

Aufbaukurs 2

für

Autodesk[®] Inventor[®] 2023

© 2022 Armin Gräf

Verlag Armin Gräf
Beethovenstr. 13
86551 Aichach, Deutschland
www.armin-graef.de/shop

ISBN: 978-3-949342-22-6

VORWORT ZU DEN GESAMTUNTERLAGEN

Der Übergang von der 2D- zur 3D-Konstruktion ist in vollem Gange. Mit der Inventor®-Software hat Autodesk, Inc. ein benutzerfreundliches und mächtiges Werkzeug geschaffen, mit dem auch Sie diesen Wechsel relativ schnell vollziehen können.

Das Ziel des vorliegenden Buches ist es, Ihnen bei diesem Gesamtprozess zu helfen und Ihnen vor allem den Einstieg in das CAD-System zu erleichtern.

Falls die Inventor®-Software bereits installiert wurde, haben Sie sicherlich schon Bekanntschaft mit dem sehr umfangreichen und interessanten Inventor-Hilfesystem gemacht. Welchen Vorteil haben Sie nun, wenn Sie zusätzlich zur Dokumentation des CAD-Systems auch noch dieses Buch besitzen?

Zuerst wird Ihnen die besondere Reihenfolge auffallen, mit der in diesem Buch und in den anderen Büchern dieser Gesamtunterlagen die unterschiedlichen Themengebiete der Inventor®-Software abgehandelt werden. Ausschlaggebend war dabei das Bestreben, die Aneinanderreihung der Themen so zu gestalten, dass einerseits ein nachfolgendes Kapitel fast immer nur auf dem Wissen der vorhergehenden Kapitel aufbaut. Andererseits sollte es in erster Linie dem Anfänger erleichtert werden, den typischen Umfang eines 3D-Systems schnell in seiner Gesamtheit zu erfassen. Zusätzlich sollte auch zwischen "absolut notwendigen" und "weniger wichtigen" Funktionen unterschieden werden. Deshalb wurden die Gesamtunterlagen grundsätzlich in drei Teile gegliedert.

In den ersten beiden Teilen wird wiederholt auf die drei Hauptthemen eines beliebigen 3D-Systems eingegangen: die "Bauteilkonstruktion", die "Zusammenbaukonstruktion" und die "Zeichnungserstellung". Zusätzlich befindet sich hier auch das Kapitel "Spezialgebiete", in dem intensiver fachspezifische Themen wie z. B. die "Blechkonstruktion" oder die "Schweißkonstruktion" erläutert werden.

Im dritten Teil werden all jene Themen behandelt, die zwar sehr interessant sind, aber zur Erstellung der ersten Konstruktionen nicht unbedingt notwendig sind.

Einen großen Nutzen werden Ihnen sicherlich auch die vielen Übungsbeispiele bringen. Dabei werden grundsätzlich zwei Arten von Beispielen unterschieden. Einerseits sind dies die relativ kleinen Übungen, die zu jeder theoretisch besprochenen Funktion vorhanden sind. Andererseits sind dies aber auch die größeren Übungen, die im Allgemeinen mehr auf einen ganzen Themenbereich oder eine konstruktive Aufgabe ausgerichtet sind.

Vorteilhaft gegenüber dem Hilfesystem ist auch die zusätzliche und oft andere Aufbereitung des theoretischen Hintergrunds der verschiedenen Funktionen und Möglichkeiten der Inventor®-Software. Dabei wird besonders auf eine klare Strukturierung des jeweiligen Themas Wert gelegt. Deshalb werden Sie in den nachfolgenden Kapiteln auch relativ wenig "Fließtext" im Sinne eines Romans finden, sondern viele Hauptpunkte und noch mehr dazu passende Unterpunkte.

Abschließend möchte ich an dieser Stelle auf keinen Fall versäumen zu betonen, dass der effektivste Weg zum Erlernen eines CAD-Systems eine gute Schulung in Verbindung mit einem passenden Buch ist. Falls Sie auch dieser Meinung sind, schauen Sie doch einmal auf meiner Homepage im Internet vorbei.

Viel Erfolg bei der Arbeit mit der Inventor®-Software wünscht Ihnen

Armin Gräf

Internet: www.armin-graef.de

DANKE FÜR DIE UNTERSTÜTZUNG

Viele der in diesem Buch enthaltenen Beispiele und Übungen sind bei der Besprechung und Lösung praktischer Aufgabenstellungen entstanden. Für die mir zur Verfügung gestellten Informationen, Anregungen und zum Teil kompletten Konstruktionsunterlagen möchte ich mich bei allen Beteiligten herzlich bedanken.

Zur Modellierung komplexerer Baugruppen stellte mir die Firma FiA - Dr. Fichtner GmbH & Co. Industrieanlagen KG aus München den 2D-Zeichnungssatz eines Schweißplatzes zur Verfügung. Dafür möchte ich mich bei Herrn Dr.-Ing. Hermann Fichtner und bei Herrn Gerhard Klein bedanken. Mehrere Komponenten der Anlage habe ich für kleinere und größere Übungen innerhalb dieses Buches verwendet.

Ebenfalls möchte ich mich bei Herrn Karl Schedlbauer vor allem für die Hilfe in konstruktiver Hinsicht bedanken. Mit seiner Unterstützung konnten zum Beispiel die Übungen in der Schweißkonstruktion und im Bereich der Komponenten-Generatoren praxisnah umgesetzt werden.

URHEBERRECHT

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie oder einem anderen Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Autors reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Autor: Armin Gräf
Internet: www.armin-graef.de

HAFTUNGSAUSSCHLUSS

Diese Unterlagen wurden mit großer Sorgfalt erstellt. Trotzdem können Fehler nicht vollkommen ausgeschlossen werden. Durch die laufende Softwarepflege des Programmherstellers können geringfügige Abweichungen im Text und in den einzelnen Beispielen auftreten. Autor und Herausgeber übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für Folgen, die auf fehlerhafte Angaben zurückgehen.

WARENZEICHEN- UND MARKENSCHUTZ

Die in diesen Unterlagen verwendeten Soft-, Hardwarebezeichnungen und Markennamen der jeweiligen Firmen unterliegen im Allgemeinen warenzeichen-, marken- oder patentrechtlichem Schutz.

AutoCAD, DWG, das DWG-Logo und Inventor sind eingetragene Marken oder Marken von Autodesk, Inc., und/oder dessen Tochtergesellschaften und/oder Filialen in den USA oder anderen Ländern.

This book is independent of Autodesk, Inc., and is not authorized by, endorsed by, sponsored by, affiliated with, or otherwise approved by Autodesk, Inc.

VORWORT ZUM AUFBAUKURS 2

Wie bereits erwähnt, sind meine Gesamtunterlagen zur Autodesk® Inventor®-Software aus Gründen der Lernmethodik in mehrere Teile gegliedert und diese wiederum in mehrere Bücher aufgeteilt.

Die ersten beiden Teile der Gesamtunterlagen sind im so genannten "Basiskurs" enthalten. Dieses Buch sollte im Allgemeinen zuerst durchgearbeitet werden.

Der dritte Teil der Gesamtunterlagen ist in zwei weiteren Büchern enthalten: dem so genannten "Aufbaukurs 1" und dem "Aufbaukurs 2" (dieses Buch).

Die kompletten Inhaltsverzeichnisse aller Bücher können über die Internetadresse "www.armin-graef.de" heruntergeladen werden.

DER GRUNDSÄTZLICHE AUFBAU ALLER BÜCHER

Die obersten Stufen der Gliederungen der Bücher sind nebenstehend abgebildet.

In "Teil 1" und "Teil 2" enthalten sie im Wesentlichen keine fachliche Unterteilung. Erst unterhalb dieser Kapitelüberschriften wird auf die verschiedenen Themen eines 3D-Systems (Skizzen, Elemente, Baugruppen, ...) eingegangen.

Die Wiederholung der drei Themen "Bauteilkonstruktion", "Zusammenbaukonstruktion" und "Zeichnungserstellung" wurde deshalb gewählt, damit zuerst die "einfachen" Funktionen und dann die etwas "komplexeren" Funktionen zum gleichen Hauptthema erklärt werden können.

Im Kapitel "Spezialgebiete" werden die Themen "Blechkonstruktion", "Schweißkonstruktion", "Einfache Leitungsverläufe", "Komplexere Volumenmodellierung", "Gestell-Generator" und "Plastische Bauteile" erläutert.

In "Teil 3" wurde die obige Art der Strukturierung nicht mehr durchgeführt, da hier eher abgeschlossene Themen behandelt werden.

Neben den "normalen" Kapiteln mit Theorie und Übungen befindet sich in "Teil 3" auch ein spezielles Kapitel, in dem Schritt für Schritt erklärt wird, wie die Baugruppe "Umsetzer" aus dem Kapitel "Einführung" von "Teil 1" aufgebaut ist und erstellt werden kann.

Die Zerlegung von "Teil 3" in mehrere einzelne Bücher wurde durchgeführt, da der gesamte Inhalt einerseits nicht in ein einziges Buch passt.

Andererseits bietet diese Zerlegung in mehrere Bücher die Möglichkeit, nur bestimmte Themen von "Teil 3" zu erwerben.

Buch: Basiskurs

- Teil 1
 - Einführung
 - Bauteilkonstruktion
 - Zusammenbaukonstruktion
 - Zeichnungserstellung
- Teil 2
 - Bauteilkonstruktion
 - Zusammenbaukonstruktion
 - Zeichnungserstellung
 - Spezialgebiete

Buch: Aufbaukurs 1

- Teil 3
 - Darstellungen und Auswahlfunktionen
 - Zusätzliche Funktionen
 - Skelettmodellierung mit Skizzenblöcken
 - Adaptivität
 - Parameter und Bibliotheken
 - Modellzustände
 - Verwaltung und Konfiguration
 - Weitere Anzeigefunktionen
 - Inventor Studio
 - Präsentationen
 - Datenaustausch
 - Modellbasierte Definition
 - Splines und Flächenmodellierung
 - Freiformmodellierung
 - Komponenten-Generatoren
 - iLogic

Buch: Aufbaukurs 2

- Teil 3
 - Rohre und Leitungen
 - Kabel und Kabelbaum
 - Belastungsanalyse und Gestellanalyse
 - Dynamische Simulation
 - Inventor Nastran
 - Factory Design (Fabrikplanung)
 - Übung: Baugruppe "Umsetzer"

Zusätzlich zu den Inventor Büchern stehen über die obige Internetadresse auch noch die Bücher "Konfiguration von Autodesk Vault" und "Verwendung von Autodesk Vault" zur Verfügung. In diesen Büchern wird anhand vieler Übungen die Konfiguration und die Verwendung von Vault Basic, Vault Workgroup und Vault Professional erläutert.

WAS TUN BEI FRAGEN ZU DEN BÜCHERN ODER DEN ÜBUNGSDATEIEN?

Wenn Sie beim Lesen eines Buches eine Frage haben, sollten sie zuerst versuchen, diese unter Verwendung des Inventor-Hilfesystems zu beantworten. Dieser Fall wird sicherlich häufiger eintreten, da man bei einer so komplexen Software nicht alle Belange in einem Buch abdecken kann.

Grundsätzlich empfehle ich auch unabhängig von Problemen, öfter mal mit dem Inventor-Hilfesystem zu arbeiten, da es gar nicht das Ziel der Bücher ist dieses Hilfesystem zu ersetzen.

Sofern Sie nun immer noch eine Frage zum Inhalt eines Buches oder zu den Übungsdateien haben, können Sie sich über meine Internetadresse "www.armin-graef.de" auch gerne direkt an mich wenden.

Hinweis: Aktuelles zu den Büchern

Obwohl die Bücher mit großer Sorgfalt erstellt wurden, können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden. Zusätzlich kann sich durch neue Service Packs von Autodesk die Abarbeitung einiger Dateien ändern. Damit auf solche Fälle reagiert werden kann, werden aktuelle Hinweise zu einem Buch jeweils bei der Beschreibung des Buches auf der obigen Website abgelegt.

LISTE DER INVENTOR NEUERUNGEN

Ebenfalls kann über die Internetadresse "www.armin-graef.de" auch eine so genannte "Liste der Inventor Neuerungen" heruntergeladen werden. Diese Liste ist besonders für diejenigen interessant, die bereits Erfahrungen im Umgang mit dem Inventor-Programm besitzen.

Für mehrere Vorgängerversionen werden hier die jeweiligen Änderungen kurz aufgelistet. Meistens wird dabei auch auf eine Seite innerhalb eines Buches der Gesamtunterlagen verwiesen, auf der sich dann eine kleine Übung oder eine weitere Erläuterung der Thematik befindet.

SPEZIELLE KONVENTIONEN UND ABKÜRZUNGEN

Zur Vereinfachung der Schreibweise und zur Verbesserung der Übersichtlichkeit werden häufig die nachfolgenden Konventionen und Abkürzungen innerhalb der Bücher verwendet.

Textbeispiel im Buch	Aktion, die durchgeführt werden soll
<i>Multif./3D-Modell/Erstellen/Drehung</i> <Drehung>	Aufruf der Funktion " <i>Drehung</i> " über einen Klick mit der linken Maustaste auf dem Symbol "Drehung" in der "Multifunktionsleiste" (Multif.) auf der Registerkarte "3D-Modell" in der Gruppe "Erstellen" (Abkürzung: spitze Klammern)
<i>Browser/Skizze1/Skizze bearbeiten</i> [Skizze1/Skizze bearbeiten]	Aufruf der Funktion " <i>Skizze bearbeiten</i> " über einen Klick mit der rechten Maustaste (Kontextmenü) auf der Bezeichnung "Skizze1" im Browser (Abkürzung: eckige Klammern)
<i>Grafikfenster/RMT/Extrusion</i> {Extrusion}	Aufruf der Funktion " <i>Extrusion</i> " über einen Klick mit der <i>rechten Maustaste</i> im Grafikfenster und Auswählen aus dem "Markierungs-menü" (Kontextmenü) (Abkürzung: geschweifte Klammern)
.../RMT/...	Drücken der rechten Maustaste auf einem beliebigen Objekt

Inhaltsverzeichnis

Aufbaukurs 2

Teil 3:

1. Rohre und Leitungen	13
1.1 Einführung	13
Grundsätzlicher Aufbau einer Baugruppe mit "Rohren und Leitungen"	13
Grundsätzliche Aufrufmöglichkeiten der Funktionen für "Rohre und Leitungen"	13
Grundsätzliche Arten von "Rohr- und Leitungsstilen"	14
1.2 Einfügen und Verbinden von Fittings	18
Platzieren, Ersetzen und Aktualisieren von Fittings aus dem Inhaltscenter	18
Fitting platzieren	18
Fittings verbinden	19
1.3 Grundlagen der Verwaltung von Rohr- und Schlauchstilen	23
Rohr- und Leitungsstile	23
Vorlagendateien	25
Vorgaben für Dateibenennung	26
1.4 Erstellen und Bearbeiten von Routen	27
1.4.1 Leitungsrouten	27
1.4.2 Schlauchrouten	35
1.5 Dokumentation von Rohren und Leitungen	40
1.5.1 Zeichnungsableitung	40
1.5.2 Abspeichern von Daten in ASCII- und ISOGEN-Dateien	42
1.6 Publizieren von Rohren, Schläuchen und Verschraubungen	43
1.6.1 Umwandeln eines "normalen" Bauteiles in ein "Rohr- und Leitungsbauteil"	43
1.6.2 Erstellen einer Bibliothek: Rohr mit Fittings (Schneidring)	44
1.6.3 Erstellen einer Bibliothek: Schlauch mit Fittings (Pneumatik)	50
1.7 Erstellen neuer Rohr- und Schlauchstile	56
1.7.1 Stile für die zuvor erzeugte Bibliothek "Schlauch mit Fittings"	56
1.7.2 Stile für eine "Rohrleitung mit Lötittings"	58
Erstellen eines neuen Stils aus im Inhaltscenter vorhandenen Normen	58
Erstellen eines neuen Stils aus kopierten und teilweise geänderten Normen	59
1.7.3 Stile für die zuvor erzeugte Bibliothek "Rohr mit Fittings (Schneidring)"	62
1.7.4 Stile für geschweißte Rohre mit oder ohne Flansch	63
2. Kabel und Kabelbaum	67
2.1 Einführung	67
Grundsätzlicher Aufbau einer Baugruppe mit "Kabel und Kabelbaum"	67
Funktionen für "Kabel und Kabelbaum"	67
2.2 Erstellen und Publizieren von "Verbindern"	70
Umwandeln eines "normalen Bauteils" in einen "Kabel und Kabelbaum - Steckverbinder"	71
Erstellen einer Variante mit 3 Pins	71
Erstellen einer Variante mit 5 Pins	73
Umwandeln eines iParts in einen "Kabel und Kabelbaum - Steckverbinder"	74
Platzieren und Verwenden von Verbindern aus dem Inhaltscenter	76
2.3 Weitere Funktionen für Kabel und Kabelbaum Objekte	78
Erstellen und Bearbeiten von Spleißen	78
Erstellen und Bearbeiten von Routen	79
Erstellen und Bearbeiten von Segmenten	80
Erstellen und Bearbeiten von Flachbandkabeln	81

2.4	Dokumentation.....	83
2.4.1	Erstellung von Zeichnungsansichten	83
	"Normale" Ansichten	83
	Nagelbrett - Ansichten	83
2.4.2	Erstellung von Berichten	85
	Innerhalb einer Kabelbaum - Baugruppe	85
	Innerhalb einer Zeichnungsdatei	86
2.5	Exportieren und Importieren von Kabelbaumdaten	86
	Exportieren.....	86
	Importieren.....	87
2.6	Einstellungen	88
	Kabelbaumeinstellungen.....	88
	Kabel- und Kabelbaumbibliothek	88
2.7	Virtuelle Bauteile.....	89
3.	Belastungsanalyse und Gestellanalyse.....	91
3.1	Belastungsanalyse.....	91
3.1.1	Statische Analyse.....	91
	Grundlegende Funktionen.....	91
	Parametrische Bemaßung und Konvergenz	93
	Pin-Abhängigkeit, Reibungslose Abhängigkeit, Druck, Drehmoment und Lagerbelastung	98
	Weitere Beispiele	100
	Nutzung der "Einbaulage", Lagerbelastung und Reibungslose Abhängigkeit für Symmetrie	100
	Weitere Analyse von Pin-Abhängigkeiten und Trennen von Flächen	102
	Erstellung und Bearbeitung von Kontakten	104
	Übersicht.....	104
	Platte mit Winkel	106
	Schweißverbindung	107
	Unterschiedliche Varianten eines Balkens auf Los- und Festlagern	108
	Halber Wagenheber	115
	Dünne Körper.....	118
	Modi für starres Bauteil suchen und entfernen (weiche Federn).....	119
3.1.2	Modalanalyse.....	121
	Abdeckhaube.....	121
	Gehäusehälfte.....	122
	Smartphone - Halterung	123
	Flachstahl mit zwei Massen	123
3.1.3	Formen-Generator	124
3.2	Gestellanalyse	127
3.2.1	Statische Analyse.....	127
	Automatisch erzeugte Starre Verbindungen.....	127
	Manuelles Hinzufügen Benutzerdefinierter Knoten und einer Starren Verbindung	130
	Fachwerkkonstruktion in einer Ebene.....	132
	Analyse eines Terrassendachs.....	134
	Hinzufügen von Freigaben für Reibungsfreie Gelenke und Berechnung von Kräften.....	135
3.2.2	Modalanalyse.....	136
3.3	Vergleich zwischen Belastungsanalyse und Gestellanalyse	137

4.	Dynamische Simulation	139
4.1	Einführung.....	139
4.2	Gelenke.....	144
	Freiheitsgrade	144
	Eigenschaften von "Gelenken vom Typ Dynamische Simulation"	144
4.2.1	Erstellung von "Gelenken vom Typ Dynamische Simulation"	144
	Automatisches Ableiten von Gelenken (Verbindungen) aus Beziehungen.....	144
	Manuelles Erstellen von Gelenken (Verbindungen)	145
	Übersicht der Kategorien und Arten von Gelenken	145
	Wie kann die Komplexität verringert werden	146
	Gelenk: Drehung	146
	Gelenk: Prismatisch.....	148
	Gelenk: Zylindrisch und 3D-Kontakt	149
	Gelenk: Eben und 2D-Kontakt	149
	Gelenk: Rollgelenk: Zylinder Kurve, Schiebegelenk: Zylinder Kurve, Punkt Kurve	150
	Gelenk: Kugelförmig	152
	Gelenk: Räumlich.....	152
4.2.2	Bearbeiten von "Gelenken vom Typ Dynamische Simulation"	153
	Allgemeine Bearbeitungsfunktionen.....	153
	Eingabediagramm	154
4.3	Eigenschaften und Externe Belastungen.....	159
	Körpereigenschaften	159
	Schwerkraft.....	159
	Anzeige der Eigenschaften von Gelenken innerhalb des Ausgabediagramms.....	160
	Unbekannte Kraft.....	161
	Externe Kraft oder externes Drehmoment	162
4.4	Hilfsfunktionen.....	163
	Einstellungen für die Dynamische Simulation.....	163
	Dynamische Bauteilbewegung.....	164
	Film publizieren	165
	In Studio publizieren.....	165
	Status des Mechanismus und Redundanzen.....	167
	Weitere Optionen des Ausgabediagramms	170
4.5	Übung: Kräfte-Gleichgewicht zwischen mehreren Federn.....	173
5.	Inventor Nastran	177
5.1	Lineare Statik.....	178
	Haupt-Arbeitsschritte zur Erstellung einer FEM-Berechnung vom Typ "Lineare Statik"	178
5.1.1	Einzelne Volumenkörper.....	179
	Grundlagen, Abhängigkeiten (Strukturell), Lasten (Kraft)	179
	Netzeinstellungen und Konvergenz	182
	Pin-Abhängigkeit	186
	Unterschiedliche Varianten eines Balkens auf Los- und Festlagern	188
	Verbinder für Fest- und Loslager	188
	Verbinder für Loslager und Nutzung von Symmetrie oder Reibungslos.....	189
	Pin-Abhängigkeit - Festlager und Verbinder (Starrer Körper) - Loslager	190
	Lagerbelastung und Nutzung der "Einbaulage"	192
	Ohne Nutzung der Symmetrie	192
	Mit Nutzung der Symmetrie	193
	Weitere Analyse von Pin-Abhängigkeiten.....	194
	"Vollständige" Pin-Abhängigkeit	194
	"Halbe" Pin-Abhängigkeit (Flächentrennung).....	196
	Lasttyp Lagerbelastung und Moment; Abhängigkeit vom Typ Reibungslos.....	198
	Lasttyp Drehkraft.....	199

5.1.2	Erstellung und Verwendung von Kontakten.....	200
	Übersicht	200
	Zwei Balken	201
	Kontakttyp Verklebt und Versatz verbunden - Laschen einer Blechdatei.....	203
	Kontakttyp Verklebt und Getrennt - Platte, Winkel und Schrauben	204
	Ohne Vorspannung	204
	Mit Vorspannung	205
	Kontakttyp Getrennt und Gleitend/nicht getrennt - Balken, Festlager und Loslager	206
	Kontakttyp Getrennt - Achse und Bohrung - Mit Abstand	215
	Kontakttyp Getrennt; Funktionen Auto, Manuell und Solver - Achse und Bohrung	217
	Lasttyp Druck und Verbinder vom Typ Schraube - Ohne und mit Vorspannung.....	218
	Kontakttyp Verklebt - Berechnen von Schweißbaugruppen	222
	Variante 1: Umwandeln einer Schweißbaugruppe in ein Bauteil	223
	Variante 2: Umwandeln einer Schweißbaugruppe in ein Bauteil und dann in eine Baugruppe	224
5.1.3	Schalenelemente	225
5.1.4	Linienelemente	227
	Automatische Erzeugung von Linienelementen aus einem Modell des Gestell-Generators	227
	Manuelle Erzeugung von Linienelementen aus einem Skelett-Modell	229
5.1.5	Berechnung von Kräften und Momenten mittels Verbinder und Linienelemente	233
	Nur Verbinder - "Fachwerk mit reibungsfreien Gelenken"	233
	Nur Linienelemente - "Fachwerk mit starren Verbindungen"	235
	Nur Linienelemente - "Fachwerk mit reibungsfreien Gelenken"	236
	Linienelemente und Verbinder - "Wagenheber mit reibungsfreien Gelenken"	238
	Nur Linienelemente - "Wagenheber mit starren Verbindungen"	239
	Nur Linienelemente - "Wagenheber mit reibungsfreien Gelenken"	240
	Nur Linienelemente - Stab mit Punktlast	240
	Nur Linienelemente - Gerberträger mit Streckenlast	242
5.1.6	Weitere Übungen	244
	"Halber Wagenheber"	244
5.2	Nichtlineare Statik	247
5.2.1	Große Bewegungen bei linearem Spannungs-/Dehnungsverlauf	247
	Erzwungene Verschiebung bei einer "Steckschnalle"	247
	Große Durchbiegung bei einer (dünnwandigen) "Kofferhälfte"	251
5.2.2	Beliebige Bewegungen bei nichtlinearem Spannungs-/Dehnungsverlauf	253
	Durchbiegung eines "Balkens"	253
5.3	Dynamik	260
5.3.1	Überblick	260
5.3.2	Gehäuse - Varianten	261
	Abdeckhaube.....	261
	Modalanalyse	261
	Modale Frequenzantwort	263
	Gehäusehälfte	266
	Modalanalyse	266
	Modale Frequenzantwort	268
5.3.3	Smartphone - Halterung.....	271
	Bauteildatei mit Konzentrierter Masse.....	271
	Modalanalyse	271
	Modale Frequenzantwort	272
	Baugruppe mit "Halterung" und "Smartphone"	274
	Modalanalyse	274
	Modale Frequenzantwort	275
5.3.4	Flachstahl mit zwei Massen.....	277
	Bauteildatei mit zwei Konzentrierten Massen.....	277
	Modalanalyse	277
	Modale Frequenzantwort	278
	Modale transiente Antwortspektren	282
	Baugruppe mit "Flachstahl" und zwei "Ersatzobjekten"	286
	Modalanalyse	286
	Modale Frequenzantwort	287
	Modale transiente Antwortspektren	289

5.3.5	Sprungbrett.....	291
	Direkte transiente Antwortspektren	291
5.4	Knickung	294
5.4.1	Profile	294
	Idealisierung: Volumenkörper - Die 4 Eulerfälle.....	294
	Berechnung der Knickkräfte innerhalb der Linearen Knickung	294
	Berechnung der Spannungen und Verformungen innerhalb der Linearen Statik	297
	Idealisierung: Linienelemente - Terrassendach.....	298
5.4.2	Zylinder.....	299
	Einfacher Zylinder - Lineare Knickung und Statik.....	299
	Zylinder mit Rillen - Lineare Knickung und Statik, Nichtlineare Knickung und Statik	301
5.5	Wärmeübertragung	303
5.5.1	Lineare stationäre Wärmeübertragung	303
	Quader.....	303
	Temperatur, Wärmeleitfähigkeit, Wärmestrom (Wärmestromdichte).....	303
	Konvektion (Wärmeübergang)	304
	Kontakt zwischen zwei Quadern.....	305
	Mehrschalige Hauswand.....	307
	Chip und Kühlkörper	308
5.5.2	Last-Typ Temperatur innerhalb der Linearen und Nichtlinearen Statik.....	309
	Bi-Metallstreifen - Volumenkörper und Lineare Statik	309
	Bi-Metallstreifen - Volumenkörper und Nichtlineare Statik.....	311
	Bi-Metallstreifen - Flächenkörper (Schalen) und Nichtlineare Statik.....	312
5.5.3	Kombination von "Wärmeübertragung" und "Spannungsanalyse"	313
	Rohrbogen mit Flansch.....	313
	Lineare stationäre Wärmeübertragung.....	313
	Lineare Statik.....	314
5.5.4	Nichtlineare transiente Wärmeübertragung.....	315
	Abkühlung eines Formteils in einer Formplatte.....	315
6.	Factory Design (Fabrikplanung)	317
6.1	Layouts erstellen und bearbeiten - Grundlegende Funktionen	317
6.1.1	Theorie	317
	Benutzeroberfläche	317
	Erstellen von Factory-Layouts	318
	Einfügen von Factory-Objekten aus dem Objekt-Browser	319
	Anzeigen und Ändern der Eigenschaften von eingefügten Factory-Objekten	320
6.1.2	Übungen	320
	Erstellen eines 3D-Factory-Layouts und Einfügen mehrerer Factory-Objekte.....	320
	Erstellen eines 2D-Factory-Layouts aus einem 3D-Layout und Einfügen mehrerer Objekte.....	322
	Exportieren von Objekten aus einem 2D-Layout in ein bestehendes 3D-Layout	323
	Erstellen eines neuen 3D-Layouts aus (nur) einem 2D-Layout	323
	Hinzufügen weiterer Objekte zu einem bestehenden 3D-Layout.....	323
	Exportieren eines 3D-Factory-Layouts von Inventor nach Navisworks	325
6.2	Objekte erstellen und bearbeiten - Grundlegende Funktionen.....	327
6.2.1	Theorie	327
	Benutzeroberfläche	327
	Hauptordner, die beim Erstellen und Platzieren von Objekten verwendet werden.....	327
	Ordner und Dateien, die beim Publizieren von Objekten erstellt werden	328
	Objekteigenschaften.....	328
6.2.2	Übungen	330
	Erstellen, Publizieren und Platzieren eines "Förderbands-Gerade" mit beliebiger Größe	330
	Erstellen eines Bauteil-Objekts mit "benutzerspezifischer 2D-Darstellung"	334
	Erstellen eines Bauteil-Objekts mit "Varianten" (vorgegebene Kombinationen)	336
	Erstellen eines Bauteil-Objekts mit "gestuften Größen"	338
	Erstellen, Publizieren und Platzieren eines "Hallentors"	340

6.3	Layouts und Objekte erstellen und bearbeiten - Weitere Funktionen	344
6.3.1	Dokumentunabhängige Factory - Einstellungen.....	344
6.3.2	Dokumentabhängige Boden und Rastereinstellungen	346
	Allgemeine Voreinstellungen.....	346
	Zusätzliche Bodenfunktionen.....	346
6.3.3	Verschieben von Exemplaren und Verwalten von Beziehungen.....	347
	Verschieben, Repositionieren, Grundfläche einstellen, Verbindungen.....	347
6.3.4	Weitere Funktionen zum Erstellen und Bearbeiten von Objekten.....	349
	Haupt-Arbeitsschritte zur Objekterstellung und Dropdown-Menü Objekt erstellen.....	349
	Automatisches Konvertieren von Komponenten einer Baugruppe in Factory-Objekte	349
6.3.5	Weitere Funktionen in Layouts	351
	Modell einfügen, Objektgruppe einfügen, Freilegen, Durch Objekt ersetzen.....	351
	DWG-Unterlage hinzufügen	354
	Eigenschaften exportieren/importieren, Stückliste und Aufheben/Wiederherstellen des Schreibschutzes	356
6.4	Navisworks - Weitere Funktionen	357
	Kollisionsüberprüfung (Clash Detective).....	357
7.	Übung: Baugruppe "Umsetzer"	359
7.1	Allgemeines	359
	Projektordner und Projektdatei.....	360
7.2	Haupt-Unterbaugruppe "Wagen komplett"	360
7.2.1	Erstellung der Unterbaugruppe "Wagen geschweißt"	360
7.2.2	Erste Aktionen in der Haupt-Unterbaugruppe "Wagen komplett"	363
7.2.3	Erstellung der Unterbaugruppe "Vakuumheber komplett"	365
	Halterung geschweißt, Lagergehäuse, Drehachse,	365
	Schrittmotor, Stirnrad Schrittmotor, Stirnrad Drehachse,	367
	Sicherungsscheibe, Drehplatte, Abdeckung,	370
	Vakuumsauger komplett, Führungsrohr, Führungsbolzen, Distanzring Feder,	371
	Ansichtsdarstellungen und Positionsdarstellungen	373
7.2.4	Weitere Aktionen in der Haupt-Unterbaugruppe "Wagen komplett"	374
	Achse Zylinder, Achse Zugstange, Sicherungsplatte, Vakuumheber komplett,	374
	Vakuumschlauch, Verschraubungen ...,	375
	Hydraulikventil komplett, Verschraubungen ..., Rohre ...,	378
	Klemmplatte, Gegenplatte, Zapfenlaufrollen, Muttern und Schrauben.....	380
	Positionsdarstellungen.....	381
7.3	Gesamtbaugruppe "Umsetzer"	382
7.3.1	Gesamtbaugruppe, Gestell komplett, Wagen komplett, Zahnriemen, Werkstück	382
	Erstellen der Gesamtbaugruppe und Platzieren und Zusammenbauen von Komponenten	382
	Aktualisieren des "Zahnriemens" nach dem Verändern (eines Parameters) des "Umsetzers"	384
7.3.2	Energiekette, Getriebemotor ..., Normteile.....	385
	Platzieren und Zusammenbauen mehrerer Komponenten.....	385
	Energiekette	385
	Getriebemotor, Drehmomentstütze,	387
7.3.3	Positionsdarstellungen, Ansichtsdarstellungen und Umbenennen von Dateien	388
	Positionsdarstellungen.....	388
	Ansichtsdarstellungen	389
	Umbenennen von Dateien	390
8.	Stichwortverzeichnis.....	391

Teil 3

Aufbaukurs 2

für Autodesk[®] Inventor[®]

URheberRECHT

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie oder einem anderen Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Autors reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Autor: Armin Gräf
Internet: www.armin-graef.de

HAFTUNGSAUSSCHLUSS

Diese Unterlagen wurden mit großer Sorgfalt erstellt. Trotzdem können Fehler nicht vollkommen ausgeschlossen werden. Durch die laufende Softwarepflege des Programmherstellers können geringfügige Abweichungen im Text und in den einzelnen Beispielen auftreten. Autor und Herausgeber übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für Folgen, die auf fehlerhafte Angaben zurückgehen.

WARENZEICHEN- UND MARKENSCHUTZ

Die in diesen Unterlagen verwendeten Soft-, Hardwarebezeichnungen und Markennamen der jeweiligen Firmen unterliegen im Allgemeinen warenzeichen-, marken- oder patentrechtlichem Schutz.

AutoCAD, DWG, das DWG-Logo und Inventor sind eingetragene Marken oder Marken von Autodesk, Inc., und/oder dessen Tochtergesellschaften und/oder Filialen in den USA oder anderen Ländern.

This book is independent of Autodesk, Inc., and is not authorized by, endorsed by, sponsored by, affiliated with, or otherwise approved by Autodesk, Inc.

1. ROHRE UND LEITUNGEN

Gliederung

- Einführung
- Einfügen und Verbinden von Fittingen
- Grundlagen der Verwaltung von Rohr- und Schlauchstilen
- Erstellen und Bearbeiten von Routen
- Dokumentation von Rohren und Leitungen
- Publizieren von Rohren, Schläuchen und Verschraubungen
- Erstellen neuer Rohr- und Schlauchstile

Hinweis: Kopieren der Übungsdateien auf die Festplatte

Wie bereits im Basiskurs beschrieben, sollten vor dem Start des Inventor-Programms die zum Buch gehörigen Übungsdateien auf den lokalen Rechner oder das Netzwerk kopiert werden. Führen Sie dazu folgendes aus:

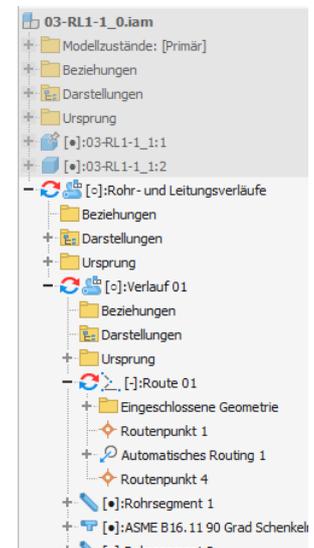
- Herunterladen einer ZIP-Datei aus dem Internet
 - rufen Sie die Haupt-Internetadresse des Buches auf: "www.armin-graef.de/Buch-Inventor.aspx"
 - wählen Sie dort am Ende der "Version 2023" den Link: "Download: Kurs_Inv2023.zip"
 - speichern Sie die Datei in einen beliebigen Ordner auf Ihrem Rechner oder Netzwerk
- Extrahieren der heruntergeladenen ZIP-Datei
 - nach dem Herunterladen können Sie die ZIP-Datei in einen beliebigen Ordner extrahieren (z. B. nach "C:\")
 - es entsteht nur ein einziger Hauptordner ("Kurs") mit vielen Unterordnern und Dateien.

1.1 EINFÜHRUNG

GRUNDSÄTZLICHER AUFBAU EINER BAUGRUPPE MIT "ROHREN UND LEITUNGEN"

Eine Baugruppe, in der die Funktionen für "Rohre und Leitungen" aufgerufen wurden, besitzt grundsätzlich folgende Baugruppenstruktur:

- beliebige Baugruppe auf oberster Stufe
 - (darunter) eine einzige Baugruppendatei als "Hauptbaugruppe für Rohre und Leitungen"
 - (darunter) ein oder mehrere Baugruppendateien als jeweils ein "Verlauf von Rohren und Leitungen"
 - (darunter) ein oder mehrere Bauteildateien als so genannte "Routen"
 - enthalten grundsätzlich die Routeninformation in Form von Punkten
 - (darunter) ein oder mehrere Bauteildateien als so genannte "Verbindungen" (Rohre, Leitungen, Schläuche) oder "Fittinge"
 - einerseits werden die Verbindungen und Fittinge beim Erstellen der Routen automatisch erzeugt
 - andererseits können auch vor dem Erstellen kompletter Routen einzelne Fittinge an beliebigen Positionen eingefügt werden
 - anschließend können dann Routen mit Verbindungen zwischen den bereits eingefügten Fittingen und neuen Fittingen erstellt werden.



GRUNDSÄTZLICHE AUFRUFMÖGLICHKEITEN DER FUNKTIONEN FÜR "ROHRE UND LEITUNGEN"

Zu Beginn des Arbeitens mit "Rohren und Leitungen" muss die Funktion *Rohr- und Leitungsverlauf erstellen* (Schaltfläche *Rohr und Leitung*) aufgerufen werden. Dies kann mittels der *Multifunktionsleiste* über die Gruppe *Beginnen* innerhalb der Registerkarte *Umgebungen* durchgeführt werden.



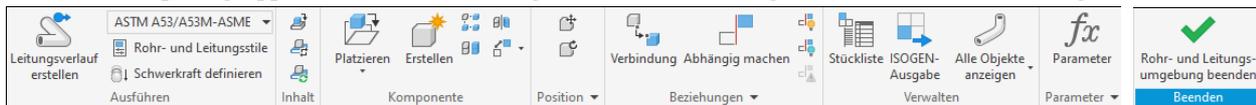
Anschließend erscheint die nebenstehende Dialogbox. Es kann folgendes bestimmt werden:

- im oberen Bereich
 - Dateiname und Speicherort der Hauptbaugruppe für "Rohre und Leitungen"
- im unteren Bereich
 - Dateiname und Speicherort der ersten "Verlaufsbaugruppe".



Nach dem Erstellen der Hauptbaugruppe für "Rohre und Leitungen" stehen über die *Multifunktionsleiste* grundsätzlich folgende spezielle Registerkarten zur Verfügung:

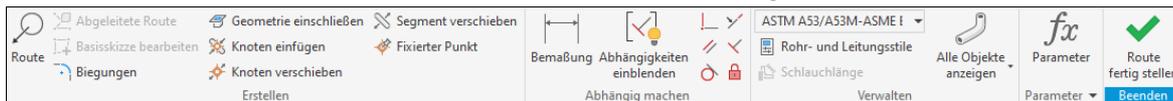
- falls die "Hauptbaugruppe für Rohre und Leitungen" aktiv ist: Registerkarte "Rohr und Leitung"



- falls eine "Verlaufsbaugruppe" aktiv ist: Registerkarte "Leitungsverlauf"



- falls eine "Route" aktiv ist: Registerkarte "Route"



Die einzelnen Funktionen werden in den nachfolgenden Abschnitten erläutert.

GRUNDSÄTZLICHE ARTEN VON "ROHR- UND LEITUNGSSTILEN"

Die verschiedenen Arten von "Rohren und Leitungen" werden mit Hilfe so genannter "Stile" verwaltet. Innerhalb eines "Stils" sind alle Eigenschaften für den jeweiligen Typ eines "Rohr- oder Leitungsverlaufes" definiert. Es werden grundsätzlich folgende Arten von "Rohr- und Leitungsstilen" unterschieden:

- "Rohrleitung mit Fittings"
 - ANSI/ASME B36.19M-ASME B16.3 - Rohr mit Gewinde und Stahl-Fittings
 - ASME B36.10M-ASME B16.11 - Stahlrohr mit Gewinde
 - ASME BPE - angeschweißt
 - ASTM A 53/A ...
 - ASTM D 1785-ASTM D 2466 - Verbundenes PVC-Rohr und Fitting
 - DIN 2458/DIN 2605 - Geschweißtes Stahlrohr und Fittings
 - DIN 2458/DIN EN 10242 - Stahlrohr mit Gewinde und Stahl-Fittings
 - DIN 8062/DIN 8063 - Verbundenes PVC-U-Rohr und Fittings
 - ISO 2531 - Geflanschtes, verformbares Stahlrohr und Fittings
 - ISO 4065-ISO 3633 - PVC-Rohr und Fittings
 - ISO 7598/ISO 49 - Stahlrohr mit Gewinde und Stahl-Fittings
 - JIS (Japan Industrial Standard) ...
- "Rohrleitung mit Biegungen"
 - ASTM B 88-ASME B16.22 - Gelötetes Kupferrohr
- "Flexibler Schlauch"
 - Hydraulikschlauch - ...

Das Wählen eines "Rohr- oder Leitungsstiles" kann entweder mittels der Dialogbox *Rohr- und Leitungsstile* oder über die Listen in der *Multifunktionsleiste* durchgeführt werden. Bei beiden Arten muss folgendes beachtet werden:

- falls die "Hauptbaugruppe für Rohre und Leitungen" oder eine "Verlaufsbaugruppe" aktiv ist
 - dann stehen alle Typen von Stilen (der aktuellen "Hauptbaugruppe") zur Auswahl zur Verfügung
 - wenn ein anderer Stil gewählt wird, gilt dieser für alle Rohre und Leitungen, die nachfolgend erstellt werden
 - bestehende Rohre und Leitungen werden nicht geändert
- falls eine "Route" aktiv ist
 - dann sind entweder "die Stile für Rohrleitungen mit Fittings und mit Biegungen" oder die "Stile für Schläuche" verfügbar, aber nicht beide
 - falls eine "Route" in einem anderen "Haupttyp" benötigt wird, muss sie gelöscht und neu erstellt werden
 - wenn ein anderer Stil gewählt wird, wird dieser Stil (nur) auf die aktuelle "Route" angewendet
 - eine "Route" vom Typ "Flexibler Schlauch" kann in eine zusätzliche Baugruppe "eingeschlossen" werden (diese Option ist für alle Stile vom Typ "Flexibler Schlauch" eingeschaltet, die nach der Inventor Installation vorhanden sind)
 - zum Bearbeiten einer solchen "Route" muss die "Route" selbst und nicht die zusätzliche Baugruppe aktiviert werden.

