



1 Einleitung

Die Wettbewerbsfaktoren Zeit, Kosten, Qualität, Kreativität und Flexibilität gelten als die entscheidenden Indikatoren zur Messung des internen Unternehmenserfolges. Um sich gegenüber dem Wettbewerb absetzen und größtmögliche Marktanteile sichern zu können, zielen viele Produktionsunternehmen darauf ab, sowohl die Entwicklungszyklen als auch die Entwicklungs- und Produktionskosten eines Produktes auf ein Minimum zu reduzieren. Um auf dynamische Marktanforderungen zeitnah reagieren zu können, sind Produktionsanlagen und Fertigungsstraßen möglichst flexibel zu gestalten. Ebenso wird ein Höchstmaß an Flexibilität und Kreativität vom eingesetzten Personal gefordert. Die strategischen Ziele vieler Unternehmen sind auf die Begeisterung der Kunden ausgerichtet. Konsequente Kundenorientierung und die Schaffung von Kundenzufriedenheit gelten als Garant für einen nachhaltigen Unternehmenserfolg (Reinhart, 2007).

Die ambivalenten Forderungen von kostenoptimierten Produktionsstrategien und kundenspezifischer Produktgestaltung stellt viele Unternehmen vor eine große Herausforderung. Das Ziel ist die Realisierung einer sogenannten „Mass Customization“. Der Begriff beschreibt eine kundenorientierte Massenproduktion „(...) von Gütern und Leistungen, welche die unterschiedlichen Bedürfnisse jedes einzelnen Nachfragers dieser Produkte treffen, mit der Effizienz einer vergleichbaren Massen- bzw. Serienproduktion.“ (Piller et al., 2006, S.161). Diese gegensätzlichen Anforderungen sind in der Automobilindustrie besonders stark ausgeprägt. Die Konzerne begegnen der Nachfrage nach individuellen Produkten mit einer steigenden Anzahl an Fahrzeugmodellen und -derivaten, die auf modularen Fahrzeugkomponenten basieren (Reinhart, 2007). Ein gegenwärtiger Trend, der die Produktausrichtung auf die Bedürfnisse der Kunden verdeutlicht, ist die Integration mobiler Endgeräte als sogenannte „Nomadic Devices“ in das Fahrzeug. Sie fungieren dabei als multimediale Bedien- und Anzeigemedien im Fahrzeug, die individuell von den Kunden konfiguriert werden können.

Hierbei stehen die Themenfelder der Ergonomie besonders im Fokus der Betrachtung, da deren Aufgabeninhalte die Schnittstellen zwischen Mensch und Produkt thematisieren. Ziel ist es, ergonomische Belange bereits in einer frühen Phase im Produktentstehungsprozess zu analysieren, um dahingehend Konzept-

alternativen schon frühzeitig bewerten zu können. Moderne Simulationsmethoden steigern maßgeblich die Effizienz der Produktentwicklung und erhöhen entscheidend die Qualität des Produktes.

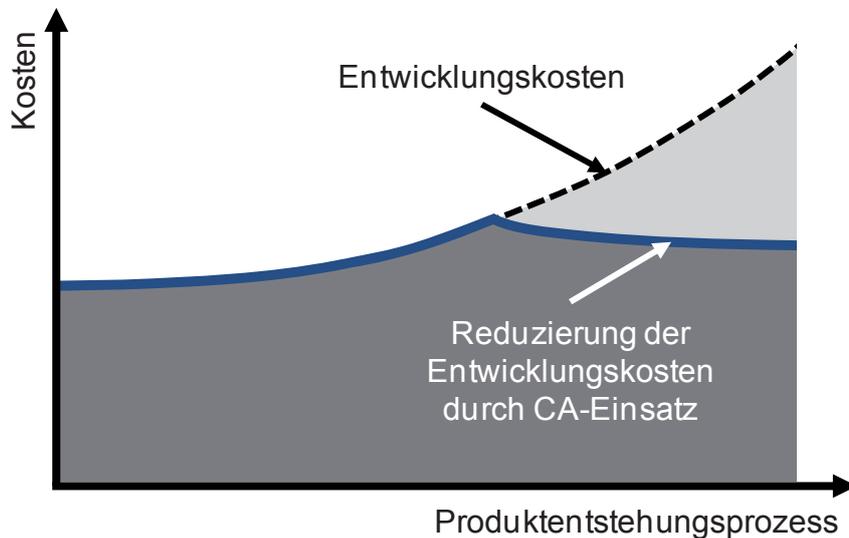


Abbildung 1-1: Effizienzsteigerung durch den Einsatz moderner Simulationsmethoden (angelehnt an Heißing, 2009)

Abbildung 1-1 zeigt das Potential zur Reduzierung der Entwicklungskosten durch den Einsatz von computergestützten Simulationsverfahren (CA-Einsatz). Insbesondere in der frühen Projektphase ist die virtuelle Produktentwicklung unverzichtbar, da mögliche Konzeptfehler frühzeitig identifiziert werden können. Je weiter fortgeschritten der Entwicklungsstand des Produktes terminiert ist, desto kostenintensiver wirken sich Änderungsmaßnahmen aus. Ergonomische Simulationsverfahren, wie beispielsweise das Simulationswerkzeug RAMSIS¹, gewährleisten Anpassungen der Interaktionskomponenten des Fahrzeuges mit dem Menschen an die individuellen anthropometrischen Anforderungen der Fahrzeugkunden. Von großer Bedeutung sind vornehmlich prospektive Auslegungsverfahren, um bereits in früher Projektphase den menschlichen Interaktionsraum im Fahrzeug definieren und dessen ergonomischen Anforderungen an ein Fahrzeug erfüllen zu können.

¹ RAMSIS: **R**echnergestütztes **A**nthropometrisch-**M**athematisches **S**ystem zur **I**nsassen-**S**imulation

1.1 Motivation und Zielsetzung

Speziell in der Automobilindustrie liefert das Fachgebiet der Ergonomie zahlreiche Differenzierungsmöglichkeiten gegenüber konkurrierenden Herstellern und kann dazu beitragen, entscheidende Wettbewerbsvorteile zu erlangen. Eine optimale, an den Kunden zugeschnittene Fahrzeugauslegung hat sich bei Premiumherstellern in den letzten Jahren zunehmend zu einem Basismerkmal entwickelt. Das bedeutet, dass von den Fahrzeugkunden eine optimale ergonomische Auslegung als charakteristische Eigenschaft eines Fahrzeuges aus dem Premiumsegment vorausgesetzt wird und folglich als ein Qualitätsmerkmal anzusehen ist. Unter diesen Gesichtspunkten ist es notwendig, ergonomische Belange bereits in den frühen Stadien des Entwicklungsprozesses zu integrieren und auch den konzeptionellen Fahrzeugauslegungsprozess hinsichtlich der ergonomischen Bewertung von Konzeptalternativen zu optimieren, wodurch Durchlaufzeiten reduziert und Fehlerpotentiale minimiert werden können. Diese Prozessansätze setzen jedoch detaillierte Kenntnisse über die ergonomischen Anforderungen und Verhaltensweisen des Kundenspektrums voraus.

Das Ziel dieses Forschungsprojektes ist es, äußere Einflussparameter auf die Wahl von Sitzpositionen in Fahrzeugen zu untersuchen und deren Resultate in den virtuellen Auslegungsprozess zu übertragen. Weiter sind die ergonomischen Bedürfnisse der Kunden quantitativ zu erfassen, damit diese frühzeitig in der Konzeptphase des Produktentstehungsprozesses berücksichtigt werden können.

1.2 Methodisches Vorgehen und Umsetzung des Forschungsvorhabens

Die Grundlage für eine optimale ergonomische Fahrzeugauslegung ist die Kenntnis von priorisierten Sitzpositionen der Fahrzeuginsassen. Ausgehend von den Sitzhaltungen unterschiedlicher Typologien lassen sich Analysen in Bezug auf die zentralen ergonomischen Fragestellungen – Erreichen, Erkennen, Bedienen – durchführen. Um nun die Fahrzeugauslegung unter Berücksichtigung ergonomischer Inhalte gezielt in früher Projektphase realisieren zu können, werden moderne



Simulationsverfahren zur Prognose von Sitzpositionen eingesetzt. In der Automobilindustrie gilt die Simulationssoftware RAMSIS als Standardwerkzeug zur ergonomischen Fahrzeuggestaltung. „Im Bereich der Produktentwicklung von Pkw wird RAMSIS von ca. 90% der Hersteller weltweit eingesetzt“ (Lehrstuhl für Ergonomie, 2011). Dabei werden Manikins unterschiedlicher Anthropometrien erzeugt und mittels spezifischer Berechnungsalgorithmen wahrscheinliche Körperhaltungen in Fahrzeugen simuliert (Seidl, 1995, Fröhmel, 2010). Die Güte der Haltungsprognose ist dabei stark von der Vergabe der Restriktionen und den selektierten Eingabeparametern abhängig.

Um demzufolge eine optimale Restriktionsvergabe in die Simulation implementieren zu können, werden als erster Schritt dieses Forschungsprojektes die zentralen Einflussparameter eines Fahrzeuges auf Sitzpositionen quantitativ ermittelt. Die Intention dieser Untersuchung ist es, eine allgemeine Kategorisierung verschiedener Einflussparameter zu erhalten und dadurch deren Prioritäten überblickend abschätzen zu können.

Anhand der Studienergebnisse zur Quantifizierung der Einflussparameter auf Sitzpositionen im Fahrzeug lässt sich ableiten, dass die Sichtverhältnisse eines Fahrzeuges einen entscheidenden Anteil bei der Wahl von Sitzhaltungen darstellen. Aufgrund dieser Tatsache stellt sich nun die Frage, inwieweit verschiedene Sichtbedingungen mögliche Haltungsveränderungen der Fahrzeugkunden induzieren. Die Beantwortung dieser Fragestellung stellt den zentralen Inhalt dieser Arbeit dar.

Folglich werden simplifizierte Fahrzeugmodelle benötigt, in denen die Sichtverhältnisse nach außen schnell, flexibel und effizient variiert werden können. Für diese Untersuchungen stehen sowohl ein variables als auch ein virtuelles Fahrerplatzmodell zur Verfügung. Um nun von verschiedenen Sichtbedingungen in Fahrzeugen auf eventuelle Haltungsunterschiede schließen zu können, sind die beiden Prüfstände zunächst hinsichtlich realitätsgetreuer Einnahmen von Fahrerhaltungen zu validieren. Das Ziel dieser Evaluation ist die Überprüfung der Abbildungstreue von Sitzpositionen in den beiden Modellen verglichen zu einem realen Serienfahrzeug. Analysiert wird die Übereinstimmungsgüte der jeweils gewählten Fahrerhaltungen, damit potentielle Artefakte ausgeschlossen werden können. Demzufolge werden die Hauptversuchsreihen ausschließlich im variablen Fahrerplatzmodell durchgeführt, da verglichen mit den gemessenen Fahrerhaltungen



im Realfahrzeug die erfassten Sitzpositionen in diesem Modell eine höhere Kongruenz aufweisen als diejenigen des virtuellen Fahrerplatzmodells. Zusätzlich werden Optimierungsmaßnahmen realisiert, die sowohl ein Fahrgefühl vermitteln als auch den Realitätseindruck innerhalb des Sitzprüfstandes verbessern sollen.

Im Zuge der Hauptversuchsreihen werden gezielt die Einflüsse der Sichtbedingungen nach vorne und zur Seite auf favorisierte Sitzpositionen von Testpersonen analysiert. Die Variationsparameter sind konkret die Höhe des Windlaufpunktes, der Sichtwinkel auf die Fahrbahn, die Lage des Dachrahmens und die Höhe der Brüstungslinie. Basierend auf den Ergebnissen dieser Studien werden Konstruktionsrichtlinien zur verbesserten ergonomischen Gestaltung von Fahrzeugen erstellt. Weiter werden virtuelle Methoden abgeleitet, die eine prädiktive Bestimmung der Augenpositionen von Fahrzeuginsassen unter Einbeziehung der gegenwärtigen Sichtbedingungen erlauben.

1.3 Aufbau der Dissertation

Nach einem einleitenden Abschnitt, der die Zielsetzung des Forschungsprojektes definiert und die Bedeutung der Arbeitsaufgabe im betriebswirtschaftlichen Kontext verdeutlicht, folgt die Beschreibung der theoretischen Grundlagen des Projektes. Dabei werden Themengebiete behandelt, die im unmittelbaren Umfeld der Zielsetzung stehen. Neben der Klärung relevanter Begrifflichkeiten werden zunächst die Anforderungen an die ergonomische Fahrzeugauslegung aufgegriffen. Daraus abgeleitet wird die Notwendigkeit des Einsatzes von Simulationsmodellen für die Optimierung der virtuellen Fahrzeugauslegung begründet. Dabei wird ein Überblick über gängige Prognosemodelle zur Berechnung von Sitzpositionen gegeben. Der Fokus richtet sich hierbei auf die Betrachtung der Eingangsparameter, die für die Anwendung der Vorhersagemodelle notwendig sind. Im Zuge dessen werden die wichtigsten Funktionsprinzipien der Simulationssoftware RAMSIS erläutert und deren Einsatz im virtuellen Auslegungsprozess der Automobilindustrie aufgezeigt. Weiter werden die herausgestellten Einflussparameter um veröffentlichte Empfehlungen zur optimalen Sitzeinstellung ergänzt. Das Versuchswerkzeug dieser Arbeit ist ein



variables Fahrerplatzmodell, das ein vereinfachtes Abbild eines realen Serienfahrzeuges darstellt. Daher werden unterschiedliche Ausführungen von Ergonomie-Mockup's und deren Funktionsweisen allgemein skizziert und verschiedene Strategien zur Validierung vorgestellt. Darüber hinaus wird die Bedeutung von simplifizierten Fahrerplatzmodellen zur Absicherung des virtuellen Auslegungsprozesses veranschaulicht.

Der dritte Abschnitt der vorliegenden Ausarbeitung beschreibt eine umfassende Studie zur Bestimmung und Quantifizierung von Einflussparametern auf Sitzpositionen in Fahrzeugen. Diese Untersuchung liefert einen allgemeinen Überblick, welche Fahrzeugkomponenten einen Einfluss auf die Wahl der Sitzeinstellung haben und quantifiziert deren Bedeutung. Beruhend auf diesen Erkenntnissen wird der zentrale Forschungsinhalt dieser Arbeit bekräftigt und es kristallisieren sich die relevanten Untersuchungsparameter dieses Projektes heraus. Die Resultate liefern vorab wertvolle Anhaltspunkte über das potentielle Sitzverhalten von Versuchspersonen aufgrund der Gestaltung der Fahrzeugkarosserie.

Kapitel vier beschreibt detailliert die Funktionsweisen und die Evaluationsergebnisse des variablen und des virtuellen Fahrerplatzmodells. Die Güte dieser Werkzeuge ist zum einen Grundlage für die korrekte Durchführung der Hauptversuchsreihen dieser Arbeit und zum anderen wichtige Voraussetzung für die fehlerfreie Umsetzbarkeit der gewonnenen Erkenntnisse im virtuellen Auslegungsprozess. Das Ziel dieses Abschnittes ist es, den für die Aufgabenstellung optimalen Untersuchungsgegenstand zu selektieren, um eventuelle Abstrahierungsfehler zu vermeiden und dadurch Artefakte ausschließen zu können.

Der Hauptteil dieser Ausarbeitung ist die Analyse von Sitzpositionen bei Variation der Sichtbedingungen auf das Verkehrsgeschehen. In diesem Abschnitt werden ausführlich sowohl das Versuchsdesign und die Durchführung als auch die erzielten Ergebnisse aufgezeigt. Insbesondere wird ein mathematisches Modell entwickelt, um den vorgestellten Sachverhalt beschreiben zu können.

Die Intention dieser Versuchsreihen ist die Umsetzung der theoretischen Resultate im virtuellen Entwicklungsprozess. Daher fokussiert das sechste Kapitel den Transfer der gewonnenen Erkenntnisse zur Optimierung des virtuellen ergonomischen Fahrzeugauslegungsverfahrens. Aus den Untersuchungsinhalten entstehen dabei



Einleitung

Auslegungsempfehlungen und verbesserte Prognosen der Augenpositionen digitaler Menschmodelle, die die Sichtverhältnisse eines Fahrzeugkonzeptes in die Berechnung mit einbeziehen.

Abschließend werden das skizzierte Vorgehen und die eruierten Ergebnisse zusammengefasst und weiterführende potentielle Untersuchungsinhalte aufgezeigt.