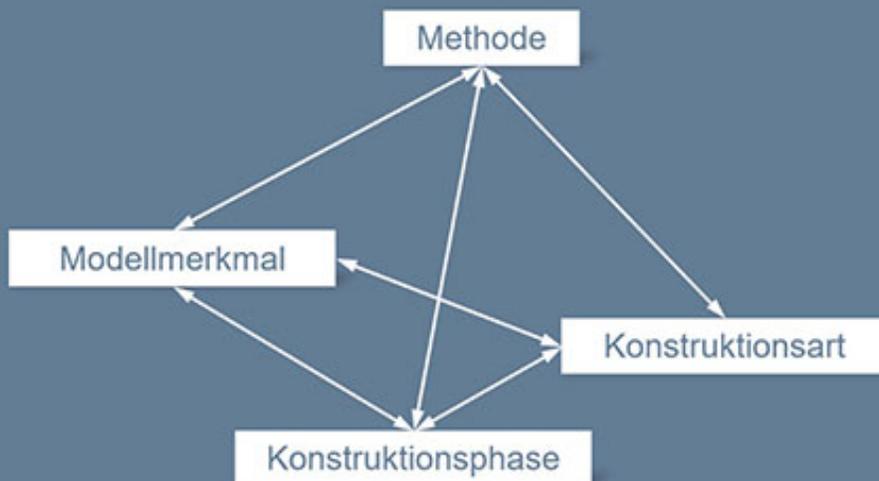


Dieter Kemmerer-Fleckenstein

Merkmale effizienten Modellierens

Entwerfen mit Autodesk® Inventor®



Über den Autor

- Ausbildung als Technischer Zeichner und Maschinenbau Studium an der Technischen Hochschule Darmstadt.
- Mehr als 40 Jahre Konstruktionserfahrung als Technischer Zeichner, Entwicklungsingenieur, Inhaber eines Ingenieur Büros sowie als Konstruktions- und Entwicklungsleiter.
- Branchen: Betriebsmittelkonstruktion, Werkzeugmaschinenbau, Medizintechnik, Sondermaschinenbau, Automotive.
- Inventor User seit 2000

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung

- 1.1 Hinweise zum Buch
- 1.2 Merkmale effizienten Modellierens
- 1.3 Modellierungsphasen
- 1.4 Konstruktionsarten
- 1.5 Spannungsfeld Effizientes Modellieren
- 1.6 Entwurfsabsicht, Top-down, Vererbung
- 1.7 Bottom-up
- 1.8 Zusammenfassung

2 Bezugssystem

- 2.1 Grundlagen
- 2.2 Beziehungen zwischen Komponenten
- 2.3 Entwicklung eines Ursprungsystems
- 2.4 Bemerkungen und Tipps zum Arbeiten mit dem Ursprung
- 2.5 Benutzerkoordinatensystem
 - 2.5.1 Arbeiten mit dem BKS
 - 2.5.2 Beispiele für die Verwendung eines BKS
 - 2.5.3 Zusammenfassung
- 2.6 Beziehungen in Baugruppen
- 2.7 Baugruppen mit Versatz
 - 2.7.1 Vorteile des Ursprung Bezugs

2.8 Körper verschieben

3 Parameter

3.1 Grundlagen

3.2 Arbeiten mit Parameter

3.3 Verknüpfung mit Parametern aus Bauteilen und Baugruppen

3.3.1 Vorteile:

3.3.2 Nachteile:

3.4 Verknüpfung mit Parametern aus Excel Dateien

4 Ableitungen

4.1 Ableitungsregeln

4.2 Skizzen

4.3 Skizze wiederverwenden

4.4 Ableitung von Parametern und Arbeitselementen

4.5 Ableitung von Skizzen

4.6 Ableitung von Blöcken

4.6.1 Arbeiten mit Blöcken

4.6.2 Verwendung mehrerer Blöcke

4.6.3 Blöcke auf unterschiedliche Ebenen

4.6.4 Mehrfachverwendung von Blöcken

4.6.5 Bewegungssimulation mit Blöcken

4.6.6 Bearbeitung von Baugruppen

4.6.7 Zusammenfassung

4.7 Ableitung von Einzelteilen

4.8 Ableitung von Baugruppen

4.9 Layout basierte Modellerstellung

4.9.1 Manueller Ableitungs Arbeitsablauf

4.9.2 Dialogfester BAUTEIL ERSTELLEN

4.9.3 Dialogfenster KOMPONENTE ERSTELLEN

4.10 Ableitung von Blöcken und Volumenkörper

4.11 Kopien mit Ableitungen

4.12 Zusammenfassung:

4.13 Vererbung von Informationen für Importierte Dateien

5 Bewegungsstellungen

5.1 Abhängigkeiten für Bewegungsstellungen

5.2 Bewegung mit Übersetzung

5.3 Kontaktlöser

5.4 Positionsdarstellungen

5.5 Flexible Baugruppen

5.6 Animationen mit iLogic

5.7 Animationen für Dokumentation und Präsentation

5.7.1 Animation mit dem INVENTOR STUDIO

5.7.2 Animation von Präsentationen (Explosionsdarstellungen)

5.8 Anforderung der Modularität

5.9 Zusammenfassung

6 iPart, iAssembly, iLogic

6.1 iPart

6.2 iAssembly

6.3 Modellzustände

6.4 iLogic

6.4.1 Formulare

6.4.2 Regeln

6.4.3 Vererbung von Parametern mit iLogic

6.4.4 Varianten mit iLogic

6.4.5 Konfiguration mit iLogic

6.4.6 iLogic Konstruktionskopie

6.5 Zusammenfassung

7 Darstellung

7.1 Benutzerbefehle

7.2 View Cube

7.3 Modellbrowser

7.3.1 Benennungen

7.4 Darstellungen

7.4.1 Ansichten

7.4.2 Position

7.4.3 Detailgenauigkeit

7.5 Ordner

7.6 Farbgebung

7.7 Zulieferermodelle

8 Merkmale effizienten Modellierens

1 Einleitung

1.1 Hinweise zum Buch

Das Buch ist ein Beitrag zum Verständnis der Notwendigkeit einer strukturierten Vorgehensweise beim Entwerfen in 3d CAD Systemen. In der frühen Phase des Modellierens, dem Entwerfen, können für die Entwicklung eines Modelles unterschiedliche Vorgehensweisen gewählt werden. Damit werden die Qualität und der Wert eines Modelles festgelegt. Um ein vorhersagbares Modellverhalten hinsichtlich Stabilität, Änderbarkeit und Benutzerfreundlichkeit zu erhalten, müssen in der Entwurfsphase wichtige Festlegungen beachtet werden. Deshalb steht das Entwerfen im Mittelpunkt dieser Darstellung. Parametrische 3d CAD Systeme ermöglichen das einfache Ändern von einzelnen Bauteilen. Sind diese Teil einer Baugruppe, besitzen benachbarte Bauteile eine Schnittmenge an gemeinsamen Informationen. Diese Wechselwirkung zwischen Komponenten wird beim Modellieren oft nicht ausreichend abgebildet. Den Möglichkeiten, Informationen zwischen Komponenten zu vererben, gilt hier besondere Aufmerksamkeit.

Die vorgenommene Gliederung und Auswahl der Themen orientieren sich an der Praxis des Autors. Damit kann kein Anspruch auf Vollständigkeit begründet werden, zumal der Funktionsumfang des INVENTOR auch zu umfangreich ist. Darüber hinaus ist die Vielfalt der möglichen Modellierungsaufgaben für den INVENTOR nicht überschaubar. Voraussetzung der Arbeit mit diesem Buch sind

Grundkenntnisse der Anwendung des AUTODESK INVENTOR und VAULT (Die KAPITÄLCHEN Formatierung von Begriffen zeigt deren Herkunft aus dem INVENTOR Vokabular an). Das Buch richtet sich sowohl an Studierende als auch an erfahrene Anwender. Eine Reihe von Funktionen wird nicht besprochen, da diese nicht im Zusammenhang mit dem Thema dieses Buches gesehen werden (z.B. ADAPTIVITÄT, GESTELL GENERATOR, KONSTRUKTIONSSASSISTENT, etc.).

1.2 Merkmale effizienten Modellierens

Während der frühen Entwurfsphase nimmt nicht nur die Konstruktion Gestalt an, hier werden auch die Eigenschaften, das Verhalten und die Möglichkeiten des 3d Modelles festgelegt. Bestenfalls sind dann zum Beispiel Modelländerungen mit vorhersehbarem Ergebnis möglich, das Platzieren von Komponenten erfolgt weitestgehend automatisiert oder einmal erzeugte Informationen werden wiederverwendet. Der Modellaufbau erscheint benutzerfreundlich und eine Simulation von Abläufen kann frühzeitig definiert, dokumentiert und präsentiert werden. Diese Eigenschaften eines optimalen 3d Modelles können wie folgt zusammengefasst werden:

- *Zuverlässig*
- *Intelligent*
- *Wiederverwendbar*
- *Benutzerfreundlich*

Mit der Zielsetzung, diese Merkmale im 3d Modell zu verankern, ergibt sich die Notwendigkeit einer methodischen und zielgerichteten Vorgehensweise. Im Mittelpunkt dieses Buches steht deshalb die Betrachtung und Bewertung von Arbeitsabläufen. Ausgangspunkt sind zunächst grundlegende Darstellungen der Bedeutung des Ursprungssystems von Komponenten sowie des Top-Down Ansatzes. Anschließend werden die zahlreichen Möglichkeiten der Vererbung von Informationen dargestellt. Methoden zur Verankerung der Entwurfsabsicht in mehreren Komponenten sind eine bedeutende Voraussetzung für ein sicheres, fehlerfreies und effizientes Modellieren. Hierbei

geht es um das Arbeiten mit Parametern und abgeleiteten Komponenten, der Verknüpfung mit Daten aus Excel Tabellen sowie der Nutzung von iLogic Formularen und Regeln. Ein Überblick der Methoden bewertet deren Eignung abhängig von der Aufgabenstellung, der Entwurfsphase oder der Konstruktionsart.

Mit der gleichen Systematik werden in den folgenden Kapiteln weitere Konzepte betrachtet, welche die Handhabung eines 3d Modelles vereinfachen: Das sind die Anforderungen, die wiederverwendbare Komponenten (Module) stellen, die unterschiedlichen Ansätze für den Abruf und der Visualisierung von Bewegungsstellungen und Gesichtspunkte der Darstellung. Die Idee dieses Buches ist, dass eine methodische Verankerung der beschriebenen Merkmale eine bewertbare hohe und reproduzierbare Qualität eines 3d Modelles erzeugt. Es wird ein praktischer Leitfaden vorgestellt, der offen für die Anwendung unterschiedlicher Arbeitsweisen ist, und der mit einer systematischen Bewertung der einzelnen Methoden eine Hilfestellung bei der Auswahl der vorteilhaftesten liefern will.

(1) Zuverlässigkeit, Intelligenz, Wiederverwendbarkeit und Benutzerfreundlichkeit sind die Merkmale eines effizient aufgebauten 3d Modelles.

(Absätze in dieser Formatierung kennzeichnen Merkmale effizienten Modellierens. In Kapitel 8 erfolgt eine Zusammenfassung.)

1.3 Modellierungsphasen

Die Bearbeitung von Konstruktionsaufgaben wird durch die Anwendung von Methoden effektiver (siehe VDI 2221)¹. Ein

zentraler Gesichtspunkt ist hier die Gliederung in Konstruktionsphasen: Planungsphase (Aufgabe klären), Konzeptphase, Entwurfsphase und Ausarbeitungsphase. Konstruktionsphasen beziehen sich auf den erreichten Konstruktionsfortschritt. Grundsätzlich stellen diese keine speziellen Anforderungen an ein 3d CAD System. Dennoch gibt es aus der Sicht der CAD Anwendung Phasen, denen bestimmte Vorgehensweisen zugeordnet werden können. Auf diese Modellierungsphasen wird das Buch aufmerksam machen: Wann, zu welchem Zeitpunkt ist der Einsatz spezieller Werkzeuge sinnvoll. D.h. auch, dass eine Methode in einer späteren Phase durch eine besser geeignete ersetzt werden kann. Es lassen sich folgende Typen von Aktivitäten unterscheiden:

- Entwerfen
- Ausarbeiten
- Prüfen
- Dokumentieren
- Präsentieren

Mit den ersten Schritten während des Entwerfens wird die Konstruktionsabsicht erfasst und dargestellt. Konzeptionelle und planerische Tätigkeiten stehen hier im Vordergrund. Die Wiederverwendung von bereits gewonnenen Informationen in mehreren Komponenten sichert einen effizienten und fehlerfreien Modellierungsfortschritt. Regelmäßiges Prüfen sichert eine fehlerfreie Konstruktion. Der schnelle Zugriff auf Konstruktionsansichten oder Bewegungen vereinfacht diese Aufgabe. Mit der Dokumentation wird die Benutzerfreundlichkeit des 3d Modelles verbessert. Nach dem Laden des Modelles zu einem späteren Zeitpunkt oder durch Dritte, können dessen wesentliche Merkmale schnell und eindeutig erfasst werden. Entsprechende Darstellungen im Modellbrowser sind zudem eine Voraussetzung für

aussagekräftige Zeichnungen. Gleichzeitig werden professionelle Präsentationen der Konstruktion ermöglicht. Modellierungsphasen bilden den Reifegrad des 3d Modelles ab. Deren Bedeutung ist dabei auch von der Konstruktionsart abhängig.

1.4 Konstruktionsarten

Ehrenspiel² unterscheidet folgende Konstruktionsarten:

- Neukonstruktion
- Anpassungskonstruktion
- Variantenkonstruktion

Die Einordnung richtet sich nach den zu bearbeitenden Konstruktionsphasen. Bei einem hohen Neuigkeitsgrad müssen alle Phasen neu bearbeitet werden (Konzipieren, Entwerfen und Ausarbeiten). Für eine Anpassungskonstruktion ist das Konzept bekannt, während es sich bei einer Variantenkonstruktion im Wesentlichen um eine Größenanpassung handelt. Die Bearbeitung von kundenspezifischen Produkten ist für viele Aufgaben im Sondermaschinenbau typisch, damit ist ein hoher Neuigkeitsgrad für die produktgebundenen Baugruppen zu erwarten. Dagegen sind die Konzepte aller weiteren Funktionen üblicherweise bekannt. Im Allgemeinen bewertet die Betrachtung der Konstruktionsart die Eigenschaft „Wiederverwendbarkeit“ eines Designs. Die Wiederverwendbarkeit ist aber auch eine wichtige Eigenschaft eines 3d Modelles. Wiederverwendung: In einer Baugruppe stehen Bauteile miteinander in Beziehung. D.h. es gibt geometrische Merkmale, Parameter, Informationen über Position und Orientierung, die für mehr als ein Bauteil relevant sind. Deren Wiederverwendung vermeidet also ein wiederholtes Neuerzeugen der Informationen. Das

beschleunigt den Entwurf und die Entwurfsanpassung, vermeidet Fehler, und führt letztendlich zu robusten Modellen. Grundsätzlich empfiehlt sich die Berücksichtigung dieses Merkmals bei allen Modellierungsaktivitäten. Die Möglichkeit, Varianten einer Konstruktion zu erzeugen, wird in der frühen Konstruktionsphase festgelegt.

1.5 Spannungsfeld Effizientes Modellieren

Effizientes Modellieren ist zweifellos kein statischer Prozess. Die Wechselwirkung der oben beschriebenen Faktoren können als *Spannungsfeld Effizientes Modellieren* zusammengefasst und dargestellt werden:

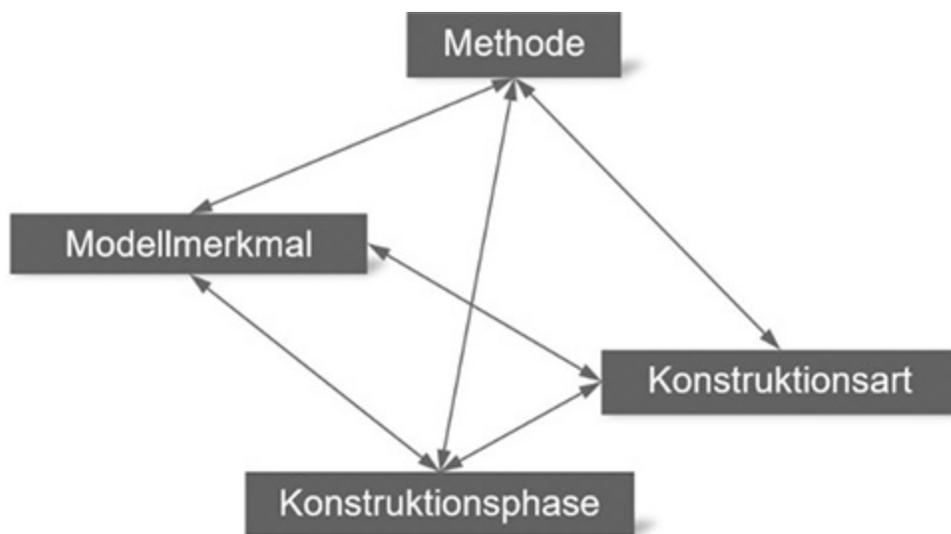


Abbildung 1-1

Die folgende Abbildung zeigt die Gestaltungsfelder, die beim Modellaufbau von Bedeutung sind. Gleichzeitig ist deren zeitliche Einordnung erkennbar, d.h. die Erfassung der Entwurfsabsicht oder die Definition des Bezugssystems sind die ersten Schritte des Entwerfens, die Definition von Fasen oder Radien schließt das Modellieren ab. Insgesamt wird

deutlich, dass die Gestaltungsfelder der Entwurfsphase die Basis der Modellstruktur sind.

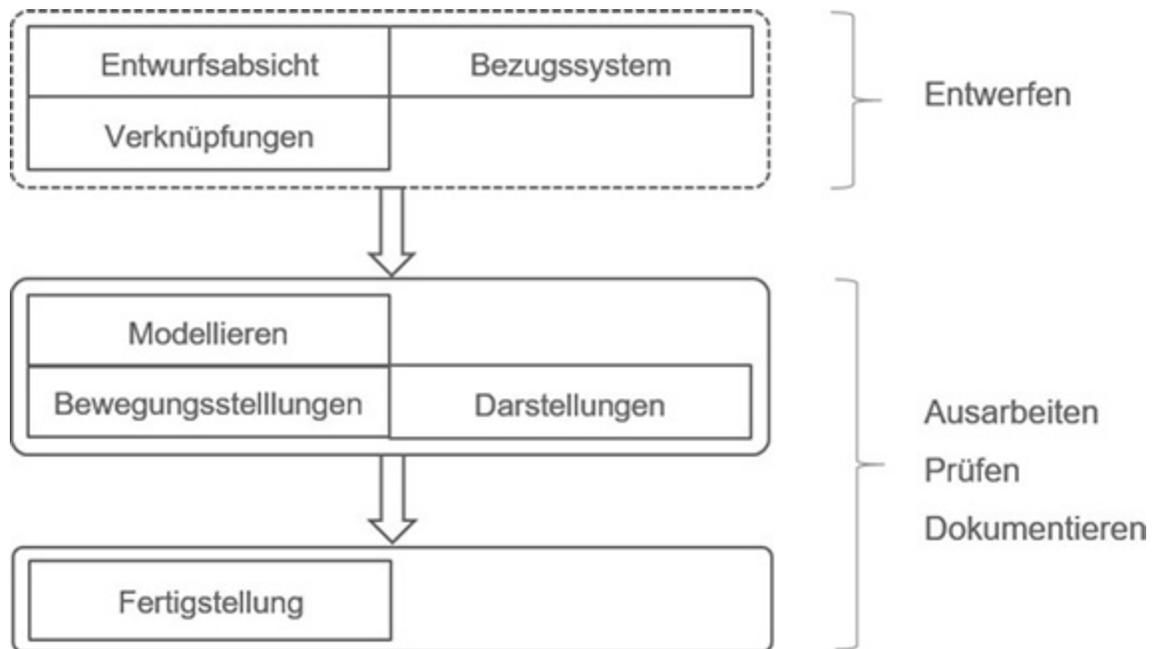


Abbildung 1-2

Beispiele für die Festlegungen der Gestaltungsfelder sind:

- Bezugssystem: Positionierung und Orientierung der Komponente mit dem Ursprung oder einem Benutzerdefiniertem Koordinatensystem (BKS).
- Verknüpfungen: Vererbung von Parametern und Geometrie über Verknüpfungen, Ableitungen oder iLogic Regeln.
- Bewegungsstellungen: Stichworte sind hier z.B. Flexibilität, Kontaktlöser und Positionsdarstellungen.
- Fertigstellung: Während der letzten Phase im Modellierungsablauf werden Fasen, Radien, Freistiche, etc. definiert.

Bei den Festlegungen der Gestaltungsfelder handelt es sich um die Auswahl von Methoden. Diese wiederum leiten sich

im Wesentlichen von der Konstruktionsart bzw. der konkreten Aufgabenstellung ab. Die [Abbildung 1-3](#) ist die grafische Zusammenfassung dieses Zusammenhanges.

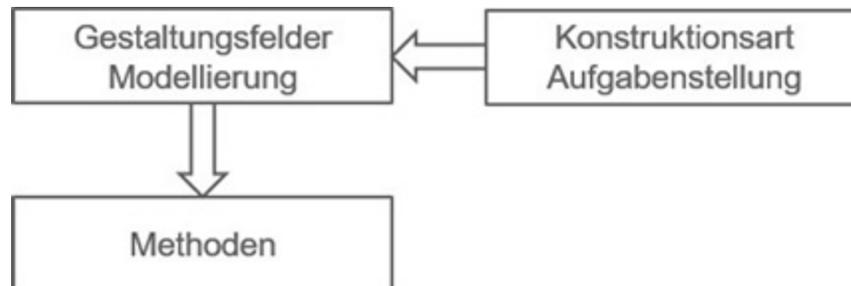


Abbildung 1-3

Die Wiederverwendbarkeit ist eine weitere grundlegende Anforderung an effiziente Abläufe. Dabei hat die Wiederverwendung zwei Bedeutungen:

- Das Vererben von Informationen zwischen den Komponenten einer Konstruktion.

Die Erzeugung von Varianten einer Konstruktion.

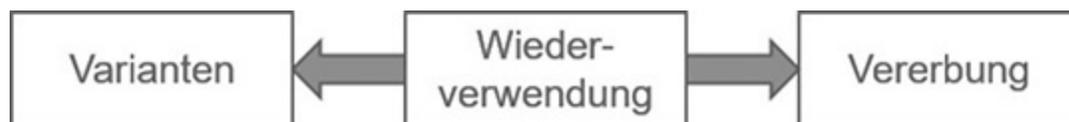


Abbildung 1-4

(2) Das Merkmal Wiederverwendbar betrifft sowohl die Möglichkeiten der Variantenbildung als auch die Übertragung von Informationen zwischen Komponenten.

¹ VDI 2221: Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte

² Klaus Ehrenspiel, Integrierte Produktentwicklung, Carl Hanser Verlag

1.6 Entwurfsabsicht, Top-down, Vererbung

In diesem Kapitel werden die für alle weiteren Kapitel zentralen Begriffe *Entwurfsabsicht*, *Top-down* und *Vererbung* vorgestellt.

Letztendlich ist der Zweck des Entwerfens die Erzeugung von Informationen. Hiermit sind z.B. Festlegungen bezüglich der Anordnung, der Gestalt sowie der Dimensionierung von Komponenten gemeint. Mit dem letzten Schritt des Konstruktionsprozesses, der Fertigungsdokumentation, werden die gewonnenen Informationen dann so strukturiert und präsentiert, dass Bauteile entsprechend der konstruktiven Aufgabenstellung gefertigt werden können.

Wie Informationen systematisch und effizient gewonnen werden können, ist eine ganz entscheidende Fragestellung für das Arbeiten mit 3d CAD Systemen. Neben Parametern und Abhängigkeiten haben die geometrischen Elemente, die in einer Skizze entwickelt werden, eine große Bedeutung. Idealerweise wird mit der Geometrie der ersten Skizze die Entwurfsabsicht (*design intent*) erkennbar. Die Entwurfsabsicht beinhaltet dabei sowohl Elemente der Konstruktionsaufgabe als auch Ideen des Lösungskonzeptes. Eine direkte „Kommunikation“ zwischen Aufgabe und Konzept in einem Zusammenhang, ist zweifellos die einfachste und effektivste Möglichkeit, die Entwurfsabsicht zu erarbeiten. In keiner späteren Phase des Entwerfens ist eine vergleichbar sichere und eindeutige Ableitung von Informationen möglich. Mit der fortschreitenden Ausarbeitung der Komponenten rücken funktionelle Details in den Vordergrund. Konstruktionsaufgaben ergeben sich im Sondermaschinenbau z.B. im Zusammenhang von Kundenbauteilen oder durch funktionelle Anforderungen. Das Konzept beinhaltet wesentliche Informationen von

Maschinenelementen, Zulieferkomponenten, individuelle Gestaltungsmerkmale, oder auch Normteile.

(3) Der Top-down Ansatz bedeutet, dass die Aufgabenstellung und das Konzept als Elemente der Entwurfsabsicht auf einer Ebene verarbeitet werden können. So kann Konstruktionswissen systematisch entwickelt werden.

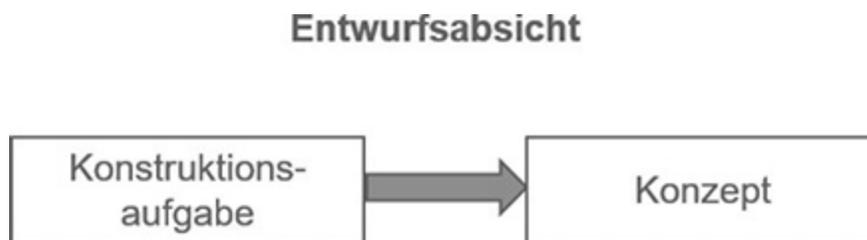


Abbildung 1-5

Konsequent zu Ende gedacht wird der Top-down Ansatz, wenn die in der Basis Komponente definierte Entwurfsabsicht in dritte Komponenten vererbt wird. Methoden zur Verankerung der Entwurfsabsicht in andere Komponenten sind eine weitere bedeutende Voraussetzung für sicheres, fehlerfreies und effizientes Modellieren. Wird die Wechselwirkung zwischen Bauteilen nicht beachtet, kann eigentlich nicht von Top down gesprochen werden. INVENTOR ermöglicht für die Dokumentation und Vererbung der Entwurfsabsicht eine Reihe unterschiedlicher Arbeitsabläufe. Die Darstellung und Bewertung dieser Möglichkeiten ist eine zentrale Absicht dieses Buches.

(4) Der Top-down Ansatz bedeutet ferner, dass einmal gewonnene Informationen wiederverwendet werden können, indem sie vererbt werden.

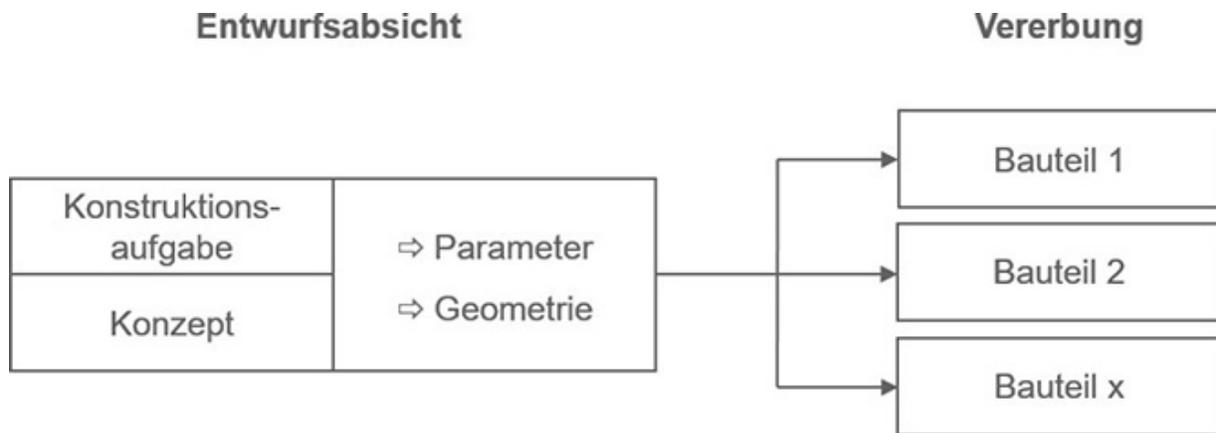


Abbildung 1-6

Mit der Betrachtung der Herkunft von Informationen in der ersten Skizze können zwei grundsätzlich unterschiedliche Top-down Ansätze unterschieden werden:

- Direkt Top-down: Neben der 1. Skizze gibt es keine weiteren Quellen. Die Entwurfsabsicht wird direkt erzeugt.
- Indirekt Top-down: Ist der Bezug für den Top-down Ansatz ein importiertes 3d Modell, sind zunächst keine Informationen verfügbar. Importierte Modelle sind z.B. Produkt- oder Zulieferermodelle, die im *.sat, *.stp oder *.igs Format vorliegen. Die Übertragung von Informationen aus diesen Modellen kann entweder manuell durch Messen (also dem nicht assoziativen Erfassen von Abständen) oder durch die Verknüpfung mit Referenzparameter erfolgen. Die Referenzparameter entstehen bei der Bemaßung projizierter Geometrie. Die mit dem indirekten Ansatz definierte Entwurfsabsicht kann gleichermaßen vererbt werden.

(5) Abhängig von der Herkunft der Informationen kann ein direkter, bzw. indirekter Topdown Ansatz unterschieden werden.

Beispiel

Ein erstes Beispiel soll die Wechselwirkung zwischen Modellen symbolisch darstellen. Der Ursprung zweier Bauteile sei deckungsgleich. Bezüglich der Parametrisierung von Bauteil B ist dann aus Sicht des Top down Ansatzes vor allem der Ursprungsabstand der mit Bauteil A gemeinsamen Körperkante interessant. Diese Wechselwirkung kann von Bauteil A nach Bauteil B vererbt werden ($d8_1$). Mit dem identischen Ursprungsbezug können die Bauteile dann sehr einfach in einer Baugruppe platziert werden.

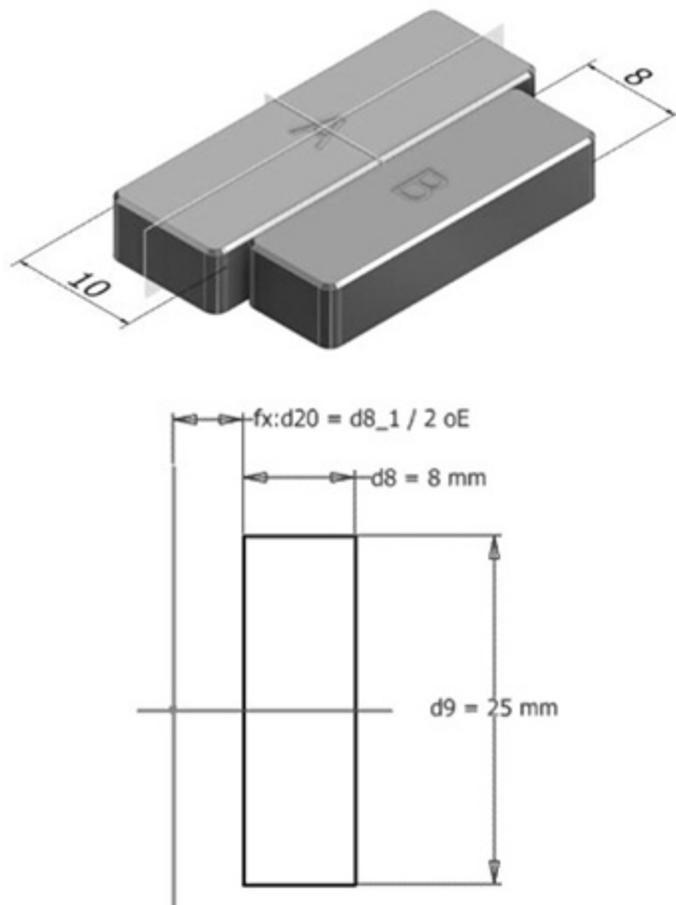


Abbildung 1-7

Beispiel:

Ein weiteres Beispiel verdeutlicht die Effizienz des *direkten* Top-down Ansatzes. Dazu wird ein Gehäuse zur Führung des

Lichtleiters einer Laserlichtschranke konstruiert.

- Konstruktionsaufgabe: Leiterverlauf (Magenta)
- Konzept: Gehäuse mit Führungspur für Leiter

Der aus der Skizze erstellte Block wird für folgende Operationen mehrfach verwendet (insgesamt 7x):

- Extrusion Gehäuse (1x)
- Sweeping Spur (2x)
- Extrusion Deckel (1x)
- Drehung Sensor (1x)
- Sweeping Leitung (2x)

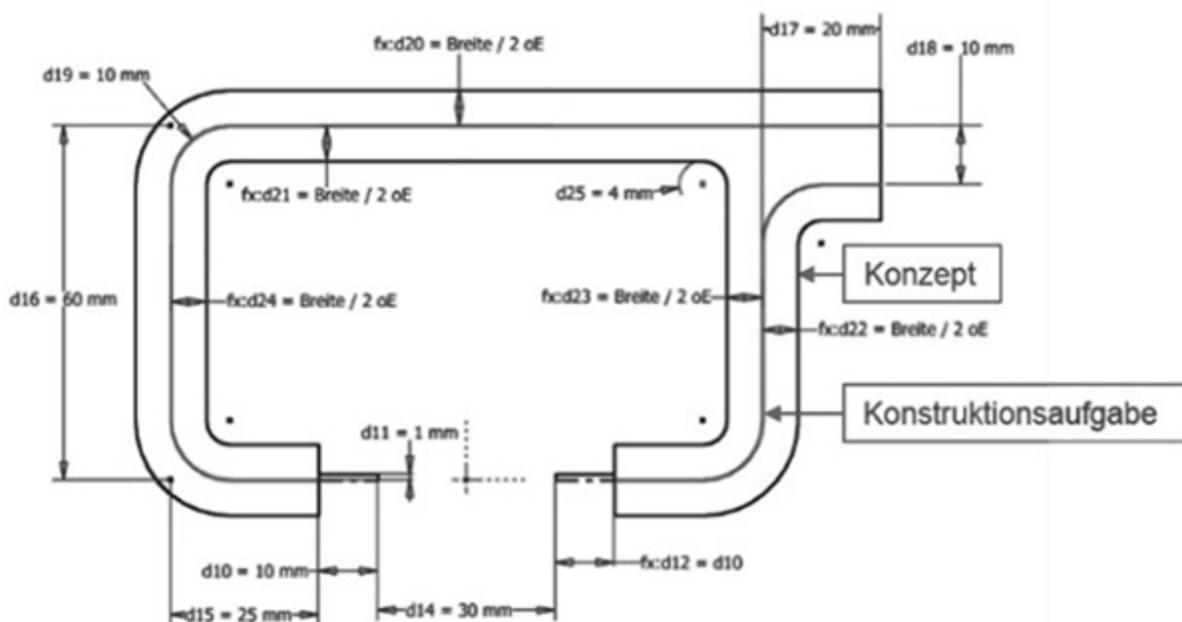


Abbildung 1-8: Skizze Entwurfsabsicht



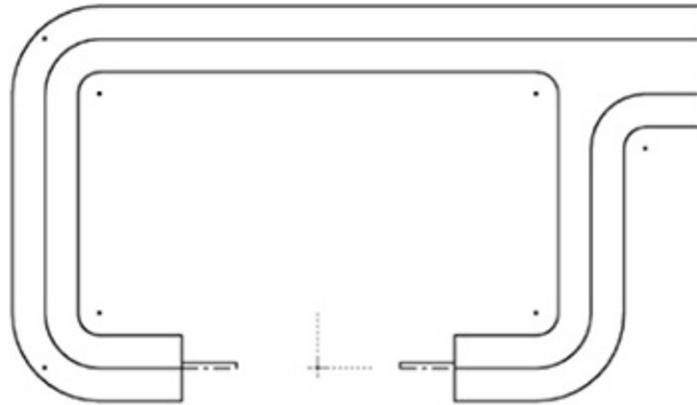


Abbildung 1-9: Block

Wiederverwendung des Blockes zur Erzeugung der Einzelteile

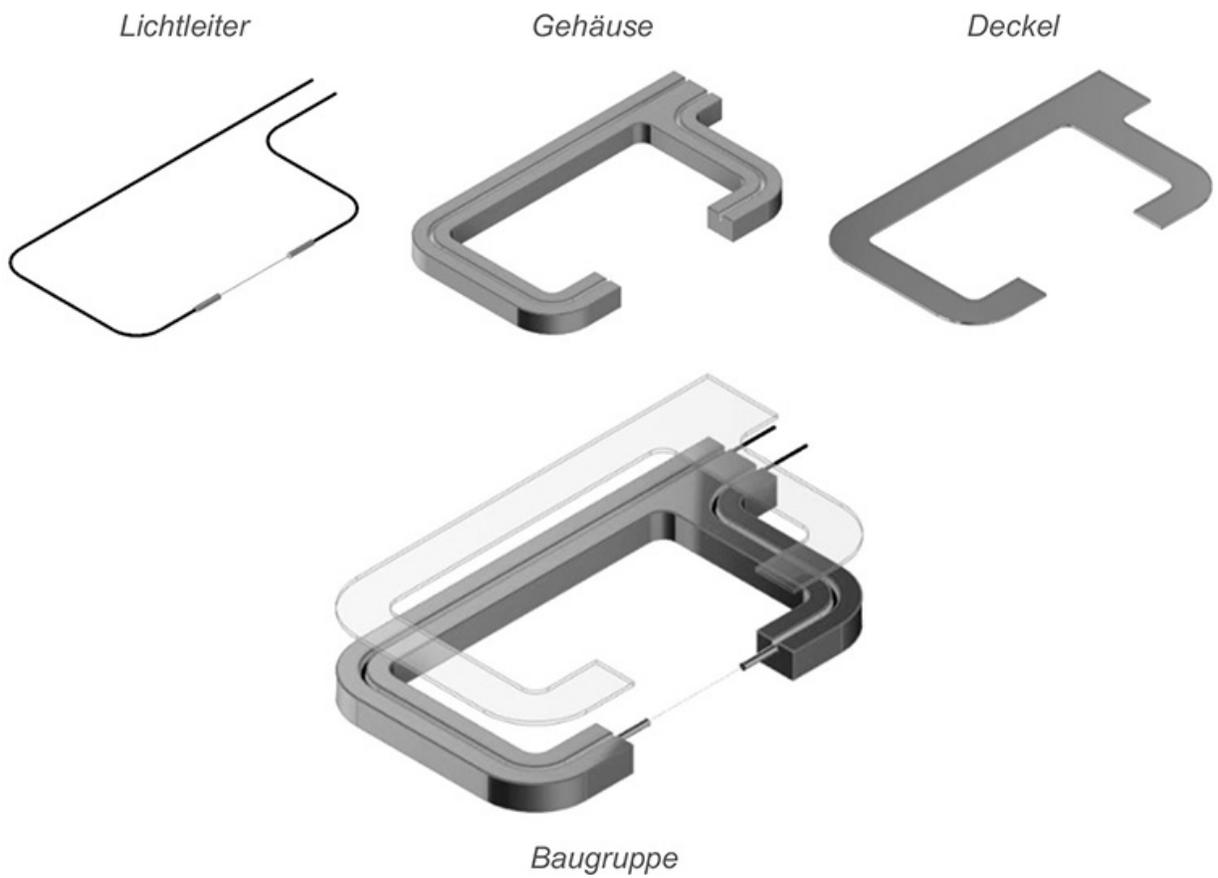


Abbildung 1-10

Beispiel:

Im folgenden Beispiel wird eine Komponente mit dem indirekten Top-down Ansatz entwickelt. Mit dem importierten Lagerdeckel als Referenz soll eine neue Komponente modelliert werden.

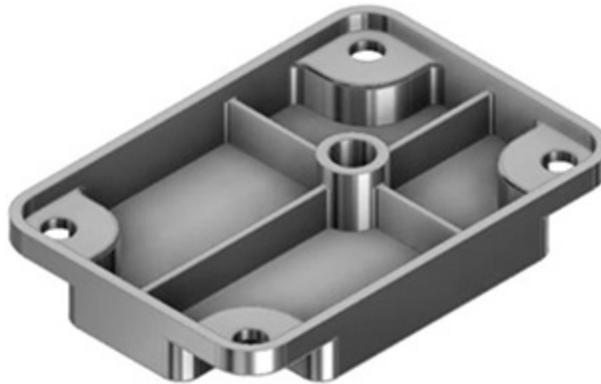


Abbildung 1-11

Für die Übertragung der Abmessungen gibt es zwei Möglichkeiten:

- Parametrisierung der Skizze der neuen Komponente mittels Messungen am importierten Bauteil.

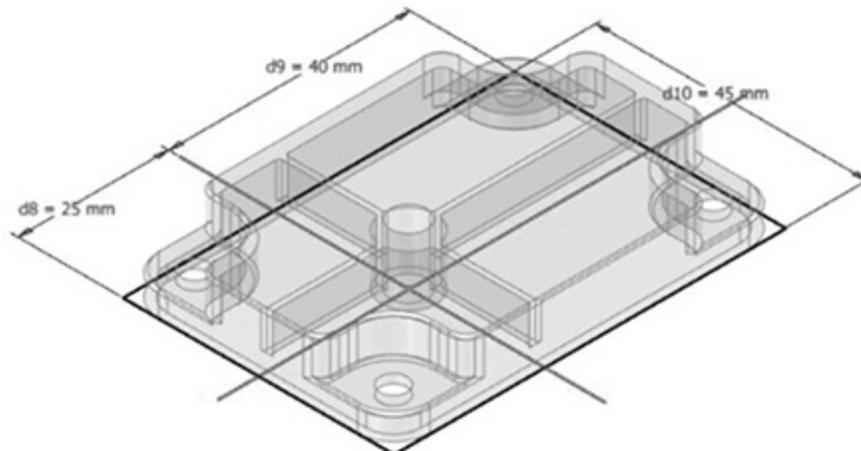


Abbildung 1-12

Mit einer Hilfsskizze im importierten Bauteil können nach der Projektion von Geometrie REFERENZPARAMETER (GETRIEBENE

BEMÄßUNG) erzeugt werden, die in einer neuen Komponente verknüpft werden können.

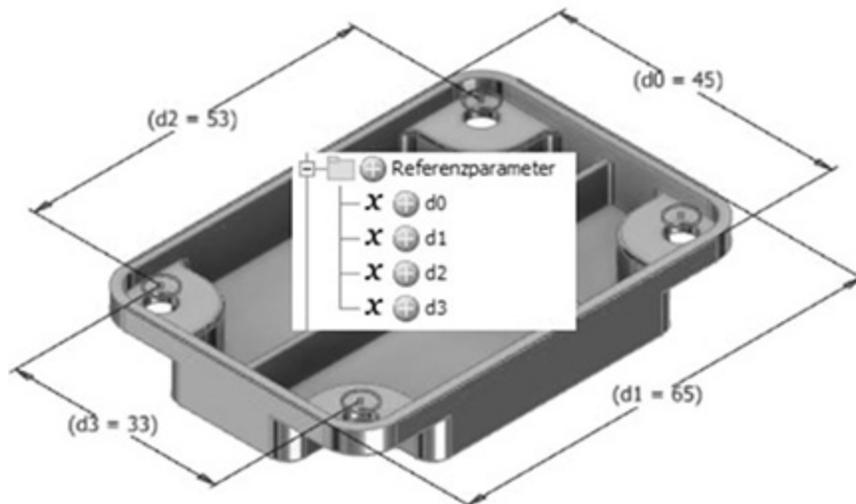


Abbildung 1-13

Beispiel:

In einem weiteren Beispiel für den indirekten Top-down Ansatz wird der Haltewinkel für einen Pneumatik Zylinder konstruiert.

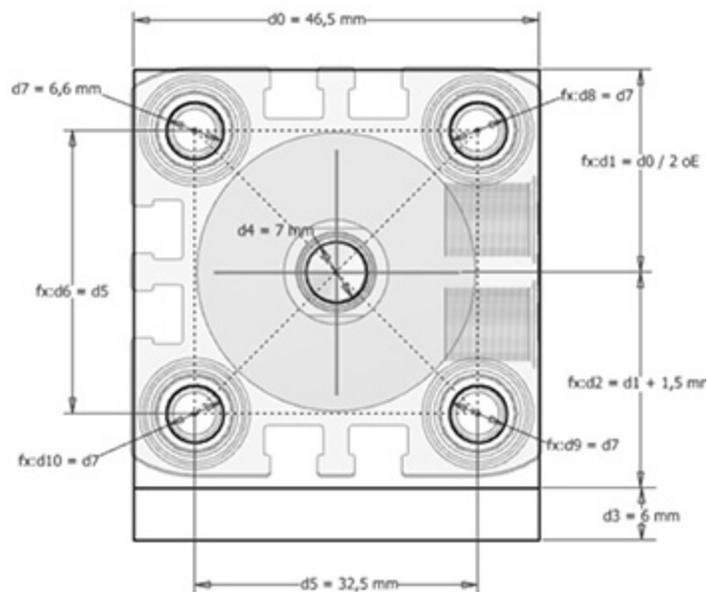




Abbildung 1-14³

Um die Bedeutung der ersten Skizze für die Top-down Vorgehensweise zu erkennen und einzuordnen lohnt auch ein Blick in die jüngere Geschichte des Konstruierens. Innerhalb von 30 Jahren veränderte sich die Konstruktionspraxis von der Arbeit am Zeichenbrett, über das Konstruieren mit 2d CAD Systemen bis zur 3d Modellierung. Vergegenwärtigt man sich noch einmal das Konstruieren am Zeichenbrett, findet sich als überraschendes Merkmal, dass sich die Elemente der Konstruktionsaufgabe nicht vom Konzept trennen lassen: Top-down pur! Vergleichbar wenig geometrische Objekte ergeben die eindeutige Darstellung der Entwurfsabsicht. Das gilt insbesondere für zylindrische Aufgabenstellungen wie z.B. einer Lagereinheit: Für die Modellierung von verschachtelten rotationssymmetrischen Baugruppen eignen sich in besonderer Weise Blöcke. Mit der klassischen 2d Darstellung ist das Basisvolumen vollständig definiert, d.h. die DREHUNG erzeugt keine neue geometrische Information. Die Fehlerwahrscheinlichkeit wird drastisch reduziert.

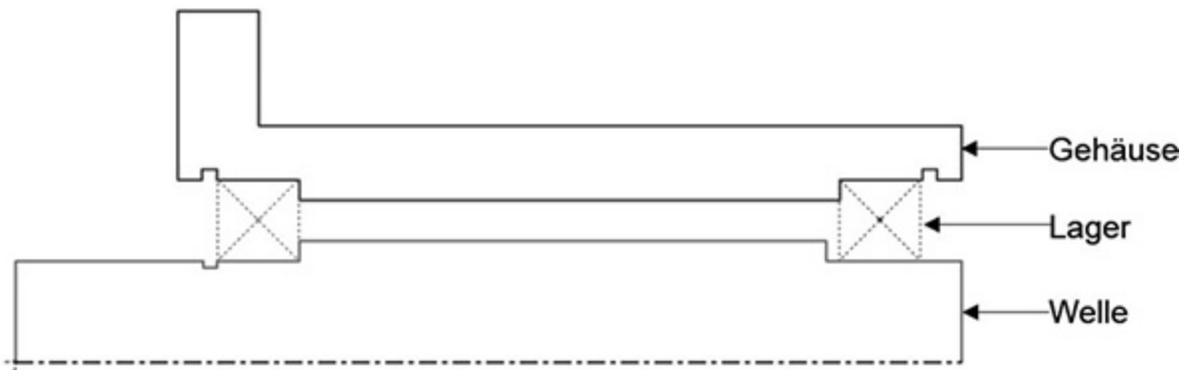


Abbildung 1-15

- Hinweis: Das Buch wird wiederholt auf die Bedeutung von 2d Darstellungen hinweisen. Parametrische 3d CAD Systeme betonen die Parametrisierung von Skizzen im Hinblick auf schnelle Änderungen. Die geometrischen Grundlagen geraten dabei etwas aus dem Blick. Dabei ist eine sorgfältig ausgearbeitete Skizze mit einer Zeichnung zu vergleichen. Die Fähigkeit, eine Entwurfsabsicht z.B. in einem integralen 2d Layout darzustellen, ist ein Schlüssel für die Effizienz und Qualität eines 3d Modelles (siehe Kapitel 4.9., Layout basierte Modellerstellung)

1.7 Bottom-up

Ideal gedacht werden bei dieser Vorgehensweise die Bauteile völlig unabhängig voneinander entworfen und in der Baugruppe platziert. Bei einfachen Aufgabenstellungen ist das möglich (z.B. Anschlagsbaugruppe, Abfragen). Die Merkmale der Entwurfsabsicht sind bekannt und können zuverlässig während des Modellierens berücksichtigt werden. Für komplexere Aufgaben führt diese Arbeitsweise aber zu einer größeren Anzahl von Anpassungs-Schleifen, um die Wechselwirkung zwischen den Modellen abzubilden.

In der Realität wird man keine durchgängig reinen Top-down oder Bottom-up Vorgehensweisen finden. Für die frühe

Entwurfsphase sollte die Top-down Methode bevorzugt werden. Mit dieser werden die Voraussetzungen für ein stabiles und leicht änderbares Modell geschaffen.

Die folgende Übersicht zeigt die Merkmale der Top-down und Bottom-up Vorgehensweise:

Top-down	Bottom-up
Konstruktionsaufgabe	
Konzept	Konzept
Bezugssystem	Bezugssystem
Vererbung	

(6) Merkmale Top-down: Konstruktionsaufgabe, Konzept, Bezugssystem und Vererbung.

(7) Merkmale Bottom-up: Konzept und Bezugssystem.

1.8 Zusammenfassung

Das Suchergebnis von Recherchen mit dem Begriff „Top-down“ sind oft Artikel zum Thema „Skelett Technik“.

Die Bezeichnung dieser Vorgehensweise ist von der Vorstellung der stützenden Struktur eines Körpers abgeleitet. Vergleichbare Begriffe sind: Layout, Struktur, Plan, oder Skizze. Die damit getroffenen Festlegungen (Position und Dimension) können für ein einzelnes Bauteil gelten, vorteilhaft ist aber die Verwendung in mehreren Bauteilen. Eine Änderung der ursprünglichen Festlegung wird dann in alle Bauteile übertragen. Die Elemente der Festlegung können sehr unterschiedlich sein: Parameter, Arbeitselemente, Linien, Skizzen, Blöcke oder Volumenkörper. Mit der Entwurfsabsicht können

verschiedene Darstellungen dokumentiert werden: Maschinen-Layout, Baugruppen-Layout, Definition von Prozess-Schritten, produktspezifische oder funktionale Festlegungen, Störkonturen, Bauräume oder Umrisse. Mit dieser Betrachtung wird deutlich, dass die Begriffe „Skelett Technik“ und „Top-down“ im Wesentlichen die gleiche Methode beschreiben.

- Top-Down ist eine Arbeitsweise, die das Konzept eines Entwurfes möglichst direkt von Elementen der konstruktiven Aufgabenstellung ableitet. Solche Elemente sind zum Beispiel:
 - Benutzerparameter und Referenzparameter,
 - Geometrische Merkmale, Ebenen, Konstruktionsgeometrie.
 - Zuliefererkomponenten und Produktmodelle
 - Skizzen von Querschnitten und Schnittstellen
- Abhängig von der Herkunft der Informationen kann ein direkter, bzw. indirekter Top-down Ansatz unterschieden werden.
- Der Top-down Ansatz bedeutet ferner, dass einmal gewonnene Informationen wiederverwendet werden können, indem sie vererbt werden.
- Die Definition der Verknüpfungen soll einfach, flexibel und sicher umsetzbar sein, keine großen Zusatzaufwände bedeuten oder tiefere Programmierkenntnisse voraussetzen. Die Realisierung kann in der frühen Entwurfsphase erfolgen.
- Damit erfolgt eine begriffliche Abgrenzung z.B. gegenüber KBE (Wissensbasierte Konstruktion / knowledge based engineering), Ebenso wenig wird hier eine Automatisierung oder Konfiguration mittels zusätzlicher Software betrachtet. Die hier vorgestellten

Arbeitsweisen können mit der INVENTOR Funktionalität ausgeführt werden. Damit kann bestenfalls von einer regelbasierten Automation gesprochen werden.

- Eine elementare Voraussetzung für den Top-down Ansatz ist die Beachtung des Bezugssystems.

³ Quelle 3d Modell Kompaktzylinder: FESTO

2 Bezugssystem

2.1 Grundlagen

Jede INVENTOR Komponente besitzt mit dem URSPRUNG ein Referenzsystem. Dieses Kapitel behandelt die systematische Verwendung der Arbeitselemente des Ursprungs. Die konsequente Nutzung der Arbeitselemente des Ursprungs ist die Voraussetzung für stabile und gezielt änderbare Strukturen. Zudem ist sie die Basis der Top-Down Vorgehensweise sowie die Grundlage der Modularisierung und die Bedingung der Wiederverwendung von Komponenten.

Der Ursprung ist sowohl im Modellbrowser als auch im Arbeitsbereich sichtbar. Die Arbeitselemente können in beiden Bereichen aktiviert werden.

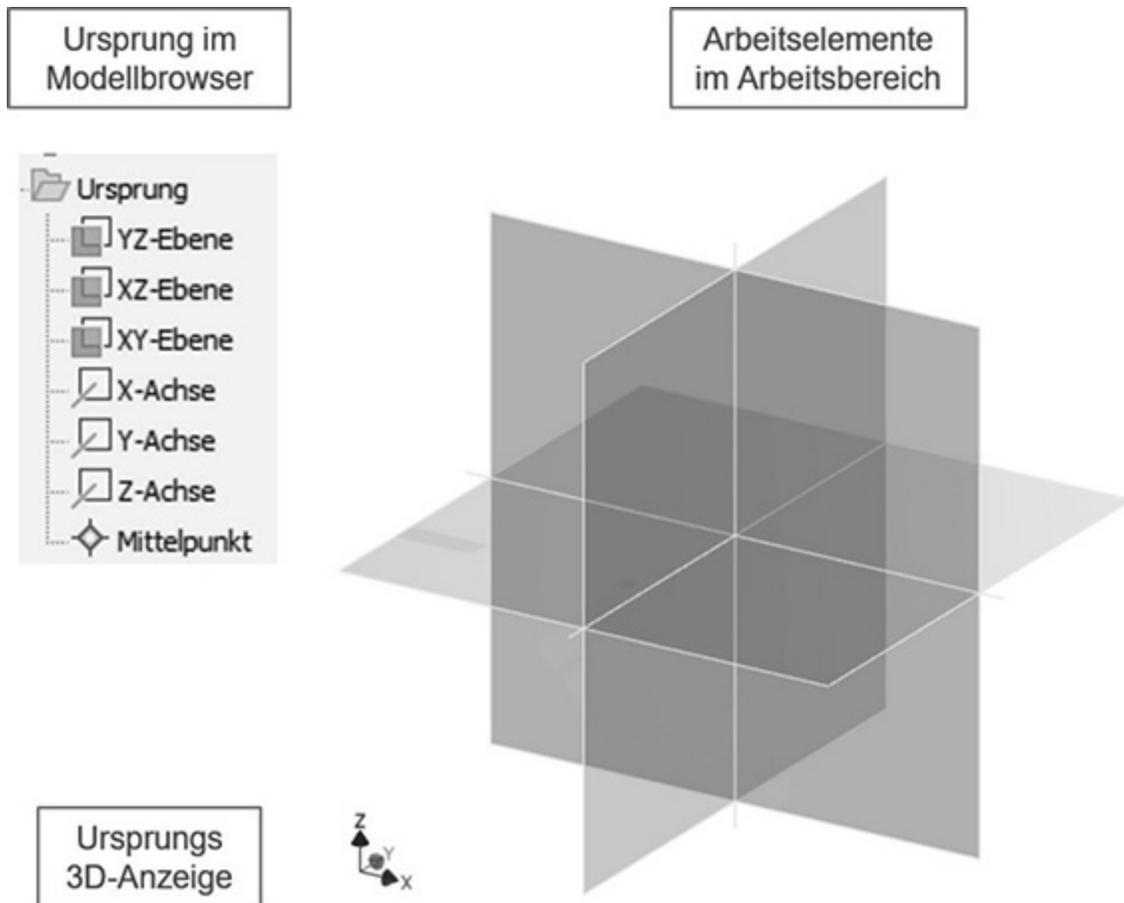


Abbildung 2-1: Ursprung

- Die Elemente des Ursprungssystems sind:
 - YZ-Ebene
 - XZ-Ebene
 - XY-Ebene
 - X-Achse
 - Y-Achse
 - Z-Achse
 - Mittelpunkt
- Man unterscheidet zwischen rechts- und linkshändigen Koordinatensystemen, wobei standardmäßig rechtshändige Koordinatensysteme den positiven