

Titel

Untertitel

Zur Erlangung des akademischen Grades eines
DOKTORS DER INGENIEURWISSENSCHAFTEN (Dr.-Ing.)

von der KIT-Fakultät für Maschinenbau des
Karlsruher Instituts für Technologie (KIT)
angenommene

DISSERTATION

von

Vor- und Nachname des Autors, M.Sc.,
geboren am 30. Juni 1986 in Jena

Tag der mündlichen Prüfung: XX. Monat Jahr

Hauptreferentin: Titel und Name des Hauptreferents

Koreferent: Titel und Name des Koreferents

Kurzfassung

Video bietet eine leistungsstarke Möglichkeit zur Unterstützung Ihres Standpunkts. Wenn Sie auf "Onlinevideo" klicken, können Sie den Einbettungscode für das Video einfügen, das hinzugefügt werden soll. Sie können auch ein Stichwort eingeben, um online nach dem Videoclip zu suchen, der optimal zu Ihrem Dokument passt.

Damit Ihr Dokument ein professionelles Aussehen erhält, stellt Word einander ergänzende Designs für Kopfzeile, Fußzeile, Deckblatt und Textfelder zur Verfügung. Beispielsweise können Sie ein passendes Deckblatt mit Kopfzeile und Randleiste hinzufügen. Klicken Sie auf "Einfügen", und wählen Sie dann die gewünschten Elemente aus den verschiedenen Katalogen aus.

Designs und Formatvorlagen helfen auch dabei, die Elemente Ihres Dokuments aufeinander abzustimmen. Wenn Sie auf "Design" klicken und ein neues Design auswählen, ändern sich die Grafiken, Diagramme und SmartArt-Grafiken so, dass sie dem neuen Design entsprechen. Wenn Sie Formatvorlagen anwenden, ändern sich die Überschriften passend zum neuen Design.

Sparen Sie Zeit in Word dank neuer Schaltflächen, die angezeigt werden, wo Sie sie benötigen. Zum Ändern der Weise, in der sich ein Bild in Ihr Dokument einfügt, klicken Sie auf das Bild. Dann wird eine Schaltfläche für Layoutoptionen neben dem Bild angezeigt. Beim Arbeiten an einer Tabelle klicken Sie an die Position, an der Sie eine Zeile oder Spalte hinzufügen möchten, und klicken Sie dann auf das Pluszeichen. Video bietet eine leistungsstarke Möglichkeit zur Unterstützung Ihres Standpunkts. Wenn Sie auf "Onlinevideo" klicken, können Sie den Einbettungscode für das Video einfügen, das hinzugefügt werden soll. Sie können auch ein Stichwort eingeben, um online nach dem Videoclip zu suchen, der optimal zu Ihrem Dokument passt.

Abstract

Video bietet eine leistungsstarke Möglichkeit zur Unterstützung Ihres Standpunkts. Wenn Sie auf "Onlinevideo" klicken, können Sie den Einbettungscode für das Video einfügen, das hinzugefügt werden soll. Sie können auch ein Stichwort eingeben, um online nach dem Videoclip zu suchen, der optimal zu Ihrem Dokument passt.

Damit Ihr Dokument ein professionelles Aussehen erhält, stellt Word einander ergänzende Designs für Kopfzeile, Fußzeile, Deckblatt und Textfelder zur Verfügung. Beispielsweise können Sie ein passendes Deckblatt mit Kopfzeile und Randleiste hinzufügen. Klicken Sie auf "Einfügen", und wählen Sie dann die gewünschten Elemente aus den verschiedenen Katalogen aus.

Designs und Formatvorlagen helfen auch dabei, die Elemente Ihres Dokuments aufeinander abzustimmen. Wenn Sie auf "Design" klicken und ein neues Design auswählen, ändern sich die Grafiken, Diagramme und SmartArt-Grafiken so, dass sie dem neuen Design entsprechen. Wenn Sie Formatvorlagen anwenden, ändern sich die Überschriften passend zum neuen Design.

Sparen Sie Zeit in Word dank neuer Schaltflächen, die angezeigt werden, wo Sie sie benötigen. Zum Ändern der Weise, in der sich ein Bild in Ihr Dokument einfügt, klicken Sie auf das Bild. Dann wird eine Schaltfläche für Layoutoptionen neben dem Bild angezeigt. Beim Arbeiten an einer Tabelle klicken Sie an die Position, an der Sie eine Zeile oder Spalte hinzufügen möchten, und klicken Sie dann auf das Pluszeichen. Video bietet eine leistungsstarke Möglichkeit zur Unterstützung Ihres Standpunkts. Wenn Sie auf "Onlinevideo" klicken, können Sie den Einbettungscode für das Video einfügen, das hinzugefügt werden soll. Sie können auch ein Stichwort eingeben, um online nach dem Videoclip zu suchen, der optimal zu Ihrem Dokument passt.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung.....	i
Abstract.....	iii
Abbildungsverzeichnis.....	vii
Tabellenverzeichnis.....	ix
Abkürzungsverzeichnis	xi
Glossar.....	xiii
Vorwort.....	xv
1 Einleitung.....	1
2 Hauptüberschrift des zweiten Kapitels	3
2.1 Überschrift der zweiten Ebene.....	3
2.1.1 Überschrift der dritten Ebene.....	4
3 Hauptüberschrift des dritten Kapitels.....	7
3.1 In diesem Kapitel finden Sie ein Beispiel für Aufzählungen.....	7
3.1.1 Kurze Aufzählungen (1-2 Zeilen) werden im linksbündigen Flattersatz gesetzt	7
3.1.2 Längere Aufzählungen (ab 3 Zeilen) werden im Blocksatz gesetzt.....	8
3.2 In diesem Abschnitt finden Sie Beispiele zum Aufbau einer Tabelle	9
Literaturverzeichnis	11

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1:	Bildunterschrift zu Abbildung Nummer eins	4
Abbildung 2.2:	Karosserieaufbaustufen in der Großserien- fertigung.....	6
Abbildung 5.1:	Prozessschaubild Teil I zur Hauptlinie bis Z2.2 [vgl. Wis-13, S. 33]	10

Tabellenverzeichnis

Tabelle 4.1: Eigenschaften der Musterteile..... 9

Tabelle 5.3: Karosserie-Use-Cases zur Untersuchung der
 Anlagensteuerung 9

Abkürzungsverzeichnis

3D	dreidimensional
σ	Standardabweichung der Grundgesamtheit
μ	Mittelwert der Grundgesamtheit
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CAD	Computer Aided Design
CAT	Computer Aided Tolerancing
CKD	Completely knocked down
CSV	Comma Separated Values, Datenaustauschformat
c_p	Prozessfähigkeitsindex
c_{pk}	kleinster Prozessfähigkeitsindex
FE(M)	Finite Elemente (Methode)
ggf.	gegebenenfalls
GOM	Gesellschaft für optische Messtechnik, Hersteller von optischen Messmaschinen
i. e.	id est
IMI	Institut für Informationsmanagement im Ingenieurwesen
l	einseitiges oberes Konfidenzintervall

Glossar

Abweichung: Die Abweichung bezeichnet hier den Unterschied zwischen Ist- und Soll-Gestalt einer Komponente, der durch den Herstellungsprozess entsteht. Sie schließt sowohl die Fertigungsstreuungen als auch eine etwaige Mittelwertabweichung ein.

Best Fit: Verfahren zur bestmöglichen Montage von Komponenten. Die Fugen und Übergänge zu angrenzenden Komponenten werden optisch vermessen, sodass die zu montierende Komponente optimal eingepasst werden kann. Das Verfahren besitzt einen geschlossenen Regelkreis.

Hauptlinie: Entlang der Karosseriebau-Hauptlinie werden die einzelnen vorgefertigten Zusammenbauten zur Karosserie zusammengesetzt. Die Hauptlinie wird durch das Zusammenfügen des kompletten Unterbaus begründet und endet mit der Fertigstellung der Karosserie.

Karosserie: Die Fahrzeugrohbaukarosserie wird kurz als Karosserie bezeichnet. Die Karosserie besteht im modernen Massen-Fahrzeugbau hauptsächlich aus Pressteilen aus Stahl.

Karosseriebau: Der Karosseriebau ist der gesamte Fabrikbereich, in dem die Fahrzeugrohbaukarosserien hergestellt werden.

Komponente: Das Wort Komponente wird in dieser Arbeit als Überbegriff für beliebige Bauteilumfänge verwendet. Es kann Einzelteile sowie ZB beschreiben.

Vorwort

Video bietet eine leistungsstarke Möglichkeit zur Unterstützung Ihres Standpunkts. Wenn Sie auf "Onlinevideo" klicken, können Sie den Einbettungscode für das Video einfügen, das hinzugefügt werden soll. Sie können auch ein Stichwort eingeben, um online nach dem Videoclip zu suchen, der optimal zu Ihrem Dokument passt.

Damit Ihr Dokument ein professionelles Aussehen erhält, stellt Word einander ergänzende Designs für Kopfzeile, Fußzeile, Deckblatt und Textfelder zur Verfügung. Beispielsweise können Sie ein passendes Deckblatt mit Kopfzeile und Randleiste hinzufügen. Klicken Sie auf "Einfügen", und wählen Sie dann die gewünschten Elemente aus den verschiedenen Katalogen aus.

Designs und Formatvorlagen helfen auch dabei, die Elemente Ihres Dokuments aufeinander abzustimmen. Wenn Sie auf "Design" klicken und ein neues Design auswählen, ändern sich die Grafiken, Diagramme und SmartArt-Grafiken so, dass sie dem neuen Design entsprechen. Wenn Sie Formatvorlagen anwenden, ändern sich die Überschriften passend zum neuen Design.

Sparen Sie Zeit in Word dank neuer Schaltflächen, die angezeigt werden, wo Sie sie benötigen. Zum Ändern der Weise, in der sich ein Bild in Ihr Dokument einfügt, klicken Sie auf das Bild. Dann wird eine Schaltfläche für Layoutoptionen neben dem Bild angezeigt. Beim Arbeiten an einer Tabelle klicken Sie an die Position, an der Sie eine Zeile oder Spalte hinzufügen möchten, und klicken Sie dann auf das Pluszeichen.

Ort, im Monat Jahr

Vor- und Nachname des Autors

1 Einleitung

Video bietet eine leistungsstarke Möglichkeit zur Unterstützung Ihres Standpunkts. Wenn Sie auf "Onlinevideo" klicken, können Sie den Einbettungscode für das Video einfügen, das hinzugefügt werden soll. Sie können auch ein Stichwort eingeben, um online nach dem Videoclip zu suchen, der optimal zu Ihrem Dokument passt. Damit Ihr Dokument ein professionelles Aussehen erhält, stellt Word einander ergänzende Designs für Kopfzeile, Fußzeile, Deckblatt und Textfelder zur Verfügung. Beispielsweise können Sie ein passendes Deckblatt mit Kopfzeile und Randleiste hinzufügen. Klicken Sie auf "Einfügen", und wählen Sie dann die gewünschten Elemente aus den verschiedenen Katalogen aus.

Designs und Formatvorlagen helfen auch dabei, die Elemente Ihres Dokuments aufeinander abzustimmen. Wenn Sie auf "Design" klicken und ein neues Design auswählen, ändern sich die Grafiken, Diagramme und SmartArt-Grafiken so, dass sie dem neuen Design entsprechen. Wenn Sie Formatvorlagen anwenden, ändern sich die Überschriften passend zum neuen Design.

Sparen Sie Zeit in Word dank neuer Schaltflächen, die angezeigt werden, wo Sie sie benötigen. Zum Ändern der Weise, in der sich ein Bild in Ihr Dokument einfügt, klicken Sie auf das Bild. Dann wird eine Schaltfläche für Layoutoptionen neben dem Bild angezeigt. Beim Arbeiten an einer Tabelle klicken Sie an die Position, an der Sie eine Zeile oder Spalte hinzufügen möchten, und klicken Sie dann auf das Pluszeichen. Auch das Lesen ist bequemer in der neuen Leseansicht. Sie können Teile des Dokuments reduzieren und sich auf den gewünschten Text konzentrieren. Wenn Sie vor dem Ende zu lesen aufhören müssen, merkt sich Word die Stelle, bis zu der Sie gelangt sind – sogar auf einem anderen Gerät.

2 Hauptüberschrift des zweiten Kapitels

Video bietet eine leistungsstarke Möglichkeit zur Unterstützung Ihres Standpunkts. Wenn Sie auf "Onlinevideo" klicken, können Sie den Einbettungscode für das Video einfügen, das hinzugefügt werden soll. Sie können auch ein Stichwort eingeben, um online nach dem Videoclip zu suchen, der optimal zu Ihrem Dokument passt. Damit Ihr Dokument ein professionelles Aussehen erhält, stellt Word einander ergänzende Designs für Kopfzeile, Fußzeile, Deckblatt und Textfelder zur Verfügung. Beispielsweise können Sie ein passendes Deckblatt mit Kopfzeile und Randleiste hinzufügen. Klicken Sie auf "Einfügen", und wählen Sie dann die gewünschten Elemente aus den verschiedenen Katalogen aus.

2.1 Überschrift der zweiten Ebene

Video bietet eine leistungsstarke Möglichkeit zur Unterstützung Ihres Standpunkts. Wenn Sie auf "Onlinevideo" klicken, können Sie den Einbettungscode für das Video einfügen, das hinzugefügt werden soll. Sie können auch ein Stichwort eingeben, um online nach dem Videoclip zu suchen, der optimal zu Ihrem Dokument passt.

Damit Ihr Dokument ein professionelles Aussehen erhält, stellt Word einander ergänzende Designs für Kopfzeile, Fußzeile, Deckblatt und Textfelder zur Verfügung. Beispielsweise können Sie ein passendes Deckblatt mit Kopfzeile und Randleiste hinzufügen. Klicken Sie auf "Einfügen", und wählen Sie dann die gewünschten Elemente aus den verschiedenen Katalogen aus.

Designs und Formatvorlagen helfen auch dabei, die Elemente Ihres Dokuments aufeinander abzustimmen. Wenn Sie auf "Design" klicken

und ein neues Design auswählen, ändern sich die Grafiken, Diagramme und SmartArt-Grafiken so, dass sie dem neuen Design entsprechen. Wenn Sie Formatvorlagen anwenden, ändern sich die Überschriften passend zum neuen Design.

2.1.1 Überschrift der dritten Ebene

Video bietet eine leistungsstarke Möglichkeit zur Unterstützung Ihres Standpunkts. Wenn Sie auf "Onlinevideo" klicken, können Sie den Einbettungscode für das Video einfügen, das hinzugefügt werden soll. Sie können auch ein Stichwort eingeben, um online nach dem Videoclip zu suchen, der optimal zu Ihrem Dokument passt.

Video bietet eine leistungsstarke Möglichkeit zur Unterstützung Ihres Standpunkts. Wenn Sie auf "Onlinevideo" klicken, können Sie den Einbettungscode für das Video einfügen, das hinzugefügt werden soll. Sie können auch ein Stichwort eingeben, um online nach dem Videoclip zu suchen, der optimal zu Ihrem Dokument passt.



Abbildung 2.1: Bildunterschrift zu Abbildung Nummer eins

Video bietet eine leistungsstarke Möglichkeit zur Unterstützung Ihres Standpunkts. Wenn Sie auf "Onlinevideo" klicken, können Sie den Einbettungscode für das Video einfügen, das hinzugefügt werden soll.

Sie können auch ein Stichwort eingeben, um online nach dem Videoclip zu suchen, der optimal zu Ihrem Dokument passt.

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2.1)$$

Video bietet eine leistungsstarke Möglichkeit zur Unterstützung Ihres Standpunkts. Wenn Sie auf "Onlinevideo" klicken, können Sie den Einbettungscode für das Video einfügen, das hinzugefügt werden soll. Sie können auch ein Stichwort eingeben, um online nach dem Videoclip zu suchen, der optimal zu Ihrem Dokument passt.

2.1.1.1 Überschrift der vierten Ebene

Nachdem der ZB fertig gefügt wird, besteht an vielen Stellen die Möglichkeit, einzelne ZB zur geometrischen Vermessung oder für eine Completely-Knock-Down-Fertigung¹ auszuschleusen. Geschieht das nicht, so wird der ZB mittels automatischer Transportmittel, wie beispielsweise einem Staurollenförderer, zur nächsten Station oder in einen Puffer transportiert. Sind die Unter-ZB fertig aufgebaut, werden sie auf der sogenannten Karosseriebau-Hauptlinie zur Gesamtkarosserie gefügt. Je nach Fortschritt werden hier verschiedene Aufbaustufen unterschieden. Eine in der Industrie gängige Einteilung wird in Abbildung 2.2 veranschaulicht. Z1 bezeichnet das Ergebnis der ersten Station der Karosseriebau-Hauptlinie.

¹ Completely-Knock-Down (CKD) bezeichnet die Verschiffung von einzelnen Komponenten in Exportmärkte. Zollbeschränkungen machen dieses Vorgehen in bestimmten Ländern notwendig, bei dem das Fahrzeug erst im Zielland zusammengebaut wird.



Abbildung 2.2: Karosserieaufbaustufen in der Großserienfertigung

Das getrennte Fügen von Seitenwand innen und außen wird als Double Layer Framing bezeichnet. Diese Methode oder Methoden mit noch mehr Layern werden von den meisten Herstellern angewendet. Einige Hersteller, z.B. der Volkswagenkonzern, setzen das Single Layer Framing ein [Tru-05, S. 10 ff.; GMN-07, S. 20 f.; Jee-11, S. 12; Hon-16, S. 27]. Hierbei wird die Seitenwand erst in sich gefügt, bevor sie an der Hauptlinie mit dem Rest der Karosserie verschweißt wird, es gibt also keine Z2.1-Aufbaustufe. Die verschiedenen Framing-Ansätze ermöglichen unterschiedliche maßliche Einstellungsverfahren im Karosseriebau.

2.1.1.2 Zweite Überschrift der vierten Ebene

Video bietet eine leistungsstarke Möglichkeit zur Unterstützung Ihres Standpunkts. Wenn Sie auf "Onlinevideo" klicken, können Sie den Einbettungscode für das Video einfügen, das hinzugefügt werden soll. Sie können auch ein Stichwort eingeben, um online nach dem Videoclip zu suchen, der optimal zu Ihrem Dokument passt. Damit Ihr Dokument ein professionelles Aussehen erhält, stellt Word einander ergänzende Designs für Kopfzeile, Fußzeile, Deckblatt und Textfelder zur Verfügung. Beispielsweise können Sie ein passendes Deckblatt mit Kopfzeile und Randleiste hinzufügen. Klicken Sie auf "Einfügen", und wählen Sie dann die gewünschten Elemente aus den verschiedenen Katalogen aus.

3 Hauptüberschrift des dritten Kapitels

In diesem Abschnitt werden aus den Defiziten des aktuellen Standes der Technik der industriellen Toleranzsimulation Anforderungen zur Verbesserung dieser abgeleitet. Ferner werden der Zielprozess und die Methodiken beschrieben, wie im Rahmen der vorliegenden Arbeit auf die Anforderungen eingegangen wird.

3.1 In diesem Kapitel finden Sie ein Beispiel für Aufzählungen

3.1.1 Kurze Aufzählungen (1-2 Zeilen) werden im linksbündigen Flattersatz gesetzt

Video bietet eine leistungsstarke Möglichkeit zur Unterstützung Ihres Standpunkts. Wenn Sie auf "Onlinevideo" klicken, können Sie den Einbettungscode für das Video einfügen, das hinzugefügt werden soll. Sie können auch ein Stichwort eingeben, um online nach dem Videoclip zu suchen, der optimal zu Ihrem Dokument passt. Damit Ihr Dokument ein professionelles Aussehen erhält, stellt

- eine topologieabhängige Modellierung der Streuung,
- vorab verfügbare Indikatoren für Pressteilstreuungen und
- eine allgemeine Rückführung von vorhandenem Wissen über das Abweichungsverhalten von Pressteilen.

3.1.2 Längere Aufzählungen (ab 3 Zeilen) werden im Blocksatz gesetzt

Zur Untersuchung des Streuungsverhaltens und zur Validierung der Ergebnisse werden repräsentative Musterteile in großen Stückzahlen vermessen. Die Auswahl der Musterteile erfolgt anhand charakteristischer geometrischer Merkmale („feature based design“).

1. Beim Karosserieformen hat die entstehende Geometrie einen Einfluss auf die Fertigungsstreuungen. Wird bei Pressteilen oder Bereichen von Pressteile ein hoher Umformgrad erreicht, so wird hier aufgrund der stark räumlich ausgeprägten Geometrie auch ein großes Widerstandsmoment geschaffen. Somit wird die generierte Geometrie besser konserviert und die Streuungen sind geringer. An verschiedenen Musterteilen wird die Nachgiebigkeit als Reziprok der Steifigkeit mit der Streuung verglichen. Es wird eine mathematische Verbindung zwischen den zwei Größen hergestellt.
2. Die bei den verschiedenen Musterteilen ermittelten mathematischen Zusammenhänge werden zusammengeführt und generalisiert. Dadurch wird für jedes karosseriegeformte Einzelteil eine Streuungsvorhersage ermöglicht.
3. Der Schlüssel zur besseren Analyse des Streuungsverhaltens ist die anschauliche Darstellung der auftretenden Streuung. Aktuell existiert keine Methodik, die die Darstellung statistischen Verhaltens an der entsprechenden Geometrie benutzerfreundlich gestattet. Die Verbindung der beispielsweise aus der Eigensteifigkeitsuntersuchung bekannten dynamischen Deformationsdarstellung mit statistischem Abweichungsverhalten ermöglicht eine visuelle Analyse von Streuungsphänomenen.

3.2 In diesem Abschnitt finden Sie Beispiele zum Aufbau einer Tabelle

Tabelle 3.1: Eigenschaften der Musterteile

Musterteil	Material	Wandstärke [mm]	Messtechnik	$6\cdot\sigma$ min [mm]	$6\cdot\sigma$ max [mm]
Radeinbau	DC 04	1	GOM Atos III	0,12	0,52
A-Säule	DPC 500Y780T	1,5	Zeiss Eclipse	0,06	1,84
B-Säule	DPC 500Y780T	1,15	GOM Atos III	0,04	0,76
Querträger	HCT500X	1,5	GOM Atos IIe / Zeiss Eclipse	0,02*	0,41*
Spiegel- konsole	AL 6000	1,5	Zeiss Eclipse	0,07	1,85

*taktile Messung von nur 50 Teilen

Tabelle 3.2: Karosserie-Use-Cases zur Untersuchung der Anlagenstreuung

Füge-verfahren		Punktschweißen	Laserschweißen	Laserlöten	Durchsetzfügen	Stanznieten	Schrauben
Use-Case							
Tür	Fensterrahmen		I			III	
	Türverstärkung	I				III	IV
Heckdeckel	Beplankung Heck-deckel			III	I II		
	Lampentopf				I		
Längsträgerverstärkung			II				

Hier finden Sie ein Beispiel für größere Grafiken. Diese können gerne auch im Querformat auf der Seite platziert werden:

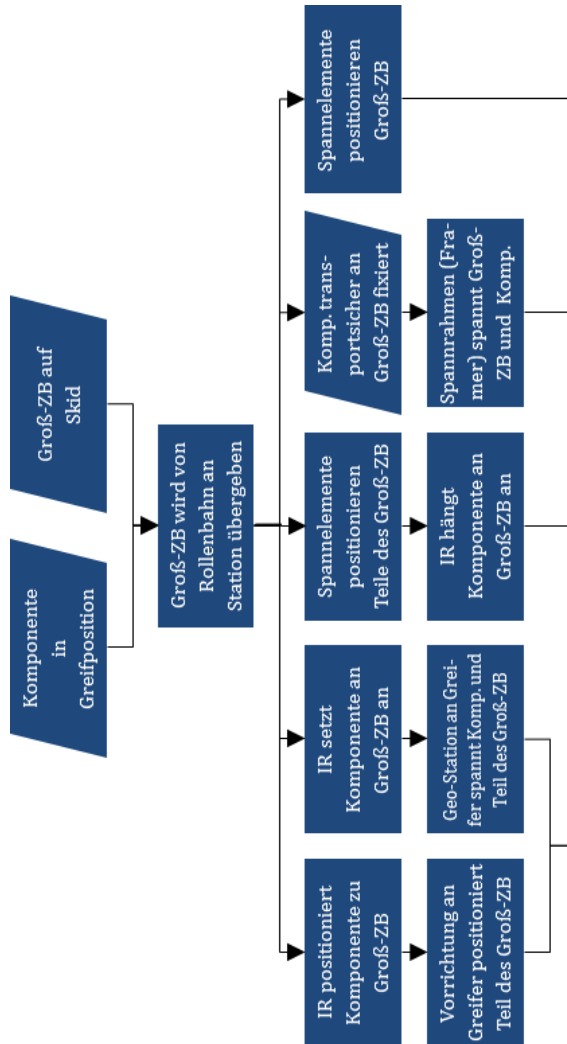


Abbildung 3.1: Prozessschaubild Teil I zur Hauptlinie bis Z2.2 [vgl. Wis-13, S. 33]

Literaturverzeichnis

- Bir-13 Birkert, A., Haage, S., Straub, M. (2013). Umformtechnische Herstellung komplexer Karosserieteile. Auslegung von Zieh- anlagen. Springer Vieweg, Berlin.
- Ble-99 Bley, H., Oltermann, R., Thome, O., Weber, Ch. (1999). A tolerance system to interface design and manufacturing. 6th CIRP International Seminar on Computer-Aided Tolerancing, S. 149-156.
- Boh-13 Bohn, M., Hetsch, K. (2013). Toleranzmanagement im Auto- mobilbau. Hanser, München.
- Boh-16 Bohn, M., Hetsch, K. (2016). Funktionsorientiertes Toleranz- design. Maßgeschneiderte Präzision im Maschinen-, Fahr- zeug- und Gerätebau. Hanser, München.
- Boh-98 Bohn, M. (1998). Toleranzmanagement im Entwicklungspro- zeß. Reduzierung der Auswirkungen von Toleranzen auf Zusammenbauten der Automobil-Karosserien. Doktorarbeit, Universität Karlsruhe, Karlsruhe.
- Böl-10 Fa. Böllhoff (2010). Porsche Panamera – 4. Generation verbindet in der „4. Dimension“. Pressemitteilung, Bielefeld.
- Brü-15 Brüggemann, H., Peik, B. (2015). Grundlagen Qualitätsmana- gement. Von den Werkzeugen über Methoden zum TQM. Springer Vieweg, Wiesbaden.
- Car-99 Carlson, J.S. (1999). Root cause analysis for fixtures and locating schemes using variation data. 6th CIRP International Seminar on Computer-Aided Tolerancing, S. 111-120.
- Cha-99 Chang, M., Kim, J., Rho, H.-M., Ha, S. (1999). Representation of assembly and inspection processes for the tolerance analysis of automobile bodies. 6th CIRP International Seminar on Computer-Aided Tolerancing, S. 223-230.

...