



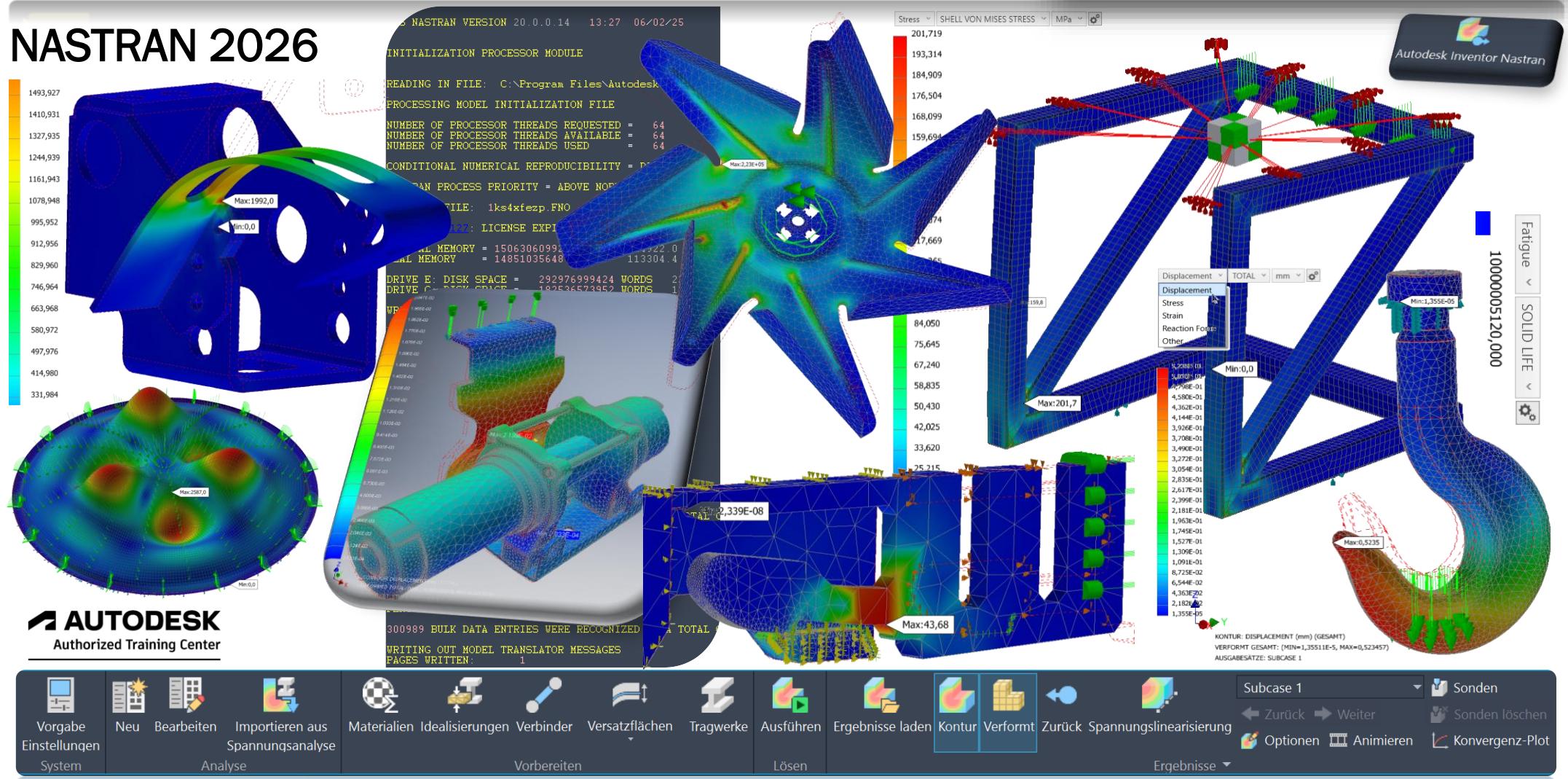
„The beauty of simplicity“ FEA-basics workbook

TRIDOX Tools + Technosystems

I AUTODESK Inventor Nastran 2026

 AUTODESK

NASTRAN 2026





Ausgabe, November 2025

© TRIDOX Tools&Technosystems

© 2025 Serafim Triantafillidis, Waldstetten

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzlichen zugelassenen Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages.

Das vorliegende Werk wurde nach bestem Wissen zusammengestellt. Dennoch können Fehler nicht ausgeschlossen werden. Aus diesem Grund übernehmen Autor und Verlag keine Haftung für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen, so wie Druckfehler.

Der Autor dieses Textes ist nicht verantwortlich für den Inhalt in direkten oder indirekten Verweisen auf fremde Webseiten ("Hyperlinks") die außerhalb des Verantwortungsbereiches des Autors liegen. Der Autor erklärt hiermit ausdrücklich, dass zum Zeitpunkt der Linksetzung keine illegalen Inhalte auf den zu verlinkenden Seiten erkennbar waren.

Der Autor ist bestrebt, in allen Publikationen die Urheberrechte der verwendeten Grafiken, Tondokumente, Videosequenzen und Texte zu beachten, von ihm selbst erstellte Grafiken, Tondokumente, Videosequenzen und Texte zu nutzen oder auf lizenfreie Grafiken, Tondokumente, Videosequenzen und Texte zurückzugreifen.

I AUTODESK Inventor Nastran 2026

Alle innerhalb des Internetangebotes genannten und ggf. durch Dritte geschützten Marken- und Warenzeichen unterliegen uneingeschränkt den Bestimmungen des jeweils gültigen Kennzeichenrechts und den Besitzrechten der jeweiligen eingetragenen Eigentümer.

Wir bedanken uns bei Autodesk für das mitunterstützende Bild- und Filmmaterial zu diesem Fachbuch, wie auch zum CAD/FEM- Software-Support und der Beistellung von Lehrbeispielen/System-Dokumentation.

Autor:

Serafim Triantafillidis

CAD/FEA Application Engineer

Zertifizierter CAD/FEA-Trainer

Technischer-Betriebswirt

www.tridox.de





Inhaltsverzeichnis

| | | |
|--|---------|--|
| 1. NASTRAN Geschichte FEM-Applikationen | Seite | |
| 1.1 NASTRAN in CAD Vorwort-Geschichte und Funktionen | 5-13 | |
| 1.2 NASTRAN in CAD Inventor und Systemanforderungen | 14-15 | |
| 2. Finite Elemente in Autodesk NASTRAN in CAD | Seite | |
| 2.1 Verarbeitung und Kombination von Modellgeometrie | 16-17 | |
| 3. Die Benutzeroberfläche | Seite | |
| 3.1 Inventor NASTRAN in CAD Umgebung & Einstellungen | 18-25 | |
| 3.2 Inventor Systemvoraussetzungen | 26-27 | |
| 3.3 Systemeinstellungen in Anwendungsoptionen 2026 | 28-39 | |
| 3.4 Inventor-Zusatzzmodule (Freigegebene Ansichten) | 40-41 | |
| 4. Statisch Lineare Analyse | Seite | |
| 4.1 Grundlage/Konzept der Finite-Elemente-Analyse (FEM) | 42-43 | |
| 4.2 Prozess-Schritte der FEM | 44 | |
| 4.3 SL-Analyse Übungsbeispiel Halter | 45-52 | |
| 4.4 SL-Analyse Übungsbeispiel Vierkant 10x10x100 Torsion | 53-59 | |
| 4.5 SL-Analyse Übungsbeispiel Antriebswelle (Einspannung) | 60-63 | |
| 4.6 SL-Analyse Übungsbeispiel I-Träger Verschraubung | 64-72 | |
| 4.7 SL-Analyse Übungsbeispiel Rahmengestell | 73-82 | |
| 5. Flächenmodelle und Randbedingung „Symmetrie“ | Seite | |
| 5.1 SL- Analyse Übungsbeispiel Fläche-Symmetrie | 83-88 | |
| 5.2 SL-Analyse Übungsbeispiel Volumen vs. Fläche | 89-92 | |
| 5.3 SL-Analyse Idealisierung Stabmodell vs. Flächen | 93-100 | |
| 6. Lineare und nicht lineare Knickungs-Analysen | Seite | |
| 6.1 SL/SNL-Analyse Knickung Übungsbeispiel Pedaleinheit | 101-105 | |
| 6.2 SL/SNL-Analyse Knickung Multicore Berechnung | 106-107 | |
| 6.3 Lineare und nichtlineare Knickung Analysebeispiele | 108-117 | |
| 7. Kranhaken SL/SNL und Lebensdauer Analyse | Seite | |
| 7.1 Kranhaken (Linear, Nichtlinear, Multi-Axiale-Ermüdung) | 118-127 | |
| 7.2 OUT-FILE/Protokoll (SL/NL, Multi-Axiale-Ermüdung) | 128-129 | |
| 8. Hydrostatischer Druck Nichtlineare Analyse | Seite | |
| 8.1 Wassertank SL/SNL-Analyse-V1 (Hydrostatischer Druck) | 130-136 | |
| 8.2 Wassertank NL-Analyse-V2 (Hydrostatischer Druck) | 137-138 | |
| 9. SL/SNL Seilwinde Kombination Analyse | Seite | |
| 9.1 SL Kombiübung externe Last/Verschraubung | 139-144 | |
| 9.2 SNL Kombiübung externe Last/Verschraubung | 145-146 | |



Inhaltsverzeichnis

| | | | |
|--|---------|--|---------|
| 10. Lineare stationäre Wärmeübertragung | Seite | 15. Verbundwerkstoffe SL/SNL | Seite |
| 10.1 NLW-Analyse Übung TRA-01 (Krümmereinheit) | 147-153 | 15.2 SNL-Analyse Verbundwerkstoffe (Karbonrahmen-02) | 231-233 |
| 10.2 LW-Analyse Übung TRA-02 (Halblech) | 154-161 | 16. Umformen SL/SNL (Tiefziehwerkzeug) | Seite |
| 11. Lineare Statik Thermische-Expansion und Spannung | Seite | 16.1 SL/SNL Analyse BG-WZ-Tiefziehen | 234-248 |
| 11.1 Lineare Statik Thermische-Expansion/Spannung | 162-168 | 17. Explizite Dynamik (Analyse-Kettenzug) | Seite |
| 12. Netz mix 2D/3D Bauteile und Baugruppen Kontakte | Seite | 17.1 Explizite Dynamik (Analyseübung-Kettenzug) | 249-256 |
| 12.1 Kontakte und 2D/3D-Netzmix in Bauteil und Baugruppe | 169-171 | 17.2 Explizite quasi-statische Analyse (Körperdeformation) | 257-266 |
| 13. Schwingungsverhalten Modalanalyse | Seite | 17.3 Direkte transiente Antwortspektren (Flügel) | 267-272 |
| 13.1 Modalanalyse Bauteil Eigenfrequenz | 172-174 | 18. TRIDOX-CAD/FEM Seminare Coaching/Consulting | Seite |
| 13.2 Eigenfrequenzen mit erweiterten Randbedingungen | 175-177 | 18.1 TRIDOX-CAD/FEM Dienstleistungsbeispiele | 273-276 |
| 13.3 Modalanalyse Baugruppe (Abgasanlage) | 178-189 | 18.2 CAD-FEM Seminare TRIDOX Tools&Technosystems | 277-282 |
| 14. Falltest-Analyse (Impact Analysis) | Seite | 19. TRIDOX – CAD/FEM Zertifizierungen | Seite |
| 14.1 Nichtlineare Transiente Antwort (Aufprall Sphäroid) | 190-202 | 19.1 CAD-FEM Zertifizierungen TRIDOX-TTS | 283 |
| 14.2 Zusammenprallanalyse (Objekt mit NL-Werkstoff) | 203-211 | 20. TRIDOX Tools&Technosystems Standort | Seite |
| 14.3 Clip-Verschluss Analyse (Objekt mit NL-Werkstoff) | 212-219 | 20.1 TRIDOX Standort Waldstetten | 284 |
| 15. Verbundwerkstoffe SL/SNL | Seite | | |
| 15.1 SL-Analyse Verbundwerkstoffe (Karbonrahmen-01) | 220-230 | | |



Autodesk Inventor
NASTRAN
FEM-Grundlagen

„Vorwort des
Autoren“



1.1 NASTRAN in CAD Vorwort - Geschichte und Funktionen

Aus bestehendem Anlass und der Notwendigkeit den Schulungsteilnehmern ein „**einfach schönes**“ Begleitbuch zur **FEM-Grundlagenschulung** mit **Inventor NASTRAN** beizustellen, beschloss ich dieses kleine **FEM-Fachbuch** zu schreiben.

Die dabei verwendeten Bestandteile und Rezepturen sind mit sehr viel Liebe und Leidenschaft für eine einfache und klare didaktische Methodik, wie auch dem gerecht werden einer modernen Konstruktionsanalyse zusammengestellt. Es ist jedoch wichtig an dieser Stelle festzuhalten, dass wir keinerlei **Garantie** für die richtige Funktion des Systems wie auch der von Autodesk empfohlenen Einstellungen, Systematiken und Berechnungsverfahren übernehmen können. Daher ist eine Rückkopplung mit der **Realität** wie zum Beispiel, Labor und Werkstattversuchen zur Berechnungsgegenprüfung wie auch der „**Systemkalibrierung**“ (Feintuning der Randbedingungen, Materialwerte, Berechnungsverfahren) unabdingbar.

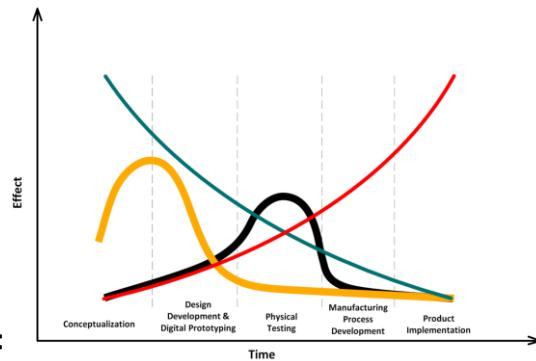
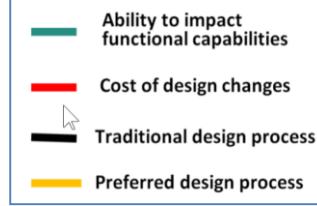
Der schon fast philosophisch klingende Titel, Grundlagenschulung „**einfach schön**“ bzw. „**The beauty of simplicity**“ soll die geistige Haltung der Schulungsteilnehmer, in Bezug auf die gewählten Erstellungswege und Konstruktionsmethoden als Leitfaden dienen. Ordnung und Transparenz bei der Erstellung von Bauteil- und Baugruppenanalysen mit dem hohen Anspruch auf Modifikationsfreundlichkeit und Standardisierung verlangen von heutigen Konstrukteuren respektive Entwicklern nicht nur diszipliniertes arbeiten, sondern geistige Vorwegnahme zukünftiger Änderungen. In diesem Zusammenhang habe ich versucht meine empirischen Kenntnisse bestmöglich einfließen zu lassen.

- Ziel ist es mit diesem FEM-Grundlagenbuch, den Schulungsteilnehmern (in Beruf und Studium) den Einstieg in die Autodesk Inventor NASTRAN FEM-Welt zu erleichtern und im Nachhinein zu festigen.
- Eine Reihe von praxisorientierten FEM-Analysebeispielen mit dem Anspruch „einfach und schön“ CAD-Modelle, Werkstoffkennwerte, Randbedingungen (Settings), Analysetypen und Verfahren zu wählen und zu berechnen, werden zusätzlich zum Buch als CAD/FEM-Daten mitgeliefert.
- Systemvorraussetzungen für Windows/Mac-Computer (Autodesk Empfehlungen)
- Alle relevanten Merkmale und die Benötigten Systemvoraussetzungen um die Autodesk Inventor-Software, wie auch der NASTRAN InCAD, gemäß dem Hersteller zu betreiben, werden zu Beginn aufgezeigt.
- Wichtig für den Benutzer des Autodesk Inventor NASTRAN, ist es die Systemeinstellungen, in den Anwendungsoptionen zu wissen und zu verstehen, wie auch die Ablagesystematik der CAD/FEM-Daten in der jeweiligen Projektordnerstruktur.
- In dieser Konstellation habe ich die Systemeinstellung in den Anwendungsoptionen mit Hinzunahme von Bildmaterial ausführlich beschrieben.
- Die Thematik der CAD und FEM-Daten Verwaltung wird explizit am Beispiel eines „Einzelbenutzer Projektes“ ohne Datenmanagement „Vault“ beschrieben.



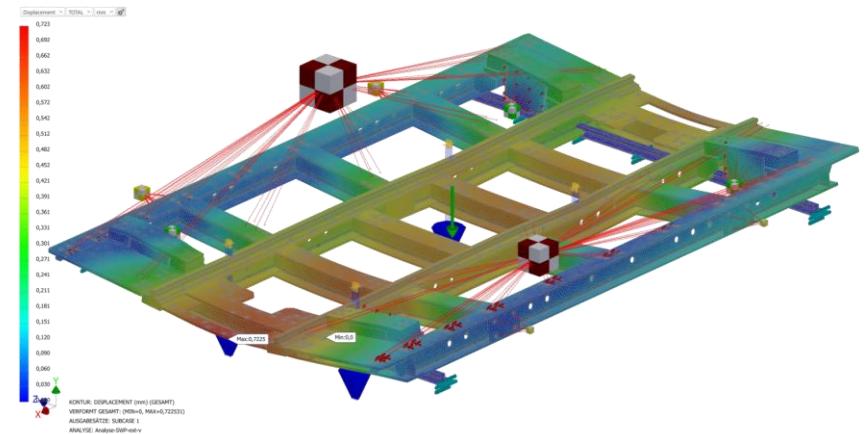
1.1 NASTRAN in CAD Vorwort - Geschichte und Funktionen

Digital Prototyping ist ein aus dem Anglo-Amerikanischen stammender Begriff aus dem Gebiet des Maschinenbau-Ingenieurwesens; er bezeichnet eine Vorgehensweise in der technischen Entwicklung. Mit Digital Prototyping soll die **Entwicklungszeit** von neuen Produkten verkürzt, die **Kosten** der Entwicklung gesenkt und die **Qualität** der Produkte verbessert werden. Der Grundgedanke des Verfahrens ist, die zur Funktionsprüfung von Neuentwicklungen notwendigen Prototypen oder Versuchsmuster weniger als körperliche Prototypen zu testen, sondern sie vielmehr **als „virtuelle“ oder „digitale Prototypen“**, also als Computermodelle zu prüfen. Die Basis für Digital Prototyping stellt dabei ein 3D-CAD-Modell des Produktes dar. Ausgehend von diesem **3D-Modell** können mit rechnerischen Verfahren wie der Mehrkörper-Simulation (kinematische und dynamische Simulation), **Finite-Elemente-Methode**, Visualisierung, Einbau- und **Montagesimulation** usw. unterschiedliche Aspekte eines Produkts untersucht werden, die ansonsten in aufwändigen Versuchsreihen mit physischen Modellen überprüft werden müssten.



Die Vorteile von Digital Prototyping sind unter anderem:

- Digitale Prototypen verursachen in der Regel geringere Kosten als physische Prototypen.
- Zahlreiche Konstruktionsvarianten können am Computer leicht ausgetestet und optimiert werden.
- Digitale Prototypen erleichtern und ermöglichen die gemeinsame Entwicklung über Abteilungs-, Firmen- oder geografische Grenzen hinweg.
- Die jeweils besten Spezialisten und Partner weltweit können in ein digitales Entwicklungsnetwork eingebunden werden.
- Tests von Prototypen können am Rechner schneller durchgeführt werden als mit physischen Modellen.
- Die während des Entwicklungsprozesses zwangsläufig auftretenden Konstruktionsänderungen können in eine frühe Phase der Entwicklung verlegt werden, wo sie wesentlich geringere Kosten verursachen als später.



Eine wichtige Voraussetzung des Digital Prototyping ist die Durchgängigkeit der Daten durch alle Phasen der Produktentwicklung, also von der Konzeption über die Konstruktion bis zur Fertigung und Montage. Dabei unterstützen Systeme für das Produktdatenmanagement. Das Verfahren des Digital Prototyping ist heutzutage Standard bei der Entwicklung von Automobilen, Flugzeugen und vielen langlebigen Konsumgütern. Der Maschinenbau und die mittelständische Industrie setzen Digital Prototyping in wachsendem Maß ein. Ein Grund dafür ist die Tatsache, dass die Kosten für 3D-CAD-Systeme und andere Lösungskomponenten für die Realisierung von Digital Prototyping in den letzten Jahren stetig gefallen sind.



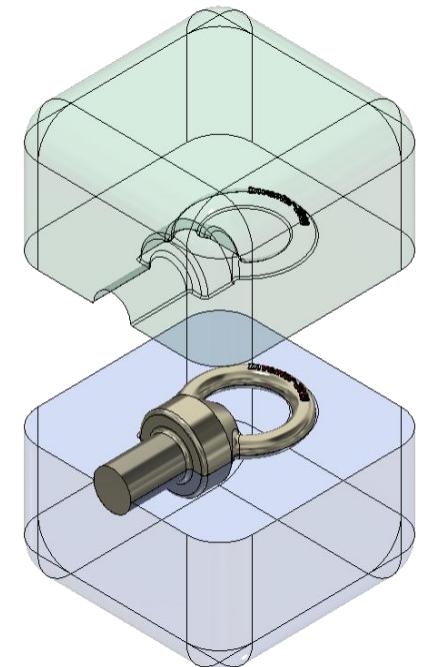
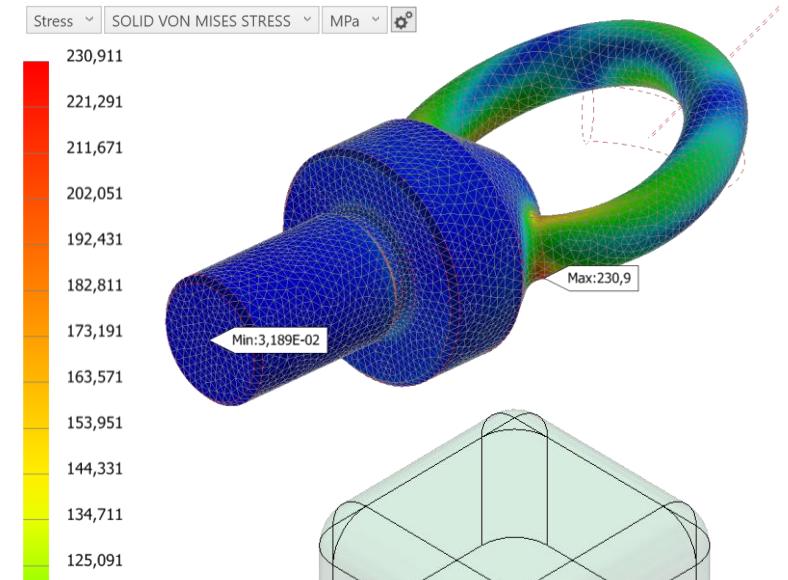
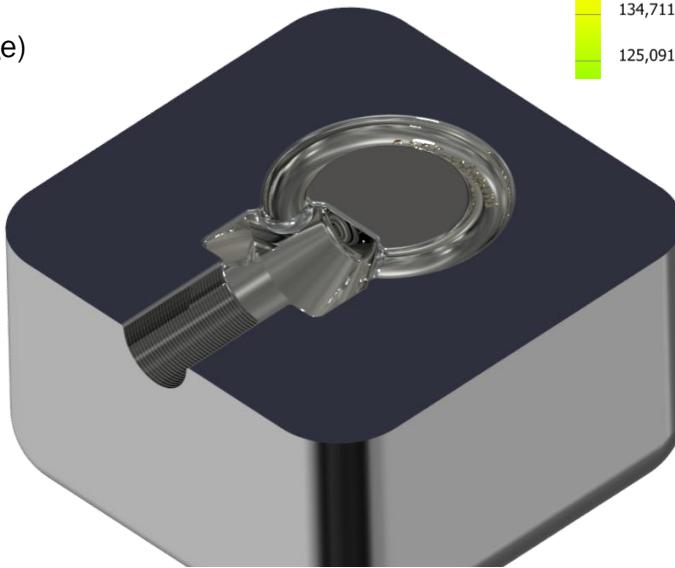
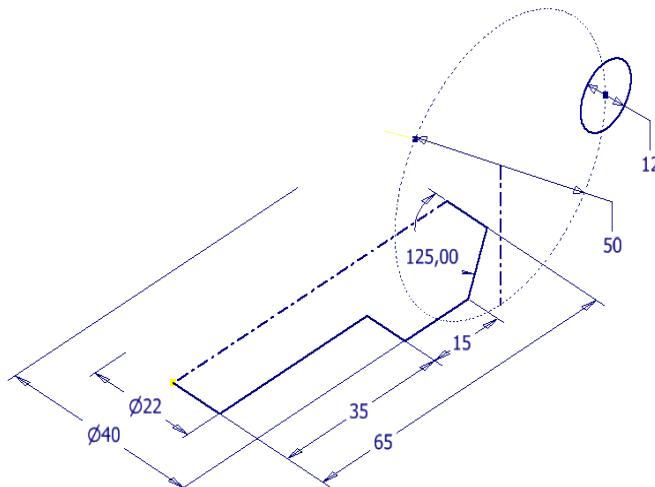
1.1 NASTRAN in CAD Vorwort - Geschichte und Funktionen

Inventor NASTRAN

Digital Prototyping-Konstruktionsbeispiel

Schwerlastöse ST-2026

- Konzept (Skizzen)
- Konstruktion (3D-Modell)
- Analyse (FEM/Dyn. Simulation)
- Modifikation (3D-Modell)
- Fertigung (Physikalische Bauteile/Werkzeuge)





1.1 NASTRAN in CAD Vorwort - Geschichte und Funktionen

NASTRAN

Das Programmpaket NASTRAN (Kurzform für „*Nasa Structural Analysis System*“) wurde in den 1960er-Jahren von der US-Raumfahrtbehörde **NASA** als ein universell einsetzbares Finite-Elemente-Programm entwickelt.

Es ist in der Programmiersprache **FORTRAN** geschrieben und zeichnet sich durch eine offene Architektur mit der Möglichkeit, eigene Routinen einzubinden, aus. Es wurde ab Ende der 1960er-Jahre auch kommerziell vertrieben.

Nastran ist ein reines Rechenprogramm „**SOLVER**“ ohne die Möglichkeit der graphischen Interaktion und kommt daher meist nach einem Präprozessor, der die benutzer-freundliche Schnittstelle bildet, zum Einsatz.

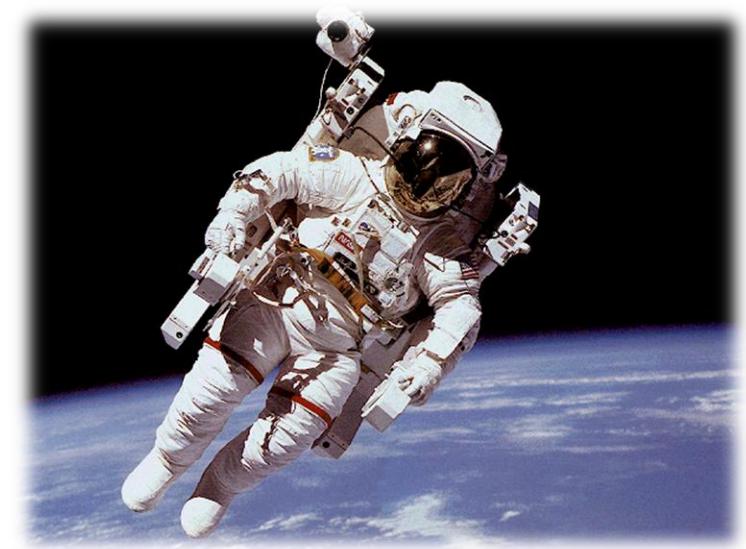
Die Eingabedateien sind reine Textdateien und daher auch zwischen verschiedenen Systemen austauschbar.

Aufgrund seiner langen Geschichte und der damit verbundenen Reifung gilt Nastran als **De-facto-Standard für Finite-Elemente-Berechnungen** in der Luft- und Raumfahrttechnik.

Nastran ist für alle gängigen Plattformen im CAE-Bereich verfügbar.

Software für FEM-Berechnung mit CAD-Integration

Die Finite-Elemente-Berechnung (FEM) in Autodesk® Nastran® In-CAD nutzt den Autodesk Nastran-Solver und ermöglicht die Integration mit kompatibler Software, um reales Verhalten zu simulieren. Sie können eine Vielzahl von Analysetypen simulieren, bevor Sie mit der Herstellung beginnen.





1.1 NASTRAN in CAD Vorwort - Geschichte und Funktionen

NASTRAN

Einsatzgebiete der NASTRAN Applikationen.

Die Anwendung Autodesk Nastran In-CAD ist ein Vor- und Nachprozessor für Finite-Element-Analysen, die als Zusatzmodul in eine CAD-Umgebung eingebettet ist. Sie ist speziell auf Ingenieure und Analytiker als Werkzeug für die Vorhersage des physischen Verhaltens von praktisch jedem Teil oder jeder Baugruppe unter verschiedenen Randbedingungen zugeschnitten.

Diese einfach zu erlernende Anwendung ermöglicht Designern, ihre Entwürfe verfeinern, ohne die Windows-Umgebung zu verlassen. Sie ermöglicht die Analyse der Antwort der Teile/Baugruppen aus der CAD-Umgebung für bestimmte Randbedingungen.

