



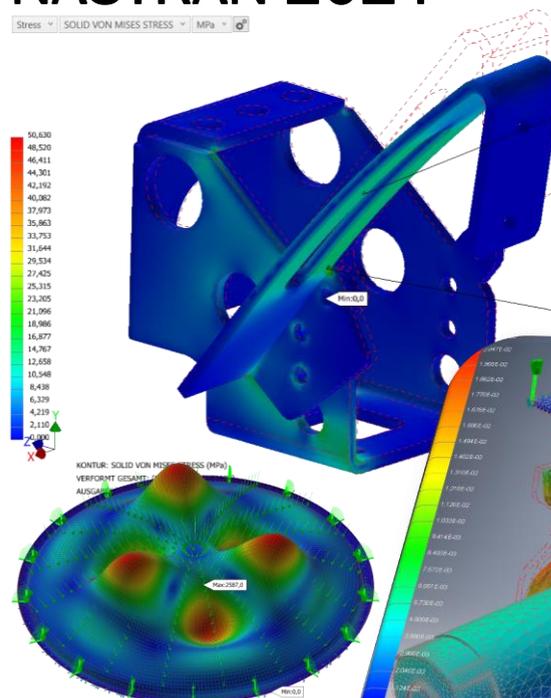
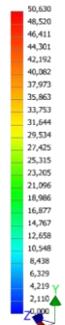
I Inventor Professional 2024

I AUTODESK Inventor Nastran 2024



NASTRAN 2024

Stress - SOLID VON MISES STRESS - MPa

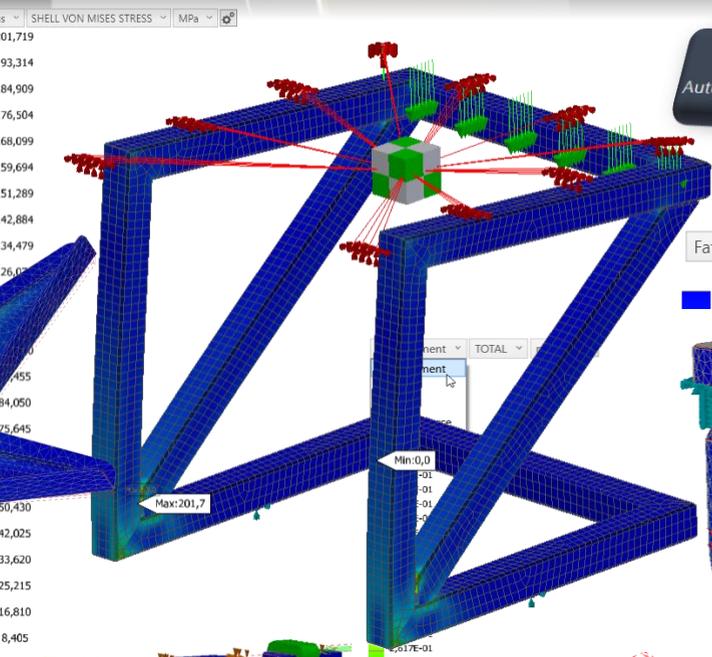


AUTODESK
Authorized Training Center

```

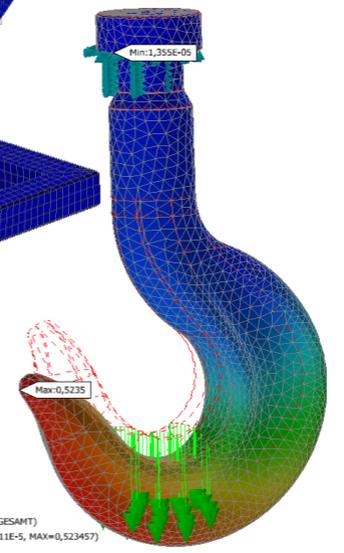
NASTRAN VERSION 17.1.2.33 15:53 05/17/24
INITIALIZATION PROCESSOR MODULE
READING IN FILE: C:\Program Files\Autodesk\Inventor
PROCESSING MODEL INITIALIZATION FILE
NUMBER OF PROCESSOR THREADS REQUESTED = 64
NUMBER OF PROCESSOR THREADS AVAILABLE = 64
NUMBER OF PROCESSOR THREADS USED = 64
CONDITIONAL NUMERICAL REPRODUCTION IS NOT APPLIED
NASTRAN PROCESS PRIORITY = ABOVE NORMAL
DELETING FILE: nh5c8c3n8.FNO
VIRTUAL MEMORY = 15586108928 WORDS
REAL MEMORY = 15224724480 WORDS
DRIVE E: DISK SPACE = 30494915680
DRIVE C: DISK SPACE = 1971393280
WRITING MODEL RESULTS OUTPUT FILES
WRITING OUT MODEL INITIALIZATION FILES
PAGES WRITTEN:
MODEL TRANSLATOR
  
```

Stress - SHELL VON MISES STRESS - MPa



Fatigue - SOLID LIFE

10000005120,000



KONTUR: DISPLACEMENT (mm) (GESAMT)
VERFORMT GESAMT: (MIN=1,35511E-5, MAX=0,523457)
AUSGABESATZ: SUBCASE 1

Software interface toolbar with icons for: Vorgabe Einstellungen System, Neu, Bearbeiten, Importieren aus Spannungsanalyse Analyse, Materialien Idealisierungen Vorbereiten, Verbinder, Versatzflächen, Tragwerke, Ausführen, Ergebnisse laden, Kontur, Verformt, Zurück, Spannungslinialisierung, Sonden, Sonden löschen, Konvergenz-Plot, Optionen, Animieren.



I AUTODESK Inventor Nastran 2024

1. Ausgabe, zweite Auflage Mai 2024 © TRIDOX Tools&Technosystems
© 2024 Serafim Triantafillidis, Waldstetten

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzlich 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 lizenzfreie Grafiken, Tondokumente, Videosequenzen und Texte zurückzugreifen.

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.

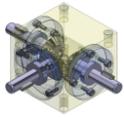
Wir bedanken uns bei Autodesk für das mitunterstützende Bild- und Filmmaterial zu diesem Fachbuch, wie auch zum CAD/FEM- Software-Support und der Beistellung von Lehrbeispielen/System-Dokumentation.

Autor:
Serafim Triantafillidis

CAD/FEA Application Engineer
Technischer-Betriebswirt
Zertifizierter CAD/FEA-Trainer

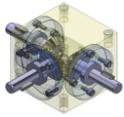
www.tridox.de





Inhaltsverzeichnis

1. NASTRAN Geschichte FEM-Applikationen	Seite	4.7 SL-Analyse Übungsbeispiel Rahmengestell	73-82
1.1 NASTRAN in CAD Vorwort-Geschichte und Funktionen	5-13	5. Flächenmodelle und Randbedingung „Symmetrie“	Seite
1.2 NASTRAN in CAD Inventor und Systemanforderungen	14-15	5.1 SL- Analyse Übungsbeispiel Fläche-Symmetrie	83-88
2. Finite Elemente in Autodesk NASTRAN in CAD	Seite	5.2 SL-Analyse Übungsbeispiel Volumen vs. Fläche	89-92
2.1 Verarbeitung und Kombination von Modellgeometrie	16-17	5.3 SL-Analyse Idealisierung Stabmodell vs. Flächen	93-100
3. Die Benutzeroberfläche	Seite	6. Lineare und nicht lineare Knickungs-Analysen	Seite
3.1 Inventor NASTRAN in CAD Umgebung & Einstellungen	18-25	6.1 SL/SNL-Analyse Knickung Übungsbeispiel Pedaleinheit	101-105
3.2 Inventor Systemvoraussetzungen	26-27	6.2 SL/SNL-Analyse Knickung Multicore Berechnung	106-107
3.3 Systemeinstellungen in Anwendungsoptionen 2024	28-39	6.3 Lineare und nichtlineare Knickung Analysebeispiele	108-117
3.4 Inventor-Zusatzmodule (Freigegebene Ansichten)	40-41	7. Kranhaken SL/SNL und Lebensdauer Analyse	Seite
4. Statisch Lineare Analyse	Seite	7.1 Kranhaken (Linear, Nichtlinear, Multi-Axiale-Ermüdung)	118-127
4.1 Grundlage/Konzept der Finite-Elemente-Analyse (FEM)	42-43	7.2 OUT-FILE/Protokoll (SL/NL, Multi-Axiale-Ermüdung)	128-129
4.2 Prozess-Schritte der FEM	44	8. Hydrostatischer Druck Nichtlineare Analyse	Seite
4.3 SL-Analyse Übungsbeispiel Halter	45-52	8.1 Wassertank SL/SNL-Analyse-V1 (Hydrostatischer Druck)	130-136
4.4 SL-Analyse Übungsbeispiel Vierkant 10x10x100 Torsion	53-59	8.2 Wassertank NL-Analyse-V2 (Hydrostatischer Druck)	137-138
4.5 SL-Analyse Übungsbeispiel Antriebswelle (Einspannung)	60-63	9. SL/SNL Seilwinde Kombination Analyse	Seite
4.6 SL-Analyse Übungsbeispiel I-Träger Verschraubung	64-72	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 (Halteblech)	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		

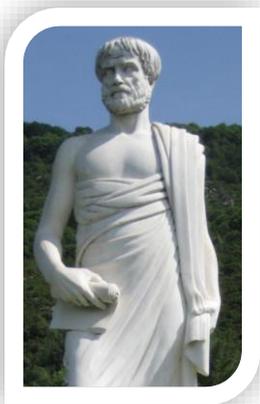


1.1 NASTRAN in CAD Vorwort - Geschichte und Funktionen

Autodesk Inventor
NASTRAN
FEM-Grundlagen

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 Randbedigungen, Materialwerte, Berechnungsverfahren) unabdingbar.

„Vorwort des
Autoren“



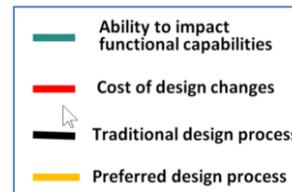
Der schon fast philosophisch klingende Titel, Grundlagenschulung „**einfach schön**“ bzw. „**The beauty of simplicity**“ soll die geistige Haltung der Schulungsteilnehmer, in Bezug auf die gewählten Erstellungswege und Konstruktionsmethoden als Leitfaden dienen. Ordnung und Transparenz bei der Erstellung 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.
- Systemvoraussetzungen 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.



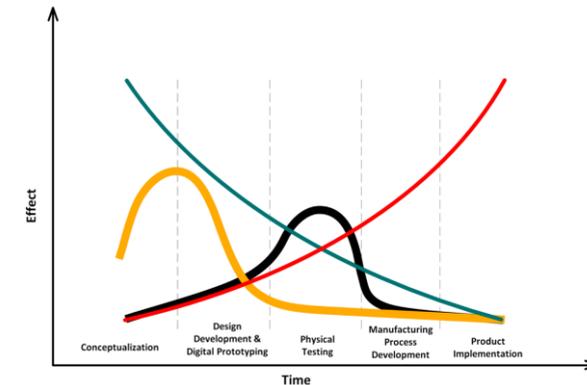
1.1 NASTRAN in CAD Vorwort - Geschichte und Funktionen

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.

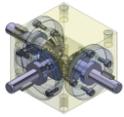


Die Vorteile von Digital Prototyping sind unter anderem:

- 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 Entwicklungsnetzwerk 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.

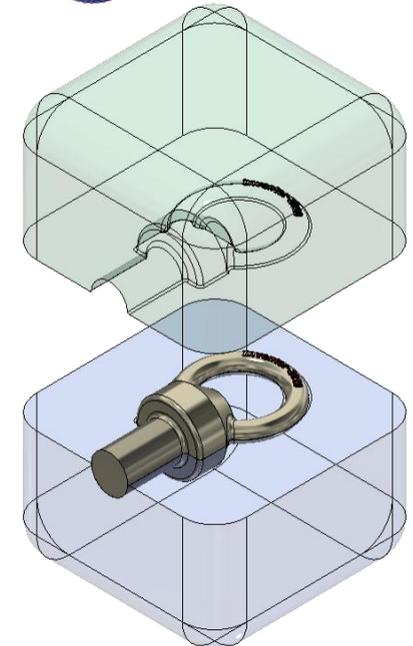
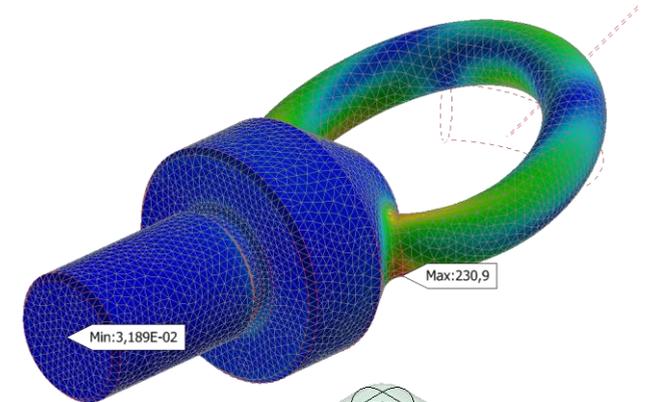
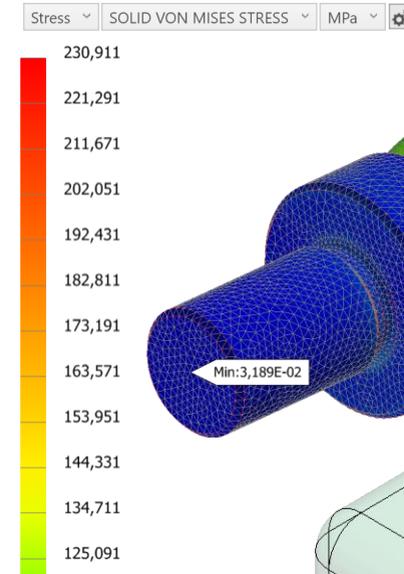
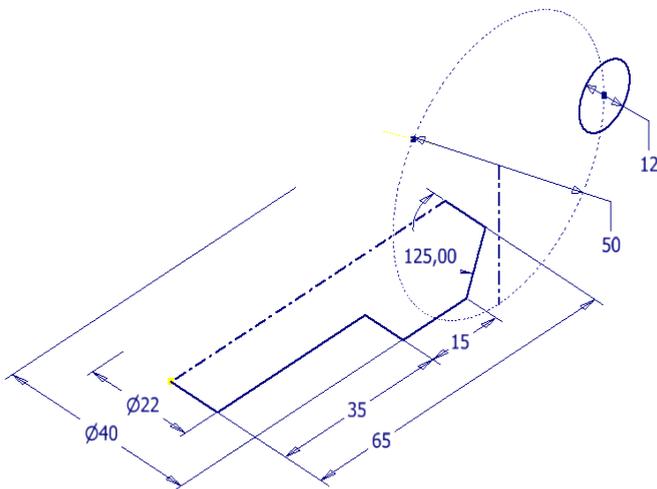


1.1 NASTRAN in CAD Vorwort - Geschichte und Funktionen

Inventor NASTRAN

Digital Prototyping am Konstruktionsbeispiel Schwerlastöse ST-2024

- 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.

