

## Hauptfachpraktikum Automatisieren

# Modul 1: Montagegerechte Produktgestaltung

---

### Teilversuche:

Versuch 1: Montagegerechte Produktgestaltung

### Bearbeitet von:

Ulrich Schneider

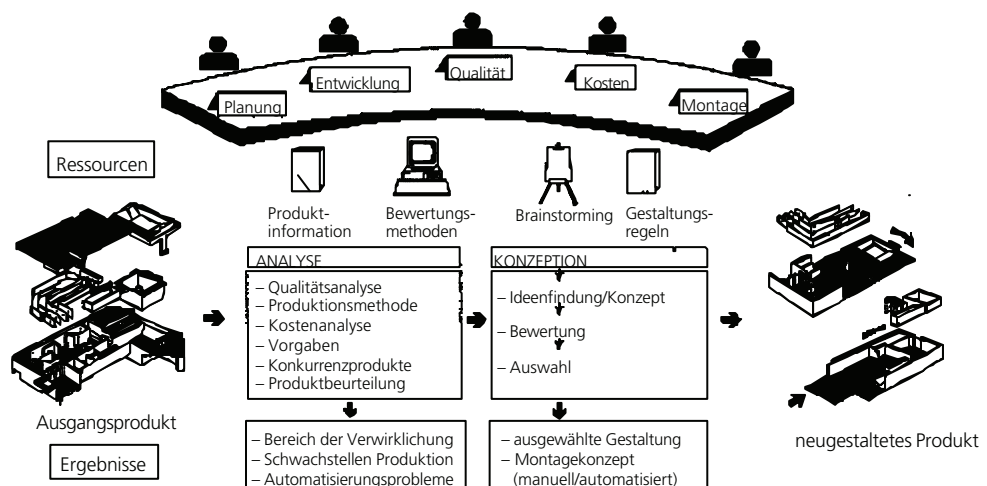
Stuttgart, 20.04.2011

# 1 Versuch 1: Montagegerechte Produktgestaltung

## 1.1 Einführung

Aufgrund der ständig zunehmenden Montagekosten werden in jüngster Zeit immer dringlicher konkrete Forderungen bezüglich der montagegerechten Produktgestaltung an den Konstrukteur gestellt und dies, obwohl derzeit schon zahlreiche Kriterien bei der Konstruktion berücksichtigt werden müssen (Funktionsgerechtigkeit, Fertigungs-/Bearbeitungsgerechtheit, Servicefreundlichkeit, NC-gerechte Bauteilkonstruktion usw.). Analysen der Kostenentstehung und -verursachung in verschiedenen Produktionsbereichen ergaben, daß der überwiegende Teil der Kosten eines Produktes zwar in der Montage verursacht wird, die Verantwortung für diese Kosten jedoch hauptsächlich bei der Konstruktion liegt. Zur kostenoptimalen Planung einer fertigungs- und montagegerechten Produktgestaltung ist daher eine frühzeitige Einbindung aller Produktionsbereiche in den Planungsprozeß ebenso erforderlich wie die konsequente Nutzung vorhandener Hilfsmittel zur montagegerechten Produktgestaltung.

Abbildung 1-1:  
 Methodisches  
 Vorgehen bei der  
 montagegerechten  
 Produktentwicklung



Quelle: IPA

Hilfsmittel in der Konzeption zur Unterstützung der montagegerechten Produktoptimierung sind sowohl Verfahren zur Bewertung der Montagegerechtheit als auch zielgerichtete Gestaltungsregeln und -beispiele. Diese Verfahren und Hilfsmittel werden nachfolgend näher vorgestellt.

## 1.2 Boothroyd & Dewhurst-Methode zur Bewertung und Optimierung der montagegerechten Produktgestaltung

### 1.2.1 Einleitung und methodische Vorgehensweise

Die vor allem in den USA weit verbreitete Boothroyd & Dewhurst-Methode ist eine wissenschaftlich basierte Methode deren Ziel es ist für vorhandene Produkte den Montageaufwand durch eine montagegerechte Produktgestaltung zu minimieren.

Abbildung 1-2:  
Definition montagegerechte Produktbewertung nach Boothroyd & Dewhurst

#### Definition:

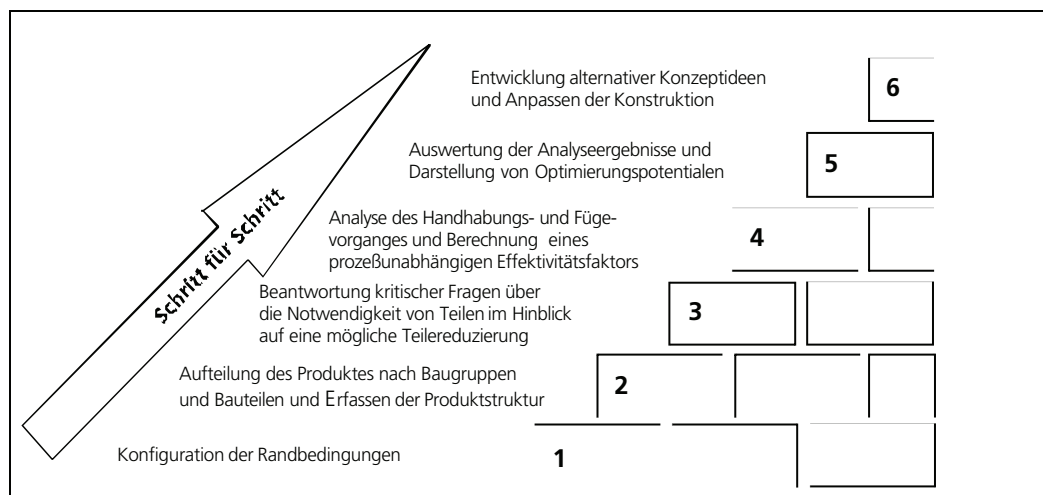
Montagegerechte Produktgestaltung (MGPG) oder Design for Assembly (DFA) ist ein systematischer Analyseprozeß mit dem Ziel, die Montagekosten eines Produktes durch die Vereinfachung der Produktgestaltung zu reduzieren.

Das gelingt zum einen durch eine Reduzierung der Einzelteile in der Produktgestaltung und zum anderen durch die Sicherstellung, daß die verbleibenden Teile einfach montiert werden können.

Quelle: Boothroyd & Dewhurst, Inc.

Dazu müssen konstruktive Schwachpunkte am Produkt erfaßt und in einem Optimierungsprozeß behoben werden. Das Vorgehen bei dieser Methode gliedert sich in folgende 6 Schritte:

Abbildung 1-3:  
Vorgehen bei der montagegerechten Produktbewertung



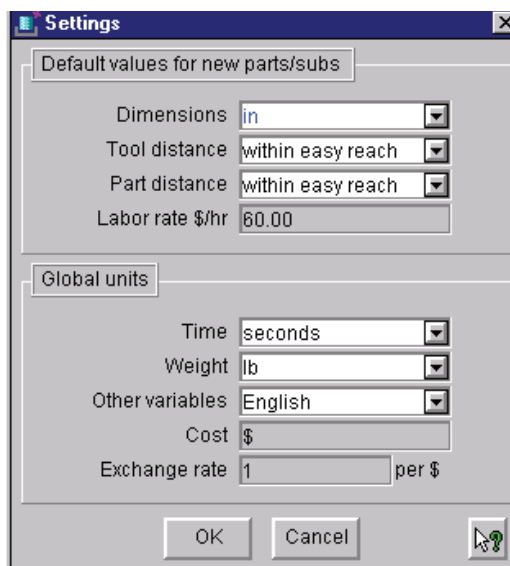
Im Folgenden werden die einzelnen Schritte an Hand der DFA-Software näher erläutert.

## 1.2.2 Beschreibung der einzelnen Analyseschritte anhand der DFA-Software

### Schritt 1: Konfiguration der Grundeinstellungen

Zu Beginn der DFA-Analyse müssen zuerst die Grundeinstellungen konfiguriert werden. Dabei sind die Maßeinheiten und Arbeitsstundensätze für die spätere Kostenkalkulation im Menü Options / Settings zu definieren (Bild 5-4).

Abbildung 1-4:  
Konfiguration der  
Grundeinstellungen



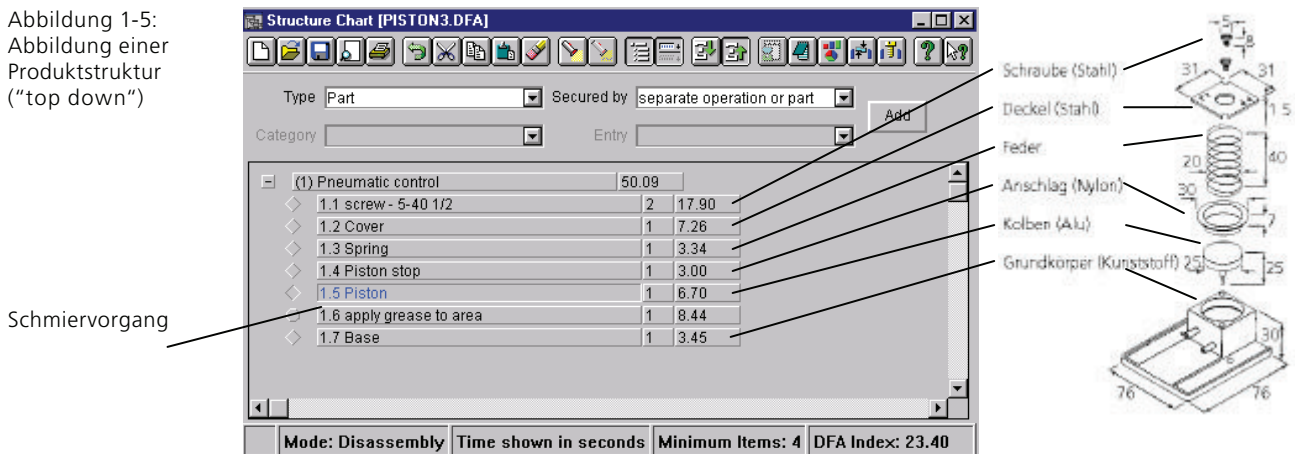
### Schritt 2: Aufteilung des Produktes und Erfassen der Produktstruktur

Die Aufteilung des Produktes nach Baugruppen und Bauteilen sowie das Erfassen und Abbilden der Produktstruktur (Bild 5-5) erfolgt unter Zuhilfenahme des Konstruktionsentwurfes oder bereits vorhandener Konstruktionsunterlagen. Dabei ist auch die Abbildung von Operationen wie z. B. Schmier- und Justagevorgängen möglich. Bei der Abbildung der Struktur gibt es zwei unterschiedliche Möglichkeiten:

- ? bottom up: Abbildung der Struktur ausgehend von einem Basisteil. Dies sollte nach Möglichkeit auf der Grundlage eines Montageablaufes bzw. eines Montagevorranggraphen geschehen.
- ? top down: Abbildung der Struktur ausgehend von dem fertig montierten Produkt (Demontage). Diese Möglichkeit wird oft bei einem

bestehenden Prototypen bzw. einer bereits produzierten Produktvariante angewendet.

Abbildung 1-5:  
Abbildung einer  
Produktstruktur  
("top down")

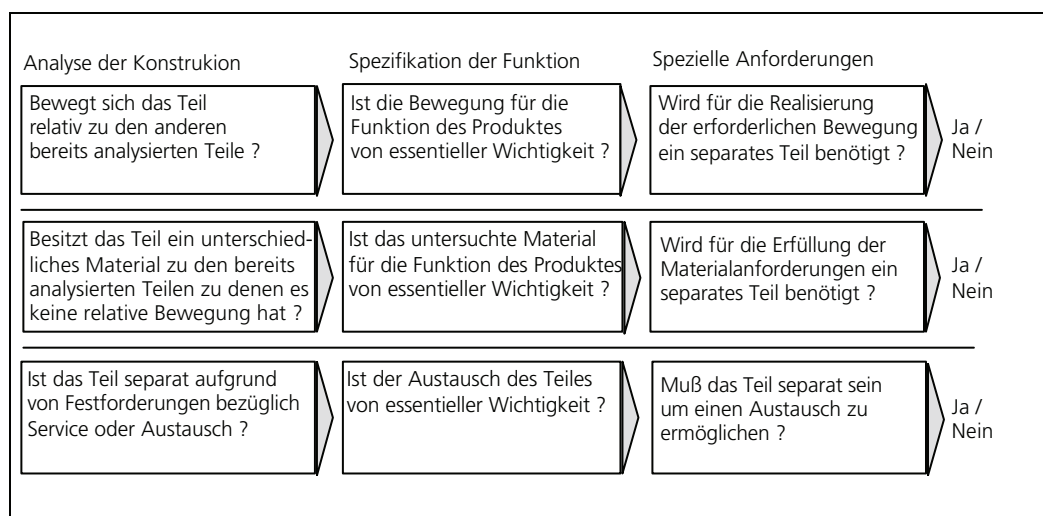


Bei der Abbildung der Struktur muß jedes Bauteil durch eine Bezeichnung und durch einen Fügeprozeß definiert werden. Eine Änderung der Definition ist jedoch später noch möglich.

### Schritt 3: Reduzierung der Teilezahl

Zur systematischen Reduzierung der Teileanzahl bzw. zur Prüfung der Teilenotwendigkeit sind beim Abbildungsprozeß für jedes Teil die folgenden Fragestellungen zu beantworten.

Abbildung 1-6:  
Kritische Fragen  
zur Beurteilung  
der  
Teilenotwendigkeit



Durch die Reduzierung der Teileanzahl ist ein Kosteneinsparungspotential in nahezu allen direkten und indirekten Produktionsbereichen möglich (Bild 5-7).

Abbildung 1-7:  
Kosteneinsparungs  
potential

<b>Kostenreduzierung durch Verringerung der Teileanzahl</b>	<b>Nicht benötigte Teile sind niemals:</b>	
– Vereinfacht manuelle Montage	<input checked="" type="checkbox"/> Gestaltet	<input checked="" type="checkbox"/> Produziert
– Verbessert die Qualität	<input checked="" type="checkbox"/> Detailliert	<input checked="" type="checkbox"/> Getestet
– Verringert die Material-, Herstell- und Gemeinkosten	<input checked="" type="checkbox"/> Bemustert	<input checked="" type="checkbox"/> Bevorratet
– Reduziert die Montagezeit	<input checked="" type="checkbox"/> Überarbeitet	<input checked="" type="checkbox"/> Veraltet
	<input checked="" type="checkbox"/> Eingekauft	<input checked="" type="checkbox"/> Recycelt
	<input checked="" type="checkbox"/> in Lieferverzug	<input checked="" type="checkbox"/> Verschrottet

#### Schritt 4: Produktanalyse

Die Analyse des Handhabungs- und Fügevorganges bzw. die Erfassung des jeweiligen bauteil- und prozeßabhängigen Aufwandes kann sowohl mit Hilfe manueller Analyseformulare bzw. rechnergestützt mit Hilfe der DFA-Software erfolgen.

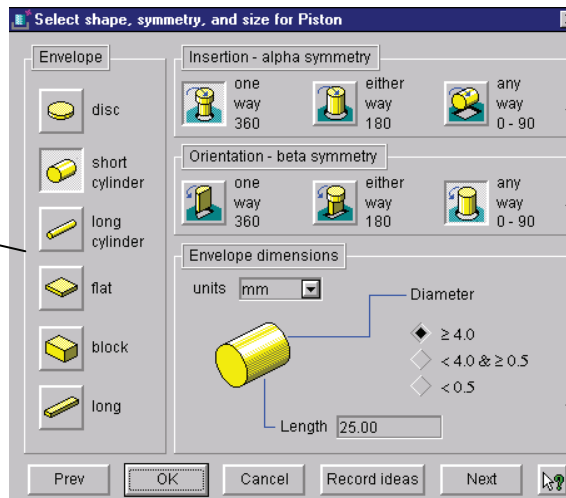
Das Vorgehen bei der Analyse gliedert sich dabei in die folgenden Schritte:

- ? Beantwortung der kritischen Fragen über die Notwendigkeit des Bauteils (Bild 5-6)
- ? Analyse der geometrischen Faktoren des Bauteils, wie z. B. Geometrie, Symmetrie, Gewicht, usw. (Bild 5-8)
- ? Analyse des Handhabungsaufwandes (Bild 5-9)
- ? Analyse des Fügeaufwandes (Bild 5-10)
- ? Analyse der Teile- und Werkzeugbereitstellung (Bild 5-11)

Die Auswahl der als Symbol dargestellten Eigenschaften erfolgt durch Bestätigung mit der Maus.

Abbildung 1-8:  
Analyse der  
geometrischen  
Faktoren

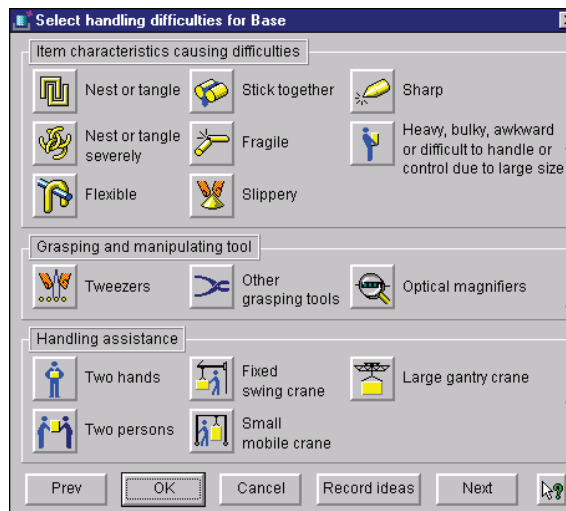
Festlegung  
der groben  
Bauteilgeometrie



Aufwand für Orientierung um die  
senkrecht zueinander stehenden  
Hauptgeometrieachsen (?,?,)

Größen- und  
Geometriebestimmung

Abbildung 1-9:  
Analyse des  
Handhabungsauf-  
wandes

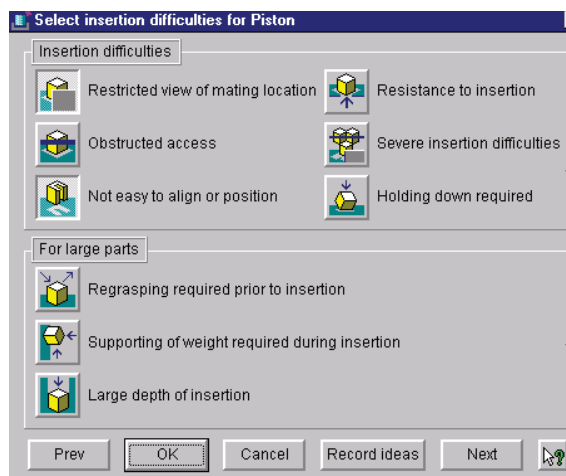


bauteilbezogener Mehraufwand  
durch grundlegende, den Prozeß  
störende Bauteileigenschaften

Mehraufwand durch zusätzliche  
Greifhilfsmittel

Mehraufwand durch  
Handhabung bzw. durch  
Hilfsmittel

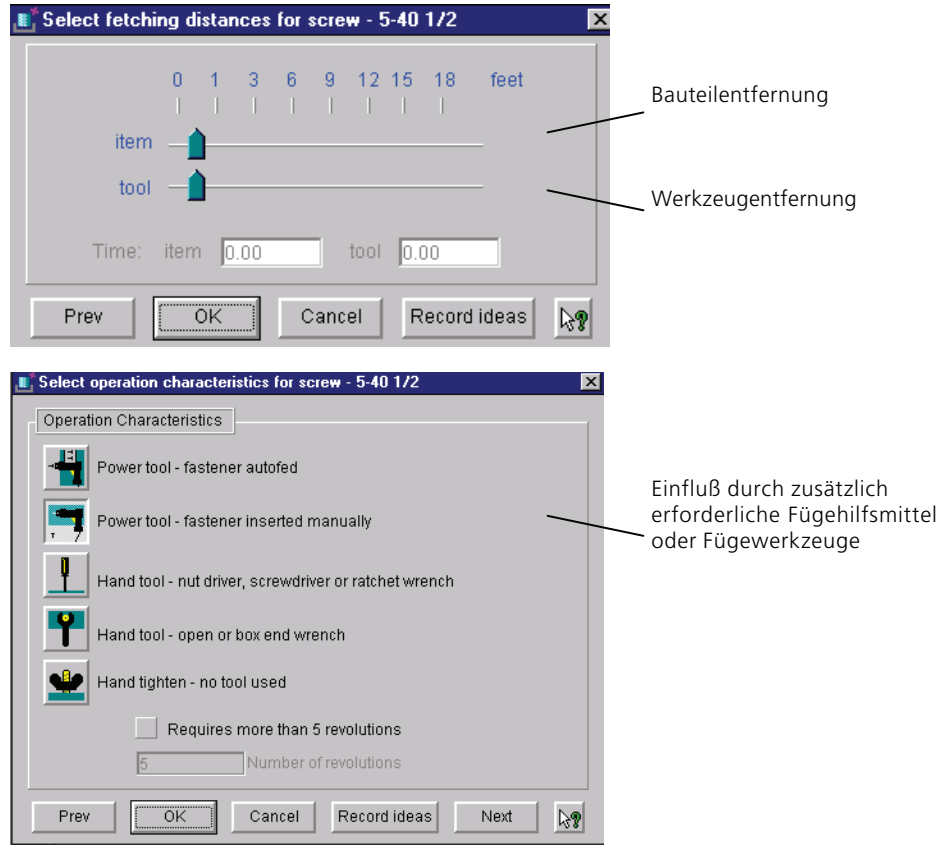
Abbildung 1-10:  
Analyse des  
Fügeaufwandes



Fügeprobleme

zusätzliche Fügeprobleme für  
große Teile

Abbildung 1-11:  
Analyse des  
Bereitstellungs-  
aufwandes



### Schritt 5: Analyse der Ergebnisse

Aus der Analyse des Handhabungs- und Fügevorganges wird in der DFA-Software für jedes Bauteil eine spezifische Montagezeit (Bild 5-12) abgeschätzt.



Abbildung 1-12:  
Berechnung der  
Montagezeit

$$\text{Montagezeit} = \text{Handhabungszeit} + \text{Fügezeit}$$

Die Handhabungszeiten werden mit folgenden Kriterien berechnet:

- Geometrie, Symmetrie
- Neigung zum Verhaken oder Verwirren
- Dicke
- Gewicht
- Größe
- Sonstige Eigenschaften:  
(Elastisch, zäh, ölig, magnetisch)

Die Fügezeiten werden mit folgenden Kriterien berechnet:

- Ist ein Kraftaufwand erforderlich?
- Sind Fügehilfen vorhanden die das Ausrichten der Teile unterstützen?
- Eingeschränkte Zugänglichkeit?
- Ist die Fügeposition eindeutig erkennbar?
- Ist ein zusätzlicher Halteaufwand erforderlich?

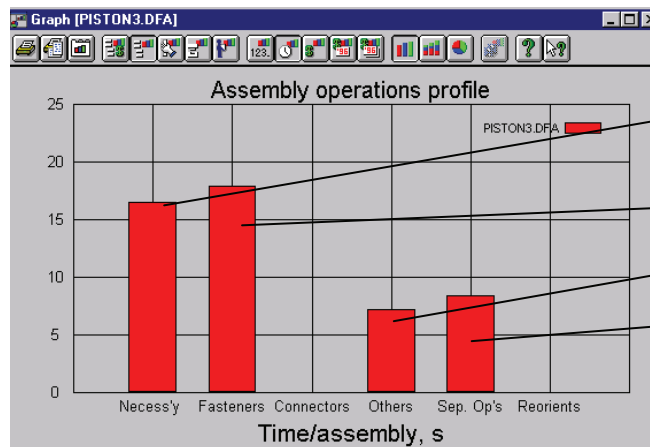
Die geschätzten Montagezeiten besitzen eine Genauigkeit von ca. 10% und ermöglichen so eine Analyse des Montagevorganges in einem frühen Entwicklungsstadium. Eine detaillierte Betrachtung kann zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen.

Das Ergebnis der Analyse ist eine über das gesamte Produkt bzw. über alle Bauteile zusammengefaßte tabellarische Übersicht über die geschätzten Prozeßzeiten. Zur besseren Verdeutlichung bzw. Interpretation der Ergebnisse können unterschiedliche graphische Darstellungen ausgewählt werden, wie z. B.:

- Übersicht über Montageprozesse (Bild 5-13a)
- Fügeprobleme (mit spezifischen Optimierungshinweisen (Bild 5-13b)
- Beispielkatalog für Optimierungsvorschläge (Bild 5-13c)

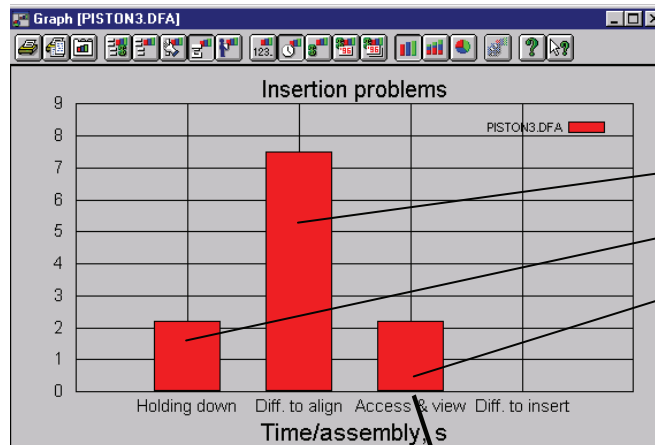
Die Ergebnisse beziehen sich auf das in Bild 5-5 dargestellte Beispiel.

Abbildung 1-13a:  
 Graphische  
 Darstellung des  
 Analyseergebnis  
 s



notwendige Teile (z. B. funktionsbedingte Teil)  
 Befestigungsteile (vermeidbar)  
 separate Operationen  
 sonstige (nicht unbedingt erforderliche) Teile

Abbildung 1-13b:  
 Graphische  
 Darstellung der  
 Fügeprobleme



Positionierungsprobleme  
 Halteaufwand  
 Zugänglichkeit (Optimierungsbeispiele werden durch „Doppelklick“ geöffnet)

Abbildung 1-13c:  
 Beispielkatalog für  
 die Optimierungsvorschläge

Try to eliminate as many access and view problems as possible

There are 1 items which incur access or view problems during insertion. Try to redesign the assembly where possible to allow adequate access and unrestricted vision for placement or insertion of the following items:

ID	rp	name	savings, s
1.3	1	Piston	2.20

Restricted access for assembly of screws

Improved access

Previous Next Page 1 of 5

OK

Beispiel zur Verbesserung der Zugänglichkeit durch konstruktive Umgestaltung

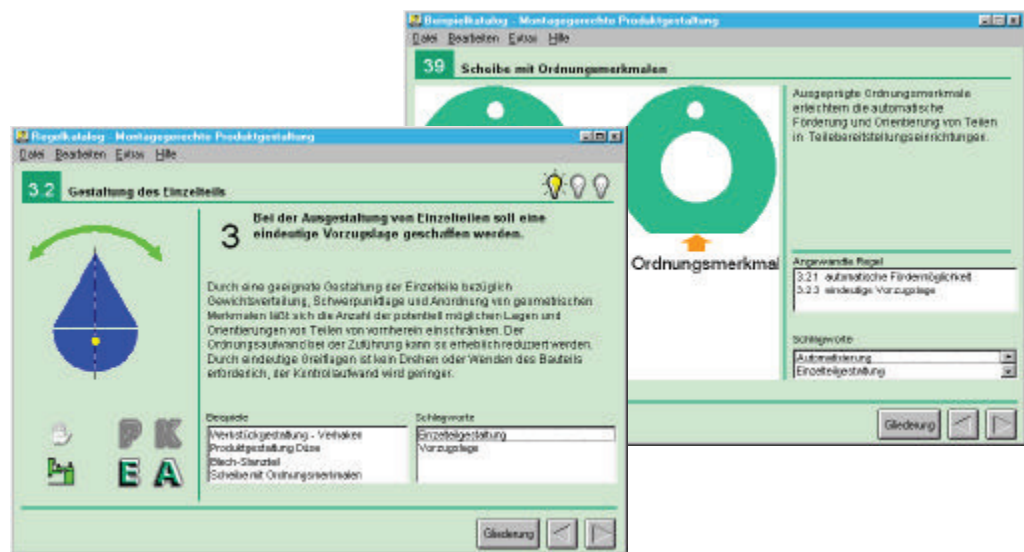
### Schritt 6: Konstruktive Umgestaltung

Die bisher vorgestellte Methode liefert zwar eine Bewertungsgröße für die Montagegerechtheit von Produkten sowie einfache Gestaltungshinweise für die Optimierung, unterstützt den Konstrukteur jedoch nicht hinreichend bei der Umgestaltung von Produkten.

Am Fraunhofer IPA wurde deshalb hierfür in Form einer CD-ROM „Leitfaden Montagegerechte Produktgestaltung“ ein Software-Tool erstellt, welches die Kreativität der Konstrukteure unterstützt. Es zeigt anschaulich Regeln und Beispiele zur montagegerechten Produktgestaltung auf und liefert so in Ergänzung zur DFA-Software praktische Ideen für das Produkt-Reengineering.

Abbildung 1-14:  
 CD-ROM  
 „Leitfaden  
 Montagegerechte  
 Produktgestaltung“

(Quelle:  
 Fraunhofer IPA)



Der Leitfaden enthält in konzentrierter Form die umfangreichen Erfahrungen des Fraunhofer-IPA im Bereich der montagegerechten Gestaltung von Produkten. Gegliedert ist der Leitfaden in zwei miteinander verknüpfte Kataloge, den Regel- und Beispielt katalog.

Der Regelkatalog enthält eine Sammlung von Gestaltungsregeln, die mit einem stichwortartigen Text und einer schematischen Zeichnung erläutert sind. Die Regeln sind mit Hinweisen auf ihre Wichtigkeit und ihre Wirkung auf manuelle und automatisierte Montageprozesse versehen. Durch die Verknüpfung der Kataloge wird die Anwendung einer Regel im Beispielt katalog an einem oder mehreren Praxisbeispielen verdeutlicht. Beispiele sind im Leitfaden mit einem oder mehreren Fotos oder Zeichnungen eines montagegerecht gestalteten Produktes grafisch dargestellt. In einer kurzen Beschreibung wird erklärt, in welchen Punkten an einem Produkt montagegerechte Konstruktionsansätze verwirklicht wurden.

Die Kataloge mit Regeln und Beispielen können unabhängig voneinander eingesetzt werden und liefern dem Entwickler und Konstrukteur Ideen und

Konzepte zur montagegerechten Produktgestaltung, insbesondere auch durch die Hinweise auf neue Montagetechnologien, Verbindungstechniken, etc..

Zusammenfassend sind in Bild 5-15 die wichtigsten Regeln dargestellt.

Abbildung 1-15:  
DFA-Regeln  
(Quelle:  
Fraunhofer IPA)

**Die 10 wichtigsten Grundregeln zur montagegerechten Produktgestaltung**  
(Reihenfolge in absteigender Wichtigkeit)

- Reduzierung der Teileanzahl und der Teilevarianten
- Vermeidung von Justage- und Einstellvorgängen
- Gestaltung von Teilen, die sich selbst ausrichten und positionieren (z. B. durch Einführschrägen)
- Ausreichende Zugänglichkeit und uneingeschränkte Sicht auf Fügestelle
- Sicherstellung einfacher Teileentnahme aus der Teilebereitstellung (definierte Greifflächen)
- Gestaltung der Teile derart, daß sie nicht falsch montiert werden können
- Vermeidung unnötiger Neuorientierungen oder Wendevorgänge während der Montage
- Vermeidung von biegeschlaffen Teilen und Wirrteilen
- Teile symmetrisch oder deutlich unsymmetrisch gestalten
- Lineare Fügebewegungen, vorzugsweise senkrecht von oben