

# Inhaltsübersicht

<b>Inhaltsübersicht.....</b>	<b>I</b>
<b>Inhaltsverzeichnis.....</b>	<b>III</b>
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>VII</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>XI</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Ausgangssituation und Problemstellung.....	1
1.2 Ziel der Arbeit.....	3
1.3 Forschungskonzeption.....	4
1.4 Aufbau der Arbeit.....	7
<b>2 Grundlagen des Objektbereiches.....</b>	<b>9</b>
2.1 Produkte und Produktentstehung .....	9
2.2 Der Karosseriebau in der Automobilproduktion .....	13
2.3 Vorrichtungen im Karosseriebau .....	16
2.4 Flexibilisierung von Vorrichtungen .....	25
2.5 Zwischenfazit: Potentiale der Integration von Vorrichtungsfunktionen in Karosseriebauteile..	30
<b>3 Bestehende Ansätze in der Theorie.....</b>	<b>33</b>
3.1 Herausforderungen in der Praxis hinsichtlich der Bauteilintegration von Vorrichtungsfunktionen im Karosseriebau.....	33
3.2 Darstellung und Bewertung bestehender Ansätze .....	36
3.3 Zwischenfazit: Forschungsbedarf zur Bauteilintegration von Vorrichtungsfunktionen im Karosseriebau .....	56
<b>4 Konzeption der Methodik zur Bauteilintegration von Vorrichtungsfunktionen im     Karosseriebau .....</b>	<b>59</b>
4.1 Grundlagen zur Entwicklung der Methodik.....	59
4.2 Herleitung des Grobkonzeptes der Methodik.....	63
4.3 Zwischenfazit: Grobkonzept zur Bauteilintegration von Vorrichtungsfunktionen im Karosseriebau .....	70
<b>5 Detaillierung der Methodik zur Bauteilintegration von Vorrichtungsfunktionen im     Karosseriebau .....</b>	<b>71</b>
5.1 Identifikation potenzialträchtiger Baugruppenfamilien .....	72

---

5.2	Formalisierung der Interdependenzen zwischen Vorrichtungsfunktionen und Geometriemerkmalen .....	94
5.3	Ermittlung bauteilintegrierter Vorrichtungsfunktionen .....	118
5.4	Zwischenfazit: Detailkonzept zur Bauteilintegration von Vorrichtungsfunktionen im Karosseriebau .....	148
<b>6</b>	<b>Anwendung und kritische Reflektion.....</b>	<b>151</b>
6.1	Anwendungsfall 1 .....	151
6.2	Anwendungsfall 2 .....	163
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>169</b>
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>173</b>
<b>9</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>189</b>

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsübersicht.....</b>	<b>I</b>
<b>Inhaltsverzeichnis.....</b>	<b>III</b>
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>VII</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>XI</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Ausgangssituation und Problemstellung.....	1
1.2 Ziel der Arbeit.....	3
1.3 Forschungskonzeption.....	4
1.4 Aufbau der Arbeit.....	7
<b>2 Grundlagen des Objektbereiches.....</b>	<b>9</b>
2.1 Produkte und Produktentstehung .....	9
2.1.1 Produkte und Produktmerkmale .....	9
2.1.1.1 Produktstrukturen und Produktfamilien.....	9
2.1.1.2 Merkmale und Ausprägungen technischer Produkte .....	10
2.1.2 Produktentstehungsprozess (PEP) .....	11
2.2 Der Karosseriebau in der Automobilproduktion .....	13
2.2.1 Einordnung und Bedeutung .....	13
2.2.2 Struktur und Prozesse .....	14
2.3 Vorrichtungen im Karosseriebau .....	16
2.3.1 Klassifizierung und Arten .....	16
2.3.2 Zweck und Funktionen .....	18
2.3.3 Aufbau und Konstruktion .....	22
2.4 Flexibilisierung von Vorrichtungen .....	25
2.4.1 Baukastenvorrichtungen und Produktkommunalität.....	25
2.4.2 Vorrichtungswechselsysteme und flexible Vorrichtungen .....	26
2.4.3 Potentiale bauteilintegrierter Vorrichtungsfunktionen.....	28
2.5 Zwischenfazit: Potentiale der Integration von Vorrichtungsfunktionen in Karosseriebauteile..	30
<b>3 Bestehende Ansätze in der Theorie.....</b>	<b>33</b>
3.1 Herausforderungen in der Praxis hinsichtlich der Bauteilintegration von Vorrichtungsfunktionen im Karosseriebau.....	33
3.2 Darstellung und Bewertung bestehender Ansätze .....	36

3.2.1	Kriterien zur Bewertung bestehender Ansätze .....	36
3.2.2	Ansätze zur merkmalsbasierten Ausrichtung von Bauteilen .....	38
3.2.2.1	KOONMEN: Precision assembly techniques in the commercial aircraft industry (1994) .....	38
3.2.2.2	MESSLER und GENC: Integral mechanical attachment (1997/ 1998/ 2006) .....	40
3.2.2.3	CHANG und PERNG: Assembly-part automatic positioning using high-level entities of mating features (1998) .....	42
3.2.2.4	MANTRIPRAGADA und WHITNEY: The Datum Flow Chain (1998/ 1999) .....	42
3.2.2.5	WALCZYK ET AL.: Fixtureless assembly of sheet metal parts for the aircraft industry (2000) .....	44
3.2.2.6	HOLLAND und BRONSVOORT: Assembly features in modelling and planning (2000) .....	45
3.2.2.7	NAING: Feature-based design for jigless assembly (2004) .....	47
3.2.2.8	BONENBERGER: The first snap-fit handbook (2016) .....	49
3.2.3	Ansätze zur Integration von Vorrichtungsfunktionen in Karosseriebauteile .....	50
3.2.3.1	SCHLATHER ET AL.: Feature-based approach for fixtureless build-up of sheet metal structures (2016/ 2018) .....	50
3.2.3.2	WURSTER ET AL.: Funktionsintegration beim Fügen von Karosserieblechen durch den Einsatz der Bauteilintegrativen Fügetechnik (2018) .....	53
3.2.4	Zusammenfassung und Positionierung der Arbeit .....	55
3.3	Zwischenfazit: Forschungsbedarf zur Bauteilintegration von Vorrichtungsfunktionen im Karosseriebau .....	56
<b>4</b>	<b>Konzeption der Methodik zur Bauteilintegration von Vorrichtungsfunktionen im Karosseriebau.....</b>	<b>59</b>
4.1	Grundlagen zur Entwicklung der Methodik .....	59
4.1.1	System- und Graphentheorie.....	59
4.1.2	Allgemeine Modelltheorie .....	61
4.2	Herleitung des Grobkonzeptes der Methodik .....	63
4.2.1	Einordnung der Methodik in die VDI 2221 .....	63
4.2.2	Grobkonzept der Methodik .....	64
4.2.2.1	Identifikation potenzialträchtiger Baugruppenfamilien .....	65
4.2.2.2	Formalisierung der Interdependenzen zwischen Vorrichtungsfunktionen und Geometriemerkmalen .....	66
4.2.2.3	Ermittlung von bauteilintegrierten Vorrichtungsfunktionen .....	68
4.2.3	Ableitung von Modellen .....	69
4.3	Zwischenfazit: Grobkonzept zur Bauteilintegration von Vorrichtungsfunktionen im Karosseriebau .....	70

<b>5</b>	<b>Detaillierung der Methodik zur Bauteilintegration von Vorrichtungsfunktionen im Karosseriebau .....</b>	<b>71</b>
5.1	Identifikation potenzialträchtiger Baugruppenfamilien .....	72
5.1.1	Identifikation der Ursache-Parameter .....	73
5.1.1.1	Identifikation der Einflussfaktoren auf das Potenzial der Bauteilintegration von Vorrichtungsfunktionen .....	75
5.1.1.2	Identifikation von Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen .....	76
5.1.1.3	Ableitung und Zuordnung der Ursache-Parameter .....	78
5.1.2	Bewertung des Flexibilitätspotenzials .....	79
5.1.2.1	Beschreibung der Baugruppenfamilien anhand Ursache-Parameter.....	80
5.1.2.2	Berechnung der Flexibilitätspotenzialzahl.....	83
5.1.3	Bewertung des Kosten- und Zeitpotenzials .....	85
5.1.3.1	Beschreibung der dem KZP zugeordneten Ursache-Parameter .....	86
5.1.3.2	Berechnung der Kosten- und Zeitpotenzialzahl.....	88
5.1.4	Priorisierung der Baugruppenfamilien.....	89
5.1.5	Quantifizierung des Potenzials der priorisierten Baugruppenfamilien .....	91
5.2	Formalisierung der Interdependenzen zwischen Vorrichtungsfunktionen und Geometriemerkmalen .....	94
5.2.1	Beschreibung der Funktionsstruktur bauteilintegrierter Geometriemerkmale.....	96
5.2.2	Beschreibung der Wirkstruktur bauteilintegrierter Geometriemerkmale .....	100
5.2.2.1	Charakterisierung der physikalischen Effekte bauteilintegrierter Geometriemerkmale.....	100
5.2.2.2	Charakterisierung der Effekträger bauteilintegrierter Geometriemerkmale .....	108
5.2.2.3	Qualitative Gestaltung des Wirkorts bauteilintegrierter Geometriemerkmale.....	109
5.2.3	Formalisierung der Interdependenzen.....	115
5.3	Ermittlung bauteilintegrierter Vorrichtungsfunktionen.....	118
5.3.1	Ermittlung der gestalterischen Restriktionen bei der Bauteilintegration von Vorrichtungsfunktionen .....	119
5.3.1.1	Analyse der Restriktionen durch geometrische Grundkörper .....	120
5.3.1.2	Analyse der Restriktionen durch Verortung der Vorrichtungsfunktionen .....	123
5.3.2	Einschränkung des Lösungsraumes bauteilintegrierter Vorrichtungs-funktionen .....	126
5.3.2.1	Beschreibung der Systemanforderungen bauteilintegrierter Vorrichtungsfunktionen.....	128
5.3.2.2	Einschränkung des Lösungsraumes anhand Toleranzen und Dichtheit .....	133
5.3.2.3	Einschränkung des Lösungsraumes anhand Prozesskräfte, Gewicht und Bauraum .....	140
5.3.2.4	Konstruktionskatalog bauteilintegrierter Vorrichtungsfunktionen .....	144
5.3.3	Quantifizierung der Kosten- und Zeiteinsparungen durch bauteilintegrierte Vorrichtungsfunktionen .....	146

---

5.4	Zwischenfazit: Detailkonzept zur Bauteilintegration von Vorrichtungsfunktionen im Karosseriebau .....	148
<b>6</b>	<b>Anwendung und kritische Reflektion.....</b>	<b>151</b>
6.1	Anwendungsfall 1 .....	151
6.1.1	Anwendung der Methodik.....	151
6.1.2	Fazit der Anwendung.....	162
6.2	Anwendungsfall 2.....	163
6.2.1	Anwendung der Methodik.....	163
6.2.2	Fazit der Anwendung.....	168
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>169</b>
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>173</b>
<b>9</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>189</b>