



kompetent • schnell • erreichbar • servicefreundlich • preis-leistungsstark

## Simulation der Produktqualität

Mit Hilfe prozessorientierter Toleranzberechnungen

# INNEO Solutions GmbH – Zahlen und Fakten

Birmingham

Hamburg

Berlin

Hannover

Köln

Leipzig

Langen

Stuttgart

**Ellwangen**

München

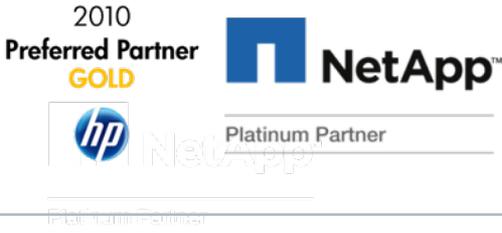
Zürich

Lindau

- Gegründet 1984
- 12 Niederlassungen in Europa
- Über 230 Beschäftigte
- Über 3.500 Kunden
- 50 Mio. EUR Jahresumsatz in 2008
- ISO 9001 zertifiziert



# Unsere Lösungen – „Best-in-Class“-Technologien

Produktentwicklung	Informationstechnologien	Projektmanagement
<b>Qualität steigern. Kosten senken.</b>	<b>Hohe Verfügbarkeit. Sichere Speicherkonzepte.</b>	<b>Mehr Projekt. Weniger Management.</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ CAD/CAM</li> <li>○ PDM/PLM</li> <li>○ Technische Berechnungen</li> <li>○ Automatisierungslösungen</li> <li>○ Training und Consulting</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Server, Storage, Backup</li> <li>○ Archivierungslösungen</li> <li>○ Virtualisierung</li> <li>○ Workstations, Peripherie</li> <li>○ IT-Management</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Prozessmanagement</li> <li>○ Ressourcenmanagement</li> <li>○ Projektcontrolling</li> <li>○ Datenmanagement</li> <li>○ ERP/CAD-Integration</li> </ul>
		

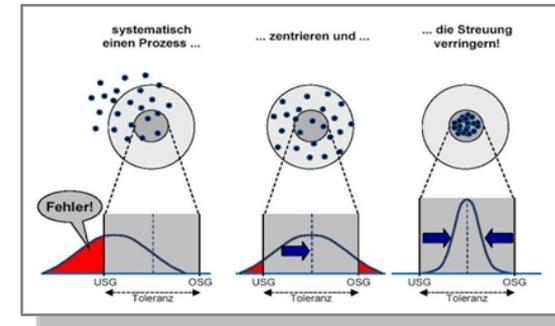


# INNEO Philosophie zur Verbesserung der Produktqualität

## 1. Prozessoptimierung durch Projektmanagement

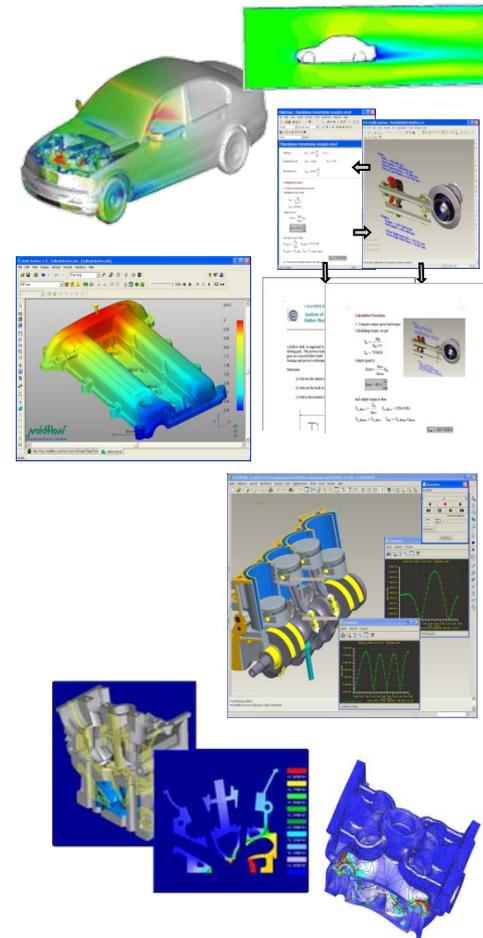


## 2. Gezieltes Engineering mit dem richtigen Werkzeug



# Berechnungs- / Simulationslösungen in Pro/ENGINEER

- Topologieoptimierungen mit HyperShape/Pro
- Structural and Thermal Simulation Option (Pro/MECHANICA)
- Kunststoffspritzgussimulation mit Moldflow
- Funktions- und verhaltensgesteuerte Geometrieoptimierung mit BMX
- Bewegungssimulation mit MDX/MDO
- Wandstärkenprüfung, detaillierte Abstandsprüfung und Teilevergleiche mit dem 3DCaliper
- Strömungssimulation
- CAD-gestütztes Qualitätsmanagement und Toleranzanalyse mit CETOL
- Mathcad komplexe Mathematik innerhalb der Pro/ENGINEER-Umgebung



# Qualitätsmanagement

- Qualität ist **CHEFSACHE**
- Qualitätsmanagement ist eine ganzheitliche Philosophie die sich über alle Geschäftsbereiche eines Unternehmens erstreckt:
  - Prozessabläufe kontrollieren + steuern
  - Projektmanagement
  - Innovation und Produktverbesserung
  - ...
- Im internationalen Wettbewerb ist QM wichtig:
  - Entwicklung innovativer (besserer) Produkte
  - optimierter Kostenkontrolle
  - Sicherung von Arbeitsplätzen



# Produktqualität ist Prozessabhängig

Qualität ist über Anforderungen an ein Produkt einzeln messbar.

Über den 6-Sigma-Prozess ist die gefertigte Qualität auch auswertbar.

Mit „Design for 6 Sigma“ ist die Qualität am CAD-Modell vorhersagbar (DfSS).

In Analysen zur Risiko- und Fehlerabschätzung (FMEA) ist DfSS Pflicht

Ein Produktlebenszyklus ist in seinen einzelnen Phasen in Projekte unterteilt deren Steuerung entscheidend zum Erfolg eines Produktes beitragen.



# Was ist 6-Sigma?

## ○ Definition

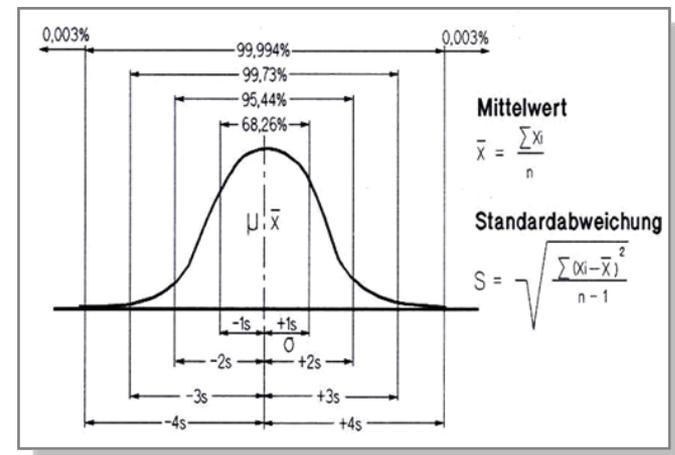
Eine Möglichkeit zu beschreiben wie gut ein Produkt ist, um einen Prozess zu ermöglichen, der soweit möglich die Produktabweichung effektiv und effizient beseitigt und die Abweichungen ermittelt, die nicht beseitigt werden können.

## ○ Gemeinsame Sprache

Verwendet von Betriebswirten, Entwicklern, der Fertigung, Zulieferern und Kunden.  
Numerisch 99.9999998% Fehlerfrei

## ○ Unternehmensstrategie

Ein wissensbasierter Prozess fokussiert auf die systematische Verbesserung aller Geschäftsbereiche.

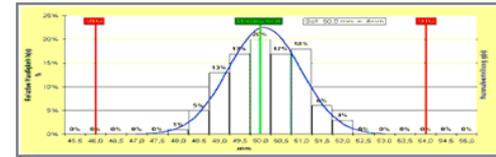


# Ursachen von Qualitätsschwankungen

## ○ Unangemessene Design-Grenzen

Gibt es Design-Schwankungen, die vermeidbar sind ?

50,0	51,0	49,9	49,9	51,0
50,8	49,8	50,1	49,7	49,9
51,7	49,0	50,1	50,7	49,4
51,1	48,8	49,0	50,7	49,4
51,3	50,7	51,9	51,1	48,1
49,2	50,9	49,2	50,9	51,1
48,7	49,5	49,6	51,4	49,9
50,4	50,5	49,8	49,9	50,0
49,0	50,0	40,9	50,2	40,1
49,8	49,9	51,1	49,5	49,1
49,0	50,0	50,0	50,0	51,1
49,7	49,8	49,8	49,7	50,8
50,7	50,0	50,1	50,8	50,6
51,1	51,1	50,1	50,8	50,1
49,9	49,0	49,2	50,4	49,9
51,5	51,3	49,3	50,5	49,5
50,6	49,8	49,1	50,1	49,7
50,6	49,7	51,1	50,8	49,6
50,8	51,0	50,7	49,6	49,5
51,8	50,1	49,2	50,2	49,2



## ○ Ungenügende Prozesskontrolle

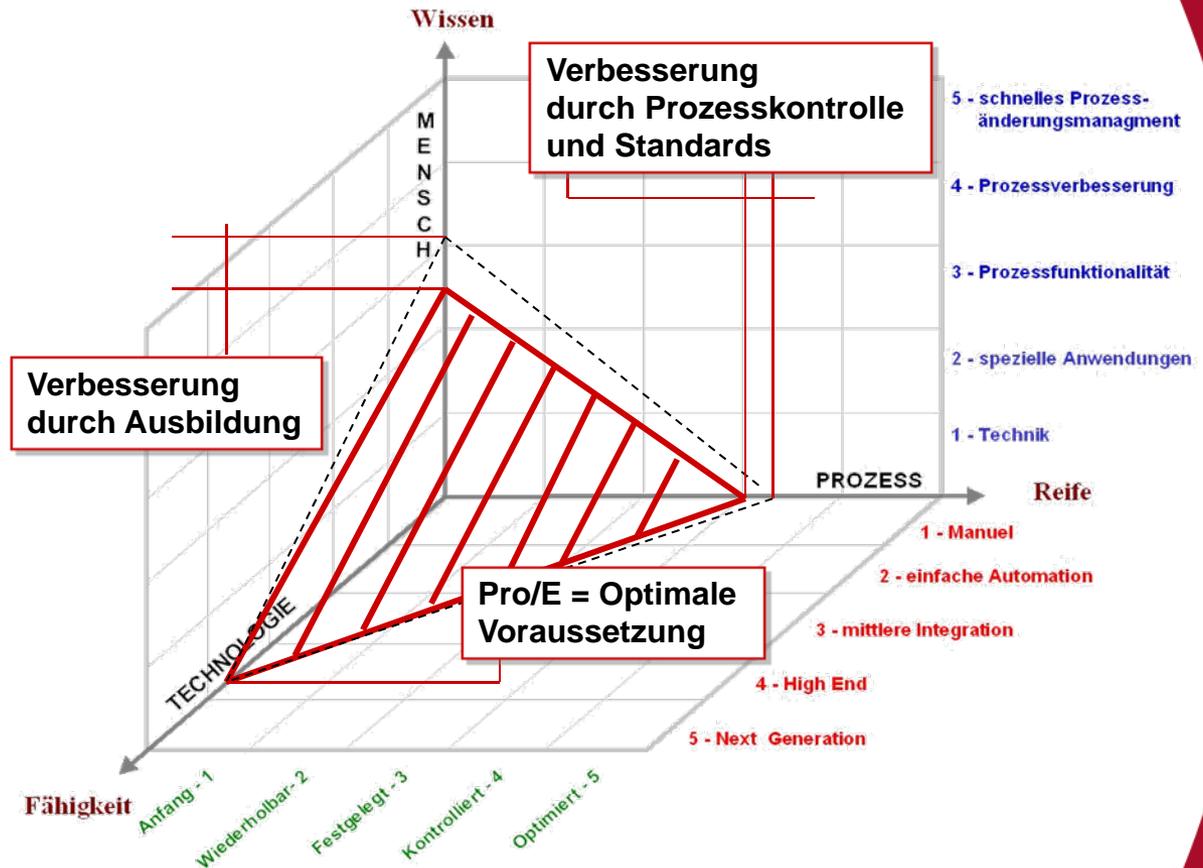
Ist der Fertigungsprozess “unter messbarer Kontrolle”?

## ○ Instabile Material- und Komponentenqualität

Werden Normteile, Standarteile oder andere zugelieferte Materialien verwendet ?

# CAD-basierendes Qualitätsmanagement mit Pro/E

- Der Mensch ist der entscheidende Faktor der Qualität beeinflusst
- In der Entwicklungsumgebung ist mit Zusatzmodulen eine optimale Voraussetzung gegeben

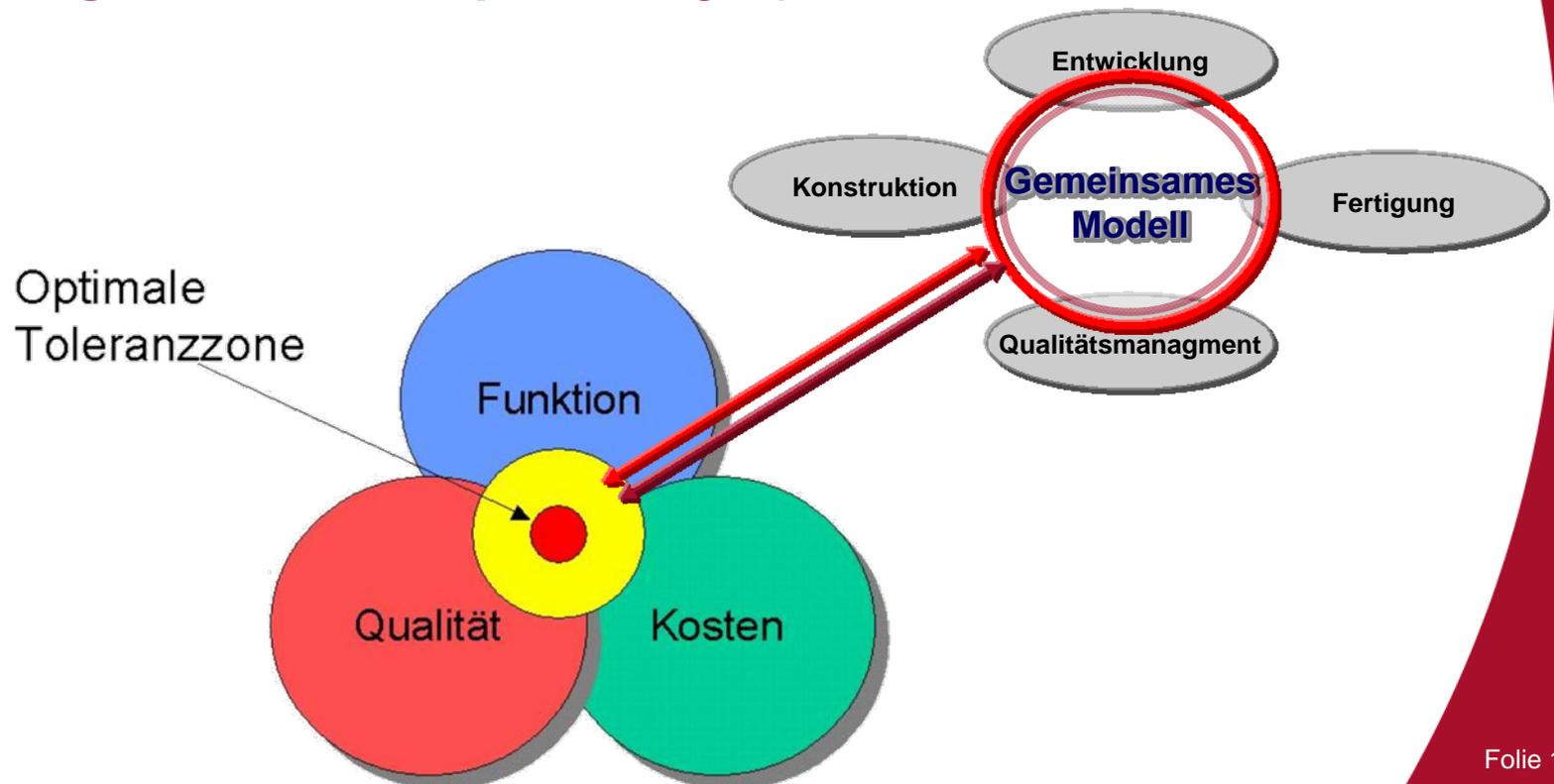


# Toleranzen steuern einen erheblichen Anteil unserer Anforderungen

Optimale Einflüsse auf Toleranzen

- gemeinsame Daten- und Modellstruktur
- einheitlicher Kommunikationsfluss

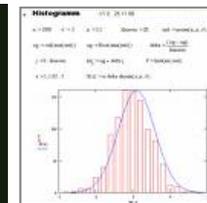
Es wird eine **gemeinsame „Sprache“** gesprochen



# Technischer Hintergrund

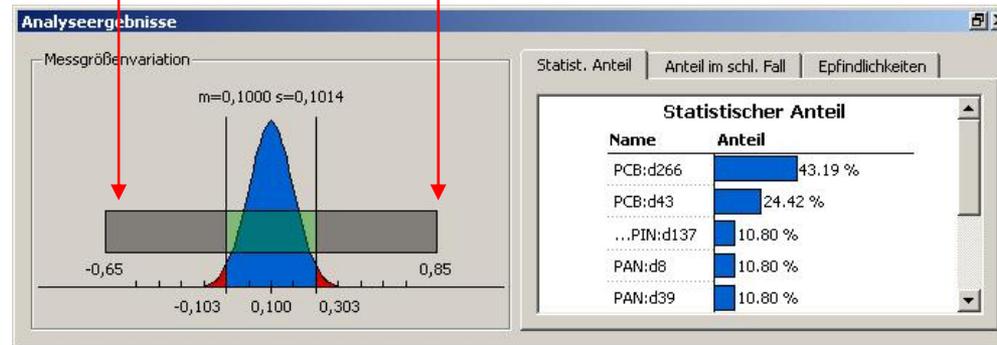
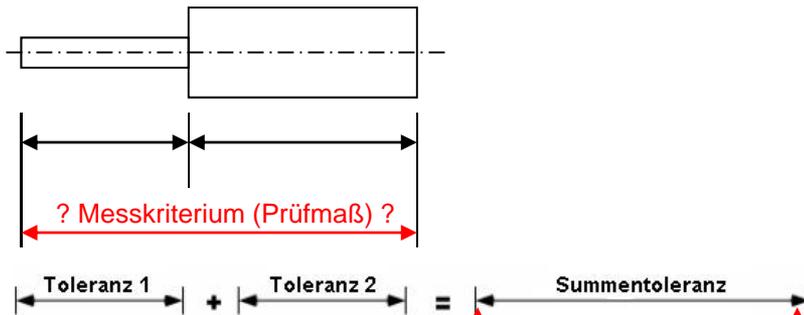
Was ist / was kann die Toleranzberechnung :

- Ist die Beurteilung der Produktfunktion und Fertigung innerhalb der Maßgrenzen und Geometrieschwankungen, die mit Toleranzen auf den Zeichnungen festgelegt wurden
- fester Bestandteil der Produktentwicklung
- wird i. d. R. als Toleranzsumme für den Worst Case berechnet
- aufwendige 2D- oder 3D-Berechnungen werden vermieden (zu komplex)
- für statistische Berechnungen fehlen häufig die Grundlagen (Wissen, Ressourcen, Werkzeuge, ...)
- **bietet die größte Wertschöpfung im Produktlebenszyklus**
- ...



# Technischer Hintergrund

Was ist der Worst Case (schlechteste Fall)

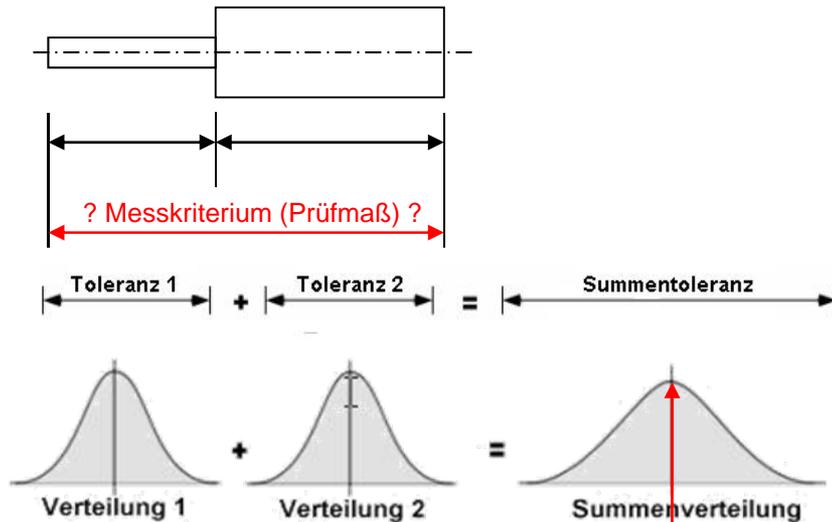


**Merke:** Der schlechteste Fall tritt statistisch nie auf, aber es gibt Fälle die die Vorgaben über bzw. unterschreiten. Wie häufig das auftreten wird, wird mit der Statistik vorhersagbar (ppm).



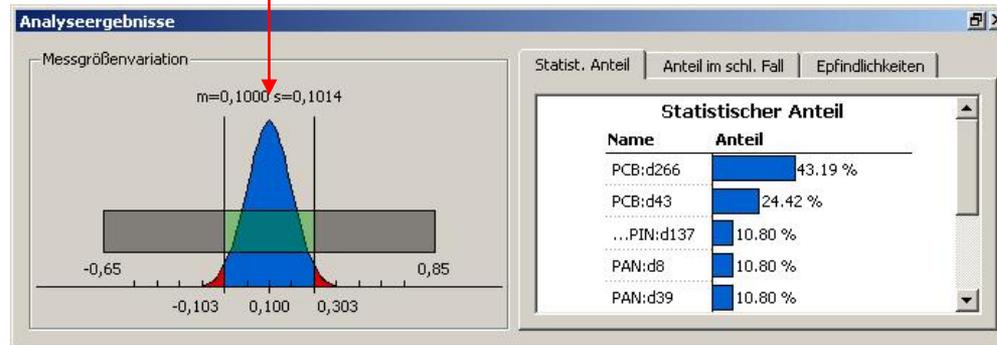
# Technischer Hintergrund

## Was ist die statistische Variationsanalyse



**Merke:** Toleranzen sind keine Abweichungen

**Merke:** Die Fertigungsprozessfähigkeit (cp, cpk) auf alle Bemessungen erzeugt die tatsächliche Abweichung

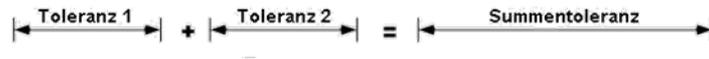


# Gründe für die Toleranzsimulation:

## Abhängigkeit der Produktkosten

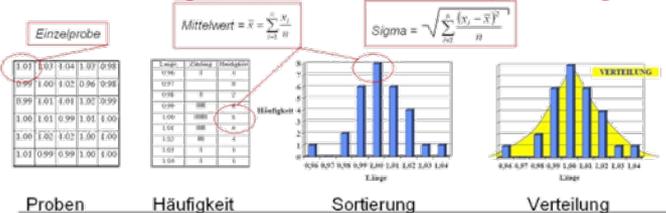
Die traditionelle Toleranzsimulation im Worst Case stellt nur geringe Potentiale dar um Kosten zu reduzieren und während des Produktlebenszyklus das Produkt weiter zu verbessern. Nur mit Design for 6 Sigma kann man eine klare Vorhersage der Funktion, des möglichen Ausschusses (ppm) und der Kosten ermitteln.

### Worst Case Toleranzsimulation



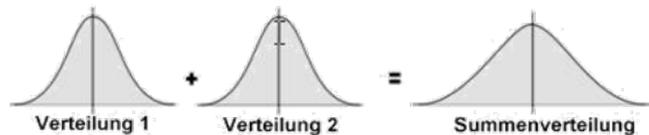
- hohe Genauigkeit
- hohe Kosten
- keine Beurteilungsmöglichkeiten von Einsparungspotentialen
- Funktionsgrenze wird sehr schnell erreicht
- wenig Spielraum für Produktverbesserung

### SPC-bezogene Toleranzüberprüfung



- hohe Genauigkeit
- Kosteneinsparungspotentiale im Fertigungsprozess
- wenig Spielraum für Produktverbesserung

### statistische Toleranzsimulation

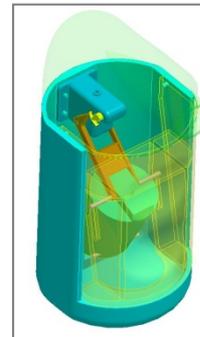


- hohe Genauigkeit
- geringe Kosten
- Kosteneinsparungspotentiale im Fertigungsprozess
- Kosteneinsparungspotentiale im Entwicklungsprozess
- Vorhersage der Produktqualität

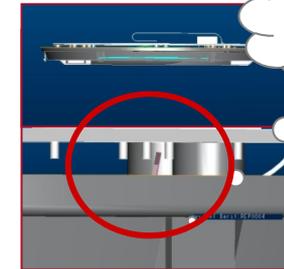
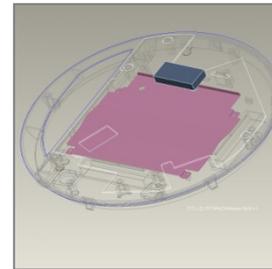
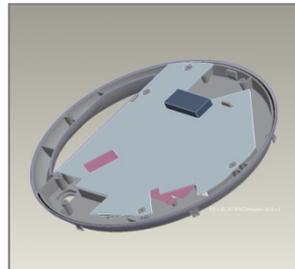
# Gründe für die Toleranzsimulation

## 3 Szenarien in der Toleranzsimulation

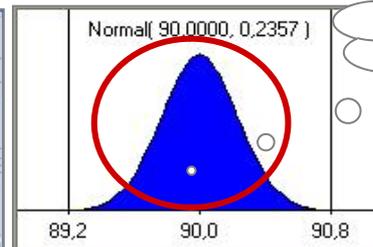
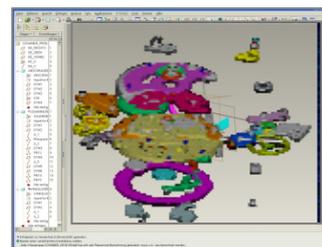
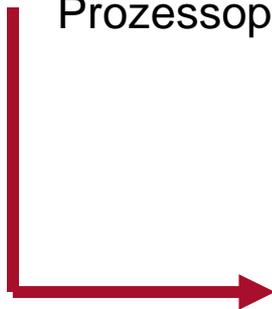
### 1. Funktionsprüfung



### 2. Einbau- und Montageuntersuchung



### 3. Kostenkontrolle Prozessoptimierung



Optimierung von  
Fertigung und Montage  
(cp, cpk, ppm,...)?

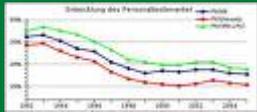
# Gründe für die Toleranzsimulation

## Marktsituationen ändern sich

Produkte werden mit der Zeit im Wettbewerb vergleichbar. Zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit reagieren die Hersteller darauf mit:

1. Preisreduzierung
2. Innovation durch Produktverbesserungen (z.B. neue Funktionalität)

## 1. Möglichkeiten Preisreduzierung



### Personalkosten (i.d.R. 3 -4%)

- Entlassungen (wer macht dann die Arbeit ?)
- Verlagerung der Produktion (ist das wirklich billiger ?)

### Prozesskonsolidierung

- Verbesserung der Prozessfähigkeit
- Senkung der Prozesskosten
- Senkung des Ausschusses

## 2. Möglichkeiten Produktverbesserung

### Produktfunktionalität

- Funktionssicherheit erhöhen
- Zusatzfunktionen implementieren

### Produktdesign

- Erneuerung des Designs
- Neue Werkstoffe

### Neues Produkt

- Geänderte Funktionsprinzipien
- Neues Design
- Neue Werkstoffe



Bereiche in denen Werkzeuge von 6 Sigma oder DfSS wirken (z.B. die statistische Toleranzsimulation)



# Gründe für die Toleranzsimulation

Häufige Fragen an der Innovationsgrenze.

- Theoretisch darf das Produkt nicht funktionieren, aber es funktioniert trotzdem.  
**Ist das Zufall oder kann man das vorhersagen?**
- Es ist keine Produktverbesserung möglich und man muss auf neue Funktionsprinzipien ausweichen.  
**Wird diese neue Funktionalität erfüllt?**
- die Produktkosten müssen durch die Verbesserung des Fertigungsprozesses gesenkt werden. Die Toleranzgenauigkeit hat maßgeblichen Einfluss auf die Fertigungskosten.  
**Welche Toleranzen kann ich anpassen um den Fertigungsprozess kostengünstiger zu gestalten ohne auf Funktionalität, Qualität und gute Prozessfähigkeit (cpk) verzichten zu müssen?**



# Strategien für die Produktverbesserung, Kostensenkung und Nachhaltigkeit

## 6 Sigma

- Beurteilt bestehende Abläufe, Prozesse und Funktionen
- greift steuernd ein, wenn es zu Abweichungen in diesen Prüffeldern gibt

## Design for Six Sigma (DfSS)

- legt neue Abläufe, neue Prozesse, neue Funktionen oder auch neue Produkte im Vorfeld fest
- prüft während der Entwicklung die Einsparpotentiale
- Vorhersage des möglichen Ausschusses (ppm)
- optimiert Toleranzen funktions- und fertigungsgerecht



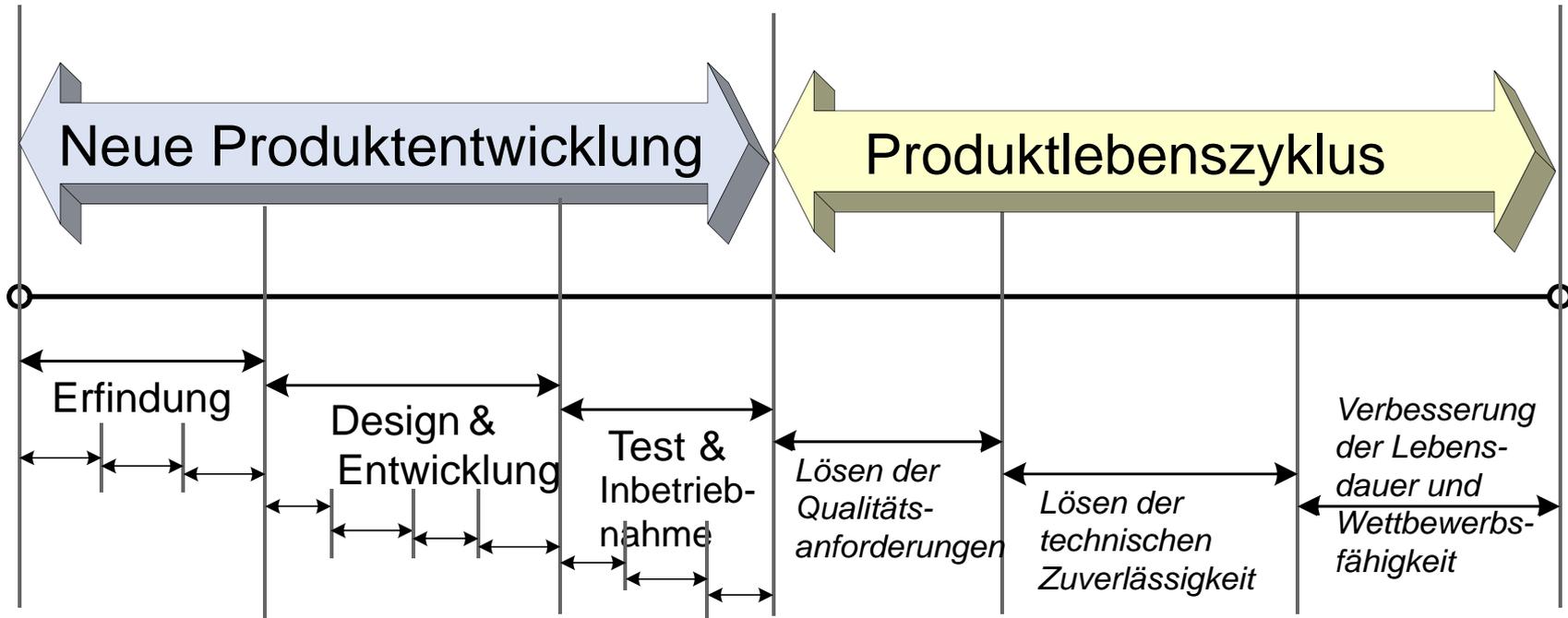
# Design for Six Sigma vs. 6 Sigma

*DFSS*

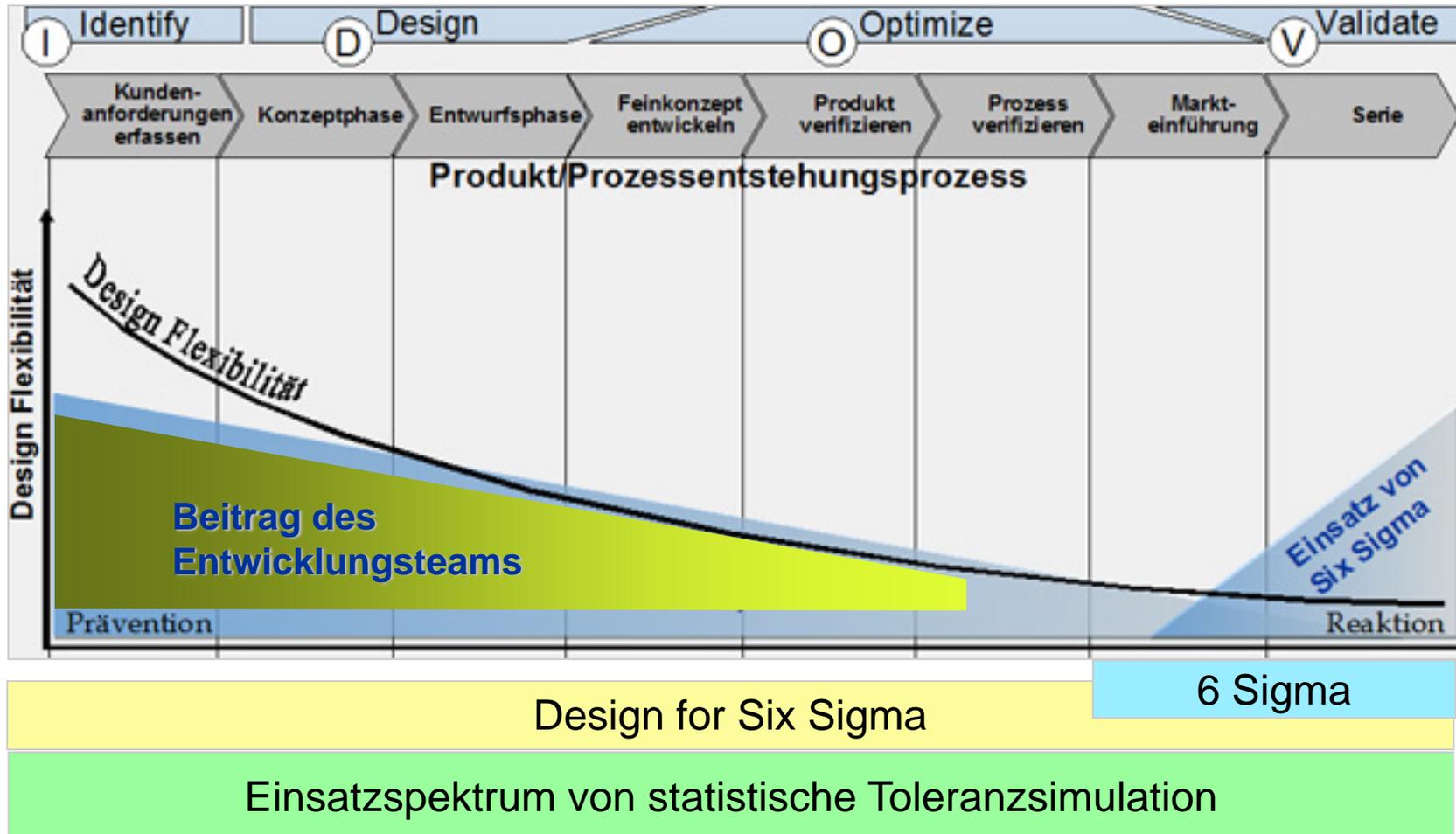
*Kostenvermeidung*

*Six Sigma (DMAIC)*

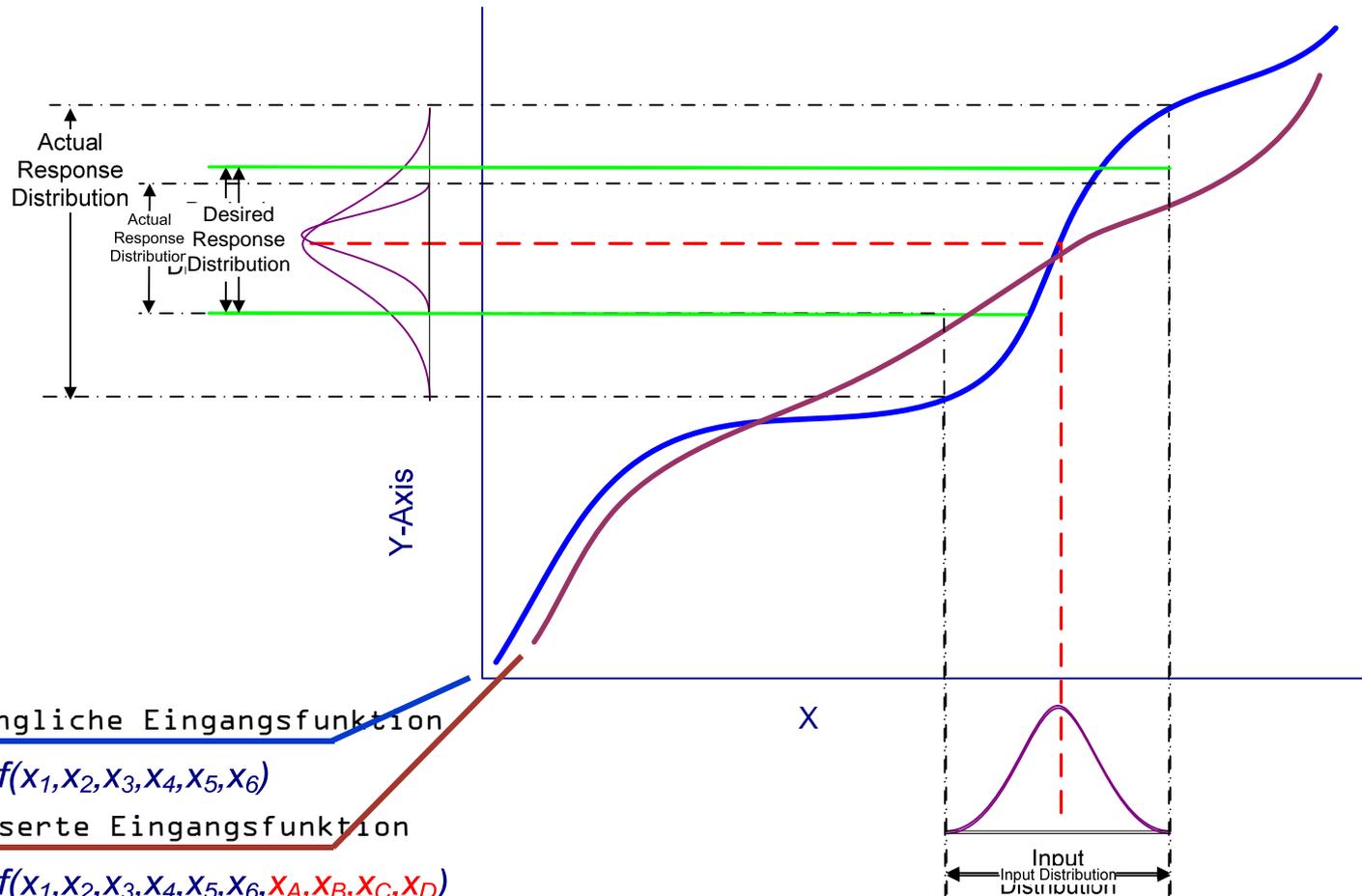
*Kostenreduktion*



# Strategien die Produktverbesserung, Kostensenkung und Nachhaltigkeit



# DFSS-Ziel = Robustes Design Maßnahmen und Wirkung



# Einfluss auf die Produktkosten

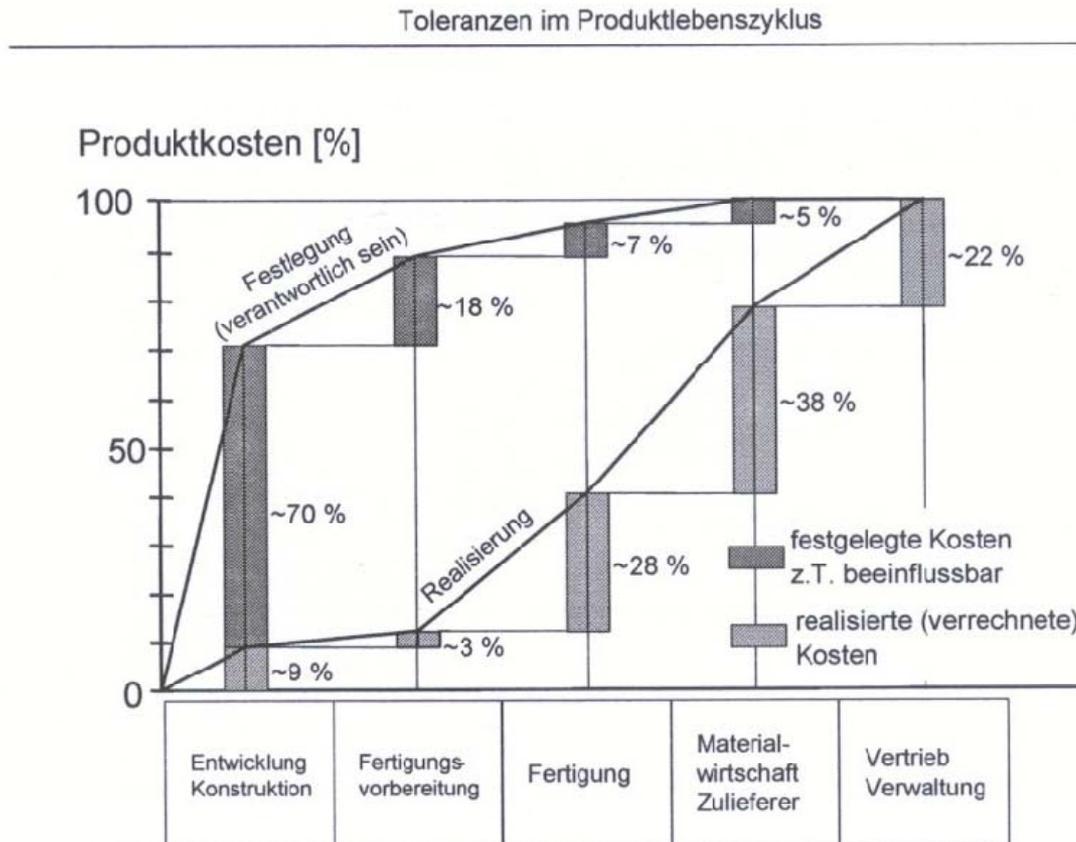


Abbildung 7: Kostenfestlegung und Kostenentstehung<sup>30</sup>

# Einfluss auf die Produktkosten

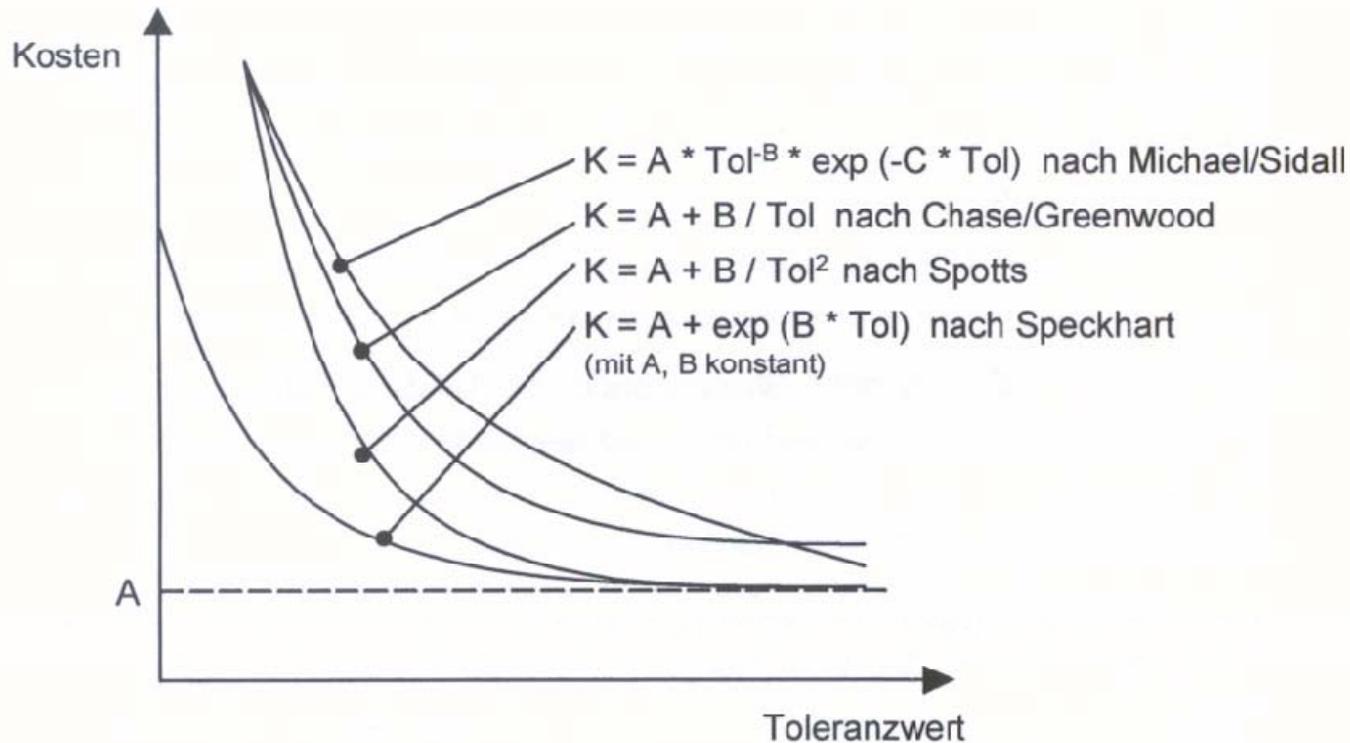


Abbildung 21: Kontinuierliche Funktionen zwischen Kosten und Toleranzwerten<sup>105</sup>

# Einfluss auf die Produktkosten

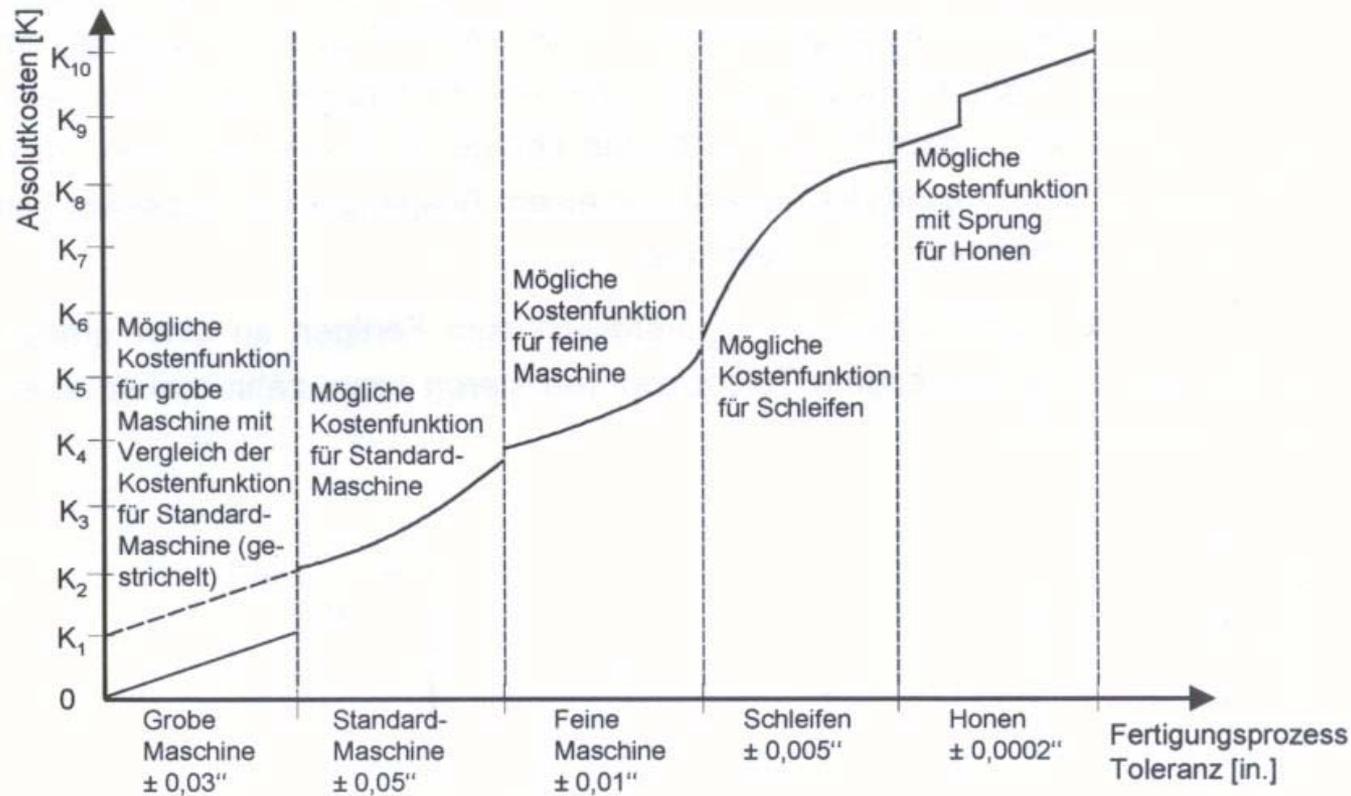
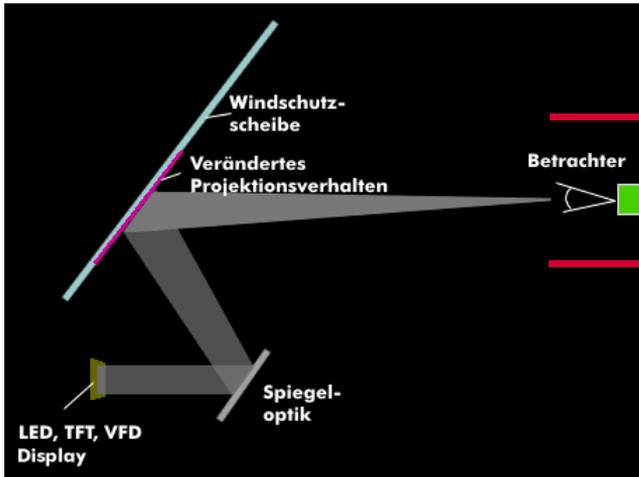
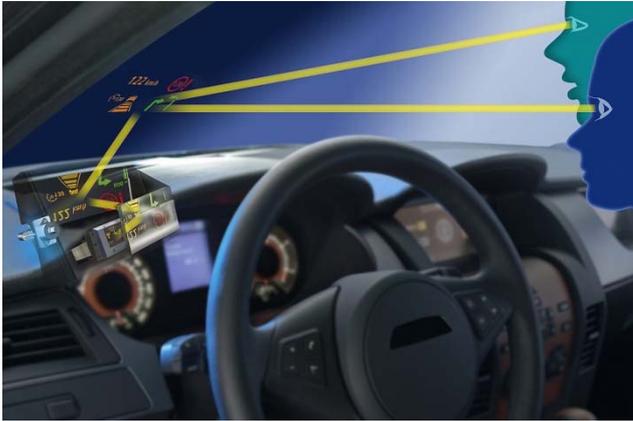


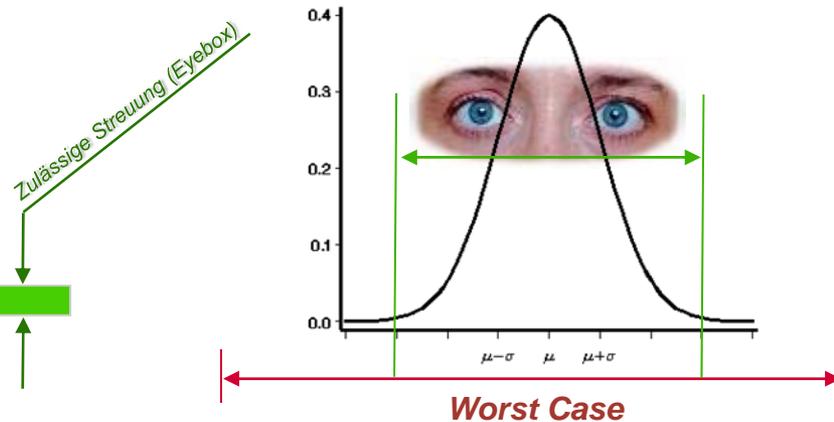
Abbildung 26: Absolutkosten für verschiedene Prozesse

# Konflikte in der Toleranzsimulation

Unmögliches möglich machen:



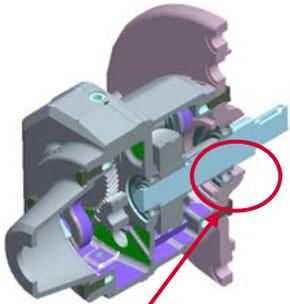
In einem Headup Display sollen die Strahlen einer Lichtquelle die über mehrere Spiegel reflektiert werden innerhalb einer Zone liegen (*Eyebox*), um Informationen sichtbar zu machen. Diese Zone ist durch Versuche vorab ermittelt worden und bezieht die variierende Kopfhaltung des Fahrers mit ein. Es ist technisch nicht möglich innerhalb der Produkthanforderungen die Variation des Strahlenganges im Worst Case auszulegen. Die Abweichungen sind z. T. so groß, dass die Konzepte schon als unmöglich zu verwirklichen galten.



Tatsächlich liegen 99% der Varianzen (Streuung des Strahlenganges) innerhalb der Anforderungen

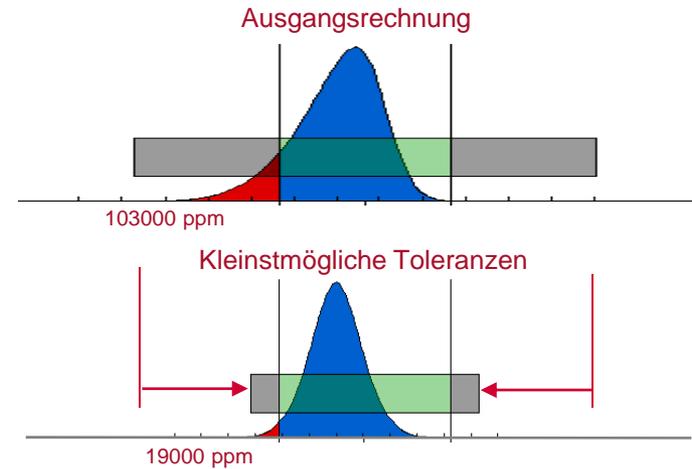
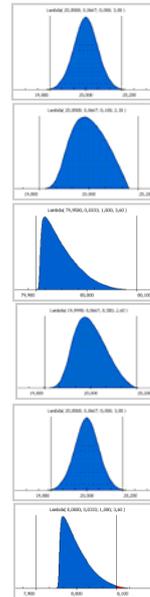
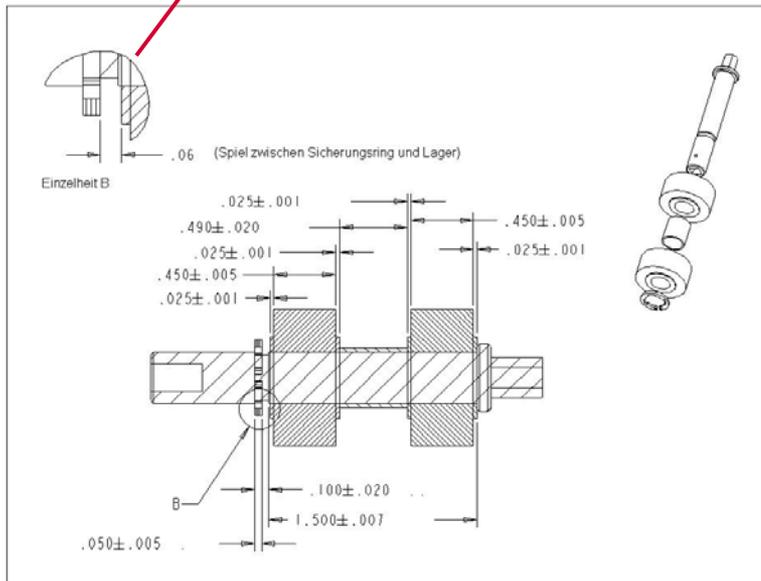
# Konflikte in der Toleranzsimulation

Trotz enger Toleranzen Ziel nicht erreicht:



## Effekt:

In einer Maßkette sind die Toleranzen nach ersten Berechnungen sehr grob ausgelegt und werden in darauf folgenden Versuchen verkleinert. Es kann keine befriedigende Lösung erreicht werden. Die Kosten explodieren.



## Grund:

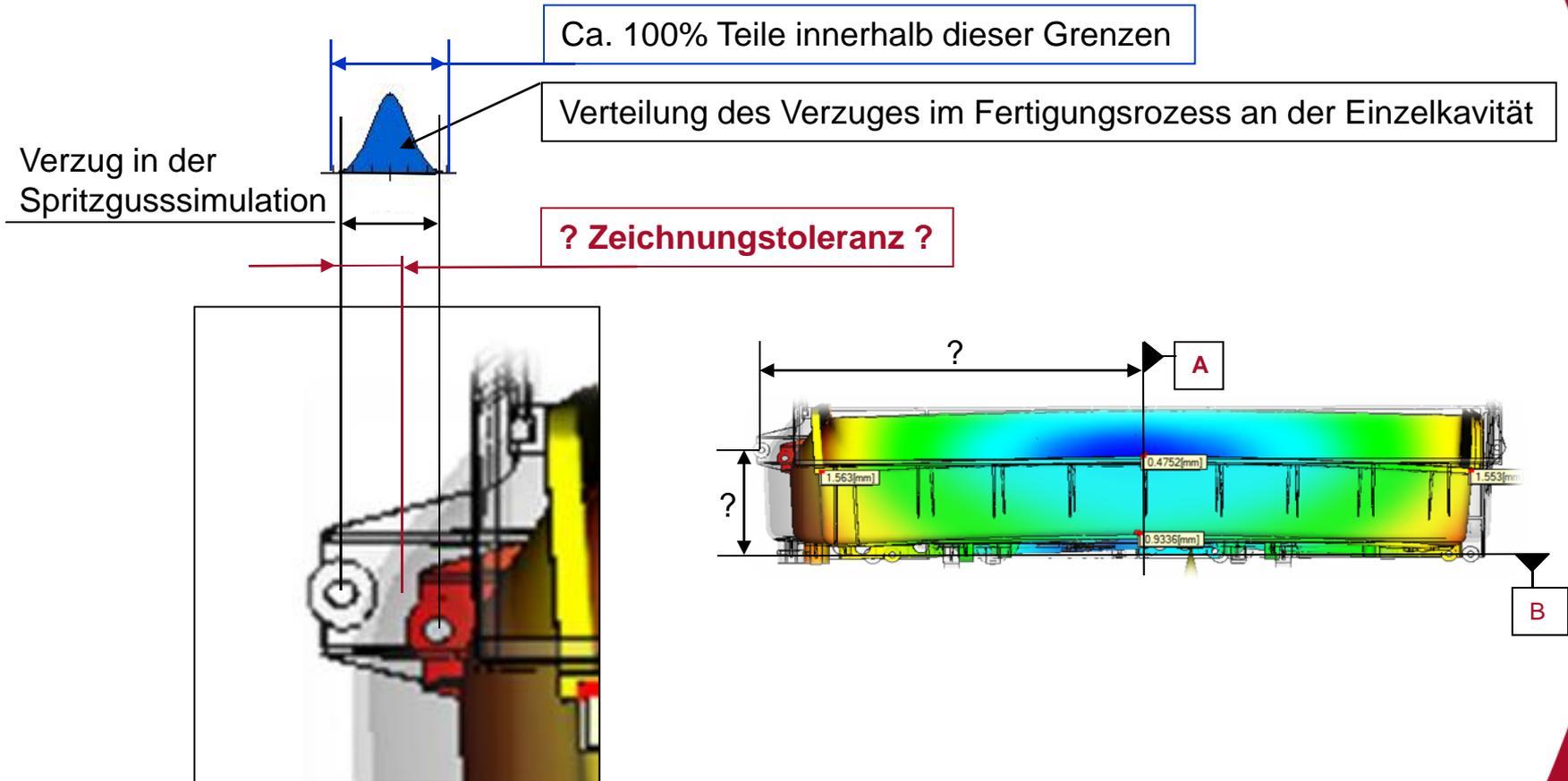
Trotz symmetrischer Toleranzfelder sind selbst bei sehr engen Toleranzen die recht hohen Ausschussraten nicht vermeidbar. Die Ursache ist die teilweise asymmetrische Prozessverteilung und weist auf ungenügende Prozesskontrolle hin.

## Lösung:

Eine Zentrierung der Prozesse wird eine wesentliche Verbesserung schon bei grober Toleranzauslegung erreichen.

# Konflikte in der Toleranzsimulation

## Qualitätsschwankungen an Kunststoffbauteilen



**Lösung : Spritzgussimulation mit Moldflow**

Folie 28

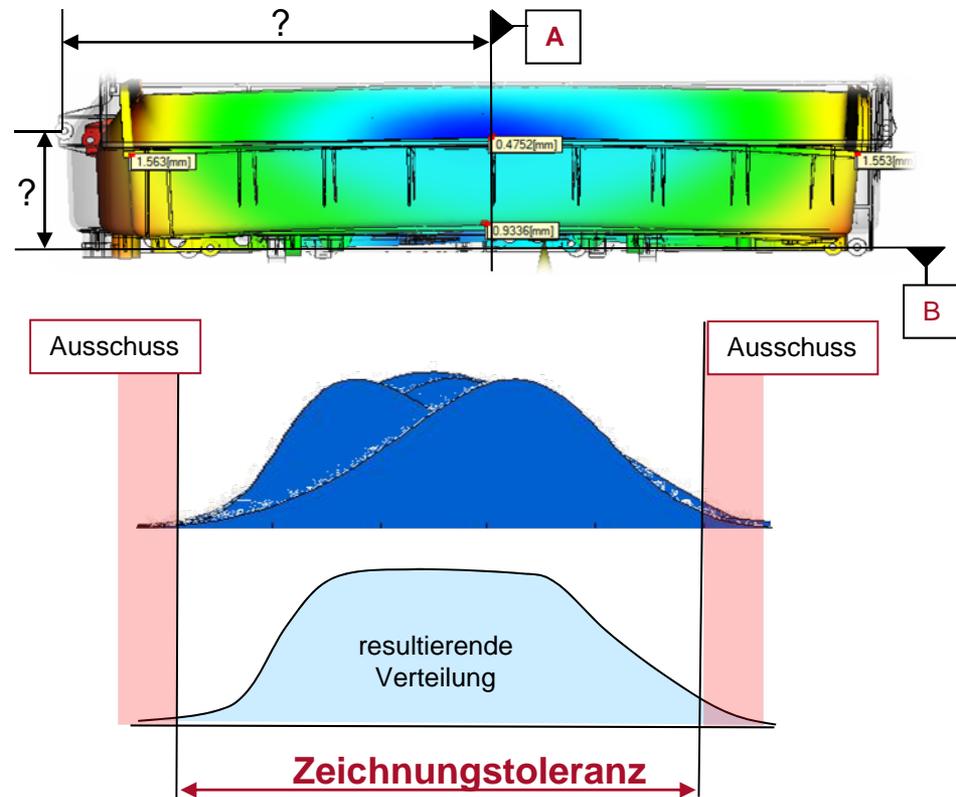


CAD-gestütztes Qualitätsmanagement  
Christoph Bruns ; 07961-890-203 ; cbruns@inneo.de

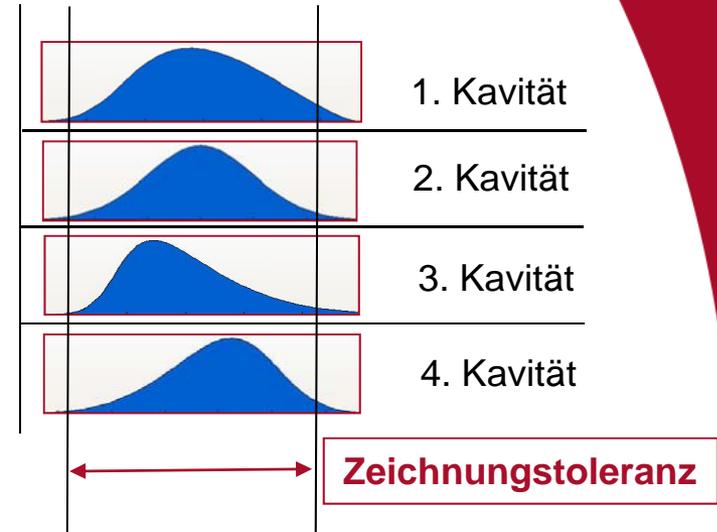
**INNEO**  
That's IT.

# Konflikte in der Toleranzsimulation

## Qualitätsschwankungen an Kunststoffbauteilen



Bei dieser Toleranzvorgabe wird das Maß nicht gehalten und ca. 6% Ausschuss produziert (60000 ppm).



**Lösung : Spritzgussimulation mit Moldflow**



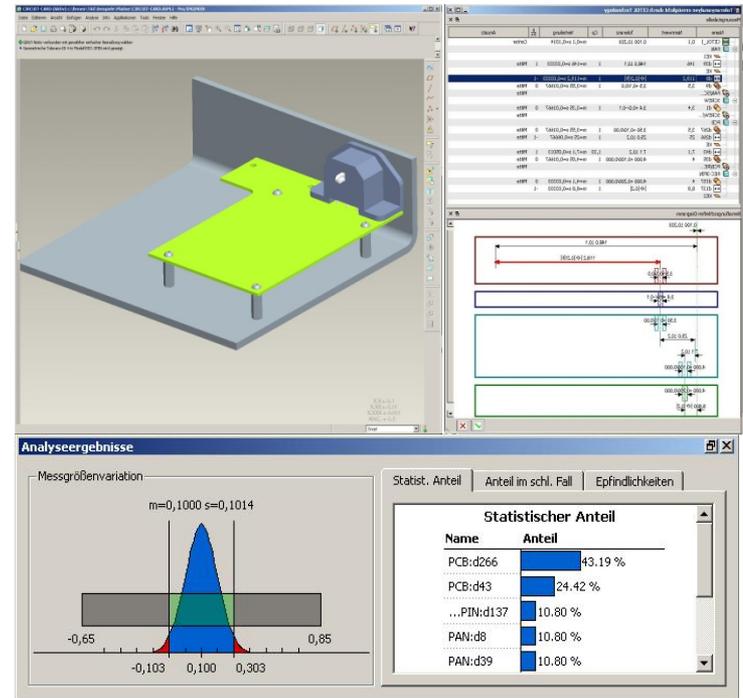
# Toleranzen steuern einen erheblichen Anteil unserer Anforderungen

- CAE-gestütztes Qualitätsmanagement
- Toleranzanalyse und Optimierung mit TAX und CETOL 6-Sigma



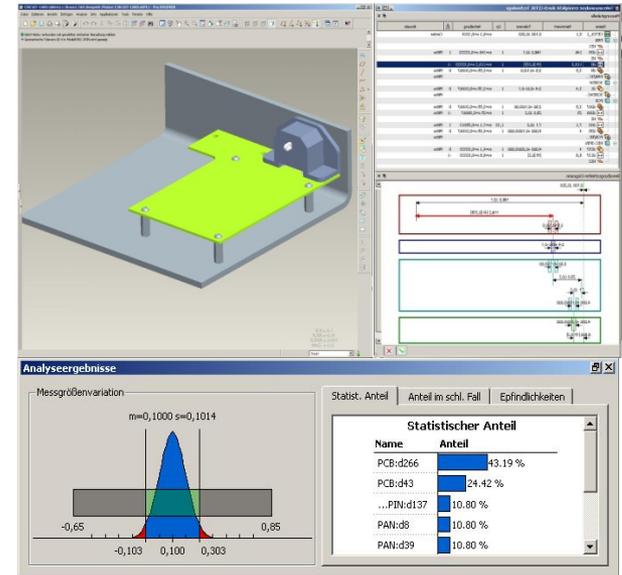
# Allgemeine Informationen zu TAX

- Entwicklung der Software durch Sigmetrix
- Implementierung in Wildfire 4.0 durch PTC
- Ist eine PTC-Software auf der PTC-Preisliste  
CPT-3305-L = locked (1890 €)  
PTN-3305-F = floating (4810 €)
- Ist verfügbar ab Wildfire 4 M010
- Wird durch PTC, INNEO und Sigmetrix beworben
- INNEO wird seine Kunden im Zuge von Pro/E-Seminaren und vor allem in Beratungen durch Techniker beim Umstieg auf Wildfire 4.0 dazu informieren



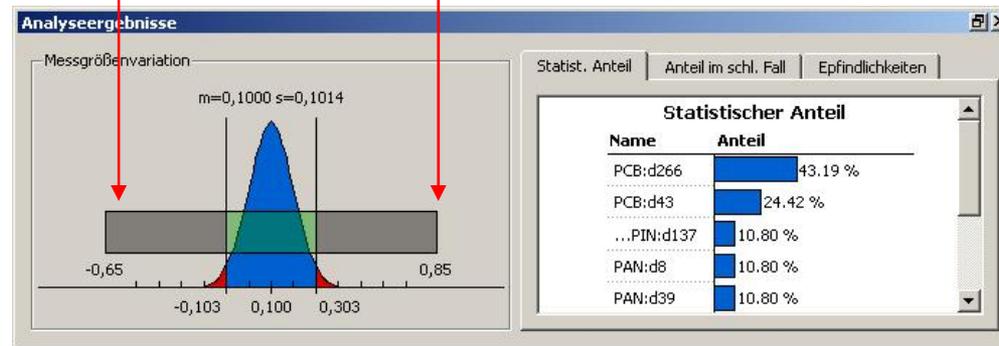
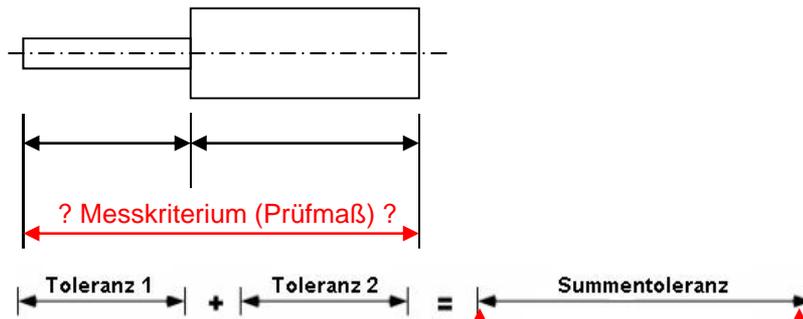
# Leistungsmerkmale TAX:

- Errechnet den Worst Case (schlechtester Fall)
- Ermittelt den statistischen Ausschuss (ppm)
- Rechnet 1-D-Analysen in der Ebene und Richtung des Messkriteriums
- Bindet die „Kleinstbewegungen“ durch Toleranzeinflüsse in der Baugruppe ein, ohne den Baugruppenzusammenbau in Pro/E zu beeinflussen
- Nimmt Form- und Lagetoleranzen mit auf
- Ermittelt den Einfluss der Bemessungen auf das Messkriterium (Prüfmaß)
- Ermittelt den Beitrag der Bemessung auf das Messkriterium
- Ist komplett in Pro/E implementiert
  - Ist voll PDM-fähig
  - Datenbasis ist .prt und .asm
  - das User-Interface ist Pro/E



# Technischer Hintergrund:

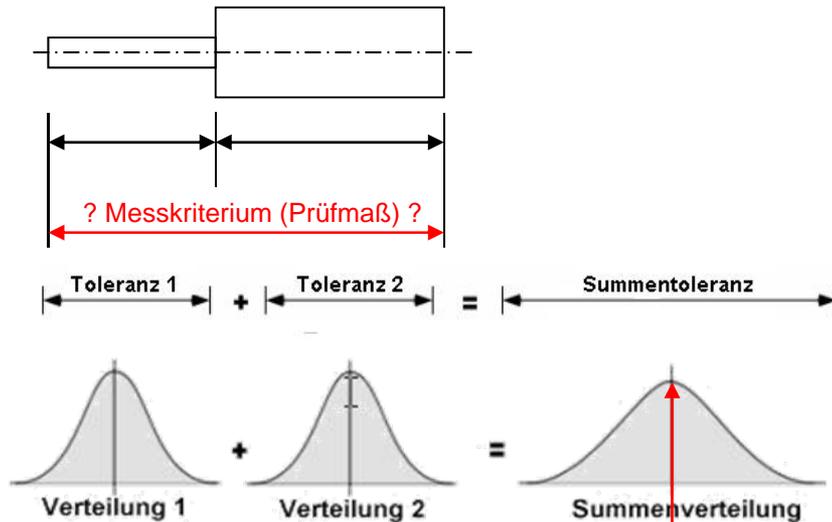
Was ist der Worst Case (schlechteste Fall)



**Merke:** Der schlechteste Fall tritt statistisch nie auf, aber es gibt Fälle die die Vorgaben über bzw. unterschreiten. Wie häufig das auftreten wird, wird mit der Statistik vorhersagbar (ppm).

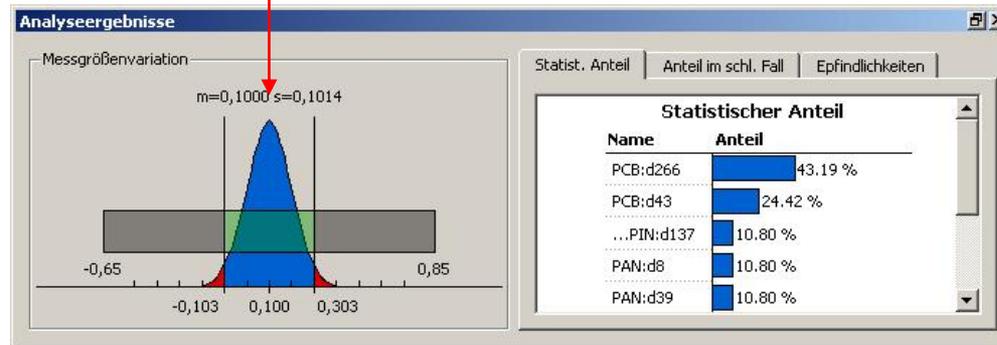
# Technischer Hintergrund

## Was ist die statistische Variationsanalyse

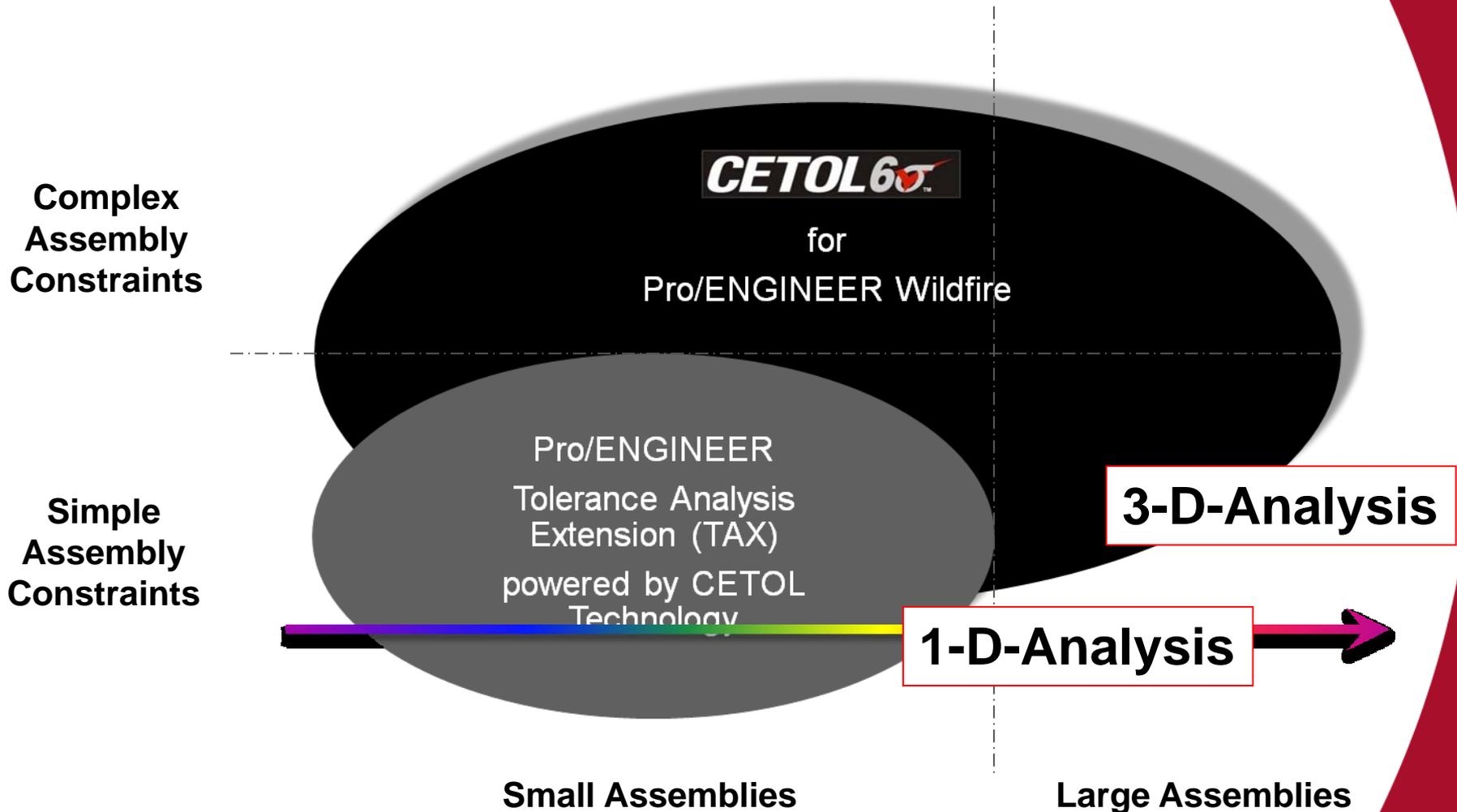


**Merke:** Toleranzen sind keine Abweichungen

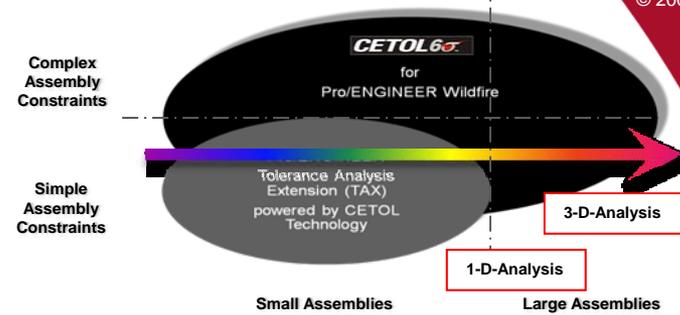
**Merke:** Die Fertigungsprozessfähigkeit (cp, cpk) auf alle Bemessungen erzeugt die tatsächliche Abweichung



# Differenzierung zu CETOL:



# Differenzierung zu CETOL:



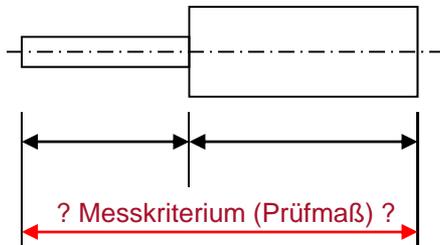
## TAX and CETOL 6 $\sigma$ Comparison

Function / User Needs	Tolerance Analysis Extension powered by CETOL Technology	CETOL 6s for Pro/ENGINEER
Fully integrated with Pro/ENGINEER, full associativity between tolerance model and ProE model	X	X
Low end, easy-to-use, 1D stack-up behavior, replace excel spreadsheet for small sets of measurements	X	
Optimized for only linear measurements, direct selection on ProE model, each measure has unique loop from any other measure	X	
Uses GD&T for position & profile for 1D, considering only linear effects, typical GD&T for 1D tolerance analysis	X	
Analysis results for RSS and Worst Case based on 1D stack assumption, no 2 <sup>nd</sup> order capability	X	
Automated report based on single measurement per report, fixed report format in ProE Wildfire integrated browser	X	
High end, easy-to-use, 3D behavior, replace excel spreadsheets with X,Y & Z measures, and complex 2D – 3D assemblies		X
Optimized for linear, angular, gap & flush measurements, direct selection on ProE model		X
Uses all GD&T directly with ProE model considering full 3D effects		X
Analysis results have direct co-relation between measurements and factory inspection results, including non-linear effects		X
Analyzer interface to manage complete set of tolerance model and analysis information		X
Complete analyzer viewer and report customization wizard for all tolerance analysis data		X



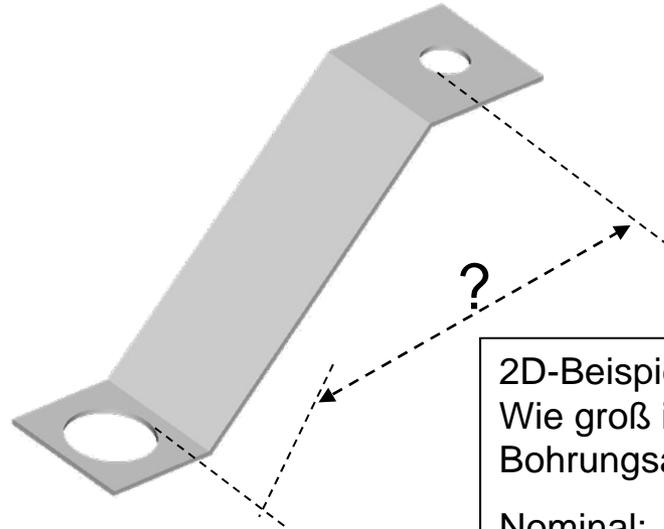
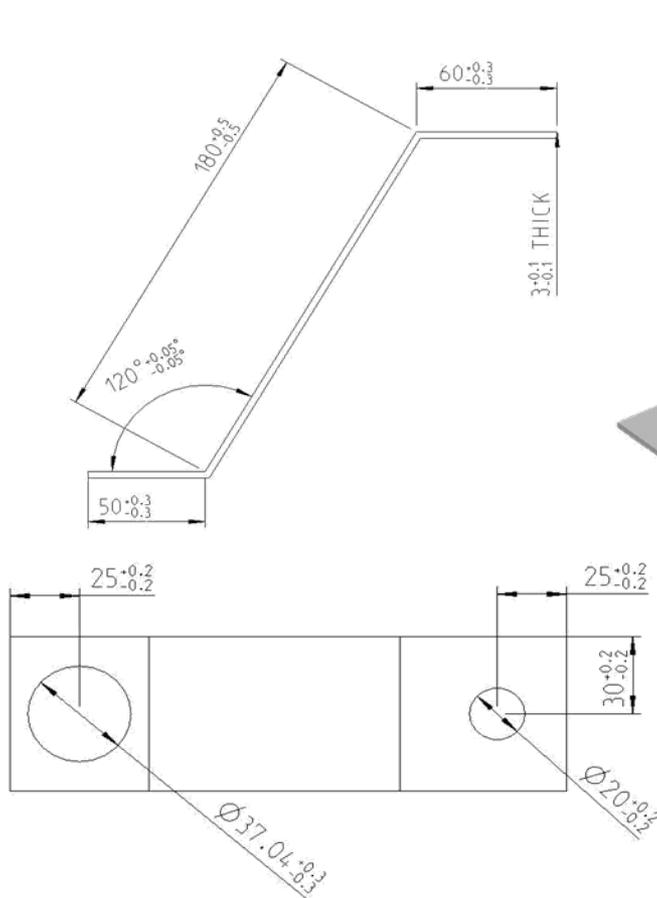
# Differenzierung zu CETOL:

## 1-D-Analysis = TAX-Anwendungen



*Alle Maße liegen in der Messrichtung*

# Differenzierung zu CETOL:



2D-Beispiel

Wie groß ist der tangential Bohrungsabstand ?

Nominal:

121.48 mm

Worst Case:

kleinster Abstand = 122.98 mm

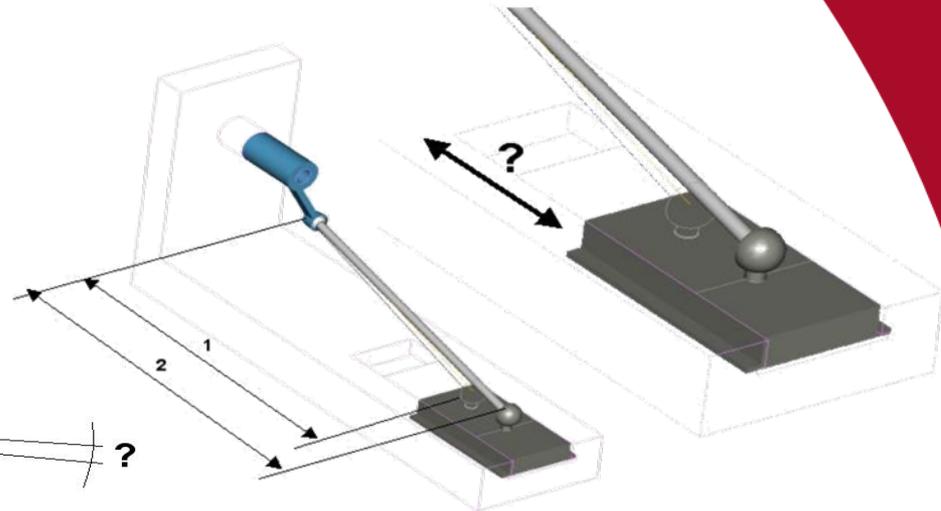
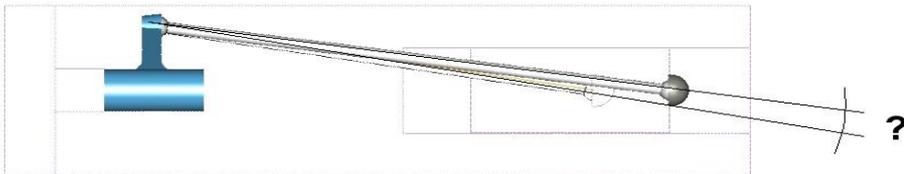
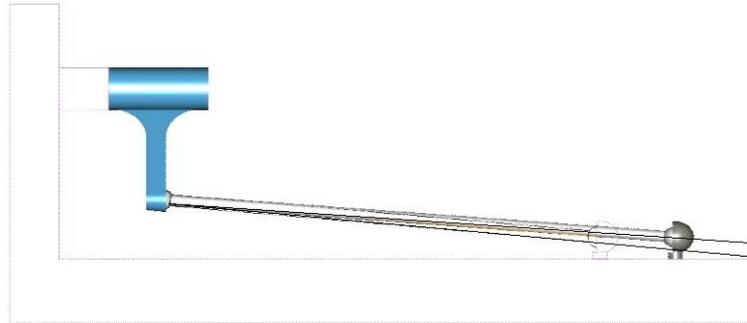
größter Abstand = 119.98 mm

Das Werkstück variiert im Abstand um 3 mm.

## 2-D-Analysis = CETOL-Anwendungen



# Differenzierung zu CETOL:



3D-Beispiel

Wie groß ist der Abstand der Stirnflächen ?

Nominal:

Kurbelstellungsabhängig

Worst Case:

kleinster Abstand = ? mm

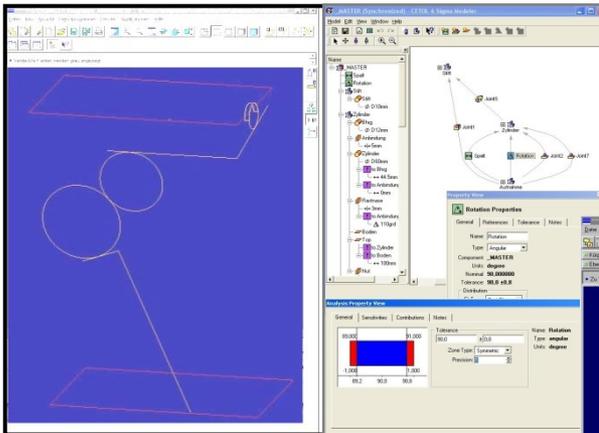
größter Abstand = ? mm

Das Werkstück variiert im Abstand um ? mm.

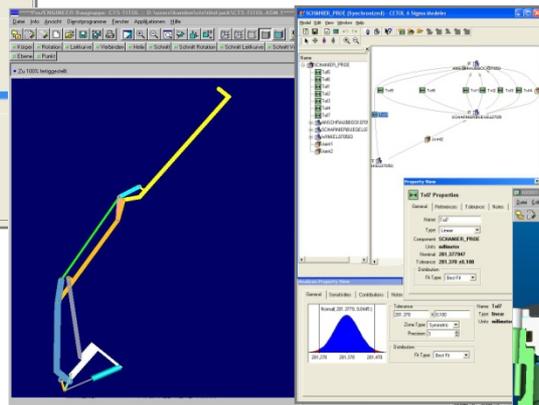
## 3-D-Analysis = CETOL-Anwendungen



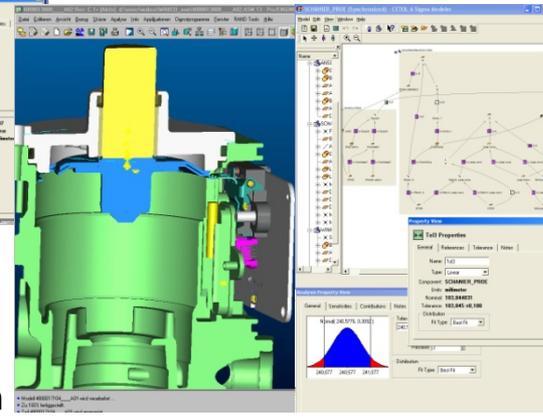
# CETOL6 Werkzeug zur Auslegung von Toleranzen in der Konzeptphase bis hin zu Untersuchungen an Serienteilen



Konzeptuntersuchung  
an einfachen Kurven  
oder Flächen



Entwurfs- und Variantenunter-  
suchungen an vereinfachten  
Baugruppen

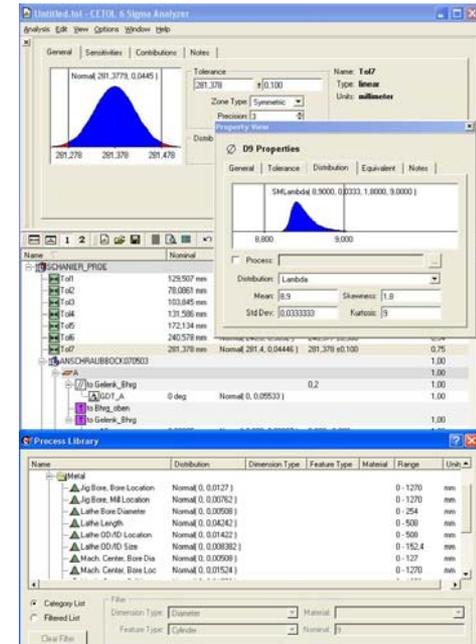
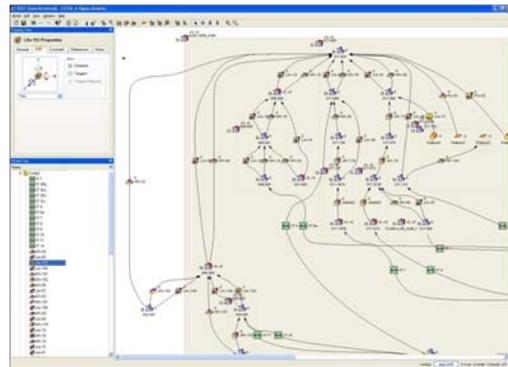
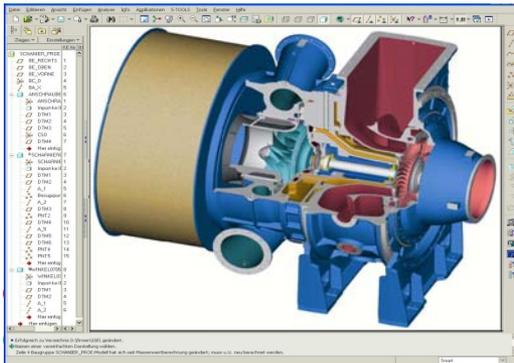


Untersuchungen an  
voll-detaillierten Serienteilen



# CETOL 6 Vollständige Integration in das CAD-System Pro/ENGINEER ; CATIA V5 ; Solid Works

- Direkter Zugriff auf die Datenbasis
- Weiterverarbeiten ohne CAD-Kenntnisse

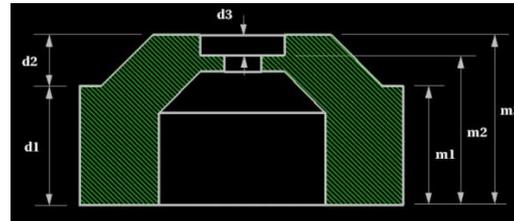


1. Gewohntes Userinterface
2. Direkte Definition an der CAD-Geometrie
3. Detaillierte Definition der Prozesse und Auswertung ohne CAD-Kenntnisse

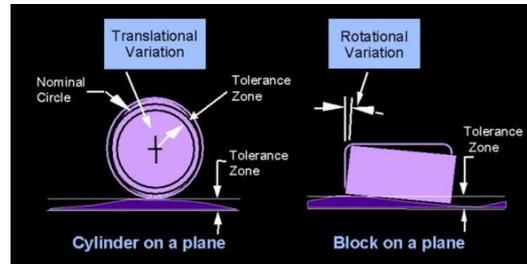


# CETOL6 Toleranzsimulationen berücksichtigen

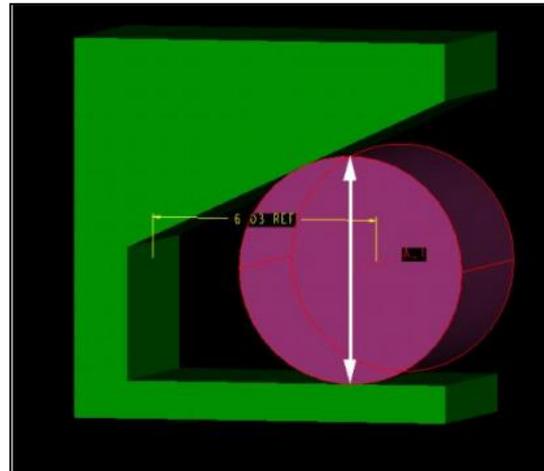
○ Maßabweichungen



○ Geometrische Abweichungen

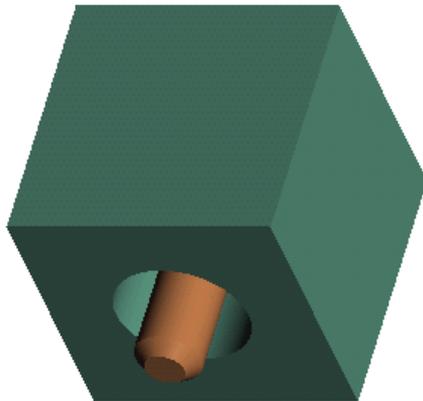


○ Kinematische Abweichungen

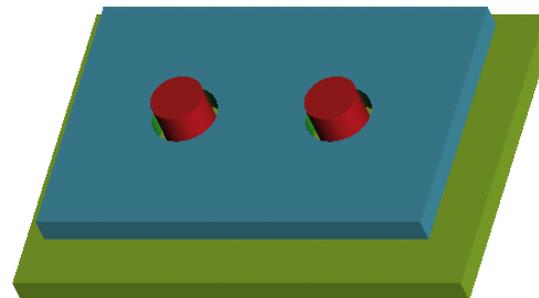
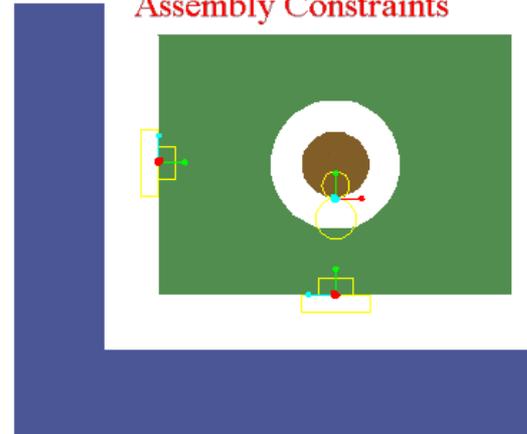


# CETOL6 Kinematische Modelle = REALE MODELLE

Ein paar Beispiele:



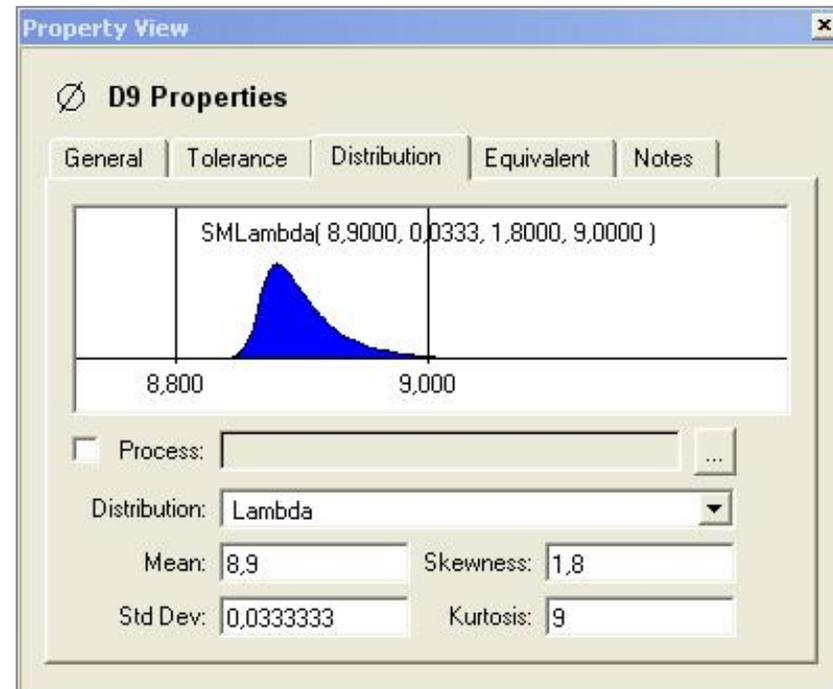
CE/TOL Joints Correct Unrealistic Pro/E  
Assembly Constraints



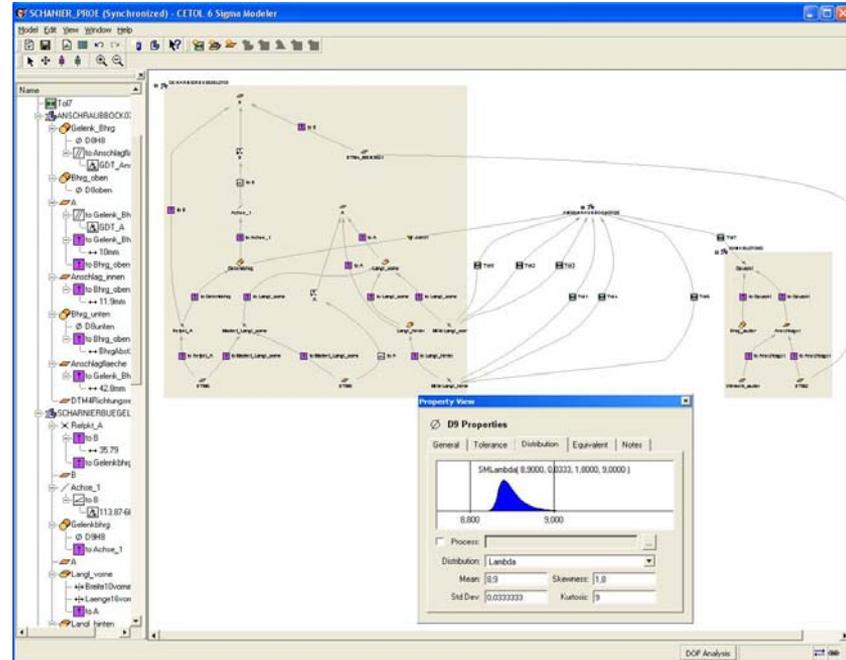
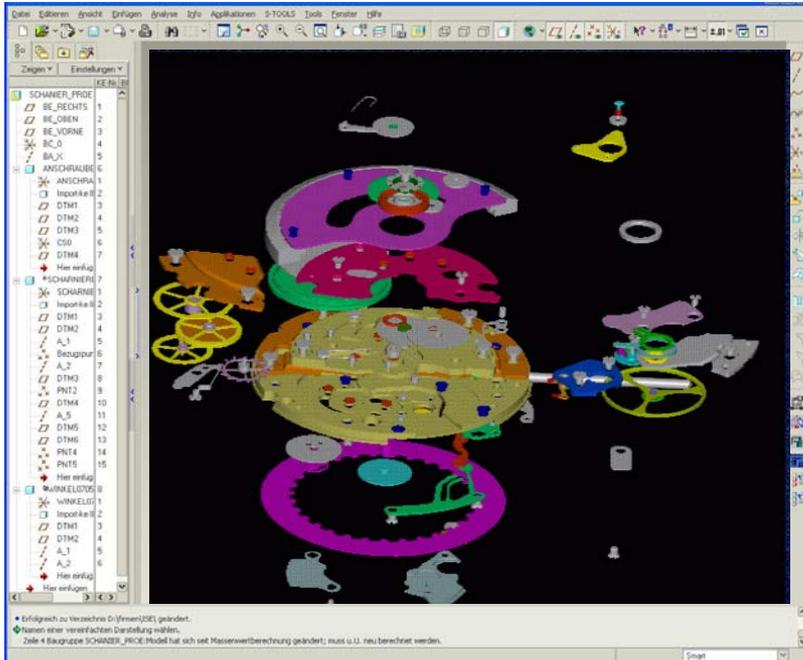
# CETOL6<sup>✓</sup> Erweitern der Bemaßung mit realen Fertigungsprozessen

Prozess- und Fertigungsdaten können den Toleranzeigenschaften zugewiesen werden:

- cp, cpk, Sigma
- Standardabweichungen
- Verteilungsformen

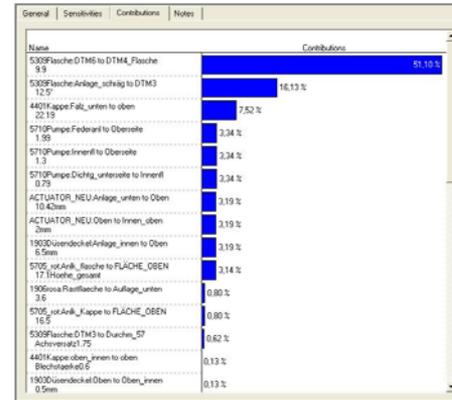


# CETOL 6 Realitätsnahe Modelle durch Aufnahme von Einbaukinematik, Fertigungs- und Montageprozessen

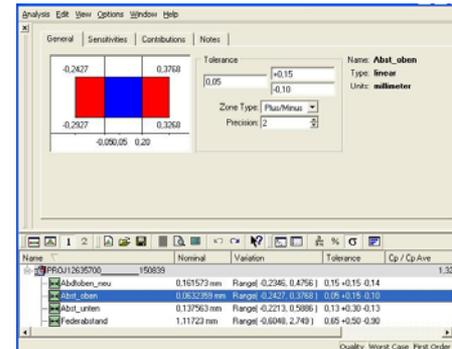


# CETOL6 Ergebnisse

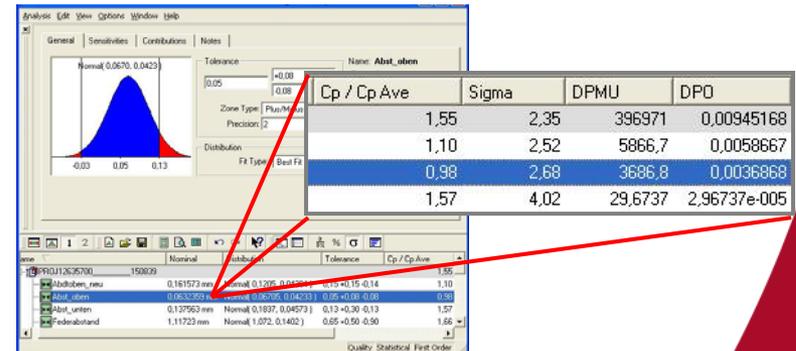
„Welches Maß hat welchen Einfluss?“



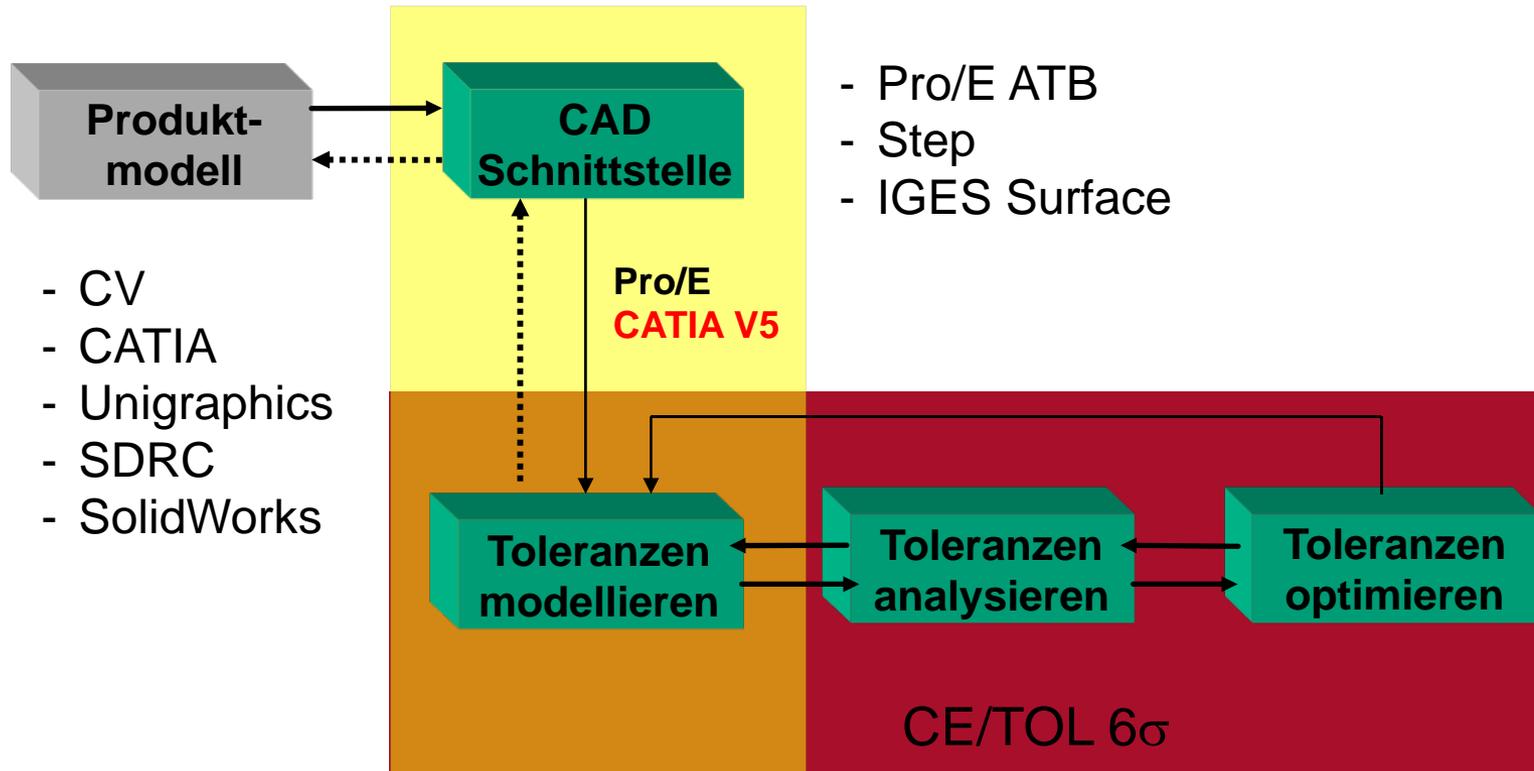
„Wie sieht der Worst-Case aus?“



Statistische Auswertung nach 6-Sigma



# Heterogene CAD Systeme und **CETOL6 $\sigma$**



# CETOL6<sup>✓</sup> Marktdurchdringung

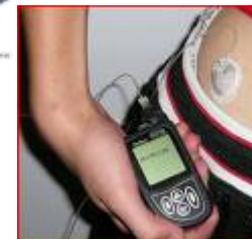
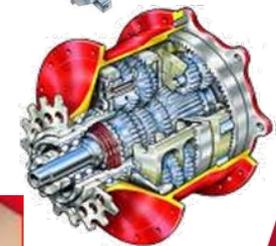
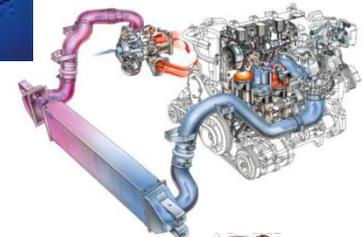
<u>7/8</u>	<u>5/7</u>	<u>4/7</u>	<u>6/9</u>	<u>5/8</u>	<u>N/A</u>
 Aerospace/ Defense	 Automotive Products	 High Tech/ Electronics	 Industrial Products	 Medical Devices	 Footwear/ Apparel
<b>Raytheon</b>	 <b>TOYOTA</b>	 <b>intel</b>	 <b>ITT Industries</b> <i>Engineered for life</i>	<b>WelchAllyn</b>	 <b>Reebok</b> <i>Product Lifecycle Management</i>
 <b>AIRBUS</b>		 <b>hp</b> invent	<b>ABB</b>	<b>stryker</b> Medical	 <b>nikepdm</b>
<b>BAE SYSTEMS</b>		 <b>MOTOROLA</b>	 <b>YORK</b> <i>Leading the World in Heating,</i>	 <b>ABIOMED</b>	<b>LIZ CLAIBORNE</b>
 <b>LOCKHEED MARTIN</b>	 <b>Audi</b>	 <b>SAMSUNG</b>	<b>Rexroth</b> Bosch Group	 <b>Alcon</b>	 <b>Sara Lee</b>
 <b>BOEING</b>	 <b>HARLEY-DAVIDSON</b> COMPANY	 <b>DELL</b>	 <b>MITSUBISHI</b> HEAVY INDUSTRIES, LTD.	 <b>BD</b>	<b>patagonia</b>
 <b>HARRIS</b>		 <b>EMC</b> <sup>2</sup> where information lives	 <b>BABCOCK BORSIG POWER</b>	 <b>Abbott Laboratories</b>	 <b>LANDS' END</b> DIRECT MERCHANTS
<b>United Defense</b>	 <b>HARMAN/BECKER</b> AUTOMOTIVE SYSTEMS	 <b>SONY</b>	 <b>IR</b>	 <b>GUIDANT</b>	<b>Limitedbrands</b>
 <b>U.S. ARMY</b>			 <b>CATERPILLAR</b>	 <b>Medtronic</b> <i>When Life Depends on Medical Technology</i>	<b>Redcats USA (Brylane)</b>
			 <b>Manitowoc</b>		



# INNEO Referenzen für CETOL Consulting und Software



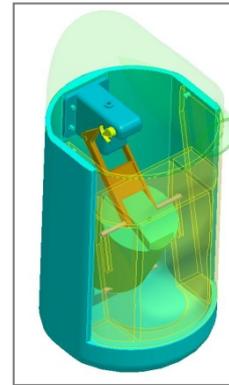
...



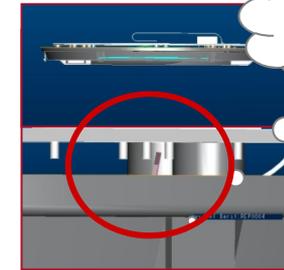
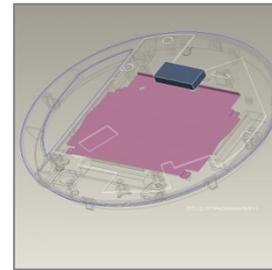
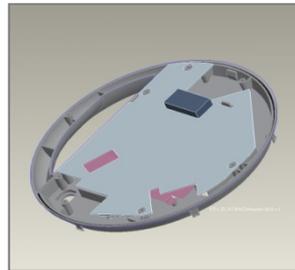
# Toleranzsimulation

## Die häufigsten Szenarien

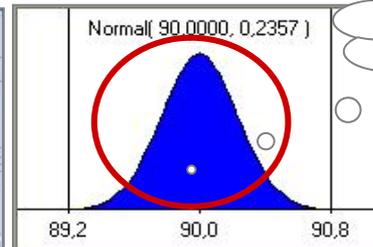
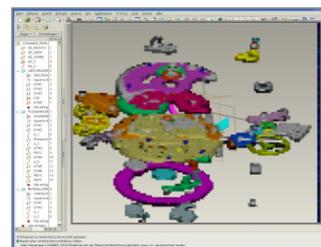
### 1. Funktionsprüfung



### 2. Einbau- und Montageuntersuchung



### 3. Kostenkontrolle, Prozessoptimierung



Optimierung von  
Fertigung und Montage  
(cp, cpk, ppm,...)?



kompetent ' schnell ' erreichbar ' servicefreundlich ' preis-leistungsstark

**That's IT.**