

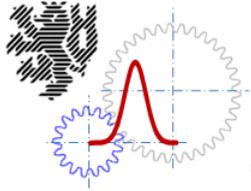
Robustes Design versus Toleranzmanagement am Beispiel eines KFZ Schließsystems

Weimarer Optimierungs- und Stochastiktage 6.0

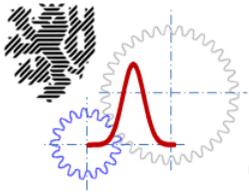
Peter Gust // Christoph Schluer

Lehrstuhl Konstruktion (Engineering Design) // Bergische Universität Wuppertal

16. Oktober 2009



1. Motivation
 - 1.1 Aufbau und Funktionsweise des KZF Schließsystems
 - 1.2 Toleranzanalyseverfahren
 - 1.3 Toleranzanalyse mittels Simulation
 - 1.4 These
2. Toleranzanalysetool VisVSA (Methode 1)
 - 2.1 Aufbau des Simulationsmodells
 - 2.2 Ablauf der Simulation und Auswertung
3. ANSYS Workbench und optiSLang (Methode 2)
 - 3.1 Prozessdefinition
 - 3.2 Bidirektionale Schnittstelle zum CAD (Catia V5)
 - 3.3 Aufbau des Simulationsmodells
 - 3.4 Auswertung der Ergebnisse
4. Zusammenfassung // Ausblick
5. Quellen

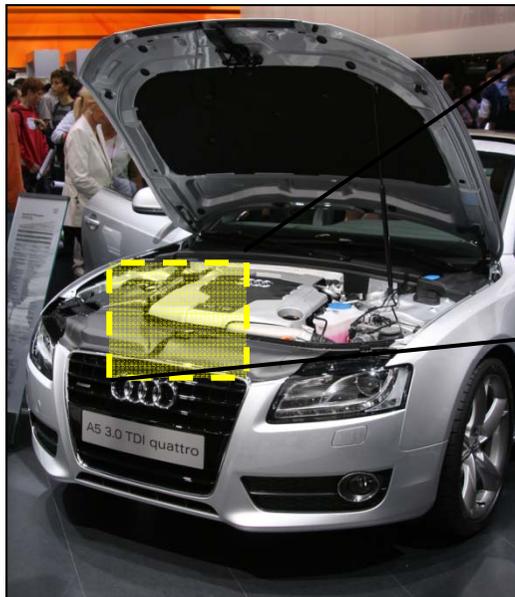


1. Motivation

Anforderung aus einem OEM Lastenheft:

„Volle Funktionstüchtigkeit unter ungünstigen Toleranzbedingungen“

Beispiel: Mikroschalterbetätigung Fahrzeugfrontklappenschloss



Quelle Foto IAA

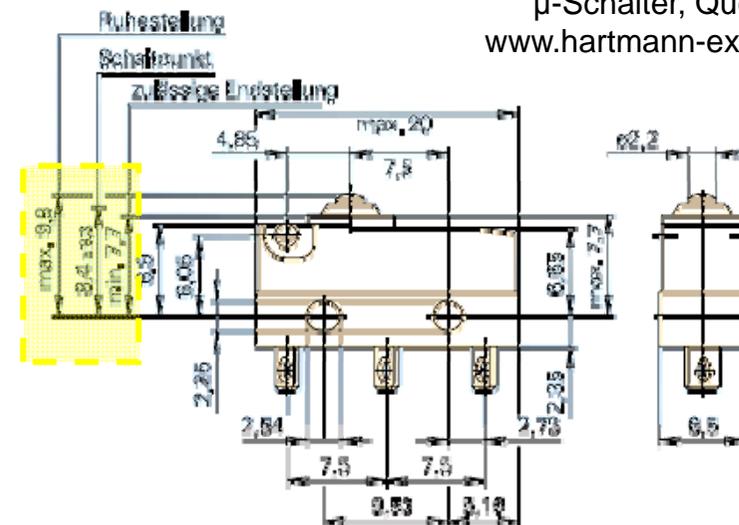


Quelle www.kico.de

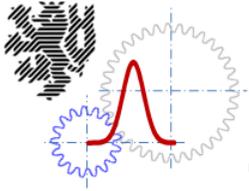


μ-Schalter, Quelle www.hartmann-exact.de

**Schaltbereich
muss
eingehalten
werden!**

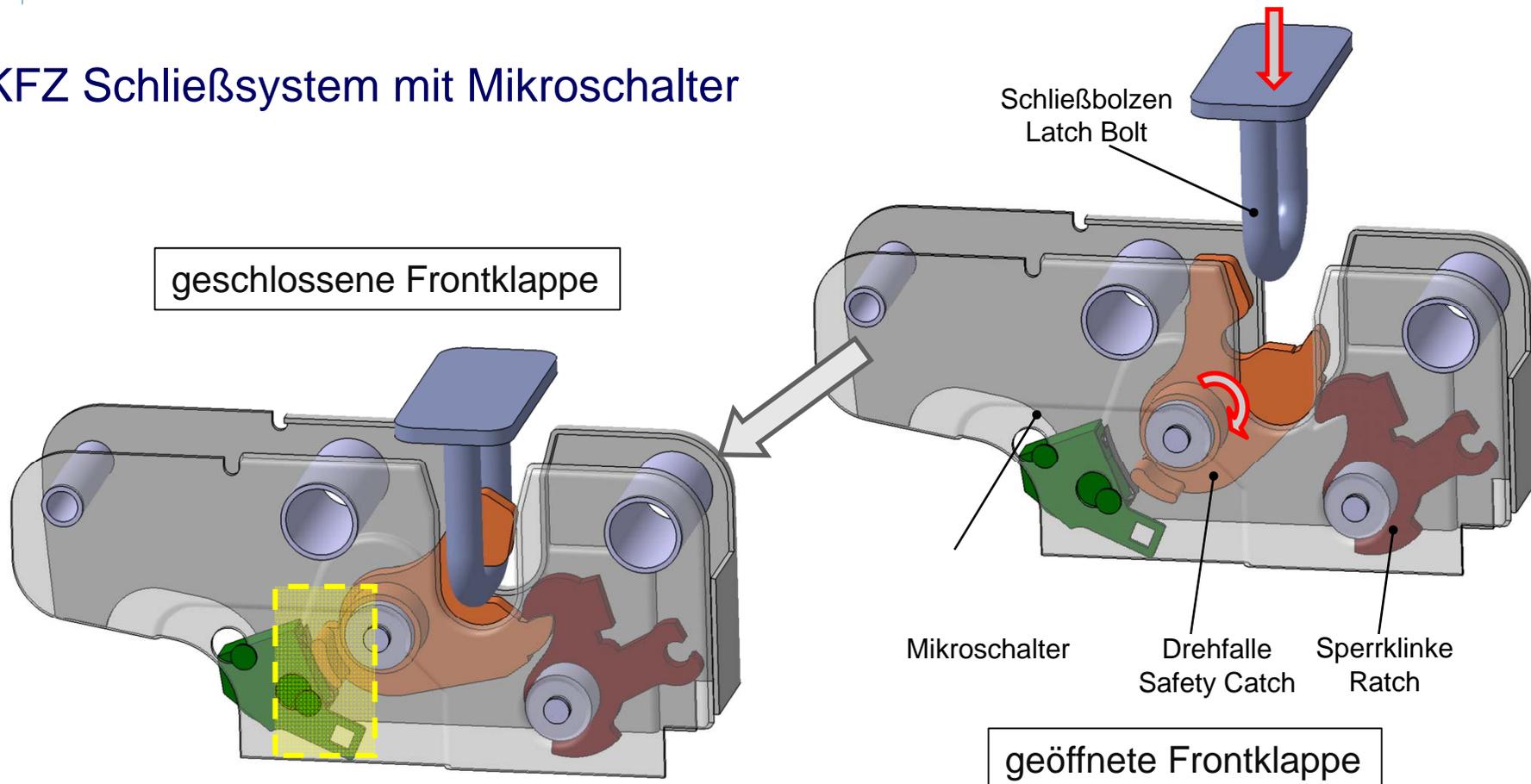


Quelle www.cherry.de



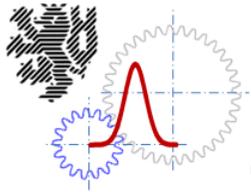
1.1 Aufbau und Funktionsweise

KFZ Schließsystem mit Mikroschalter

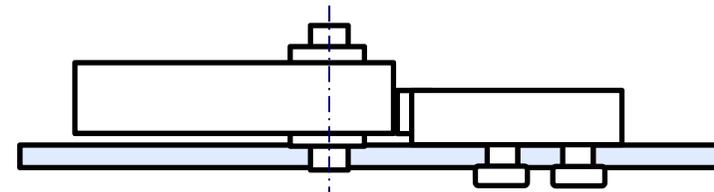


Betätigung μ -Schalter hängt von der Maßhaltigkeit der Einzelteile ab!

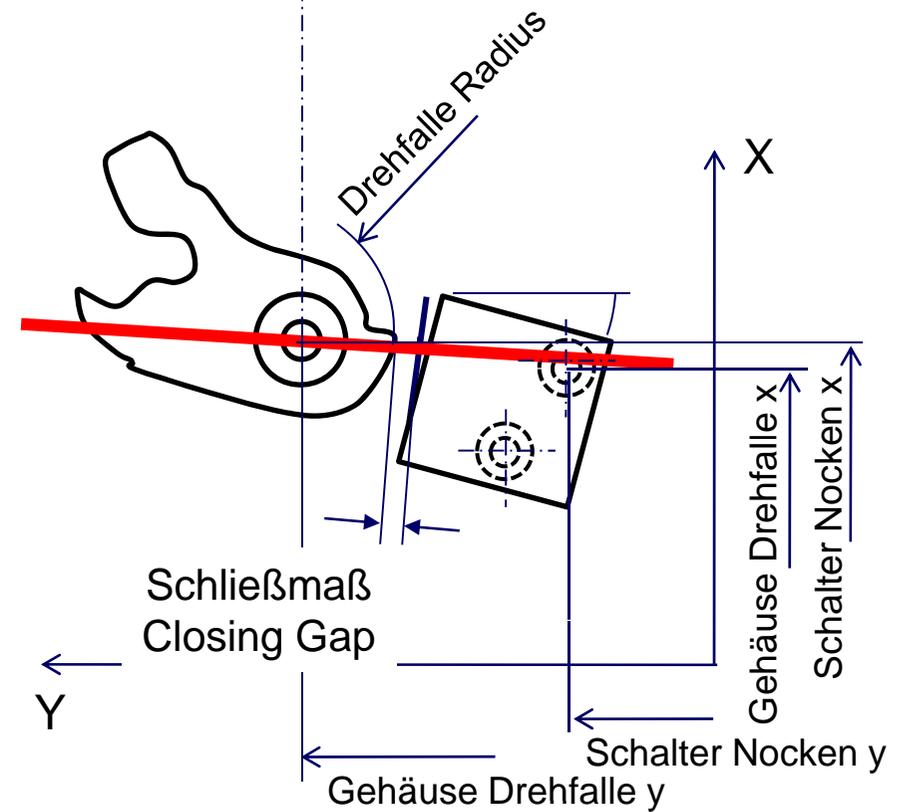
Daraus ergibt sich die Maßkette der Einzelteile

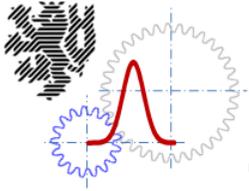


1.1 Die Maßkette



Name	Toleranz
Schalter_Nocken_x	+/- 0.05mm
Schalter_Nocken_y	+/- 0.05mm
Schalter_Winkel	+/- 3°
Gehäuse_Schalterbohrung_x	+/- 0.1mm
Gehäuse_Schalterbohrung_y	+/- 0.1mm
Gehäuse_Drehfalle_x	+/- 0.1mm
Gehäuse_Drehfalle_y	+/- 0.1mm
Drehfalle_Radius	+/- 0.05mm
E-Modul	+/- 5%
Kraft	+/- 200N





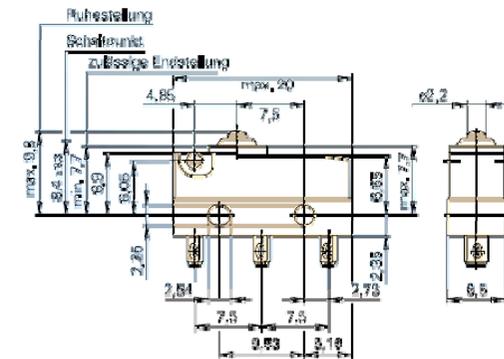
1.2 Toleranzanalyseverfahren

Arithmetische Toleranzanalyse¹: Die resultierende Schließtoleranz einer Maßkette berechnet sich aus den Einzeltoleranzen der Glieder der Maßkette. Es werden je nach Wirkungsrichtung die Maximal- oder die Minimalmaße eingesetzt.

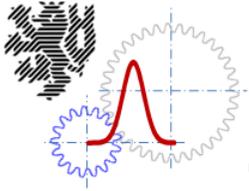
$$T_a = \alpha_1 T_1 + \alpha_2 T_2 + \alpha_3 T_3 + \dots + \alpha_n T_n = \sum_{i=1}^n \alpha_i T_i$$

Sind die Linearitätskoeffizienten einer Maßkette ausschließlich $\alpha_n = \pm 1$ liegt eine lineare bzw. eine eindimensionale Maßkette vor². Durch den Linearitätskoeffizienten wird ein nicht linearer Einfluss auf eine lineare Wirklinie projiziert.

Durch die Auswertung der Maximal- und Minimalmaße ergibt sich eine Worst Case Betrachtung, die **kritischer** wird, je „länger „ die Maßkette wird!



Quelle www.cherry.de



1.2 Toleranzanalyseverfahren

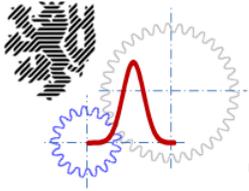
Statistische Toleranzanalyse¹: Die quadratische Schließtoleranz kann als minimaler statistischer Wert mit den folgenden Bedingungen bestimmt werden:

$$T_q = \sqrt{(\alpha_1 T_1)^2 + (\alpha_2 T_2)^2 + (\alpha_3 T_3)^2 + \dots + (\alpha_n T_n)^2} = \sum_{i=1}^n (\alpha_i T_i)^2$$

- die Einzeltoleranzen müssen unabhängig voneinander sein
- die Einzeltoleranzen sind normalverteilt
- die Mittelwerte der Normalverteilungen entsprechen dem jeweiligem Mittenmaß

Einflüsse für die Toleranzrechnung

- Maßtoleranzen
- Form- und Lagetoleranzen
- Temperatur
- **Verformungen** aufgrund **statischer** und **dynamischer** Lasten



1.3 Toleranzanalyse mittels Simulation

Um verschiedene Verteilungsfunktionen und Einflüsse berücksichtigen zu können werden heute Simulationsprogramme für die Toleranzanalyse eingesetzt:

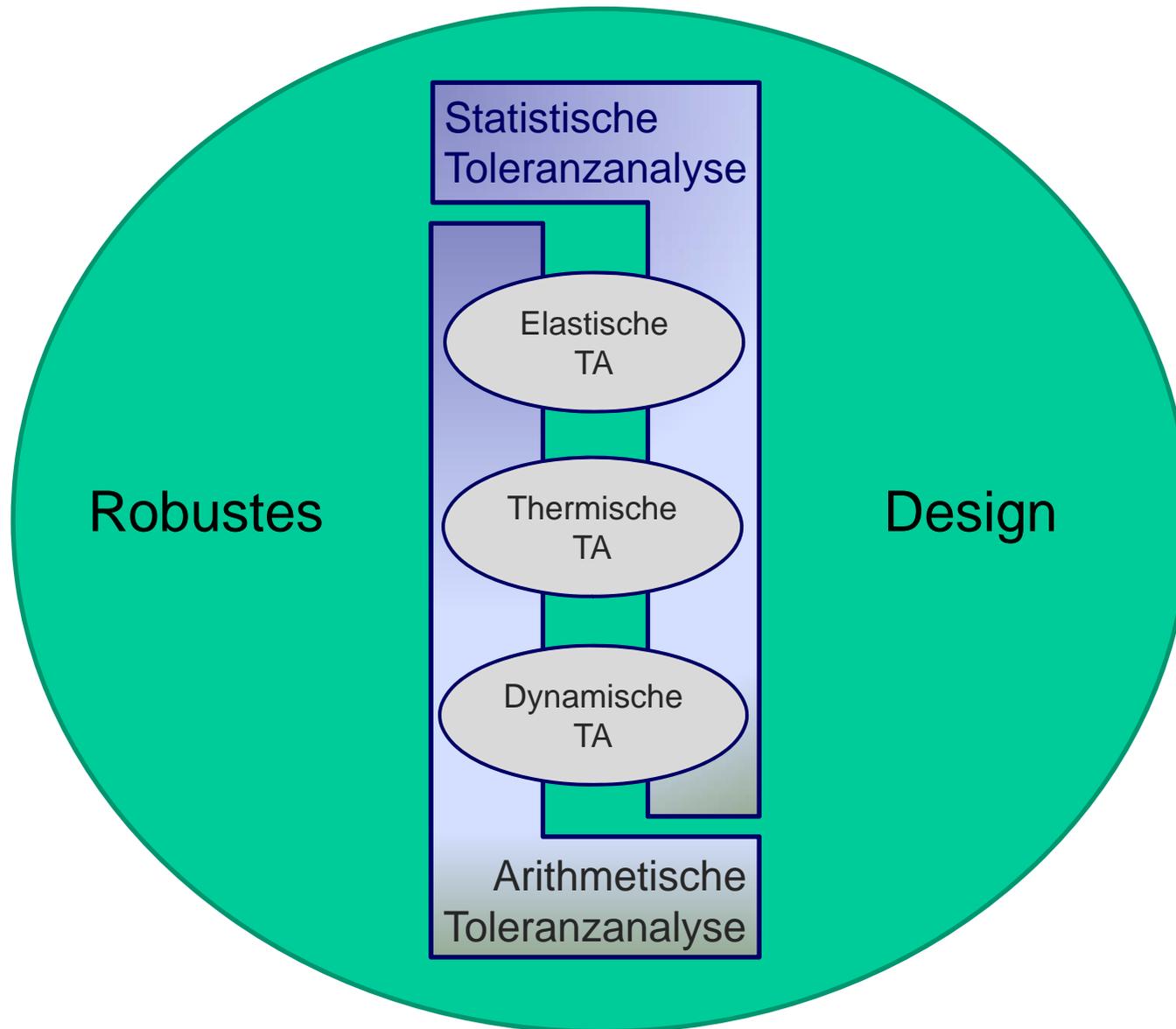
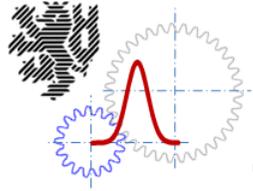
- VISVSA, Celtol, Simtol u.a.

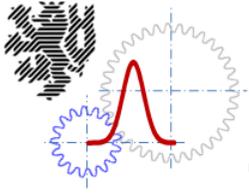
Durch Monte Carlo Simulationen werden mögliche Maßkombinationen gebildet und das Schließmaß berechnet.

Dabei muss weiterhin der Konstrukteur die Maßkette als zentrales Element aufstellen.

Die Verformung der Bauteile wird dabei nur als weitere Verteilungsfunktion berücksichtigt.

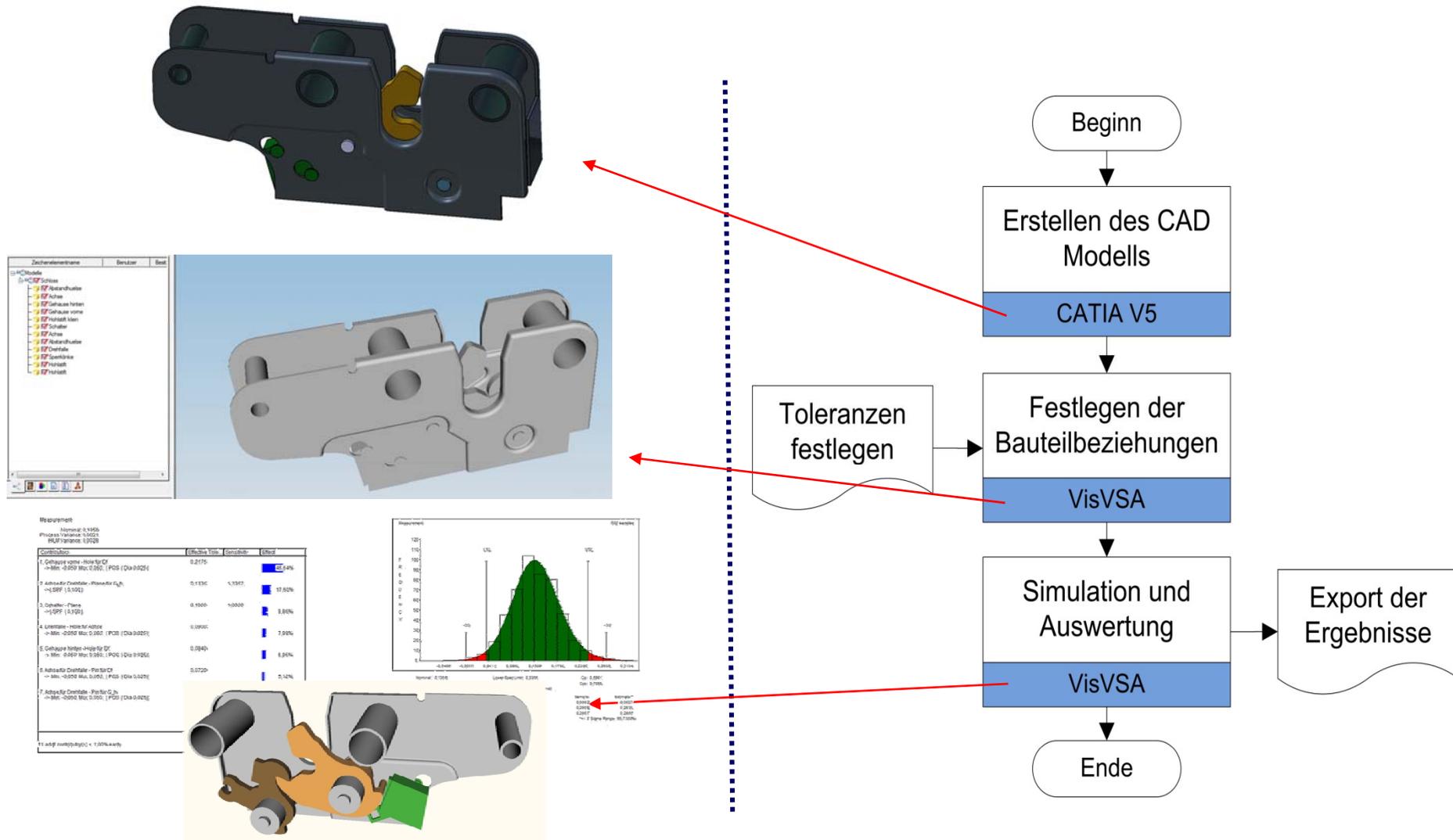
These: Ist das robuste Design (Dynardo Philosophie) eine übergeordnete Methode, die die bisherigen Toleranzanalysen ersetzt?

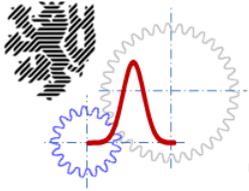




2.1 Aufbau des Simulationsmodells

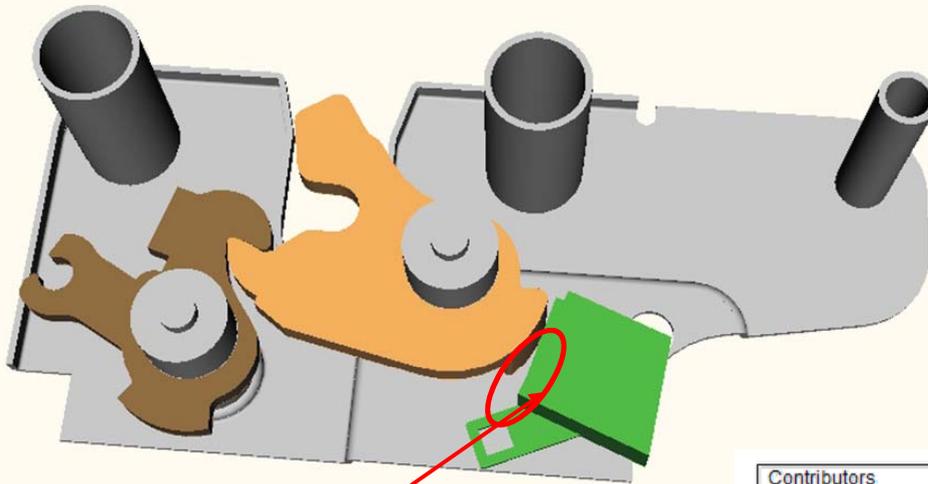
Workflow für die Durchführung einer Toleranzanalyse mit VisVSA





2.2 Ablauf der Simulation und Auswertung

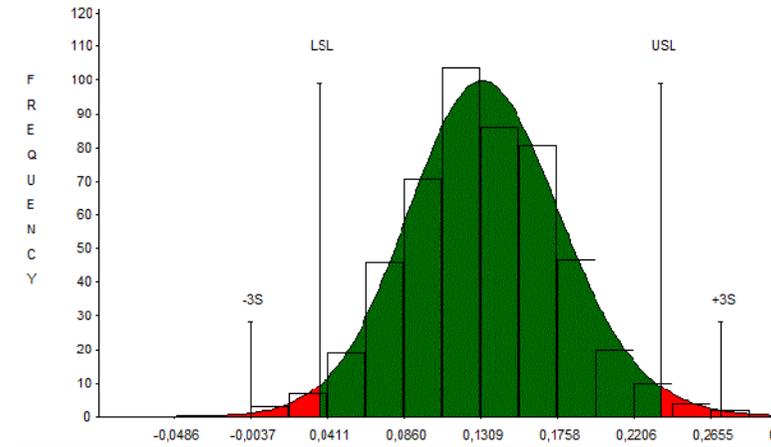
Visualisierung der simulierten Bauteilpositionen



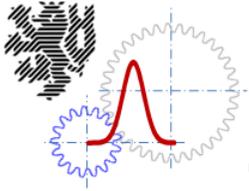
Schließmaß zwischen Drehfalle und Mikroschalter

Liste der Beitragsleister bezüglich des Schließmaßes

Darstellung der Verteilung des Schließmaßes bei n=500 Samples

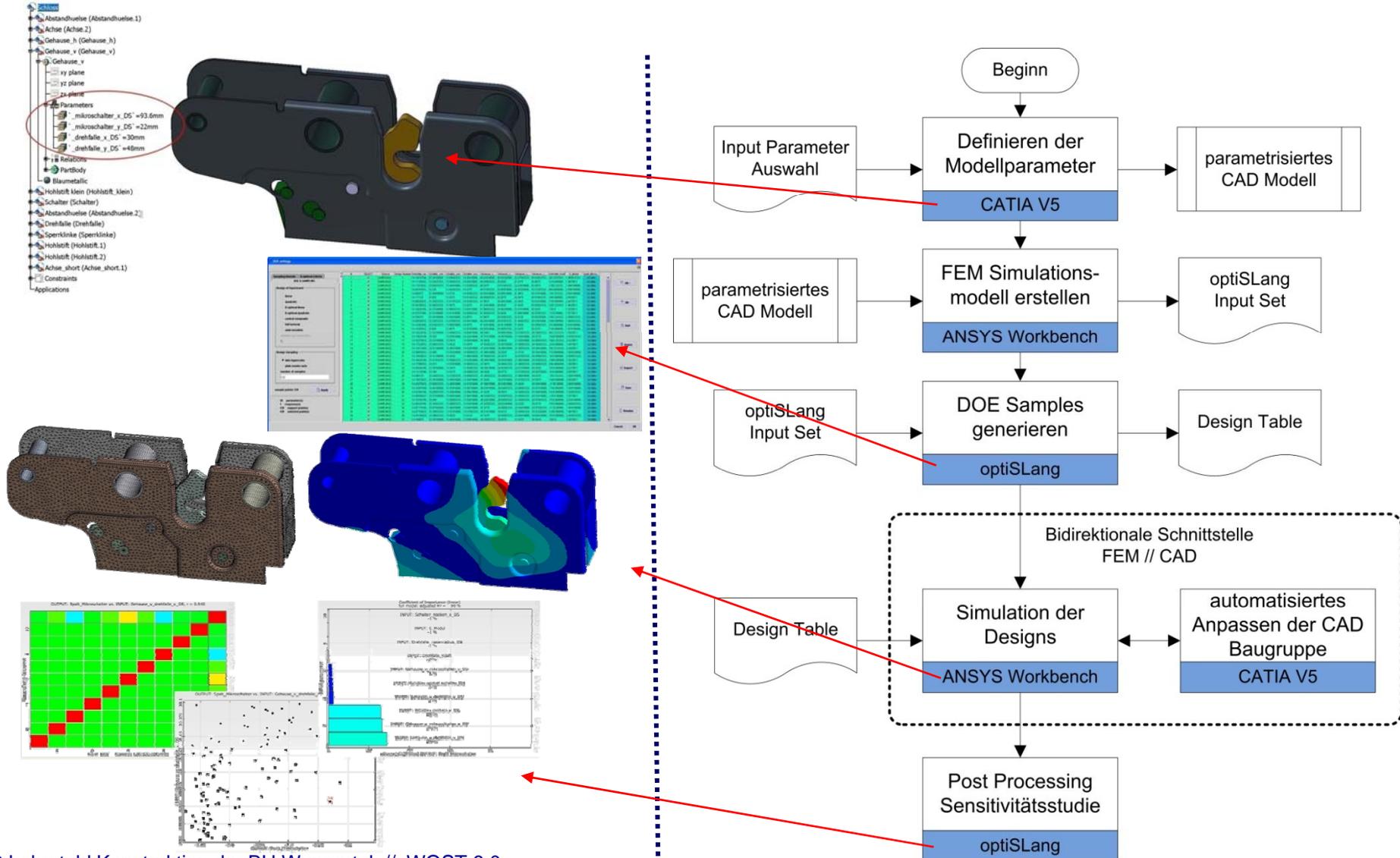


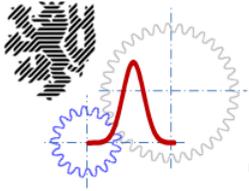
Contributors	Effective Tole...	Sensitivity	Effect
1. Gehäuse vorne - Hole für Df -> Min: -0,050 Max: 0,050; POS Dia 0,025	0,2175		46,64%
2. Achse für Drehfalle - Plane für G_h -> SPF 0,100	0,1336	1,3362	17,60%
3. Schalter - Plane -> SPF 0,100	0,1000	1,0000	9,86%
4. Drehfalle - Hole für Achse -> Min: -0,050 Max: 0,050; POS Dia 0,025	0,0900		7,99%
5. Gehäuse hinten - Hole für Df -> Min: -0,050 Max: 0,050; POS Dia 0,025	0,0840		6,95%
6. Achse für Drehfalle - Pin für Df -> Min: -0,050 Max: 0,050; POS Dia 0,025	0,0720		5,12%
7. Achse für Drehfalle - Pin für G_h -> Min: -0,050 Max: 0,050; POS Dia 0,025	0,0479		2,26%



3.1 Prozessdefinition von Methode 2

Kopplung von Catia V5 mit ANSYS Workbench und optiSLang

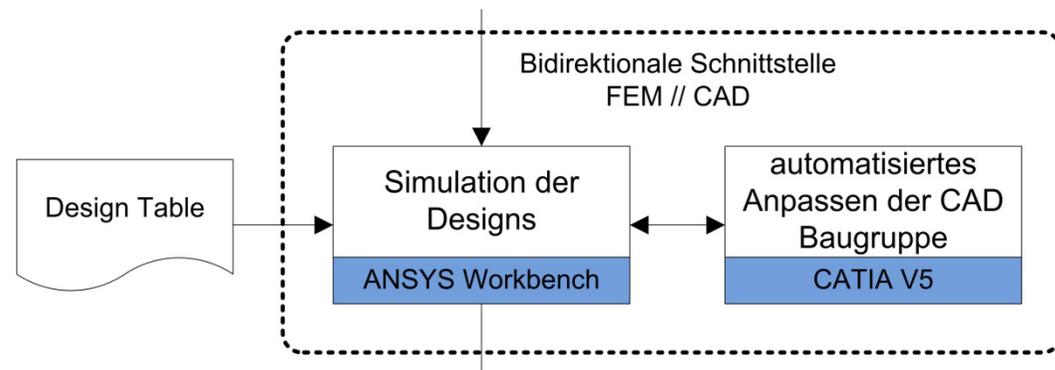


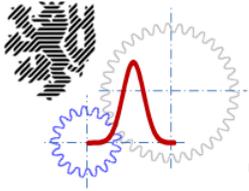


3.2 Bidirektionale Schnittstelle zum CAD (Catia V5)

Vorteile und Möglichkeiten der bidirektionalen Catia V5 Schnittstelle

- Hohe Prozessintegration durch die direkte Nutzung von CAD Geometrieparametern
- Automatisiertes Anpassen der CAD Baugruppe für jedes DOE Design
- Einfacher Aufbau des Simulationsmodells





3.3 Aufbau des Simulationsmodells

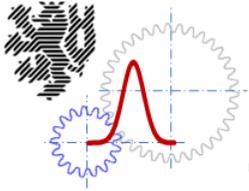
Definition der Input Parameter

Name	Toleranz
Schalter_Nocken_x	+ - 0.05mm
Schalter_Nocken_y	+ - 0.05mm
Schalter_Winkel	+ - 3°
Gehäuse_Schalterbohrung_x	+ - 0.1mm
Gehäuse_Schalterbohrung_y	+ - 0.1mm
Gehäuse_Drehfalle_x	+ - 0.1mm
Gehäuse_Drehfalle_y	+ - 0.1mm
Drehfalle_Radius	+ - 0.05mm
E-Modul	+ - 5%
Kraft	+ - 200N

* Die Streuung der Parameter wird als Normalverteilt angenommen

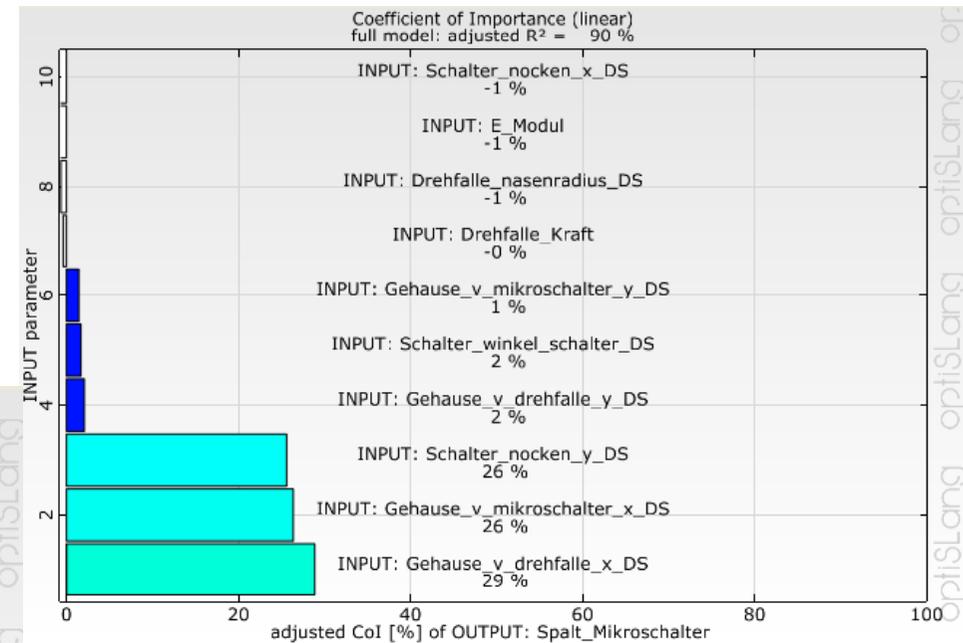
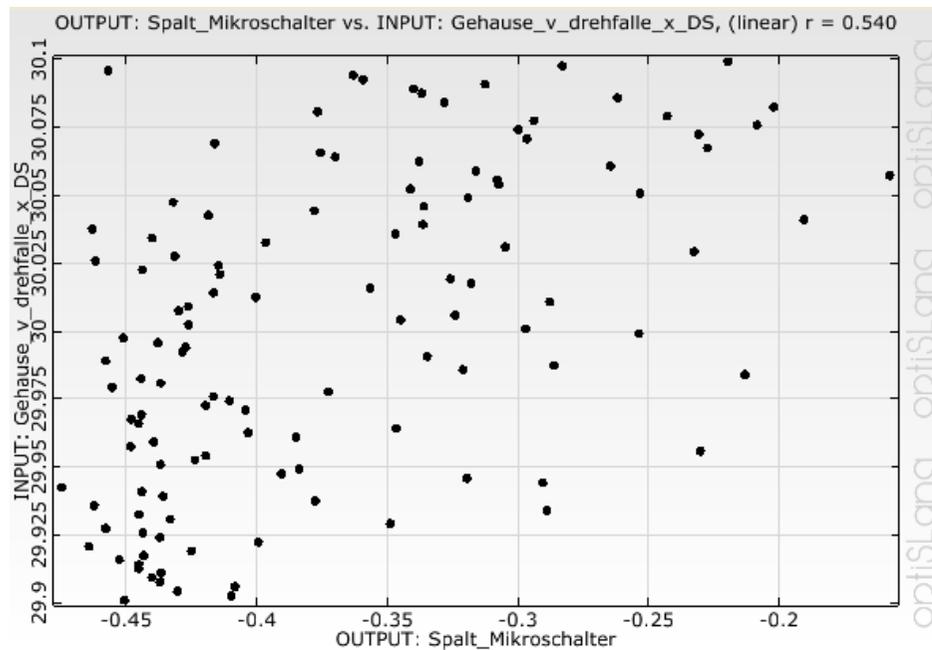
Output Parameter

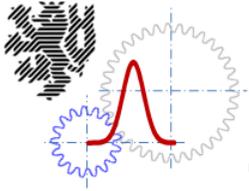
Name
Spalt_DS → Schließmaß



3.4 Sensitivitätsstudie in optiSLang

Postprocessing nach DOE mit 120 Samples





4. Zusammenfassung // Ausblick

These: Ist das robuste Design (Dynardo Philosophie) eine übergeordnete Methode, die die bisherigen Toleranzanalysen ersetzt?

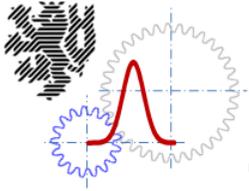
- Der Aufwand zur Simulation der Maßtoleranzen ist mit der Methodik des robusten Designs unverhältnismäßig größer als mit klassischen Toleranzanalysesoftware systemen (TAS).
- Die Berücksichtigung z.B. von Elastizitäten in TAS ist nur ungenügend möglich und bildet keine Wechselwirkungen ab.

Empfehlung/Fazit:

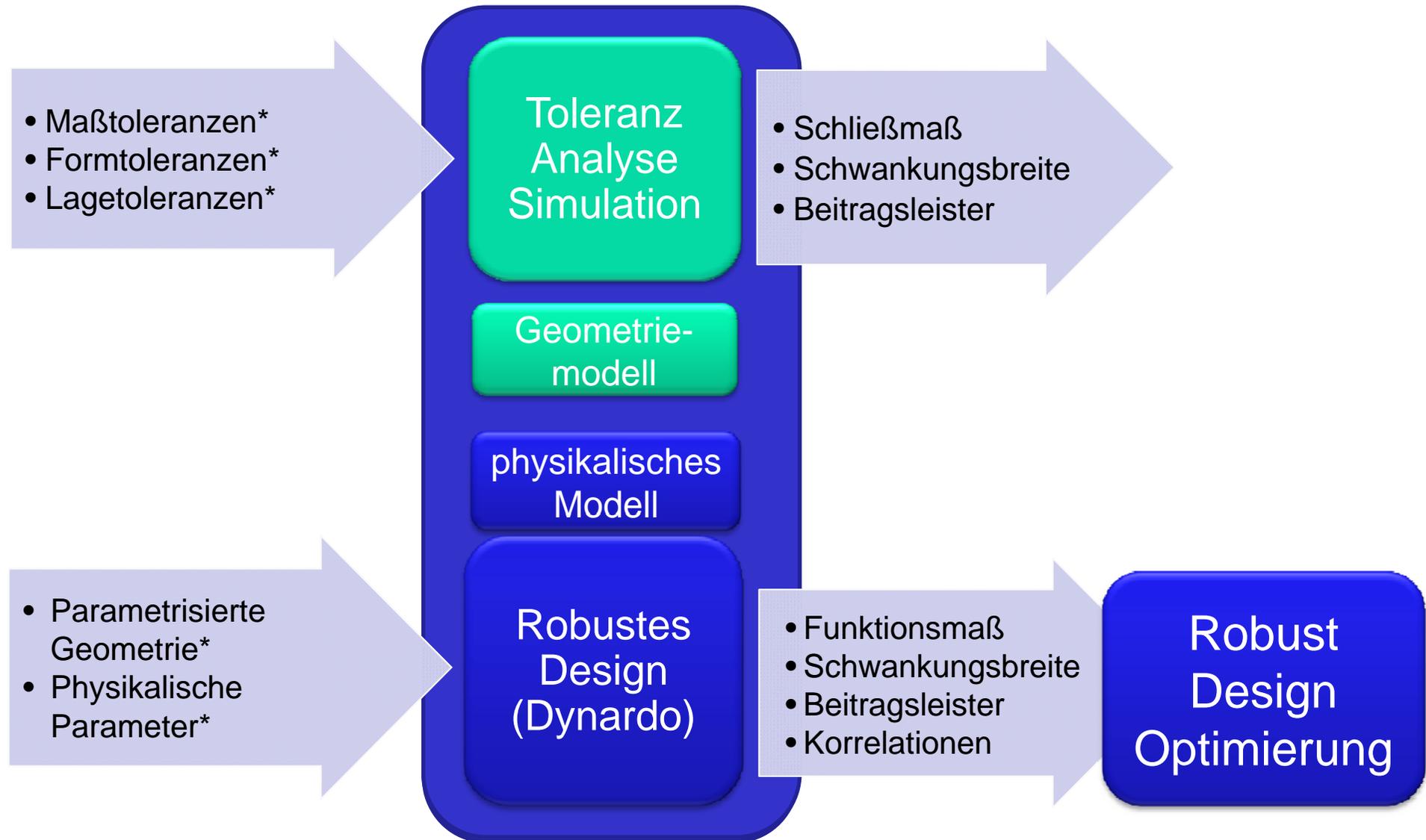
Integration der geometrischen TA in das robuste Design Konzept

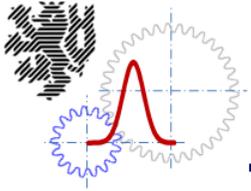
Vorteile des neuen Systems:

- Geschwindigkeit der TAS
- Potential von RD zur Einbindung nahezu beliebiger Simulationsmodelle

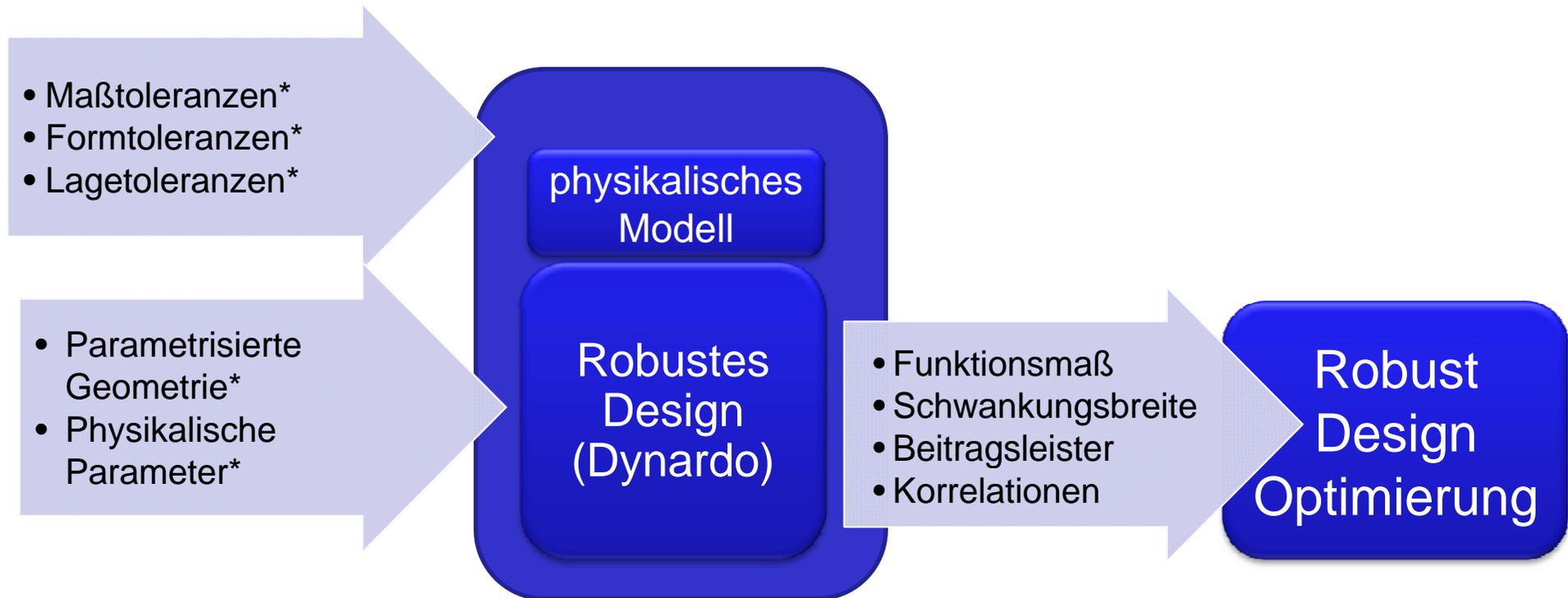


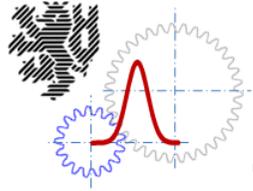
4. Bisherige Methoden





4. Neue Methode: Erweiterung des robusten Designs





5. Quellen

1. HABERHAUER/BODENSTEIN; Maschinenelemente 13. Auflage 2004
2. MANNEWITZ, F.; Komplexe Toleranzanalysen einfach durchführen, Zeitschrift Konstruktion, Springer-VDI-Verlag GmbH & Co. KG, Düsseldorf, 2005
3. JORDAN, W.; „Form- und Lagetoleranzen“, 4. Auflage, Hanser Verlag München Wien, 2007
4. <http://www.mitcalc.com/doc/tolanalysis1d/help/de/tolanalysis1d.txt.htm>