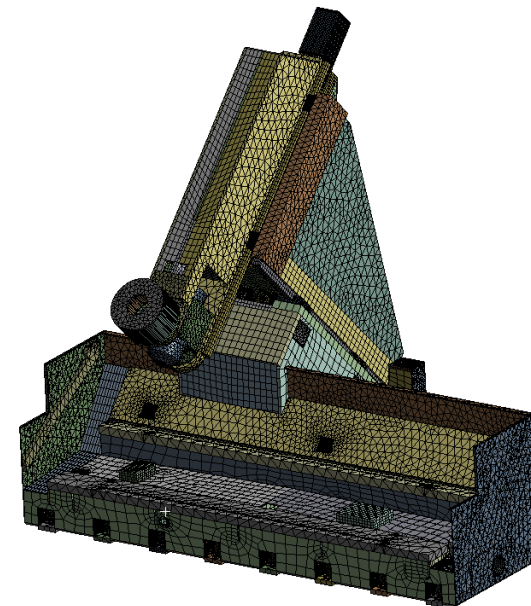
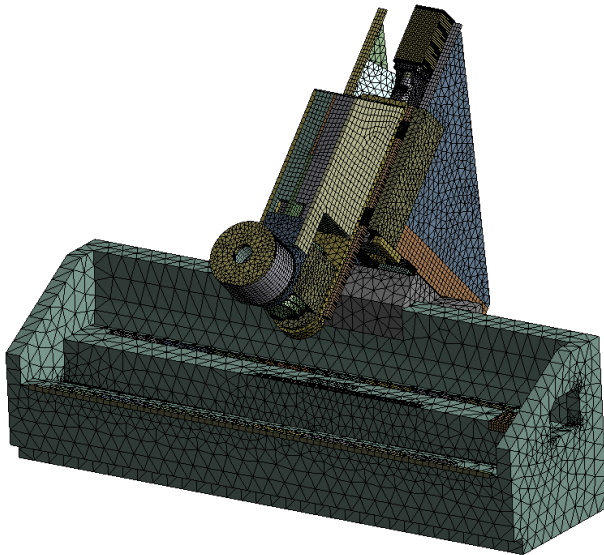


EINFÜHRUNG IN DIE THEMATIK

AM BEISPIEL ZWEIER 5 ACHSFRÄSMASCHINEN

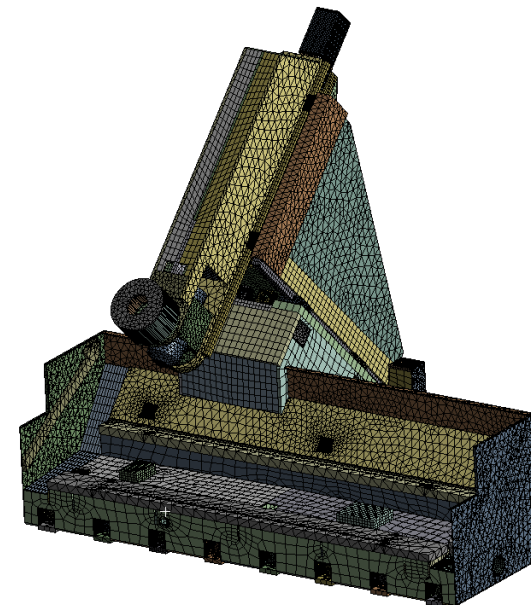
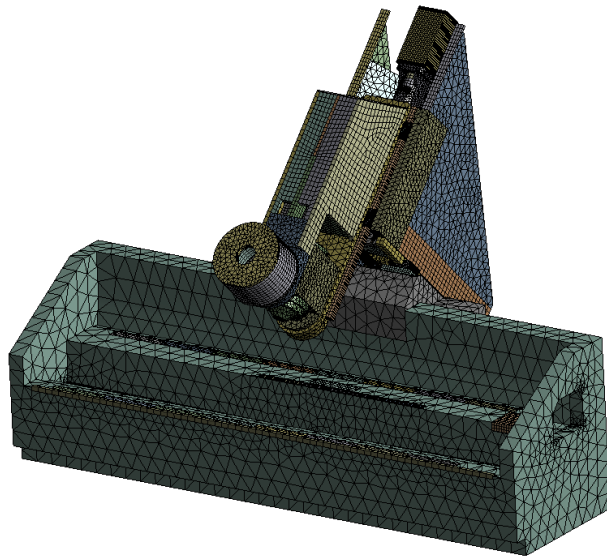


- Marketing Fragestellungen (Kundenbedarf, Maschinenausstattung)
- Mechanische Fragestellungen (**Geometrie**, Bauraum, **mechanische Eigenschaften**, Konstruktion)
- Beschaffungs-Fragestellungen (benötigte Teile, Preise)



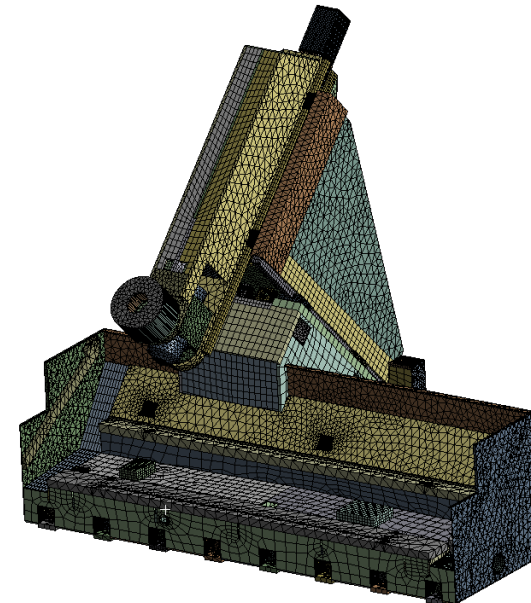
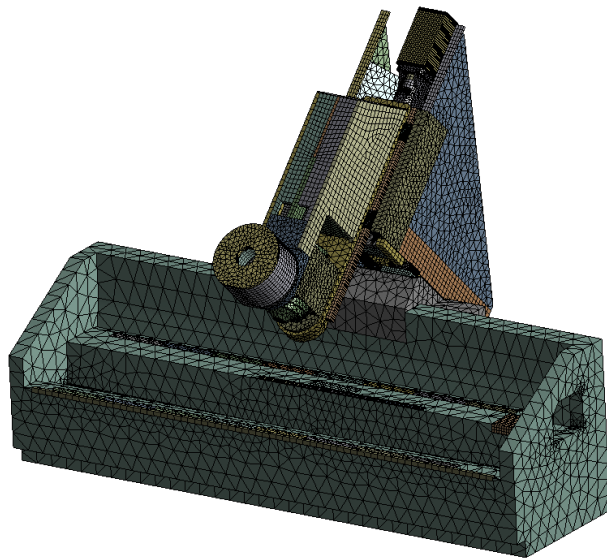
Mechanische Eigenschaften z.B.:

- Steifigkeit
- Eigenfrequenzen
- Frequenzgang



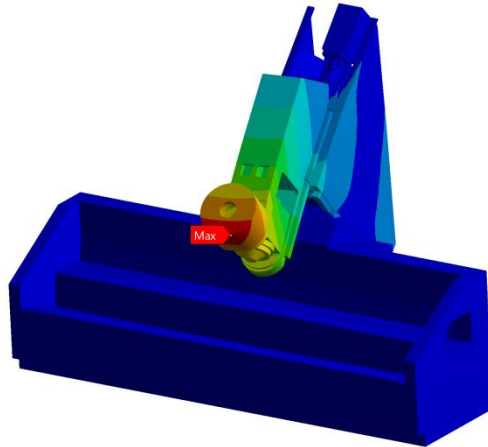
Welche Werte sollen erreicht werden ?

VERGLEICH MIT DEN BISHERIGEN MASCHINENMODELLEN

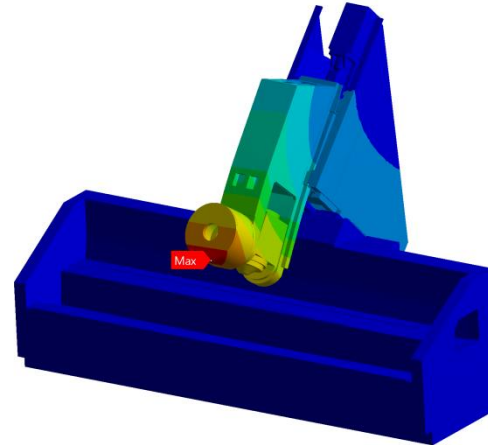


Simulation der Verformung der Maschine sowie Auswertung der Verschiebung am TCP

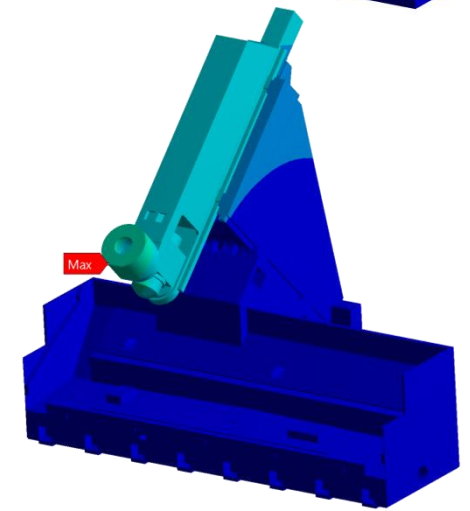
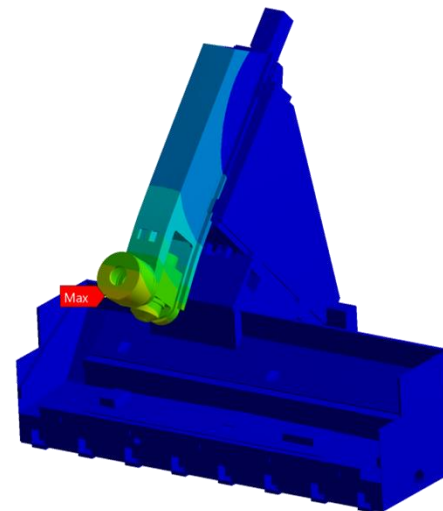
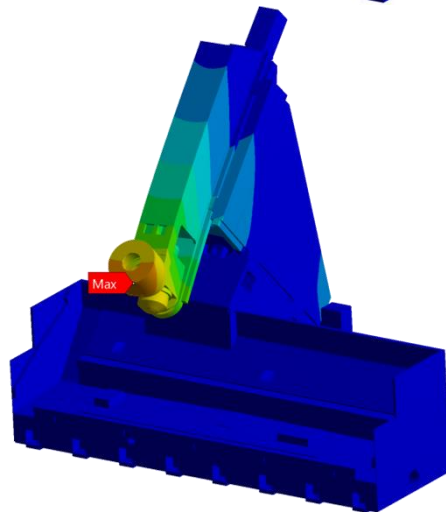
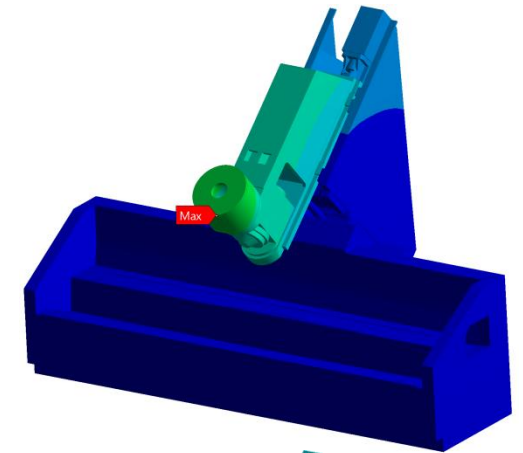
Last in X-Richtung



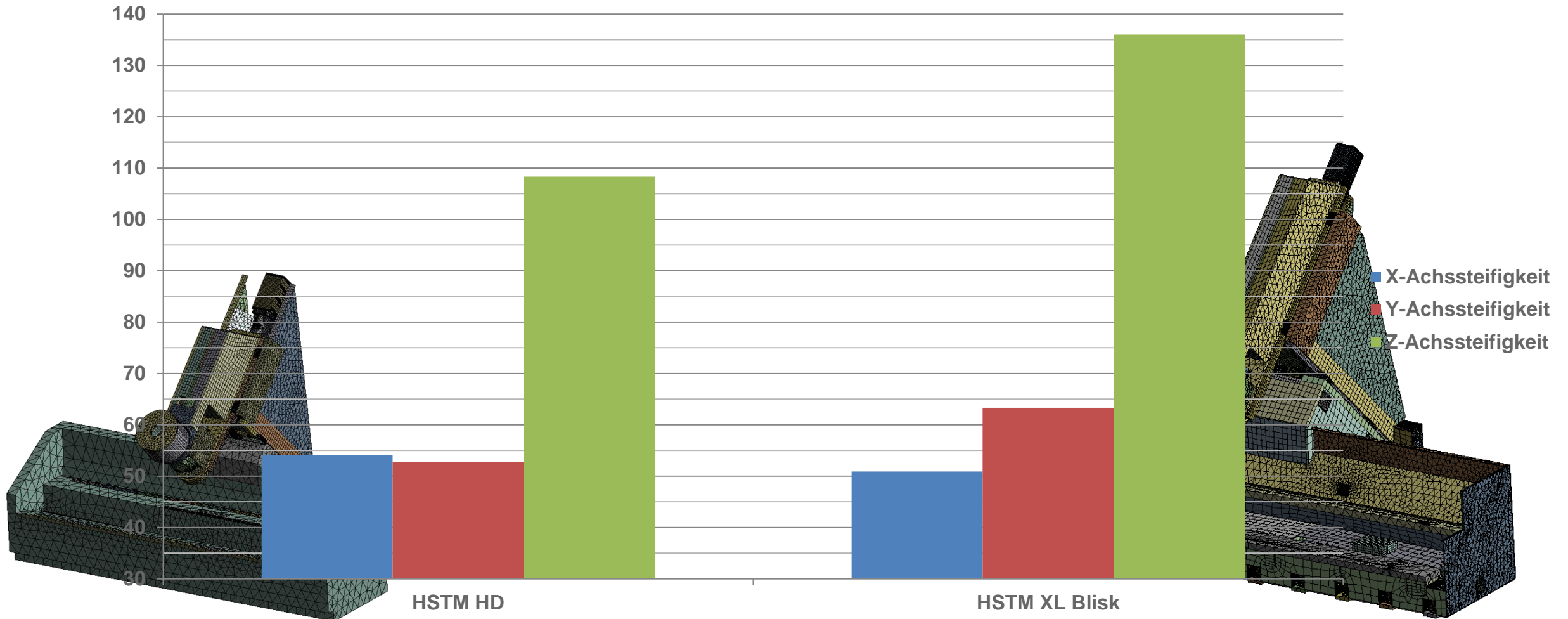
Last in Y-Richtung



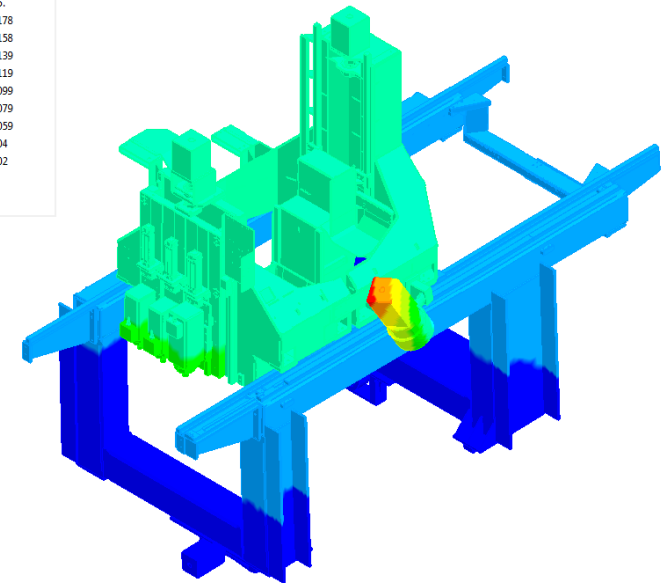
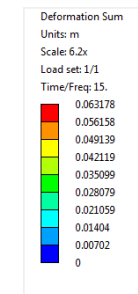
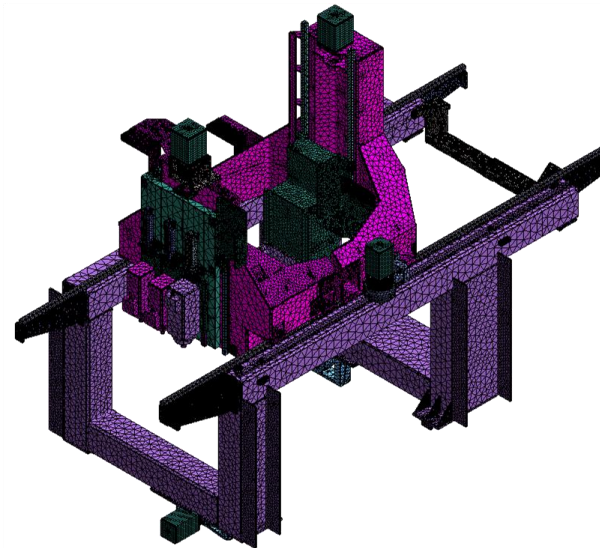
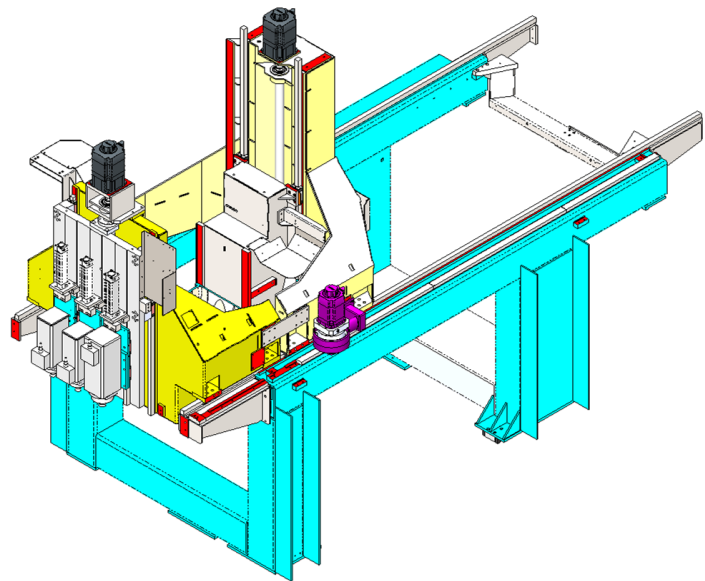
Last in Z-Richtung



Vergleich der Achssteifigkeiten



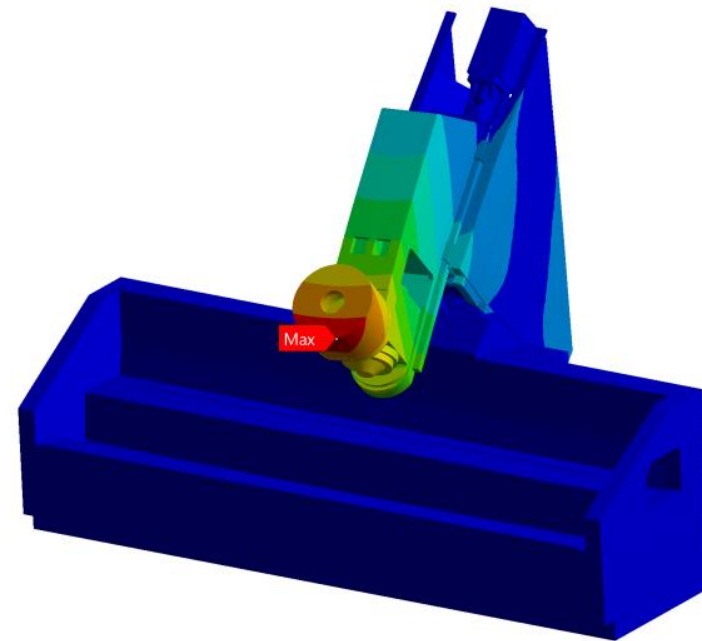
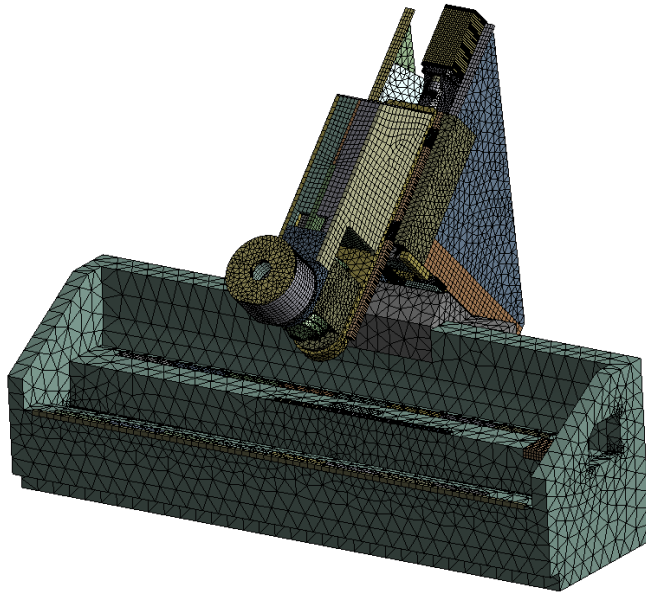
Die FEM stellt ein Approximationsverfahren zur Lösung von strukturmechanischen Problemen dar. Die Aufgabe wird hierbei nicht durch Lösen einer komplexen Ansatzfunktion gelöst, sondern durch Diskretisierung der Gesamtgeometrie auf Bereiche einfacher Geometrie, den Elementen, mit daher leicht ansetzbaren Funktionen. Die Berechnungen der linear statischen Aufgaben löst dabei die Formulierung des Hook'schen Gesetzes



Grundgleichung der linearen Statik:

$K \cdot u = f$ bzw.

Steifigkeitsmatrix · Verschiebungsvektor = Kraftvektor



Grundgleichung der Modalanalyse (lineare Dynamik):

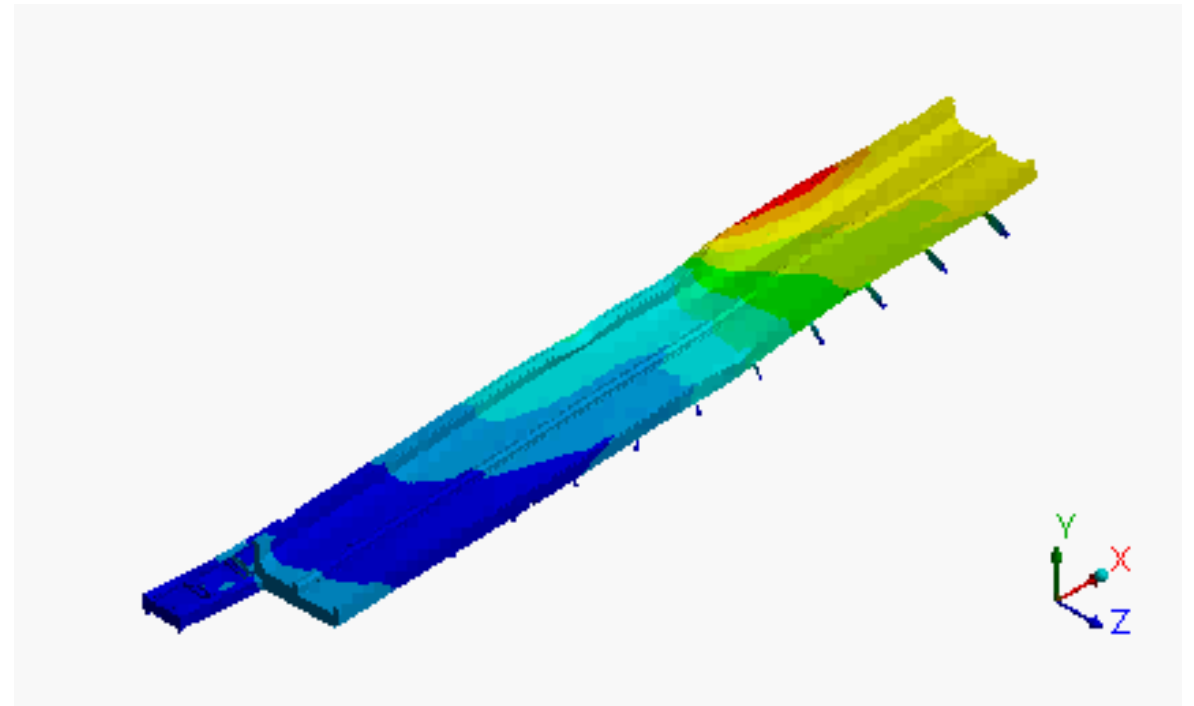
Differentialgleichung 2. Ordnung

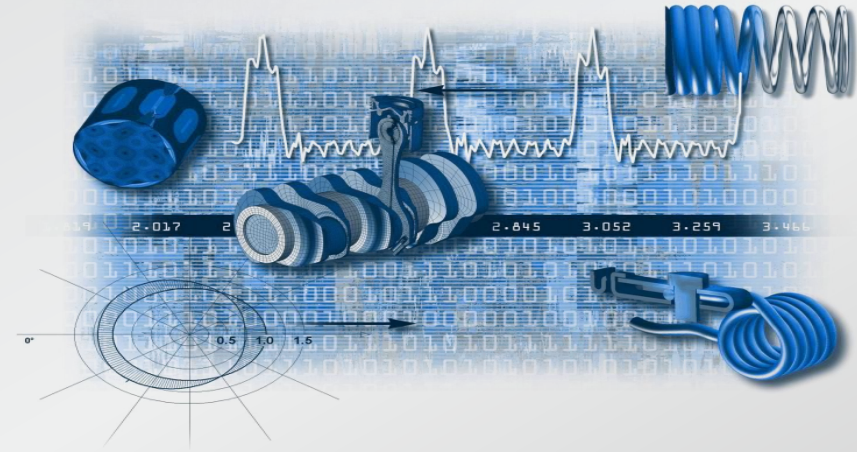
$$\mathbf{M} \cdot \ddot{u} + \mathbf{K} \cdot u = 0 \text{ bzw.}$$

Massenmatrix · Beschleunigungsvektor + **Steifigkeitsmatrix** · Verschiebungsvektor = 0

Ergebnisse: Eigenform und Eigenfrequenz

53Hz

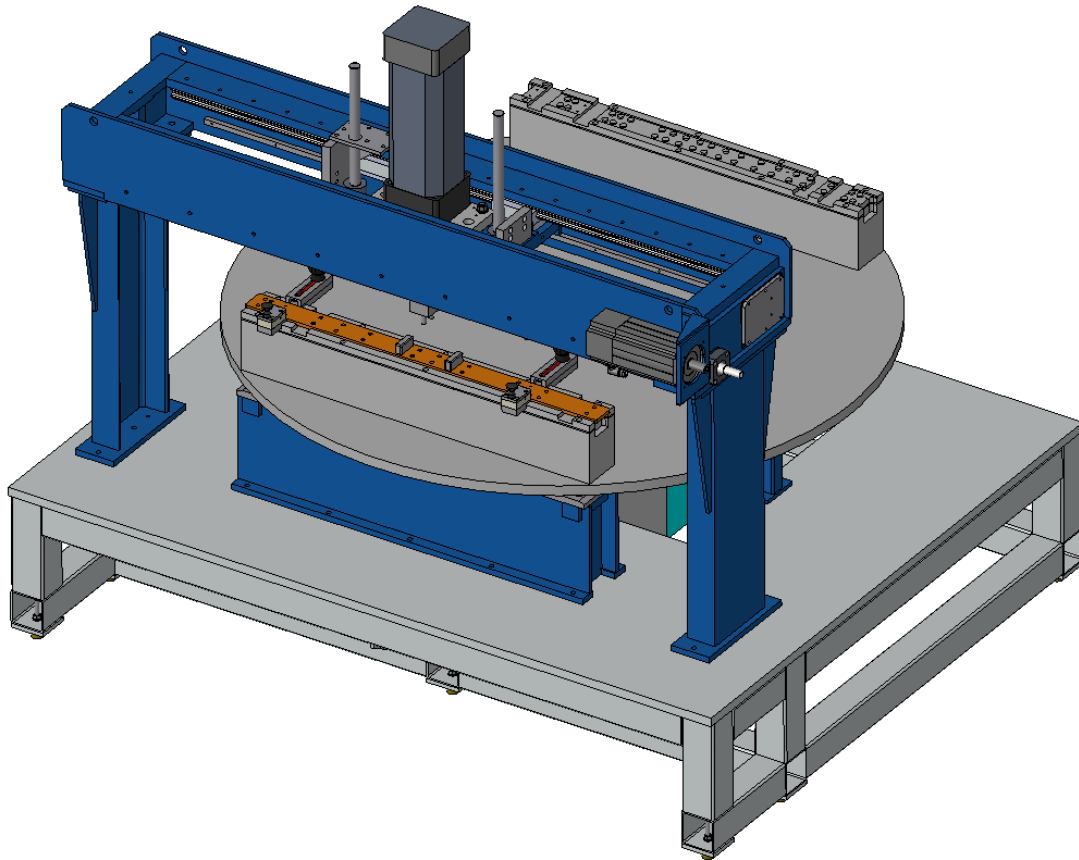




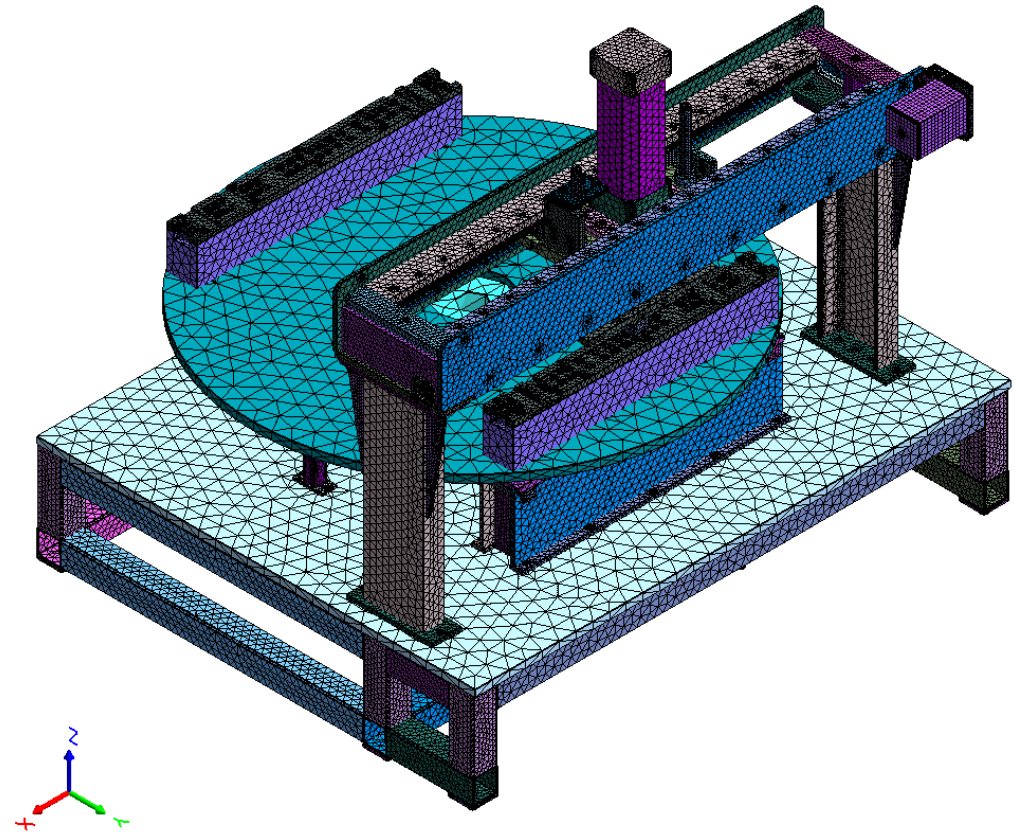
BEISPIELE AUS DER PRAXIS STATIK



Initial design

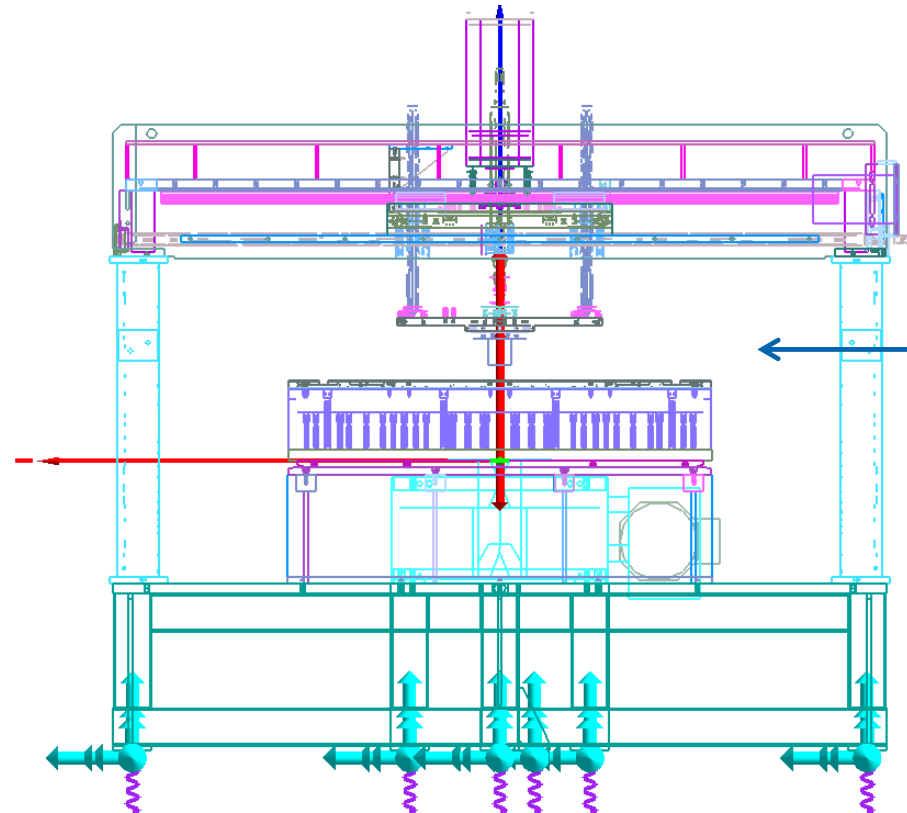


Meshed modell

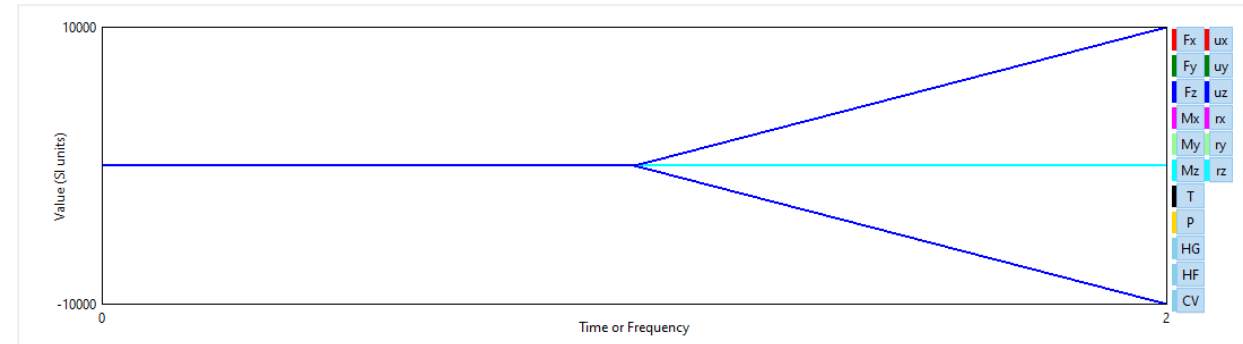


920.000 Elements

Randbedingungen

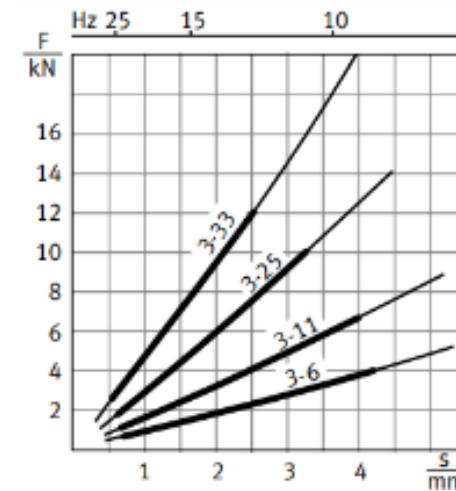


Erdbeschleunigung 9.81 m/s^2

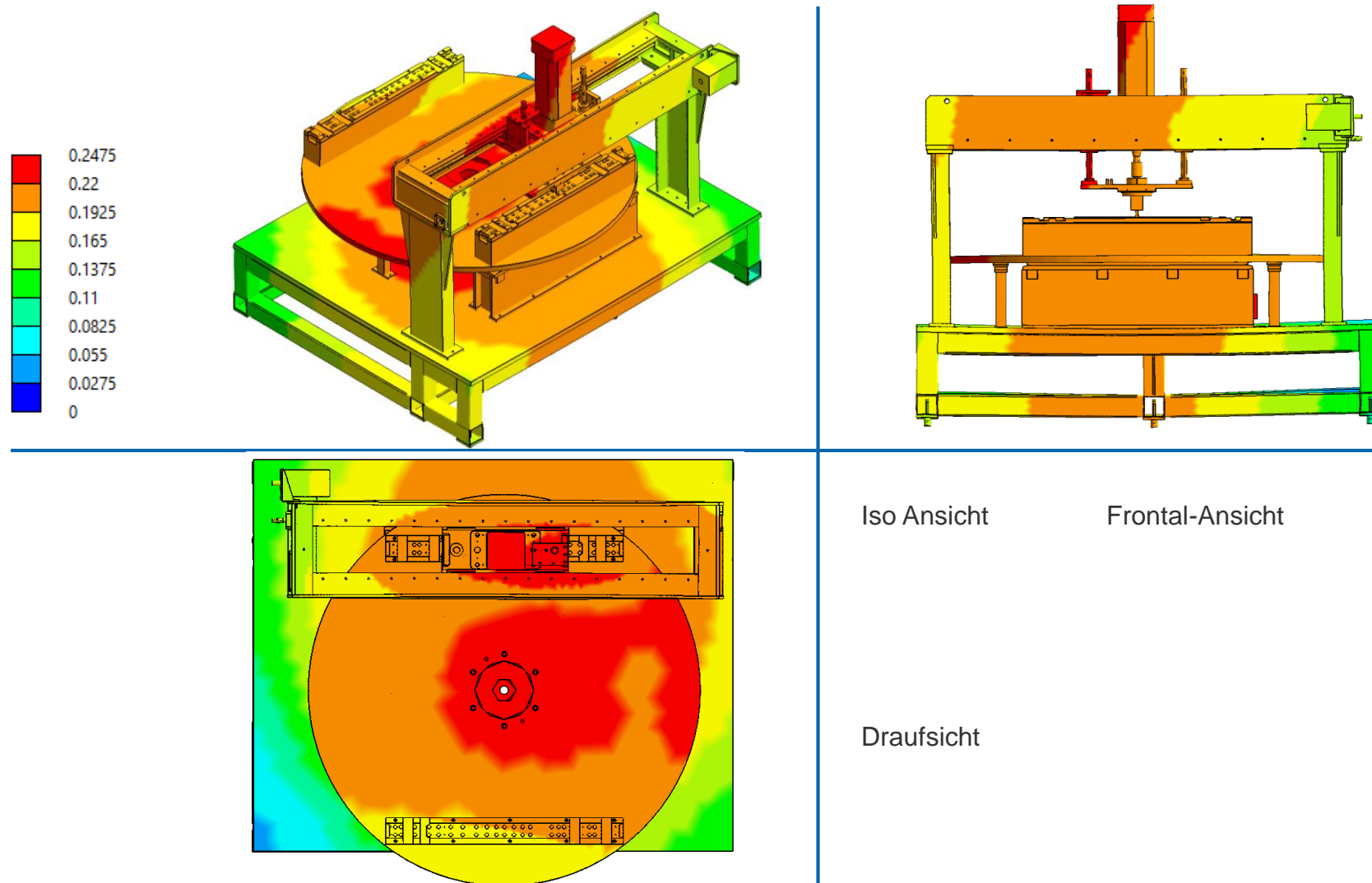


Prozesskraft von
10kN
Auf Stempel und
Werkstück

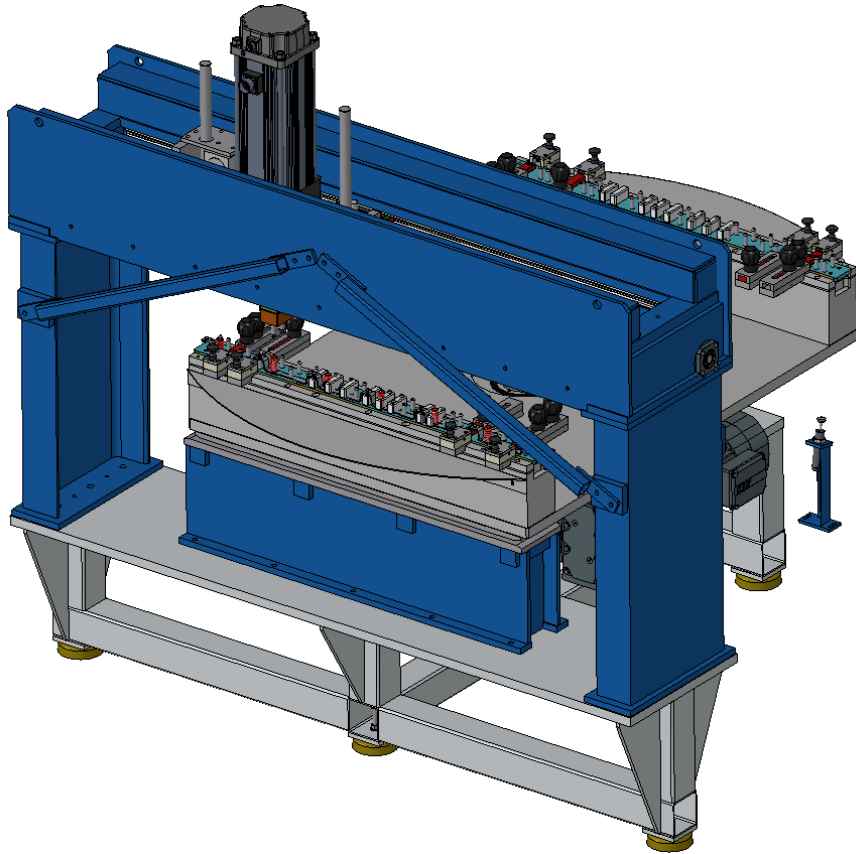
Federnde
Maschinenfüße
(EFFBE LM 3-25)



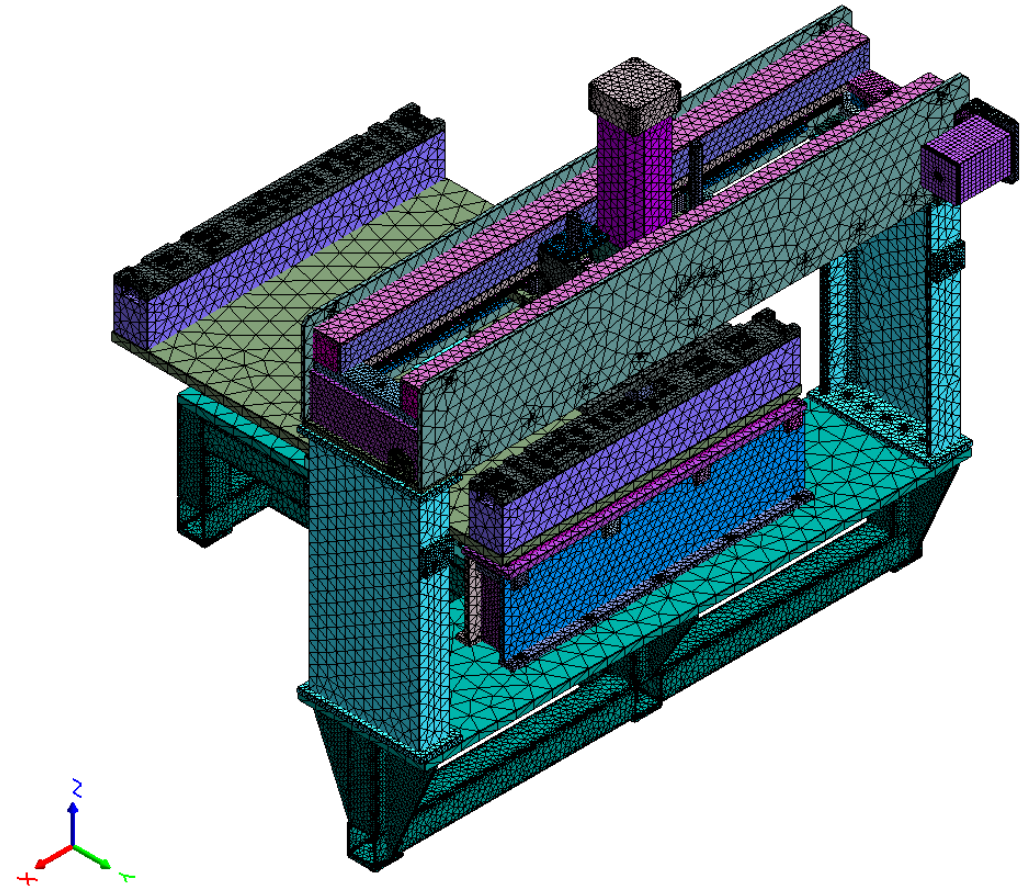
Verformung unter Eigengewicht



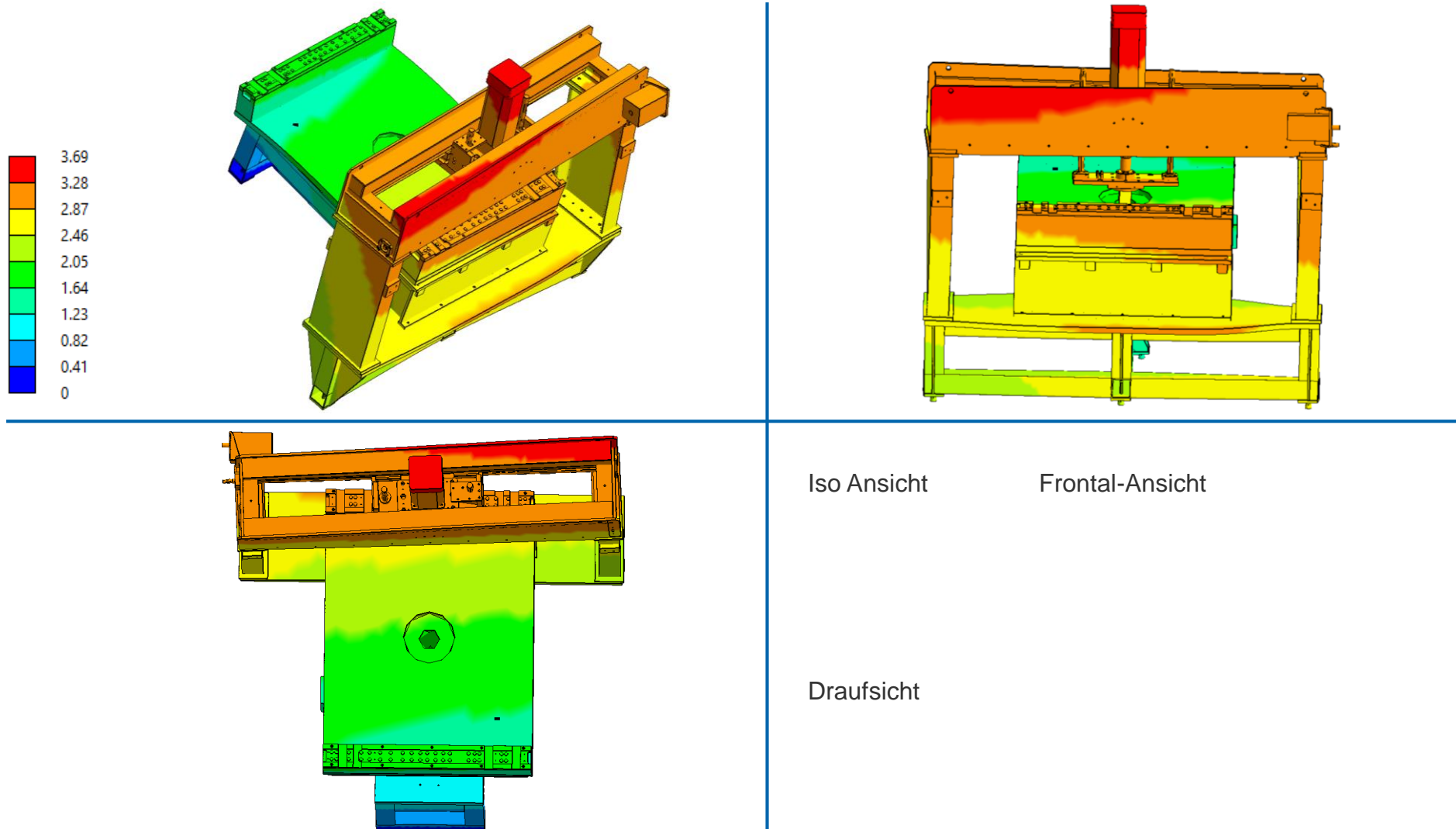
Design evolution



Meshed modell



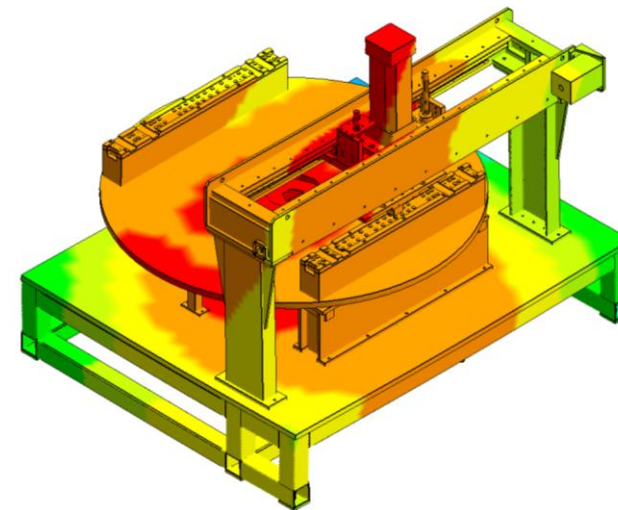
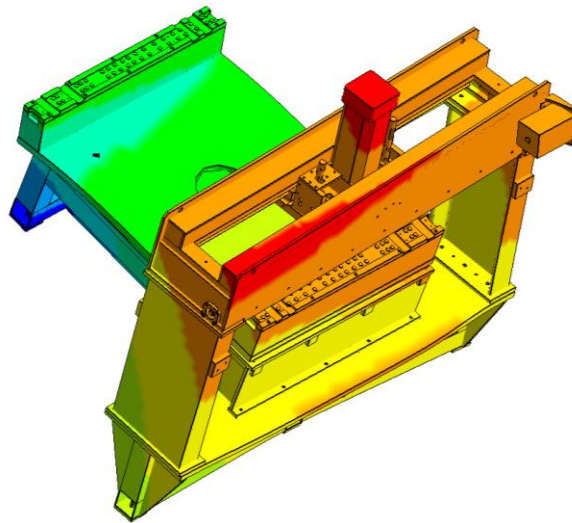
Verformung unter Eigengewicht

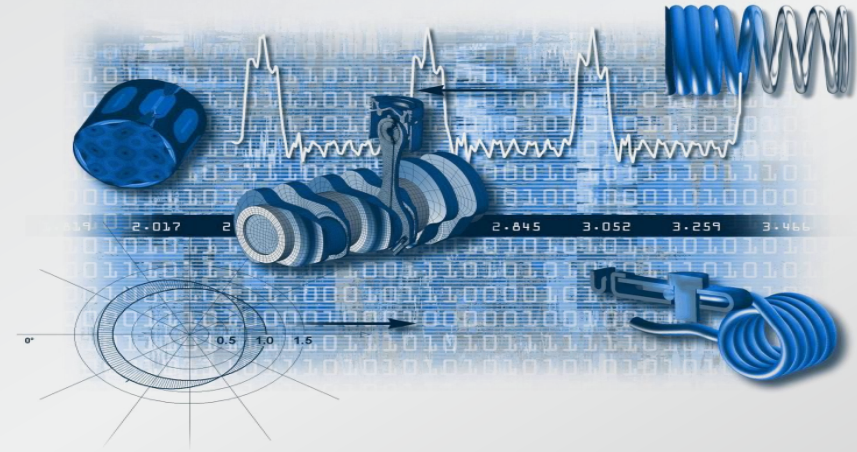


Hinweise

- Maschinengestell und Tisch optimiert für geringes Gewicht, Kosten und Nachgiebigkeit
 - Gewichtsersparnis 50%
 - Anzahl der Maschinenfüße reduziert um 2 Füße

Durch die geänderte Gewichtsverteilung muss die Maschine bei Einrichtung aus neveliert werden





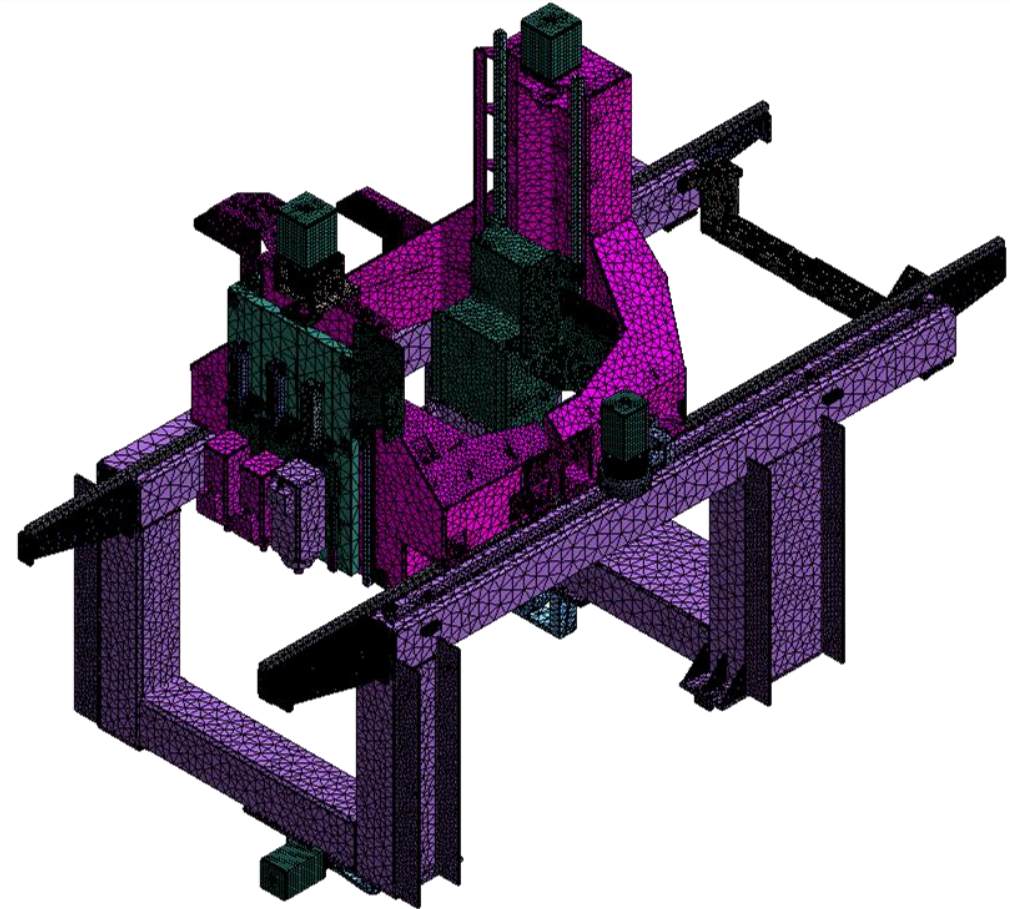
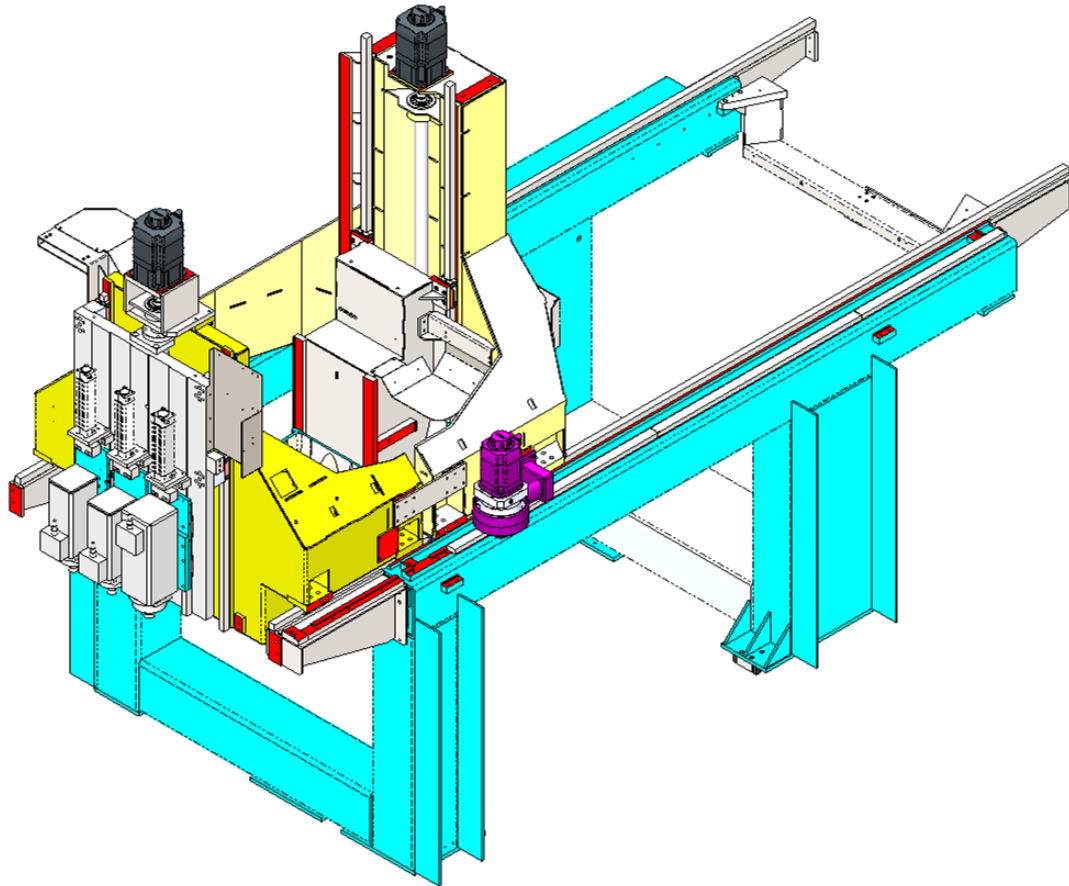
BEISPIELE AUS DER PRAXIS

MODALANALYSE

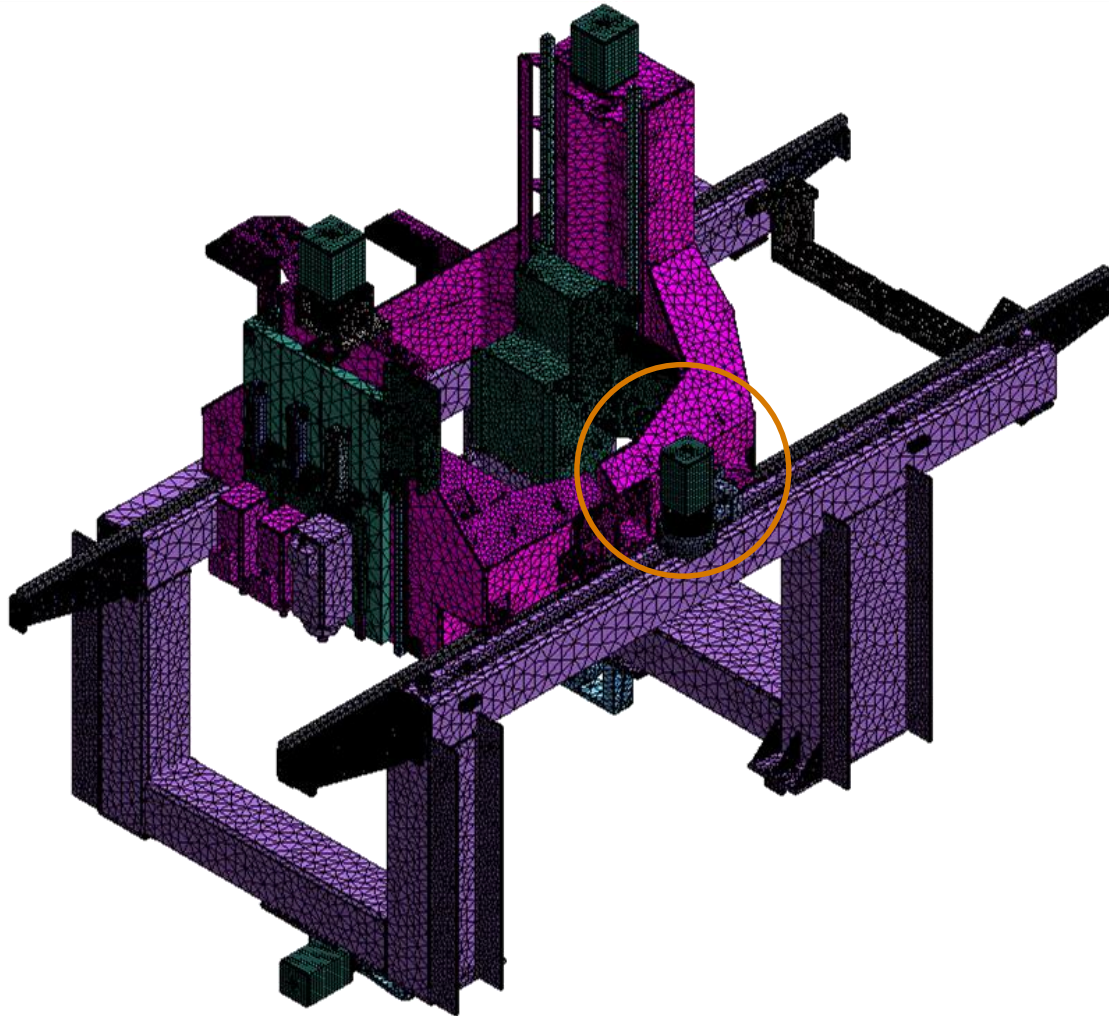


BEISPIELE AUS DER PRAXIS

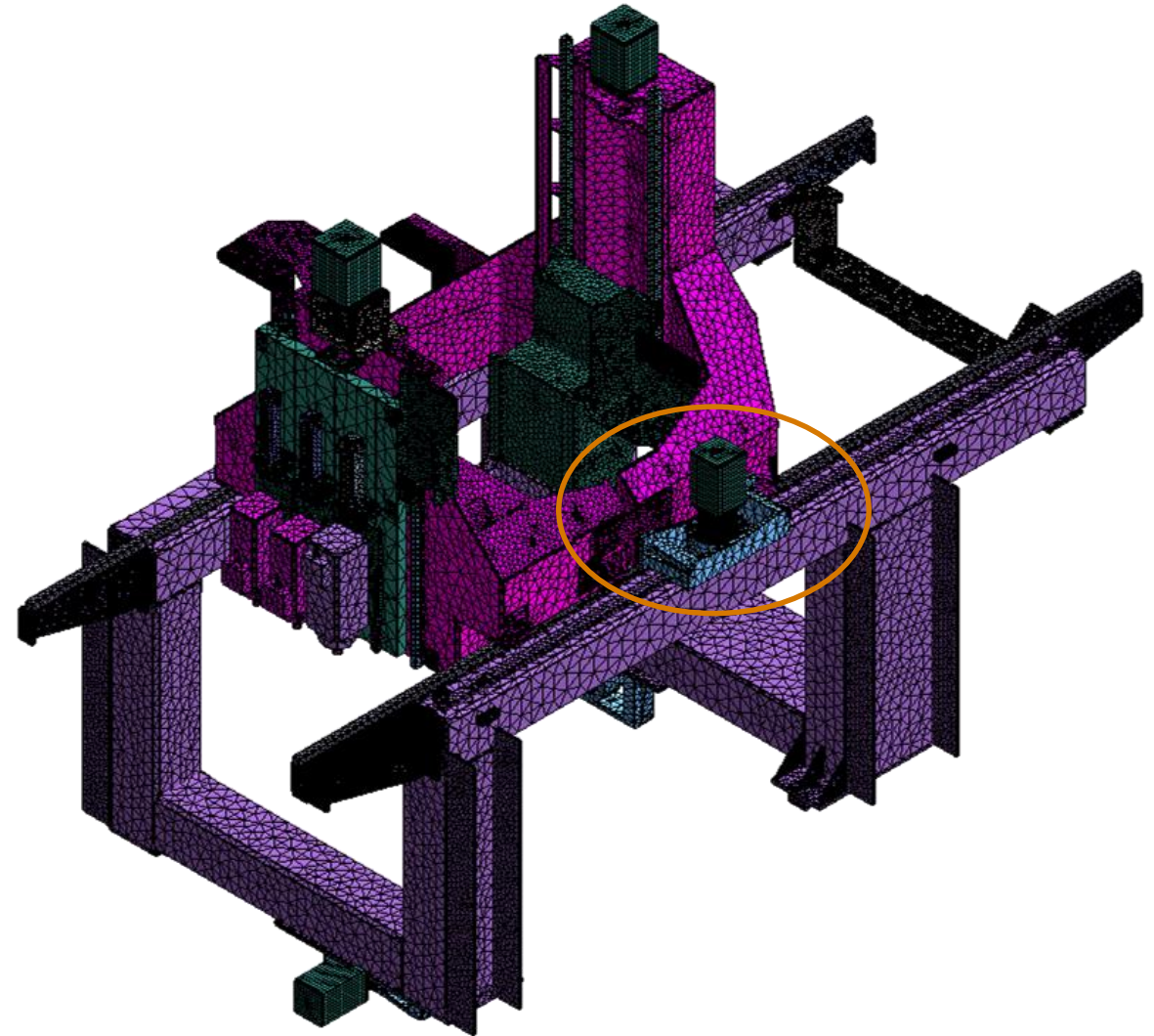
Einfluss des gewählten Antriebs auf das gesamt Maschinenverhalten



Standard Antriebshalter



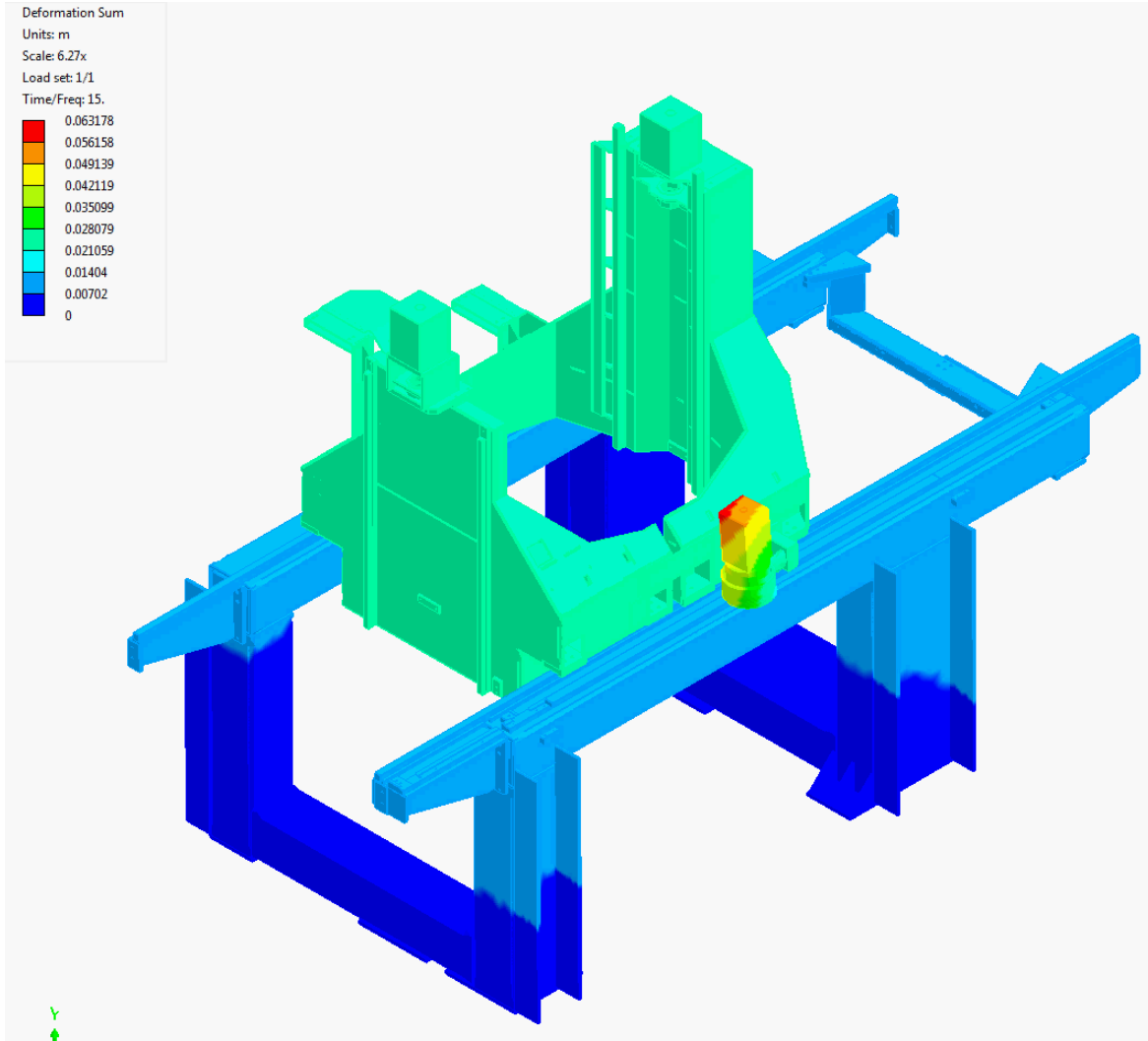
Verstärkter Antriebshalter



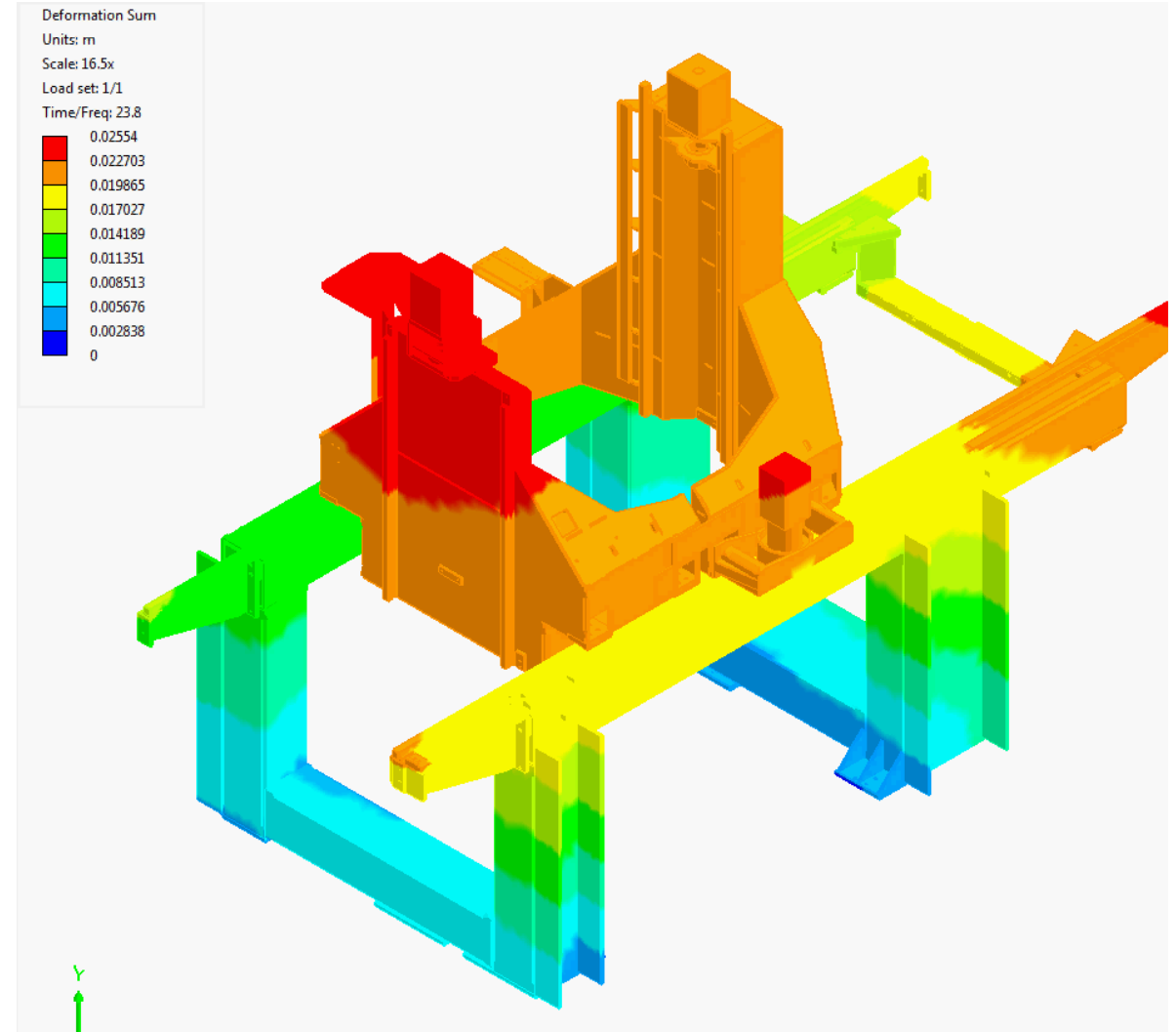
6. EXAMPLES IN MODAL ANALYSIS

Influence of drivetrain design on overall machine behavior

15Hz



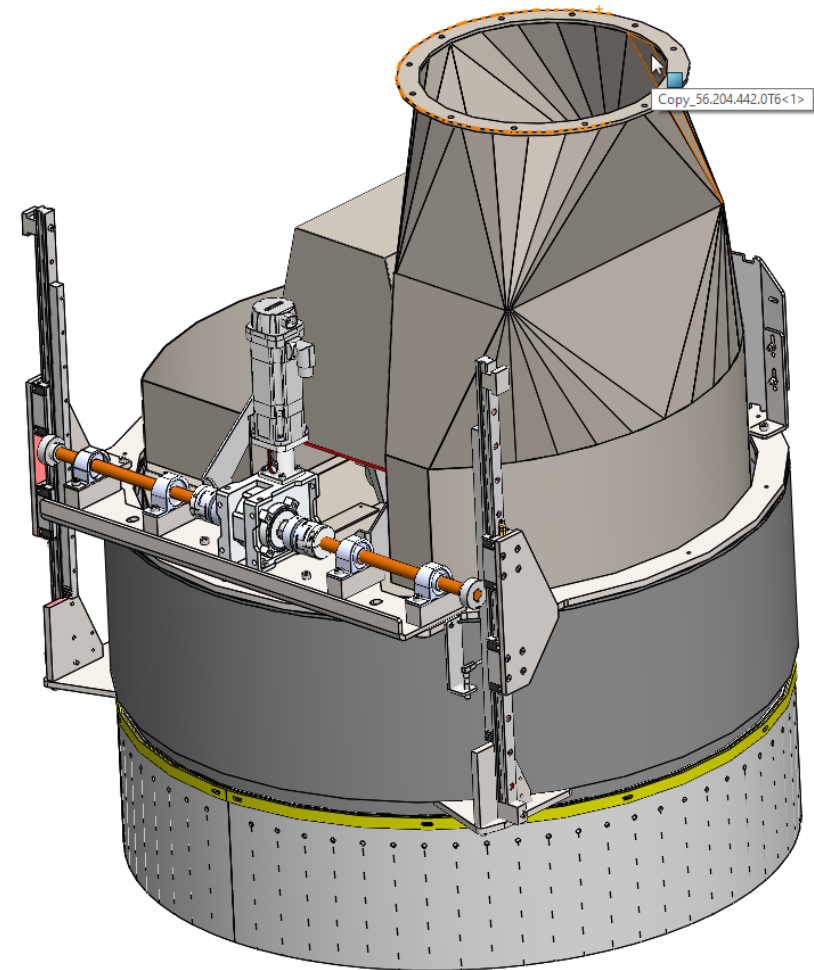
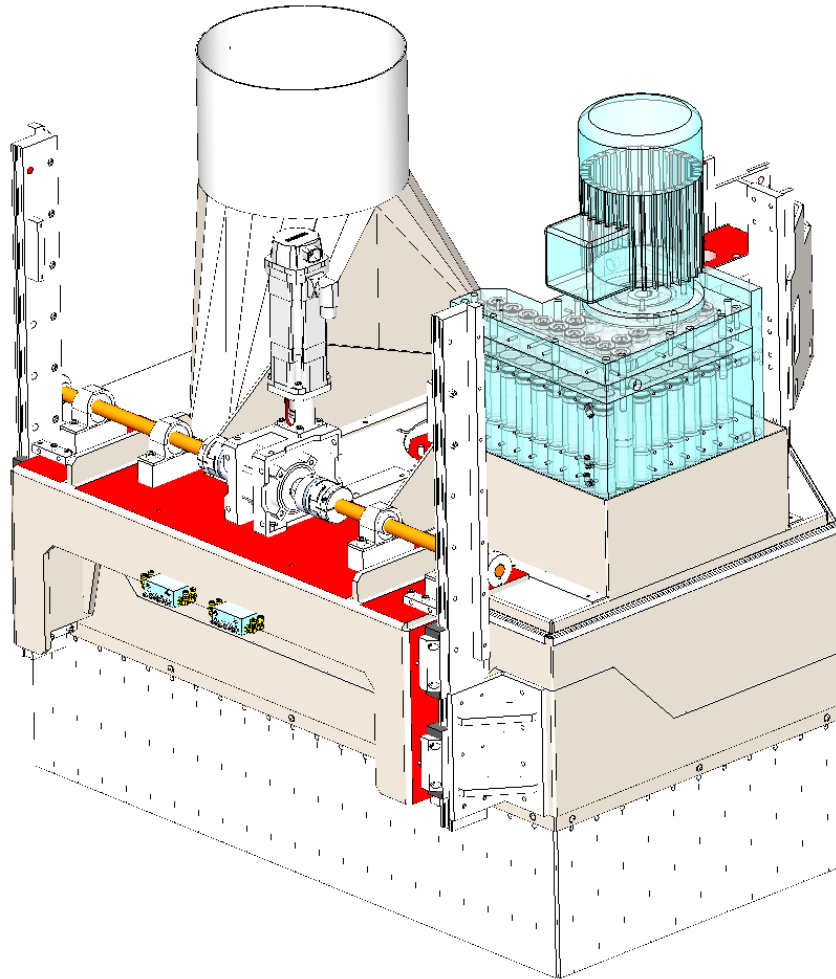
20Hz



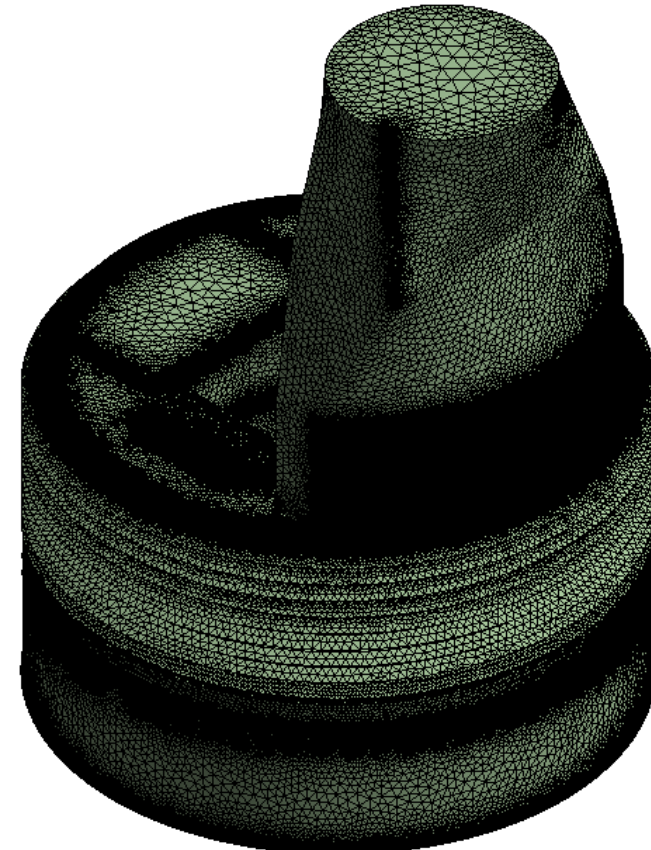
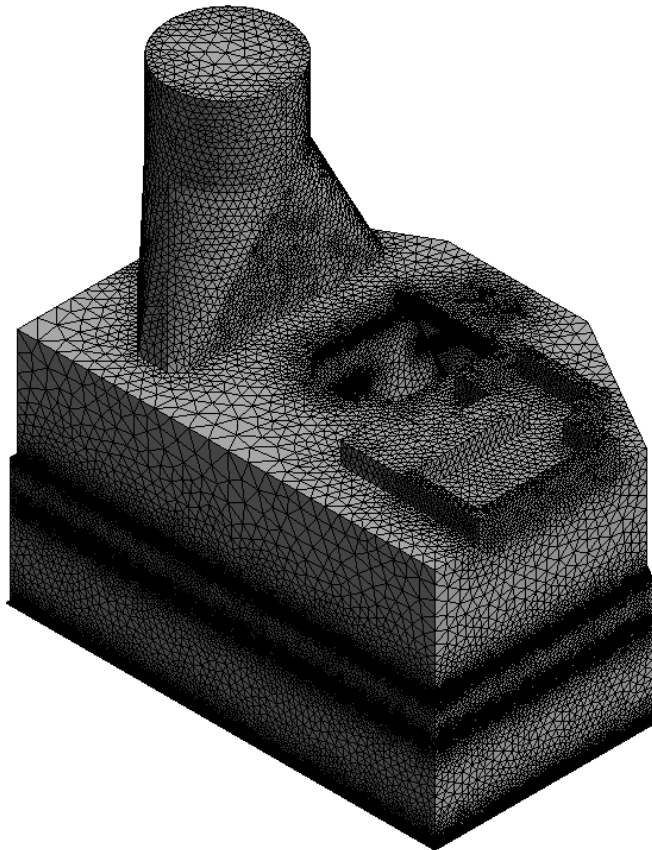
Kunststoffspäne bleiben auf dem Maschinentisch und Bauteil liegen

- Untersuchung der Absaugleistung mittels CFD



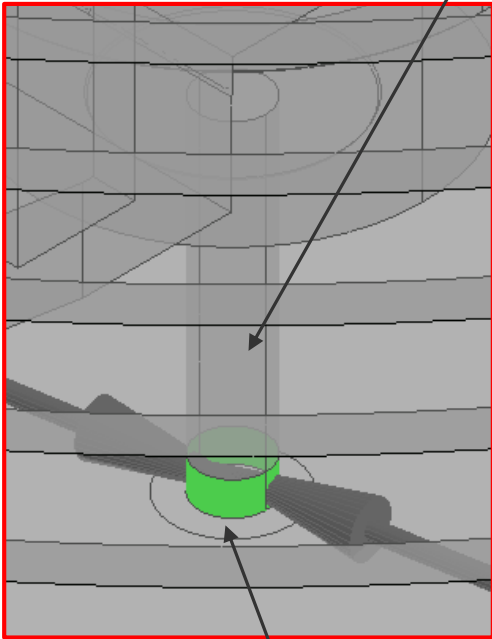


Vernetzte Modelle



Randbedingungen

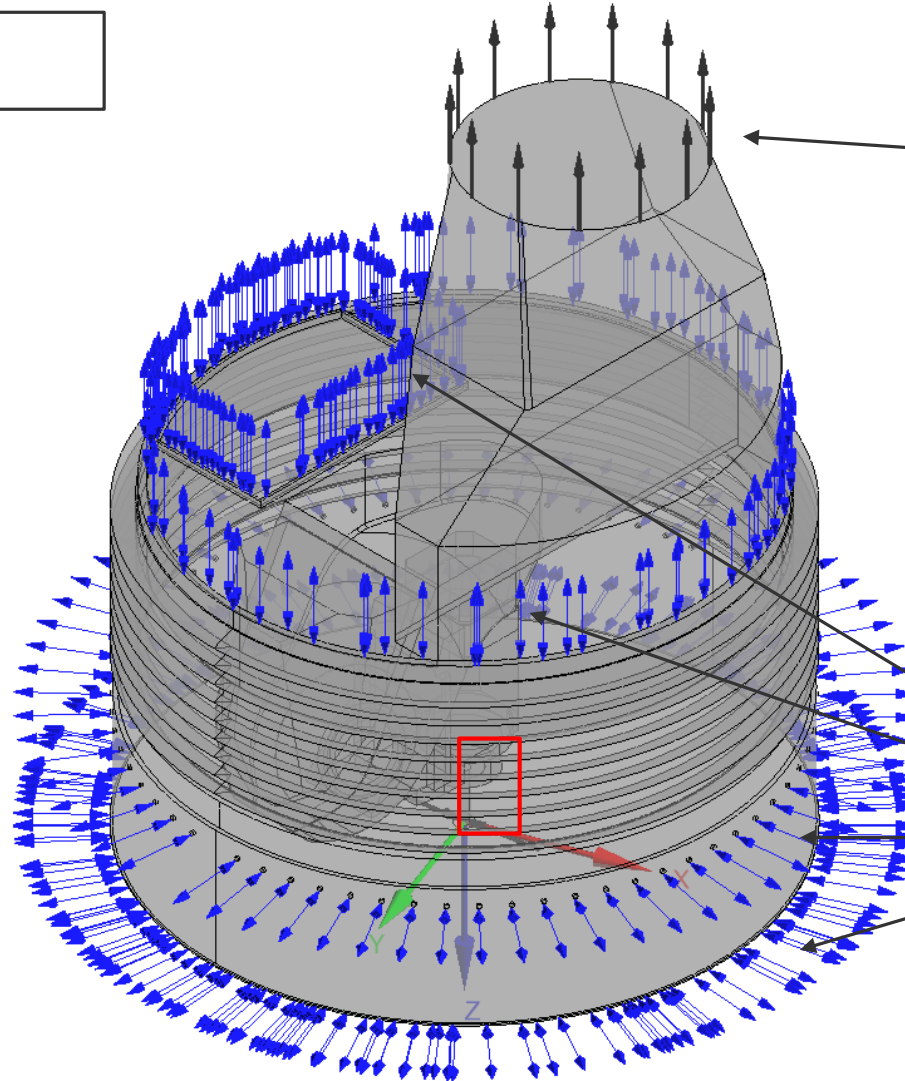
Spindelrotation
Tangentialgeschwindigkeit $\theta = 10$



Partikelquelle
Tangentialgeschwindigkeit $\theta = 10$
 $\dot{m} = 0,016$
Partikeldurchmesser: 1,5 mm, 3 mm, 6 mm

Auslass

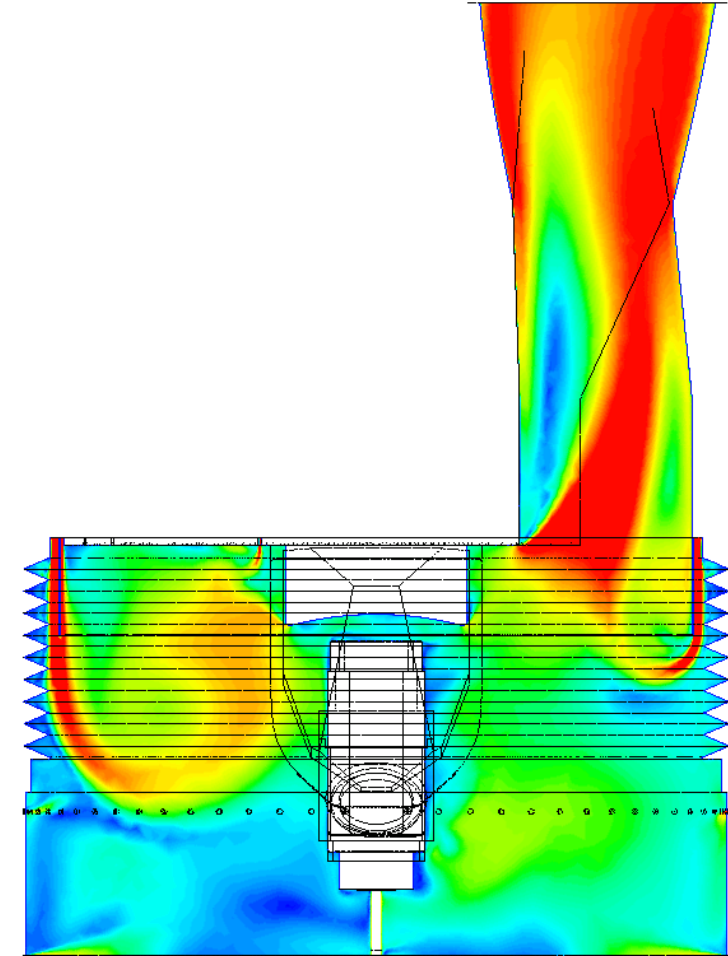
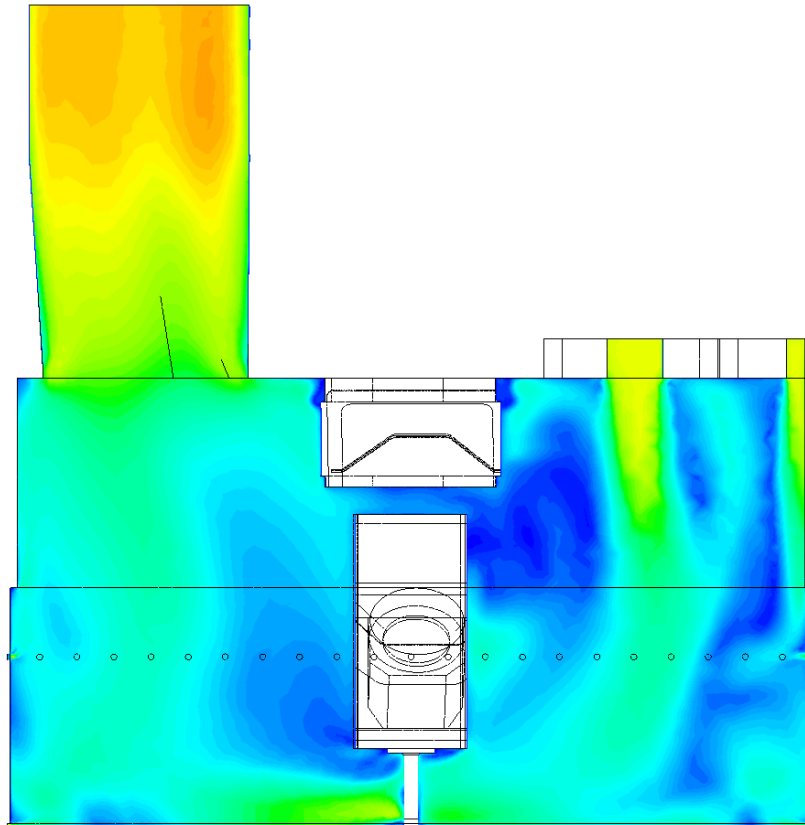
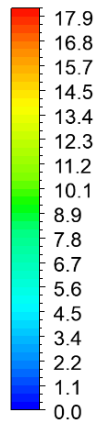
$\dot{m} = 5$
(entspricht $\dot{V} = 12000$)
Bzw.
 $\dot{m} = 2$
(entspricht $\dot{V} = 3600$)



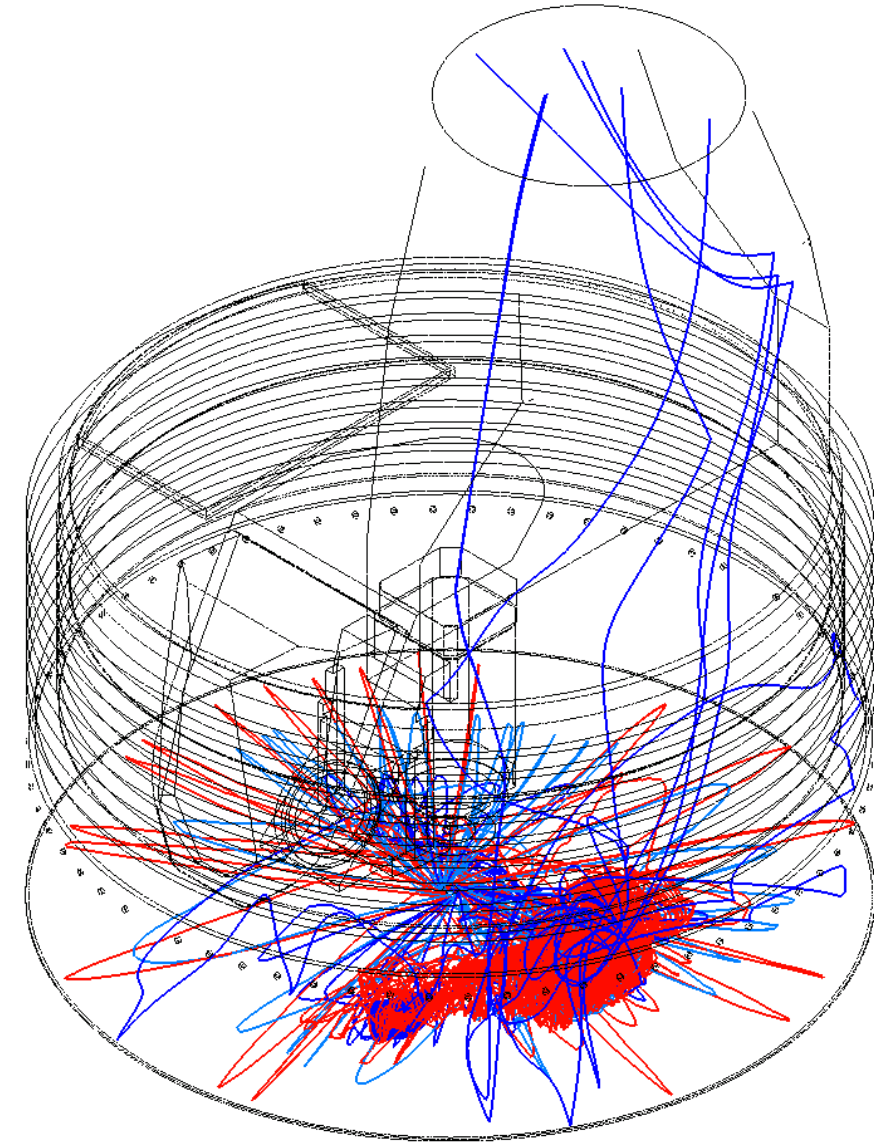
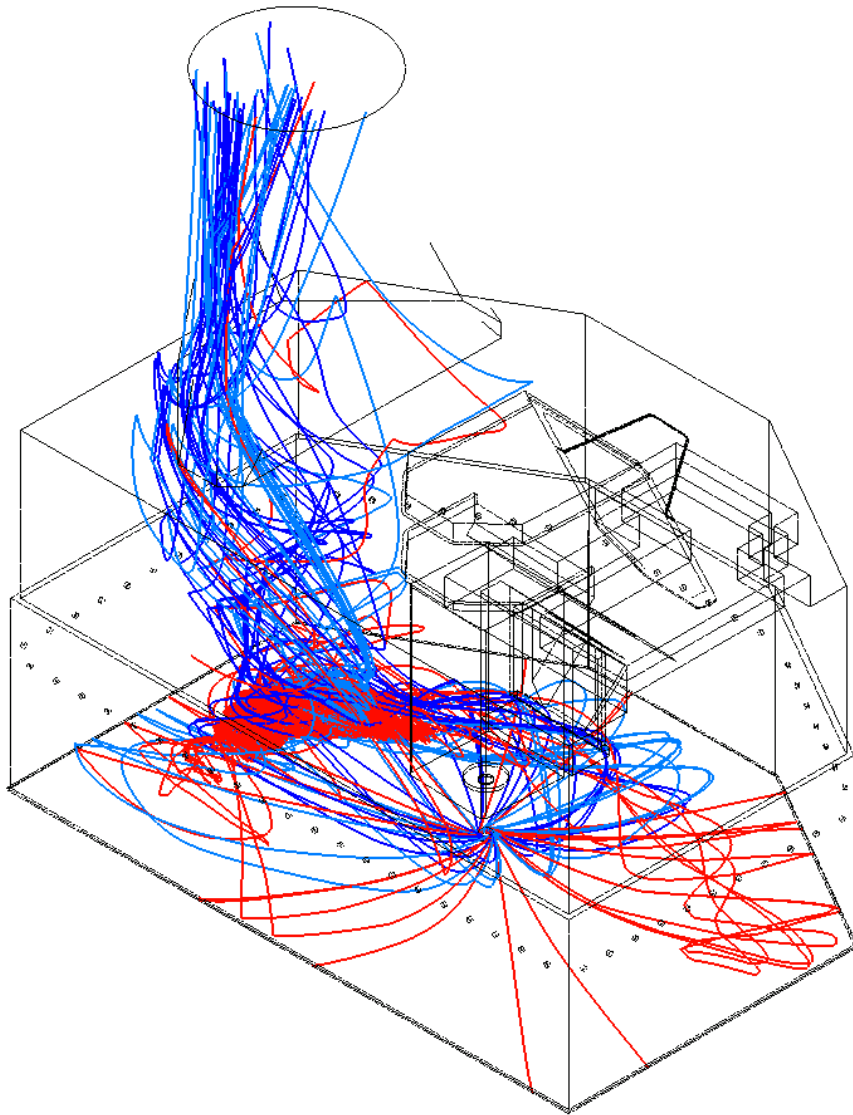
Öffnungsrandbedingungen
 $\Delta p = 0$

Strömungsgeschwindigkeit

Velocity



Partikelfluss



VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!

Thank you! obrigado! 谢谢! Děkuji! Merci! ありがとう! Gracias! спасибо! d'akujem! dankjewel! teşekkür ederim! köszönjük! tack! dziękuję! /धन्यवाद!