

Christian Mergl

**Entwicklung eines Verfahrens
zur Optimierung des Sitzkomforts
auf Automobilsitzen**



Herbert Utz Verlag · München

Ergonomie

Zagl.: Diss., München, Techn. Univ., 2006

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek:
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation
in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über
<http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.
Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die
der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von
Abbildungen, der Wiedergabe auf photomechani-
schem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in
Datenverarbeitungsanlagen bleiben – auch bei nur
auszugsweiser Verwendung – vorbehalten.

Copyright © Herbert Utz Verlag GmbH · 2006

ISBN 3-8316-0613-7

Printed in Germany

Herbert Utz Verlag GmbH, München
089-277791-00 · www.utzverlag.de

1	EINLEITUNG	3
1.1	DEFINITION VON SITZKOMFORT	4
1.2	LITERATURÜBERBLICK ZUM ZUSAMMENHANG VON SITZDRUCKVERTEILUNG UND SITZDISKOMFORT	6
1.3	LITERATURÜBERBLICK ZU OBJEKTIVEN MESSVERFAHREN BEZÜGLICH DES DISKOMFORTS BEIM SITZEN	10
1.3.1	<i>Bisherige Messverfahren mit realen Prüfkörpern bzw. Menschen</i>	<i>10</i>
1.3.2	<i>Messverfahren mit virtuellen Prüfkörpern (numerische Modelle)</i>	<i>13</i>
2	ZIELDEFINITION UND VORGEHENSWEISE	17
3	MODELL ZUR PROGNOSTIZIERUNG DES SITZDISKOMFORTS AUS DEN GEMESSENEN KONTAKTKRÄFTEN ZWISCHEN MENSCH UND SITZ.....	20
3.1	ERMITTLUNG WICHTIGER KENNGRÖßEN DER DRUCKVERTEILUNG	20
3.1.1	<i>Versuchsdesign</i>	<i>20</i>
3.1.2	<i>Beschreibung der Versuchsbedingungen.....</i>	<i>24</i>
3.1.3	<i>Versuchsdurchführung</i>	<i>25</i>
3.1.4	<i>Auswertung.....</i>	<i>26</i>
3.1.5	<i>Ergebnisse</i>	<i>31</i>
3.2	ERMITTLUNG DES MODELLS AUS DIESEN KENNGRÖßEN	33
3.2.1	<i>Versuchsdesign</i>	<i>33</i>
3.2.2	<i>Beschreibung der Versuchsbedingungen.....</i>	<i>36</i>
3.2.3	<i>Versuchsdurchführung</i>	<i>37</i>
3.2.4	<i>Auswertung.....</i>	<i>39</i>
3.2.5	<i>Ergebnisse</i>	<i>41</i>
3.2.6	<i>Entwicklung des Modells aus diesen Ergebnissen.....</i>	<i>46</i>
3.2.7	<i>Diskussion</i>	<i>47</i>
3.3	VALIDIERUNG DES MODELLS FÜR DAS KURZZEITVERHALTEN	52
3.3.1	<i>Versuchsdesign</i>	<i>52</i>
3.3.2	<i>Versuchsdurchführung</i>	<i>54</i>
3.3.3	<i>Auswertung.....</i>	<i>55</i>
3.3.4	<i>Ergebnisse</i>	<i>55</i>
3.3.5	<i>Diskussion</i>	<i>57</i>
3.4	VALIDIERUNG DES MODELLS FÜR DAS LANGZEITVERHALTEN	58
3.4.1	<i>Versuchsdesign</i>	<i>58</i>
3.4.2	<i>Versuchsdurchführung</i>	<i>61</i>
3.4.3	<i>Auswertung.....</i>	<i>63</i>
3.4.4	<i>Ergebnisse</i>	<i>64</i>
3.4.5	<i>Diskussion der Langzeitvalidierung</i>	<i>66</i>
3.5	GESTALTUNGSRICHTLINIEN FÜR EINE GUTE SITZDRUCKVERTEILUNG	69
4	ANWENDUNG DES MODELLS ZUR AUSLEGUNG UND BEWERTUNG VON SITZEN.....	71
4.1	3D FINITE ELEMENTE MODELL VON GESÄß UND OBERSCHENKEL ZUR BERECHNUNG VON KONTAKTKRÄFTEN ZWISCHEN MENSCH UND SITZ	71
4.1.1	<i>Modellerstellung.....</i>	<i>71</i>
4.1.2	<i>Modellvalidierung</i>	<i>86</i>
4.1.3	<i>Modellanwendung</i>	<i>95</i>
4.1.4	<i>Diskussion des numerischen Modells</i>	<i>98</i>
4.2	HARDWARESITZDUMMY ZUR BEWERTUNG VON REALEN SITZEN	100
4.2.1	<i>Anforderungen.....</i>	<i>100</i>
4.2.2	<i>Realisierung</i>	<i>100</i>
4.2.3	<i>Validierung.....</i>	<i>105</i>
4.2.4	<i>Anwendung</i>	<i>117</i>
4.2.5	<i>Diskussion des Dummies</i>	<i>121</i>
5	VORSTELLUNG DES VERFAHRENS ZUR OPTIMIERUNG DES SITZKOMFORTS.....	122
6	ZUSAMMENFASSUNG.....	125

Einleitung

7	ENTWICKLUNGSPERSPEKTIVEN.....	129
8	LITERATUR	131
9	ANHANG	136

1 Einleitung

Das Auto ist in unserer heutigen Gesellschaft für viele Menschen ein unverzichtbarer Begleiter im Alltagsleben. Wir verbringen auf dem Weg zur Arbeit oder in unserer Freizeit wöchentlich viele Stunden im Auto. Dabei ist der Autositz die Hauptkontaktstelle zwischen Mensch und Fahrzeug. Er entscheidet maßgeblich, ob wir uns in einem Auto wohl fühlen oder nach einer längeren Fahrt mit Rückenschmerzen aussteigen. Für Automobilhersteller wird in Zeiten sich angleichender Designs und Motorisierungen der Komfortaspekt immer wichtiger, um sich dennoch von Wettbewerbern abzusetzen. Dabei spielt auch der Komfort auf dem Sitz eine wichtige Rolle. In der Sitzentwicklung stehen die Hersteller nun vor der Aufgabe, Sitze zu konstruieren, die von den späteren Fahrern als komfortabel empfunden werden. Dies ist nur möglich, wenn eine repräsentative Versuchspersonengruppe zur Bewertung von Sitzen herangezogen wird. Dies scheitert in der Praxis meist an einem zu hohen zeitlichen Aufwand, der unter dem aktuellen Druck zu kürzeren Entwicklungszeiten in der Automobilindustrie, nicht realisierbar ist. In der Praxis ist häufig ein kleines Team mit der Entwicklung eines Sitzes betraut, das die Aufgabe hat, diesen Autositz für kleine Personen genauso komfortabel wie für große zu optimieren. Dabei erfolgt die Entwicklung rein subjektiv. Dies hat zur Folge, dass Probleme beim Sitzkomfort nur als Empfindungen kommunizierbar sind und nicht durch objektive Messgrößen untermauert werden können. Man kann also nur sagen, dass der Sitz schlechter ist als der Referenzsitz, aber nicht um wie viel. In der Entwicklung von Fahrzeugsitzen fehlt ein objektives Verfahren um den Sitzkomfort messbar zu machen, wie dies beispielsweise bei der Motorleistung eines Fahrzeugs der Fall ist. Hierbei wird der Motor auf einem Prüfstand nach festgelegten Verfahren geprüft. Somit sind die Ergebnisse mit anderen Fahrzeugen vergleichbar. Bei Sitzen fehlt jedoch bereits der erste Ansatzpunkt für eine Messung - die Messgröße. Beim Motor ist dies der Drehmomentverlauf über der Drehzahl oder die maximale Leistung in PS. Demzufolge beginnt der Weg zur Objektivierung des Sitzkomforts mit der Suche nach der objektiven Messgröße und wie diese reproduzierbar gemessen werden kann. Die beschriebene Analogie zwischen Sitz und Motor wird in Tabelle 1 nochmals dargestellt. Bei diesem Vergleich wurde die Beschreibung der Fahrleistung sehr stark vereinfacht. In der Praxis finden zur Objektivierung der Fahrleistung weitaus komplexere Verfahren Anwendung. Doch selbst unter ähnlich starken Vereinfachungen ist momentan beim Sitzkomfort keine Objektivierung möglich.

Einleitung

Tabelle 1: Analogie Sitzkomfort – Fahrleistung eines Autos

	Motor	Sitz
Subjektive Empfindung	Beschleunigungsempfinden	Sitzkomfort
Objektive Größe	Leistung/Drehmomentverlauf	?
Messverfahren	Motorprüfstand	?

Die oben beschriebene Problematik soll in dieser Arbeit aufgegriffen und ein Verfahren zur Bewertung von Sitzen erarbeitet werden. Des Weiteren soll ein Messverfahren entwickelt werden, welches die objektiv messbare Größe zur Beschreibung des Sitzkomforts, sowohl in der Simulation am Computer wie auch in Realität, reproduzierbar messen kann (vgl. Abbildung 1).

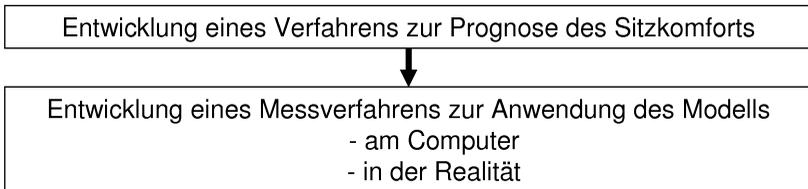


Abbildung 1: Ablauf der Arbeit

Um eine Basis für die weitere Arbeit zu schaffen, wird der Stand der aktuellen Forschung zur Objektivierung des Sitzkomforts anhand eines Literaturüberblicks dargestellt. Es erfolgt zuerst eine Definition des Begriffes Sitzkomfort.

1.1 Definition von Sitzkomfort

Das so genannte Komfortempfinden eines Menschen auf einem Fahrzeugsitz setzt sich aus mehreren Dimensionen zusammen (vgl. Abbildung 2). Einflussgrößen sind die Dämpfungseigenschaften des Sitzes bei einwirkenden äußeren Schwingungen für den so genannten „dynamischen Sitzkomfort“ oder das „Mikroklima“, das unter anderem durch die Wasserdampfdurchlässigkeit des Sitzes bestimmt wird. Des Weiteren beeinflusst die Seitenführung des Sitzes bei Kurvenfahrten den Gesamteindruck des Sitzes. Die Haltung, in der man auf dem Sitz Platz nimmt, prägt ebenfalls den Eindruck des Sitzkomforts. Eine wichtige Rolle spielt auch die Druckverteilung zwischen Mensch und Sitz.

Wie der Literaturüberblick zeigen wird, ist der Einfluss der Druckverteilung auf den subjektiven Eindruck sehr groß (vgl. Kapitel 1.2). Deshalb liegt der Schwerpunkt dieser Arbeit auf dem Einfluss der Druckverteilung.

Einleitung



Abbildung 2: Dimensionen des Sitzkomforts

Die Druckverteilung beeinflusst in erster Linie die statische Dimension des Sitzkomforts. Dieser „statische Sitzkomfort“ kann nun seinerseits wieder in drei zeitliche Anteile zerlegt werden: Der erste Kontakt mit dem Sitz, auch Ansitzkomfort genannt, beschreibt die Empfindung während des Hinsetzens. Dieser Ansitzkomfort spielt sich in der ersten Minute des Kontaktes zwischen Mensch und Sitz ab. Danach folgt der Kurzzeitkomfort, dessen zeitlicher Rahmen sich ca. von der ersten bis zur 30. Minute erstreckt. Alles über dreißig Minuten kann dem Langzeitkomfort zugeordnet werden (vgl. Abbildung 3).



Abbildung 3: zeitliche Einteilung des statischen Komforteindrucks (Mergl, 2004)

Als nächstes stellt sich die Frage, was unter Komfort bzw. Diskomfort zu verstehen ist und wie man ihn erfassen oder messen kann. Hierzu ist es zunächst nötig den Begriff Komfort näher zu definieren. Hertzberg (1958) versuchte Komfort als Abwesenheit von Diskomfort zu erklären. Jedoch zeigten Zhang und Helander (1996), dass Komfort und Diskomfort nicht die Extrema einer kontinuierlichen Skala darstellen, sondern unabhängig voneinander sind. Mithilfe einer Clusteranalyse fanden sie heraus, dass der Begriff Komfort mit Aspekten des „Gefallens“ zusammenhängt, während Diskomfort das „Erleiden“ beschreibt. Nach dem Modell von Zhang und Helander stehen die Achsen von Komfort und Diskomfort senkrecht zueinander. Dies hat zur Folge, dass durchaus zur gleichen Zeit Komfort und Diskomfort empfunden werden können. Ein Beispiel für das gleichzeitige Auftreten dieser Empfindungen ist die Fahrt mit einem Sportwagen, mit dem man immer schon einmal fahren wollte. Während der Fahrt ist zweifellos

der Gefallensaspekt (=Komfort) sehr hoch, da es sich toll anfühlt diesen Wagen zu fahren. Andererseits sind objektiv hohe Diskomforteinflüsse vorhanden. Dies können zum Beispiel die Schwingungen durch das hart gefederte Sportfahrwerk sein (vgl. Abbildung 4).

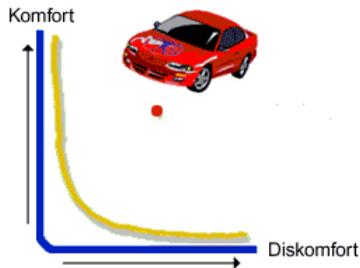


Abbildung 4: Modell zum Komfort / Diskomfort nach Zhang, Helander

Ausgehend vom Potenzgesetz der Psychophysik, das besagt, dass die Empfindung eine Funktion des Reizes ist, steht am Beginn die Suche nach messbaren Reizen. Nur objektive Größen, wie Druck oder Schwingungen, sind messtechnisch erfassbar und diese rufen beim Menschen bei hoher Intensität Aspekte des Erleidens (=Diskomfort) hervor. Eine objektive Erfassung des Designs, also des Gefallens ist derzeit nicht möglich. Aus diesem Grund kann in dieser Arbeit nur der Diskomfort erfasst werden. Somit wird im Folgenden von Sitzdiskomfort gesprochen.

1.2 Literaturüberblick zum Zusammenhang von Sitzdruckverteilung und Sitzdiskomfort

Da verschiedene Autoren (Verver, 2004; de Looze, 2003) die Druckverteilung als eine Haupteinflussgröße auf den Komfort/Diskomfort angeben, konzentriert sich diese Arbeit auf die Druckverteilung. Der Artikel von de Looze et al. (2003), in dem eine umfassende Literaturrecherche zum Zusammenhang zwischen Komfort/Diskomfort und objektiven Messgrößen vorgestellt wird, bestätigt, dass die Druckverteilung den deutlichsten Zusammenhang zu den subjektiven Bewertungen hat. Weitere objektive Größen sind: Haltung, Muskelaktivität (EMG), Wirbelsäulenbelastung und Schwellung der Füße.

In der Literatur wird nicht einheitlich nach Komfort oder Diskomfort unterschieden. Daher wird im Folgenden immer angegeben, welche Größe jeweils gemessen wurde.