

Technologieentwicklungen für Wertschöpfungszuwächse im Kfz-Mechatronik- Handwerk

Von der Fakultät für Ingenieurwissenschaften
der Universität Bayreuth
zur Erlangung der Würde eines
Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigte Dissertation

vorgelegt von

M.Sc., Dipl.-Ing. (FH) Alexander Nagel

aus

Bayreuth

Erstgutachter:

Prof. Dr.-Ing. Rolf Steinhilper

Zweitgutachter:

Prof. Dr.-Ing. habil. Gerd Witt

Tag der mündlichen Prüfung:

03.05.2017

Lehrstuhl Umweltgerechte Produktionstechnik
Universität Bayreuth
2017

Fortschritte in Konstruktion und Produktion

herausgegeben von
Prof. Dr.-Ing. Frank Rieg und
Prof. Dr.-Ing. Rolf Steinhilper

Band 37

Alexander Nagel

**Technologieentwicklungen für Wertschöpfungs-
zuwächse im Kfz-Mechatronik-Handwerk**

Shaker Verlag
Aachen 2017

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Bayreuth, Univ., Diss., 2017

Copyright Shaker Verlag 2017

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-5286-2

ISSN 1612-2364

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Geleitwort der Herausgeber

Das erfolgreiche Industrieunternehmen von heute ist ein aktives Element der global zunehmend vernetzten Welt.

Mit hohem Innovationstempo steigern neue Märkte und Technologien die Arbeitsanforderungen, vergrößern neue Werkstoffe und Verfahren, die Informationstechnik und ein Wertewandel der Kundenwünsche aber auch die Gestaltung- und Entfaltungsmöglichkeiten des Ingenieurs.

Die Konstruktion ist die Königsdisziplin des Ingenieurs. Die Produktion ist die technische Dienstleistung am König Kunde. Beide Aufgabengebiete zusammen genommen bilden den Kern des industriellen Wertschöpfungsprozesses.

Mit der hier vorgelegten Reihe "Fortschritte in Konstruktion und Produktion" ist es den Herausgebern ein Anliegen, Beiträge von wissenschaftlicher Seite zu fördern, die durch Entwicklung neuer Denkansätze, methodischer Vorgehensweisen und zugehöriger Instrumente die Leistungsfähigkeit der industriellen Wertschöpfung verbessern und erweitern. Nicht nur technische Lösungen, sondern auch ökonomische, ökologische und soziale Fortschritte stehen hierbei im Blickpunkt oder zumindest am Horizont.

Hierfür bietet die Fakultät für Angewandte Naturwissenschaften mit ihrer interdisziplinären Ausrichtung und Einbindung in die Universität Bayreuth ein glückliches Umfeld.

Das Engagement der beiden Herausgeber ist dort vertreten als

- Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD
- Lehrstuhl für Umweltgerechte Produktionstechnik.

Mögen also die von uns betreuten Dissertationen, die in dieser Buchreihe erscheinen, zu den wünschenswerten Fortschritten in Konstruktion und Produktion beitragen.

Den Autoren der einzelnen Bände dieser Reihe sei für Ihre wissenschaftliche und redaktionelle Arbeit gedankt, den Lesern wünschen wir eine interessante Lektüre und hoffentlich manch wertvolle Anregung für eine erfolgreiche Anwendung der Forschungsergebnisse in ihrer beruflichen Praxis.

Prof. Dr.-Ing. Frank Rieg

Prof. Dr.-Ing. Rolf Steinhilper

Vorwort

Diese Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) in der Projektgruppe Prozessinnovation am Standort in Bayreuth, sowie als Akademischer Rat auf Zeit am Lehrstuhl Umweltgerechte Produktionstechnik der Universität Bayreuth.

Wesentliche Ergebnisse dieser Dissertation wurden innerhalb des Forschungsprojekts *Kfz-Service-Engineering 2020* erarbeitet, welches vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie in zwei Phasen gefördert wurde. Phase 1 erstreckte sich vom 01.02.2011 bis zum 31.08.2011; Phase 2 vom 01.09.2011 bis 31.08.2015.

Am Projekt beteiligt waren der Lehrstuhl Umweltgerechte Produktionstechnik der Universität Bayreuth, die Fraunhofer Projektgruppe Prozessinnovation, die HWK Oberfranken, sowie zahlreiche Kfz-Betriebe aus den Regionen Oberfranken und Oberpfalz.

Mein Dank gilt Herrn Professor Dr.-Ing. Rolf Steinhilper, Doktorvater dieser Arbeit und Ordinarius des *Lehrstuhls Umweltgerechte Produktionstechnik*, sowie Leiter der Fraunhofer-Projektgruppe Prozessinnovation, für die Sicherstellung einer umfassenden wissenschaftlichen Freiheit und die engagierte Betreuung meiner wissenschaftlichen Ausbildung.

Besonderer Dank gebührt weiterhin Herrn Professor Dr.-Ing. habil. Gerd Witt, Lehrstuhlinhaber im Fachgebiet Fertigungstechnik der Universität Duisburg-Essen, der die Arbeit begutachtet hat und Zweitprüfer dieser Arbeit war. Ebenso danke ich Herrn Professor Dr.-Ing. Frank Rieg, Ordinarius des *Lehrstuhls für Konstruktionslehre und CAD* der Universität Bayreuth, als Drittprüfer und Prof. Dr.-Ing. Michael Danzer, Ordinarius des *Lehrstuhls Elektrische Energiesysteme* der Universität Bayreuth, als Prüfungsausschussvorsitzenden.

Darüber hinaus danke ich den am Forschungsprojekt beteiligten Kfz-Werkstattbetrieben, sowie der Handwerkskammer Oberfranken. Besonderer Dank gebührt Herrn Demeter vom Fahrzeugservice Demeter.

Ebenso gilt mein besonderer Dank allen Kolleginnen und Kollegen des Lehrstuhls Umweltgerechte Produktionstechnik der Universität Bayreuth. Stellvertretend sollen an dieser Stelle mein damaliger Teamleiter Dr.-Ing. Stefan Schweinstig und Michael Hickethier genannt sein. Weiterhin den am Forschungsprojekt beteiligten Kollegen: Dr.-Ing. Stefan Freiburger, Christoph Marezki, Korbinian Lohr, Ines Bradshaw, Christian Schuh, Martin Lautenschläger, Sandra Seifert, Sebastian Schötz und vor allem Christian Bay. Danke!

„Ich glaube an das Pferd. Das Automobil ist eine vorübergehende Erscheinung.“

Wilhelm II (1859 - 1941),

letzter deutscher Kaiser und preußischer König von 1888 bis 1918

Inhalt

1 Ausgangssituation	1
1.1 Hintergrund und Problemstellung.....	1
1.2 Zielsetzung.....	4
1.3 Vorgehensweise.....	5
2 Stand der Erkenntnisse	7
2.1 Begriffsdefinitionen und Entwicklung des Kfz-Service.....	7
2.2 Ausstattungsmerkmale von PKW.....	11
2.3 Kfz-Service in Deutschland.....	13
2.4 Diagnose im Kfz-Service.....	17
2.5 Ferndiagnose im Kfz-Service.....	21
2.6 Kfz-Serviceprozesse.....	23
2.7 Zusammenfassung des Standes der Erkenntnisse.....	26
3 Erhebung, Analyse und Bewertung von Kfz-Servicefällen	27
3.1 Erhebungen.....	27
3.1.1 Informationen aus einem Erhebungsbogen.....	27
3.1.2 Informationen aus einer ADAC-Pannenstatistik.....	36
3.1.3 Informationen aus 255 Kfz-Schiedsfällen des Kraftfahrzeuggewerbes.....	39
3.1.4 Informationen aus einer Bürgertelefonaktion.....	40
3.2 Detailaufnahmen und Technologiebedarf.....	41
3.2.1 Detailaufnahmen in 25 Kfz-Betrieben.....	41
3.2.2 Technologiebedarf.....	42
3.3 Analyse und Bewertung von Servicefällen.....	47
3.3.1 Punktbewertungsverfahren.....	48
3.3.2 AHP-Analyse.....	50
4 Kategorisierung der Kfz-Servicefälle	55
4.1 Ersatzteilgetriebene Kfz-Servicefälle.....	56
4.2 Technologietrendgetriebene Kfz-Servicefälle.....	58
4.3 Phänomengetriebene Kfz-Servicefälle.....	63

5	Entwicklung neuer Kfz-Serviceprozesse	65
5.1	Kfz-Serviceprozess LED-Scheinwerfer/Kurvenlicht.....	65
5.1.1	Anwendungsfälle und zugrunde liegende Kfz-Serviceprozesse.....	65
5.1.2	Sub-Serviceprozess zum Öffnen von Scheinwerfern.....	66
5.1.3	Scheinwerferinstandsetzung von Frontscheinwerfern am Beispiel LED	70
5.2	Kfz-Serviceprozess sporadische Ausfälle/präventive Ferndiagnose	83
5.2.1	OBD-Logger und Online-Informationsportal.....	84
5.2.2	Präventive Ferndiagnose und Ferndiagnose-Software	88
6	Anwendbarkeit und Erprobung der neu entwickelten Kfz-Serviceprozesse und Ermittlung des zugehörigen Nutzens	93
6.1	Erprobung des neu entwickelten Kfz-Scheinwerfer-Serviceprozesses.....	93
6.1.1	Anwendbarkeit des neu entwickelten Kfz-Scheinwerfer-Serviceprozesses ..	93
6.1.2	Erprobung im Servicestützpunkt	97
6.2	Erprobung der neu entwickelten Kfz-Serviceprozesse für sporadische Ausfälle und zur präventiven Ferndiagnose.....	99
6.2.1	Anwendbarkeit der neu entwickelten Kfz-Serviceprozesse für sporadische Ausfälle und zur präventiven Ferndiagnose.....	99
6.2.2	Erprobung mit Wiki-CAN und Remote CAN.....	107
7	Entwicklung neuer Formen des Kfz-Service.....	109
7.1	Innovationen für Austauschoptionen kleinerer Module = erste neue Form des Kfz-Service.....	110
7.1.1	Doppelkupplungsgetriebe	111
7.1.2	Elektromechanische Servolenkung	111
7.1.3	Turbolader mit variabler Geometrie	111
7.1.4	LED-Scheinwerfer/Kurvenlicht	112
7.2	Ausweitung des Refabrikationsknowhow auf neues Produkt-Terrain = zweite neue Form des Kfz-Service.....	113
7.2.1	Refabrikation elektromechanischer Servolenkungen	114
7.2.2	Refabrikation von LED-Scheinwerfern mit Kurvenlicht.....	114
7.2.3	Refabrikation von Common Rail Injektoren.....	114
7.2.4	Refabrikation von Batterien zur Elektromobilität	115
7.3	Entwicklung neuer In-Situ Instandsetzungstechnologien im Kfz = dritte neue Form des Kfz-Service.....	116
7.3.1	In-Situ Service für Turbolader mit variabler Geometrie	116

7.3.2	In-Situ-Instandsetzung von faserverstärkten Karosseriewerkstoffen	117
7.3.3	In-Situ-Reinigung kontaminierter Common Rail Injektoren von Partikeln und Verunreinigungen	117
7.4	Bildung mehrerer neuer Kommunikations- und Kooperationsnetzwerke = vierte neue Form des Kfz-Service.....	118
7.4.1	Kooperationsnetzwerk zur LED-Scheinwerfer/ Kurvenlicht- Instandsetzung	119
7.4.2	Kommunikationsnetzwerk für die elektronische Diagnose inkl. sporadischer Ausfälle und Ferndiagnose	119
7.5	Kfz-Bauteil-Regeneration mit additiven Fertigungsverfahren = fünfte neue Form des Kfz Service	120
7.5.1	Regeneration von Bauteilen für Scheinwerfer mit Kunststoffgehäuse	121
7.5.2	Regeneration von Gehäusen für Rückfahrkameras	121
8	Auswertung und Diskussion.....	123
8.1	Erkenntniswissen	124
8.2	Orientierungswissen	125
8.3	Anwendungswissen.....	126
9	Zusammenfassung und Ausblick	129
10	Conclusion and Outlook	131
11	Abkürzungs- und Symbolverzeichnis	133
12	Tabellen- und Abbildungsverzeichnis	135
13	Literaturverzeichnis	141
14	Anhang	151
15	Lebenslauf.....	161