AUTODESK® INVENTOR® PROFESSIONAL 2022
NASTRAN 2022
Autodesk Inventor Nastran
Fatigue
SOLID LIFE
10000005120,000
AUTODESK.
Authorized Training Center

1. Ausgabe, Juli 2021

TRIDOX Tools&Technosystems
© 2021 Serafim Triantafillidis, Waldstetten

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzliche 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 kein 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 Bildmaterial zu diesem Fachbuch, wie auch zum Support der PowerPoint Dokumentation.

Autor:
Serafim Triantafillidis

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

www.tridox.de

ISBN-978-3-948666-18-7

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	NASTRAN in CAD Inventor Umgebung & Einstellungen	18-25
3.2	Inventor Systemvoraussetzungen	26-27
3.3	Systemeinstellungen in Anwendungsoptionen 2022	28-36
3.4	Inventor-Zusatzmodule (Freigegebene Ansichten)	37-38
4. Statisch Lineare Analyse		**Seite**
4.1	Grundlage/Konzept der Finite-Elemente-Analyse (FEM)	39
4.2	Prozess-Schritte der FEM	40
4.3	SL-Analyse Übungsbeispiel Halter	41-47
4.4	SL-Analyse Übungsbeispiel Vierkant 10x10x100 Torsion	48-54
4.5	SL-Analyse Übungsbeispiel Antriebswelle (Einspannung)	55-58
4.6	SL-Analyse Übungsbeispiel I-Träger Verschraubung	59-67
4.7	SL-Analyse Übungsbeispiel Rahmengestell	68-77
5. Flächenmodelle und Randbedingung „Symmetrie"		**Seite**
5.1	SL- Analyse Übungsbeispiel Fläche-Symmetrie	78-85
5.2	SL-Analyse Übungsbeispiel Volumen vs. Fläche	84-87
5.3	SL-Analyse Idealisierung Stabmodell vs. Flächen	88-95
6. Pedaleinheit Lineare/nicht lineare Knickungslast		**Seite**
6.1	SL/SNL-Analyse Knickung Übungsbeispiel Pedaleinheit	96-100
6.2	SL/SNL-Analyse Knickung Multicore Berechnung	101-102
7. Kranhaken SL/SNL und Lebensdauer Analyse		**Seite**
7.1	Kranhaken (Linear, Nichtlinear, Multi-Axiale-Ermüdung)	103-112
7.2	OUT-FILE/Protokoll (SL/NL, Multi-Axiale-Ermüdung)	113-114
8. Hydrostatischer Druck Nichtlineare Analyse		**Seite**
8.1	Wassertank SL/SNL-Analyse-V1 (Hydrostatischer Druck)	115-121
8.2	Wassertank NL-Analyse-V2 (Hydrostatischer Druck)	122-123
9. SL/SNL Seilwinde Kombination Analyse		**Seite**
9.1	SL Kombiübung externe Last/Verschraubung	124-129
9.2	SNL Kombiübung externe Last/Verschraubung	130-131

Inhaltsverzeichnis

10. Lineare stationäre Wärmeübertragung		Seite
10.1	NLW-Analyse Übung TRA-01 (Krümmereinheit)	132-136
10.2	LW-Analyse Übung TRA-02 (Halteblech)	137-144
11. Lineare Statik Thermische-Expansion und Spannung		**Seite**
11.1	Lineare Statik Thermische-Expansion/Spannung	145-151
12. Netz mix 2D/3D Bauteile und Baugruppen Kontakte		**Seite**
12.1	Kontakte und 2D/3D-Netzmix in Bauteil und Baugruppe	152-153
13. Schwingungsverhalten Modalanalyse		**Seite**
13.1	Modalanalyse Bauteil Eigenfrequenz	154-156
13.2	Eigenfrequenzen mit erweiterten Randbedingungen	157-159
13.3	Modalanalyse Baugruppe (Abgasanlage)	160-171
14. Falltest-Analyse (Impact Analysis)		**Seite**
14.1	Nichtlineare Transiente Antwort (Aufprall Sphäroid)	172-184
14.2	Zusammenprallanalyse (Objekt mit NL-Werkstoff)	185-193
15. Verbundwerkstoffe SL/SNL		**Seite**
15.1	SL-Analyse Verbundwerkstoffe (Karbonrahmen-01)	194-204

15. Verbundwerkstoffe SL/SNL		Seite
15.2	SNL-Analyse Verbundwerkstoffe (Karbonrahmen-02)	205-207
16. Umformen SL/SNL (Tiefziehwerkzeug)		**Seite**
16.1	SL/SNL Analyse BG-WZ-Tiefziehen	208-222
17. Explizite Dynamik (Analyse-Kettenzug)		**Seite**
17.1	Explizite Dynamik (Analyseübung-Kettenzug)	223-230
17.2	Explizite quasi-statische Analyse (Körperdeformation)	231-240
17.3	Direkte transiente Antwortspektren (Flügel)	241-246
18. TRIDOX-CAD/FEM Seminare Coaching/Consulting		**Seite**
18.1	CAD-FEM Seminare TRIDOX Tools&Technosystems	247-254
19. TRIDOX – CAD/FEM Zertifizierungen		**Seite**
19.1	CAD-FEM Zertifizierungen TRIDOX-TTS	255
20. TRIDOX Tools&Technosystems Standort		**Seite**
20.1	TRIDOX Standort Waldstetten	256

1.1 NASTRAN in CAD Vorwort - Geschichte und Funktionen

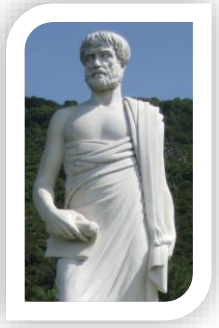
Autodesk Inventor NASTRAN

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 Einstelllungen, 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"

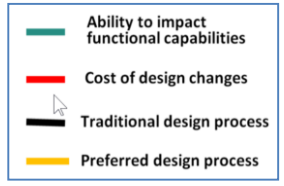


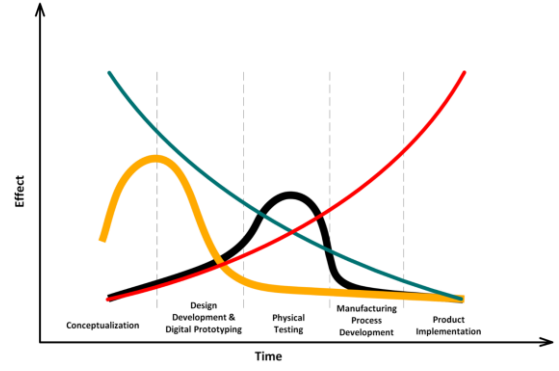
Der schon fast philosophisch klingende Titel, Grundlagenschulung ***„einfach schön"*** bzw. ***„The beauty of simplicity"*** soll die geistige Haltung der Schulungsteilnehmer, in Bezug auf die gewählten Erstellungswege und Konstruktionsmethoden als Leitfaden dienen. Ordnung und Transparenz bei der Erstellung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





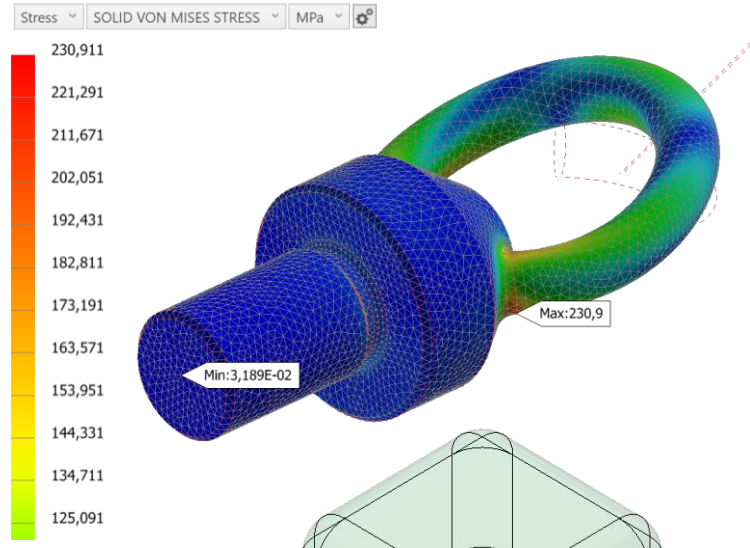
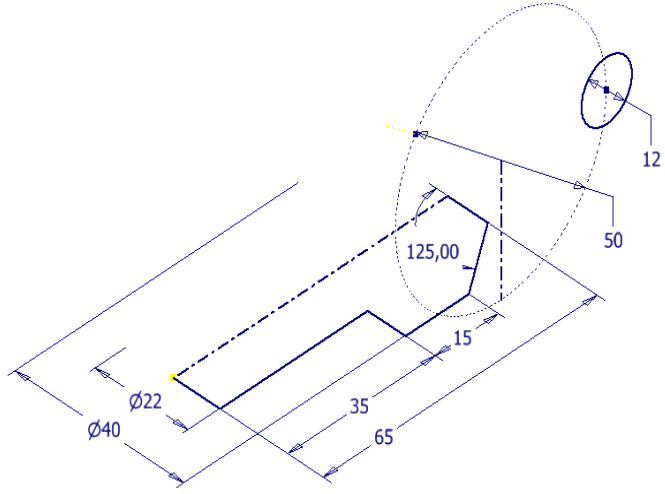
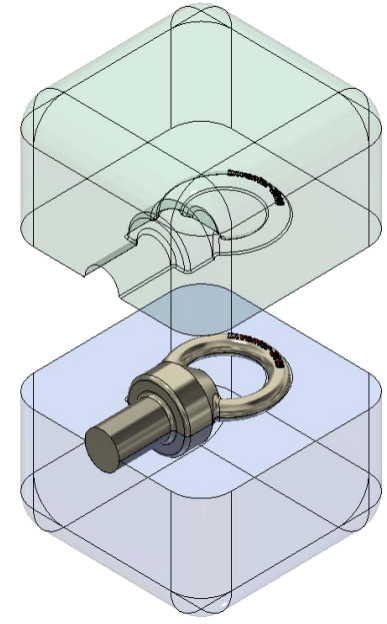
Die Vorteile von Digital Prototyping sind unter anderem:

- 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-2022

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