

Comfort, experience, physiology and car seat innovation

Theory, Design and Evaluation

Matthias Manfred Franz

Matthias Manfred Franz BMW AG München

Cover drawings by M. Speck BMW

Printed by Ipskamp Drukkers

Published by Matthias Manfred Franz

ISBN/EAN: 978-90-9025398-5

© 2010 MM Franz

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording, or by any information storage and retrieval system, without permission from the author.

Comfort, experience, physiology and car seat innovation

Theory, Design and Evaluation

Proefschrift

**ter verkrijging van de graad van doctor
aan de Technische Universiteit Delft,
op gezag van de Rector Magnificus Prof. ir. K.C.A.M. Luyben,
voorzitter van het College voor Promoties,
in het openbaar te verdedigen op maandag 5 juli 2010 om 10:00 uur
door Matthias Manfred FRANZ
bachelor physiotherapy HVA Amsterdam
geboren te Rosenheim Duitsland**

Dit proefschrift is goedgekeurd door de promotoren:

Prof. dr. P. Vink

Prof. dr. H. Bubb

Samenstelling promotie commissie:

Rector Magnificus, voorzitter

Prof. dr. P. Vink, Technische Universiteit Delft is promotor

Prof. dr. H. Bubb, Technische Universität München, promotor

Prof. dr. S. Hallbeck, University of Nebraska-Lincoln

Prof. dr. ir.R.H.M. Goossens, Technische Universiteit Delft

Prof. dr. M.P. de Looze, Vrije Universiteit Amsterdam

Prof. ir.D.J. van Eijk, Technische Universiteit Delft

Dr. ir. S. Silvester, Technische Universiteit Delft

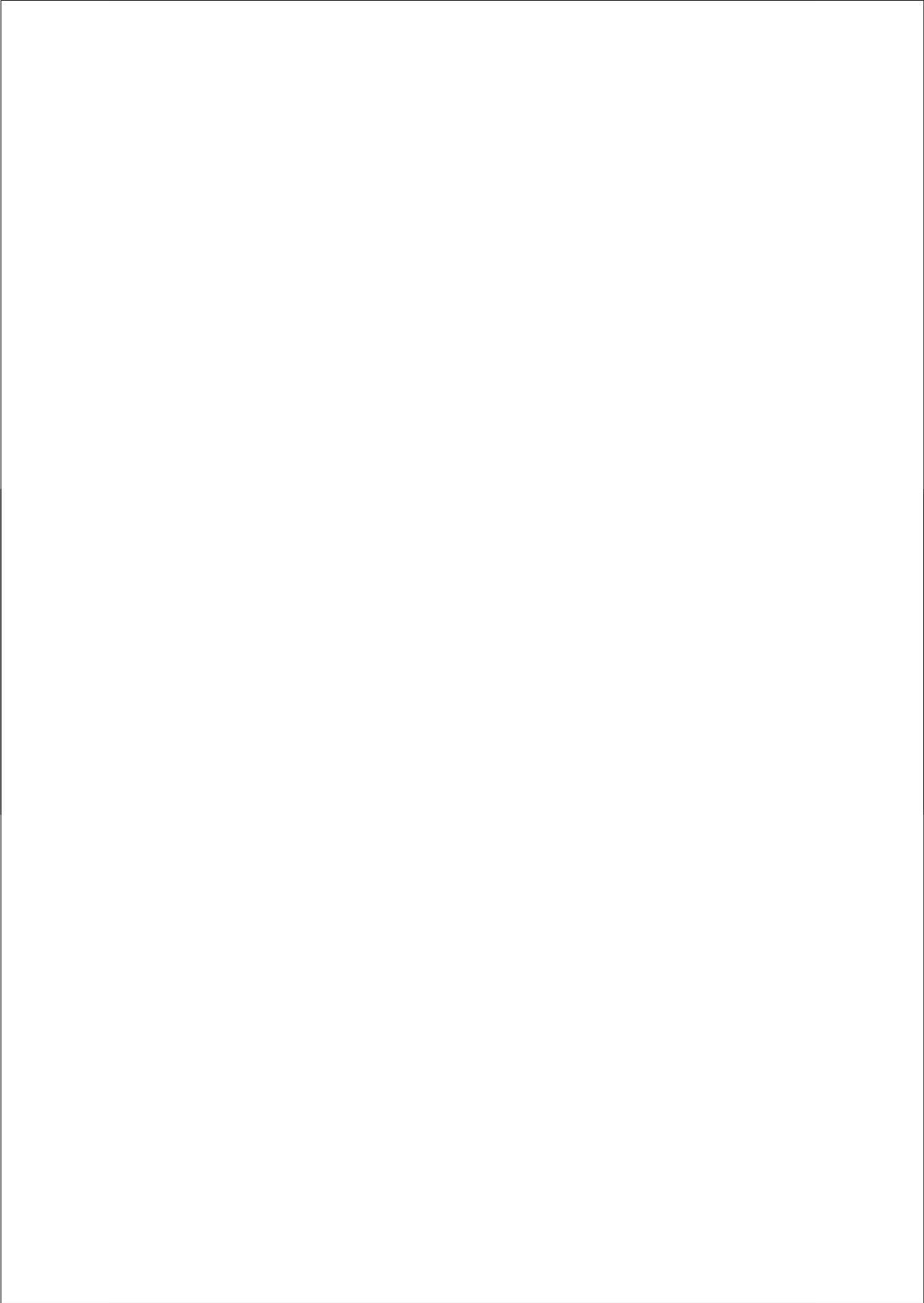
1	INTRODUCTION	7
1.1	Research topic.....	7
1.2	Relevance for the car manufacturer	9
1.3	Comfort considerations	11
1.3.1	Definition of comfort	11
1.3.2	Physiological effects of sitting	13
1.3.3	Theory of this thesis using the comfort models	17
1.4	Outline of this thesis	22
	References.....	25
2	THE EFFECT OF A LIGHT WEIGHT MASSAGE SYSTEM ON COMFORT AND EMG	29
2.1	Introduction	29
2.2	Measuring Comfort.....	30
2.2.1	Comfort and Massage	31
2.2.2	Just-noticeable difference (jnd) threshold for speed and intensity of the LWMAS	31
2.2.3	Comfort predicted on EMG.....	32
2.2.4	Hypothesis	32
2.3	Methods.....	32
2.3.1	Test participants	32
2.3.2	Massage system	33
2.3.3	Tasks.....	34
2.3.4	Measurements.....	35
2.3.5	Analysis	36
2.4	Results	37

2.4.1	Results of the subjective measures on the Munich circuit test (Experiment 1)	37
2.4.2	Result of the EMG driving circuit (Experiment 2)	37
2.5	Discussion.....	39
2.5.1	Comfort.....	39
2.5.2	EMG	39
2.5.3	Disadvantages of the study	40
2.6	Conclusion	41
	References	41
3	DISC PRESSURE EFFECTS ON THE SPINE, INFLUENCED BY EXTRA EQUIPMENT AND A MASSAGE SYSTEM IN CAR SEATS	45
3.1	Abstract	45
3.2	Introduction.....	45
3.2.1	The research question	46
3.2.2	Massage system design	46
3.3	Experimental design.....	48
3.3.1	Implantation of the sensors.....	49
3.3.2	Experimental setup	51
3.4	Results.....	55
3.5	Discussion.....	56
3.6	Conclusion	58
3.7	References	58
4	SPINE LOAD IN AUTOMOTIVE SEATING	63
4.1	Abstract	63
4.2	Introduction.....	63

4.3	Experimental design	65
4.3.1	Implantation of the Sensors.....	65
4.3.2	Experimental Setup.....	67
4.4	Results	69
4.5	Discussion	70
4.6	Conclusion.....	72
4.7	References	73
5	COMFORT EFFECTS OF A NEW CAR HEADREST WITH NECK SUPPORT.....	77
5.1	Abstract.....	77
5.2	Introduction	78
5.3	Method.....	79
5.3.1	Test subjects	80
5.4	Experimental design	80
5.4.1	The comfort score	81
5.5	First experimental procedure (Mock up test).....	82
5.5.1	Second experimental procedure (Hexapod test)	85
5.5.2	Statistical analysis.....	87
5.6	Results	87
5.7	Discussion	91
5.8	References	92
6	BODY MOTION AND PRESSURE DISTRIBUTION OF TWO LUMBAR SUPPORT CONCEPTS IN CAR SEATS.....	95
6.1	Abstract.....	95

6.2	Introduction.....	95
6.3	Materials and method	100
6.3.1	Anthropometric data	100
6.3.2	Prototypes	100
6.3.3	Recordings	101
6.4	Results.....	102
6.5	Discussion.....	104
6.6	Conclusion	106
6.7	References	106
7	A LIGHT WEIGHT CAR SEAT SHAPED BY HUMAN SURFACE CONTOUR	109
7.1	Abstract	109
7.2	Introduction.....	109
7.3	Method	111
7.4	Lab test	112
7.4.1	The contour modelling process.....	114
7.4.2	Retest with the new light weight seat shell	114
7.5	Results.....	115
7.5.1	Results, lab test	115
7.5.2	Processing of the scanned data.....	116
7.5.3	Results retest seat shell.....	117
7.6	Discussion.....	118
7.6.1	Surface material for the body contoured seat	119
7.6.2	Reflection of the methods	119
7.7	Conclusion	120
7.8	References	120

8	COMFORT THEORY CONSIDERATIONS.....	122
8.1	Introduction	122
8.2	Posture variation and massage	123
8.3	Seat settings	124
8.4	Head and neck rest.....	125
8.5	Specific lumbar supports	125
8.6	The use of human contour for light weight seats.....	126
8.7	Model adaptation for future seat development.....	127
8.8	Reflection on the methods	128
8.9	Future research	129
8.10	References	131
9	APPENDIX.....	133
9.1	About the patents	133
9.1.1	Massage seat patent	133
9.1.2	Neck rest patent	152
9.1.3	Lumbar support patent	163
9.1.4	Space Comfort Shell patent	173
9.1.5	Adaptive seat surface patent.....	195
	SUMMARY.....	210
	PUBLICATIONS	213
	ABOUT THE AUTHOR.....	216
	ACKNOWLEDGEMENTS.....	217



1 Introduction

1.1 Research topic

In 2008, 52,940,559 cars were produced worldwide (www.worldometer.info/cars). Each car has minimal one person (driver). The seat comfort is experienced by even more than 52,940,559 people because there are passengers as well. However, the scientific knowledge supporting the design of a comfortable car seat is scarcely available and the effect of new features such as massage systems, neck rests, ultra light seats, lumbar supports and the form of the seat are unknown. These factors could play a crucial role in the decision to buy a car (Zenk, 2008). Of course, many other factors also play a role in buying a new car, e.g. model, colours, design, styling, motor power, fuel consumption, safety, environment, and driving preferences. Nevertheless, seating comfort is also a factor to be considered (see fig. 1.1). In the western world, drivers are interested not only in comfort but also in keeping their body in a healthy shape (Vink, 2005). This health trend is also apparent in the area of car seats. A lot of car manufacturers produce car seats with the intention of protecting e.g. the spine while using the car (see fig. 1.2). Manufacturers use luxury, comfort, safety and health to distinguish their products from their competitors e.g. Rolls-Royce Ghost (see fig. 1.2).



Figure 1.1 BMW 5 series advertisement for interior / seats and comfort



Figure 1.2 Rolls-Royce Ghost advertisement for luxury, comfort and health

Apart from the health and comfort issues, the sustainability discussion should also be given serious consideration. The number of features in car seats expanded the last years. Basic powered front seat movements, heater mats, cushion extensions, heated and cooled seats, massage systems are now build in car seats to increase comfort. All these features have a weight while form an environmental point of view. Cars should be more lightweight. Therefore, the future challenge is to make safe, lightweight seats that have a high comfort and health experience. The objective of this thesis is to contribute to the knowledge in this area. This knowledge can help car and seat manufacturers to address the issue of comfortable and healthy lightweight car seats and to stay ahead of the competition.

Research question

The purpose of this thesis is to increase the knowledge of car seat comfort by relating it to physiological mechanisms in the human body. To learn more about the effect of features on the comfort experience new features were developed and the effects were tested. The reason for the choice of these features will be discussed in paragraph 1.3. The research question is:

Do new features in car seats, such as massage systems, active lumbar supports, neck supports and human body contour forms increase comfort and is there a physiological explanation?

To answer this research question five unique patented designs were made, and these were tested in five experimental studies. In these studies the comfort as well as the physiological processes were examined. The design and manufacturing of all the parts of the seat was in fact a major element of this PhD work.

1.2 Relevance for the car manufacturer

By using physiological knowledge in car seat design, the development process naturally becomes more complex. Apart from the engineers and designers, experts with medical knowledge are needed as well.

Information is also needed from the end user as the international scientific literature agrees that comfort is a subjective phenomenon (Looze et al, 2003) and should be studied by using real end-users (Vink, 2005). On the other hand, it is important for the seats to be produced as cheaply as possible. Fuel efficiency, lightweight cars and the design process go hand in hand (TU-Delft, symposium for advanced car design, 2009) and all are very significant today.

The aim of seat manufacturers is to produce a high quality seat as cheaply as possible. It is not always necessary to spend more money in the seat development process, because the key is to change the design process and involve human factors and physiological specialists for creating comfortable, user friendly seats which are beneficial for the health.

The BMW customer can choose different seat models such as a standard or a 20 way comfort seat and a sport seat. All three seat models have their own design and their own style for the particular driving situations. The selection of one of these three car seats is according to the experience of sales experts mostly influenced by emotion and the driver's own experience. A choice of seats is also available with other premium category car manufacturers like Mercedes Benz and Audi.

Fifty years ago the seats focused on functionality and adjustability. The seat length of the BMW 502 was adjustable and it was possible to adjust the backrest angle (see the BMW 502 1957 in fig. 1.3).



Figure 1.3 BMW 502, 1957, with adjustable seats

Now a car seat in the premium category is adjustable in 20 ways. The seat comprises many features like massage function, heating, cooling, adjustable side bolsters, lumbar support and an adjustable headrest(see BMW 7 series, 2010 in fig.1.4).



Figure 1.4 BMW 7series, 2010, with 20 way comfort seats

It is now possible for the majority of customers to adapt the seat to their own individual preferred position. All these features provide a better comfort feeling while driving. A great step forward was to include heating and cooling systems in the seat. The temperature between the human body and the seat, as well as the temperature inside the car have a significant influence on the comfort perception. Kaynakli et. al. (2005) describe a combined theoretical and experimental study of thermal comfort during the heating period inside an automobile and stated, that there is substantial interest in the development of more efficient techniques for achieving and maintaining passenger thermal comfort in an automobile environment. Bartels (2003) stated that the

physiological seat comfort of airplane seats can be considerably improved if the moisture transport between human body and the seat is enhanced. Car manufacturers added more features in the last decades to enhance seat comfort. This thesis is a continuation of this trend and explains how different features within the seat can increase the comfort level; including extra features such as a massage activity system, a lumbar support and a comfortable headrest with neck support. The idea, construction and realization is based on physiological models and this means that each feature is built for the human body, to provide comfort, health which should cause a feeling of well being and as well fun.

Comfort is of high relevance in cars. There have been many studies on this topic (e.g. Mergl, 2006; Ebe & Griffin 2001). Also, Vink (2005) mentioned that many customers are influenced in their product choice by products that provide better comfort.

1.3 Comfort considerations

“Comfort” is the first word in the title of this thesis and so it is very important to provide a definition and interpretation of what comfort means.

1.3.1 Definition of comfort

The meaning of the word comfort is described in many dictionaries as **“being relaxed and free from pain- well being”**. The word comfort has been defined in Webster’s Dictionary as a state or feeling of having **relief, encouragement** and **enjoyment**. Slater (1985) defines comfort as a **pleasant state** of physiological, psychological and **physical harmony** between a human being and its environment. The definition of Slater is taken in this PhD thesis because the goal of all features is to increase the comfort feeling as described by the definition of Slater. To provide better comfort, the little car seat research that is available is mainly focused on the decrease of discomfort. The highest that can be achieved is that people will not notice the discomfort anymore. Another possibility following the definition of Slater is to implement physiological knowledge in the seat research process, to increase the comfort in such a way that people will notice it.

Comfort and health

A part from comfort health issues are considered as well in this thesis partly because there is a clear link between discomfort and musculoskeletal complaints (Hamberg, 2008). A lot of physiological measurements are based on health research. Seat comfort is a complex phenomenon (Looze et al, 2003). Many researchers have studied factors that influence subjective comfort (Zenk 2008, Vink 2005, Looze et al, 2003, Kuijt- Evers, 2007, Mergl, 2006, Helander & Zhang 1997, Zhang et al, 1996). Factors include skin perception, muscular activity, posture, joint angle interface, pressure, stiffness and suspension of the seat cushion and backrest. Posture variation and frequencies of posture changes are also considered. In all of these studies it is assumed that there is a relationship between comfort and measured factors.

For instance Mergl (2006) states that the seat should reduce postural stress and optimize muscular tension. Looze et al, (2003) says that pressure distribution is related to comfort.

The skin, which contains a variety of sensors, provides the necessary information to the brain about the current state of perception. For example pressure distribution.

However, this is not a single factor as e.g. temperature also influences the relationship between pressure and comfort. Tittel (2001) describes that the perception of pressure is reduced by 15% if the temperature of the skin is below 20 C°.

Many factors are related to comfort and it is difficult to deal with these factors, for example side bolsters support the body in curves, but on the motorway this support is not needed and could give too much pressure and prevents the change of posture, which is needed to improve comfort (see chapter 8). Rosmalen et al. (2009) shows that adding a headrest also influences the comfort experience, but it does not have an effect in every neck angle. These are only two of many challenges to find an optimum. A theoretical model describing the background of comfort could be of help here. However, there is no internationally accepted detailed comfort model at the moment explaining the process of how a seat leads to a certain comfort perception taking into account the variation between subjects.

Three comfort models from Bubb (see fig. 1.5), Looze (see fig. 1.6) and Vink (see fig. 1.7) are often cited in the literature. However, it is acknowledged by Bubb, Looze and Vink that additional measurements are necessary in practice to validate these models. The data of this thesis could be used to check the descriptive models. These three models are more descriptive and it would also be good to have predictive models to be able to know that when you pay attention to a certain aspect, the comfort experience will be improved.

1.3.2 Physiological effects of sitting

In the literature many studies can be found concerning sitting and its effects on the human body. This chapter concerns the main conclusions of important reviews regarding this topic. Based on this thesis and additional papers the consequences regarding our knowledge in this area will be described in this paragraph. A few literature reviews related to the physiological effects of sitting are available, Looze et al (2003) focused on comfort effects and Nordin (2004) on the effects of sitting and back complaints. Lueder (2004) uses the literature to show the importance of movement while seated and Zenk (2008) made a literary review of comfort and sitting while driving. Recently, at the Innovative Seating Conference 2010 new scientific challenges like light weight materials for car seats were also discussed based on the latest knowledge.

Comfort and sitting according to Looze et al. (2003).

In 2003 Looze et al. (2003) made a review of the scientific literature on the relationship between sitting comfort and discomfort and objective measures. His conclusions are still valid. He found 21 studies in which simultaneous measures of an objective parameter and a subjective rating of comfort or discomfort were obtained. Pressure distribution appeared to be the objective measure with the clearest association with the subjective ratings. For other variables, regarding spinal profile or muscle activity for instance, the reported associations are less clear and usually not statistically significant. Siebertz (2010) showed that this conclusion is still valid. Porter et al. (2003) explained the importance of pressure distribution to avoid high pressure areas. For example, the tissues covering the ischial tuberosities can be subjected to extremely high pressure during sitting that are sufficient to reduce blood circulation through the capillaries. If there is no readjustment of body position, then metabolic build up and the symptoms of

aches, pain, discomfort and numbness occur. Additionally, strains in various tissues could cause pain as well as local reduction in fluid transport. Looze et al (2003) describe that there are small indications that electromyography (EMG) could be related to discomfort. Kuijt-Evers (2007) showed in her PhD-thesis that for hand tools there is a clear relationship between comfort and muscle activity. A continuous level of muscle activity was perceived as being less comfortable. A high muscle activity for a short time could be positive for the body because of the activated blood flow.

Back complaints and seating according to Nordin (2004).

Some years ago manufacturers of seats stated that their chairs prevent back complaints (Nordin, 2004). Nowadays, this vision is changing. Nordin (2004) shows in her review of high quality epidemiological studies that seating in itself is not a risk factor. In those epidemiological studies large groups of people were followed and a comparison was made between groups that sit frequently and those that do not sit frequently. These studies measured over years whether back problems developed and several studies showed that sitting by itself is not a risk factor for back pain. On the other hand, Nordin (2004) also showed that sitting in restricted postures as well as sitting in combination with vibration is a risk factor. This means that for car seats the risk is there. Ariens (2001) showed that unsupported static postures also increase the chance of neck pain. Work with higher values of neck activity measured by EMG resulted in more complaints.

Stimulating movement and lumbar support according to Lueder (2004)

In her review Lueder (2004) comes to largely the same conclusions as Nordin. Based on other studies for instance Graf et al (1995) Lueder states that fixed postures are likely to lead to disabling back pain. Bendix (1996) maintained that such damaging effects are more related to a lack of physical variation. The actual lack of variety for postures is more hazardous than the sedentary nature of, for instance work. Therefore, over the last two decades, Lueder (2004) states, our focus in office seats has gradually shifted from identifying the best single sitting posture towards a more dynamic view of sitting and movement. This is also indicated by scientific experiments. Dieen et al. (2001) found that

the length of the human body, another musculoskeletal effect, increased significantly more after sitting in a chair that made people move compared with people sitting in a fixed chair. These movements were imposed by synchronic mechanisms and dynamic chairs making independent movement of the seat and backrest possible. Both seats had a positive effect. Lueder (2004) also shows in her literature review that there are indications that a lumbar support is preferable. Research indicates that the lumbar support can reduce the load on the spine, but it also tilts the angle of the individual vertebrae so that stresses at the front of the disc increase and characteristics of the lumbar supports only benefit users if they are properly designed, correctly adjusted to the use, and the user sits in a manner that takes advantage of the feature.

Car seat position and musculoskeletal effects according to Zenk (2008)

The opinion of experts that upright sitting with the back and legs at 90 degrees is the best (Lueder, 2004), is also changing. Zenk (2008) showed in his literature review referring to for instance Wilke (2001) and Harrison (2000) that the posture with the trunk supported and positioned somewhat backwards resulted in the least discomfort, the lowest EMG of the back muscles and lowest loading in the intervertebral disc. A high load on the intervertebral disc could cause fluid to leave the nucleus pulposus. Additionally, a static posture could influence the fact that there is a lack of fluid transfer from and to the nucleus. He also showed that some support under the front of the legs reduces discomfort as well over a longer time period. After this study he used the studies of Mergl (2005) and Hartung (2006) to define the ideal pressure distribution. The ideal pressure distribution leading to the lowest discomfort for car seats is shown in figure 4.1.

Reducing discomfort is important as Hamberg et al. (2008) recently showed that a lower discomfort does significantly reduce the chance of neck and upper back complaints.

Innovative seating 2010.

In a concluding remark by the chairman of the Innovative Seating Conference 2010, Siebertz (2010) mentioned three additional noticeable trends in the last few years of innovative seating research:

- Subjective testing is now common. Most presentations at the conference and research in the literature showed that OEMs and suppliers used experiments with mock-ups, models, prototypes or cars to optimize comfort. This is not unusual since the driver or the passenger really decides on whether a seat is comfortable or not.
- Biomechanics receives more attention. Most presentations and papers also show an increase in the use of biomechanics in the development of new seats. For example, Ford is building a biomechanical model of the tissue in the buttock in collaboration with universities to calculate the blood flow, compressed tissues and shear forces within the body. The characteristics of the skin, fat, bones, soft tissues and muscles close to the contact areas are modelled as well. An older principle in biomechanics concerns shear forces. By rotating the back support backwards and keeping the seat horizontal the chance of gliding out of the seat in a forward direction becomes larger. This forward gliding force is counteracted by the friction force between the seat and the body and prevents the driver from gliding out of the seat. This forward force on the seat is called a shear force. Shear force can lead to discomfort and if it is maintained for too long this could lead to decubitus (Goossens et al., 1995). It could also lead to lipoatrophia semicircularis, a circumferential furrow in the skin of the thigh (Goossens, 2001). Biomechanical models can provide support in finding the ideal seat pan angle preventing shear forces.
- The use of virtual tool is more common. Various software tools, human models and design tools are now used parallel in one design process to increase the quality of seats and shorten development time. Some of these tools are already in use, and the expectations are high for future use. Various forms of virtual comfort tools are in development. Sometimes a company develops its own digital database like Jaguar/Landrover while e.g. Visagy and the ESI Group have built a model of the car seat with its foam characteristics that can be bought to shorten the development process. Also, the pressure distribution is often modelled and supports the design of the right form of the seat. It is even sometimes partly validated. Montmayeur et al. (2007) used a human seatback contour model based on a human dummy to test various seats and were able to give suggestions for optimizations that correspond to what drivers say.

In conclusion: sitting can have various physiological effects according to the literature:

- blood flow is influenced by for instance pressure or strain, which could even lead to forms of decubitus. There are indications that blood flow restriction should be prevented by reducing shear forces and distributing the pressure (Goossens, 2001).
- degenerative alteration in the spine could be caused by static postures. There are indications that variation in posture will prevent this.
- high pressures and lack of fluid transfer in the intervertebral disc could be caused by static and loading postures (e.g. upright static sitting). There are indications that variation in posture and finding the optimal position, including the right lumbar support, will prevent this.
- high or static muscle activities could be caused by unsupported postures. There are indications that finding the optimal position, including the right lumbar support and a neck support, will prevent this.

1.3.3 Theory of this thesis using the comfort models

Ideally, a comfort model gives specific input for the design of a seat and its environment. There are more specific comfort models available that generate for instance specific data that can be used in forming the seat. Zenk (2008) showed in his PhD thesis that an adaptive seat surface which adjusts itself to the ideal pressure distribution position results in high comfort ratings. Higher than the adjustment the driver made himself (see chapter 4). Montmayeur et al. (2007) used a human seatback contour model based on a human dummy to test various seats and were able to give suggestions for optimizations that correspond to what drivers say. Within the model of Looze (see fig. 1.6) the pressure distribution of Zenk (2008) is one physical aspect related to a physical process. The same is true for the seatback contour model of Montmayeur et al. (2007). Most studies focus on the pressure distribution and contact area between human and seat (Looze et al., 2003) in static situations. It is an important aspect as it is clearly related to comfort.

In this thesis of course attention is paid to the physical interaction between the human and the seat, but as all three models in Chapter 1.3 show that more aspects play a role, attention is paid to other aspects. In this perspective the

model of Moes (2005) might be useful. He has established five phases in the process before discomfort is experienced:

1. I - interaction
2. E - effect in the internal body
3. P - perceived effects
4. A - appreciation of the effects
5. D - discomfort

Moes (2005) also describes that this process is dependent on the:

- Person
- Seat
- Purpose
- Why the seat is used

Moes (2005) describes that if a person uses a seat with a specific purpose, the interaction (I) arises. This interaction consists of, for instance the pressure distribution in the contact area between the subject and seat. An interaction results in internal body effects (E), such as tissue deformation or the compression of nerves and blood vessels. These effects can be perceived (P) and interpreted, for instance as pain. The next phase is the appreciation (A) of the perception. If it is not appreciated, it leads to feelings of discomfort (D).

As described, the interaction in car seat research is now often focused on the fit between seat and body and pressure distribution in a static situation.

In this PhD the following forms of interactions are added:

- the effects of variation in posture by massage, as for instance Dieen et al. (2003) and Lueder (2004) showed the importance of posture variation.
- seat settings as Mergl (2008) showed major effects of seat settings.
- head and neck rests as Rosmalen et al. (2009) showed the effect of a head/neck support on comfort.
- specific lumbar supports as Lueder (2004) show the importance of the right lumbar support.
- the use of the human contour for light weight seats. Mergl (2008) shows the importance of a good pressure distribution and contour as well the fitting accuracy is a crucial element in pressure distribution.

The ideas for these aspects started by thinking of other areas in the seat (than the static contact area between the human body and the seat pan/backrest) that need attention too and can influence the interaction (I in the model of Moes). In all cases the interaction was changed in the direction we assumed an effect was to be expected (I) and the effects in the internal body (E) studied as well as the perceived effects (P) and the appreciation (A).

For determining the interaction which would give the expected effect the model of Looze was used also (see fig 1.6). Below, the expected effects are described and the terms of the model of Looze (2003) are in **bold**:

Posture variation and massage

Adding a **physical feature** massage could reduce muscle activity and rotate the vertebrae, which are **physical processes**. The idea is that this reduces **discomfort** and is more than **expected** and improves **comfort**.

Seat settings

The **physical feature** seat setting could influence the **physical process** pressure in the intervertebral disc. The expectation is that the seat setting with the best pressure distribution gives the lowest pressure in the intervertebral disc and results in the least **discomfort**.

Head and neck rest

Adding a **physical feature** the head and neck rest with the optimal pressure distribution could give an extra support and reduce muscle activity, because the posture of the head and neck is supported, which are **physical processes**. The idea is that this support reduces **discomfort** because of the lower muscle activity and is more than **expected** and improves **comfort**.

Specific lumbar supports

The current lumbar supports could introduce shear forces and their effect could be neutralized by the fact that people shift forwards with their buttock and legs. Adding a specific lumbar support, which solves these problems by supporting the lumbar area and providing a better support for the buttocks, is a **physical feature** that changes the position of body parts, which are **physical processes**.

The idea is that the improved posture by the new lumbar support (see chapter 6) reduces **discomfort** and is more than **expected** and improves **comfort**.

The use of the human contour for light weight seats.

Assuming that all the above mentioned seat aspects including the pressure distribution mentioned in the literature all have a positive effect these should be included in the light weight seat. However, there is no dataset of the human contour available in the driving position of persons between p5 and p95. Therefore, additional data were gathered on the variation in human contours in the driving seat position. This was used as input for the new form of a seat. This **physical feature** will also have effects in the internal body, which is a **physical process**. The idea is that this is needed to minimize **discomfort** which improves **comfort** at the same time.

A couple of aspects will be evaluated after describing all the experiments. It is interesting to find out if this theory is valid as, potentially, it could be applied to many other fields of comfort and seat design.



Figure 1.5 Comfort model of Bubb & Esterman (2000)

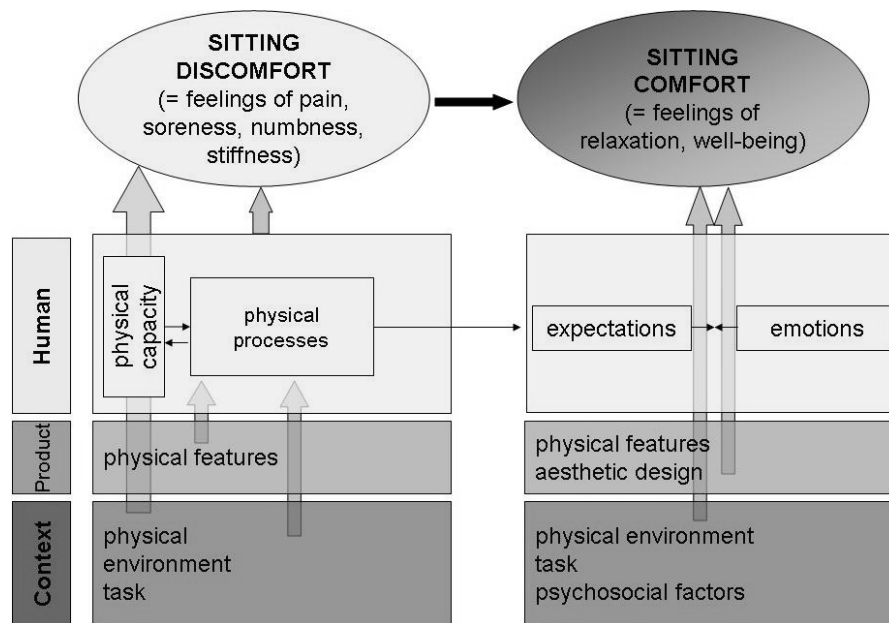


Figure 1.6 Comfort model of Looze (2003)

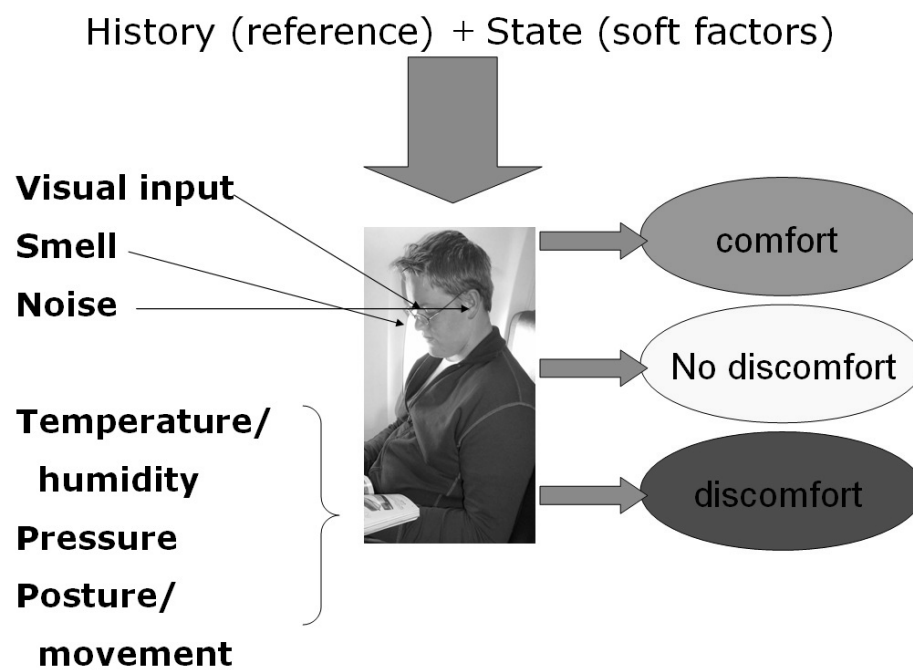


Figure 1.7 Comfort model of Vink et al (2005)

1.4 Outline of this thesis

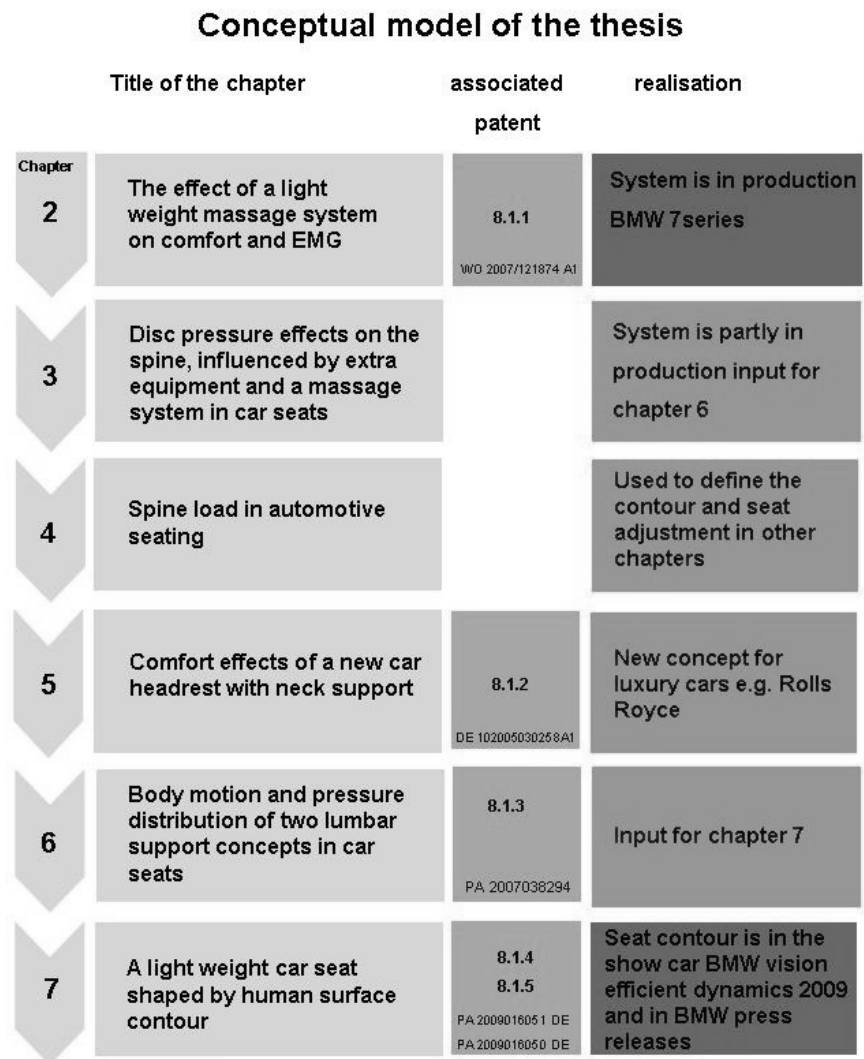


Figure 1.8 Overview of the chapters of the thesis

Figure 1.8 provides a summary of the content of this thesis. It indicates the different chapter contents shown in the second column and the associated patent numbers which have been awarded are shown in the third column. The last column indicates in which projects the research has been realised. For example the results of chapter 2 are now used in the new BMW 7 series. The massage system is now available and can be ordered by BMW customers. Possibilities to improve comfort studied in this thesis are a massage system (chapter 2 and 3), an automatic adjusting seat surface resulting in an optimal pressure distribution (chapter 4), a neck rest (chapter 5), a better lumbar support (chapter 6) and a seat fitting close to the human contour (chapter 7).

In chapter 2 muscle activity was recorded and an analysis was made of the comfort of a massage system in the back rest. In the thesis, this specific massage system was developed. It is unique because it has a medically based movement pattern and it is light weight compared to other seats. The system is world patented.

The ideal sitting position was also established, which is described in chapter 4. It is based on the study of Zenk (2008). In this study the subjects were asked to sit in different positions and the comfort was measured. It was validated again with 40 subjects (Zenk, 2008).

In this ideal position the massage system (chapter 2) was activated and the disc pressure was measured - described in chapter 3.

In addition to the massage system in the back rest a new head rest was designed. Special attention was given to the neck area and specifically to the support of the neck - described in chapter 5. The effect of this new headrest on comfort was also analysed.

In the specialist area of seat comfort, there have been a number of publications concerning lumbar support. Various versions of lumbar support were tested in this study in order to find the optimal support for the lower back when sitting in a car seat (see chapter 6). Body movement, pressure distribution and comfort experience were measured. The disc pressure while using a standard lumbar support adjustment was also analysed (see chapter 3).

The accumulated knowledge derived and established in chapters 2 - 6 was used to design a new light weight seat described in chapter 7. The light weight seat (chapter 7) was developed in such way that all other feature (massage,

neckrest, lumbar support) can be integrated as well in the seat. In order to develop a light weight seat, it became evident that certain adjustment features had to be altered in order to save weight. For this reason, a 3D human body contour based back rest form was developed and this was incorporated into the seat design to increase the comfort experience.

The results of chapter 7, were transferred to the ultra light car seat. The seat was shown in the BMW Show Car- Vision Efficient Dynamics at the IAA Motor Show Frankfurt 2009 and BMW FIZ Forschungs- und Innovationszentrum München Infotainment and Mobility 2009.

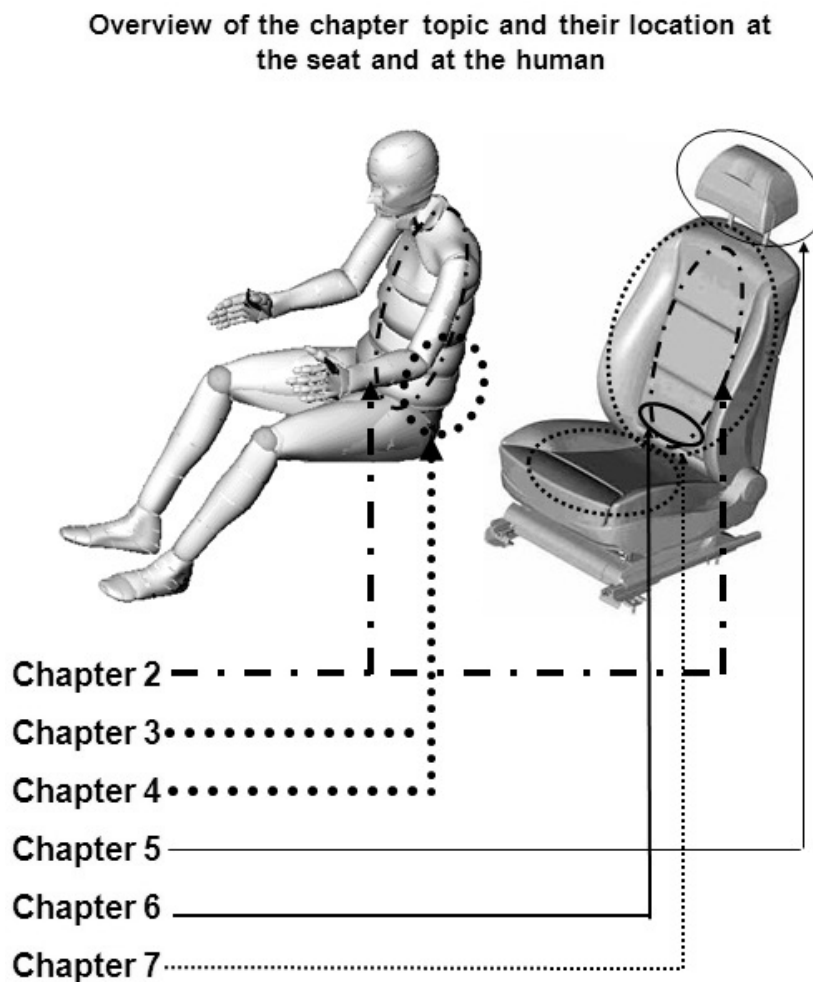


Figure 1.9 A schematic overview of the issues studied in this thesis

Figure 1.9 illustrates the chapter topics in relation to the human anatomy and the different areas of the car seat.

Apart from the questions on comfort answered by the subjects, physiological measurements were undertaken to be able to explain the comfort score. The research in chapter 2 focuses on the muscle reaction of a massage system in the neck, shoulder and back, which was recorded by EMG.

The effects of the massage system, lumbar support and different seat settings on the pressure in the spinal discs are analysed in chapters 3 and 4.

Chapter 5 focuses on the influence of a head rest on comfort in the neck and head area when performing a driving task. Chapter 6 is concerned with the human body posture when influenced by changes in the lumbar support in relation to comfort and health.

Chapter 7 focuses on the comfort contour elements of the light weight seat. The seat shape was based on the contour and anatomy of the human body.

In all areas of the research programme the human body was the starting point. The seat development and construction that followed was therefore based primarily on anatomical and physiological considerations with the aim of improving the comfort experience.

References

- Ariens GAM. Work-related risk factors for neck pain. PhD thesis Vrije Universiteit, Amsterdam, 2001.
- Bartels TV. Thermal comfort of airplane seats: influence of different seat materials and the use of laboratory test methods, *Applied ergonomics* 2003; 34, 393-399
- Bendix T, Poulsen V, Klausen K, Jensen CV. What does a backrest actually do to the lumbar spine? *Ergonomics* 1996; 39, 533–542.
- Bubb H, Estermann S. Influences of forces on comfort feeling in vehicles, SAE Conference no 2000-01-2171, 2000.
- Dieën JH van, Looze MP de, Hermans V. Effects of dynamic office chairs on the low back. *Ergonomics* 2001;44:739-50.

Ebe K, Griffin MJ. Factors affecting seat cushion comfort, *Ergonomics* 2001; 44: 901-921.

Goossens RHM, Snijders CJ. Design criteria for the reduction of shear forces in beds and seats. *Journal of Biomechanics* 1995; 28: 225-230.

Goossens RHM. Lipoatrophia semicircularis, een hypothese. In : *Lipoatrophia Semicircularis*, Informatiebrochure samengesteld naar aanleiding van het wetenschappelijk symposium ribbeldijen en de relatie tot beeldschermwerk, pagina 14-15, Brussel 2001

Graf M, Guggenbuhl U, Krueger H. An assessment of seated activity and postures at five workplaces. *International Journal of Industrial Ergonomics* 1995; 15: 81–90.

Hamberg-van Reenen HH, van der Beek AJ, Blatter BM, van der Grinten MP, van Mechelen W, Bongers PM. Does musculoskeletal discomfort at work predict future musculoskeletal pain? *Ergonomics* 2008; 51: 637-48.

Hartung J. Objektivierung des statischen Sitzkomforts auf Fahrzeugsitzen durch die Kontaktkräfte zwischen Mensch und Sitz, Dissertation am Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München, 2006

Harrison DD, Harrison SO, Croft AC, Harrison DE, Troyanovich SJ. Sitting Biomechanics: Part 1: Optimal Car Driver's Seat and Optimal Driver's Spinal Model. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics* 2000; 23(1): 37-47.

Helander, MG and Zhang, L. Field studies of comfort and discomfort in sitting. *Ergonomics* 1997; 40: 895–915.

Kaynakli O, Kilic M, An investigation of thermal comfort inside an automobile during the heating period, *Applied Ergonomics* 2005; 36: 301–312

Kuijt-evers LFM, Comfort in handtools, PhD thesis, TUDelft, 2007

Lueder R. Ergonomics of seated movement. A review of the scientific literature. *Humanics ergosystems*, Encino, 2004.

Looze MP de, Kuijt-Evers LFM, Dieen J van .Sitting comfort and discomfort and the relationships with objective measures. *Ergonomics* 2003; 46: 985-997.

Mergl C. Entwicklung eines Verfahrens zur Objektivierung des Sitzkomforts auf Automobilsitzen, Dissertation: Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München, 2006.

Montmayeur N, Marca C, Cabane C, Dwarampudi R, Kolich M, Nunez S, Virtual Seat Comfort Assessment through Effective Fore-Aft Lumbar Travel Prediction with a HPM-II Dummy Model, 7th International CTI Forum on Automotive Seats June 27-29th 2007, Munich, cd-rom 5 pages

Moes NCCM, Analysis of sitting discomfort, a review. In: Contemporary ergonomics 2005 (eds: Bust PD, McCabe PT), 200-204, Taylor & Francis, London.

Nordin M. Zusammenhang zwischen Sitzen und arbeitsbedingten Rückenschmerzen. In: H.J.Wilke (ed.) Ergomechanics (pp. 10-35), Aachen: Shaker Verlag, 2004.

Porter JM, Gyi DE, Tait HA. Interface pressure data and the prediction of driver discomfort in road trials. Applied Ergonomics 2003; 34: 207–214.

Slater K. Human Comfort, Springfield, IL: Charles C. Thomas, 1985.

Rosmalen, MK van, Groenesteijn L, Boess, S, Vink P. Using both qualitative and quantitative types of research to design a comfortable television chair . J. of Design Research 2009 - Vol. 8, No.1 pp. 87 - 100

Siebertz K. Seat Pressure Distribution and Internal Loads of the Human Body. IQPC 2010 conference on innovative seating, Frankfurt, 2010

Tittel K. Beschreibende und funktionelle Anatomie des Menschen, 23.2 Haut- (oder Tast-) Sinnesorgane (cutis), 1994: Page 311, 12 Auflage, Urban & Fischer, Jena.

TU-Delft (2009) symposium for advanced car design, opinion given by the chairman (De Bont) in summarizing the presentations.

Vink P (ed). Comfort and design: principles and good practice. Boca Raton: CRC Press, 2005.

Wilke HJ, Neef P, Caimi M, Hoogland T, Claes LE. New in vivo measurements of pressures in the intervertebral disc in daily life. Spine 1999; 24(8): 755-762.

Zenk R .Objektivierung des Sitzkomforts und seine automatische Anpassung, PhD TUMünchen, Herbert Utz Verlag, 2008.

Zhang L, Helander MG, Drury CG. Identifying factors of comfort and discomfort in sitting. Human Factors 1996; 38(3): 377–389.

The car and seat shown in the pictures 1.10 and 1.11 have the massage system which has been developed and explained in this thesis. The relevant research is described in chapter 2.

This chapter 2 has been accepted for publication in the Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics. No.: JMPT-D-09-00077.

Franz, M.; Zenk, R.; Vink, P.; Hallbeck, S.



Figure 1.10 BMW 7 series



Figure 1.11 BMW 7 series seats with massage function

2 The effect of a light weight massage system on comfort and EMG

2.1 Introduction

In the automotive industry a competitive advantage could be achieved by the development of especially comfortable car seats (Looze et al., 2003). Today, there are many possible ways to improve the comfort experience. To achieve more seat comfort, special “attention” could be given to the seat form, noise, odour, user-friendliness and smooth “appealing” surfaces (Vink, 2005). An additional idea is the introduction of massage seats to increase the level of well being or comfort experience in the car. The idea of massage systems is not new. Many premium car manufacturers are involved with wellness in car seats and are working on massage systems (e.g. Mercedes Benz 2004; BMW, 2004). However, these massage systems are heavy and often have many different programs which the user can choose. Most of these systems are built into the backrest of car seats and need a lot of space in the seat construction, resulting in weight increase of the seats and consequently of the car. This is not in alignment with the current environmental goals of all car manufacturers to reduce the weight and CO² emissions (e.g. BMW, 2009).

In this study a light weight massage system (LWMAS) was developed for the backrest of a car seat. An important aim of the massage was to rotate the vertebrae alternately by movement actuators. According to Deursen et al. (1999) rotation between the vertebrae can have positive effects on the musculoskeletal system. Therefore the system was built in such a way that parts of the back cushion inflate unevenly on both sides of the spine. For example, this means that at Th3 level and at L3 level, there is inflation on the left side and at Th9 inflation on the right side. This is reversed after a few seconds: Th3, and L3 are inflated on the right side and Th9 is inflated at the left side. Several prototypes were needed to get a final working system, which is now patented world-wide. One possible disadvantage of such a light weight system could be that the effects may be too small and might not be noticed (below the just-noticeable difference (jnd) threshold). Therefore, two experiments were carried out containing questions where participants were asked whether they noticed any effect which would indicate that the massage

system had exceeded the jnd threshold, in addition to their comfort experience. Additionally, EMG was employed to determine whether a massage system had a significant effect on muscle activity in the second experiment.

2.2 Measuring Comfort

Looze et al. (2003) showed that despite the ongoing debate on the meaning of comfort, it is generally accepted that comfort is a reaction to the environment and it is a construct of a subjectively defined personal nature affected by various factors (physical, physiological, psychological). This means that comfort can best be studied by questioning or interviewing the participant. To make it comparable to other BMW studies we used the BMW 10-point comfort scale. However, to explain the effects on comfort, additional objective effects were measured as well. According to Looze et al., (2003) of all objective measures of comfort, pressure distribution in the seat is most often positively related. According to Kyung and Nussbaum (2008) previous studies have shown that preferred pressure levels are different between body parts as well as between anthropometric groups and that there are associations between interface pressure and sitting discomfort. On the other hand, some studies have failed to find this association. For example, Gyi (1996), Gyi et al (1998) and Gyi(1999) indicated that sole use of interface pressure was not successful in predicting car seat discomfort. Additionally, a massage system giving greater variation in pressure over time may be difficult to interpret; therefore EMG was used, the second best method related to comfort according to Looze et al. (2003). Additional recent research by Kuijt-Evers et al., (2007) showed a relationship between comfort and EMG amplitude, giving another reason to use EMG in this study to measure the muscle activity with comfort. The idea here is that more relaxation is related to lower EMG amplitudes. Also, Porter et al. (2003) found that on-road testing was required to assess real comfort.

The research question of this study is: does an activated LWMAS in a car seat improve comfort and reduce back muscle activity?

2.2.1 Comfort and Massage

A rotation between the vertebrae can have positive effects on the musculoskeletal system (Deursen et al. 1999). Helander (2003) describes that blood circulation in sitting is important for well being and feeling comfortable. In various studies subjective measures of comfort have been positively correlated with massage according to Durkin et al. (2006). However, in their experiment regarding the effects of a lumbar massage system Durkin et al. (2006) could not find a statistical significant effect on discomfort of their massage seat. This could mean that the massage should be strong to feel the effect, showing that a test is needed.

On the other hand the effect should not be too strong. In a vehicle, particularly in a car, it is difficult to move during the journey as the driver must concentrate on traffic conditions and steering. This restricts the variation in postures. Enhancing a car seat to stimulate movement is also difficult as a car seat has to give support to the body as, when driving, various forces occur during, for example acceleration, slowing down and in curves. The driver/passenger is often in a fixed position for driving stability and therefore spends a certain time in an unchanged position. These considerations indicate that it could be meaningful to integrate the LWMAS into a car seat.

Deursen et al. (1999) describe positive effects of small rotative movements in the spine; the movement suggests a pumping action, which could improve nutrition by fluid exchange, which requires low-frequent pressure changes in the diffusion process. The idea is that the driver will feel more comfortable and relaxed and have less stress in the muscles, while experiencing comfort.

2.2.2 Just-noticeable difference (jnd) threshold for speed and intensity of the LWMAS

The just-noticeable difference (jnd) threshold for the LWMAS is important because of sensation in the drivers' back as well the effectiveness of the system. It is clear that clothes and coats have an influence on jnd, but the driver should feel the massage function. It is important to find the optimal intensity because the LWMAS should not interrupt or distract the driver during high volume/high stress traffic situations. The LWMAS should be utilized during calm traffic situations such as driving on the highway.

2.2.3 Comfort predicted on EMG

Using EMG in the car seat development is not new. Fujimaki et al. (2003) described a relationship between body movement and EMG in short-term sitting and showed that there is a relationship between discomfort in time and pressure distribution. Kolich et al. (2002) found an influence on muscle tension by a “non light weight” massage system and showed that perception of seating discomfort is associated with quantifiable changes in low back EMG activity (Kolich and Taboun 2002).

2.2.4 Hypothesis

In this paper the hypothesis is presented that the LWMAS increases the comfort of the car occupants and reduces the muscular tension. In order to check the speed and intensity of the LWMAS and influence of the system on the occupants, twenty experienced drivers were selected for an initial subjective experiment for their impressions of jnd and comfort of the LWMAS. A second experiment with the same subjective measures with the addition of EMG on the shoulders and back was also performed while driving with and without the LWMAS active in the seat.

2.3 Methods

2.3.1 Test participants

There were two experiments. In total forty - four 44 participants were involved in the two experiments. The selection of participants being BMW employees was chosen in such a way that a large range of anthropometric dimensions were represented. At least one 5th percentile female length and one 95th percentile male length participated in each experiment (mean age over all 44 subjects 28.4 years, SD 12.1; body height 1.85 m, SD 0.06; body weight 80.1 kg, SD 8.2). In experiment one, fourteen male subjects and six female subjects voluntarily drove a prescribed circuit around Munich and then completed a questionnaire. In the second experiment, twenty - one male and three female subjects volunteered to drive on a test track while EMG was recorded and they also answered a questionnaire. All subjects voluntarily gave permission for the experiment which was approved by an ethical commission of BMW consisting of

three people, one responsible for medical risks, one responsible for engineering failures and one responsible for the experimental set-up. All subjects had a driver's licence and they all reported being free of low back pain for more than 6 months preceding the experiment. All the test subjects were familiar with BMW cars.

2.3.2 Massage system

One BMW 20-way comfort seat was equipped with the newly designed pneumatic light weight massage system (LWMAS). The LWMAS system has 12 massage actuators and 6 movement actuators in the backrest. The complete weight of the system is 740g (see figure 2.1). The massage actuators massage on the left and right side of the spine in longitudinal direction simultaneously, while the 6 movement actuators turn the upper body to the right and left side. One complete process or cycle (massage and movement) takes 60 seconds.



Figure 2.1 Interior of the seat backrest showing the LWMAS, the massage actuators in the middle (round) and the 6 movement actuators in the lateral region (square).

2.3.3 Tasks

Two experiments were performed in a BMW 740 with diesel engine equipped with a LWMAS:

1. Subjective measures after a driving circuit test: The comfort experience rated by 20 participants after completing the circuit driving task.
2. EMG measures after a track test: EMG was recorded from 24 participants while driving a prescribed test track.

2.3.3.1 Subjective measures on the Munich circuit test

The prescribed circuit of approximately 120 minutes divided among town, country and motorway around Munich was defined as the Munich circuit test. The subjects chose their own seat position at the beginning of the test drive (around 9:00) and were asked to keep it at the same position for all 120 minutes.

The test subjects received the following instruction:

- Start the LWMAS when the test drive starts.
- Turn off the system after 60 minutes.
- Complete the questionnaire at the end of the journey.
- Keep windows and sun-roof closed, to maintain the correct temperature/humidity in the car.

2.3.3.2 EMG measures on test track

For EMG measurement consistency, all participants were asked to drive 7 laps on a BMW closed test track of approximately 20 km. The track was composed completely of asphalt. The restrictions on the track were a max speed of 120 km/h on straightways and max of 80 km/h in curves. Surface EMG was measured periodically during the entire test at the track with half the measurements with and half without the LWMAS activated. The average duration of experiment two was 80 minutes.

2.3.4 Measurements

2.3.4.1 EMG

Surface electromyography (EMG) was measured using four pairs of surface electrodes (Neuroline type AMBU 700 15-K; 20 mm inter-electrode distance) at the middle of the muscle bellies of both m. trapezius pars ascendans and at both the m. rhomboideus (see figure 2.2). The middle of the muscle belly was found by palpating during maximal contraction. Additionally an ECG was measured by two electrodes on each side of the sternum (25mm lateral from linea medialis). EMG signals were band-pass filtered (10–400 Hz) and A-D converted at 22 bits (Porti 5–24; epas 24 Schwarzer EMG Munich Germany) and stored on a notebook at a sample rate of 1000 samples/s. Often maximum voluntary contractions (MVC) are used to compare the differences between subjects (e.g. Kingma and Dieen (2009)). In this case a within subject design was chosen. Recordings with and without an active LWMAS were taken of the same subject without replacing the electrodes; thus, maximal exertions were not recorded. Car interior temperature was kept constant at 23°C and humidity at 50% to mitigate potential effects on EMG. Before trials, impedance was tested and if the impedance exceeded 10 KOhm the electrodes were replaced again.



Figure 2.2 Position of the 4 pairs of surface electrodes used in experiment 2.

2.3.4.2 Comfort measurement

The questionnaire was divided into three parts for both experiments. The first part contained questions regarding the recognition of the massage area, the intensity and speed of the system. The subjects were also asked whether they felt distracted while using the LWMAS.

The second part of the questionnaire concerned the demographic characteristics of the study population and consisted of questions regarding gender, body height and weight.

In the third part of the questionnaire the subjects were asked whether the seat was comfortable and whether adaptations were needed in the seat position and in the intensity of the massage.

After completing the questionnaire an experimenter discussed possible solutions for problems they identified as well as issues like causes of discomfort with the test subject.

2.3.5 Analysis

At fixed points along the straightway portion of the test track, 8 seconds of EMG were taken from each subject for each of the 7 laps. Half were in condition with and half without massage. DIADEM software (DIADEM National Instruments Austin, Texas USA) was used to calculate the “root mean square” (RMS) of these EMGs. The ECG value was subtracted before calculating the RMS. For each subject the average and standard deviation of all recordings with and without massage was calculated and the difference between these values were calculated with t-test for paired comparisons ($p < 0.05$). Therefore, the data was kept in microvolts since the %MVC would be utilizing the same referent for each person and this study was only interested in the difference between the trial conditions of with and without the LWMAS experienced by each subject.

2.4 Results

2.4.1 Results of the subjective measures on the Munich circuit test (Experiment 1)

Sixteen out of 20 subjects liked the comfort of the system as well as the speed of the LWMAS. Fifteen out of 20 rated the intensity of the LWMAS as correct. Four subjects mentioned discomfort in the lumbar region while using the LWMAS. After discussion with the test subjects it was decided to change the seat position and it was possible to eliminate the discomfort problem by adjusting the seat to another position. As a consequence in the second experiment much attention was paid to the correct seat adjustment. All subjects reported that they didn't feel distracted by the LWMAS (see figure 2.3).

2.4.2 Result of the EMG driving circuit (Experiment 2)

The trapezius muscle activity was significantly lower ($p=0.038$) while driving with the LWMAS than without it. A similar, but not significant tendency was found for the rhomboideus muscle ($p=0.052$). Seventeen out of the 24 subjects mentioned that their back felt relaxed while driving and eighteen felt relaxed after driving. As in the previous test, no one felt that the driving behaviour was disturbed by the LWMAS. However, one subject was distracted a bit by the EMG electrodes. Twenty-one participants liked the speed of the system (see figure 2.4), one felt the speed was too fast and two felt it to be too slow. Twenty three participants liked the intensity of the LWMAS (see figure 2.4), while one found the intensity to be too strong.

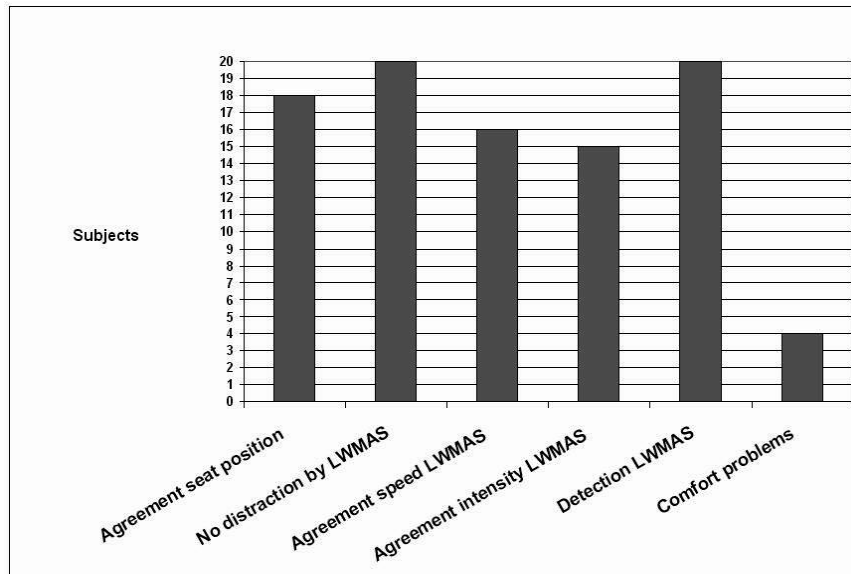


Figure 2.3 Frequency of responses (out of 20) to the comfort questions for Experiment 1.

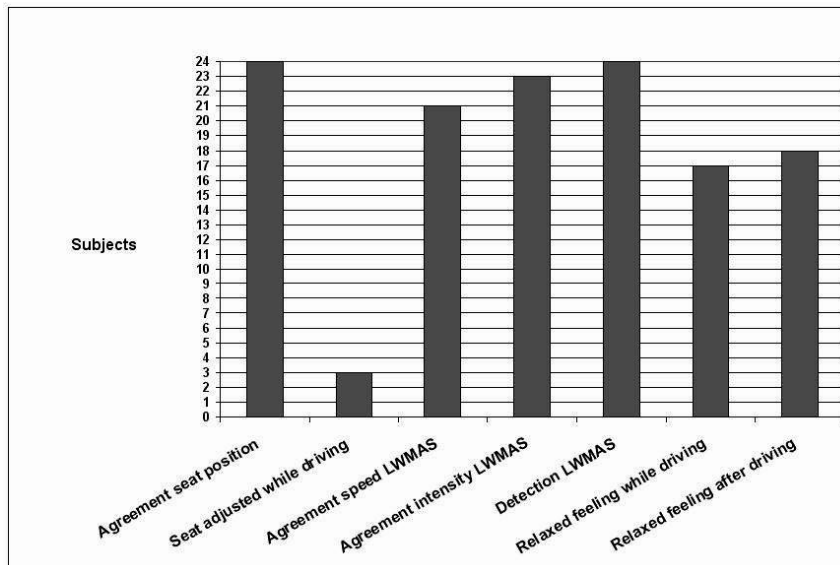


Figure 2.4 Frequency of responses (out of 24) to the comfort questions for Experiment 2.

2.5 Discussion

In this study the massage car seat with LWMAS improved the comfort experience and reduced the muscle activity significantly for the trapezius compared with driving without LWMAS. Despite the light weight version of a massage system, the effects were above the jnd and appreciated by most subjects for comfort, speed and intensity.

2.5.1 Comfort

Results from these two experiments demonstrate that comfort was clearly improved by using the LWMAS during driving. This agrees with the study of Kolich et. al. (2005), who had already shown positive effects of an active seat with a more heavy system. It is also in agreement with the results of Deursen et al. (1999), who describe positive and relaxing effects of small rotative movements in the spine; the movement suggests a pumping action, which could improve nutrition by fluid exchange, which requires low-frequent pressure changes in the diffusion process. However, here an office chair was used with a rotating seat pan making a cyclic movement of a few degrees in the horizontal plane, i.e. small rotation to the left and to the right about a vertical axis rather than an automobile seat.

It would be interesting to know whether the rotative or longitudinal component is the more important, but this cannot be answered based on results from this study. Nevertheless, the effect of the combination has been demonstrated to increase comfort and, therefore, this is the system that will be built in the BMW 7-series.

2.5.2 EMG

The LWMAS reduced the average EMG for both the rhomboid muscles of the subjects. These subjects also reported that they felt more comfortable while using the LWMAS. Therefore, it appears that lower EMG amplitude maybe an explanation for the better perceived comfort. This matches other studies which also show a relationship between comfort/discomfort and EMG such as Kuijt-Evers et al. (2007). This reduction of muscle activity could be explained, in part, by the fact that if the driver feels more comfortable they will relax and have less

stress, measured as lower muscular activity, in the shoulder and upper back region.

2.5.3 Disadvantages of the study

This study has some scientific drawbacks as the study was done in the field; thus, the findings may be difficult to generalize. As in many field studies, some subjects dropped out and did not appear at the test. Another problem is that only experienced BMW drivers could be used since it was a trade secret during testing. It could be that change of activity from their office work was very welcome to these drivers, causing them to report a high comfort rating. They may also not be representative of the BMW driver population; however, 5th through 95th percentile subjects were asked to drive with and without LWMAS to overcome this potential bias. An advantage of experienced test drivers is that the subjects were experienced and very relaxed while driving a research car; however some of the test subjects didn't drive BMW 7-series frequently and these subjects were more nervous while driving with the research car. Overall, the measurement situation and the drive at the track were normal for them.

Another disadvantage is that there was no control group driving the whole track time without massage seat. The hiring of the track, car and BMW personnel was expensive, so budgetary reasons required the testing to be done without a control group and with all subjects using massage and without massage. However, from a scientific point of view a control group and a group starting with and a group starting without massage would have been preferable.

Additionally, other measurements for micro movements could have been added to find out whether the micromovements or reduction in muscle activity could cause the perceived increase in comfort. Because of the difficulty of recording micro movements during driving, which in itself causes micro movements, we decided to focus on EMG and the comfort experience in this experiment. For BMW it was valuable to know that the massage was noticed while driving and that the comfort was improved for the majority of drivers and that some muscle activity was reduced while the LWMAS was active.

For future research it is important to find out which elements in the massage have the effect and to understand more about the physiological process as the

current theoretically described process based on physiotherapeutic handlings is still a theory and only the end effect is studied in this paper.

2.6 Conclusion

The purpose of this study was to test the effect of a light weight massage system to determine if the LWMAS speed and intensity was noticeable, not distracting and most importantly a feature that increased comfort while driving. In the second experiment, EMG measurements were obtained to examine the effects of massage on muscle activation and comfort was again measured during driving. These results indicate that the massage system reduces the muscle activity in shoulder and upper back musculature and increases comfort, while not distracting the driver. This LWMAS system seems promising, especially for long-distance driving.

References

- BMW sales brochure 7 series (ref. Prospekt BMW AG München BMW "7er" 411 00 70 2004).
- Deursen DL van, Goossens RHM, Evers JJM, Helm FCT van der, Deursen LLJM van. Length of the spine while sitting on a new concept for an office chair. *Applied Ergonomics* 1999; 31: 95–98.
- Durkin JL, Harvey A, Hughson RL, Callaghan JP. The effects of lumbar massage on muscle fatigue, muscle oxygenation, low back discomfort, and driver performance during prolonged driving. *Ergonomics* 2006; 49: 28-44.
- Frankfurter Allgemeine Sonntagszeitung BMW Efficient Dynamics, MINI Minimalism (ref. FAZ Nr.11/7/ 11, 15.09.2009).
- Gyi D E. Driver discomfort: prevalence, prediction and prevention. Loughborough University, UK; 1996
- Gyi DE, Porter JM, Robertson NKB, Seat pressure measurement technologies: considerations for their evaluation. *Applied Ergonomics* 1998; 27: 85–91.
- Gyi DE, Porter JM. Interface pressure and the prediction of car seat discomfort. *Applied Ergonomics* 1999; 30: 99–107.

Helander MG. Forget about ergonomics in chair design? Focus on aesthetics and comfort! School of Mechanical and Production Engineering, Nanyang Technological University, Singapore, 2003. 639746, Taylor & Francis Ltd.

Kingma I., Dieën JH van. Car driving with and without a movable back support: Effect on transmission of vibration through the trunk and on its consequences for muscle activation and spinal shrinkage. *Ergonomics* 2009; 52: 830-839.

Kuijt-Evers LFM, Bosch T, Huysmans MA, Looze MP de, Vink P.. Association between objective and subjective measurements of comfort and discomfort in hand tools. *Applied Ergonomics* 2007; 38:643-654

Kolich M, Tabound SM, Mohamed AI. Low back muscle activity in an automobile seat with a lumbar massage system. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics* 2000; 6: 113-128.

Kyung G, Nussbaum M A. Driver sitting comfort and discomfort (Part II): Relationships with and prediction from interface pressure. *International Journal of Industrial Ergonomics* 2008; 38: 526-538.

Looze MP de, Kuijt-Evers LFM, Dieën J van. Sitting comfort and discomfort and the relationships with objective measures. *Ergonomics* 2003; 46:985-997.

Mercedes Benz sales brochure "Die Limousinen der E und S-Klasse" Daimler Chrysler AG, Stuttgart, MKP/K6701 0109 00-06/1204).

Porter JM, Gyi DE, Tait HA. Interface pressure data and the prediction of driver discomfort in road trials. *Applied Ergonomics* 2003; 34:207–214.

Fujimaki G, Noro K. Sitting comfort of Office Chair Design. Graduate School of Human Sciences, Waseda University, 2-579-15 Mikajima, Tokorozawa, Saitama, 359-1164 Japan, Noro Ergonomics Laboratory 2003.

Vink P, (ed) *Comfort and design: principles and good practice*. Boca Raton: CRC Press. 2005.

The surgical procedure shown in figure 2.5 was undertaken to implant the pressure sensor in the intervertebral disc (fig. 2.6) which enabled the recording of the disc pressure while using different massage functions.

This chapter 3 is published in the International Journal of Passenger Cars Mechanical Systems April 2009 1:768-774.

Franz, M.; Zenk, R.; Durt, A.; Vink, P.



Figure 2.5 Implantation of the sensors

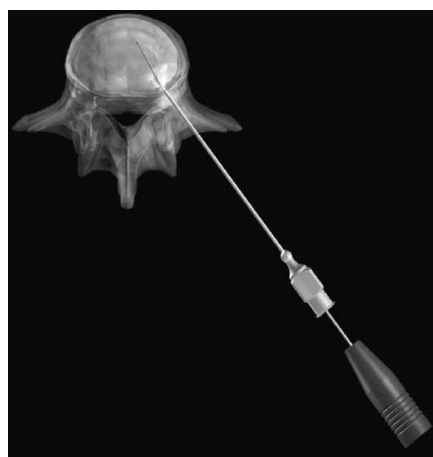


Figure 2.6 Vertebral body, intervertebral disc and the sensor.

3 Disc pressure effects on the spine, influenced by extra equipment and a massage system in car seats

3.1 Abstract

Car seats with a variety of adjustments and massage systems are available in many cars. It could increase comfort. In a vehicle, particularly a car, it is difficult to increase comfort by variation in posture, since the person has to concentrate on traffic conditions and steering. A car seat has to support the body, since various forces occur, such as acceleration, slowing down and lateral forces. The driver / passenger is well supported by the car seat, and spends a certain time in an unchanged position. Due to these facts it could be meaningful to integrate a massage activity system (MAS) into a car seat. In this way, it is possible to devote oneself fully to the task of driving and the surrounding traffic. A MAS can take control of revitalising and changing the sitting position of the car occupants. Until now, the effect of the use of massage systems and additional equipment such as lumbar support on the intervertebral discs has never been studied.

For this experiment a pressure sensor was implanted with a canula in the middle of an intervertebral disc of a voluntary subject. In this way the local pressure in the disc was measured in an automobile with a massage system in the seat.

All measurements were taken in an ideal seat position. In this position the pressure in the disc was very low (0.5bar), but we could see the effects of the massage system.

These results show that minor external changes on the human body have an effect on the pressure in the intervertebral disc.

3.2 Introduction

Car seats with a multitude of adjustments are available in the premium category for all upmarket car manufacturers. In modern society the automobile is an essential companion in everyday life. One opportunity to achieve a competitive advantage is the development of car seats for people who value comfort. Lots of people drive long distances. There are many possibilities for relieving strain on drivers, and achieving well being. A special focus is given to the seat form, comfort, noise, odour, user friendliness, smooth “appealing” surfaces, etc. An

additional feature is the introduction of massage seats to increase the level of well being in the car. In a vehicle, particularly in a car it is difficult to move during the journey, i.e. to alter the position, as the person has to concentrate on traffic conditions and steering. A car seat has to support the body as, when driving, various forces occur, for example acceleration, slowing down and lateral forces. The driver / passenger is well supported by the car seat and spends a certain time there in an unchanged position. Due to these facts it is meaningful to integrate a massage activity system (MAS) into a car seat. The way massage systems work, their effectiveness and use is often discussed by customers and experts in this area (Deursen et al, 2003; Dupuis and Steeger 1991; Fitz and Schreiner, (1998). The features in car seats are also discussed by the medical press (e.g. Ärzte Zeitung 1999), and newspapers (e.g. Frankfurter Allgemeine Zeitung 2001, Motor-Information-Dienst 2001).

The effects of pressure in the disc has been measured in some activities of the daily life (ADLs) by Nachemson (1966), Polga et al (2004) Sato et al (1999) and Wilke et al (1999).

Until now these disc pressure tests have not been performed in car seats using extra equipment and massage systems. Zenk et al. (2007) measured the effects of the pressure in the disc in different seat positions.

3.2.1 The research question

The research question of this study is: does extra equipment such as the massage activity system, the active support system and the lumbar support, influence the pressure on the intervertebral discs and by how much?

3.2.2 Massage system design

In order to answer this research question, first of all a massage seat was designed. According to Deursen et al. (2003) a rotation of the vertebrae has positive effects on the musculoskeletal system. Therefore, a system was developed to rotate the vertebrae alternately. A system was built, in which parts of the back cushion inflate disparately on both sides of the spine. This means that for instance at Th3 level, and at L3 level, there is an inflation on the left side and at Th9 an inflation on the right side. This is reversed after a few seconds: Th3, and L3 are inflated on the right side and Th9 is inflated on the left side.

One inflation process on the left and right takes 60 seconds and also comprises a longitudinal massage process at the end of the rotations. The uniqueness of this system is that it covers the thoracic and lumbar region. Other manufacturers' systems are mostly focused on the lumbar region and make only one movement.

The longitudinal movement consists of a massage function comparable to a grip technique in classical medical massage. The rotation function is a physiotherapeutic treatment technique.

In physiotherapy, particularly in the area of neurology, the so called passive movement is linked with a rotation. The idea of this method is that it allows the therapist to regulate the patient's muscle tension.

The seat achieves this function through the rotation lift elements. These lift elements rotate the body using the spine as an axle in a minimal movement. The rotation of the spine is again linked to accompanying movements (Kapandji, 1992; White and Panjabi 1990). If we follow this reasoning, the resulting accompanying movements should have a minimal lengthening effect on the musculature as well as alternating slight pressure on the discs. However, it is the question whether a light weight massage system developed in this PhD thesis really has an effect on the disc pressure.

In between the inflations a massage wave is created from the upper part of the back to its lower part on both sides of the spine. This application and its assumed vitalizing effect is often used in physiotherapy. Biewald (2004) states that these therapeutic treatments can regulate muscle tension. This passive movement provides a possibility of influencing muscle tension.

In pre-tests it was shown that the longitudinal massage of the system from below to above has the effect that the driver becomes sleepy. This is obviously not wanted in car driving. This negative effect was not found in the opposite direction which was therefore implemented in the system. Several prototypes were needed to get a final working system, which is now patented PA2006018184.

This system was built in a BMW "multifunction seat" with active support system see figure 3.1.

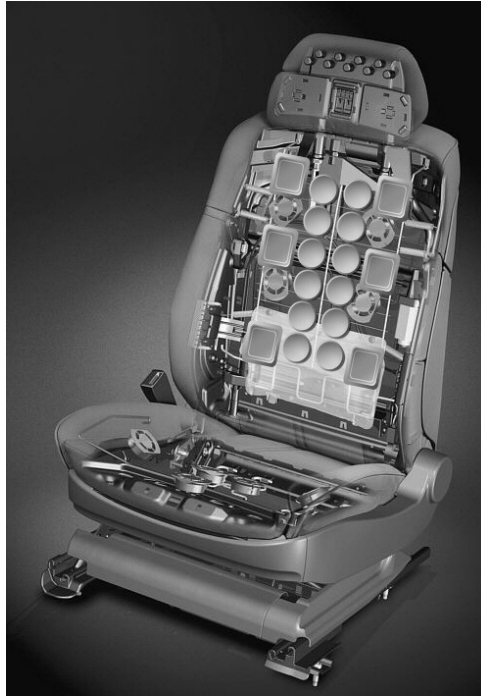


Figure 3.1 “multifunctional seat” with MAS

3.3 Experimental design

The question that needs to be addressed is:

How much is the spine load and the pressure in the commonly used car sitting positions and is there a measurable effect on the disc pressure if the driver activates extra features in the seat such as a lumbar back support or a massage system?.

BMW collaborated with a hospital in Munich to find out the reaction of the discs by using extra equipment in car seats.

The test subject was a 50 percentile man. Two pressure sensors were implanted by surgery into the discs L4-L5 and L5-S1.

For the research, a BMW series 7 with “multifunction seat” with active support was used. The car and seat were specially prepared for this research. It was possible to measure the exact angle position of the seat. If features like lumbar support and massage were used this was recorded by a laptop with (EDIABAS) software.

The subject was seated in the BMW 7 car seat and adapted the seat to his favorite sitting position. After finding the favorite optimal sitting position, the pressure in both discs was measured. The exact seat position in the car was also recorded by the laptop. The pressure between the body and the seat pan was measured in all sitting positions by a pressure mat (tekscan). All positions were documented with a photo.

The pressure on the intervertebral disc was measured in:

- Optimal sitting position of the subject
- Using car seat massage system
- Using car seat movement system
- Using the BMW active support in the seat cushion
- Using maximal lumbar back support

The operation was conducted in a clinic located in Munich renowned for disc operations on the spine.

The test subject for the examination was equivalent to the 50th percentile man with an “athletic” physique. The test subject was 42 years old, 176cm, 83 kg. The study was voluntary, the topic and the operation were approved by the ethic commission in Berlin.

3.3.1 Implantation of the sensors

The intervertebral discs consist of two elements: a ring of collagen fibre, the annulus fibrosus and a colloidal gel in the nucleus pulposus. The regeneration of the disc is achieved by diffusion of the synovial fluid during the compression and decompression of the whole spine (Tittel, 1994). The load is transferred from one vertebral body to the other by way of the nucleus pulposus and the annulus fibrosus. White and Panjabi (1990) described that the nucleus has sufficient moisture to act like a gelatinous mass. This fluid pressure pushes the surrounding structures in all directions away from the nucleus centre. The collagen fibre ring is pushed outwards in a radial direction. Pressure distribution is also altered by bending, torsion and shear force.

For this research study the pressure sensors were implanted using a minimal invasive technique with a canula in the middle of the intervertebral disc (nucleus pulposus). The surgery was undertaken using endoscope technology.

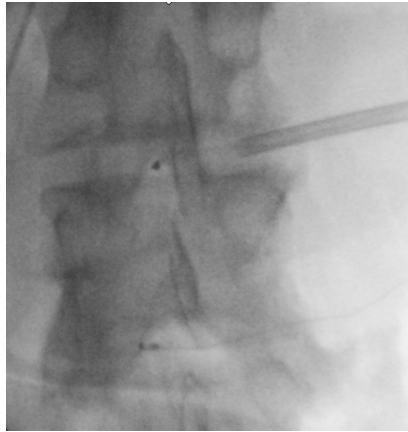


Figure 3.2 X-ray picture dorsal view of the lumbar spine with both sensors

The sensors were implanted in the most vulnerable area of the spine:

The discs L4-L5 and L5-S1.

In figure 3.2 pressure sensors are shown in an X-ray picture. In the discs L4-L5 it is possible to identify the canula used to implant the sensor.



Figure 3.3 Schematic picture of the sensor

Both implanted sensors (type: K4121-00-1629-D) were produced by the Mammendorfer Institut for physics and medicine.

Length 640mm

Effective diameter 1.45mm

Sensitivity 0.15mV/VmmHg

The whole measurement system comprising: sensor, measuring amplifier, PC is ± 0.1 bar and the working range is 0-50 bar.

The research program took one day; both sensors were removed on the same day in another surgery.

3.3.2 Experimental setup

The car with the test seat is shown in figure 3.4.



Figure 3.4 Test car with “multifunction seat” and sensormat



Figure 3.5 Test person with the intradiscal sensor in the car

The car used for the research was a BMW 7-series with “multifunction seat” with active support. It is possible to adjust the seat in 20 different ways.



Figure 3.6 *Seat with adjustments*

The seat was especially equipped for this experiment with a massage activity system (MAS) in the backrest. The seat included an adjustable lumbar support in the backrest and the BMW active support in the seat cushion. The active support employs two stretchable hollow cavities per seat, filled and emptied alternately with air. This slow, gentle process (at about once a minute) creates a cyclical raising and lowering of the cushion's left and right halves by about half an inch, and can be switched on or off as desired.

For the research programme the car and the seat were especially prepared to enable the exact measurement of the seat position and angles. Ediabas was used to ensure that the seat setting could easily be reproduced. Every part of the seat adjustment and each seat motor rotation were digitally recorded.

The second measurement tool used for the experiment was a pressure mat system (Taksan). The 1024 single load sensitive sensors were evenly distributed on a measuring area of 470 mm × 470 mm. The pressure mat system was only placed on the seat pad and not on the backrest because there was a minimal electric current running in the mat itself. To avoid any interference between the two test methods, direct contact between the pressure mat and the cable of the intradiscal – sensors (leading out of the subjects back) was prevented. The spinal sensors and the pressure mat were tested separately and then together. A test showed that there was no difference in the

results caused by pressure from the seat, electric features of the car and interferences between both measurement tools.

A picture was taken of the subject:

- a) at each setting and with the extra equipment.
- b) showing the spinal pressure distribution
- c) with the activated pressure mat.

The subject was informed of the course of the test programme.

First of all, the subject sat in the car seat and adjusted it to his most comfortable position. The pressure in the disc was 2.1bar.

The subject adjusted the seat in order to establish the lowest pressure in the discs. The lowest pressure (0.5 bar) was found in the "IDEAL" sitting position from Mergl (2006). The real load of the seat pan of the subject in the car is 54.0% on the buttocks and 6.4% on the front thighs. The test subject agreed that the "IDEAL" sitting position was more comfortable than his own previously chosen sitting position.

This "IDEAL" seat position was now used for all tests of additional features. It was possible to activate every feature in the seat separately.

First of all the massage system was activated (see figure 3.7). The movement system was then activated (see figure 3.8)

Then the active support system was activated (see figure 3.9) and finally the lumbar support was activated (see figure 3.10). Each of these procedures was undertaken independently and not simultaneously.



Figure 3.7 Seat with massage system



Figure 3.8 Seat with movement system



Figure 3.9 Seat with active support system



Figure 3.10 Seat with lumbar support

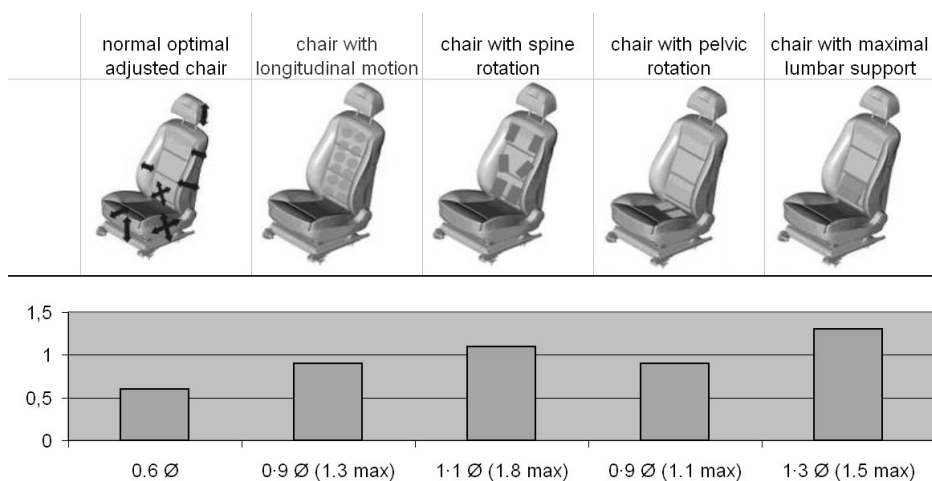


Figure 3.11. The disc pressure in the five seat adjustments averaged over time and their maximum values in bar. Left is the reference position

3.4 Results

For all the tests on the extra equipment the load in the intervertebral disc was recorded with the software ARGUS junior. The mean and maximum settings for each element are shown in the explanatory tables below.

The result of the measurement indicated that the pressure on the discs increases in different positions and is altered by using the additional features (see fig. 3.11). All results are from the Sensor L5-S1 because the other sensor wasn't working adequately at the end of the study. If we compare these values with the pressure in the disc during other activities (see table 3.1), the values are much lower.

Table 3.1 The pressure alteration effect of other activities

Activity/ Position	bar
Office chair sitting	2.6
Going upstairs	4.4
Running	6.2
Ergometer	2.2
Lifting a crate of water	9.4

3.5 Discussion

After completing all tests it seems that the use of the massage activity system MAS, the active support system and the lumbar support influence the pressure in the intervertebral discs.

For the explanation of the results it is possible to take the anatomical influences of the structures around the intervertebral discs and the spine load into consideration. Pressure variation in the lumbar spine can be traced back to different influences. Normally the pressure variation in the spine is given by active movement of the body. The muscle contraction for the movement and stabilisation is one reason for pressure alteration in the spine. Kendall (2001) described that one reason for pressure distribution in the spine is the activation level of the muscle iliopsoas – especially the muscle psoas major. The insertion place of the muscle is the lateral side of the vertebral body and the lateral side of the discs L1-L5. The muscle has its origin at trochanter minor thigh bone. When the muscle contracts the form of the lumbar spine is slightly altered.

Every active movement involves a muscle contraction which alters the pressure on the discs. The muscle contraction is not particularly important for this research programme, because the test subject was sitting quite still in the IDEAL position. Only the extra equipment was activated. The pressure distribution in this study was probably mainly produced by the features in the seat. Every feature caused a movement of the body especially around the spine. The study shows that these minimal changes in the seat have their effects on the disc.

An important issue for the pressure variation in the discs is given by the ligaments: Kapandji (1992). They have many different functions, some of which may seem to be in opposition to the others. All vertebral bodies are connected by ligaments (see figure 3.12). Firstly they must allow adequate physiological motion and fixed postural attitudes between the vertebrae. Secondly, the ligaments must protect the spinal cord by restricting the motion. Nachemson and Elfstrom (1970) and also Tkaczuk (1968) describe that the anterior longitudinal ligament is twice as strong as the posterior longitudinal ligament and the ligamentum flavum has one-tenth pre-tension. This could also be a reason for pressure alteration in the discs when movement occurs. The

massage system carries out a flexion and extension in the spine, the active support system carries out a lateral flexion of the spine, the movement system carries out a rotation of the spine. All these movements produce pressure alteration in the discs. White and Panjabi (1990) explain the reasons for the increase in pressure by movement in the joints of the spine. The vertebral bodies are jointed by facet joints. Every movement between the vertebral bodies produces pressure alteration because every movement is coupled with another motion i.e. lateral flexion is always accompanied by rotation of the spine.

An interesting result of this study is that the minimal external movements have their effects on the intervertebral disc, showing that there is an effect, which could be positive when the fluid transport is increased. In theory, recovery of the disc could be the effect. However, more in depth research is needed to prove this assumption. The effects are small and the level of the increase in pressure seems low compared with other activities (see table 3.1). Comparable values are found in other studies measuring the disc pressure (Nachemson, 1966; Wilke et al, 1999).

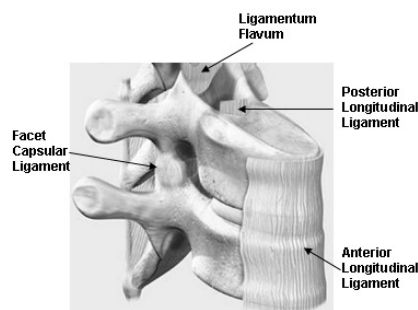


Figure 3.12 Ligaments of the spine

Disadvantages of the study

The implanting of the sensors was a very complex operation, so it limited the study to a single test subject. As the surgery was only conducted on one person, the experiments could also be carried out only on the one subject. The results in the study are only from the sensor L5-S1 the other sensor wasn't working effectively. Nevertheless, the results are comparable to other studies.

Also, Wilke et al (1999) showed that sitting with a backrest reclined had lower pressure values in the intervertebral disc than upright sitting.

3.6 Conclusion

It seems that massage systems, lumbar support and movement do influence pressure in the intervertebral discs.

However, the level of the pressure in the intervertebral discs caused by the massage system is small in comparison with the pressure in the discs caused by daily activities.

If we assume that variation in loading and posture is preferable this study shows that the massage seat has a positive effect on the intervertebral discs.

3.7 References

- Biewald F. (2004) Das Bobath – Konzept, Wurzeln, Entwicklungen neue Aspekte. 1 Auflage, Urban & Fischer, München, Jena.
- Deursen, van L. (2003), Low Back pain and Every day Activities, The influence of axial rotation on low back pain Diss.: Erasmus University, Rotterdam
- Dupuis, H., Steeger, D. (1991) Untersuchungen an einem PKW- Fahrersitz unter anthropometrischen, arbeitsmedizinischen und orthopädischen Gesichtspunkten. Sonderdruck, Johannes- Gutenberg- Universität Mainz
- Fitz, W., Schreiner, J. (1998), Medical study of the "Aktivsitze", BMW Innovations- und Versuchszentrum, München
- Fujimaki, G. and Mitsuya, R. (2002) "Study of the seated posture for VDT work". Displays, 23: 17-24
- Fujimaki, G. and Noro K (2003) Sitting comfort of Office Chair Design, Graduate School of Human Sciences, Waseda University, 2-579-15 Mikajima, Tokorozawa, Saitama, 359-1164 Japan, Noro Ergonomics Laboratory
- Kapandji, I.A. (1992), Funktionelle Anatomie der Gelenke, Rumpf und Wirbelsäule Bd.3, Enke Verlag Stuttgart, 2. Auflage
- Kendall FP, McCreary EK, Provance PG (2001) Muscles: Testing and Function, with Posture and Pain (Kendall, Muscles), Williams & Wilkins, Baltimore

- Mergl, C. (2006), Entwicklung eines Verfahrens zur Objektivierung des Sitzkomforts auf Automobilsitzen, Dissertation: Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München
- Nachemson, A. (1966) The load on lumbar disks in different positions of the body, *Clinical Orthopaedics and Related Research*(45): 107-22,
- Nachemson, A.; Elfstrom, G (1970). Intravital dynamic pressure measurements in lumbar discs. A study of common movements, maneuvers and exercises. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, Supplement 1: 1-40
- Polga DJ, Beaubien BP, Kallemeier PM, Schellhas KP, Lew WD, Buttermann GR, Wood KB (2004) Measurement of in vivo intradiscal pressure in healthy thoracic intervertebral discs *Spine* 29, 1320-1324
- Sato K, Kikuchi S and Yonezawa T (1999) In vivo intradiscal pressure measurement in healthy individuals and in patients with ongoing back problems. *Spine* 24, 2468-2474
- Takahashi, I. Kikuchi, S. Sato, K. Sato, N. (2006), Mechanical Load of the Lumbar Spine During Forward Bending Motion of the Trunk- A Biomechanical Study, *Spine* Volume 31, Number 1, pp 18-23, Lippincott Williams & Wilkins, Inc.
- Tkaczuk, H. (1968), Tensile properties of human lumbar longitudinal ligaments, *Acta Orthop. Scand.*, 115 [Suppl.]
- Tittel, K. (1994), Beschreibende und funktionelle Anatomie des Menschen, 23.2 Sinnesorgane (cutis), Page 311, 12 Auflage, Urban & Fischer, Jena.
- Vink, P (ed) (2005), Comfort and design: principles and good practice. Boca Raton: CRC Press.
- White A. A. Panjabi, M. (1990) *Clinical biomechanics of the spine*, 2nd edition, Philadelphia.
- Wilke HJ, Neef P, Caimi M, Hoogland T, Claes LE (1999) New in vivo measurements of pressures in the intervertebral disc in daily life. *Spine* 24 (8): 755-762
- Zenk, R., Franz, M., Bubb, H., (2007) Spine load in the context of automotive seating, SAE Conference 2007, SAE no 2007-01-2485.

Journals

Frankfurter Allgemeine Zeitung, Wie man sich setzt, so fährt man., Ausgabe 20.02.2001

Motor-Informationen-Dienst, Rückenschmerzen bei langen Autofahren müssen nicht sein., 25.07.2001

Ärzte Zeitung, High-tech-Sitze machen dynamisches Sitzen auch beim Autofahren möglich., Ausgabe 167. Seite 10. 17.09.1999

Abbreviations

ADL activity of daily live

LMU Ludwig-Maximilians-Universität

MAS massage activity system

ref. references

The automatic seat adjustment shown in the picture 3.13 was partly developed in the PhD and the chapter includes one of the supporting research results. The research seat was in a BMW 5 series see figure 3.14.

This chapter 4 has been accepted for publication in the Applied Ergonomics journal 2010.

Zenk, R.; Franz, M.; Bubb, H. ; Vink, P



Figure 3.13 BMW 5 series seat with automatic seat adjustment



Figure 3.14 BMW 5 series

4 Spine load in automotive seating

4.1 Abstract

For car manufacturers, the aspects of seat comfort are becoming more and more prominent in distinguishing themselves from their competitors. Therefore, many studies on subjective comfort have been undertaken.

In this study an objective evaluation is added to evaluate the concept of “optimal” load distribution, based on the identification of a close relationship between the pressure on the seat and the discomfort felt by the person sitting. An in vivo measurement of the pressure in the spinal disc, which is an indicator for the load in the spine, was performed. For this research a pressure sensor was implanted with a canula in the middle of the intervertebral disc (L5-S1) of a subject. The local pressure on the disc is established in an automobile seat in various seat positions. It was interesting to see that the pressure distribution defined by having the lowest discomfort also resulted in the lowest load in the intervertebral discs.

Keywords: Comfort; Spine Load Measurement; Intelligent Car Seat; Automatic Seat Comfort Adjustment

4.2 Introduction

In common parlance comfort may refer to both comfort and discomfort. But speaking precisely the item ‘comfort’ is associated with feelings of relaxation, well-being, satisfaction, aesthetics and luxury (Bubb, 2003). While ‘comfort’ is connected with aspects of ‘favour’, the item ‘discomfort’ characterizes the aspects of ‘suffering’. Discomfort is more associated with biomechanical factors that produce feelings of pain, numbness and stiffness. These feelings increase with time on task and fatigue (Zhang et al., 1996). To measure comfort a subjective rating is in fact the only possibility as it is an experience felt by the human and many methods are available (Vink and Eijk, 2007). However, a good objective measurement method is more difficult to find.

In 2003 de Looze et al. reviewed the literature to determine the relationships between objective measures and subjective ratings of comfort and discomfort: Twenty-one studies were found in which simultaneous measures of an objective parameter and a subjective rating of comfort or discomfort were obtained.

Pressure distribution appears to be the objective measure with the clearest association with the subjective ratings. Other variables were less clear and usually not statistically significant.

However, the validation of the pressure distribution method also needs attention (Looze et al., (2003). An attempt to measure the comfort of car seats objectively has been made in previous studies using the concept of “optimal” load distribution (Mergl, 2006; Zenk, 2006), based on the identification of a close relationship between the pressure distribution on the seat and the discomfort felt by the person sitting on it.

Three parameters were used to translate the findings regarding experienced discomfort into more measurable entities: percentage of load, maximum pressure and gradient per body region. In the study of Zenk (2008) eighty- four subjects were seated with the same seat in various seat positions. The discomfort as well as the pressure was recorded and for each region the ideal percentage of load, maximum pressure and gradient per body region was recorded, which led to values which had the lowest discomfort. In figure 4.1 the values are shown on the Body Map (Hartung, 2006). For the short term this load distribution of the ideal model produced the least discomfort (Zenk, 2008). However, a test with eight subjects driving three hours in their own set position and in the position which was adapted according to the pressure distribution of figure 4.1 showed that the latter had significantly lower discomfort values (Zenk, 2008).

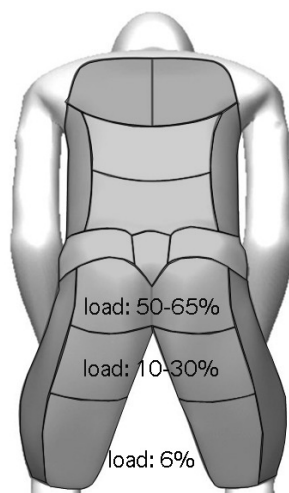


Figure 4.1 Ideal load distribution plotted in the Body Map (Hartung, 2006)

Although short term and long term subjective measurements were validated based on interviews, objective real measurement values were missing. In this study an attempt has been made to objectify the seat comfort with an in vivo measuring of the pressure in the spinal disc, which is an indicator of the load in the spine (Nachemson, 1966, Wilke et al., 1999). Ideally, the pressure distribution should result in a lower pressure compared with other seat adjustments. The research question of this paper is therefore:

Does the ideal pressure distribution according to figure 4.1 result in lower intervertebral disc pressure?

4.3 Experimental design

To answer the research question an in vivo measurement of the pressure in the spinal disc with a real subject in an automotive seat was performed with different seat settings, including the setting in which the pressure distribution was according to figure 4.1. The experiment was part of a larger medical study analysing different products and their impact on spinal load. This invasive medical research was the subject's own and voluntary choice. A specially initialized surgery on a human being for the sole validation of the spinal load would not have been appropriate. So it was a unique opportunity to deduce scientific information regarding seat comfort knowledge.

The operation was conducted in a clinic located in Munich renowned for disc operation on the spine.

The subject for this examination was a professional sportsman (42 years old, 176 cm, 83 kg) – which is equivalent to the 50th percentile man. This study was voluntary and additionally, the whole test was approved by the ethics commission in Berlin.

4.3.1 Implantation of the Sensors

The intervertebral discs consist of two elements: a ring of collagen fiber, the annulus fibrosus and a colloidal gel in the nucleus pulposus (figure 4.2). The feeding of the intervertebral disc is achieved by diffusion of the synovial fluid during the compression and decompression of the whole spine (Tittel, 1994).

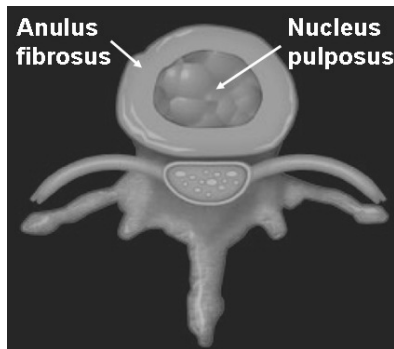


Figure 4.2 Transversal view of the vertebral body

For this research study two pressure sensors were implanted minimally invasive with a canula into the middle of the intervertebral disc (nucleus pulposus). The surgery was performed in the same way as an intervertebral disc operation using endoscope technology (Wilke et al., 1999).

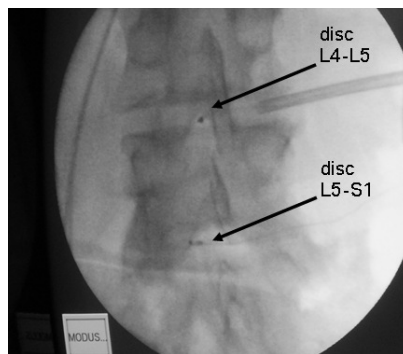


Figure 4.3 Dorsal view of lower lumbar spine (X-ray)

The sensors were implanted in the area of the spine, where effects were expected: in the disc L4-L5 and L5-S1. In figure 4.3 the pressure sensors are shown in an X-ray. In the disc L4-L5 it is possible to identify the canula during implantation of the sensor.



Figure 4.4 Schematic illustration of the sensor

Both implanted sensors (type: K4121-00-1629-D) depicted in figure 4.4 are from the Mammendorfer Institut for physics and medicine and have a length of about 640 mm and a diameter of 1.45 mm. The sensitivity of the sensor is 0.15 mV/VmmHg. The accuracy of the whole measurement system (sensor,

measuring amplifier, PC) is ± 0.1 bar and the working range is 0-50 bar. Both sensors were connected by two flexible cables with the measurement system leading out of the subject's back.



Figure 4.5 Equipped test car

The sensors were implanted in the morning and the whole study took one day. After the measuring both sensors were removed by another surgery.

4.3.2 Experimental Setup

The test equipment for this study is shown in the figure 4.5. The test car was a BMW 7-Series, equipped with a multifunctional leather seat. It is possible to adjust the seat in 16 degrees of freedom allowing achievement of the ideal load distribution. The seat was specially prepared for this experiment enabling the exact measurement of the seat position and angles. By using the software Ediabas it was ensured, that the seat settings could be easily reproduced. Every part of the seat and each seat motor rotation were digitally recorded.

The second measurement tool used for this experiment is a pressure mat system (Tekscan). The 1024 single load sensitive sensors are evenly distributed on a measuring area of 470 mm x 470 mm. The pressure mat system is only placed on the seat pan and not on the backrest, because there is a minimal electric current running in the mat itself. To avoid any interference between the two test methods, direct contact between the pressure mat and the cable of the intradiscal sensors, (leading out of the subject's back) was prevented. In a first test cycle the implanted pressure sensors were used without the pressure mat system for one seat setting. In the next step the implanted pressure sensors were used in combination with the pressure mat

system and the measured values of the implanted sensors were exactly the same. So interferences between both measurement tools were excluded.

A picture was taken of each seat setting with the subject and the pressure distribution was recorded. This is shown in figure 4.6.

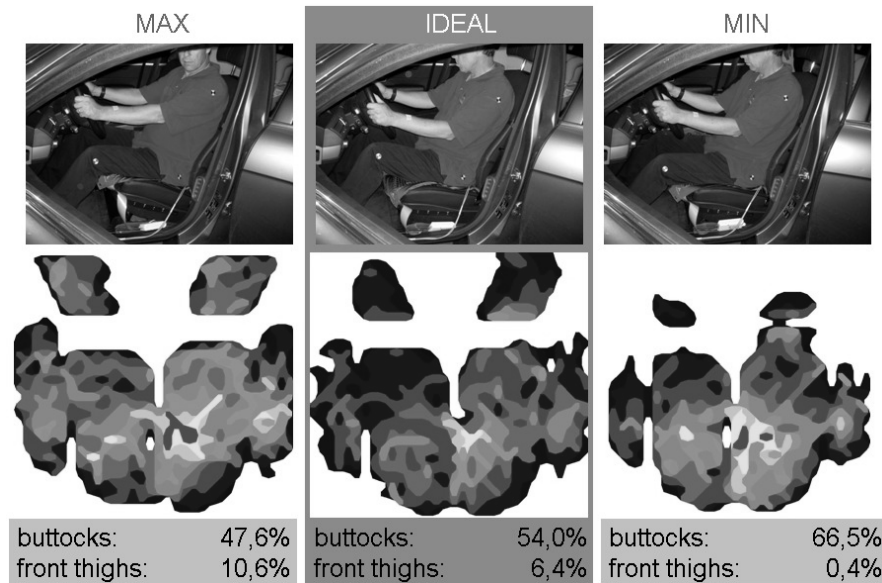


Figure 4.6 Different seat settings with corresponding load distribution

According to the ideal pressure distribution (Mergl, 2006; Zenk, 2006) an optimal seat setting was configured (figure 4.1). Here, the real load of the seat pan of the subject in the test car is 54.0 % on the buttocks and 6.4 % on the front thighs. The corresponding pictures of seat setting and pressure distribution are highlighted in the middle of figure 4.6. In contrast to this “IDEAL” seat setting two other settings were produced.

On the one hand there is the setting “MAX”. Here a maximal support of the frontal thighs (10.6 %) and consequently a smaller load on the buttocks (47.6 %) is provided. The seat-cushion was titled upwards and the seat-cushion depth was extended. On the other hand, there is a setting “MIN”. In this case a minimal support of the frontal thighs (0.4 %) and consequently more load on the buttocks (66.5 %) is provided. The seat-cushion was titled downwards until the stopper and the seat-cushion depth was minimized. For all the tests the backrest position was kept constant in relation to the seat pan during the test

procedure to avoid influence of the backrest angle on the load in the spine. Thus the dependent variable of this trial was the load distribution on the seat pan.

The subject was also asked to give a small oral review for the discomfort feeling of each seat setting (MAX, MIN and IDEAL), without being informed which seat setting had been adjusted.

The subject had to stand, stand bending forward, lie and sit upright and disc pressure was recorded in these positions so that comparisons could be made with the studies according to Nachemson , 1966; and Wilke et al., 1999.

A t-test for repeated measurements (within subject design) was carried out to check for significant differences ($p < 0.05$).

4.4 Results

For each seat setting the load in the intervertebral disc was recorded for 15 sec with the software ARGUS junior. The mean and maximum values for the three different seat settings are shown in figure 4.7.



Figure 4.7 Pressure in the disc according to the different seat settings

In the first picture (figure 4.7) there is a maximum support of the frontal thighs (indicated with the arrow upwards). In this case the mean value is 0.95 bar and the standard deviation during 15 sec record time is 0.08. The lowest pressure values are achieved in the highlighted "IDEAL" seat position. The mean value during this measurement is 0.5 bar and the standard deviation is 0.04. In a final step a seat adjustment was created with no support of the frontal thighs by the seat (indicated with the arrow downwards). Here the highest pressure values are achieved because of the active holding by muscle force of the frontal thighs by the subject himself. The mean value for this seat position is 1.5 bar and the standard deviation is 0.05.

For each seat setting („MAX“, „IDEAL“ and „MIN“) the signals of the implanted sensor were recorded with a frequency of 50 Hz, resulting in 750 recorded values after an analysis time of 15 sec. The t-test analysis of the measurements showed that the lowest pressure values are significantly ($p < 0.05$) different in the "IDEAL" seat position compared with the others. Also a significant difference between the mean values of the "MAX" and "MIN" seat setting was found.

In the interview the test person mentioned that there was no discomfort for the seat setting "IDEAL" and the subject could imagine driving in this seat adjustment for a long time.

If we compare the data during standing, lying and sitting with the data of Nachemson (1966) and Wilke et al. (1999), we see that in our study as in both other papers, lying flat showed the lowest pressure, standing bending forward the highest and sitting and standing in between.

4.5 Discussion

Regarding the research question of this paper, this study shows clearly that the load in the intervertebral disc is lowest when the seat is adjusted to the ideal pressure distribution shown in figure 4.1. The explanation however, is not simple. It could be explained by anatomy. Pressure variations in the intervertebral discs in the lumbar spine can be traced back to different influences. Differences in posture causing different tension are a possible reason, but muscle strain could also be an explanation.

Kendall (2001) and White, Panjabi (1978) described that one reason for pressure distribution in the disc is the muscle iliopsoas especially the muscle psoas major (figure 4.8).

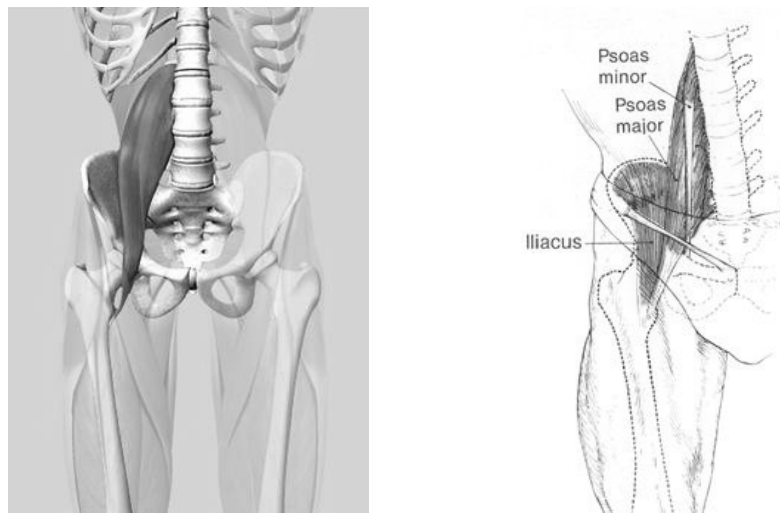


Figure 4.8 Musculus iliopsoas (Psoas minor, Psoas major, Iliacus) – Kendall (2001)

The insertion of the muscle is on the lateral side of the vertebral body and the lateral side of the discs L1-L5. The muscle has its origin at the trochanter minor thigh bone. The curve of the lumbar spine could be changed by the contraction of the muscle iliopsoas (Kendall, 2001). This means that a flexion of the spine could introduce a pressure alteration in the disc (Yoshio et al., 2002; Bogduk et al., 1992).

Another important issue for pressure variation in the discs is given by the ligaments (Kapandji, 1985). They have many different functions, some of which may seem to be in opposition to the others. All vertebral bodies are connected by ligaments. First they must allow adequate physiological motion and fixed postural attitudes between vertebrae. Secondly, the ligaments must protect the spinal cord by restricting the motion. This is also a reason for pressure alteration in the disc; the ligaments are much like rubber bands.

White and Panjabi (1978) described that the ligamentum flavum has pre-tension when the spine is in a neutral position. The “resting” tension in the ligaments especially the ligamentum flavum produces “resting” compression of the disc

and so stability is given to the backbone. If the spine, in particular the lumbar spine leaves the neutral position for example by moving the pelvis, the pressure in the disc grows.

All vertebral bodies are connected by facet joints. White and Panjabi (1978) showed that the area L4-L5 and L5-S1 bear the highest loads and tend to undergo the most motion. Helander (2003) described pressure distribution in the discs by spine movement and Wilke et al. (1999) measured pressure distribution in the intervertebral discs in different body postures. So it is assumed that the pressure in the discs varies in different sitting positions in a car seat. The reason for an increase in pressure is a combination of bending and stabilisation of the spine by muscle contraction and ligaments. If the seat position is not optimal, more muscular activity is needed for stabilisation resulting in a distinctly larger pressure in the disc. In this case, the pressure increased from 0.5 bar ("IDEAL" seat position) to 1.5 bar ("MIN" seat position). In the first position the muscle iliopsoas is relaxed, while in the second posture static muscle work is necessary to keep the thighs in a comfortable position.

Of course, these are only results of one person. Generalisations representing the entire population is not possible. It is interesting to see that the results of reference postures are similar to those of Wilke et al. (1999) and Nachemson (1966), showing that the measurement is comparable. The range of the pressure in different postures in the intervertebral disc L4-L5 varied from 1.0 bar to 9.0 bar while sitting. Of course it is difficult to conclude that this data (50th percentile man) is representative for all other percentiles and females, but the experiment shows a significant link between the subjective and objective determination of seating comfort detection.

4.6 Conclusion

A medical experiment was undertaken to measure the pressure in the intervertebral discs in the lumbar spine and this showed that changes in the seat setting influence the pressure in the intervertebral disc.

The data on this subject indicate that the relation established between subjectively rated discomfort and load distribution has an effect on the load in the spine. The results of the in vivo measurement of the intervertebral disc

pressure of one person correlate to the ideal pressure distribution providing the lowest load on the discs.

4.7 References

- Bogduk, N.; Pearcy, M.; Hadfield, G.; 1992. Anatomy and biomechanics of the psoas major. Clin Biomech, 7: 109-119
- Bubb, H.; 2003. Quality of Work and Products in Enterprise of the Future, Product Ergonomics, pp.3-6, ergonomia Verlag oHG, Stuttgart
- De Looze, M.P.; Kuijt-Evers, L.F.M.; van Dieen, J.; 2003. Sitting comfort and discomfort and the relationships with objective measures, Ergonomics, Vol. 46, No. 10, pp. 985-997
- Hartung, J.; 2006. Objektivierung des statischen Sitzkomforts auf Fahrzeugsitzen durch die Kontaktkräfte zwischen Mensch und Sitz, Dissertation am Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München
- Helander, M.G.; 2003. Forget about ergonomics in chair design, Focus on the aesthetics and comfort, Ergonomics, Vol. 46, Nos. 13/14, pp. 1306-1319
- Kapandji, I.A.; 1985. Funktionelle Anatomie der Gelenke, Band 3 – Rumpf und Wirbelsäule, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart
- Kendall, F.P.; McCreary, E.K.; Provance, P.G.; 2001. Muskeln, Funktionen und Tests, 4. Auflage, Urban & Fischer Verlag, München Jena
- Mergl, C.; 2006. Entwicklung eines Verfahrens zur Objektivierung des Sitzkomforts auf Automobilsitzen, Herbert Utz Verlag, München
- Nachemson, A.; 1966. The load on lumbar disks in different positions of the body, Clin. Orthop. 45: 107-22
- Tittel, K.; 1994. Beschreibende und funktionelle Anatomie des Menschen, 12. Auflage, Urban & Fischer, Jena Stuttgart
- White, A.A.; Panjabi, M.; 1978. Clinical biomechanics of the spine, J.P. Lippincott Company, Philadelphia Toronto
- Vink, P.; Eijk DJ van; 2007. The effect of a participative product design process on user performance. Safety Science 2007;45:567-577
- Wilke, H.J., Neef, P., Caimi M., Hoogland T. & Claes L.E (1999). New in vivo measurements of pressures in the intervertebral disc in daily life. Spine 24(8): 755-762.

Yoshio, M.; Murakami, G.; Sato, T.; Sato, S.; Noriyasu, S.; 2002. The function of the psoas major muscle: passive kinetics and morphological studies using donated cadavers. *Journal of Orthopaedic Science* 7(2): 1436-2023

Zenk, R.; Mergl, C.; Hartung, J.; Sabbah, O.; Bubb, H.; 2006. Objectifying the Comfort of Car Seats, SAE Conference 2006, SAE no 2006-01-1299

Zhang, L.; Helander, M.G.; Drury C.G.; 1996. Identifying Factors of Comfort and Discomfort in Sitting, *Human Factors*, Vol. 38, No. 3, pp. 377-389

The new headrest developed in the PhD thesis was tested in a virtual environment- Hexapod. The headrest with adjustable neck support is shown in pictures 4.9 and 4.10. The new headrest is equipped with heating, the neck support comprises a massage function.

This chapter 5 has been accepted for publication in the Applied Ergonomics Journal 2010.

Franz, M.; Durt, A.; Zenk, R.; Vink, P.; Desmet, P.M.A.



Figure 4.9 Headrest with neck support



Figure 4.10 Test subject using the headrest with neck support

5 Comfort effects of a new car headrest with neck support

5.1 Abstract

In this paper a design project is described which could increase comfort in car seats by adding a special head/neckrest. The aim is to support the neck and the head to provide a higher comfort feeling.

Two studies were undertaken to create a new comfortable headrest with neck support

Experiment one, mock up test:

- An adjustable prototype headrest with adjustable neck support was constructed based on anatomical facts White, Panjabi (1990).
- The prototype headrest was researched in a mock up, using 35 test subjects. The stiffness of the foam material and position of the head and neck support were defined in this study as well as the pressure distribution over three areas.

Experiment two, hexapod test:

- A fully adjustable final headrest with adjustable neck support was constructed based on the mock up test results of experiment 1. The evaluated material was also included. A user acceptance test was undertaken with 12 subjects using this final fully adjustable headrest under virtual reality driving conditions.

The result of the first experiment (mock up test) was the stiffness evaluation of the foam material for the head, neck and shoulder area, and the parameter for building a final headrest.

The experiment 2 (hexapod test) was the re - test with a final prototype. The headrest with the new/adjustable neck support was favoured by the majority of the subjects. 83% were satisfied with the stiffness of the material. 92% were satisfied with the size of the neck and headrest. All subjects mentioned that the neck support is a great comfort benefit in calm traffic conditions or on the motorway.

5.2 Introduction

Headrests in cars protect the head and the upper spine in crash cases. There is also a comfort aspect- people can lean their heads on the headrest for relaxation. There are a number of situations in which it is possible to have contact with the headrest for relaxation for example on motorways, in slow traffic conditions. Theoretically, a headrest could increase comfort especially on longer journeys. Apart from comfort and safety the issue of health while driving a car has also received more attention. One theory is that the physiological curve of the spine should be supported (Biedermann, 1984) and the headrest could support the body in taking this position. A “neutral position” is preferable for the body according to Delleman (2004), which means that the angles should be in the middle of the range of motion in a joint. Biedermann (1984) states that the blood flow of the vertebral arteries in the upper spine area in different cervical spine positions is of importance as well. An upright neck with a slight lordosis facilitates the blood flow best. A frequently cited physiological curve of the spine is a slight lordosis in the cervical area, a kyphosis in the thoracic area and a lordosis in the lumbar region according to Bückner (1985). The lumbar lordosis is supported in many car seats. There are even indications that this lumbar support is preferable for an improved nutrition of the intervertebral discs, the shock absorbance is better as well (White, Panjabi 1990). Based on these arguments, we assume in this paper that for the neck region it is therefore important to support this slight lordosis as well. There is no data available on what pressures in the neck and head are preferable for a comfortable neck and head support. For this reason we also gathered data in this study on comfort experienced with various materials (foams) and forms of headrests.

Based on this theory a new research headrest was designed. The hypothesis is that due to this headrest the experienced comfort increases. To test this theory a special research headrest was developed using end-users input in testing several forms of the headrest leading to a final prototype that was again tested by end-users.



Figure 5.1 BMW 20 way comfort seat with adjustable comfort headrest

Three research questions are answered in this study:

- what is the upper limit for maximum pressure at the back side of the head, neck and shoulder area till discomfort is detected.
- which foam material and form is preferable for the head, neck and shoulder areas by end-users.
- does the prototype with the preferred foam and form enhance the comfort level during driving.

5.3 Method

Two series of studies were performed. The first one (experiment 1) was performed on a mock-up to define the best foam material and size of the neck rest with a research headrest. An analysis was undertaken according to a procedure described by Mergl (2005) and Hartung (2006). The core of this procedure was that end-users rate the comfort on a scale while sitting on different types of seat material which were placed on the seat cushion. Thirty five test subjects participated in this experiment to find the optimal foam

material for the stiffness of each body area in the research headrest. Three body areas were defined; back of the head, neck and shoulders.

The second experiment was undertaken with 11 subjects in a driving simulator (hexapod) see fig. 5.8. In this study the final design based on experiment one, was tested again to evaluate the final headrest with the chosen foam material. Using the hexapod it was possible to record comfort scores of the head rest with neck support in dynamic driving conditions.

All the test series were conducted in air-conditioned test labs with standardised temperature and humidity.

5.3.1 Test subjects

The test subjects were all BMW employees, invited from other departments and with no special knowledge of car seats. All subjects were between 20 and 40 years old. Sixteen woman participated in the test [age: 20 - 40 years; body height: 154 - 181cm; weight 45 - 52 kg] and 30 men [age: 23 - 40 years; body height 160 - 199 cm; weight: 59 - 94 kg].

In the first experiment (mock up test) 11 women and 24 men took part. In the second experiment (hexapod test) 5 women and 6 men participated.

5.4 Experimental design

The method of the Mergl (2005) and Hartung (2006) study was used to establish the optimal stiffness for each area. The method involves the use of more extreme examples of materials in order to establish the optimal comfort level. Several authors have stressed the importance of pressure distribution for comfort (Oudenhuijzen, 2003; Thakurta, 1995; Milivoljevic, 2000; Inagaki, 2000). All subjects had to test all four different materials, from extremely hard to extremely soft. Using these four materials the pressure distribution was recorded with pressure mats and the subjects had to rate discomfort levels on a scale of 1-50 (CP 50 scale of BMW). A correlation was calculated between the maximum recorded pressure and pressure load distribution and discomfort levels evaluated by the CP 50 scale which was also used in the Mergl (2005) and Hartung study (2006).

5.4.1 The comfort score

In the comfort score a Body Map was combined with the CP50 scale. The scale was also used by Shen and Parsons (1997) and was found to be suitable for seat discomfort evaluation. The Body Map divides the contact area of the human body into 17 regions. The method was modified as more information was needed on the head/neck area and as a differentiation in comfort levels was needed. This was shown to be useful in other projects as well (Vink, 2005). Therefore, three additional areas were introduced for the back of the head, neck and upper shoulder area see figure 5.2. In addition to the evaluation using the CP50-scale the subjects had to rate the discomfort levels for the back of the head, neck and shoulder areas on a four point scale:

- acceptable
- rather acceptable
- rather unacceptable
- unacceptable

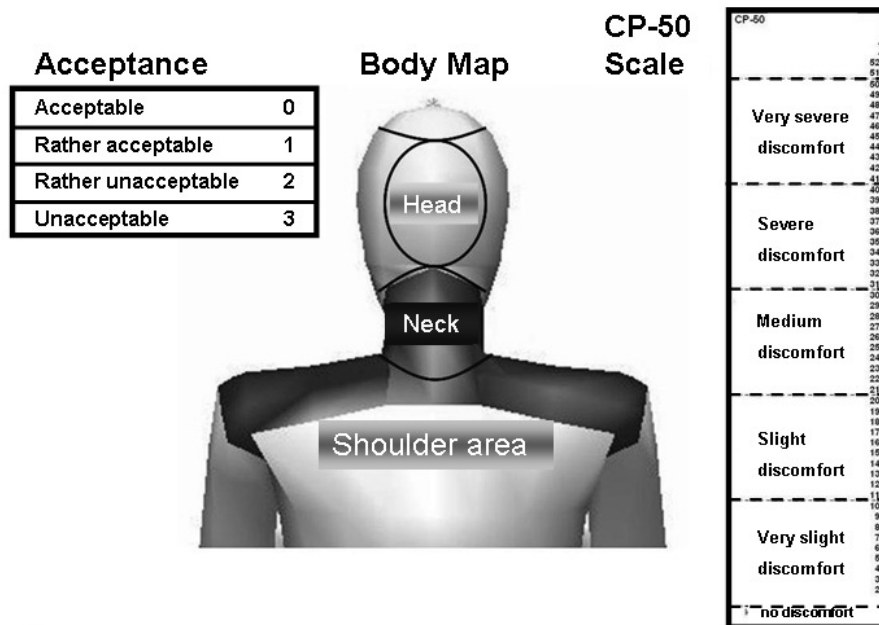


Figure 5.2 Questionnaire with the 3 new Body Map areas, CP50-scale and terms for the added rating acceptance

5.5 First experimental procedure (Mock up test)

A mock up was built using a standard seat with a newly developed headrest and neck support (see fig 5.3). This neck support is new and has been patented (number DE 102005030258A1). All angles and reach distances were similar to a standard BMW X5 seat (see fig 5.1). It was possible to adjust the prototype headrest and the neck support in each direction (see fig 5.4). The headrest was adjustable in all directions (up and down). The neck rest was made adjustable (up and down and forwards and backwards). For each adjustment a measuring scale was on the headrest to make it possible to determine the headrest and neck rest position in mm of each situation.



Figure 5.3 Mock up construction used in the lab

To analyze the pressure between the human body and head and neck rest a pressure mat system TAKSCAN with sensor mat I-Scan 5101 (size 112 mm x 112 mm) was placed on the front surface of the headrest and neck rest (see fig 5.5). The front of the seat back rest was also equipped with the TAKSCAN system to measure the pressure between the upper shoulder and seat. In this case the sensor CONFORMat 5330 was used (size 470 mm x 470 mm).



Figure 5.4 Adjustable head and neck rest

While using the mock up a camera was used to take a picture of each subject while sitting in the preferred position.



Figure 5.5 Pressure mats used in this study to measure pressure between neck, shoulder and head and seat

Four types of foam with different stiffness characteristics were used. A very stiff and a very soft one and two “normal” examples (see fig 5.6, and table 5.1). The foam was chosen in accordance with Mergl (2005), Hartung (2006) and Zenk (2006). The foam test results were evaluated after the test as well in

accordance with the studies of Mergl (2005), Hartung (2006) and Zenk (2006) to evaluate the right stiffness for each body area.

Table 5.1 Stiffness of the material (K = back side of the head N = neck area).

K1	5,6	kPa
K2	19	kPa
K3	>100	kPa
K4	< 1	kPa
N1	5,6	kPa
N2	19	kPa
N3	>100	kPa
N4	< 1	kPa

The head and neck rest were formed in such a way that it was easy to insert the different foam materials in the headrest and in the neck rest while the subject was sitting in the car seat.

The following measurements were taken:

Pressure distribution of the head, neck and shoulder area (max peak and pressure load distribution)

The back side of the head and the neck require different positions of the support. The neck support should be more forward because of the physiological curve of the upper spine. To determine the right distance for the neck rest with respect to the headrest and also to find the right size for the neck rest the adjustments made by each subject were measured after the subject had left the seat.



Figure 5.6 Different foam materials used in this experiment for all areas

5.5.1 Second experimental procedure (Hexapod test)

Based on the outcome of the experiment 1, a fully adjustable final prototype of a headrest was built including the new neck rest. The foam material in the head and neck rest was the evaluated foam material of experiment 1. The neck rest was made adaptable, making it also possible to use the head rest without the neck support. The neck support could be adjusted with an electric motor. The headrest with neck support should be suitable for tall and small people with different head and neck size, therefore an important requirement is that the neck support and head support are height adjustable.



Figure 5.7 Headrest with neck support in different positions

The headrest was constructed and installed in a BMW 20 way comfort seat. For this test the seat was built in the driver simulator (Hexapod) (see fig 5.8). The Hexapod lab was acclimatized at 23°C 50% humidity.



Figure 5.8 Seat with headrest and neck support in the Hexapod

Protocol:

Each subject drove 30 minutes in a virtual reality simulation. The test track was divided into three parts: city, normal road and motorway. All test subjects had to drive twice: 15 minutes without neck support (standard situation) and 15 minutes with neck support. The test was systematically varied.

For each test:

-The seat angles were recorded, the subjects could adjust the seat and headrest to their own individual preferred comfort position before and during driving. All test subjects were familiar with the seat adjustment.

-A lateral picture was taken of each subject at the beginning (after seat adjustment) and at the end of each test.

-Each subject had to complete the questionnaire with six questions:

- Satisfaction with headrest and neck rest position
- Satisfaction with neck rest hardness
- Satisfaction with headrest, neck rest contour
- Satisfaction with headrest, neck rest height
- Satisfaction with headrest, neck rest size
- Personal opinion

5.5.2 Statistical analysis

The analysis of the foam rating results of experiment 1 was undertaken in the same way as in the study of Mergl (2005) and Hartung (2006). The expected relationship between pressure and discomfort could have either a u - shape run or a linear run. In the case of a u - shape low pressure and high discomfort result from inadequate support of the head or neck rest a higher muscle tension is needed to stabilize the body. A middle pressure has less discomfort as there is more stability. A high pressure can cause pressure pain which is also rated as discomfort. In the case of a linear relationship the increasing pressure increases discomfort.

For each shape another regression was calculated. Therefore, for each subject and all three body areas the data was analysed to decide if the relationship was linear or quadratic according to the procedure of Bortz (1993).

If the relationship was linear the correlation coefficient (r) of the relation was computed by means of Microsoft Excel. The t-distribution was used to calculate the critical value for the relationship. In this case six measuring points were used, meaning four degrees of freedom for a linear correlation. If we accept five percent probability value this leads, according to the t- distribution, to a significant correlation coefficient of 0.811 Bortz, (1993). This correlation coefficient is now defined as value for the ability of the test subjects to evaluate discomfort by pressure. If the relation of the test subjects between discomfort and pressure obtains a correlation coefficient of 0.811 or higher, the data of the test subjects can be used to rate discomfort caused by pressure.

5.6 Results

Figures 5.9 to 5.14 illustrate some u-shaped and linear shaped graphs. Only the significant diagrams are shown (correlation coefficient > 0.811).

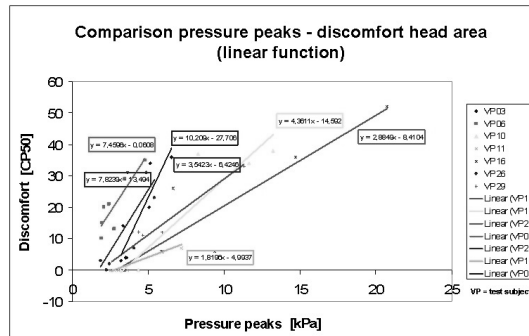


Figure 5.9 Significant linear correlations between maximal pressure and discomfort at the back side of the head of 7 subjects (core range 0-3.7kPa)

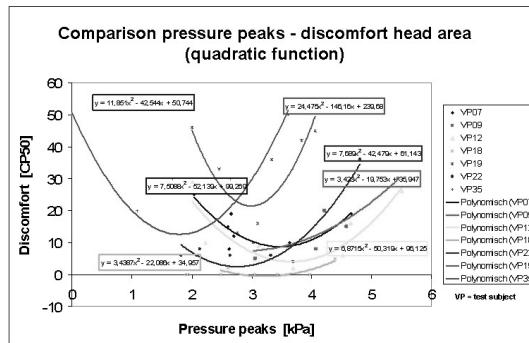


Figure 5.10 Significant quadratic correlations between maximal pressure and discomfort at the back side of the head of 7 subjects (higher core range 1.8-3.7kPa) lower core range 0-3.7kPa of 7 other subjects

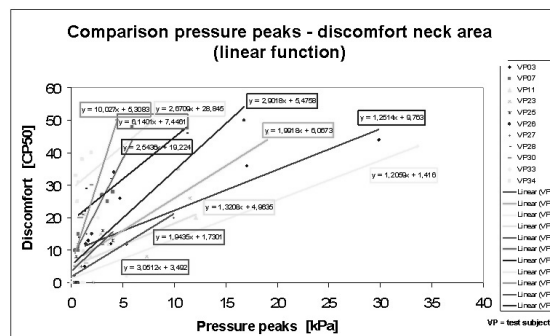


Figure 5.11 Max pressure / discomfort neck area

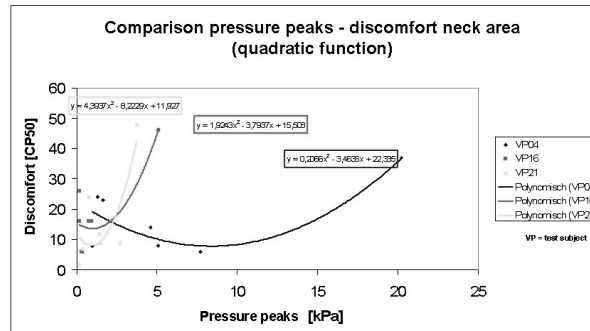


Figure 5.12 Max pressure / discomfort 0.9-1.1kPa 0-1.0kPa

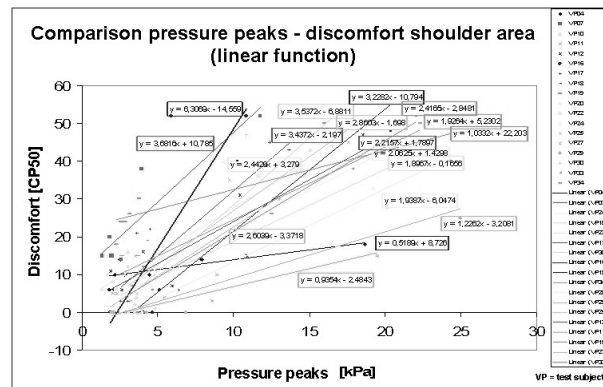


Figure 5.13 Max pressure / discomfort in the shoulder area Range 0-3.3kPa

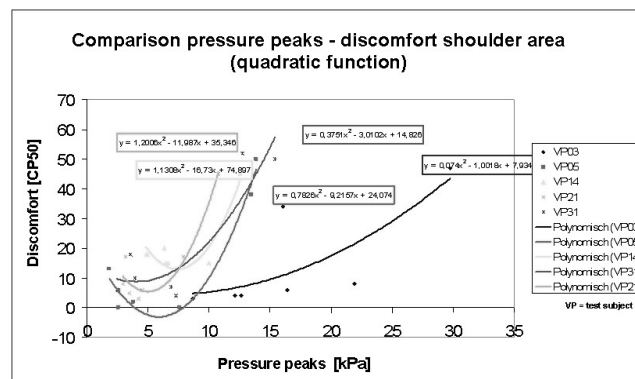


Figure 5.14 Max pressure / discomfort 4.0-7.4 kPa 0-7.4kPa

The results of fourteen test subjects with significant results for the head area were analysed. Interesting to note is that half had a linear relationship and half quadratic, which means that the pressure is too low in the head area, and this is explained by the fact that more muscle force is needed to stabilize the head. These figures together lead to a low discomfort area of 0-3,7 kPa. The perceptual load distribution of this area is based on the data 0.44%. In the neck area 14 subjects (12 linear and 2 quadratic) with significant results were found with a low discomfort range of 0-1 kPa and a load distribution of 0.16 %. For the shoulder area 23 subjects (19 linear and 4 quadratic) with significant results were found. The low discomfort range was 2-7.6 kPa with a load distribution of 16 %.

Table 5.2 Distance measurement between back of the head (akromion) and back of the neck in the forward backward direction

	Shortest distance [mm]	Largest distance [mm]
Men	3	27
Women	10	37

The results of the distance measurement between headrest and back of the neck are shown in table 2. The shortest distance for the men was 3 mm and the largest 27 mm. The shortest distance for the women was 10 mm the largest 37 mm, which means that the neck support should be adjustable for 37 mm in the x direction.

Results of the driving simulator:

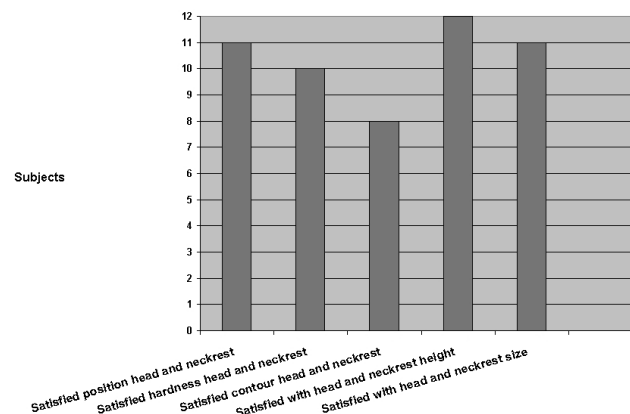


Figure 5.15 Number of the 12 subjects that rated satisfied with headrest and neckrest

53% of the subjects preferred to drive with the neck support. 19% disliked the neck support and for 29% the comfort feeling was equally good in both situations (with and without neck support). In figure 5.15 the number of subjects satisfied with different parts of the system is shown. Everyone was satisfied with the height; the contour had only eight satisfied subjects, four mentioned that the contour was too flat and did not fit exactly to the curve of the upper spine.

5.7 Discussion

All three research questions have been answered:

- We could define pressure distribution guidelines for the head-neck-shoulder region: The most load can be in the shoulder area. The neck region is very sensitive.

- Based on this data it was possible to select the foam: K1 was selected for the back side of the head and N4 for the neck area.

- The new head/neck rest was preferred by the majority of the study group after 30 minutes driving. Nineteen percent were not satisfied, which indicates that it is important to have an adjustable back/neck rest which can be adjusted in the traditional way (height) and in the new way (distance). The new form of neckrest adjustment should provide a range of up to 37mm. It was shown that all test subjects found this range sufficient. This type of neck support is not yet available in the current seat production programme.

All the tests revealed that it is important to use the right material for each area, back side of the head, neck and shoulder area. Results of the neck area show that the perception is not similar to the other areas. The neck area is very sensitive. This is especially important as the neck is often not covered with clothing. In most cases there is direct contact with the skin. The area is sensitive but support is recommended for muscle relaxation.

All subjects mentioned that the neck support was a great comfort benefit in calm traffic conditions or on the motorway. It was necessary to measure the distance of the back side of the head and the neck because of the physiological curve of the spine. This data was not previously available.

The methods used are useful in making design decisions. However, the methods also have some drawbacks and the results cannot be applied

universally. The results are based on experiments of 30 minutes, while Zenk (2006), Vink (2005) and Mergl (2005) have shown that there is a difference between short term and long term comfort. This study is already very labour intensive and from a scientific point of view a longer study would be needed, but from a design point of view this information is sufficient to make some decisions. Another drawback is that the study was not undertaken during real driving conditions. Other studies (Franz, 2008) and Park et al. (2000) have shown that standardization in research under real conditions is difficult because it is not possible to reproduce identical conditions.

Other methods are also useful in studying comfort, such as EMG (e.g. Kuijt-Evers, 2006). However, Looze et al. (2003) showed that pressure distribution has a clear relationship with discomfort.

In conclusion, the tests were very useful in deciding which foam material provides the best support and comfort for the neck and head. The optimal adjustment of the headrest in terms of the distance between the neck rest and the neck was also ascertained.

5.8 References

- Biedermann ,(1984) Funktionelle Pathologie und Klinik der Wirbelsäule, Band 1, Teil 2,
- Bortz,J.(1993) Lehrbuch der Statistik, Springer Verlag ISBN 3-540-0828-7
- Bücker, J. (1985) Anatomy und Physiologie 22 Auflage.- Stuttgart; New York : Thieme Verlag.
- Delleman, N. J., Haslegrave, C. M., Chaffin., Don B. (2004),Working Postures and Movements, CRC Press.
- Franz, M. (2008), The influence of a massage car seat on comfort experience and EMG. SAE Technical Paper Series, Paper No 2008-01-0889.
- Hartung, J. (2006), Objektivierung des statischen Sitzkomforts auf Fahrzeugsitzen durch die Kontaktkräfte zwischen Mensch und Sitz. Diss: Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München.
- Kuijt-Evers L. F.M (2006), Comfort in Using Hand Tools, theory, Design and Evaluation ISBN- 10:90-5986-218-X.

Inagaki et al. (2000), Inagaki H., Taguchi T., Yasuda E., Iizuka Y.: Evaluation of Riding Comfort: From the Viewpoint of the Interaction of the Human Body and Seat for Static, Dynamic, Long Time Driving, Human Factors in 2000: Driving, Lighting, Seating Comfort, and Harmony in Vehicle Systems. Society of Automotive Engineers, Warrendale, Pennsylvania, USA, Publication No.SP-1539. American Technical Publishers, Hitchin, Hertfordshire, 2000, ISBN: 0-7680-0589-2, page 197-201.

Looze, M.P.de (2003), Sitting comfort and discomfort and the relationships with objective measures. *Ergonomics*, August, 2003 vol. 46, no 10, 985-997 Taylor & Francis.

Mergl, C. (2005) Predicting Long term Riding Comfort in Cars by Contact Forces between Human and Seat.

Milivojevic et al. (2000), Milivojevic A., Stanciu R., Russ A., Blair G.R., Van Heumen J.D.: Psychometric and body pressure distribution to automotive seating comfort, SAE Technical Paper Series, Paper No. 2000-01-0626, 2000.

Park et al. (1998), Park S., Young S., Nahm Y., Lee J., Kim J.: Seating physical characteristics and subjective comfort: design considerations. SAE Technical Paper Series, Paper No. 980653, 1998.

Oudenhuijzen et al. (2003), Oudenhuijzen A., Tak K., Morsch F.: The relationship between seat pressure and comfort. SAE Paper No. 2003-01-2213, 2003.

Shen und Parsons (1997), Shen W., Parson K.C., Validity and reliability of rating scales for seated pressure discomfort, *Int. Journal of Industrial Ergonomics*, 1997, 20, page 441-461.

Thakurta et al. (1995), Takurta K., Koester D., Bush N., Bachle S.: Evaluating Short and Long Term Seating Comfort, SAE Technical Paper Series, SAE Paper- No.: 950144, 1995.

Vink, P. (ed) (2005), *Comfort and design: principles and good practice*. Boca Raton: CRC Press.

White A. A. Panjabi, M. (1990), *Clinical biomechanics of the spine*, 2nd edition, Philadelphia.

Zenk, R. (2006), Objectifying the Comfort of Car seats SAE International 06B-129 2006.

Three BMW seats are shown in the figure 5.16. The seats are equipped with new lumbar support concepts which have been developed in this PhD and were tested in chapter 6.

This chapter 6 has been submitted to the International Journal of Industrial Ergonomics.

Franz, M.; Durt, A.; Zenk, R.; Goossens, R.H.M.; Vink, P.



Figure 5.16 Three BMW research seats with footrest

6 Body motion and pressure distribution of two lumbar support concepts in car seats

6.1 Abstract

In this paper two new lumbar support concepts are presented, which provide a new way of supporting the curve of the lumbar spine.

Both systems have been designed using physiological and biomechanical arguments. Fourteen subjects compared the two prototypes to an adjustable standard lumbar support. The motion analysis of the body while using the systems was researched using a VICON infra red camera system for movement recording. The pressure distribution was recorded using a Tekscan pressure mat.

Significant changes of all markers (on the body of the subjects) were analysed. The system with a roll in the seat moves the tuberositas backwards. The seat with the roll function was seen as preferable and it is possible to reactivate the system without leaving the seat.

6.2 Introduction

In the premium category of all renowned car manufacturers, seats are available with a variety of adjustments (e.g. Kolich, 2008). In modern society the automobile is an essential companion in everyday life. One opportunity of achieving a competitive advantage in the car industry is the development of car seats for people who value comfort and health. Often a special focus is given to the back, especially to the lower back. Many people have complaints in this area (Vink, 2005). Anderson et al. (1974) showed a reduction of EMG by using a lumbar support. The car manufacturers generally incorporate a form of support to the lower back in their standard seats. An additional feature is the introduction of an adjustable lumbar support. The driver can adjust this lumbar support individually to the physiological curve of the spine.

The way in which lumbar support systems work, their effectiveness and use, is discussed by customers and experts in this field (e.g. Lueder, 2004; Goossens 2000; Dupuis, 1991). Most lumbar supports when applied in car or airplane seats and office chairs work via a pneumatic inflation or a mechanical system (see fig. 6.1).

These systems are integrated in the seat frame of the backrest and try to improve the human-seat interface by changing the form of the backrest. These lumbar support systems have the effect that the lumbar area is altered to a more lordotic curve.



Figure 6.1 *Seat with an adjustable standard lumbar support*

By activating the lumbar support system a movement of the skeleton could also be introduced. By supporting the lumbar spine the pelvis could be rotated forward and by this the upper part of the pelvis of the human body is moved forward. This pelvic movement is also linked with movements of the spine and the hip joints (White, 1990). The pivotal point of this rotation is the ischial tuberosities. A result of this procedure is that the angles of the joints could be minimally altered. A forward hip motion is the result of more lumbar lordosis. This hypothetical reaction of the curvature of the spine and the orientation of the pelvis is shown in fig.6.2.

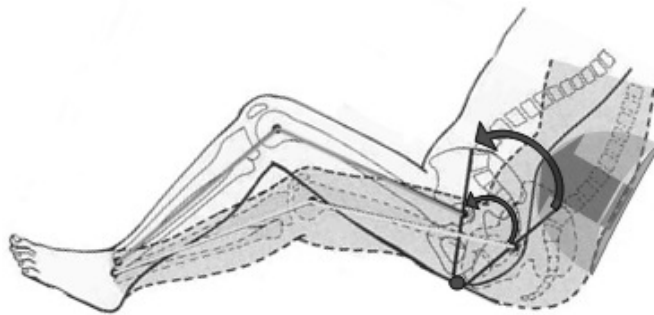


Figure 6.2 Biomechanics of the skeleton with maximal lumbar support

This minimal alteration of the pelvis position could generate feelings of discomfort, because of the changed hip position as well as the altered knee angle. The knee could have the effect that the thighs are not supported by the seat pan. That could mean a loss of personal comfort position which might lead to the need for the seated person to readjust the seat position.

Another important aspect that could induce discomfort is the high local pressure in the backrest especially in the lumbar region. Mergl (2006) came to the conclusion in his "bodymap" that the pressure in the lower back region should not be more than 0.8 N/cm². A higher pressure leads to discomfort. That was confirmed by the study of Zenk (2006) who also concluded that pressure should not be more than 0.8 N/cm².

Adjusting the pelvis in a more upright position is also described in medical and physiotherapy literature and is mostly used to move the spine in a more erect position (White et al, 1990). A possible benefit of the erect spinal position is that the shock absorbance by the intervertebral discs in the lumbar spine is improved (White 1990).

The average movement for a healthy subject in the spine in the normal position is according to White et.al. (1990): L5 - S1 ventral forward 9° and dorsal backwards 5°. L1 -L 5 ventral forward 43° and dorsal backward 11°. Th1 -L1 ventral forward 45° and dorsal backward 26°. Another effect of the lumbar support could be seen in the hamstrings. The hamstring covers two joints:

The hip joint and the knee joint.

Extending the lower legs (in the knee joints) could stretch the hamstring muscles.

By extending the lower legs the pelvis is rotated in a backward direction (in the hip joints). In order to facilitate this pelvis movement it is necessary to reduce the hamstring tension by a sufficient knee angle.

These considerations were used as the inspiration for a new car seat lumbar support system.

Two new lumbar support adjustment concepts were built:

One based on a rolling principle in the seat pan (see fig 6.3).

One based on a shifting principle which is part of the seat pan (see fig. 6.4).

A mechanical construction in the seat cushion was made, as well as a lumbo-sacral support which was developed using a pneumatic system. The roll- and shift function are synchronized with the pneumatic spine support in the backrest (see fig.6.3 and 6.4). Both new concepts were built into BMW X5 seats. The system is patented under the number PA 2007038294.

The advantage of the roll system is that it can be reactivated without leaving the seat. The shift function is easier to manufacture and has the same effect, but reactivation is not possible without leaving the seat. However, it could be possible that a reactivation is not seen as a benefit by end users. The principle of both systems is the movement of the tuberositas backwards and at the same time an enhancement of the lumbar support. The body is changed into another position, whereby more lumbar support is provided than in a traditional seated position. The assumption is that the rotation point in this new situation is the hip joint rather than the ischial tuberosity in standard systems. It is hypothesised that by using the shift as well as the roll function a more comfortable position is maintained.



Figure 6.3 Roll function of the new lumbar support



Figure 6.4 Shift function of the new lumbar support

The aim of this study is to evaluate these new requirements for a car seat lumbar support system. The research questions are:

Does the new lumbar support system influence the pelvic position, the pressure in the lower back and the experienced comfort more than an equal enlargement of a traditional lumbar support?

Does the lumbar support system exceed the pressure comfort guideline of a maximal pressure in the lower back region of 8 kPa?

Is it preferable to implement a roll system as shown in figure 6.3 compared with a shift system shown in figure 6.4?

6.3 Materials and method

Data on posture, comfort and pressure distribution was gathered. Fourteen subjects sat with their knees flexed 30 degrees on a seat pan of an BMW 20 way comfort seat. The seat pan had an angle of 15 degrees, the back angle was 110 degrees with respect to the horizontal plane.

6.3.1 Anthropometric data

Anthropometric data was obtained from all subjects:

- body-height (h)
- sitting-height (s)
- buttock-knee-length (b)
- knee-height sitting (k)

Also, general data was gathered:

- weight (w)
- age

6.3.2 Prototypes

Both new seats were compared to the BMW X5 standard seat model with a pneumatic lumbar support in the backrest. All seats are BMW 20 way comfort seats with electric adjustments. The seats were built on a sub-frame; this frame had the same angle as an actual BMW X5 car. To achieve the right foot position an adjustable footrest was built and used for the experiment. After getting used to the seat, the lumbar supports were adjusted and subjects then seated three minutes in three positions: First of all, the subject sat in a seat with the neutral position (NP) with minimal lumbar support, then the seat was placed in the

adjusted maximal lumbar support position (ALS). Finally in the own preferred comfort position (PCP). About three minutes per position (approx. 10 minutes per seat). Thirty minutes for all seats. The order of the seats was systematically changed.

One inflation process of the standard lumbar support takes around twenty seconds. The maximal range is forty mm. The special lumbar support has a maximum of twenty mm range and the whole adjustment process from minimum to maximum takes fifteen seconds. The research took place in a climate lab, where the temperature was constant (23°C) and the humidity as well (50%).

6.3.3 Recordings

The position of the body parts was recorded with a VICON body movement registration system (Vicon Oxford UK). The system uses infra red cameras recording markers on the body. Each test subject had to wear a research overall (see figure 6.5). A medical instructor fixed the markers at anatomical points after palpation (see figure 6.5 and table 6.1).

The pressure in the back was recorded by a TEKSCAN Body Pressure Measurement System (BPMS TM) (Tekscan, Inc. Boston, MA. USA) to analyze the pressure between the human back and the seat.

Both measurements (pressure and posture) were undertaken simultaneously.



Figure 6.5 Seats with test subject on the sub-frame with footrest in measuring position

All measurements were taken by the same instructor. Additionally, the subjects were interviewed on their comfort experience.

Table 6.1 Overview of the anatomical points with marker

Marker	Name	Orientation
CLAV	Clavicle	Jugular notch where the clavicles meet the sternum
STRN	Sternum	Xiphoid process of the sternum
RSHO	Right shoulder	Placed on the right acromio-clavicular joint
LSHO	Left shoulder	Placed on the left acromio-clavicular joint
RASI	Right ASIS	Placed directly over the right anterior superior iliac spine
LASI	Left ASIS	Placed directly over the left anterior superior iliac spine
RHIP	Right hip point	Placed directly over the right hip joint
LHIP	Left hip point	Placed directly over the left hip joint
RTHI	Right thigh	Placed the over the lower lateral 1/3 surface of the right thigh
LTHI	Left thigh	Placed the over the lower lateral 1/3 surface of the left thigh
RKNE	Right knee	Placed on the lateral epicondyle of the right knee
LKNE	Left knee	Placed on the lateral epicondyle of the left knee
RTIB	Right tibia	Placed over the lower 1/3 of the lower right tibia
LTIB	Left tibia	Placed over the lower 1/3 of the lower left tibia
RANK	Right ankle	Placed on the lateral malleolus
LANK	Left ankle	Placed on the lateral malleolus
RTOE	Right toe	Placed over the second metatarsal head, on the mid-foot side
LTOE	Left toe	Placed over the second metatarsal head, on the mid-foot side

The mean value of the right side of the human body was calculated sitting for three minutes in one position with a sample frequency of 60 Hz. The same was done on the left side of the human body. For the front direction the difference between the standard position as well as with lumbar support (LS) was calculated (x-axis). A similar calculation was made in the z-direction. The difference averaged over all recordings and all subjects between the roll and the standard lumbar support as well as between the shift and standard support was calculated by using the t-test for paired comparison ($p < .05$). The pressure between seat backrest and the human was measured, calculated and analysed in the same way as Mergl & Hartung (2005).

6.4 Results

The questions on the comfort experience did not provide clear differences. A comfortable position was feasible for all subjects with all systems. All subjects agreed that adjustment without resitting is preferable. The position of the markers anterior superior iliac spine (ASI), thigh (THI) and the knee (KNE) was

significantly changed in the x-direction. This change was anticipated and known in all three lumbar support concepts. All three lumbar support systems work mainly in this direction. The effects on the positions are shown in table 6.2. In the x-direction there are some significant differences between the shift and standard lumbar support. For the maximal alteration only changes in the knee position are shown, but for the comfortable position effects were also found for the spina iliac and the hip. In the z-direction there is less effect but still a significant change.

Table 6.2 Mean (and standard deviation = sd) change in value of the position of the markers in cm of all subjects in the seat with shift and roll function and standard lumbar support in the maximum changed position and the most comfortable position

	Shift seat Maximal		Roll seat Maximal		Standard seat Maximal	
	X mean	X sd	X mean	X sd	X mean	X sd
LASI	14,2	5,6	12,9	9,2	12,7	11,7
RASI	12,9	6,0	12,6	10,2	12,6	8,3
LHIP	5,5	3,0	4,7	3,4	6,9	5,1
RHIP	6,0	3,6	6,1	2,5	7,4	6,7
LKNE	6,6*	3,6	3,6	1,3	4,3	2,0
RKNE	7,9*	4,3	4,4	1,2	4,8	2,7
	Z mean	Z sd	Z mean	Z sd	Z mean	Z sd
LASI	2,2	1,1	2,7	1,4	3,1	1,9
RASI	3,0	1,8	2,6	1,5	3,2	2,3
LHIP	2,6	1,8	2,0	1,6	1,9	0,9
RHIP	2,4	1,3	2,7	1,6	2,1	1,2
LKNE	3,6*	2,1	2,3	1,3	1,6	1,3
RKNE	3,4*	1,9	2,3	1,5	1,6	1,0

	Shift seat comfort		Roll seat comfort		Standard seat comfort	
	X mean	X sd	X mean	X sd	X mean	X sd
LASI	6,9*	3,7	5,8	4,8	4,1	2,4
RASI	7,1*	3,9	5,8	4,8	3,9	2,4
LHIP	2,4	1,1	2,8	2,0	3,0	2,1
RHIP	3,1	1,7	2,8	2,4	3,9	3,4
LKNE	4,3	3,0	1,9	2,5	1,9	1,7
RKNE	4,0*	1,8	2,1	2,4	2,0	1,7
	Z mean	Z sd	Z mean	Z sd	Z mean	Z sd
LASI	1,4*	0,6	5,8*	0,8	4,1	1,4
RASI	2,3	1,4	5,8	1,4	3,9	1,9
LHIP	1,9	1,1	2,8	0,8	3,0	0,8
RHIP	1,4*	0,8	2,8	1,0	3,9	0,8
LKNE	2,1	2,5	1,9	3,2	1,9	0,3
RKNE	2,3	2,6	2,1	0,8	2,0	0,5

* means significant difference (t-test for paired comparisons, $p < .05$)

Table 6.3 Mean (and standard deviation = sd) value of pressure of all subjects in the seat with shift and roll function and standard lumbar support in the maximum changed position and the most comfortable position

Seat	Position	Pressure		Sd
Shift seat	with max lumbar support	14,7	kPa	7,5
	without lumbar support	5,2	kPa	2,4
	comfort position	8,3	kPa	5,5
Roll seat	with max lumbar support	11,9	kPa	4,7
	without lumbar support	4,7	kPa	1,9
	comfort position	6,6	kPa	3,7
Standart seat	with max lumbar support	7,4	kPa	2,8
	without lumbar support	4,2	kPa	1,7
	comfort position	5,5	kPa	2,3

In table 6.3 it is shown that the mean pressure in the lumbar region sometimes exceeds the 8 kPa, but the standard deviation is high showing that some subjects always stay below this threshold. Especially in the maximum position the roll and shift seats do exceed this 8 kPa. The subjects also mentioned discomfort here. The shift seat in the comfort position also sometimes exceeds the 8 kPa. The question is whether the latter is meaningful, as this position is experienced as comfortable by the end users.

6.5 Discussion

Answering the research questions based on this research should be observed with care as there were only fourteen subjects. Nevertheless, within these fourteen subjects we could find significant changes in the positions of the markers. The question as to whether the new lumbar support systems influences the pelvic position can be answered positively as a similar change could be seen with all three systems. Also, the pressure in the lower back and the experienced comfort were comparable to the normal back rest system. The new systems seem to exceed the pressure comfort guideline of a maximal pressure in the lower back region of 8 kPa in the maximum position. The end users will probably not use this, because when they were asked to put it in the neutral position the systems did exceed this level just a little and subjects defined this position as comfortable.

Both new functions, the roll and the shift, were well accepted by the subjects.

It was possible with each system to support and adjust the lumbar spine as well as finding a comfortable position. It is not new, that a lumbar support has

effects. Anderson and Örtengren (1974) showed effects on the lumbar load by using a lumbar support while sitting in a Volvo seat. Anderson et al. (1979) reported as well a decrease in muscle activity measured by EMG due to a lumbar support. Shields and Cook (1988) described effects of a lumbar support on pressure between the human body and the seat. Both studies show the effect that a lumbar support pushes the back in a more lumbar lordotic position and thereby rotating the pelvis forward.

As described, a standard lumbar support pushes the pelvis forward causing the H-point to alter its position. The angle of the knee is also changed as described in the introduction. This study indicates that the roll function could be seen as favourable. There was a small hip- joint alteration backwards in the maximal and in the comfort position. If the roll is turning backwards the buttocks and the whole pelvic area move downwards, while the spine remains erect so that the h-point was nearly in a neutral position. Another and perhaps the main reason for preferring the roll system is that it is possible to reactivate the system without leaving the seat (roll- effect).

The shift function was probably as good as the roll function, but a reactivation is only possible by leaving the seat and adjusting the seat in the start position. There were more significant differences in position found in the shift function. The hip joint altered its position backwards more than with the roll function system. A disadvantage of this test is that it is only a short term test and the biomechanical reaction was measured externally. No information about the long term comfort while using the new lumbar supports is available yet. We can only speculate about the process in the body. There was also no measurements of shear force while using the systems.

Another important point is that people with spine injuries or illnesses such as rheumatoid arthritis or severe scoliosis cannot use all lumbar systems because it is necessary to have enough flexibility of spine movement.

6.6 Conclusion

This study indicates that a roll function in the seat could be an effective lumbar support system. The effects show the same tendency as the traditional lumbar support and it is possible to find a comfortable position. However, more research is needed regarding the precise effects within the human body and long term effects.

6.7 References

- Andersson and Örtengren (1974), "Lumbar Disc Pressure and Myoelectric Back Muscle Activity During Sitting," Scandinavian Journal of Rehabilitative Medicine.
- Anderson, GBJ, Murphy, RW, Örtengren, R, and Nachemson, AL (1979): "The influence of backrest inclination and lumbar support on lumbar lordosis." Spine, 4:52-58.
- Dupuis, H., Steeger, D., (1991) Untersuchungen an einem PKW- Fahrersitz unter anthropometrischen, arbeitsmedizinischen und orthopädischen Gesichtspunkten. Sonderdruck, Johannes- Gutenberg- Universität Mainz.
- Goossens, R.H.M., Snijders, C.J., Fransen, T. (2000) Biomechanical analysis of the dimensions of pilot seats in civil aircraft, Appl. Ergon. 31(1), 9-14.
- Kolich, M., (2008) A conceptual framework proposed to formalize the scientific investigation of automobile seat comfort, Applied Ergonomics 39, 15-27
- Mergl, C. (2006), Entwicklung eines Verfahrens zur Objektivierung des Sitzkomforts auf Automobilsitzen, Diss: Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München
- Shields RK, Cook TM, 1988 Effect of Seat Angle and Lumbar Support on Seated Buttock Pressure, PHYS THER Vol. 68, No. 11, November 1988, pp. 1682-1686
- Vink, P (ed) (2005), Comfort and design: principles and good practice. Boca Raton: CRC Press.
- White A. A. Panjabi, M. (1990) Clinical biomechanics of the spine, 2nd edition, Philadelphia.
- Zenk, R.; Mergl, C.; Hartung, J.; Sabbah, O.; Bubb, H.; 2006. Objectifying the Comfort of Car Seats, SAE Conference 2006, SAE no 2006-01-1299

The concept car shown in figure 6.6 and 6.7 has a new light weight seat which was developed in this PhD. The shell development is described in this chapter. This chapter 7 has been submitted.



Figure 6.6 BMW Vision efficient dynamic show car



Figure 6.7 BMW show car with the light weight seats

7 A light weight car seat shaped by human surface contour

7.1 Abstract

The aim of this study is to develop a human contour based light weight seat. If the contour of the seated human back is known, minimal foam material is needed to support the body comfortably. Fifteen men and ten women were asked to sit in a comfortable position in a rescue mat which was placed on a wooden seat frame in a driving position. The angles of the frame were similar to the car seat construction angles. The test subjects were instructed to recreate some driving movements. The comfortable contour was scanned and digitized in Catia V5. All scans were superimposed over each other and a universal seat shell was created. The data was used to build a new seat consisting of a glass fibre laminate shell which was used for the second experiment. Twenty-five end-users participated in a consumer acceptance test. They were asked via a questionnaire about the comfort experience of the seat compared with a standard BMW seat. The study shows that it is possible to create a seat shell using the anatomy of the human body. It is acknowledged that more research is needed to define more specific areas such as the dynamic driving situation.

Relevance to industry: The car seat industry and the car manufacturers need guidelines to make light weight products that are user focused and medically based. In this paper specific car seat requirements are stated, based on research.

Key words: seat requirements; sitting comfort; car seat; seat shell, light weight seat.

7.2 Introduction

Several studies are available with information which can be used for the design and construction of car and office seats, based on comfort (Vink, 2005). For car seats, the ideal pressure distribution has been described (Mergl, 2006) and for

office chairs the effects of systems that give active movement have been described (Deursen, 2003).

Up to this point, data has only been available for the construction of standard car seats based on experience and 3D digital models (e.g. Jack and Ramses), but not on the anatomical contour in specific driving postures. Andreoni et al (2002) analysed pressure and comfort in a larger number of seats with different shapes and foam stiffness, and defined correlations with the shape of the human body at the interface measured by the imprinted surface. Using this method it was possible to find the ideal seat. However, only a small amount of data is available for building a body contoured seat shell which fits nearly all percentiles.

The aim of this study is to describe the contour of the human body to be able to design a seat which follows closely this body contour with a minimum of upholstery material for a comfortable light weight seat shell for cars. Regarding the current environmental discussion the goal of all car manufacturers is to reduce the weight and CO₂ emissions of the cars (e.g. BMW, 2009). Car seats for the future should be light and provide a maximum of comfort. Some basic knowledge regarding the seating position is available and should be used in designing a car seat. For example, the angle of the backrest can be maintained. Wilke (2004) proposes that a reduced pressure distribution of the intervertebral discs is achieved through a backward leaning position. Also Zenk (2008) found in his research that a relaxed, well supported position generates a low pressure in the spinal discs. Mergl (2006) as well showed that there is an ideal pressure distribution resulting in a high comfort in this backward leaning position. Looze et al. (2003) showed that there are several studies indicating that a good pressure distribution in the seat cushion is important for comfort. Dieën et al. (2001) found that a seat should not enable one ideal sitting position but stimulate variation in posture. Franz et al. (2008) found significant muscle tension reduction while using a car seat with a dynamic massage system. Franz et al. (2008) also found that the pressure in the intervertebral discs is altered while using different dynamic sitting systems. Lueder (2004) also mentions the importance of chairs that enable users to shift dynamically between ranges of stable and healthy postures, in a review on the ergonomics of seating movement. Zenk (2008) found a car seat sitting position with the help of the

Mergl study which results in low discomfort values and very low pressure in the intervertebral discs.

Regarding comfort experience during sitting, some knowledge is also available. Based on the study of Helander & Zhang (1997) general aspects of sitting can be defined that play a role in comfort and discomfort. Based on questionnaires, they found that discomfort (posture, stiffness and fatigue) is more related to physical characteristics of the environment such as temperature, light and noise. Comfort is also related to subjective factors such as luxury, relaxation etc.

There are indications that a better fit to the contour of the body leads to more comfort (Friebmelt, 2009). However, for a specific car seat contour data is not available. Along with the above mentioned data more specific descriptions are needed to design an anatomically based contour for a light weight car seat shell.

The purpose of this study is to develop a contour of the back of the human body in a driving position and to design a light weight seat based on this contour. The question is of course whether this seat is experienced as comfortable.

Therefore the research question of this study is:

Does a lightweight seat with a form based on the human body contour create comfort and appreciation?

7.3 Method

To answer the research question first the human body contour was established, then a new light weight seat was designed and manufactured and the comfort experience was again measured in this new seat.

Information on the body contour was gathered among twenty-five BMW employees fifteen men and ten woman aged between 20 and 40 years. The subjects were selected in such a way that at least one 5 percentile woman and one 95 percentile man was in the group. Two different research studies were conducted before and after the design of the seat: first a lab research was undertaken to find the contour of each subject while seated, and this provided the basis for a general contour. The objective here was to find the optimal contour of the back while the participants performed a driving task. It was also important to add other activities (e.g. looking in mirrors, using the pedals and

the gear) while sitting in this research seat, and to evaluate how the imprinted body contour is changed by these activities. Then the data was processed by Catia and the mean contour as well as the extremes were shown. A seat was designed and manufactured in accordance with these results. The widest contour was used to form the shell and inflatable cushions were used to fill up the spaces for smaller subjects. On top of the inflatable cushions a light weight spacer fabric was used to enable airflow between the human body and seat. Three weeks later a retest was performed to analyse and compare the new body contoured light weight seat with a standard BMW seat. A questionnaire combined with the emocard technique was used to analyse the subjects' impression. In the questionnaire space, was available for comments to discover what people said and thought (tacit knowledge), and also what they knew, felt and experienced.

7.4 Lab test

Twenty - five BMW employees: fifteen men and ten women aged between twenty and forty years from 5th percentile women to 95th percentile men with driver experience took part in the research (mean age 30 years; mean height 176,64 cm, mean weight 77,04 kg, mean body mass index [BMI] 24,47 kg). All test subjects were instructed to sit in a research mock up with a rescue mat: see figure 7.1. The subjects were instructed to perform some driving tasks such as moving a steering wheel and to depress the pedals. The objective was to push the body into the rescue mat. After performing the driving task and also finding the optimal position the test subject had to rate their own position and comfort feeling via a questionnaire and emocards. Each test subject had to complete the questionnaire after having carried out all research tasks. The first step was to rate the first emotional impression about the tactile input of their own sitting position via the emocard. The second step was for the test subjects to rate their sitting position using pre described words (see table 7.1).

With the assistance of a semantic differential, a clear connection between a linguistic answer and a psychological correspondence to the emocard was established. Positive and negative attributes were not automatically listed in this way on the semantic differential, they were deliberately mixed.

The main purpose of this element was to evaluate how the subjects felt in the seat and their first impressions.

Table 7.1

restricted	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	unrestrained
cosy	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	unpleasant
enfolding	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	off putting
insecure	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	secure
inviting	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	unwelcoming
protected	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	unprotected
heavy	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	exhilarating

The third step was to respond to the following questions in the questionnaire:

- Was it possible to find a comfortable sitting position?
- Would it be possible to do a long drive in this position?

These techniques were used to find out what aspects and body postures were important to the participants for a comfortable sitting experience in a car seat and what aspects and body postures could cause discomfort.

The most comfortable position was chosen by the subject after rating and becoming conscious of emotions and comfort. The mat was made hard by removing the air and the test subject had to leave the research seat and a picture was taken with a digital camera. Each individual imprint of the subject was also scanned with a laser scanner.



Figure 7.1 Frame with rescue mat after imprinting in the lab

7.4.1 The contour modelling process

In order to combine the shapes derived from all the individual scanning contours, a specific three-step process was carried out:

At first all the scanning data was arranged in a certain position, approaching the scatter plots of the scans as close as possible to each other, using a best-fit-algorithm. This was realized within a 3D modeling software, which can handle scanned scatter plots and perform shape design. Because of the divergence of each individual shape, based on the body height and the proportions, it is necessary to prioritize the buttocks and lower back area for the best-fit-algorithm and therefore allow more variations in the shoulder and the front thighs.

Next an arithmetic averaging of the resulting scatter plot was performed, by creating one new shape, which fits best to all the initial scanned body contours. The disadvantage of this averaged contour is that it does not suit tall people any more. In order to overcome this obstacle, finally a last step is necessary.

For this reason the contour has to be enlarged by defining a uniformly continuous offset of the surface in the positive direction. Finally, a new shape was created, which fits each individual person regardless of height or proportion.

Development of the new seat

Based on this contour data a seat shell prototype was built of glass fibre laminate fitting to the extreme (largest) subjects. Inflatable cushions were put in the shell, which could be adapted in such a way that all twenty - five subjects would fit. A layer was placed on top of the inflatable cushions to provide airflow and then the upholstery fabric was placed on the surface. The seat shell was built on a standard car seat frame. The backrest was adjustable, as was the angle of the seat cushion. A standard BMW 7 series seat was also prepared for the research. Both seats were placed on base frames in the same conditions. The same test subjects as in the lab test were used for the retest.

7.4.2 Retest with the new light weight seat shell

Twenty - five BMW employees: fifteen men and ten women aged between 20 and 40 years from 5th percentile women to 95th percentile men with driver

experience took part in the retest (mean age 30 years; mean height 176,64 cm, mean weight 77,04 kg, mean body mass index [BMI] 24,47 kg). All subjects had to sit in the new comfort shell and the standard BMW seat for 15 minutes. The subjects had to do the same driving tasks as in the first experiment. The subjects were instructed to perform some driving tasks such as moving a steering wheel and to depress the pedals (clutch, brake, accelerator pedal). After performing the driving task and finding the optimal position, the test subject had to rate their own position and comfort feeling via a questionnaire and emocards. The seat shell and the standard BMW seat were rated using the same questionnaire as in the lab test. The test conditions were the same as in the lab test. Twelve subjects started with the seat shell and thirteen with the standard BMW seat.

7.5 Results

7.5.1 Results, lab test

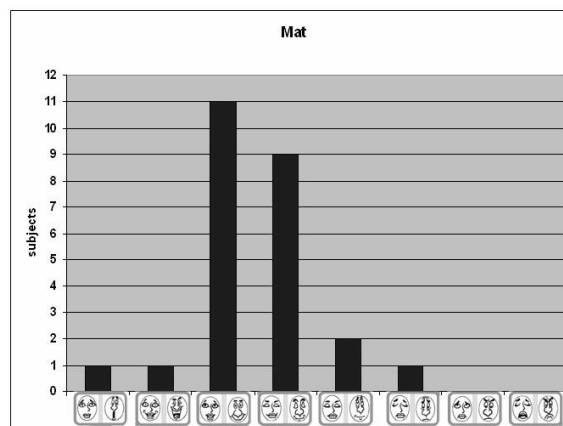


Figure 7.2 Emocard rating of the imprinted mat

Most participants rated the tactile input of their own sitting position in the rescue mat with a neutral, slightly positive emotion (see figure 7.2).

The results of the semantic differential showed this neutral feeling as well; participants rated all semantic differentials neutral or slightly more positive (see figure 7.2).

Twenty - five of the test subjects confirmed that they could find a comfortable sitting position in the mat.

Twenty - two believed that they could drive for a long time in this position.

Three subjects disagreed because they needed rest breaks.

7.5.2 Processing of the scanned data

The general seat shell was created by using the “best fit” of all superimposed scans to find the final, ideal seat shape. The newly created seat shape was converted to the CAD software CATIA V5 (see fig 7.3). Using Polyworks software, the discrepancies between the superimposed scans were less than 3.00 mm. After three weeks a new glass-fibre seat shell was built using this data. A decision was made to have the cushions more inflatable than the 3 mm up to 15 mm as the cushion would probably help to maintain the form of the contour. This seat shell was built on a metal car seat frame.

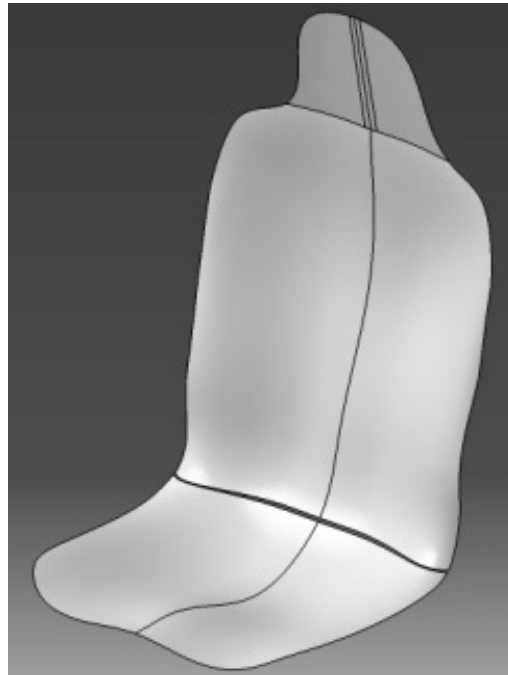


Figure 7.3 Body contoured seat shell Catia V5

7.5.3 Results retest seat shell

The tactile input of the sitting position in the body contoured seat shell was again rated slightly positive, to neutral (Figure 7.4).

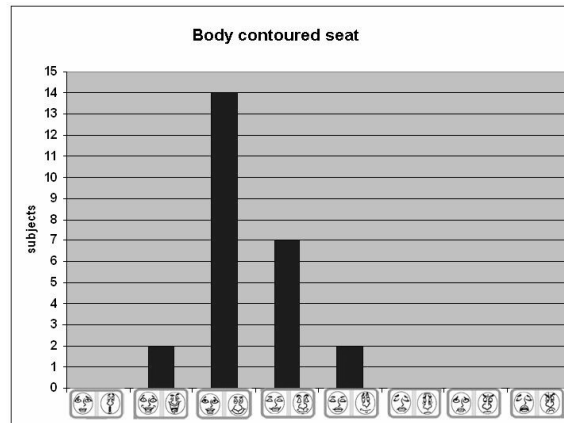


Figure 7.4 Emocard rating of the body contoured seat shell

When compared with the semantic differential questionnaire, the results of the lab test shown in figure 7.5 reveal a close similarity to the semantic differential of the retest with the seat shell. Figure 7.6 shows the comparison between the mat, body contoured seat and a BMW standard seat. The body contoured seat and also the mat, is in all categories much better than the BMW standard seat. Eighteen test subjects indicated that there was a significant difference in the perception between the body contoured seat shell and the standard seat, the general contour of the shell fits better to the body. The standard seat does not fit all body regions to the anatomical curves. The most frequently mentioned area was the lower back region.

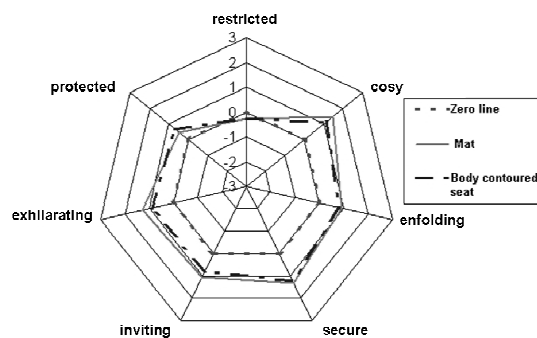


Figure 7.5 Results of semantic differential impression (mat and body contoured seat)

Twenty five of the test subjects confirmed that they could find a comfortable sitting position in the body contoured light weight seat shell.

All twenty five believed that they could drive for a long time in this position.

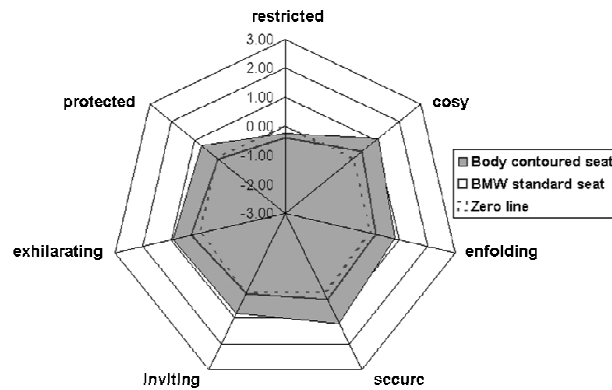


Figure 7.6 Results of semantic differential impression: mat, body contoured seat and BMW standard seat

7.6 Discussion

The study consisted of three parts: gathering body contour data, designing a lightweight seat and questioning drivers on the comfort in the new light weight seat. The study showed that it is possible to define a body contour. It was interesting to observe that the maximum variation was only 3 mm, even though a 5th percentile woman and 95th percentile man were among the subjects. Answering the research question is still difficult with only one case study. However, this study indicates that a seat based on the body contour of twenty five subjects can even increase comfort as the lumbar region felt better in the new seat. The results of the subjects' seat rating closely resembled the comfort rating of a BMW seat this was rated as "fairly comfortable". This method of defining the human contour has potential to be used in the design of a comfortable body contoured light weight seat for car driving. In this discussion an attempt has been made to translate the results of the study into the actual car seat production.

7.6.1 Surface material for the body contoured seat

The new body contoured seat shell combines all of the imprinted contours of the subjects. Each individual contour can be found in this digital seat shell. This means however, that for some individuals, the body contour shape is not an exact fit. For this reason a specific surface material is needed to cover these contour differences.

Pre tests have shown that regular foam material works very well to eliminate these differences. However, the more light weight solution of inflatable cushions (air weighs nothing) also works. The cushion allowing some variation is also important to be able to reposition. It is important to allow changes in the seat position e.g. Dieen et al. (2001) and Lueder (2004) have also shown that being able to vary the posture, reduces local perceived discomfort.

7.6.2 Reflection of the methods

In the process of designing a comfortable body contoured car seat it appeared that the questionnaires and emocards were useful. It gave an insight into the experiences of the user when they were able to verbalize and visualize their (tacit) needs and wishes. These needs and wishes were stated directly by the participants, minimizing interpretation by the researcher. In this way the subjects were able to choose their most preferred position more consciously and this position was scanned. Using tacit knowledge in seat design is not new as for instance Rosmalen et al (2009) used this in designing a lounge seat. Nevertheless, the findings might have been influenced by the degree of the participant's ability to express needs and wishes. On the other hand the results provided sufficient detail so that it was possible to create the optimum surface design contour. The seat experiment is an example of research that provides more information that can be incorporated in the design of a comfortable car seat. It is acknowledged, that the testing time in the lab test and also the retest were based on a short term evaluation. It would also be interesting to do a retest under real driving conditions. More research is needed to specify the long term comfort of the seat concept.

In conclusion, the research methods used provided useful information for the design of a comfortable seat giving a good seating experience.

The studies complement each other and are valuable for the creation of a new seat and provide the opportunity to understand the anatomy and the user's needs. For more detailed design requirements additional research is needed e.g. comparison to other car seats, different contours and their emotional perception. The contour and the development process of the body contoured light weight seat is patented PA2009016051 DE.

7.7 Conclusion

This study has investigated the requirements for the construction of a new light weight seat concept based on the human anatomy using body contour data. Three studies were undertaken: a lab test to define the contour, a design process and a retest. The studies show that there is a possibility of developing a light weight body contoured car seat with a good comfort experience. The adaptable inflatable cushion interlayer means that this seat provides a comfortable sitting position for every individual in various positions. More long term research is needed in real driving conditions and comparison with other seats to find out if the indicated effects of this study will be found in reality.

7.8 References

- Andreoni, G., G.C. Santambrogio, M. Rabuffetti and A. Pedotti, 2002. Method for the analysis of posture and interface pressure of car drivers. *Applied Ergonomics*, 33 (6): 511-522.
- Deursen, van L. Low Back pain and Every day Activities, The influence of axial rotation on low back pain Diss.: Erasmus University, Rotterdam 2003.
- Dieën, J.H., van, Looze, M.P., de, Hermans, V. Effects of dynamic office chairs on trunk kinematics, trunk extensor EMG and spinal shrinkage. *Ergonomics* 2001; 44: 739 – 750.
- Franz, M., Zenk, R., Durt, A., Vink. P., The influence of a massage car seat on comfort experience and EMG., SAE Conference 2008-01-0889.
- Franz, M., Zenk, R., Durt, A., Vink. P., Disc pressure effects on the spine, influenced by extra equipment and a massage system in car seats., SAE Conference 2008-01-0888.
- Friehmelt; H. Special Design Features and Unique Requirements of Aircraft Seats, 4th Annual Congress Innovative Seating, Wiesbaden 2009

Helander, M.G. and Zhang, L. Field studies of comfort and discomfort in sitting. *Ergonomics* 1997; 40: 895–915.

Leuder, R. *Ergonomics of seated movement. A review of the scientific literature*. Humanics ErgoSystems, Inc 2004.

Looze, M.P. de, Kuijt-Evers, L.F.M. and Dieën, J.H. van. Sitting comfort and discomfort and the relationships with objective measures. *Ergonomics* 2003; 46: 985–997.

Mergl, C. *Entwicklung eines Verfahrens zur Objektivierung des Sitzkomforts auf Automobilsitzen*, Dissertation: Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München 2006.

Rosmalen, MK van, Groenesteijn L, Boess, S, Vink P. Using both qualitative and quantitative types of research to design a comfortable television chair . *J. of Design Research* 2009 - Vol. 8, No.1 pp. 87 - 100

Vink, P. (ed) (2005), *Comfort and design: principles and good practice*. Boca Raton: CRC Press.

Wilke, H. *Möglichkeiten zur Bestimmung der Wirbelsäulenbelastungen und Konsequenzen für die Empfehlung für das Sitzen*, ergo mechanics, Shaker Verlag Aachen 2004.

Zenk, R. *Objektivierung des Sitzkomforts und seiner automatischen Anpassung.*, Herbert Utz Verlag 2008.

Journal

Frankfurter Allgemeine Sonntagszeitung BMW Efficient Dynamics, MINI Minimalism (ref. FAZ Nr.11/7/ 11, 15.04.2009).

8 Comfort theory considerations

8.1 Introduction

In this chapter a reflection is made on the theory and the research question mentioned in chapter 1 with the knowledge of the experiments of the previous chapters in mind. The main purpose of this PhD was to contribute to the increase of knowledge in the car seat comfort area by using physiological and anatomical knowledge. Based on physiological knowledge and literature reviews on comfort and seats, effects on comfort could be expected from massage systems, ideal pressure distribution, special lumbar supports, neck supports and body contours. We made designs of new seats consisting of these elements and tested effects on comfort and tried to measure physiological parameters to explain possible effects.

The research question for this PhD thesis mentioned in chapter 1 was:

Do new features in car seats, such as massage systems, active lumbar supports, neck supports as well as human body contour forms increase comfort and is there a physiological explanation?

To answer this research question five unique patented designs were made and these were tested. The results of these tests are described in the previous chapters. In fact, the answer to this research question is straight forward. Yes, if the features are used and adjusted in the right way comfort increases. However for the explanation we should look in more detail and the idea was that the models of Looze et al. (2003) and Moes (2005) could be helpful in explaining why comfort increases.

In this chapter first the results of the tests and the designs including the “posture variation”, “pressure distribution”, “seat settings”, “head and neck rest”, “lumbar support” and “human contour seat” are evaluated and related to the models of Looze et al. (2003) and Moes (2005) and then a reflection of the overall results is presented. Keywords mentioned in the models of Moes and Looze are shown bold to present explicitly the connection with the model. This has resulted in a new model and in directions for future research, which are also described.

8.2 Posture variation and massage

The literature clearly shows that variation in posture is better for comfort and health (see paragraph 1.3.1). While driving, the possibility for variation is limited, but a massage system could solve this as the driver can be seated in this same position. In terms of the model of Looze et al. (2003) the idea of this feature was that adding the **physical feature** “massage” could reduce muscle activity and vary the intervertebral disc pressure due to rotating vertebrae, which are **physical processes**. This could reduce **discomfort** and is more than **expected** and thereby improves **comfort**. In this thesis (chapter 2 and 3) indications for these physiological processes are clearly found, except for the vertebra rotation which was not measured. The model of Looze seems useful as it clearly shows that giving something more than expected could result in comfort.

In terms of the model of Moes (2005) the **interaction** (I) is a variation in contact between the human body and the seat/backrest because of the massage system. This results in internal body **effects** (E), such as intervertebral pressure changes and muscle activity reduction. The **perceived** effects (P) are interpreted as pleasant and comfortable, which is the **appreciation** (A) of the perception. In some cases the seat was set in an unfavorable position leading to feelings of **discomfort** (D), which could not be solved by the original interaction. After changing the seat position (change the **usage**) this discomfort was solved again and the massage system resulted finally in comfort. This phenomenon could be described by the feedback loop from D to usage in the model of Moes (see fig 8.1). If the massage system was functioning in another way, the feedback could go to I (interaction). This shows that the model of Moes is useful in this case as it distinguishes between options. On the other hand, an elaboration on the part “seat” in the model could be worthwhile considering as well as a seat has several parts having their specific influence.

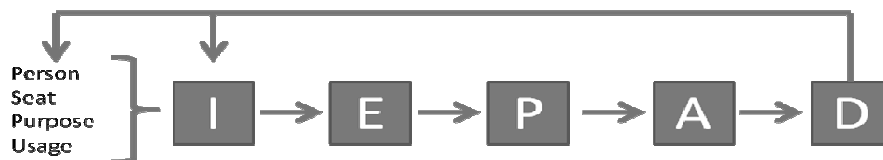


Figure 8.1 A part of the comfort model of Moes (2005).

8.3 Seat settings

Previous studies of Zenk (2008), Mergl (2005) and Hartung (2006) show that the seat setting with the ideal pressure distribution leads to more comfort. This is in fact also an adaptation to the body contour as in chapter seven, but in a different way. However, there were no data available on internal effects in the human body. This was tested in chapter four. In terms of the model of Looze et al. (2003) the **physical feature** seat setting could influence the **physical process** “pressure” between the seat and the body and the pressure in the intervertebral discs. The expectation is that the seat setting with the best pressure distribution gives the lowest pressure in the intervertebral discs and results in the least **discomfort**. This appeared to be true. Three seat settings were used. One resulting in a maximal upper leg support (MAX), one having the ideal pressure distribution (IDEAL) and one having a minimal support of the frontal thighs (MIN). The pressure distribution between the seat pan and human body differed, showing the largest pressure area in the IDEAL position and more peaks in the MIN and MAX positions. The IDEAL position showed least pressure in the intervertebral discs probably because it is favorable for the human anatomy and physiology and this could explain why it is more comfortable.

In terms of the model of Moes (2005) the **interaction** (I) between human body and seat pan is influenced by the different seat settings (**usage**). This interaction results in internal body effects (E), such as the intervertebral pressure change. The **perceived** effects (P) are interpreted as various levels of comfort. The IDEAL seat is most **appreciated** (A). The seat did not lead to feelings of **discomfort** (D).

In this case the model of Moes (2005) explains the process more clearly as the step between interaction and internal effects makes the process clearer. It is also interesting that in the model of Moes (2005) the seat setting is IDEAL (+) the interaction is more positive (+) and the effect more positive and the perceived effects as well. This means that changing the input has effects on the output making this model valuable.

8.4 Head and neck rest

Most research regarding headrests concerns safety. Comfort of the neck rest has not been studied at all. If you type “neck rest” and “comfort” in literature search systems like scopus or “science direct” only papers on patient care are shown. So, there was certainly room for the development of a head and neck rest featuring comfort. In terms of the model of Looze et al. (2003) the addition of a **physical feature** “head/neck rest” with the optimal pressure distribution could give an extra support and reduce muscle activity, which are **physical processes**. The idea is that this reduces **discomfort** and is more than **expected** and improves **comfort**. This is only partly affirmed. In the neck/head area the optimal pressure could be established, but some subjects did not like a head/neck rest at all. This is solved by making the head/neck rest adjustable in such a way that it can be left unused. The variation between humans is difficult to incorporate with these models.

In terms of the model of Moes (2005) the **interaction** (I) between the human body and head rest and neck rest is influenced by the different foams (**seat**). This interaction results in internal body **effects** (E), such as the pressure on the tissue in the neck and on the head. The **perceived** effects (P) are different for the neck and head. In the neck, softer foams are needed and in the head harder foams to reach good levels of comfort. The feedback loop in the model of Moes is used in this experiment. The seat is varied resulting in other comfort **appreciations** (A) and it could be explained by the anatomy (softer tissues in the neck) resulting in other internal body **effects** (E). Again this model shows more clearly the process and why choices should be made. This model also has the advantage that the **person** can be changed making it possible to explain why some subjects don't like the head/neck rest at all.

8.5 Specific lumbar supports

The idea was to develop specific lumbar supports that solve the problems of current lumbar supports. The current lumbar supports introduce shear forces or their effects could be neutralized by the fact that people shift forwards with their buttock and legs. This lumbar support was intended to solve these problems. The lumbar support is a **physical feature** that changes the position of the body

and contact areas with the human body which are **physical processes**. The idea is that this reduces **discomfort** and is more than **expected** and improves **comfort**. In this case the model of Looze et al. (2003) is useful and explains how comfort could describe the process. Changes in the position of the human body are shown. The pelvic position was changed due to the introduction of a specific lumbar support. Also, the pressure between the lumbar back and the seat was influenced. However, the fact that with each system subjects were able to find the comfortable position after trial and error is hard to describe with this model.

In terms of the model of Moes (2005) the **interaction** (I) between the human body and lumbar support measured by pressure distribution is influenced by its principle, e.g. roll or shift (**seat**) and by the way it is adjusted (**usage**). This interaction results in internal body **effects** (E), like the pelvic rotation. The **perceived** effects (P) are dependent on the adjustments and the principle. The feedback loop in the model of Moes is used in this experiment to find the most comfortable position. The seat is varied resulting in other comfort **appreciations** (A) and it could be explained by individual differences resulting in other internal body **effects** (E). Again this model shows more clearly the process and why choices should be made.

8.6 The use of human contour for light weight seats

Apart from a body contour of a model or dummy (Montmayeur et al., 2007) real human body contours in the driving position are not used to design the ideal form of a seat pan and back rest. This is an opportunity especially for light weight seats as little material is needed to overcome differences between real bodies and the seat. The body contour was measured and used as input for the new 3D form of a seat. In terms of the model of Looze et al. (2003) this **physical feature** (seat form) will also have effects in the internal body, which is a **physical process** and the driver will compare this with **expectations**. The idea is that this is needed to minimize **discomfort** and improves **comfort**. In reality this is the first step of the development as more adaptations will be needed e.g. the precise form of the inflatable cushions. Nevertheless, the seat

comes close to the BMW standard seat, showing that it is not far from the expectations a driver has of a car seat.

In terms of the model of Moes (2005) the **interaction** (I) between the human body and human contour seat influenced by the **seat** (standard BMW seat versus human contour seat). This interaction resulted in internal body **effects** (E) and **perceived** effects (P), which were not recorded. The **appreciation** (A) of both seats was close to each other. In this case the expectations are difficult to interpret with this model. Also, in this case it seems that when the seat aspect is good and appreciated in fact the development process is complete. However, in the model of Moes it looks as if the process is not finished and a next step is needed: the step towards discomfort.

8.7 Model adaptation for future seat development

Based on these studies we could conclude that the model of Moes is the best to describe the process from person, seat and usage to appreciation focused on the internal process within the human body. The model of Looze et al. (2003) has the advantage that the connection to expectations could be made, which is important in the mental process of deciding whether or not it is comfortable. Another advantage of the model of Looze et al. (2003) is that it ends with “comfort” as an outcome. Both models have the disadvantage that the variations in the seat characteristics are not explicitly shown as well as the variation between subjects.

Based on these considerations and the models of Moes (2005) and Looze et al. (2003) we would suggest a new model (see fig. 8.2). The **interaction** (I) is caused by the contact between the human body and the seat and its usage. This results in internal **human body effects** (H), such as body posture change, muscle activation and intervertebral pressures. The **perceived** effects (P) are influenced by the human body effects, but also by **expectations** (E). These are interpreted as **comfortable** (C) or it can lead to feelings of **discomfort** (D). There is not one form of comfort or discomfort experience, but it can vary from almost uncomfortable to extremely comfortable. The same is true for discomfort.

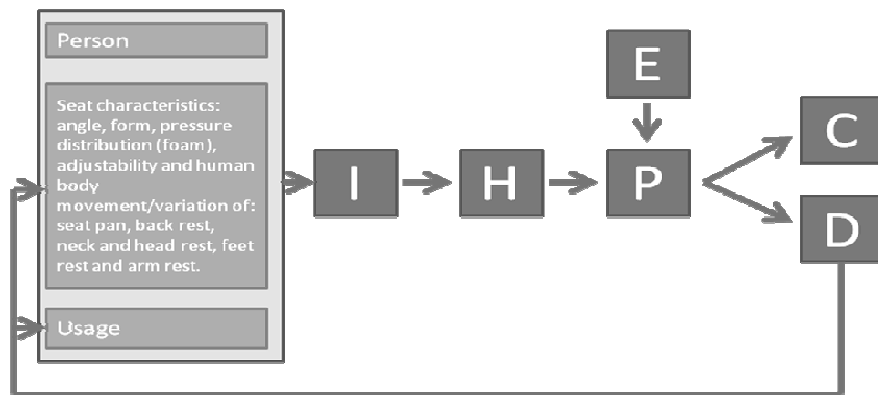


Figure 8.2 Descriptive model of how comfort or discomfort is experienced inspired by the models of Moes (2005) and Looze et al. (2003).

Person, seat characteristics and usage are positioned in one box as they have significant influence on each other. In the box, seat characteristics and the basic elements that have an influence on comfort and discomfort are described.

The angle of back rest and seat pan is clearly related to comfort (e.g. Rosmalen et al., 2009) as it determines the position of the parts of the human body, but also whether there is a shear force (Goossens et al., 1995). The form is also related to comfort as is shown in this thesis (chapter 6 and 7). The pressure distribution is also clearly related to comfort (e.g. Zenk, 2008). The adjustability is also related to comfort. The chapter on the lumbar support (chapter 6) shows that each subject has another preference to arrive at a comfortable situation. Movement and variation of posture is crucial according to Lueder (2004), but also chapters 2 and 3 in this thesis show the positive effects of even small variations in posture.

8.8 Reflection on the methods

The methods used in the previous studies are subjective evaluations by questioning the comfort experience. Many methods measuring comfort using questionnaires are described in the literature, like the LPD method (Vink, 2005), open questionnaires (Groenesteijn et al., 2009) and the BMW method (Zenk, 2008). The use of these questionnaires is even growing (Siebertz, 2010). In this PhD thesis we used the BMW method to be able to relate it to other BMW studies. It is the question whether it is the best method. This question is difficult

to answer as methods were not compared in this study. Further research is needed to validate this method. It could be done in the way Hamberg (2008) validated the LPD method, by measuring the LPD values in large groups of people who do the same type of work over years and measure the effects longitudinally. Previous studies (Hartung, 2006; Mergl, 2006) have shown its usefulness. Also in this study, the method clearly showed significant differences in experienced comfort between conditions and was therefore seen as useful.

The methods used to understand the physiological process, also were seen as useful. The EMG informed us about the muscle activity level in the static position, the pressure in the intervertebral disc showed the internal load and the variation in internal load. The posture recording informed us about the position of the body parts and the pressure distribution system showed if the pressure was distributed different in different situations. By these methods the connection to possible health effects also could be made.

We were certainly not the first to use these objective measurements. Looze et al. (2003) promote the pressure distribution as the system that is most clearly related to comfort based on a review of several studies using pressure distribution. There is also some support for using EMG (Kuijt-Evers, 2007) as muscle activity could be related to comfort. Posture could be related to discomfort as well (Zenk, 2008). It is clear that an awkward posture could result in discomfort.

The methods were useful to give possible explanations for whether or not comfort or discomfort is achieved. However, also for these methods there is a need for more validation and longitudinal research, especially if the methods are used to predict health effects.

8.9 Future research

The ideal form and function of the basic seat characteristics shown in figure 8.2 are in fact unknown. This model needs validation for each aspect. There are indications in the literature that the seat characteristics: angle, form, pressure distribution (foam), adjustability and human body movement/variation of seat pan, back rest, neck and head rest, feet rest and arm rest influence comfort. However, for a specific task like driving or reading or working with a hand held device the ideal position and variation in positions is unknown. Especially, the

ideal combination of variation in postures preventing back complaints, obesity and making people feel fit is an area that needs more attention. For very specific situations like office work (e.g. Groenesteijn et al., 2009) and specific car types (e.g. Hartung, 2006) rather comfortable positions are known, but there are limited general rules. Also, there is no general accepted concept of comfort. The work of Bubb & Estermann (2000), Moes (2005), Vink (2005) and Looze et al. (2003) has brought comfort knowledge a step further into conceptualization and the virtual comfort models for specific areas like foam characteristics (Siebertz, 2010) will also bring new insights.

For the future it is needed to first define the tasks (or usage as it is named in figure 8.2) and the persons doing those tasks and then design the seats and test the effects. The last element, performing experiments or tests is often missing. There are an incredible number of seats available and designed every year, but these are hardly tested. Sometimes user tests are undertaken but the explanation for the comfort experienced is missing. Data on the internal human body effects are essential to understand the process towards experiencing comfort or discomfort.

Also, as the environmental and sustainability issues are becoming more important we need to reduce the weight of car, train and airplane seats. Even office chairs should be made lighter to reduce the transport CO₂ burden. For this reason it is important to know what the minimum support is, that a human being needs to feel comfortable, which is another new area of research.

In conclusion, future research will be needed:

- regarding the elements mentioned in figure 8.2 to have a sound bases for the design of comfortable seats
- regarding the optimal variation in sitting postures to make people fitter
- regarding usage of specific seat elements to perform the task optimally in a comfortable position
- regarding minimal support points to make seats lighter and thus more sustainable

Probably the most important future research direction can be summarized by: finding the minimal support needed to feel comfortable and to be able to sit in various postures and make seats light weight. User tests are inevitable and physiological measurements useful to explain the comfort experience.

8.10 References

- Bubb H, Estermann S. Influences of forces on comfort feeling in vehicles, SAE Conference no 2000-01-2171, 2000.
- Goossens RHM, Snijders CJ. Design criteria for the reduction of shear forces in beds and seats. *Journal of Biomechanics* 1995; 28: 225-230.
- Groenesteijn L, Vink P, De Looze M, Krause F. Effects of differences in office chair controls, seat and backrest angle design in relation to tasks. *Applied Ergonomics* 2009;40:362-370.
- Hamberg-van Reenen HH, van der Beek AJ, Blatter BM, van der Grinten MP, van Mechelen W, Bongers PM. Does musculoskeletal discomfort at work predict future musculoskeletal pain? *Ergonomics* 2008; 51: 637-48.
- Hartung J. Objektivierung des statischen Sitzkomforts auf Fahrzeugsitzen durch die Kontaktkräfte zwischen Mensch und Sitz, Dissertation am Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München, 2006.
- Kuijt-evers LFM, Comfort in handtools, PhD thesis, TUDelft, 2007
- Lueder R . Ergonomics of seated movement. A review of the scientific literature. *Humanics ergosystems*, Encino, 2004.
- Looze MP de, Kuijt-Evers LFM, Dieen J van. Sitting comfort and discomfort and the relationships with objective measures. *Ergonomics* 2003; 46: 985-997.
- Mergl C. Entwicklung eines Verfahrens zur Objektivierung des Sitzkomforts auf Automobilsitzen, Dissertation: Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München, 2006.
- Moes NCCM. Analysis of sitting discomfort, a review. In: *Contemporary ergonomics 2005* (eds: Bust, PD, McCabe, PT), 200-204, Taylor & Francis, London.
- Montmayeur N, Marca C, Cabane C, Dwarampudi R, Kolich M, Nunez S, Virtual Seat Comfort Assessment through Effective Fore-Aft Lumbar Travel Prediction with a HPM-II Dummy Model, 7th International CTI Forum on Automotive Seats June 27-29th 2007, Munich, cd-rom 5 pages
- Rosmalen MK van, Groenesteijn L, Boess S, Vink P. Using both qualitative and quantitative types of research to design a comfortable television chair. *J. of Design Research* 2009; 8: 87 – 100.
- Siebertz K, Seat Pressure Distribution and Internal Loads of the Human Body. IQPC 2010 conference on innovative seating, Frankfurt, 2010

Vink P. Comfort and design: principles and good practice, CRC press, Boca Raton, 2005.

Zenk R. Objektivierung des Sitzkomforts und seine automatische Anpassung, PhD thesis TU Munchen, Herbert Utz Verlag , 2008.

9 Appendix

All patents which are part of this thesis are shown in the following list:

WO 2007/121874 A1	Massage activity system MAS
DE 102005030258A1	Neck support system
PA 2007038294	Lumbar support system
PA 2009016051 DE	Space Comfort Shell SCS
PA 2009016050 DE	Adaptive seating surface

The patents are printed in German as the original patent certification was made in the German language.

9.1 About the patents

In this thesis patents are shown which are essential to improve seat comfort.

9.1.1 Massage seat patent

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
1. November 2007 (01.11.2007)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2007/121874 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
A61H 1/00 (2006.01) A61H 23/02 (2006.01)
A61H 23/04 (2006.01)

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): LEIN, Rudolf
[DE/DE]; Rosswachtstr. 100, 85221 Dachau (DE).
DURT, Alexander [DE/DE]; Schornstrasse 36, 82266
Inning (DE). FRANZ, Matthias [DE/DE]; Reischenharter
Strasse 4, 83098 Brannenburg (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2007/003281

(22) Internationales Anmeldedatum:
13. April 2007 (13.04.2007)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

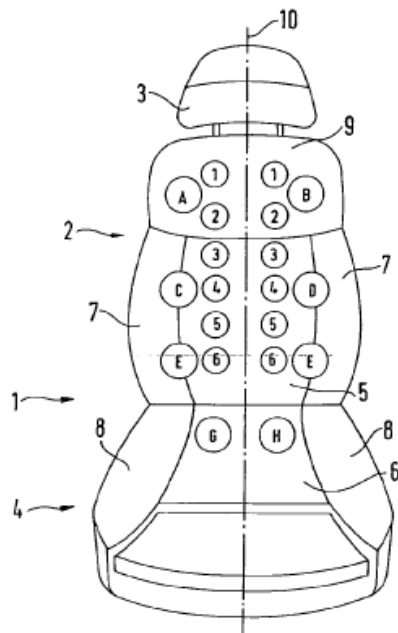
(30) Angaben zur Priorität:
10 2006 018 184.0 19. April 2006 (19.04.2006) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): BAYERISCHE MOTOREN WERKE AK-
TIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Petuelring 130,
80809 München (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: BAYERISCHE MOTOREN
WERKE AKTIENGESELLSCHAFT; Petuelring 130,
80809 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA,
CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,
IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR,
LS, LT, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY,
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS,

Die Erfindung betrifft einen Sitz nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.



Aus der US 5,558,398 ist ein Sitz mit einer Rückenlehne bekannt, die eine Mehrzahl paarweise und symmetrisch zur Hochachse der Rückenlehne angeordneter Hubelemente aufweist.

Des Weiteren beschreibt die WO 2004/026623 A1 einen Sitz mit einer Mehrzahl druckbeaufschlagbarer Elemente in der Rückenlehne und im Sitzkissen, mit denen die Sitzkontur beeinflusst werden kann, zur Erzielung unterschiedlicher Massageeffekte.

Aufgabe der Erfindung ist es, den aus der US 5,558,398 bekannten Sitz im Sinn einer verbesserten Mobilisation, insbesondere des Rückens des Sitzbenutzers, weiterzubilden.

Diese Aufgabe wird durch einen Sitz mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Kerngedanke der Erfindung ist es, in der Rückenlehne des Sitzes Verstellelemente anzuordnen, die so beschaffen sind, dass sie eine Hubbewegung in Richtung etwa senkrecht zur Anlagefläche des Sitzbenutzers

ausführen können. Die Verstellelemente sind an bestimmten Bereichen der Rückenlehne vorgesehen, um dort durch eine gezielte Zustellung auf den Sitzbenutzer eine aktive Bewegung des Rückens zu erreichen. Die Verstellelemente sind rechts und links der Wirbelsäule des Sitzbenutzers, bevorzugt symmetrisch zur Längsmittenebene der Rückenlehne, angeordnet. In jedem Fall sind zwei Verstellelemente im oberen Bereich der Rückenlehne vorgesehen, also in dem Bereich, der der Schulter eines Sitzbenutzers gegenüberliegt. Diese beiden Verstellelemente im Schulterbereich werden ergänzt durch zwei mittlere Verstellelemente im Brustbereich des Sitzbenutzers und/oder durch zwei Verstellelemente im unteren Bereich der Rückenlehne, der dem Lendenbereich eines Sitzbenutzers gegenüberliegt. Durch die erfindungsgemäße Anordnung der Verstellelemente in den beschriebenen Bereichen der Rückenlehne, die bestimmten Regionen des Rückens des Sitzbenutzers entsprechen, kann durch eine Hubbewegung der Verstellelemente eine gezielte aktive Bewegung des Rückens (sowie einzelner Wirbelsäulenabschnitte oder Wirbelsegmente des Rückens) erreicht werden, wie nachfolgend näher beschrieben.

Durch eine erfindungsgemäße Ansteuerung werden die Verstellelemente so aktiviert, dass der Rücken eines Sitzbenutzers rotatorisch mobilisiert wird. Durch diese aktive rotatorische Mobilisation wird eine Bewegung des Rückens erzeugt, die der Bewegung der Wirbelsäule beim Gehen entspricht, damit also einen natürlichen Bewegungsablauf nachbildet, der von einem Sitzbenutzer in seiner statischen Haltung nicht selbst aktiv ausgeführt werden kann. Durch die von den Verstellelementen auf den Rücken ausgeübte Verdrehbewegung kann Ermüdungserscheinungen und Verspannungen in äußerst wirkungsvoller Weise entgegengewirkt werden.

Die Verstellelemente bewirken – ausreichender Hubweg vorausgesetzt – eine Mobilisation einzelner Wirbel gegeneinander bzw. eine Mobilisation von Wirbelsegmenten. Der beaufschlagte Wirbel bzw. das beaufschlagte Wirbelsegment erfährt eine Mikrobewegung gegenüber dem benachbarten Wirbel bzw. Wirbelsegment. Diese Mikrobewegung ist aus der „manuellen Therapie“ der Wirbelsäule in der Medizin bekannt und wird erfolgreich zur

Mobilisation von Wirbeln bzw. Wirbelsegmenten eingesetzt, um eine Bewegungsverbesserung zu erreichen, die sich als Komfortsteigerung spürbar äußert.

Die rotatorische Mobilisation wird bevorzugt durch vier oder sechs Verstellelemente in der Rückenlehne erreicht, die den Rücken des Sitzbenutzers verdrehen. Hierbei werden, wie oben beschrieben, die Verstellelemente im Schulterbereich zusammen mit den Verstellelementen im Thorax- und/oder Lendenbereich in geeigneter Weise angesteuert.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die Verstellelemente in den seitlichen Randbereichen der Rückenlehne derart angeordnet, dass sie den Rücken des Sitzbenutzers in einem möglichst weit außen liegenden Bereich aktiv bewegen können, um eine möglichst große Hebelwirkung zu erreichen. Selbstverständlich sind die Verstellelemente so zu platzieren, dass sie auch bei kleineren und schmaleren Sitzbenutzern noch wirkungsvoll arbeiten können.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung werden die Verstellelemente in der Rückenlehne durch Verstellelemente im Sitzkissen ergänzt, wie an sich aus der DE 197 26 409 A1 bekannt. Diese Druckschrift beschreibt ein Sitzkissen mit zwei Verstellelementen, die eine Hubbewegung in einer Richtung etwa senkrecht zur Oberfläche des Sitzkissens durchführen. Die Verstellelemente werden alternierend bewegt und erzeugen hierdurch eine Kippbewegung des Beckens eines Sitzbenutzers, ähnlich der Bewegung des Beckens beim Gehen.

Durch diese Kombination von Verstellelementen in Rückenlehne und Sitzkissen, in Verbindung mit einer entsprechenden Ansteuerung, wird eine dreidimensionale Rotationsbewegung von Rücken und Becken erreicht, indem die Verstellelemente in der Rückenlehne zusammen mit den Verstellelementen im Sitzkissen eine gegenläufige Verstellbewegung ausüben. Diese Ergänzung der Rotationsbewegung des Rückens durch die Kippbewegung des Beckens ist für eine gesamthafte Mobilisierung der Wirbelsäule des Sitzbenutzers

besonders vorteilhaft. Diese rotatorische Mobilisation ist der Rotationsbewegung nachgebildet, die der Rücken und das Beckens beim Gehen ausführen.

In der beschriebenen Ausführung der Erfindung sind also vier bzw. sechs Verstellelemente in der Rückenlehne des Sitzes und mindestens zwei weitere Verstellelemente im Sitzkissen vorgesehen. Selbstverständlich kann im Sitz auch eine hiervon abweichende Zahl von Verstellelementen verbaut sein.

Es können Verstellelemente mit unterschiedlicher Größe und/oder mit unterschiedlichem mechanischem Aufbau und/oder mit unterschiedlicher Geometrie eingesetzt werden.

Grundsätzlich sind die Verstellelemente symmetrisch in der rechten und linken Hälfte des Sitzes angeordnet. Davon abweichend ist jedoch auch eine zumindest abschnittsweise asymmetrische Verteilung der Verstellelemente denkbar, je nach Ausgestaltung des Sitzes.

Die Verstellelemente sind bevorzugt zwischen der Basisbefederung, also der Kraft aufnehmenden Struktur des Sitzes, und der Polsterung des Sitzes, in der Regel einem Schaummaterial, angeordnet. Durch diese Platzierung der Verstellelemente zwischen Rahmen und Sitzschaum wird verhindert, dass die Verstellelemente in Komfort mindernder Weise punktuell auf den Rücken und gegebenenfalls auf das Gesäß des Sitzbenutzers einwirken. Vielmehr wird durch die beschriebene Anordnung eine großflächigere Druckverteilung erreicht, ohne ein zu starkes punktuelles Einwirken der Verstellelemente auf den Körper des Sitzbenutzers. Gleichzeitig gewährleistet die beschriebene Anordnung der Verstellelemente jedoch eine ausreichend präzise lokalisierte Krafteinwirkung auf den Rücken und gegebenenfalls das Gesäß des Sitzbenutzers.

Ergänzend zu den Verstellelementen ist in einer weiteren Ausführungsform der Erfindung in der Rückenlehne eine Mehrzahl von übereinander angeordneten Massageelementen vorgesehen, wie an sich aus der DE 38 30 235 C2 oder der

DE 201 08 345 U1 bekannt. Im Fall der DE 38 30 235 C2 werden die Massageelemente so angesteuert, dass durch eine fortschreitende Beaufschlagung benachbarter Massageelemente eine walzenartige, entlang der Höhererstreckung der Rückenlehne durchlaufende Wellenbewegung entsteht.

Die auf den Rücken eines Sitzbenutzers aufgebrachte Wellenbewegung bewirkt eine Massage der Muskulatur entlang der Wirbelsäule, vorwiegend der Muskelstränge neben der Wirbelsäule. Durch diese direkte mechanische Einwirkung auf die Muskulatur wird die Durchblutung der Rückenmuskulatur gesteigert, mit der Folge einer Regeneration und einer sich anschließenden Entspannung der Muskulatur, einschließlich der umgebenden Körperstrukturen (Knorpel, Bänder, Sehnen). Außerdem wird durch die aufgebrachte Wellenbewegung die Wirbelsäule leicht bewegt, im Sinn eines periodischen Aufrichtens des Rückens. Diese Bewegung der Wirbelsäule verstärkt die positiven Auswirkungen der rotatorischen Mobilisation, indem auch hier wechselnde Drücke auf die Bandscheiben entstehen, mit der Folge einer verbesserten Versorgung der Bandscheibenknorpel.

Der erfindungsgemäße Sitz lässt sich besonders vorteilhafter Weise in Kraftfahrzeugen anwenden, da hier in vielen Fällen der Benutzer über einen längeren Zeitraum statisch auf dem Sitz verharrt und aufgrund der Gegebenheiten in einem Fahrzeug, im Fall des Fahrers auch aufgrund des Verkehrsgeschehens, eine eigene aktive Bewegung nicht ermöglicht. Durch die rotatorische Mobilisation wird die Wirbelsäule in einer Weise bewegt, die dem natürlichen Bewegungsablauf beim Gehen entspricht. Diese Bewegung hat zur Folge, dass wechselnde Drücke auf die Bandscheiben entstehen, welche die Nährstoffversorgung für den Bandscheibenknorpel über einen Diffusionsvorgang begünstigen. Unter dieser wechselnden Belastung der Bandscheiben wird also deren Regeneration gefördert. Außerdem wirkt die rotatorische Mobilisation auch auf die Muskulatur, so dass Muskelverspannungen erfolgreich vermieden oder zumindest reduziert.

Die Hubbewegungen der Verstellelemente sind zu begrenzen, um auszuschließen, dass die Hubbewegungen über die Arme an das Lenkrad

weitergeleitet werden, wodurch eine negative Beeinflussung der Fahraktivitäten entstünde. Neben dieser direkten Bewegungseinleitung über die Arme des Fahrers ist bei der Bemessung der Hubbewegungen auch zu beachten, dass die Bewegungsrezeptoren in den Armen des Fahrers nicht angesprochen werden, um keine Ablenkung beim Fahren hervorzurufen.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Ein mögliches Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird nachfolgend näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Sitz in perspektivischer Darstellung, mit einer Mehrzahl von schematisch dargestellten Verstellelementen und Massageelementen,

Fig. 2 bis 5 der Fig. 1 entsprechende Darstellungen, mit alternativen Ausführungsformen und Anordnungen von Verstellelementen,

Fig. 6 Ablaufschemata zur Erzeugung verschiedener Rotationsbewegungen durch die Verstellelemente,

Fig. 7 Ablaufschemata zur Erzeugung verschiedener Massageeffekte durch die Massageelemente und

Fig. 8 ein Diagramm zur Darstellung des zeitlichen Ablaufs der Rotation und der Massage.

Fig. 1 zeigt einen in seiner Gesamtheit mit 1 bezeichneten Sitz mit einer Rückenlehne 2, einer Kopfstütze 3 und einem Sitzkissen 4. An mittige Anlageflächen 5 und 6 von Rückenlehne 2 und Sitzkissen 4 schließen sich seitliche Wangen 7 und 8 von Rückenlehne 2 und Sitzkissen 4 an. Im oberen Bereich der Rückenlehne 2 ist ein Schulterabschnitt 9 ohne seitliche Wangen vorgesehen. Die Längsmittenebene des Sitzes 1 ist mit 10 bezeichnet.

Erfindungsgemäß sind in der Rückenlehne 2 sechs Verstellelemente A bis F vorgesehen, wobei die Verstellelemente A, C und E spiegelbildlich zu den Verstellelementen B, D und F angeordnet sind. Damit weist die rechte und die linke Seite des Sitzes 1 jeweils eine Reihe übereinander angeordneter Verstellelemente A, C, E bzw. B, D, F auf. Die Verstellelemente A bis F können individuell angesteuert werden.

Die Verstellelemente A und B sind im Schulterbereich der Rückenlehne 2 angeordnet, relativ weit außen liegend und, bezogen auf die Höhererstreckung des Schulterabschnittes 9, etwa mittig im Schulterabschnitt 9. Die Verstellelemente C und E bzw. D und F sind jeweils im Übergangsbereich zwischen den mittigen Anlageflächen 5 und den Wangen 7 der Rückenlehne 2 angeordnet. Hierbei befinden sich die Verstellelemente C und D etwa in der Mitte der Höhererstreckung der Rückenlehne 2, also im Brustbereich eines zugeordneten Benutzers des Sitzes 1. Die Verstellelemente E und F sind im unteren Abschnitt der Rückenlehne 2 angeordnet und damit dem Lendenbereich eines Benutzers zugeordnet.

Das Sitzkissen 4 weist zwei Verstellelemente G und H auf, die etwa symmetrisch zur Längsmittenebene 10 angeordnet sind. Die Verstellelemente G und H sind in demjenigen Bereich des Sitzkissens 4 angeordnet, der den Sitzbeinhöckern eines Sitzbenutzers gegenüberliegt.

Die Verstellelemente A bis H sind verdeckt unterhalb der Anlagefläche des Sitzbenutzers mit dem Sitz 1 angeordnet. Sie befinden sich bevorzugt zwischen der Basisbefederung und der Polsterung des Sitzes. Die Verstellelemente A bis H sind als Hubelemente ausgeführt und führen eine Bewegung in etwa senkrecht zur Anlagefläche des Insassen am Sitz 1 aus. Damit wird eine Kraft und in der Folge eine Bewegung auf den Rücken bzw. das Gesäß eines Sitzbenutzers ausgeübt. Mit der Hubbewegung der Verstellelemente A bis H wird nur in geringem Umfang eine Massagewirkung beabsichtigt und erreicht. Vielmehr steht die Mobilisation der Wirbelsäule im Vordergrund.

Fig. 1 zeigt eine besonders bevorzugte Anordnung der Verstellelemente A bis F, wobei die Darstellung insbesondere hinsichtlich der Form der Verstellelemente A bis F abstrahiert ist. Die Fig. 2 bis 5 zeigen alternative Anordnungen und Formgestaltungen von Verstellelementen.

In Fig. 2 sind pyramidenförmige Verstellelemente A, B, E und F dargestellt, mit dreieckförmigen Seitenflächen in der Vorderansicht des Sitzes 1. Bei Aktivierung eines der Verstellelemente A, B, E oder F entsteht ein keilförmiges Gebilde, mit maximalem Hub im Bereich der Grundseite der dreieckförmigen Seitenfläche. Der maximale Hub entspricht dem Hub der Verstellelemente A, B, E und F aus Fig. 1, wobei jedoch durch das keilförmige Auslaufen der Verstellelemente A, B, E und F in Richtung des vertikal darunter- oder darüberliegenden Verstellelements ein weicher Übergang erfolgt.

Fig. 3 zeigt eine weitere praxisnahe Ausgestaltung von Verstellelementen A bis F, die die Form von Keilen aufweisen. In der deaktivierten Position der Verstellelemente A bis F sind diese im Wesentlichen flache, in der Draufsicht rechteckförmige Gebilde. Bei Aktivierung der Verstellelemente A bis F „klappen“ diese entlang ihrer der Längsmittenebene 10 des Sitzes 1 zugewandten Schmalseiten 11 auf. Damit ergibt sich ein maximaler Hub der Verstellelemente A bis F in den seitlich außen liegenden Bereichen der Rückenlehne 2, entsprechend der Darstellung der Fig. 1. Die Keilform der Verstellelemente A bis F ist bei vergleichsweise ebenen Rückenlehnen 2 von Vorteil, da bei solchen Rückenlehnen 2 ein keilförmiger Abstand zwischen der ebenen Anlagefläche der Rückenlehne 2 und dem in seinen Randbereichen gewölbten Rücken eines Sitzbenutzers vorliegt. Dieser keilförmige Abstand wird durch die keilförmigen Verstellelemente A bis F in vorteilhafter Weise ausgeglichen. Außerdem wird durch die keilförmigen Verstellelemente A bis F erreicht, dass die Hubbewegung senkrecht zum Rücken des Insassen aufgebracht wird. Zudem sind die Schmalseiten 11 der Verstellelemente C und D gegenüber der Längsmittenebene 10 etwas angestellt, um im Thoraxbereich eine besonders gute Anpassung an den Rücken des Sitzbenutzers zu erreichen.

Bei der Rückenlehne 2 gemäß Fig. 4 sind anstelle jedes der Verstellelemente A bzw. B bzw. E bzw. F von Fig. 1 jeweils fünf Verstellelemente A₁, A₂, A₃, A₄, A₅ bzw. B₁, B₂, B₃, B₄, B₅ bzw. E₁, E₂, E₃, E₄, E₅ bzw. F₁, F₂, F₃, F₄, F₅ vorgesehen. Durch diese Untergliederung kann durch abgestufte Hubwege ein ähnlicher Effekt erreicht werden wie bei den pyramidenförmigen Verstellelementen A, B, E und F gemäß Fig. 2, nämlich ein fließendes Auslaufen, ausgehend von den Verstellelementen A₁, B₁, E₅ bzw. F₅ mit maximalem Hub. Alternativ können auch die Verstellelemente A₃, B₃, E₃ bzw. F₃ einen maximalen Hub ausführen.

Analoges gilt gemäß Fig. 5 für die Verstellelemente A₁ bis F₃. Wie anschaulich aus Fig. 5 hervorgeht, sind anstelle jedes der Verstellelemente A bis F von Fig. 1 jeweils drei oder vier Verstellelemente A₁, A₂, A₃ bis F₁, F₂, F₃ vorgesehen, um durch eine entsprechend abgestufte Ansteuerung weiche Übergänge zu erreichen.

Fig. 6 zeigt in tabellarischer Übersicht bevorzugte Ansteuerungen der Verstellelemente A bis H, um eine rotatorische Mobilisation des Rückens bzw. des Rückens und des Beckens zu erreichen.

Beim Verstellmuster a) werden die Verstellelemente A und D sowie B und C alternierend aktiviert, so dass jeweils schräg gegenüberliegend, also höhenversetzt in der rechten und der linken Hälfte der Rückenlehne 2, eine Zustellbewegung auf den Rücken des Sitzbenutzers erfolgt. Hierdurch wird eine „einfache Rotation“ des Rückens erreicht. Diese durch zwei diagonal gegenüberliegende Verstellelemente erzeugte Rotationsbewegung des Rückens ist relativ stark ausgeprägt.

Anstelle der Verstellelemente C und D können auch die Verstellelemente E und F aktiviert werden, mit dem gleichen Effekt wie oben beschrieben, jedoch mit einem größeren Abstand zwischen den nunmehr im Schulterbereich und im Lendenbereich angeordneten Verstellelementen A, B bzw. E, F. Hierbei ergibt sich das Verstellmuster b).

In der nächsten Stufe c) der Mobilisation werden die Verstellelemente A, D und E im Wechsel mit den Verstellelementen B, C und F betätigt. Mit anderen Worten wird jeweils ein Schulterhubelement A bzw. B und ein Lendenhubelement E bzw. F in der rechten bzw. der linken Hälfte der Rückenlehne 2 zusammen mit einem Thoraxhubelement D bzw. C in der linken bzw. rechten Hälfte der Rückenlehne 2 aktiviert. Hierdurch wird im Unterschied zur oben beschriebenen „einfachen Rotation“ eine „Segmentrotation“ erreicht. Bei der „Segmentrotation“ sind immer mindestens drei Verstellelemente beteiligt, wobei die Verdrehung des Rückens im Vergleich zur einfachen Rotation reduziert wird, da der Rücken nur eine verringerte Rotationsbewegung zum mittleren Verstellelement C bzw. D im Thoraxbereich ausführt. Hierdurch wird die Bewegung des Schultergürtels erheblich reduziert, mit Vorteilen hinsichtlich der Übertragung der Hubbewegung in die Arme des Fahrers eines Kraftfahrzeugs.

Durch Kombination der vier bzw. sechs Verstellelemente A bis F in der Rückenlehne 2 mit den beiden Verstellelementen G und H im Sitzkissen 4 kann eine dreidimensionale Bewegungsbeaufschlagung des Sitzbenutzers erreicht werden. Hierzu werden die Verstellelemente A, D und E in der Rückenlehne 2 zusammen mit dem Verstellelement H im Sitzkissen 4 bewegt, so dass bei diesem Verstellmuster d) eine "Zickzacklinie" von aktivierten Verstellelementen entsteht. Die Betätigung der Verstellelemente B, C, F und G erfolgt im periodischen Wechsel.

Das Verstellmuster d) bildet den physiologischen Bewegungsablauf von Wirbelsäule und Becken nach, wie er beim Gehen stattfindet.

Gemäß dem Verstellmuster e) kann die Aktivierung der Verstellelemente A, D und E auch mit der Aktivierung des Verstellelementes G kombiniert werden, abwechselnd mit einer Aktivierung der Verstellelemente B, C, F und H.

Durch die oben beschriebenen Aktivierungsmuster wird auf den Rücken und gegebenenfalls das Becken eines Sitzbenutzers eine vornehmlich durch Rotation bestimmte Bewegung aufgebracht, die der natürlichen Bewegung beim

Gehen nachempfunden ist. Hierdurch wird ein anatomisch sinnvoller Bewegungsablauf von außen auf den an sich statisch sitzenden Insassen aufgebracht, der die Wirbelsäule und das Becken mobilisiert und Muskelverspannungen entgegenwirkt.

Im Mittenbereich 5 der Rückenlehne sind zusätzlich zwei Reihen von Massageelementen 11 bis 16 angeordnet, jeweils mit gleichem Abstand rechts und links von der Längsmittenebene 10.

Fig. 7 gibt in tabellarischer Form fünf mögliche Abläufe i) bis v) zur Aktivierung der Massageelemente 11 bis 16 wieder.

Gemäß Ablauf i) wird eine von oben nach unten entlang des Rückens eines Sitzbenutzers durchlaufende Wellenbewegung erzeugt, im Wechsel mit einer von unten nach oben durchlaufenden Wellenbewegung.

Alternativ kann sich gemäß Ablauf ii) bzw. iii) die Wellenbewegung auch nur in der oberen oder in der untern Hälfte der Rückenlehne 2 abspielen.

Beim Ablauf iv) gemäß Fig. 7 erfolgt zunächst eine Wellenbewegung von oben bis zur Mitte der Rückenlehne 2 und anschließend eine Wellenbewegung von unten, wiederum bis zur Mitte der Rückenlehne 2. In bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung erfolgen diese beiden Wellenbewegungen gleichzeitig, so dass an der Rückenlehne 2 eine von oben und von unten zur Mitte hin laufende Welle entsteht.

Beim Ablauf v) gemäß Fig. 7 geht die Wellenbewegung von der Mitte der Rückenlehne 2 aus, nach oben bzw. nach unten. Auch hier verläuft die Bewegung bevorzugt gleichzeitig nach beiden Richtungen.

Fig. 8 gibt einen möglichen zeitlichen Ablauf der Aktivierung der Verstellelemente A bis H sowie der Massageelemente 1 bis 6 wieder. Die Zeitangaben sind rein beispielhaft.

Die Verstellelemente A, D, E, H erreichen innerhalb einer Aktivierungszeit t_A von 5 Sekunden ihren maximalen Hub. Die Haltezeit t_H beträgt 10 Sekunden. Daran schließt sich eine Deaktivierungszeit t_D von wiederum 5 Sekunden an. Der nächste Zyklus beginnt nach einer Ruhezeit t_R von 150 Sekunden.

Nach Beendigung des Hubzyklus der Verstellelemente A, D, E, H und einer Wartezeit t_W von 5 Sekunden beginnt der Hubzyklus der Verstellelemente B, C, F, G, bevorzugt mit denselben Parametern t_A , t_H und t_D .

Auf die Zyklen der Verstellelemente A bis H folgen die Massagezyklen der Massageelemente 1 bis 6, mit einer Wartezeit T_W von 5 Sekunden. Die Aktivierungszeiten T_A , die Haltezeiten T_H und die Deaktivierungszeiten T_D betragen jeweils 5 Sekunden. An die Deaktivierung des Massageelements 1 schließt sich ohne Wartezeit T_W unmittelbar die Aktivierung des Massageelements 2 an und so weiter. Nach dem Durchlauf des letzten Massageelements 6 beginnt nach einer Wartezeit T_W wieder die Aktivierung der Verstellelemente A, D, E, H.

Die Ruhezeit t_R zwischen zwei Hubzyklen der Verstellelemente A, D, E, H ist im vorliegenden Beispiel aufgrund der zwischengeschalteten Massagezyklen entsprechend lang. Bei einem Sitz 1 ohne Massageelemente 1 bis 6 oder bei deaktivierten Massageelementen 1 bis 6 ist die Ruhezeit t_R deutlich kürzer, um dem Sitzbenutzer keine länger andauernde Inaktivität des Sitzes 1 zu vermitteln.

Die beispielhaft angegebenen Zeiten können je nach Ausführung der Ansteuerung deutlich von den oben stehenden Angaben abweichen. Im Unterschied zum oben beschriebenen Ausführungsbeispiel, bei dem ein Massagezyklus 15 Sekunden dauert, kann die Zeitdauer eines Massagezyklus beispielsweise zwischen 5 Sekunden und 120 Sekunden betragen. Selbstverständlich können, abweichend von der „symmetrischen“ Gestaltung der Rotationszyklen und der Massagezyklen diese auch „asymmetrisch“ ablaufen. Grundsätzlich können alle angegebenen Zeiten individuell bemessen werden. Wartezeiten t_W und T_W können entfallen oder hinzukommen.

Der Hub der Verstellelemente A bis H beträgt beispielsweise 8 Zentimeter. Dieser Verstellweg ist jedoch nicht gleichzusetzen mit dem Hubweg, der am Rücken des Sitzbenutzers wirksam ist, da die Basisbefederung und die Polsterung des Sitzes 1 naturgemäß einen großen Teil des effektiven Hubweges aufbrauchen.

Patentansprüche

1. Sitz, mit einer Rückenlehne und einem Sitzkissen, mit einer Mehrzahl von Verstellelementen in der Rückenlehne, die innerhalb der einem Benutzer zugewandten Anlagefläche der Rückenlehne angeordnet sind und eine etwa senkrecht zur Anlagefläche gerichtete Hubbewegung durchführen können,

dadurch gekennzeichnet, dass eine Ansteuerung vorgesehen ist, durch die die Verstellelemente (A bis F) in zeitlich aufeinander abgestimmter Reihenfolge so aktiviert werden, dass auf den Rücken des Benutzers eine Rotationsbewegung aufgebracht wird, die der Rotationsbewegung des Rückens beim Gehen vergleichbar ist.

2. Sitz nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass die Verstellelemente (A bis F) in folgenden Bereichen der Rückenlehne (2) angeordnet sind:

- im oberen Bereich (Schulterbereich),
- im mittleren Bereich (Thoraxbereich) und/oder
- im unteren Bereich (Lendenbereich),

mit wenigstens je einem Verstellelement (A bis F) in der rechten und in der linken Hälfte der Rückenlehne (2).

3. Sitz nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet, dass die Verstellelemente (A bis F) im seitlichen außen liegenden Bereich der Rückenlehne (2) angeordnet sind.

4. Sitz nach einem der vorgenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich mindestens zwei Verstellelemente (G, H) im Sitzkissen (4) vorgesehen sind, die durch die Ansteuerung in zeitlich aufeinander und in zeitlich auf die Verstellelemente (A bis F) in der Rückenlehne (2) abgestimmter Weise so aktiviert werden, dass auf den Rücken und das Becken des Benutzers eine Rotationsbewegung aufgebracht wird, die der Rotationsbewegung des Rückens und des Beckens beim Gehen vergleichbar ist.

5. Sitz nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein zusätzliches Verstellelement (G, H) in der rechten und in der linken Hälfte des Sitzkissens (4) angeordnet ist.

6. Sitz nach Anspruch 4 oder 5,
dadurch gekennzeichnet, dass die zusätzlichen Verstellelemente (G, H) im Anlagebereich der Sitzbeinhöcker eines Benutzers angeordnet sind.

7. Sitz nach einem der vorgenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Verstellelemente (A bis F) wie folgt angeordnet sind:

- A: rechter Schulterbereich
- B: linker Schulterbereich
- C: rechter Thoraxbereich
- D: linker Thoraxbereich
- E: rechter Lendenbereich
- F: linker Lendenbereich

und wie folgt aktiviert werden:

- a) A und D gleichzeitig, im Wechsel mit B und C gleichzeitig, oder
- b) A und F gleichzeitig, im Wechsel mit B und E gleichzeitig, oder
- c) A und D und E gleichzeitig, im Wechsel mit B und C und F gleichzeitig.

8. Ansteuerung nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass die Verstellelemente (A bis H) wie folgt
angeordnet sind:

- A: rechter Schulterbereich
- B: linker Schulterbereich
- C: rechter Thoraxbereich
- D: linker Thoraxbereich
- E: rechter Lendenbereich
- F: linker Lendenbereich
- G: rechter Beckenbereich
- H: linker Beckenbereich

und wie folgt aktiviert werden:

- a) A und D gleichzeitig, im Wechsel mit B und C gleichzeitig, oder
- b) A und F gleichzeitig, im Wechsel mit B und E gleichzeitig, oder
- c) A und D und E gleichzeitig, im Wechsel mit B und C und F
gleichzeitig, oder
- d) A und D und E und H gleichzeitig, im Wechsel mit B und C und F
und G gleichzeitig, oder
- e) A und D und E und G gleichzeitig, im Wechsel mit B und C und F
und H gleichzeitig.

9. Sitz nach einem der vorgenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass entlang der Höhererstreckung der
Rückenlehne (2) eine Mehrzahl von Massageelementen (11 bis 16) angeordnet
ist.

10. Sitz nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet, dass die Massageelemente (11 bis 16)
symmetrisch zur Längsmittenebene (10) der Rückenlehne (2) in zwei Reihen,
seitlich innerhalb der Verstellelemente (A bis F), angeordnet sind.

11. Sitz nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet, dass jede Reihe sechs Massageelemente (11
bis 16) umfasst.

12. Sitz nach einem der Ansprüche 9 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, dass eine Ansteuerung vorgesehen ist, die die
Massageelemente (11 bis 16) so ansteuert, dass die Massageelemente (11 bis
16) eine walzenartig abrollende Massagebewegung auf den Rücken des
Sitzbenutzers ausüben.

13. Ansteuerung nach einem der vorgenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Aktivierung der Massageelemente (11
bis 16) auf die Aktivierung der Verstellelemente (A bis H) zeitlich abgestimmt
ist.

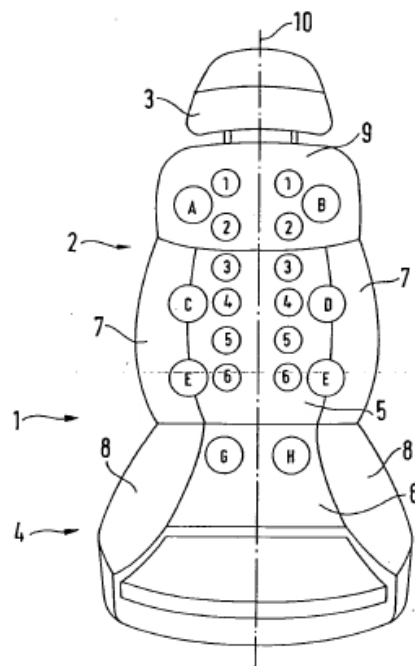


FIG. 1

FIG. 2

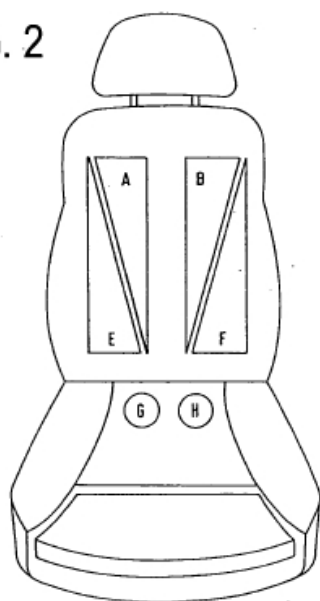


FIG. 3

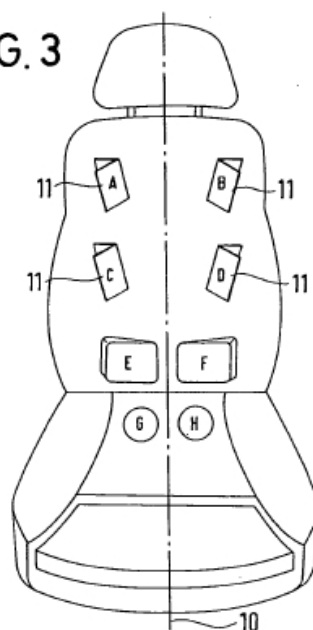


FIG. 4

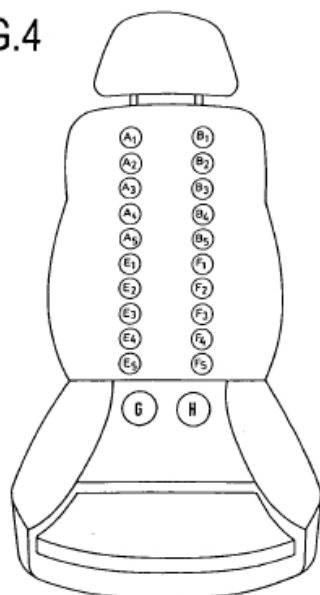


FIG. 5

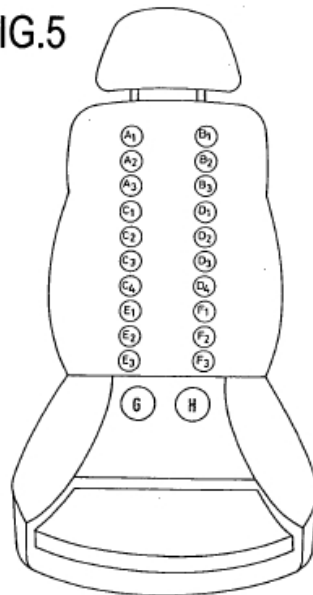


Fig.6

a)	AD	$\leftrightarrow$	BC
b)	AF	$\leftrightarrow$	BE
c)	ADE	$\leftrightarrow$	BCF
d)	ADEH	$\leftrightarrow$	BCFG
e)	ADEG	$\leftrightarrow$	BCFH

Fig.7

i)	1 $\rightarrow$ 6	$\leftrightarrow$	6 $\rightarrow$ 1
ii)	1 $\rightarrow$ 3	$\leftrightarrow$	3 $\rightarrow$ 1
iii)	6 $\rightarrow$ 3	$\leftrightarrow$	3 $\rightarrow$ 6
iv)	1 $\rightarrow$ 3	$\leftrightarrow$	6 $\rightarrow$ 3
v)	3 $\rightarrow$ 1	$\leftrightarrow$	3 $\rightarrow$ 6

Zusammenfassung

Ein Sitz (1) mit einer Rückenlehne (2) und einem Sitzkissen (4) weist zu beiden Seiten der Längsmittenebene (10) des Sitzes (1) eine Reihe von übereinander angeordneten Verstellelementen (A, C, E, G bzw. B, D, F, H) auf. Durch alternierende Zustellung höhenversetzt zueinander angeordneter Verstellelemente (A bis H) in den beiden Hälften des Sitzes (1) kann in aktiver Weise auf den Rücken und ggf. das Becken eines Sitzbenutzers eine Rotationsbewegung aufgebracht werden, die der Rotationsbewegung des Rückens und gegebenenfalls des Beckens beim Gehen entspricht.

9.1.2 Neck rest patent



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 030 258 A1** 2007.01.18

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 030 258.0**

(22) Anmeldetag: **29.06.2005**

(43) Offenlegungstag: **18.01.2007**

(51) Int. Cl.⁸: **B60N 2/48** (2006.01)

B60N 2/56 (2006.01)

B60R 21/055 (2006.01)

A61H 23/00 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Bayerische Motoren Werke AG, 80809 München,
DE**

(72) Erfinder:

**Franz, Matthias, 83098 Brannenburg, DE; Ignatov,
Andrej, 80803 München, DE; Durt, Alexander,
82266 Inning, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu
ziehende Druckschriften:

DE 199 58 797 C1

DE 198 00 077 A1

DE 197 54 168 A1

DE 102 38 878 A1

DE 101 34 405 A1

DE 298 04 358 U1

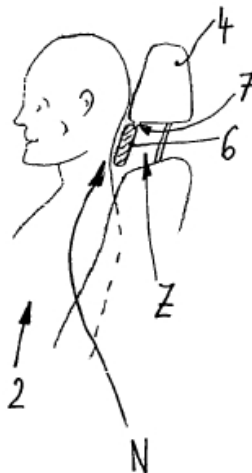
DE 298 01 455 U1

DE 202 05 348 U1

EP 11 42 753 B1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Sitz für ein Kraftfahrzeug



Die Erfindung betrifft einen Sitz für ein Kraftfahrzeug mit einer zwischen Rückenlehne und Kopfstütze des Sitzes angeordneten Nackenstütze.

Ein derartiger Sitz ist beispielsweise aus der DE 298 01 455 U1 bekannt, wobei die Nackenstütze beispielsweise über eine Schlaufe oder über Klettelemente höhenveränderlich zwischen Rückenlehne und Kopfstütze positionierbar ist. Auch die DE 298 04 358 U1 beschreibt eine in ihrer Höhe verstellbare

Nackenstütze. Die DE 198 00 077 A1 offenbart ferner eine Nackenstütze, die entlang von Kopfstützen-Haltestangen höhenverschiebbar geführt ist.

Aufgabe der Erfindung ist es, den bekannten Sitz weiterzuentwickeln.

Diese Aufgabe wird durch einen Sitz mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Kerngedanke ist es hierbei, an dem erfindungsgemäßen Sitz eine Nackenstütze derart vorzusehen, dass sie in ihrer Nichtgebrauchslage im Zwischenraum zwischen Kopfstütze und Rückenlehne verstaubar ist und aus dieser Nichtgebrauchslage in eine dem Hals- und Nackenbereich des Insassen zugewandte Gebrauchslage überführt werden kann. Hierdurch ergibt sich eine besonders einfache Bauweise des Sitzes, bei hoher Funktionalität der Nackenstütze. Auch ist das äußere Erscheinungsbild des Sitzes durch die in der Nichtgebrauchslage unauffällig untergebrachte Nackenstütze optisch sehr ansprechend.

Die Nackenstütze ist in einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung plattenförmig ausgebildet und kann somit gut in dem Zwischenraum zwischen der Oberseite der Rückenlehne und der Unterseite der Kopfstütze untergebracht werden, da sie in dieser Nichtgebrauchslage eine nur geringe Höhe beansprucht, während sie in ihrer Gebrauchslage dem Hals- und Nackenbereich des Insassen eine ausreichend große Anlagefläche bietet.

Die Nackenstütze ist in ihrer Form so ausgebildet, dass in ihrer Nichtgebrauchslage im Zwischenraum zwischen Rückenlehne und Kopfstütze möglichst so verstaut werden kann, dass sie über die Kontur von Kopfstütze und/oder Rückenlehne nicht vorsteht. Außerdem ist die Nackenstütze so geformt, dass sie in ihrer Gebrauchslage in ergonomisch günstiger Weise den Hals- und Nackenbereich des Insassen abstützen kann. Dabei ist jede Form möglich; bevorzugt jedoch ist die Nackenstütze etwa rechteckförmig oder trapezförmig ausgebildet.

Nach einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung kann die Nackenstütze über eine Schwenkachse, die sich im Bereich einer einem Insassen zugewandten vorderen unteren Kante der Kopfstütze befindet, aus dem Zwischenraum zwischen Rückenlehne und Kopfstütze herausgeklappt werden und somit von einer im wesentlichen waagrechten, an der Unterseite der Kopfstütze anliegenden Nichtgebrauchslage in eine im wesentlichen senkrechte, von der Kopfstütze nach unten abstehende Gebrauchslage überführt werden.

Je nach Höhenlage der Kopfstütze überdeckt die in ihrer Gebrauchslage befindliche Nackenstütze die Vorderseite der Rückenlehne teilweise bzw. befindet sich mehr oder weniger im Bereich vor dem Zwischenraum zwischen Rückenlehne und Kopfstütze. Somit können auch kleinere Personen, bei denen sich die Kopfstütze in der untersten Position befindet oder nur wenig nach oben verstellt ist, die Nackenstütze nutzen, da die die Rückenlehne überlappende Nackenstütze zusätzlich Halt im Bereich des Hals- und Nackenbereiches gibt. Die Nackenstütze wirkt sich jedoch insbesondere bei größeren Personen vorteilhaft aus, da sie in ihrer Gebrauchslage den offenen Bereich zwischen Rückenlehne und Kopfstütze überbrückt und somit eine Anlagefläche für den Hals- und Nackenbereich bereitstellt. Zudem stützt die Nackenstütze den Hals- und Nackenbereich bei einem Fahrzeugcrash ab.

Nach einer Ausführungsform der Erfindung weist die Nackenstütze wenigstens zwei bewegliche Seitenteile auf, die in der Gebrauchslage der Nackenstütze derart in Richtung des Hals- und/oder Nackenbereichs eines Insassen verstellt werden können, dass die beiden Seitenteile dem Hals- oder Nacken des Insassen einen seitlichen Halt geben. Eine besonders komfortable Ausgestaltung der Nackenstütze wird erreicht, wenn die beiden schwenkbaren Seitenteile an einem feststehenden Mittelteil der Nackenstütze angeordnet sind.

Die Nackenstütze kann mit einer Massageeinrichtung und/oder einer Heizeinrichtung versehen sein, wie an sich aus der DE 101 34 405 A1 bekannt. Eine derartig ausgestattete Nackenstütze ist bevorzugt mit einer

Massageeinrichtung und/oder einer Heizeinrichtung in der Kopfstütze oder in einem Teilbereich der Kopfstütze kombiniert.

Mögliche Ausführungsformen der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden nachfolgend näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 einen erfindungsgemäßen Sitz mit einer Nackenstütze in ihrer Nichtgebrauchslage, mit einer in der unteren Position befindlichen Kopfstütze,

Fig. 2 eine der Fig. 1 entsprechende Darstellung, wobei sich die Kopfstütze in einer mittleren Höhenlage befindet,

Fig. 3 eine der Fig. 2 entsprechende Darstellung, wobei die Nackenstütze in ihre Gebrauchslage überführt ist,

Fig. 4 eine der Fig. 3 entsprechende Darstellung, bei nach unten abgesenkter Kopfstütze,

Fig. 5 eine der Fig. 4 entsprechende Darstellung, bei vollständig ausgefahrener Kopfstütze,

Fig. 6 eine Vorderansicht auf eine Kopfstütze eines nicht näher dargestellten Sitzes, mit einer Nackenstütze in ihrer Nichtgebrauchslage,

Fig. 7 eine der Fig. 6 entsprechende Darstellung, mit einer Nackenstütze in ihrer Gebrauchslage,

Fig. 8 eine der Fig. 7 entsprechende Darstellung, mit angewinkelten Seitenteilen der Nackenstütze,

Fig. 9 eine der Fig. 7 entsprechende Darstellung, mit Heizelementen und Massageelementen im Bereich der Kopfstütze und der Nackenstütze und

Fig. 10 eine Draufsicht auf einen erfindungsgemäßen Sitz mit einer Nackenstütze in ihrer Gebrauchslage.

Ein in seiner Gesamtheit mit 1 bezeichneter, nicht näher dargestellter Sitz eines Kraftfahrzeuges weist eine Rückenlehne 3 sowie eine Kopfstütze 4 auf. Die Kopfstütze 4 ist über Haltestangen 5 höhenverstellbar mit der Rückenlehne 3 verbunden.

Erfindungsgemäß ist an der Kopfstütze 4 eine Nackenstütze 6 angeordnet. In der in den Fig. 1 und 2 dargestellten Nichtgebrauchslage ist die Nackenstütze 6 unauffällig am Sitz 1 verstaut, indem sie an der Unterseite der Kopfstütze 4 anliegt. Bei vollständig eingefahrener Kopfstütze 4 (Fig. 1) füllt die Kopfstütze 4 den Zwischenraum Z zwischen der Unterseite der Kopfstütze 4 und der Oberseite der Rückenlehne 3 im Bereich vor den Haltestangen 5 aus.

Ausgehend von der in Fig. 2 dargestellten Nichtgebrauchslage kann die Nackenstütze 6 in ihre in den Fig. 3 bis 5 dargestellte Gebrauchslage überführt werden, indem sie über eine im Bereich der Vorderkante der Kopfstütze 4 angeordnete Schwenkachse 7 nach unten ausgeklappt wird.

Die Fig. 3, 4 und 5 zeigen die Nackenstütze 6 bei unterschiedlichen Höhenlagen der Kopfstütze 4 für Insassen 2 mittlerer, kleiner bzw. großer Körpergröße. Bei Insassen 2 mittlerer Körpergröße (Fig. 3) befindet sich die Nackenstütze 6 im Bereich vor dem Zwischenraum Z, ohne auf der Oberseite der Rückenlehne 3 aufzuliegen. Gemäß Fig. 4 überlappt die Nackenstütze 6 bei einer Kopfstütze 4, die auf einen kleinen Insassen 2 eingestellt ist, die Vorderseite der Rückenlehne 3 in deren oberem Bereich. Bei großen Insassen 2, wie in Fig. 5 dargestellt, ist unterhalb der Nackenstütze 6 ein größerer Abstand zur Oberseite der Rückenlehne 3 vorhanden.

Aus den Darstellungen der Fig. 3 bis 5 geht hervor, dass die Nackenstütze 6 unabhängig von der Größe des Insassen 2 den Hals- und Nackenbereich N maßgeblich abstützt, wodurch sich ein spürbarer Komfortgewinn ergibt. Bei kleinen Insassen 2 füllt die Nackenstütze 6 zudem einen Freiraum F aus, der im

Bereich zwischen dem Hals- und Nackenbereich N des Insassen 2 und der Vorderseite der Rückenlehne 3 vorhanden ist.

In allen drei, in den Fig. 3 bis 5 dargestellten Positionen der Kopfstütze 4 befindet sich die Nackenstütze 6 automatisch in einer körpergerechten Lage, da die Nackenstütze 6 mit der Verstellung der Kopfstütze 4 entsprechend dem Doppelpfeil A mitbewegt wird, wobei natürlich Voraussetzung ist, dass die Kopfstütze 4 richtig auf die Körpergröße des Insassen 2 eingestellt ist.

Die Fig. 6 bis 9 zeigen Ausschnitte eines erfindungsgemäßen Sitzes 1 in der Vorderansicht, wobei jeweils nur die Kopfstütze 4 mit der Nackenstütze 6 dargestellt ist. In ihrer Nichtgebrauchslage entsprechend Fig. 6 ist die Nackenstütze 6 flach unterhalb der Kopfstütze 4 angeordnet. Die Fig. 7 bis 9 zeigen die Nackenstütze 6 in ihrer ausgeklappten Gebrauchslage.

Die Nackenstütze 6 ist als rechteckförmiges, plattenartiges Polsterteil ausgeführt. Die Vorderseite 8 der Nackenstütze 6, die als Anlage- und Stützfläche für den Hals- und Nackenbereich des Insassen 2 dient, weist eine Breite b auf, die in etwa der Breite B der Kopfstütze 4 entspricht. Wie aus Fig. 2 hervorgeht, ist die Höhe h der Nackenstütze 6 kleiner als die Tiefe T der Kopfstütze 4, so dass die Nackenstütze 6 in ihrer Nichtgebrauchslage sich von der Schwenkachse 7 bis nahe an die Haltestangen 5 erstreckt. Durch die vergleichsweise geringe Dicke d der Nackenstütze 6 ergeben sich schmale Stirnseiten 9, wodurch in der Nichtgebrauchslage eine unauffällige Verstauposition der Nackenstütze 6 erreicht wird.

Wie die Fig. 7 und 8 näher zeigen, ist die Nackenstütze 6 in drei Bereiche aufgeteilt: An ein feststehendes Mittelteil 51 der Nackenstütze 6 schließen sich rechts und links Seitenteile 52 an, die nach vorne entsprechend der Pfeile B verschwenkbar sind. Somit ist die Nackenstütze 6 analog einem unteren Teilbereich 4a der Kopfstütze 4 gestaltet, der ein Mittelteil 41 sowie rechte und linke Seitenteile 42 aufweist. Die Seitenteile 42 und 52 sind über Schwenkachsen 43 bzw. 53 an die Mittelteile 41 bzw. 51 angebunden. Die Schwenkachsen 43 und 53 sind so schwergängig ausgeführt bzw. weisen

integrierte Rasteinrichtungen auf, so dass eine selbsttätige Arretierung der Seitenteile 42 und 52 erreicht wird.

Die Draufsicht gemäß Fig. 10 veranschaulicht, wie durch die Ausgestaltung der Kopfstütze 4 und/oder der Nackenstütze 6 ein besonders wirksamer seitlicher Halt für den Kopf eines Insassen 2 erreicht wird.

Wie Fig. 9 näher zeigt, sind im Teilbereich 4a der Kopfstütze 4 und in der Nackenstütze 6 flächige Heizelemente 10 angeordnet, durch die gezielt Wärme in den Hals- und Nackenbereich eines Insassen 2 eingebracht werden kann.

Zudem können in der Nackenstütze 6 Massageelemente 11 vorgesehen sein, die beispielsweise von variabel befüllbaren Luftpolstern, beweglichen Stiften oder dergleichen gebildet werden und den Hals- und Nackenbereich eines Insassen 2 gleichförmig oder nach einem vorgegebenen Ablaufschema massieren. Selbstverständlich können die Massageelemente 11 auch im Bereich der Kopfstütze 4 vorgesehen sein (nicht dargestellt).

Durch die ausklappbare Nackenstütze 6 ergibt sich eine vergrößerte Abstützfläche für den Hals- und Nackenbereich eines Insassen 2. Hierdurch wird der Komfort für den Insassen 2 deutlich gesteigert, da die Nackenstütze 6 den Kopf vorpositioniert und somit eine Daueranspannung der Hals- und Nackenmuskulatur verhindert. Hierdurch werden Muskelverspannungen im Hals- und Nackenbereich bei längerem statischen Sitzen vermieden. Durch Massage und lokale Wärmezufuhr kann zudem die Muskelspannung im Hals- und Nackenbereich verringert werden.

Die Nackenstütze 6 kann in ihrer Neigung und in ihrer Höhenlage so eingestellt werden, dass sie sich dem Verlauf der Halswirbelsäule anpasst. Durch die ausklappbaren Seitenteile 52 der Nackenstütze 6 wird ein weiter verbesserter Seitenhalt für den Kopf eines Insassen 2 erreicht. Die Seitenteile 52 lassen sich hierbei stufenlos oder mit vorgegebener Rastung an den seitlichen Hals- und Nackenbereich anklappen oder anformen. Durch die Anbindung der Nackenstütze 6 an die Kopfstütze 4 wird mit der Höhenverstellung der Kopf-

stütze 4 auch eine körpergerechte Höhenanpassung der Nackenstütze 6 erreicht.

Bei einer Nutzung des Sitzes 1 in der Liegeposition kann die Nackenstütze 6 auch dazu verwendet werden, die Rückenlehne 3 des Sitzes 1 zu „verlängern“, indem die Kopfstütze 4 in ihre oberste Position verstellt wird und der Zwischenraum Z zwischen Rückenlehne 3 und Kopfstütze 4 durch die Nackenstütze 6 „überbrückt“ wird. Bei der Nutzung des Sitzes 1 in der Liegeposition wirkt sich die Nackenstütze 6 auch für Insassen 2 mit geringer Körpergröße vorteilhaft aus.

Patentansprüche

1. Sitz für ein Kraftfahrzeug, mit einer zwischen Rückenlehne und Kopfstütze angeordneten Nackenstütze,

dadurch gekennzeichnet, dass die Nackenstütze (6) von einer Nichtgebrauchslage, in der sie innerhalb des Zwischenraums (Z) zwischen der Oberseite der Rückenlehne (3) und der Unterseite der Kopfstütze (4) verstaut ist, in eine dem Hals- und Nackenbereich (N) eines Insassen (2) zugewandte Gebrauchslage überführbar ist und umgekehrt.

2. Sitz nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass die Nackenstütze (6) als ein im wesentlichen plattenartiges Polsterteil ausgebildet ist, das in der Nichtgebrauchslage flach im Zwischenraum (Z) verstaubar ist und in der Gebrauchslage eine Anlagefläche für den Nacken- und Halsbereich (N) des Insassen (2) bildet.

3. Sitz nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet, dass die Nackenstütze (6) im wesentlichen rechteckförmig oder trapezförmig ist.

4. Sitz nach einem der vorgenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Nackenstütze (6) über eine etwa im Bereich der vorderen unteren Kante der Kopfstütze (4) angeordnete Schwenkachse (7) an der Kopfstütze (4) schwenkbar angeordnet ist.
5. Sitz nach einem der vorgenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Nackenstütze (6) bei abgesenkter Kopfstütze (4) oder bei nur teilweise ausgefahrener Kopfstütze (4) die Vorderseite der Rückenlehne (3) überlappend überdeckt.
6. Sitz nach einem der vorgenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Nackenstütze (6) ein rechtes und ein linkes Seitenteil (52) aufweist, wobei die Seitenteile (52) über in der Gebrauchslage der Nackenstütze (6) etwa vertikal verlaufende Klappachsen (53) in Richtung auf den Hals- und Nackenbereich (N) einen Insassen (2) bewegbar sind.
7. Sitz nach einem der vorgenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Nackenstütze (6) eine Heizeinrichtung (10) aufweist.
8. Sitz nach einem der vorgenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Nackenstütze (6) eine Massageeinrichtung (11) aufweist.

Zusammenfassung

Ein Sitz (1) für ein Kraftfahrzeug weist eine Nackenstütze (6) auf, die in ihrer Nichtgebrauchslage flach im Zwischenraum (Z) zwischen der Oberseite der Rückenlehne (3) und der Unterseite der Kopfstütze (4) verstaubar ist. Die Nackenstütze (6) ist über eine Schwenkachse (7) im Bereich der vorderen, unteren Kante der Kopfstütze (4) so angelenkt, dass sie in eine Gebrauchslage überführt werden kann, in der sie mit ihrer Vorderseite eine Anlagefläche für Hals- und Nackenbereich des Insassen (2) bildet.

Fig.1

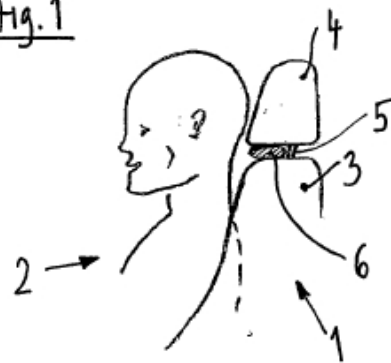


Fig.2

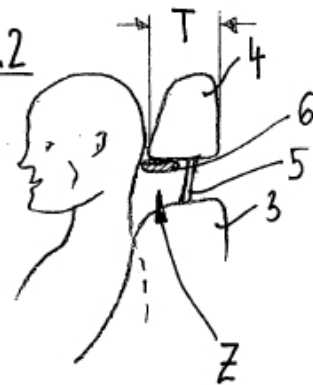


Fig.3

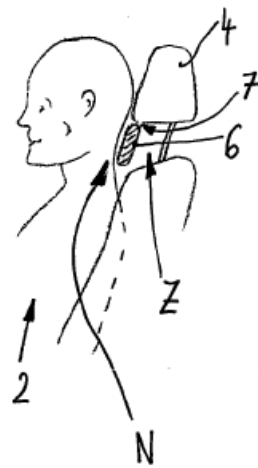


Fig.4

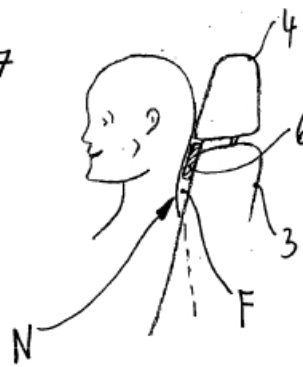


Fig.5



Fig. 6

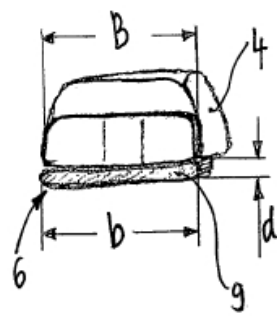


Fig. 7

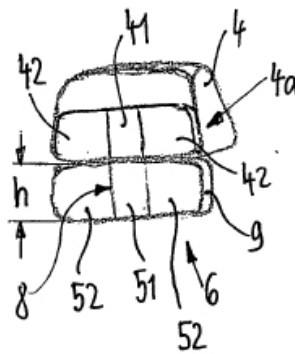


Fig. 8

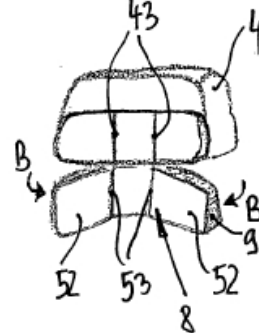


Fig. 9

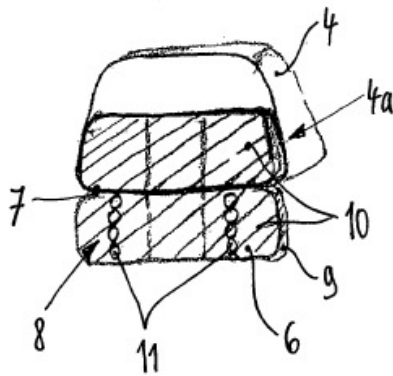
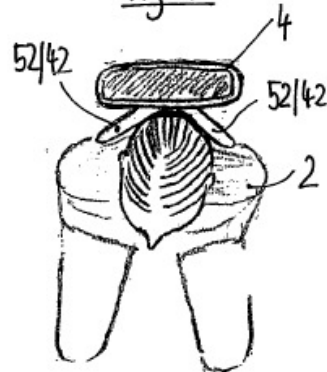


Fig. 10



9.1.3 Lumbar support patent

Beschreibung

Sitz und Verfahren zu dessen Einstellung

Die Erfindung betrifft einen Sitz und ein Verfahren zu dessen Einstellung.

Zur Unterstützung eines rückenfreundlichen Sitzens in einem Kraftfahrzeug gibt es verstellbare Sitze, bei denen sowohl eine Lehne als auch eine Sitzfläche den individuellen Sitzbedürfnissen angepasst werden können.

Aus EP 1 712 410 A2 ist ein Fahrzeugsitz mit einer verformbaren Rückenlehne bekannt. Hierin wird ein Sitz mit Rückenlehne und Sitzteil beschrieben, bei dem anhand einer Vorwärtsschiebewegung des Sitzteils eine lordoseartige Verformung der Rückenlehne im Lendenwirbelbereich bewirkt wird.

Hierbei ist es von Nachteil, dass trotzdem eine Fehlstellung des Beckens auftreten kann und dass ein Benutzer ggf. weitere Sitzelemente justieren müsste, um eine aus medizinischer Sicht sinnvolle Sitzposition einzunehmen.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, die vorstehend genannten Nachteile zu vermeiden und insbesondere einen Sitz anzugeben, der eine aus medizinischer Sicht sinnvolle Sitzposition ermöglicht und eine ungewollte Verdrehung des Beckens verhindert. Weiterhin angegeben wird ein Verfahren zur Einstellung eines derartigen Sitzes.

Diese Aufgabe wird gemäß den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich auch aus den abhängigen Ansprüchen.

Zur Lösung der Aufgabe wird ein Sitz angegeben umfassend ein Sitzelement und eine Lordose, wobei die Lordose zusammen mit einer vertikalen Position des Sitzelements und/oder zusammen mit einer Neigung des Sitzelements variierbar ist.

Das Sitzelement umfasst hierbei insbesondere eine Sitzfläche, auf der ein Nutzer des Sitzes Platz nimmt.

Die Lordose kann als eine ein- oder mehrteilige Lordosenstütze im Inneren des Sitzes im Lehnenbereich ausgeführt sein. Die Lordose kann mindestens ein Wölbteil umfassen anhand dessen eine Kontur zur Unterstützung der Wirbelsäule im Sitz verändert werden kann. Ferner können aufblasbare Luftpolster im Lehnenbereich des Sitzes vorgesehen sein, die die Funktion der Lordose wahrnehmen.

Der vorgeschlagene Sitz ermöglicht eine Anpassung der Lordose zusammen mit der vertikalen Position und/oder der Neigung des Sitzelements. Damit kann ein Sitzender eine komfortable und ergonomische Sitzposition einnehmen, ohne dass er selbst über Kenntnis hinsichtlich der zahlreichen Einstellmöglichkeiten des Sitzes verfügen muss. Auch können vorteilhaft Fehlstellungen des Beckens vermieden werden.

Eine Weiterbildung besteht darin, dass mit einem Auffüllen bzw. einem Erweitern der Lordose die vertikale Position des Sitzelements absenkbar ist. Entsprechend kann mit einem Entleeren bzw. Reduzieren der Lordose die vertikale Position des Sitzelements angehoben werden.

Eine andere Weiterbildung ist es, dass mit dem Auffüllen bzw. dem Erweitern der Lordose eine Drehung des Sitzelements nach hinten erfolgt. Entsprechend kann mit dem Entleeren bzw. Reduzieren der Lordose die Drehung des Sitzelements nach vorne erfolgen.

Eine Ausgestaltung ist es, dass ein Mittel zur Verstellung der Lordose mit einem Mittel zur Verstellung der vertikalen Position und/oder mit einem Mittel zur Verstellung der Neigung des Sitzelements gekoppelt ist.

Eine zusätzliche Ausgestaltung besteht darin, dass das Mittel zur Verstellung der Lordose und das Mittel zur Verstellung der vertikalen Position des

Sitzelements und/oder das Mittel zur Verstellung der Neigung des Sitzelements mechanisch, elektrisch, hydraulisch oder pneumatisch gekoppelt ist.

Insbesondere sind verschiedene Kopplungsvarianten kombinierbar: Beispielsweise kann die Verstellung der Lordose pneumatisch, aber die Verstellung der Neigung bzw. der vertikalen Position des Sitzelements jeweils elektrisch erfolgen. Auch ist es denkbar, dass die vertikale Position des Sitzelements mechanisch verstellt wird und sich daraufhin automatisch die Lordose entsprechend aufbläst (erweitert) oder entleert (reduziert).

Insbesondere kann eine Verstellmöglichkeit, z.B. ein zentraler Taster, Hebel oder Schalter, vorgesehen sein, der mehrere Komponenten, z.B. die Lordose zusammen mit der Höhe und der Neigung des Sitzelements auf einmal einstellt.

Eine andere Ausgestaltung ist es, dass abhängig von dem Füllstand der Lordose eine horizontale Verschiebung des Sitzelements erfolgt. Insbesondere kann diese horizontale Verschiebung des Sitzelements (weitgehend) unabhängig von der Lehne des Sitzes erfolgen. Vorzugsweise kann die horizontale Verschiebung des Sitzelements mechanisch, hydraulisch oder pneumatisch erfolgen. Entsprechend kann abhängig von der horizontalen Position des Sitzelements (Verschiebung gegenüber der Lehne) der Füllstand der Lordose (automatisch) variiert werden.

Eine weitere Ausgestaltung ist es, dass das Innere des Sitzelements mindestens eine Rolle aufweist.

Anhand einer solchen Rolle ist es möglich, dass bei Auffüllen der Lordose eine Drehung des Sitzpolsters nach hinten erfolgt und wiederum eine Ausrichtung des Beckens des Sitzenden über den Drehpunkt der Hüfte (H-Punkt) erfolgt.

Bei dem Sitz handelt es sich bevorzugt um einen Sitz wie er in Fahrzeugen, insbesondere in Kraftfahrzeugen, Flugzeugen, Hubschraubern, Booten, Baumaschinen, etc. eingesetzt werden kann.

Weiterhin wird zur Lösung der Aufgabe ein Verfahren zur Einstellung oder Verstellung eines Sitzes angegeben umfassend
ein Sitzelement,
eine Lordose,
wobei die Lordose zusammen mit einer vertikalen Position des Sitzelements und/oder zusammen mit einer Neigung des Sitzelements verstellt wird.

Insbesondere kann durch eine mechanische, elektrische, pneumatische oder hydraulische Kopplung der Lordose mit der Positions- bzw. Neigungsverstellung des Sitzelements der Sitz automatisch so eingestellt werden, dass sich eine aus medizinischer Sicht sinnvolle Sitzposition ergibt. Eine Verstellung des Sitzes kann dann automatisiert eine Verstellung weiterer Komponenten derart bedingen, dass sich trotz einer veränderten Sitzposition keine für den Sitzenden ungünstige ergonomische Haltung in dem Sitz ergibt.

Eine Ausgestaltung ist es, dass mit Verstellung der Sitzposition die Lordose derart variiert wird, dass einer Verdrehung des Beckens des Sitzenden entgegengewirkt wird. Entsprechend kann mit einer Variation der Lordose automatisch der Sitz (insbesondere die Neigung bzw. vertikale Position des Sitzelements) so eingestellt werden, dass der Verdrehung des Beckens entgegengewirkt wird.

Mit Verdrehung des Beckens ist hierbei insbesondere eine aus ergonomischer und/oder medizinischer Sicht ungünstige Sitzposition bezeichnet, die insbesondere eine Fehlstellung des Beckens des Sitzenden umfasst.

Auch ist es eine Ausgestaltung, dass bei Erreichen eines vorgegebenen Zustands der Sitz in eine Position bewegt wird, der einer Verdrehung des Beckens des Sitzenden entgegen wirkt.

Ein solcher Zustand kann beispielsweise ein von einem Fahrzeug erkannter kritischer Zustand kurz vor einem Unfall sein. In diesem Fall wird eine aus technischer sowie medizinischer Sicht günstige Sitzposition eingestellt.

Eine weitere Ausgestaltung ist es, dass beim Besteigen des Sitzes oder in zeitlich nahe dem Abstand dazu der Sitz in eine Position bewegt wird, die einer Verdrehung des Beckens des Sitzenden entgegen wirkt.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen dargestellt und erläutert.

Es zeigen:

Fig.1 symbolisch unterschiedliche Sitzpositionen abhängig von einem Drehpunkt der Hüfte (H-Punkt);

Fig.2 eine Lordose, die abhängig von einer vertikalen Position des Sitzelements variiert ist;

Fig.3 die Lordose, die abhängig von einer Neigung des Sitzelements variiert ist;

Fig.4 die Lordose, die abhängig von einer horizontalen Position des Sitzelements variiert ist;

Fig.5 ein Blockdiagramm, das Schritte eines Verfahrens zur Einstellung bzw. Verstellung eines Sitzes zeigt.

Fig.1 zeigt symbolisch die Wirbelsäule eines Menschen in sitzender Position abhängig von einem Drehpunkt der Hüfte H. In einem Fall 110 ist der Drehpunkt der Hüfte H aus medizinischer Sicht sinnvoll ausgerichtet, das Becken des Strichmännchens ist nicht verdreht. In einem Fall 120 ist das Becken nach vorne verdreht und in einem Fall 130 ist das Becken nach hinten verdreht. Beide Fälle 120 und 130 zeigen ergonomisch ungünstige Sitzpositionen. Der hier vorgeschlagene Ansatz wirkt der Verdrehung des Beckens am Drehpunkt der Hüfte in diesen Fällen 120 und 130 entgegen.

In Fig.2 ist in einem Fall 210 ein Sitz gezeigt mit einer Lordose 201 und mit einem vertikal variierbaren Sitzelement 202. Wird das Sitzelement 202 wie in einem Fall 220 gezeigt nach unten abgesenkt, so wird automatisch die Lordose 201 aufgefüllt um einer Verdrehung des Drehpunkts der Hüfte H (siehe Fig.1) entgegenzuwirken.

Entsprechend wird in einem Fall 230 bei einer Anhebung des Sitzelements 202 die Lordose 201 entleert um entsprechend eine Verdrehung des Drehpunkts H der Hüfte zu vermeiden.

In Fig.3 ist in einem Fall 310 der Sitz mit der Lordose 201 und mit einer Neigungsverstellung 203 gezeigt. Wird gemäß einem Fall 320 die Neigung des Sitzelements 202 nach hinten verstellt, ist die Lordose 201 entsprechend aufzufüllen, um eine Verdrehung des Drehpunkts H der Hüfte zu verhindern.

Analog ist die Lordose 201 zu entleeren wenn die Neigung des Sitzelements 202 nach vorne verstellt wird (Fall 330).

Vorteilhaft umfasst die innere Sitzfläche des Sitzelements 202 mindestens eine Rolle. Bei Auffüllen der Lordose 201 wird eine Drehung nach hinten veranlasst, um somit den Drehpunkt H der Hüfte auszugleichen.

Fig.4 zeigt in einem Fall 410 einen Sitz mit der Lordose 201 und mit einer Längsverstellung 204 des Sitzelements 202. Wird gemäß einem Fall 420 das Sitzelement 202 nach hinten verschoben, so ist die Lordose 201 entsprechend aufzufüllen, um eine Verdrehung des Drehpunkts H der Hüfte zu verhindern. Entsprechend ist die Lordose 201 zu entleeren, falls (siehe Fall 430) das Sitzelement 202 nach vorne verschoben wird.

Hierbei sei angemerkt, dass die vorstehend beschriebenen Automatismen auch umkehrbar sind, d.h. eine Verstellung der Lordose kann eine entsprechende automatisierte Nachstellung der Position des Sitzes bedingen. Dabei können auch Kombination von Verstellmöglichkeiten einer Verdrehung des Beckens entgegen wirken. Beispielsweise können bedingt durch eine Variation der

Lordose die Neigung sowie die vertikale Position des Sitzelements so verändert werden, dass eine medizinisch günstige Sitzposition wie beschrieben erreicht wird.

Fig.5 zeigt ein Blockdiagramm mit verschiedenen Schritten eines Verfahrens zur Einstellung bzw. Verstellung des Sitzes.

In einem Block 540 ist gezeigt, dass die Verstellung der Lordose zusammen mit (i) einer vertikalen Position; (ii) einer Neigung; (iii) einer horizontalen Position des Sitzelements erfolgen. Somit kann wirksam einer Verdrehung des Beckens entgegen gewirkt werden.

Die Verstellung der Lordose kann mit jedweder Kombination der Möglichkeiten (i), (ii), (iii) kombiniert werden, um somit dem Verdrehen des Beckens entgegenzuwirken.

Beispielsweise kann zur Sitzverstellung nurmehr ein Verstellhebel vorgesehen sein, der abhängig von einer der genannten Komponenten Lordose, vertikale oder horizontale Position oder Neigung des Sitzelements die jeweils anderen Komponenten so einstellt, dass sich eine ergonomisch günstige Sitzposition ergibt.

Eine Verstellung der einzelnen Komponenten kann mechanisch, elektrisch, pneumatisch oder hydraulisch erfolgen. Dabei sind insbesondere Kombination aus diesen Verstellmöglichkeiten realisierbar.

Ein Block 510 zeigt, dass ein Einsteigen eines Benutzers in einen Sitz eine Verstellung gemäß Block 540 veranlassen kann. Ebenso ist es möglich, dass ein Gefahrenzustand gemäß einem Block 520 bewirkt, dass eine technisch sowie ergonomisch günstige Position des Sitzes eingestellt wird. Ferner kann gemäß einem Block 530 ein Verstellwunsch des Sitzenden dazu führen, dass der Sitz insgesamt nur ergonomisch günstige Positionen zulässt.

Der hier beschriebenen Sitz kann dabei in jeder Art von Fahrzeug, insbesondere in Kraftfahrzeugen, Flugzeugen, Hubschraubern, Booten, Baumaschinen, etc. eingesetzt werden kann. Dabei kann der Sitz jeweils für den Fahrer, den Beifahrer und/oder für Passagiere verwendet werden.

Patentansprüche

1. Sitz umfassend
ein Sitzelement (202),
eine Lordose (201),
wobei die Lordose zusammen mit einer vertikalen Position des Sitzelements
und/oder zusammen mit einer Neigung des Sitzelements variierbar ist.
2. Sitz nach Anspruch 1, bei dem mit Auffüllen der Lordose die vertikale
Position des Sitzelements absenkbar ist.
3. Sitz nach einem der Ansprüche 1 oder 2, bei dem mit Entleeren der
Lordose die vertikale Position des Sitzelements anhebbar ist.
4. Sitz nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem mit Auffüllen
der Lordose eine Drehung des Sitzelements nach hinten erfolgt.
5. Sitz nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem mit Entleeren
der Lordose eine Drehung des Sitzelements nach vorne erfolgt.
6. Sitz nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem ein Mittel zur
Verstellung der Lordose mit einem Mittel zur Verstellung der vertikalen Position
und/oder mit einem Mittel zur Verstellung der Neigung des Sitzelements
gekoppelt ist.
7. Sitz nach Anspruch 6, bei dem das Mittel zur Verstellung der Lordose
und das Mittel zur Verstellung der vertikalen Position des Sitzelements und/oder
das Mittel zur Verstellung der Neigung des Sitzelements mechanisch,
elektrisch, hydraulisch oder pneumatisch gekoppelt sind.

8. Sitz nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem abhängig von dem Füllstand der Lordose eine horizontale Verschiebung des Sitzelements erfolgt.

9. Sitz nach Anspruch 8, bei dem die horizontale Verschiebung des Sitzelements mechanisch, elektrisch, hydraulisch oder pneumatisch erfolgt.

10. Sitz nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Innere des Sitzelements mindestens eine Rolle aufweist.

11. Verfahren zur Einstellung eines Sitzes umfassend
ein Sitzelement (202),
eine Lordose (201),
wobei die Lordose zusammen mit einer vertikalen Position des Sitzelements und/oder zusammen mit einer Neigung des Sitzelements verstellt wird (540).

12. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem mit Verstellung der Sitzposition die Lordose derart variiert wird, dass einer Verdrehung des Beckens des Sitzenden entgegengewirkt wird.

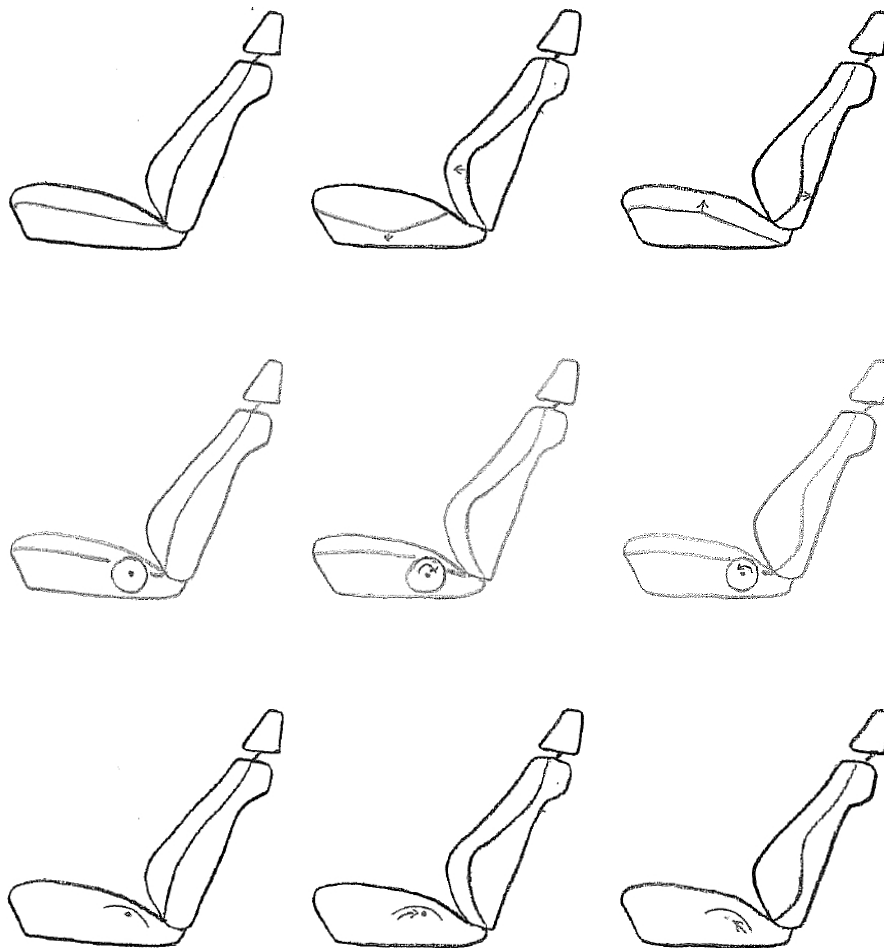
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 oder 12, bei dem bei Erreichen eines vorgegebenen Zustands der Sitz in eine Position bewegt wird, der einer Verdrehung des Beckens des Sitzenden entgegen wirkt.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, bei dem beim Besteigen des Sitzes oder in zeitlich nahem Abstand dazu der Sitz in eine Position bewegt wird, die einer Verdrehung des Beckens des Sitzenden entgegen wirkt.

Zusammenfassung

Sitz und Verfahren zu dessen Einstellung

Es wird ein Sitz angegeben umfassend ein Sitzelement und eine Lordose, wobei die Lordose zusammen mit einer vertikalen Position des Sitzelements und/oder zusammen mit einer Neigung des Sitzelements variierbar ist. Weiterhin wird ein Verfahren zur Verstellung des Sitzes vorgeschlagen.



9.1.4 Space Comfort Shell patent

Verfahren zur Erzeugung einer Tragschale für einen Sitz

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung einer Tragschale für einen Sitz.

Bekannte Sitze bestehen im Wesentlichen aus einer Tragstruktur für die Sitzfläche und für die Rückenlehne, die jeweils mit einer Polsterauflage versehen sind. Sitze, wie beispielsweise Bürostühle oder Sitze in Kraftfahrzeugen, weisen Verstellmöglichkeiten auf, um den Sitz an den jeweiligen Sitzbenutzer anpassen zu können. So kann zum Beispiel die Neigung der Sitzfläche und/oder der Rückenlehne verstellt werden. Auch sind weitere Verstelleinrichtungen, insbesondere in der Rückenlehne, bekannt, wie beispielsweise eine Lehnenbreitenverstellung, eine Lordosenstütze, eine horizontal verlaufende Knickachse etc. Diese bekannten Verstelleinrichtungen sollen eine möglichst gute Anpassung des Sitzes an den jeweiligen Sitzbenutzer ermöglichen.

Grundsätzlich wird ein Maximum an Sitzkomfort dann erreicht, wenn die Kontur der Sitzfläche und/oder der Rückenlehne des Sitzes möglichst weitreichend mit der physiologischen Form des Sitzbenutzers übereinstimmt.

Die Kontur bekannter Sitze entspricht jedoch nur bedingt der Körperform der verschiedenen in Frage kommenden Sitzbenutzer, unter Berücksichtigung der gewünschten (und im Fall eines Sitzes für ein Kraftfahrzeug zum Fahren erforderlichen) Bewegungsfreiheit. Um dennoch einen guten Anlagekomfort zu erzielen, sind die bekannten Sitze im Bereich der Sitzfläche und/oder der Rückenlehne mit Polsterauflagen versehen, die vergleichsweise große Schaumstärken aufweisen, um die Inkongruenz zwischen der Kontur der Sitzfläche und/oder der Rückenlehne einerseits und dem Körper des Sitzbenutzers andererseits auszugleichen. Diese Polsterauflagen benötigen aufgrund der Dicke des Polsterschaumes einen vergleichsweise großen Bauraum. Der Sitzkomfort bekannter Sitze wird außerdem durch inhomogene Übergangsbereiche beeinträchtigt, beispielsweise im Bereich des Übergangs zwischen der Sitzfläche und der Rückenlehne.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren anzugeben, mit dem die Voraussetzung geschaffen wird, um einen Sitz herstellen zu können, der einen hohen Sitzkomfort bei geringem Bauraumbedarf aufweist.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 oder durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 2 gelöst. Die Ansprüche 10 und 13 betreffen Sitze, die unter Rückgriff auf die erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt ist.

Kerngedanke der Erfindung ist es, dem tragenden Unterbau des Sitzes eine Form zu geben, die der Körperform der Mehrzahl der in Frage kommenden Sitzbenutzer möglichst nahe kommt, so dass aufgrund der guten Passform des tragenden Unterbaus nur noch eine vergleichsweise dünne Polsterauflage erforderlich ist, um einen guten Sitzkomfort zu erreichen. Dieser tragende Unterbau wird nachfolgend im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung als "Tragschale" bezeichnet.

Kerngedanke der Erfindung nach Anspruch 2 ist es, der Polsterauflage des Sitzes eine Form zu geben, die der Körperform der Mehrzahl der in Frage kommenden Sitzbenutzer möglichst nahe kommt, so dass die Polsterauflage aufgrund der guten Passform vergleichsweise dünne gestaltet sein kann und dabei ein sehr guter Sitzkomfort erreicht wird. Der tragende Unterbau des Sitzes kann hierbei annähernd ebenflächig sein oder eine dreidimensionale Konturierung aufweisen.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird auf ein Sitzgestell, das ebene und ungepolsterte Auflageflächen für die Sitzfläche und/oder die Rückenlehne aufweist, eine Messmatte aufgelegt. Die Messmatte ist räumlich flexibel und weist eine geringe Eigensteifigkeit auf, so dass sie unter der Einwirkung des Körpergewichts (vor allem an der Sitzfläche) und des Anlagedrucks (vor allem an der Rückenlehne) eines Probanden sich ohne nennenswerten Widerstand an dessen Körperform angleicht. Eine derartige Messmatte ist in ähnlicher Form

aus der DE 196 01 972 C2 bekannt. Die bekannte Messmatte ist als Hohlkörper mit biegeschlaffen Begrenzungswänden ausgebildet und weist in ihrem Inneren beispielsweise eine Vielzahl kleiner kugelförmiger Festkörper auf, die mit geringem Kraftaufwand gegeneinander verschoben werden können. Durch Anlegen zum Beispiel von Unterdruck können die Festkörper in ihrer Lage fixiert werden, so dass eine durch den Probanden erzeugte Oberflächenkontur der Messmatte "eingefroren" wird. Nach dem Verlassen der Messmatte bleibt die vom Probanden erzeugte Oberflächenkontur aufgrund des angelegten Unterdrucks erhalten. Erfindungsgemäß wird die erzeugte Oberflächenkontur an der Messmatte beispielsweise mit einem Mehrkoordinaten-Messgerät erfasst. Die derart gescannten Daten der Oberflächenkontur der Messmatte werden in einer Rechneinheit gespeichert. Damit ist eine Einsitzmessung mit einem Probanden abgeschlossen.

Das Sitzgestell zur Aufnahme der Messmatte kann eine Einrichtung zur Veränderung des Winkels zwischen Rückenlehne und Sitzfläche aufweisen. Alternativ kann die Konstruktionslage des Sitzes durch ein Sitzgestell mit fest vorgegebenem Winkel zwischen Rückenlehne und Sitzfläche abgebildet werden.

Bei der Einsitzmessung wird, wie oben ausgeführt, die Messmatte durch das bloße Einsitzen infolge des Körpergewichts und des statischen Anlagedrucks des Probanden verformt. Die Einsitzmessung kann, je nach Art des Sitzes, um eine „dynamische Komponente“ ergänzt werden, indem der Proband typische Bewegungen eines Sitzbenutzers ausführt, die die notwendige Bewegungsfreiheit des Sitzbenutzers widerspiegeln. Im Fall eines Sitzes für ein Kraftfahrzeug sind dies alle Bewegungen, die ein Fahrzeuglenker zur Erfüllung seiner Fahraufgabe vollführen muss, wie beispielsweise Lenken, Gas geben, Bremsen etc.

Die Einsitzmessungen werden mit einer Mehrzahl von Probanden unterschiedlicher Körpergröße, unterschiedlichen Gewichts und unterschiedlichen Körperbaus wiederholt, wobei nach Möglichkeit der gesamte Bereich von der so genannten „5%-Frau“ bis zum so genannten „95%-Mann“

abgedeckt wird. Die sich bei jedem Probanden ergebende Oberflächenkontur der Messmatte wird gemessen und in der Rechneinheit abgelegt.

Nach dem Abschluss der Einsitzmessungen werden die ermittelten Oberflächenkonturen aller Probanden überlagert und eine "gemittelte Oberflächenkontur" errechnet.

Das erfindungsgemäße Verfahren unterscheidet sich grundlegend von dem Verfahren, das aus der DE 196 01 972 C2 bekannt ist. Die DE 196 01 972 C2 betrifft ein Verfahren zur Erfassung der Oberflächenkontur eines elastischen Polsters eines Sitzes, die sich unter der Einwirkung einer auf dem Polster sitzenden Person ergibt. Um die Oberflächenkontur des Polsters erfassen zu können, wird eine Messmatte geringer Lagenstärke verwendet, die das Einsitzverhalten praktisch nicht verändert und mit ihrer Kontur die Oberflächenkontur des darunter liegenden elastisch verformten Polsters widerspiegelt.

Demgegenüber wird erfindungsgemäß auf einem ungepolsterten Sitzgestell unter Verwendung einer Messmatte, deren Dicke so ausreichend bemessen ist, dass die Messmatte eine Polsterung ersetzt und sich vollständig an die Kontur des Sitzbenutzers angleicht, durch Einsitzmessungen mit unterschiedlichen Probanden eine Schar von Oberflächenkonturen erzeugt, die durch Überlagerung zu einer Tragschale führen, die als optimale Tragstruktur für einen Sitz mit möglichst dünner Polsterauflage dient.

Die Überlagerung der gemessenen Oberflächenkonturen, nachfolgend als „Scans“ bezeichnet, erfolgt im Wesentlichen in drei Schritten.

In einem ersten Schritt wird ein Abschnitt der Anlagefläche des Sitzbenutzers mit dem Sitz festgelegt, in dem die Scans zueinander ausgerichtet werden sollen. Grundsätzlich eignet sich hierfür jeder Abschnitt der Anlagefläche. In besonderer Weise sind jedoch solche Abschnitte der Anlagefläche geeignet, bei denen die geometrische Form der Scans und die Raumkoordinaten der Scans möglichst wenig voneinander abweichen. Wie Untersuchungen ergeben haben,

liegen im Bereich der von den Probanden erzeugten Gesäßmulden vergleichsweise große geometrische Ähnlichkeiten und geringe Abweichungen in den Raumkoordinaten vor. Die Ausrichtung der Scans am ausgewählten Abschnitt bedeutet eine Ausrichtung an den Übereinstimmungen in der Geometrie dieses ausgewählten Abschnitts („best-fit“-Methode) und damit eine Verschiebung der Scans aus ihrer tatsächlichen gemessenen räumlichen Lage in eine gemeinsame Ebene. Dieses Vorgehen bedeutet im Beispiel des Bereichs der Gesäßmulden, dass die von der „5%-Frau“ erzeugte Oberflächenkontur in Richtung der Hochachse des Sitzes auf das „Niveau“ des „95%-Manns“ verschoben wird (oder umgekehrt), bis beide Gesäßmulden in einer Ebene liegen. Durch Ausrichtung aller Scans nach diesem „best-fit“-Verfahren werden also Oberflächenkonturen ungeachtet ihrer gemessenen Lage im Raum ausschließlich anhand ihrer Form verschoben, wobei zusammen mit dem ausgewählten Abschnitt (z. B. Gesäßmulde) natürlich auch die übrigen Abschnitte (z. B. der Schulterbereich) verschoben wird.

In einem zweiten Schritt werden die derart ausgerichteten Scans arithmetisch gemittelt. Mit einer aus CAD-Programmen (beispielsweise aus CATIA-Programm) bekannten Mittelfunktion wird die „gemittelte Oberflächenkontur“ aus allen gemessenen Scans errechnet. Die Grundlage hierfür bilden die als Punktwolken gemessenen jeweiligen Oberflächenkonturen, deren Einzelpunkte vom CAD-Programm mit Polygonen versehen werden, in Form von Dreiecksflächen jeweils dreier benachbarter Punkte. Aus diesem Verbund von Dreiecksflächen wird über eine Flächenerzeugungsfunktion eine glatte Fläche generiert. Die Mittelung aus den einzelnen gemessenen Oberflächenkonturen erfolgt rechnerisch und erfasst bevorzugt die gesamte Anlagefläche des Sitzbenutzers mit dem Sitz.

Im dritten und letzten Schritt wird die gemittelte Oberflächenkontur geringfügig in zumindest einer Raumrichtung aufgeweitet, woraus eine „modifizierte Oberflächenkontur“ entsteht. Am Beispiel des Bereichs der Gesäßmulden erläutert, bedeutet dies, dass die gemittelte Oberflächenkontur zumindest in Querrichtung des Sitzes etwas in Richtung der äußeren Begrenzungslinie der Kurvenschar verschoben wird.

Die Verschiebung („Offset“) bemisst sich im Fall der Erzeugung einer Tragschale nach der Dicke der Auflage, die auf die dem Sitzbenutzer zugewandte Seite der Tragschale aufgebracht wird. Die Dicke der Auflage ist in der Regel über der Erstreckung von Sitzfläche und/oder Rückenlehne unterschiedlich. Der Offset ist erforderlich um dem „95%-Mann“ zu ermöglichen, innerhalb der später an der Tragschale realisierten Kontur der Gesäßmulde ausreichend Platz zu finden, ohne dass es dem „95%-Mann“ „zu eng wird“. Die Auflage auf der Tragschale dient als „Komfortschicht“ und weist als wesentlichen Bestandteil ein Polstermaterial auf, wie beispielsweise einen Schaumstoff. Die Aufweitung der gemittelten Oberflächenkontur gegebenenfalls bereits in zufrieden stellendem Ausmaß durch die Nachgiebigkeit der Polsterauflage erreicht werden kann.

Die Aufweitung ist nicht im Sinn einer gleichmäßigen, linearen „Vergrößerung“ der gemittelten Oberflächenkontur zu verstehen, sondern vielmehr als ein Offset in Richtung der oberen Perzentile aller gemessenen Oberflächenkonturen, wobei der Offset entlang des Sitzes mehr oder weniger stark von einer linearen und gleichmäßigen Vergrößerung abweichen kann. Das Offset-Maß entlang der Höhen- und der Breitenerstreckung der gemessenen Oberflächenkontur wird beispielsweise von einer Auswerteperson festgelegt, unter Berücksichtigung anatomischer und ergonomischer Kriterien.

Beispielsweise kann die Aufweitung zumindest in Teilbereichen von Sitzkissen und/oder Rückenlehne bis zum Maß einer „80%-Oberflächenkontur“ erfolgen. Da die größten Oberflächenkonturen auf sehr große und /oder sehr corpulente Probanden zurückgehen, für die auch konventionelle Sitze zu eng sind, würde eine Aufweitung über das „80%-Maß“ hinaus den Sitzkomfort für kleinere und/oder schmalere Sitzbenutzer auf dem Sitzkissen und/oder an der Rückenlehne dann nur unzureichend (Seiten-)Halt finden würden.

Grundsätzlich kann, zumindest in Teilbereichen, auch eine Stauchung der gemittelten Oberflächenkontur erfolgen.

Im Unterschied zu einer individuell an einen einzigen Sitzbenutzer angepassten Sitzschale, wie dies beispielsweise aus Rennsport-Fahrzeugen bekannt ist, bedeutet das erfindungsgemäße Verfahren naturgemäß einen Kompromiss, da die gemessenen Oberflächenkonturen „verwaschen“ und verzerrt werden. Dennoch bildet die derart durch Überlagerung der gemessenen Oberflächenkonturen erfindungsgemäß erzeugte Tragschale bzw. Polsterauflage – trotz der Unterschiede in der Größe, im Gewicht und im Körperbau der Probanden – für alle in Frage kommenden Sitzbenutzer eine erstaunlich gut passende Anlagefläche an Sitzfläche und/oder Rückenlehne.

Im bevorzugten Fall der Gesäßmulden als gemeinsamem Abschnitt der Anlagefläche lässt sich diese gute Passform unter anderem durch die unterschiedlichen Beckenformen von Mann und Frau erklären. Da das weibliche Becken in Relation zum männlichen Becken breiter ist und somit die Breite der Gesäßmulde trotz der im Mittel geringeren Körpergröße und des im Mittel geringeren Körpergewichts von Frauen gegenüber Männern in einem vergleichsweise engen Bereich liegt, ergibt sich die oben beschriebene gute Passform der erfindungsgemäß erzeugten Tragschale.

Ebenso eignet sich der zur Gesäßmulde benachbarte untere Abschnitt des Rückens als ausgewählter Bereich für die Überlagerung der gemessenen Oberflächenkonturen.

Bei dieser bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens mit Referenz im Bereich der Gesäßmulde oder des unteren Bereichs des Rückens wird der Rücken in seinem mittleren und vor allem in seinen oberen Bereich bei der Mehrzahl der Probanden in Hochachse des Sitzes verschoben. Die kann jedoch im Fall der Erzeugung einer Tragschale durch eine geringere Konturierung der Tragschale im Rückenbereich in Verbindung mit einer dickeren Auflage (Polsterschicht) ohne weiteres kompensiert werden. Im Fall der Erzeugung einer Polsterauflage wird die Dicke der Polsterauflage im Rückenbereich etwas erhöht. In der Regel wird in beiden Fällen auf eine herkömmliche Lordosenstütze im Sinn einer separat anzusteuern

volumenveränderlichen Blase verzichtet, da die Höhenlage einer solchen Lordosenstütze nicht für alle in Frage kommenden Sitzbenutzer passend wäre.

Die Erfindung unterscheidet sich außerdem grundsätzlich von bekannten Sitzen, die in Ausnehmungen der Sitzpolsterung so genannte "Vakuumkissen" mit rieselfähigem Schüttgut aufweisen, wie beispielsweise in der DE 199 10 427 A1 oder der DE 695 05 131 T2 beschrieben. Auch Sitze mit aufgelegten Taschen, die Schaumpolster aus einem offenzelligen, selbstaufblasenden Polsterschaum aufweisen (DE 10 2004 013 674 A1) sowie Sitze, die Polster mit einem losen Füllmaterial und/oder mit einem Fluid aufweisen, das durch Anlegen magnetischer oder elektrischer Felder, durch das Anlegen elektrischen Stroms, durch Erwärmung oder durch hydraulische Anregung umverteilt ist (DE 10 2006 032 891 A1), sind fernab der Erfindung.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung dient die Tragschale der Herstellung eines Sitzes für ein Fahrzeug. Dementsprechend wird die Tragschale durch Messreihen mit Probanden ermittelt, die in einer Haltung einsitzen, die der Sitzhaltung in dem Fahrzeug entspricht, für das der Sitz bestimmt ist. Wie bereits oben erwähnt, führen die Probanden dabei bevorzugt auch Bewegungen zur Erfüllung der Fahraufgabe oder andere für den Aufenthalt in einem Fahrzeug typische Bewegung aus.

Bei der Konstruktion eines Fahrzeugsitzes kann der CAD-Datensatz der Tragschale in CAD-Programmen herangezogen werden.

Sitze, die unter Verwendung einer nach dem erfindungsgemäßen Verfahren erzeugten Tragschale hergestellt sind, können mit einer sehr dünnen polsternden Auflage versehen werden und haben dennoch einen sehr guten Sitzkomfort, da die Auflage aufgrund der guten Passform der Tragschale nur geringe "Abweichungen" der Form der Tragschale von der Körperform ausgleichen muss. Hieraus ergeben sich ein geringer Bauraum und ein geringes Gewicht des Sitzes.

In einer vorteilhaften Ausführung der Erfindung ist die Auflage als fluiddichte Hülle mit einem im Inneren der Hülle angeordneten Abstandsgebilde ausgebildet. Das Abstandsgebilde besteht aus parallel zueinander angeordneten Gewirkelagen, die durch Abstandsfäden miteinander verbunden sind. Die Hülle weist eine Schlauchleitung oder einen Anschluss für eine Schlauchleitung auf, um die Menge des Fluids im Inneren der Hülle beeinflussen zu können. Eine derartige Auflage ist in der Patentanmeldung der Anmelderin mit dem Titel "Auflage für einen Sitz" beschrieben. Der Offenbarungsgehalt dieser Patentanmeldung, die denselben Zeitrang wie die vorliegende Anmeldung hat, wird hiermit vollumfänglich in die vorliegende Anmeldung einbezogen.

Wie an sich aus dem oben angeführten Stand der Technik bekannt, kann zusätzlich eine Fördereinrichtung vorgesehen sein, durch die ein Fluid in die Polsterauflage eingebracht werden kann bzw. durch die ein Fluid aus der Polsterauflage ganz oder teilweise entfernt werden kann. Bei dem Fluid kann es sich um einen flüssigen oder um einen gasförmigen Stoff handeln.

Bevorzugt ist bei einem nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Sitz eine Einstellvorrichtung zur Veränderung der Neigung der Rückenlehne in Bezug auf die Sitzfläche vorgesehen. Der Spalt zwischen Rückenlehne und Sitzfläche ist dabei vergleichsweise klein und ist für einen Sitzbenutzer auf grund der polsternden Auflage kaum spürbar.

In einer anderen Ausführungsform der Erfindung ist durch Einsatz einer einstückigen Tragschale die Neigung der Rückenlehne gegenüber der Sitzfläche unveränderbar vorgegeben, woraus sich ein spaltfreier Übergang ergibt, bevorzugt in Verbindung mit einer polsternden Auflage, die ebenfalls ohne Unterbrechung beide Bereiche des Sitzes bedeckt.

Sitze, die unter Verwendung einer nach dem erfindungsgemäßen Verfahren erzeugten Polsterauflage hergestellt sind, können mit einer vergleichsweise sehr dünnen Polsterauflage versehen werden und haben dennoch einen sehr guten Sitzkomfort, da die Polsterauflage auf grund ihrer guten Passform nur

geringe „Abweichungen“ von der Körperform ausgleichen muss. Hieraus ergibt sich ein geringer Bauraum und ein geringeres Gewicht. Der tragende Unterbau der Sitzfläche und /oder Rückenlehne des Sitzes kann hierbei weitestgehend ebenflächig sein oder eine dreidimensionale Konturierung aufweisen. Die Verwendung einer erfindungsgemäß erzeugten Tragschale als tragender Unterbau scheidet jedoch aus, da bei einer solchen Tragschale kaum mehr ein Freiraum für eine Konturierung der Polsterauflage bestünde, da die Polsterauflage wegen der Konturierung der Tragschale eine etwa gleich bleibende Dicke über ihre gesamte Flächenerstreckung aufweisen müsste.

Ein mögliches Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird nachfolgend näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 eine schematische Seitenansicht eines Sitzgestells mit einer Messmatte im Ausgangszustand,

Fig. 2 eine der Fig. 1 entsprechende Darstellung des Sitzgestells mit der Messmatte, mit einem Probanden,

Fig. 3 eine der Fig. 1 entsprechende Darstellung, nachdem der Proband das Sitzgestell mit der Messmatte verlassen hat,

Fig. 4 eine nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellte Tragschale,

Fig. 5 eine perspektivische Darstellung der Überlagerung einer Mehrzahl gemessener Oberflächenkonturen und

Fig. 6 eine Schnittdarstellung der Oberflächenkonturen von Fig. 5.

Fig. 1 zeigt ein Sitzgestell 2, auch als Sitz-Mock-up bezeichnet, mit ebenen, ungepolsterten Anlageflächen 4 und 6 für Gesäß und Rücken eines Sitzbenutzers. Auf dem Sitzgestell 2 liegt eine Messmatte 8 auf. Die Messmatte 8 hat eine luftdichte Hülle mit einer oberseitigen und einer unterseitigen Materialbahn 10 bzw. 12. Zumindest die oberseitige Materialbahn 10 ist aus

einem biegeschlaffen Material gefertigt und weist eine geringe Eigensteifigkeit auf. Im Inneren der Hülle befindet sich eine Füllung 14, die beispielsweise von einer Vielzahl kleiner Kugeln mit geringer Oberflächenrauigkeit gebildet wird, die sich mit sehr geringem Kraftaufwand gegeneinander verschieben lassen. Die Messmatte 8 weist eine vergleichsweise große Menge an Füllung 14 auf, um auf den ebenen, ungepolsterten Anlageflächen 4 und 6 eine vollständige Anpassung an die Kontur eines Probanden P zu ermöglichen. Somit unterscheidet sich die Messmatte 8 in ihrer Dicke von der aus der DE 196 01 972 C2 bekannten sehr dünn ausgebildeten Messmatte.

Die Messmatte 8 weist einen Schlauchanschluss 16 mit einem Schlauch 18 auf, der das Innere der Messmatte 8 mit der Umgebungsluft verbindet. Über eine Absperrereinrichtung 20 kann das Volumen im Inneren der Messmatte 8 hermetisch gegenüber der Umgebungsluft abgesperrt werden. Zusätzlich kann an den Schlauch 18 eine Fördereinrichtung 26, beispielsweise in Form einer Pneumatikpumpe, zur Erzeugung eines Unterdrucks und/oder eines Überdrucks in der Messmatte 8 angeschlossen sein, wie mit gestrichelten Linien in Fig. 1 dargestellt. Bei Einsatz einer Pumpe 26 kann die Messmatte 8 auch mit einem anderen Fluid als Luft, beispielsweise mit einer ölartigen Flüssigkeit geringer Viskosität, befüllt sein.

Vor dem Einsitzen eines Probanden P gemäß Fig. 2 auf der Messmatte 8 ist die Absperrereinrichtung 20 geöffnet. In diesem Zustand ist die Füllung 14 im Inneren der Messmatte 8 leicht verschieblich, ähnlich einer Flüssigkeit mit geringer Viskosität. Beim Einsitzen des Probanden P wird die Füllung 14 durch den Anpressdruck des Probanden P entsprechend der Kontur des Körpers des Probanden P im Inneren der Messmatte 8 verschoben, wobei außerdem ein Teil der Luft im Inneren der Messmatte 8 über die Schlauchleitung 18 aus der Hülle verdrängt wird. Durch das Einsitzen des Probanden wird an der oberseitigen Materialbahn 10 der Messmatte 8 ein Abbild der Kontur des Körpers des Probanden P erzeugt.

Bevor der Proband P die Messmatte 8 verlässt, wird über die Fördereinrichtung 26 geschlossen. Somit kann bei der Entlastung der Messmatte 8 die zuvor

verdrängte Luft nicht mehr zurück in das Innere der Messmatte 8 strömen. Hierdurch erfolgt eine Fixierung der Füllung 14, wie in Fig. 3 dargestellt. Nach dem der Proband P die Messmatte 8 verlassen hat, wird die derart fixierte Kontur der oberseitigen Materialbahn 10 der Messmatte 8 mit einem geeigneten Messgerät erfasst. Die Daten der gemessenen Oberflächenkontur 40 (siehe Fig. 5) werden in einer Rechneinheit abgelegt.

Nunmehr wird die Absperreinrichtung 20 geöffnet, so dass die verdrängte Luft wieder in das Innere der Messmatte 8 einströmen kann. Dadurch wird die Fixierung der Füllung 14 aufgehoben. Zur Vorbereitung der nächsten Einsitzmessung wird nunmehr die Füllung 14 gleichmäßig verteilt und somit die Messmatte 8 wieder in ihre in Fig. 1 dargestellte Ausgangslage gebracht. Anschließend kann die Einsitzmessung mit dem nächsten Probanden P folgen.

Nach einer Mehrzahl von Einsitzmessungen mit unterschiedlichen Probanden P werden die gemessenen dreidimensionalen Oberflächenkonturen 40 der verformten Messmatte 8 durch rechnerische Überlagerung gemittelt und hieraus die Oberflächenkontur einer idealisierten Tragschale 22 abgeleitet, die für alle zuvor an den Einsitzmessungen beteiligten Probanden P eine geeignete „Passform“ aufweist, sowohl im Bereich der Sitzfläche 28 als auch im Bereich der Rückenlehne 30. Sofern mit den Einsitzmessungen das gesamte Spektrum der in Frage kommenden Sitzbenutzer abgedeckt wurde, steht nunmehr eine Tragschale 22 für einen Sitz zur Verfügung, die an alle in Frage kommenden Sitzbenutzer angepasst ist. Wird die derart erzeugte Tragschale 22 anschließend mit einer vergleichsweise dünnen polsternden Auflage 24 versehen, steht ungeachtet der nur dünnen Auflage 24 ein Sitz mit großem Sitzkomfort zur Verfügung, der sich durch eine nur geringe Gesamtdicke d von Tragschale 22 und Auflage 24 auszeichnet.

Die Fig. 5 und 6 zeigen die Überlagerung einer Mehrzahl gemessener Oberflächenkonturen (Scans) 40, die im vorliegenden Ausführungsbeispiel auf Einsitzmessungen mit etwa 30 Probanden zurückgehen. Die einzelnen Scans 40 sind in unterschiedlichen Graustufen dargestellt. Für das Ausrichten der Scans 40 zum Zweck der Überlagerung wird aus der gesamten Anlagefläche

mit einem Sitzbenutzer ein Bereich ausgewählt, für den eine vergleichsweise kleine zulässige Abstandstoleranz der gemessenen Scans 40 definiert wird. Hierfür eignen sich die in Fig. 5 gekennzeichneten Bereiche 50 oder 52 in besonderer Weise. Der Bereich 50 repräsentiert hierbei die Gesäßmulde, während der Bereich 52 dem unteren Abschnitt des Rückens entspricht.

Fig. 6 zeigt einen Schnitt durch die Mittelebene der überlagerten Scans 40. Die perspektivische Darstellung der überlagerten Scans 40 verdeutlicht die Lage der Mittelebene anhand der hell dargestellten Schnittlinien 41 der einzelnen Scans 40. In der Schnittdarstellung sind diese Schnittlinien 41 ebenfalls mit einer Vielzahl heller Linien wiedergegeben, während die Konturen der Messmatte 8 aus den verschiedenen Einzelmessungen in dunklen Grautönen erscheinen. Die Schnittlinien 41 setzen sich aus einer Vielzahl einzelner Messpunkte zusammen.

Aus der rechnerischen Mittelung der Schnittlinien 41 (maßgebend ist die Dichte der Messpunkte der einzelnen Schnittlinien 41) ergibt sich die mit dünner Strichstärke dargestellte gemittelte Konturlinie 42. Diese gemittelte Konturlinie 42 wird mit einem Offset in Richtung „großer Sitzbenutzer“ versehen, woraus sich eine „modifizierte Konturlinie“ 44, dargestellt in großer Strichstärke, ergibt.

Neben den beispielhaft dargestellten Konturlinien 42 und 44 in der Mittelebene der Scans 40 wird - in Breitenrichtung des Sitzes betrachtet – eine große Anzahl weiterer gemittelter Konturlinien 42 errechnet, so dass sich aus den Einzelmessungen und den nachfolgenden Berechnungen aus den einzelnen Konturlinien 42 eine gemittelte dreidimensionale Oberflächenkontur 42 über die gesamte Breite von Sitzfläche 28 und Rückenlehne 30 der Tragschale 22 ergibt.

Zusammenfassend lässt sich die Erfindung wie folgt beschreiben: Es wird ein Verfahren zur Bereitstellung einer Tragschale 22 für einen Sitz vorgeschlagen. Hierbei werden in einer Messreihe mit einer Mehrzahl von Probanden P Einzelmessungen vorgenommen werden, wobei die Probanden P auf einer Messmatte 8 Platz nehmen, die auf ein neutrales Sitzgestell 8 aufgelegt ist. Die

Messmatte 8 hat eine leicht verschiebbliche Füllung 14 und gleicht sich an die Körperkontur des jeweiligen Probanden P an. Nach dem Einsitzen und bevor der Proband P die Messmatte 8 verlässt wird die Messmatte 8 fixiert, beispielsweise durch Anlegen eines Unterdrucks im Inneren der Messmatte 8. Die geometrischen Daten der Oberflächenkontur der Messmatte 8 werden für jeden Probanden P ermittelt und gespeichert. Abschließend werden die gemessenen Oberflächenkonturen 40 überlagert. Hieraus entsteht eine Tragschale 22 mit einer gemittelten Oberflächenkontur 42. Da die gemittelte Oberflächenkontur zu allen Probanden P relativ gut passt, ist bereits eine vergleichsweise dünne Auflage 24 auf der Tragschale 22 ausreichend, um für verschiedene Sitzbenutzer einen sehr guten Sitzkomfort zu erreichen.

Verfahren zur Erzeugung einer Tragschale für einen Sitz

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung einer Tragschale (22) für einen Sitz, die den tragenden Unterbau für eine Sitzfläche und/oder eine Rückenlehne des Sitzes bildet, wobei der Sitz zusätzlich zur Tragschale (22) wenigstens eine Auflage (24) aufweist, mit den folgenden Schritten:

Bereitstellung einer Messmatte (8) auf einem Sitzgestell (2), das eine ebene, ungepolsterte Anlagefläche (4, 6) im Bereich der Sitzfläche und/oder der Rückenlehne aufweist, wobei die Messmatte (8) räumlich flexibel ist, eine geringe Eigensteifigkeit besitzt und in einem beliebigen Verformungszustand fixiert werden kann,

Einsitzen eines Probanden (P) in die Messmatte (8) und Fixieren der durch das Einsitzen erzeugten Oberflächenkontur der Messmatte (8),

Erfassen der geometrischen Daten der Oberflächenkontur der Messmatte (8),

Aufheben der Fixierung der Oberflächenkontur der Messmatte (8),

Durchführung der Schritte b) bis d) mit unterschiedlichen Probanden (P) und Überlagerung der Oberflächenkonturen (40) aus den Messungen mit den unterschiedlichen Probanden (P) und hieraus Ableitung der Oberflächenkontur der Tragschale (22).

2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass zur Überlagerung der gemessenen Oberflächenkonturen (40) ein bestimmter Abschnitt (50, 52) der Sitzanlagefläche der Probanden (P) mit dem Sitz festgelegt wird, an dem die gemessenen Oberflächenkonturen (40) ausgerichtet werden, wobei die Festlegung dieses Abschnitts (50, 52) nach dem Kriterium einer möglichst geringen Abweichung der geometrischen Form und der Raumkoordinaten erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet, dass der festgelegte Abschnitt (50) der Gesäßbereich oder der Bereich (52) des unteren Rückens

4. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Überlagerung der gemessenen Oberflächenkonturen (40) im festgelegten Abschnitt (50. 52) nach einem „best-fit“-Verfahren erfolgt.
5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass nach der Überlagerung der gemessenen Oberflächenkonturen (40) eine arithmetische Mittelung erfolgt, woraus eine mittlere Oberflächenkontur (42) entsteht.
6. Verfahren nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet, dass die mittlere Oberflächenkontur (42) in geringem Maß aufgeweitet wird, woraus eine modifizierte Oberflächenkontur (44) entsteht.
7. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Tragschale (22) zur Herstellung eines Sitzes für ein Fahrzeug dient und die Probanden (P) in einer Haltung einsitzen, die der Sitzhaltung in dem Fahrzeug entspricht.
8. Verfahren nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet, dass die Probanden (P) während des Einsitzens Bewegungen ausführen, die üblichen Bewegungen während des Betriebs des Fahrzeugs entsprechen.
9. Sitz, mit einer nach einem der vorgenannten Ansprüche hergestellten Tragschale (22), wobei die Tragschale (22) auf ihrer dem Sitzbenutzer zugewandten Seite mit wenigstens einer Auflage (24) versehen ist.
10. Sitz nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet, dass die Auflage (24) gebildet wird von einem Abstandsgebilde, dessen parallel zueinander angeordnete Gewirkelagen durch Abstandsfäden miteinander verbunden sind,

einer fluiddichte Hülle zur Aufnahme des Abstandsgebildes, wobei die Hülle im Wesentlichen aus zwei etwa parallel zueinander angeordneten Materialbahnen besteht, die an ihren seitlichen Randbereichen miteinander verbunden sind und wenigstens einer Schlauchleitung, über die die Menge des Fluids im Inneren der Hülle beeinflussbar ist.

11. Sitz nach Anspruch 9 oder 10,
dadurch gekennzeichnet, dass eine Fördereinrichtung (26) vorgesehen ist, durch die ein Fluid in die Auflage (24) eingebracht werden kann bzw. durch die ein Fluid aus der Auflage (24) entfernt werden kann.

12. Sitz nach einem der Ansprüche 9 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, dass der Sitz eine einstückige Tragschale (22) für die Sitzfläche und die Rückenlehne aufweist.

Verfahren zur Erzeugung einer Tragschale für einen Sitz

Zusammenfassung

Es wird ein Verfahren zur Bereitstellung einer Tragschale (22) für einen Sitz vorgeschlagen. Hierbei werden in einer Messreihe mit einer Mehrzahl von Probanden (P) Einsitzmessungen vorgenommen werden, wobei die Probanden (P) auf einer Messmatte (8) Platz nehmen, die auf ein neutrales Sitzgestell (8) aufgelegt ist. Die Messmatte (8) hat eine leicht verschiebbliche Füllung (14) und gleicht sich an die Körperkontur des jeweiligen Probanden (P) an. Nach dem Einsitzen und bevor der Proband (P) die Messmatte (8) verlässt wird die Messmatte (8) fixiert, beispielsweise durch Anlegen eines Unterdrucks im Inneren der Messmatte (8). Die geometrischen Daten der Oberflächenkontur der Messmatte (8) werden für jeden Probanden (P) ermittelt und gespeichert. Abschließend werden die gemessenen Oberflächenkonturen (40) überlagert. Hieraus entsteht eine Tragschale (22) mit einer gemittelten Oberflächenkontur (42). Da die gemittelte Oberflächenkontur zu allen Probanden (P) relativ gut passt, ist bereits eine vergleichsweise dünne Auflage (24) auf der Tragschale (22) ausreichend, um für verschiedene Sitzbenutzer einen sehr guten Sitzkomfort zu erreichen.

(Fig. 2)

Zusammenfassungszeichnung

Fig. 2

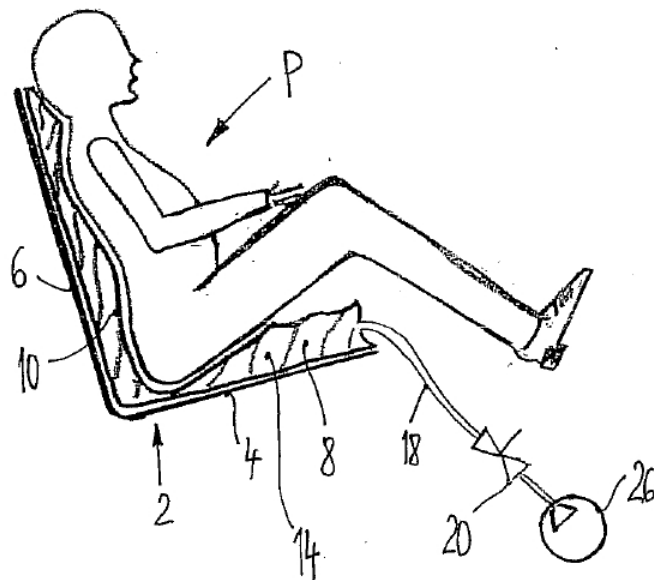


Fig. 1

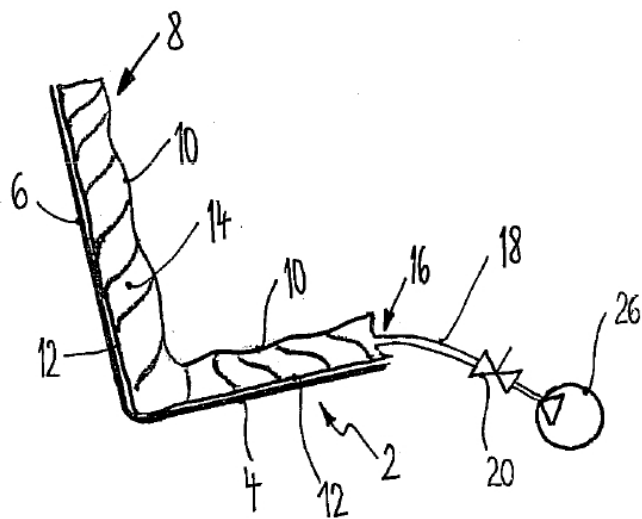


Fig.2

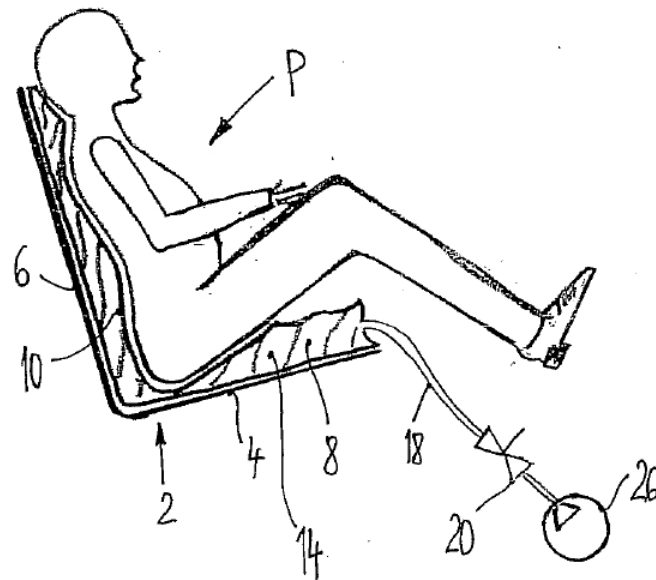


Fig.3

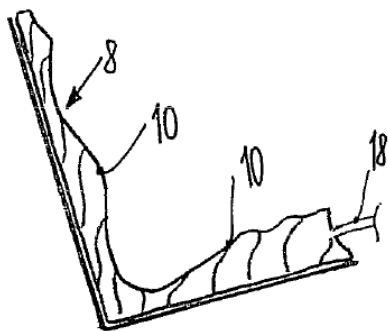


Fig.4

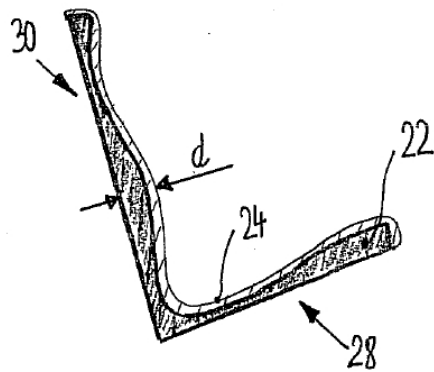
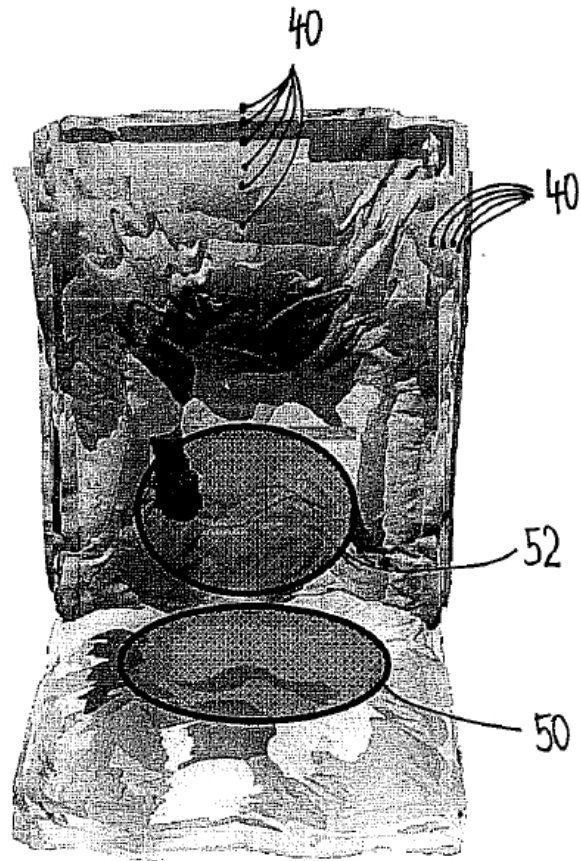


Fig.5



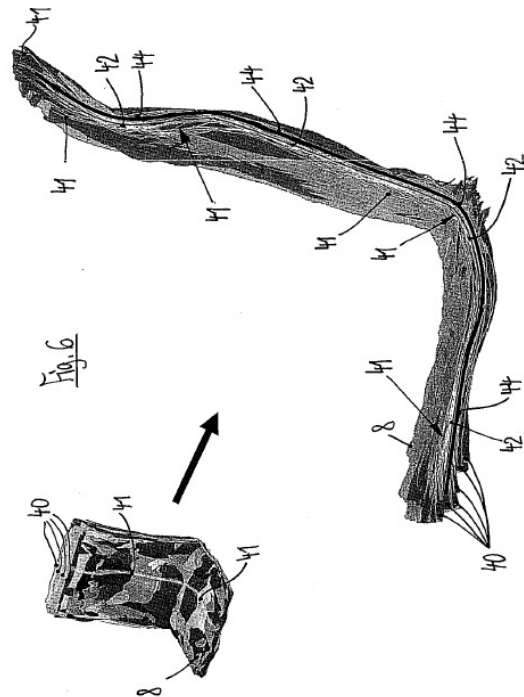
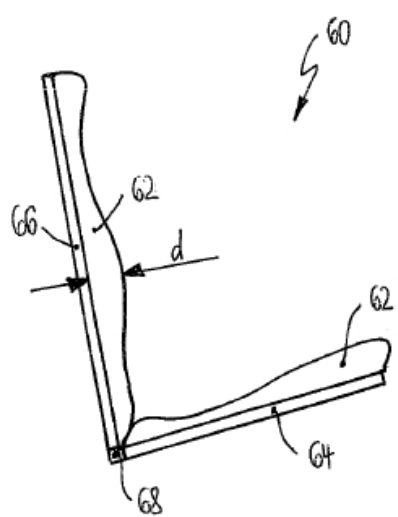


Fig. 6

Fig. 7



9.1.5 Adaptive seat surface patent

Auflage für einen Sitz

Die Erfindung betrifft eine Auflage für einen Sitz.

Bekannte Sitze, beispielsweise in Kraftfahrzeugen, bestehen aus einer Tragstruktur sowie gepolsterten Auflagen, gegebenenfalls unter Zwischenschaltung weiterer Komponenten. Um die Ergonomie und den Komfort beispielsweise bei Fahrzeugsitzen zu verbessern, sind üblicherweise Verstellmöglichkeiten vorgesehen, um zum Beispiel die Neigung der Sitzfläche und/oder der Rückenlehne, die Breite der Rückenlehne etc. zu verändern. Außerdem können zusätzliche Einrichtungen, wie eine Lordosenstütze oder eine Massageeinrichtung, vorgesehen sein.

Die Verstellmöglichkeiten sollen eine bestmögliche Anpassung des Sitzes an die physiologisch individuelle Form der Wirbelsäule und des Bewegungsapparates des Sitzbenutzers realisieren, um einen möglichst guten Sitzkomfort zu gewährleisten. Ein Maximum an Komfort wird dann erreicht, wenn die Sitzfläche und die Rückenlehne möglichst kongruent und homogen mit der physiologischen Form des Menschen übereinstimmen.

Hierzu ist es beispielsweise aus der DE 10 2006 032 891 A1 bekannt, auf einer Tragstruktur eines Sitzes ein Polster mit einem losen Füllmaterial oder mit einem Fluid aufzulegen, das mit Hilfe magnetischer oder elektrischer Felder, durch das Anlegen elektrischen Stroms, durch Erwärmung oder durch hydraulische Anregung umverteiltbar ist, um auf diese Weise die Form der Sitzfläche und der Rückenlehne an die physiologische Form des Sitzbenutzers anzupassen. Des Weiteren ist in der DE 695 05 131 T2 eine Auflage für einen Sitz beschrieben, die als so genanntes "Vakuumkissen" mit einem rieselfähigen Schüttgut ausgestaltet ist, wobei sich die Auflage an die Körperform des Sitzbenutzers anpassen kann, indem ein mehrschichtiges System durch Beaufschlagung mit Druckluft auf den Sitzbenutzer zubewegt wird.

Nachteilig bei den bekannten Systemen ist deren beträchtliches Bauvolumen und Gewicht.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Auflage für einen Sitz, insbesondere einen Sitz für ein Kraftfahrzeug, bereitzustellen, die sich durch einen einfachen Aufbau und ein geringes Gewicht bei geringem Bauraumbedarf auszeichnet.

Diese Aufgabe wird durch eine Auflage mit den Merkmalen des Anspruchs 1 erfüllt. Anspruch 4 beschreibt einen Sitz mit einer erfindungsgemäßen Auflage. Die Ansprüche 10 und 12 betreffen Verfahren zur Anpassung der Kontur eines derartigen Sitzes.

Grundgedanke der Erfindung gemäß Anspruch 1 ist es, ein an sich bekanntes Abstandsgebilde mit parallel zueinander angeordneten Gewirkelagen, die durch Abstandsfäden miteinander verbunden sind, in eine fluiddichte Hülle einzubringen. Die Hülle weist eine Schlauchleitung oder einen Anschluss für eine Schlauchleitung auf, um die Menge des Fluids im Inneren der Hülle beeinflussen zu können.

Abstandsgebilde, wie oben beschrieben, sind beispielsweise aus der DE 90 16 062 U1, der EP 0 529 671 B1 und der DE 10 2006 023 357 A1 bekannt. Derartige Abstandsgebilde zeichnen sich durch ihre elastischen Polstereigenschaften bei einer Druckbelastung auf die Oberfläche des Gewirkes aus. Sie werden in mehrschichtig aufgebauten Matratzen, in Polsterbezügen und dergleichen eingesetzt.

Durch die Integration der bekannten Abstandsgebilde in eine fluiddichte Hülle mit einem Anschluss für eine Schlauchleitung ist die Möglichkeit gegeben, die Form des Abstandsgebildes, wie sie sich unter der Belastung eines Sitzbenutzers ergibt, "einzufrieren", indem nach erfolgter Belastung der Hülle die Schlauchleitung abgesperrt wird bzw. ein Unterdruck im Inneren der Hülle aufgebracht wird. Somit kann mit einer sehr dünn gestalteten Auflage eine exakte Konturanpassung an die Körperform eines Sitzbenutzers erreicht werden, die sich von selbst durch das Einsitzen ergibt und nachfolgend fixiert

wird. Soll auf dem Sitz ein anderer Sitzbenutzer Platz nehmen, wird die Fixierung der Auflage aufgehoben und eine neue Konturanpassung an die Körperform des nachfolgenden Sitzbenutzers vorgenommen.

Die Auflage weist auf ihrer Außenseite eine Deckschicht auf, die der Deckschicht bekannter Auflagen entspricht, also aus einem textilen Material, aus Leder oder dergleichen besteht. Zur Erhöhung des Sitzkomforts kann unterhalb der Auflage eine Hinterfütterung aus einem nachgiebigen Material, wie beispielsweise eine Schaumstoffschicht, vorgesehen sein.

In bevorzugter Anwendung der Erfindung findet die Auflage auf einer ungepolsterten Tragstruktur eines Sitzes Anwendung, insbesondere auf einer Tragstruktur, wie sie in der Patentanmeldung der Anmelderin mit dem Titel "Verfahren zur Erzeugung einer Tragstruktur für einen Sitz" beschrieben ist. Der Offenbarungsgehalt dieser Patentanmeldung, die denselben Zeitrang wie die vorliegende Anmeldung hat, wird hiermit vollumfänglich in die vorliegende Anmeldung einbezogen.

Durch die Kombination einer gemäß der oben genannten Patentanmeldung erzeugten Tragstruktur mit der erfindungsgemäßen Auflage wird ein körperkonturierter Sitz bereitgestellt, der einen sehr guten Sitzkomfort ermöglicht. In besonders vorteilhafter Weise ergibt sich der hohe Sitzkomfort bereits bei einer erfindungsgemäßen Auflage mit nur geringer Dicke, also geringem Abstand der beiden Gewirkebenen des Abstandsgebildes, da durch die Konturierung der Tragstruktur bereits eine Anpassung an die Körperform der in Frage kommenden Sitzbenutzer erreicht wird.

Die Auflage stellt die unmittelbare Stützfläche für den Sitzbenutzer dar und bedeckt vollständig oder zumindest nahezu vollständig den gesamten Bereich der Sitzfläche und/oder der Rückenlehne der Tragstruktur. Zur Erhöhung des Sitzkomforts sind bevorzugt mehrere Auflagen vorgesehen, die zusammen den gesamten Bereich der Sitzfläche und der Rückenlehne abdecken.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist der Bereich der Sitzfläche in wenigstens zwei, besonders bevorzugt drei hintereinander angeordnete Auflagen untergliedert.

In analoger Weise ist der Bereich der Rückenlehne bevorzugt in drei Auflagen übereinander untergliedert.

Die Auflagen können in der Breitenerstreckung der Sitzfläche und/oder der Rückenlehne unterteilt sein, so dass sich eine Rechts-/Links-Unterteilung ergibt, wodurch für die beiden Körperhälften eine individuelle Sitzanpassung erfolgen kann.

Selbstverständlich kann in einer vereinfachten Ausführungsform der Erfindung je Körperhälfte im Bereich der Sitzfläche und/oder der Rückenlehne nur eine einzige Auflage vorgesehen sein.

Eine Fixierung der durch einen Sitzbenutzer erzeugten Kontur einer erfindungsgemäßen Auflage kann bereits dadurch erfolgen, dass eine Absperreinrichtung in der Schlauchleitung der Auflage aktiviert wird, sobald der Sitzbenutzer das Abstandsgebilde komprimiert und die Luft aus dem Inneren der fluiddichten Hülle zumindest teilweise verdrängt hat. Durch das reduzierte Luftvolumen im Inneren der fluiddichten Hülle kann sich das Abstandsgebilde bei Entlastung infolge der eingezogenen Hülle nicht wieder in seine Ausgangsform zurückbilden, so dass die Kontur des Abstandsgebildes fixiert wird.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung kann an eine oder an mehrere Auflagen eine Fördereinrichtung angeschlossen sein, mit der ein Fluid aus dem Inneren der Auflage(n) abgezogen werden kann (Saugpumpe). Durch den Unterdruck im Inneren der Auflage(n) wird eine verbesserte Konturanpassung der Auflage während des Einsitzens des Sitzbenutzers erreicht. Auch bleibt bei angelegtem Unterdruck die Kontur der Auflage(n) nach dem Verlassen des Sitzes besser erhalten als dies ohne Fördereinrichtung der Fall ist.

Andererseits kann mittels einer Fördereinrichtung ein Fluid in das Innere der Auflage(n) eingebracht werden (Druckpumpe). Hierdurch wird eine schnellere und vollständigere Rückstellung der Auflagen in ihre ursprüngliche

unkonturierte Form bei unbesetztem Sitz erreicht als dies bei einer Selbstrückstellung des Abstandsgebildes nach Beendigung der Belastung durch den Sitzbenutzer der Fall ist. Ferner kann durch eine als Druckpumpe arbeitende Fördereinrichtung ein Überdruck in der Auflage bzw. in den Auflagen erzeugt werden, um die Anlagefläche partiell zu verhärten und/oder eine Stellbewegung in Richtung des Sitzbenutzers zu erzeugen. Durch diese Körperstützungsfunktion kann beispielsweise eine Lordosenstütze erzeugt werden. Auch können durch eine komplexere Ansteuerung einer oder mehrerer Fördereinrichtungen in Verbindung mit einer Mehrzahl von Auflagen Massage- und Mobilisierungseffekte erzeugt werden.

Bei dem Fluid handelt es sich bevorzugt um Luft. Die Auflage(n) kann bzw. können jedoch auch mit einem anderen Fluid als Luft, beispielsweise mit einer ölartigen Flüssigkeit geringer Viskosität, befüllt sein.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung kann in zumindest einer Schlauchleitung einer Auflage ein Drucksensor vorgesehen sein, um in Verbindung mit einer Steuerungs- oder Regelungseinheit gezielt den Fluiddruck im Inneren der Hülle zu steuern bzw. zu regeln. Hierdurch kann die Konturanpassung der Auflage an den Sitzbenutzer weiter verbessert werden. Außerdem können hierdurch die bereits oben erwähnten Körperunterstützungs-, Massage- und/oder Mobilisierungsfunktionen realisiert werden. Bei Massageeinrichtungen können mittels einer Steuerungs- oder Regelungseinheit unterschiedliche Funktionsmuster, beispielsweise eine in Längs- oder Höhenrichtung des Sitzes verlaufende Massagewelle, realisiert werden.

Soweit eine Fördereinrichtung vorgesehen ist, wirkt diese bevorzugt auf alle oder zumindest auf eine Mehrzahl der Auflagen. Die Auflagen sind über Schlauchleitungen und gegebenenfalls Ventile mit der Fördereinrichtung verbunden.

Mögliche Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden nachfolgend näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Auflage in schematischer Schnittdarstellung,

Fig. 2 einen Sitz mit erfindungsgemäßen Auflagen in schematischer Seitenansicht,

Fig. 3 den Sitz von Fig. 2 unter Belastung durch einen Sitzbenutzer und

Fig. 4 den Sitz von Fig. 2 in schematischer Perspektivdarstellung, mit zusätzlichen Steuerungselementen.

Fig. 1 zeigt den Aufbau einer erfindungsgemäßen Auflage 2 für einen in seiner Gesamtheit mit 30 bezeichneten Sitz (siehe Fig. 2). Die Auflage 2 setzt sich aus einem Abstandsgebilde 10 und einer Hülle 20 zusammen. Das an sich bekannte Abstandsgebilde 10 weist eine obere und eine untere Gewirkeleage 12 auf, zwischen denen Abstandsfäden 14 angeordnet sind. Derartige Abstandsgebilde 10 sind als handelsübliche Produkte beispielsweise der Firma Müller Textil GmbH erhältlich. Für die nachfolgend beschriebene Erfindung ist die konkrete Ausführung des Abstandsgebildes 10 ohne Bedeutung.

Das Abstandsgebilde 10 ist in eine in ihrer Gesamtheit mit 20 bezeichnete fluiddichte Hülle eingebracht, so dass eine Art Blase mit einer versteifenden Einlage entsteht. Die Hülle 20 setzt sich aus einer oberen Materialbahn 22 und einer dazu parallelen unteren Materialbahn 22 zusammen. Die beiden Materialbahnen 22 sind an ihren Randbereichen umlaufend miteinander verschweißt (Schweißnaht 24) und schließen somit das Abstandsgebilde 10 luftdicht im Inneren der Hülle 20 ein. Die Hülle 20 weist einen Anschluss 26 für eine Schlauchleitung 28 auf.

Die Fig. 2 bis 4 zeigen einen Sitz 30, der mit einer Mehrzahl von Auflagen 2 versehen ist. Der Sitz 30 ist in einen Bereich der Sitzfläche 32 und in einen Bereich der Rückenlehne 34 unterteilt. Die tragende Struktur des Sitzes 30 wird von einer einteiligen Tragstruktur 40 gebildet, die übergangslos die beiden Bereiche 32 und 34 miteinander verbindet. Die Tragstruktur 40 ist dreidimensional konturiert. In den Bereichen der Sitzfläche 32 und der Rückenlehne 34 sind mehrere Auflagen 2 vorgesehen, so dass die Kontur in den verschiedenen Abschnitten, in denen der Körper eines Sitzbenutzers S am Sitz 30 anliegt, individuell angepasst werden kann. Grundsätzlich sind die rechte Hälfte R und die linke Hälfte L des Sitzes 30 spiegelbildlich aufgebaut. Sowohl der Bereich der Sitzfläche 32 als auch der Bereich der Rückenlehne 34 ist horizontal und vertikal in jeweils drei Bereiche unterteilt, so dass sich insgesamt eine Unterteilung in zwölf Auflagen 2 ergibt. Die Sitzfläche 32 ist hierbei in einen vorderen Bereich V, einen mittleren Bereich M und einen hinteren Bereich H untergliedert. Dementsprechend erfolgt eine Aufteilung der Rückenlehne 34 in einen unteren Bereich U, einen mittleren Bereich M und einen oberen Bereich O. Optional sind Auflagen 2 in den seitlichen Wangenbereichen W möglich, sowohl im Bereich der Sitzfläche 32 als auch im Bereich der Rückenlehne 34, wie mit gestrichelten Linien dargestellt.

Fig. 2 zeigt die Auflagen 2 im unbelasteten Ausgangszustand, mit geöffnetem Anschluss 26, so dass im Inneren der Auflagen 2 Umgebungsdruck herrscht. Die der Tragstruktur 40 des Sitzes 30 abgewandten Oberseiten der Auflagen 2 verlaufen in etwa parallel zur Kontur der Tragstruktur 40.

Wie aus Fig. 3 hervorgeht, werden bei Belastung durch einen Sitzbenutzer S die Auflagen 2 einschließlich der innen liegenden Abstandsgebilde 10 zusammengedrückt, in jeweils unterschiedlichem Maß, je nach lokal vom Sitzbenutzer S aufgebrachtem Anlagedruck. Hierbei wird das Volumen der Hülle 20 verringert und ein Teil der sich im Inneren der Hülle 20 befindlichen Luft über den Anschluss 26 und die Schlauchleitung 28 aus der Hülle 20 herausgedrückt. Dieser Zustand der komprimierten Auflage 20 kann durch Verschließen einer Absperreinrichtung 50 (siehe Fig. 4) fixiert werden, indem aufgrund der reduzierten Luftmenge im Inneren der Hülle 20 nach dem

Verlassen des Sitzes 30 durch den Sitzbenutzer S eine Rückdehnung auf das ursprüngliche Volumen nicht möglich ist. Damit steht ein Sitz 30 zur Verfügung, dessen Anlageflächen auch ohne Sitzbelegung exakt der durch den Sitzbenutzer S vorgegeben Kontur entsprechen.

Soll ein anderer Sitzbenutzer S auf dem Sitz 30 Platz nehmen, werden die Absperreinrichtungen 50 geöffnet, so dass sich im Inneren der Auflagen 2 der Umgebungsluftdruck einstellt und die Auflagen 2 ihre Ausgangslage, wie in Fig. 2 dargestellt, einnehmen.

Wie aus dem Ausführungsbeispiel der Fig. 4 hervorgeht, werden die Absperreinrichtungen 50 von einer Steuereinheit 60 angesteuert. Außerdem ist eine als Pneumatikpumpe ausgebildete Fördereinrichtung 62 vorgesehen, durch die der Druck im Inneren der Auflagen 2 verändert werden kann. Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist für jede Auflage 2 eine separate Absperreinrichtung 50 vorgesehen, so dass die jeweiligen Auflagen 2 einzeln und unabhängig voneinander angesteuert werden können. Zusätzlich können an den Schlauchleitungen 28 Drucksensoren 64 zur Erfassung des Drucks im Innern der Auflagen 2 vorgesehen sein. Damit kann ein Signal, das den Druck im Inneren der Auflagen 2 repräsentiert, der Steuereinheit 60 als Regelgröße zugeführt werden, um beispielsweise in Abhängigkeit vom Gewicht eines Sitzbenutzers 2 eine individuelle Einstellung der Sitzhärte vornehmen zu können.

Zusammenfassend lässt sich die Erfindung wie folgt beschreiben: Ein Sitz 30 setzt sich aus einer Tragstruktur 40 und einer Mehrzahl von Auflagen 2 zusammen. Die Auflagen 2 überdecken den gesamten Bereich der Sitzfläche 32 und der Rückenlehne 34 des Sitzes 30. Jede der Auflagen 2 wird von einem textilen Abstandsgebilde 10 gebildet, das in einer fluiddichten Hülle 20 aufgenommen ist. Die Hülle 20 weist einen Anschluss 26 für eine Schlauchleitung 28 auf. Vor dem Einsitzen eines Sitzbenutzers S auf dem Sitz 30 ist die Schlauchleitung 28 zur Umgebungsluft offen. Unter der Krafteinwirkung durch den Sitzbenutzer S wird die Auflage 2 und damit das Abstandsgebilde 10 zusammengedrückt, wobei gleichzeitig Luft aus dem Inneren

der Auflage 2 verdrängt wird. Hierdurch erfahren die Auflagen 2 eine Konturierung entsprechend der Körperform des Sitzbenutzers S. Nach dem Einsitzen kann diese Konturierung der Auflagen 2 fixiert werden, indem eine Absperreinrichtung 50 in der Schlauchleitung 28 versperrt wird und somit das reduzierte Luftvolumen im Inneren der Auflage 2 von der Umgebungsluft getrennt wird. Auf diese Weise bleibt die Konturierung der Auflagen 2 des Sitzes 30 erhalten, wenn der Sitzbenutzer S den Sitz 30 verlassen hat.

Auflage für einen Sitz

Patentansprüche

Auflage für einen Sitz,

gekennzeichnet durch

ein Abstandsgebilde (10), dessen parallel zueinander angeordnete Gewirkelagen (12) durch Abstandsfäden (14) miteinander verbunden sind, eine fluiddichte Hülle (20) zur Aufnahme des Abstandsgebildes (10), wobei die Hülle (20) im Wesentlichen aus zwei etwa parallel zueinander angeordneten Materialbahnen (22) besteht, die an ihren seitlichen Randbereichen miteinander verbunden sind und wenigstens einen Anschluss (26), über den die Menge des Fluids im Inneren der Hülle (10) beeinflussbar ist.

2. Auflage nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass die Auflage (2) auf ihrer einem Sitzbenutzer (S) zugewandten Materialbahn (22) eine Deckschicht aus einem textilen Material, aus Leder oder dergleichen aufweist.

3. Auflage nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet, dass die Auflage (2) unterhalb der Deckschicht eine Hinterfütterung aus einem nachgiebigen Material aufweist.

4. Sitz mit wenigstens einer Auflage nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Auflage (2) auf einer ungepolsterten Tragstruktur (40) des Sitzes (30) angeordnet ist.

5. Sitz nach Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet, dass die Auflage (2) oder die Auflagen (2) einen wesentlichen Teil der Sitzfläche (32) und/oder der Rückenlehne (34) der Tragstruktur (40) des Sitzes (30) überdeckt bzw. überdecken.

6. Sitz nach Anspruch 4 oder 5,

dadurch gekennzeichnet, dass an der Sitzfläche (32) des Sitzes (30) wenigstens zwei hintereinander angeordnete Auflagen (2) und/oder an der Rückenlehne (34) des Sitzes (30) wenigstens drei übereinander angeordnete Auflagen (2) vorgesehen sind.

7. Sitz nach einem der Ansprüche 4 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass an der Sitzfläche (32) und/oder an der Rückenlehne (34) des Sitzes (30) wenigstens zwei Auflagen (2) nebeneinander vorgesehen sind.

8. Sitz nach einem der Ansprüche 4 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, dass der Anschluss (26) mit einer Absperreinrichtung (50) versehen ist und/oder an eine Fördereinrichtung (62) zur Zufuhr von Fluid in die Auflage (2) bzw. zum Entfernen von Fluid aus der Auflage (2) angeschlossen ist.

9. Sitz nach einem der Ansprüche 4 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, dass der Anschluss (26) mit einem Sensor (64) zur Erfassung des in der Auflage (2) herrschenden Drucks des Fluids verbunden ist.

10. Verfahren zur Anpassung der Kontur eines Sitzes (30) nach einem der Ansprüche 4 bis 9, mit wenigstens einer mit Luft befüllten Auflage (2), die mit einer Absperreinrichtung (62) verbunden ist, wobei
vor dem Einsitzen eines Sitzbenutzers (S) die Absperreinrichtung (62) geöffnet wird, so dass ein Ausgleich mit der Umgebungsluft stattfindet und
nach erfolgtem Einsitzen des Sitzbenutzers (S) die Absperreinrichtung (62) geschlossen wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet, dass die Absperreinrichtung (62) vor dem Einsitzen eines weiteren Sitzbenutzers (S) geöffnet wird.

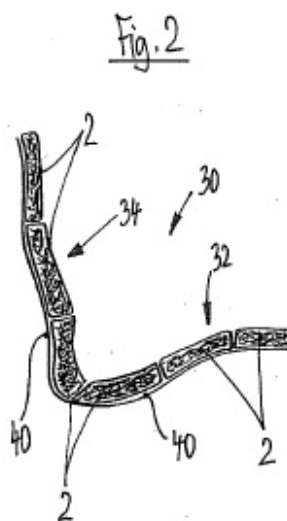
12. Verfahren zur Anpassung der Kontur eines Sitzes (30) nach einem der Ansprüche 4 bis 9, mit wenigstens einer Auflage (2), die mit einer Fördereinrichtung (64) für ein Fluid verbunden ist, wobei vor dem Einsitzen eines Sitzbenutzers (S) die Auflage (2) mit einem Fluid befüllt ist, nach dem Einsitzen des Sitzbenutzers (S) die Fördereinrichtung (64) das Fluid zumindest teilweise aus der Auflage (2) entfernt und der Zustand der reduzierten Fluidmenge durch Schließen eines Absperreinrichtung (62) oder durch Absperren mittels der Fördereinrichtung (64) beibehalten wird.
13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Absperreinrichtung (62) vor dem Einsitzen eines weiteren Sitzbenutzers geöffnet (S) wird und/oder die Fördereinrichtung (64) Fluid in die Auflage (2) einbringt.
14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Menge des aus der Auflage (2) zu entfernenden Fluids einstellbar ist, um die Härte der Auflage (2) zu verändern.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzeugung einer Stützwirkung für eine Körperpartie des Sitzbenutzers (S) das Fluid mit Überdruck in die Auflage (2) eingebracht wird.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzeugung einer Massage- und/oder Mobilisierungswirkung für eine Körperpartie des Sitzbenutzers (S) das Fluid in die Auflage (2) periodisch variierend eingebracht und aus der Auflage (2) periodisch variierend entfernt wird.

Auflage für einen Sitz

Zusammenfassung

Ein Sitz (30) setzt sich aus einer Tragstruktur (40) und einer Mehrzahl von Auflagen (2) zusammen. Die Auflagen (2) überdecken den gesamten Bereich der Sitzfläche (32) und der Rückenlehne (34) des Sitzes (30). Jede der Auflagen (2) wird von einem textilen Abstandsgebilde (10) gebildet, das in einer fluiddichten Hülle (20) aufgenommen ist. Die Hülle (20) weist einen Anschluss (26) für eine Schlauchleitung (28) auf. Vor dem Einsitzen eines Sitzbenutzers (S) auf dem Sitz (30) ist die Schlauchleitung (28) zur Umgebungsluft offen. Unter der Krafteinwirkung durch den Sitzbenutzer (S) wird die Auflage (2) und damit das Abstandsgebilde (10) zusammengedrückt, wobei gleichzeitig Luft aus dem Inneren der Auflage (2) verdrängt wird. Hierdurch erfahren die Auflagen (2) eine Konturierung entsprechend der Körperform des Sitzbenutzers (S). Nach dem Einsitzen kann diese Konturierung der Auflagen (2) fixiert werden, indem eine Absperreinrichtung (50) in der Schlauchleitung (28) versperrt wird und somit das reduzierte Luftvolumen im Inneren der Auflage (2) von der Umgebungsluft getrennt wird. Auf diese Weise bleibt die Konturierung der Auflagen (2) des Sitzes (30) erhalten, wenn der Sitzbenutzer (S) den Sitz (30) verlassen hat.

(Fig. 2)



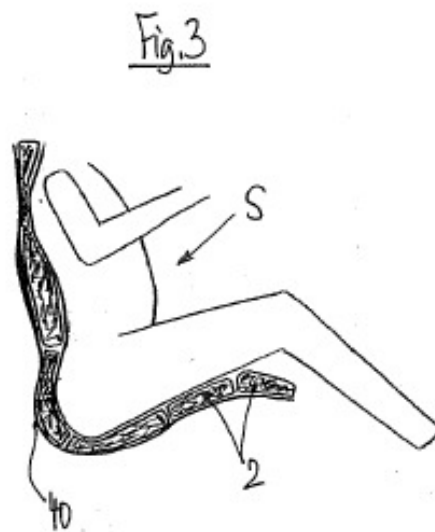
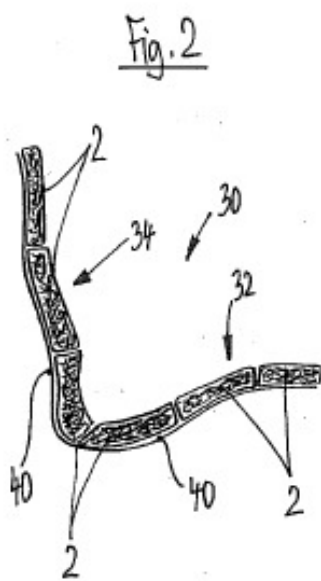
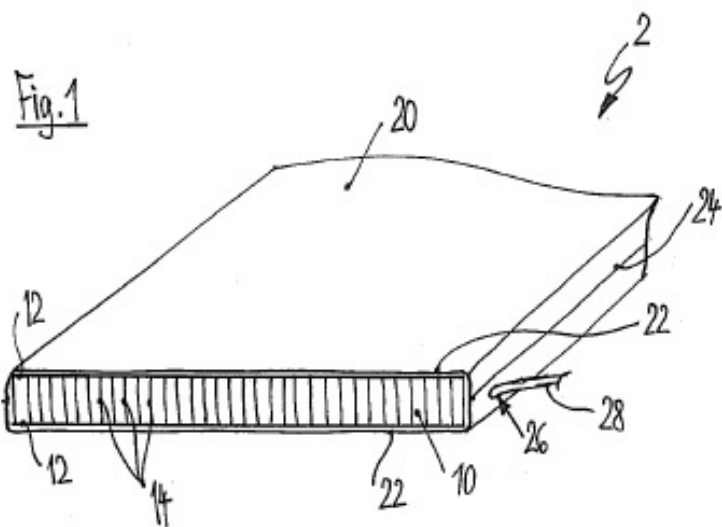
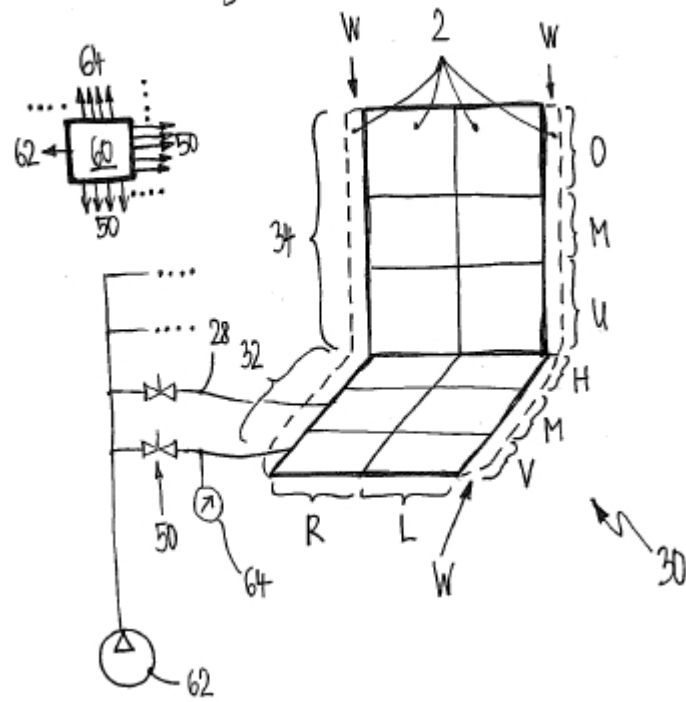


Fig. 4



Summary

In 2008, 52,940,559 cars were produced worldwide. Seat comfort is experienced by even more people than cars built every year. To support their car sales many car manufacturers focus on innovations that improve comfort. However, the effects of many innovations are seldom scientifically studied, which makes progress in comfort knowledge a slow process. In this study the effects of various innovations focused on comfort improvement are measured, patented and described to contribute to the knowledge in the area of car seat comfort.

The development process of car seats is very complex and many factors have to be considered in the development, such as anthropometry, physiology, safety, design and comfort. A factor making it more complex is the fact that future cars should be more sustainable, making the need for weight reduction more prominent. Improving comfort and at the same time reducing weight is a new challenge.

Car seat research in the area of comfort is mainly focused on the decrease of discomfort. The most that can be achieved in this respect is that the person no longer notices the discomfort. Another possibility is to implement physiological knowledge in the seat research process, to increase the comfort and health in such a way that people will notice it. This is the chosen area of research in this PhD thesis. This knowledge can help car and seat manufacturers to address the issue of comfortable and healthy lightweight car seats and to stay ahead of the competition.

Possibilities to improve comfort in this way studied in this thesis are a massage system (chapter 2 and 3), an automatic seat surface adjustment resulting in an optimal pressure distribution (chapter 4), a head rest with special features for the neck (chapter 5), a new lumbar support (chapter 6) and a lightweight seat fitting to the human contour (chapter 7).

In chapter two a light weight massage system is developed and tested. It has specific movement patterns which reduce muscle tension and varies the pressure in the spinal disc. With the help of EMG measurements it was shown that the massage system reduced muscle activity and increased comfort. So, with this light weight massage system these effects can be achieved. The

massage system is now available and can be ordered by BMW 7series customers (see fig. 1.10 and 1.11).

Chapter three provides knowledge of the spinal disc while using the massage system with its special pattern described in chapter two. It shows that small changes in local pressure from outside the body can even change the pressure in the intervertebral disc. The analysis was performed with a type of measurement that has only being used a few times in the world until now.

Chapter four describes a research of the spinal disc pressure while sitting in the “ideal” car sitting position. This “ideal” position is the pressure distribution with the highest comfort according to 40 test subjects testing various positions. The seat adjusts automatically to facilitate the optimal pressure distribution. It appeared that this “ideal” position also resulted in the lowest intervertebral disc pressure.

In chapter 5 a new head rest was designed with special attention to neck support. The correct foam characteristics were determined for various parts of the head and neck and a new adjustable system was designed. The effect on comfort was analysed and again rated positively by the end users.

The lower part of the backrest was studied in chapter 6. Two versions of lumbar supports were developed and compared with a traditional one to define the most effective system. Measurements included body movement, pressure distribution and comfort. The disc pressure of these lumbar supports were also tested in chapter three. The best system appeared to be the roll function in the seat as it could be used over and over again without repositioning of the body.

The design, development and tests reported in this study were of a complex nature and were undertaken in a car company. A disadvantage of these studies is for instance that they were limited to BMW personnel as test drivers because of confidentiality. The assumption here is that BMW personnel will not differ much from other drivers and passengers, but this is hard to prove. Another disadvantage of this study could be that tests were not always done in real driving situations. In chapter two real driving tasks were used. However, the track had to be standardized to be sure that the differences in EMG could be attributed to the massage system. Ideally, long term tests in real driving situations should be added, but are too costly and have the risk that the innovations can be seen by many people. This thesis showed that studying

comfort is also complex because every individual has their own comfort experience. Performing objective measurements to analyse the comfort is needed to help knowledge development further, and this has been carried out in this PhD thesis. These objective measurements should be further elaborated.

All the knowledge of previous chapters was used to design a new light weight seat by using a 3D human body contour. This human body contour was established by letting drivers sit in an inflatable mattress. The mattress could be fixed and was scanned by a laser scanner. The data was processed in Polyworks software.

Engineers, designers and researchers can use this data to optimize the cushion contour and form of the back shell. In this PhD thesis the knowledge was used to design an ultralight shell and cushion, which was again tested. It appeared that this ultralight seat could achieve the same comfort ratings as seats that are 50% heavier. The results of this chapter seven, were transferred into the ultra light car seat. This seat was built in the BMW concept car, which was shown at various exhibitions, press presentations and on the internet (see fig.6.6 and 6.7).

Publications

Publications part of this thesis:

The effect of a light weight massage system on comfort and EMG

Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics.

In press. No.: JMPT-D-09-00077

Franz, M.; Zenk, R.; Vink, P.; Hallbeck, S.

Disc pressure on the spine, influenced by extra equipment and a massage system in car seats.

International Journal of Passenger Cars - Mechanical Systems April 2009
1:768-774.

Franz, M.; Zenk, R.; Durt, A.; Vink, P.

Spine load in automotive seating.

Applied Ergonomics. accepted for publication.

Zenk, R.; Franz, M.; Bubb, H.; Vink, P

Comfort effects of a new car headrest with neck support

Applied Ergonomics. accepted for publication.

Franz, M.; Durt, A.; Zenk, R.; Vink, P.; Desmet, P.M.A.

Body motion and pressure distribution analysis of lumbar support concepts in car seats.

International Journal for Industrial Ergonomics. Submitted.

Franz, M.; Durt, A.; Zenk, R.; Goossens, R.H.M.; Vink, P.

A car seat shaped by human surface contour.

To be submitted.

Franz, M.; Kamp, I.; Kilincsoy, Ü.; Vink, P.; Bubb, H.

Publications related to this thesis:

The Influence of a Massage Car Seat on Comfort Experience Measured by EMG 2008-01-0889, SAE World Congress & Exhibition, April 2008, Detroit, MI, USA, Session: Human Factors in Seating Comfort.

Franz, M.; Zenk, R.; Durt, A.; Vink, P.

Disc Pressure Effects on the Spine, Influenced by Extra Equipment and a Massage System in Car Seats 2008-01-0888, SAE World Congress & Exhibition, April 2008, Detroit, MI, USA, Session: Human Factors in Seating Comfort.

Franz, M.; Zenk, R.; Durt, A.; Vink, P.

Spine load in the context of automotive seating.

SAE Conference 2007, SAE No. 2007-01-0346, 2007, Digital Human Modeling Conference, Seattle, WA, USA, Session: Biomechanics.

Zenk, R.; Franz, M.; Bubb, H.

Emocard - An Approach to Bring more Emotion in the Comfort Concept 2008-01-0890 SAE World Congress & Exhibition, April 2008, Detroit, MI, USA, Session: Human Factors in Seating Comfort.

Zenk, R.; Franz, M.; Bubb, H.

Presentations related to this thesis of M. Franz:

TNO quality of life, Hoofddorp NL, 24th October 2007

Construction of a new lumbar support under medical and biomechanical aspects.

TU-Delft NL, March 6th 2008.

Methods in studying the effect of a BMW car seat with massage function and comfort headrest.

SAE Congress USA (Society of automotive engineering) 16th of April 2008

Disc pressure effects on the spine influenced by extra equipment and a massage system.

SAE Congress USA (Society of automotive engineering) 16th of April 2008

The influence of a massage car seat on comfort experience and EMG.

IQPC 4th Annual Congress Innovative Seating Germany, 11th February 2009

Development of a comfort headrest based on medical knowledge.

BMW ProMotion. Die Doktoranden der BMW Group, 11th May 2007

Erlebniswelt Automobilsitz unter medizinischer Validierung.

Entwicklung, Aufbau und Wirkweisenanalyse eines Massageaktivitätssystems.

BMW ProMotion. Die Doktoranden der BMW Group, 04th July 2008

Erlebniswelt Automobilsitz unter medizinischer Validierung.

Entwicklung, Aufbau und Wirkweisenanalyse einer Komfortkopfstütze nach medizinischen Richtlinien.

BMW Innovation Days 2009 Interior, Infotainment, Mobility, 9th October 2009

Space Comfort Shell a light weight seat for the future.

BMW München ZT Forum, 22th February 2010

An ultra light seat for the future.

About the Author

Matthias Manfred Franz was born on 29th May 1976 in Rosenheim, Germany. He started his first apprenticeship as a medical massage therapist at the Massageschule Inntal e.V. Rosenheim.

From 1999-2000 he completed a year of social work as a paramedic at BRK Bayerisches Rotes Kreuz at the headquarters in Kiefersfelden, Germany. After the year of social work he began an apprenticeship as a physiotherapist in Regensburg, Germany.

In 2002 he commenced his physiotherapy studies at HVA Hogeschool van Amsterdam in the Netherlands. He enhanced his research skills and specialized in the field of sitting postures especially in the area of automotive seating. Throughout this time- 2001-2005 he worked at BMW AG München in the FIZ Forschungs- und Innovationszentrum, (research and innovation centre) department for seat construction. In 2005 he graduated with the study "Massageaktivitätssysteme in Kraftfahrzeugsitzen" (Active massage systems in cars). His areas of research included comfort in car seats and massage systems. During his study and work at BMW he developed his first two patents. In March 2006 he began his PhD work with the title "Comfort, experience, physiology and car seat innovation" in the faculty of industrial design engineering at TU- Delft the Netherlands. This work was in collaboration with BMW AG München- department for seat comfort. During his PhD work he developed more than sixteen patents: of these, two are world patents; five of these patents are directly related to the research in this thesis. The author currently works for BMW München in the seat development department.

Acknowledgements

There are many people who contributed to this thesis. Thanks first of all to my promoter Prof. dr. Peter Vink (TU-Delft) who provided me with valuable support and expert advice. I am fortunate and very grateful to have had the opportunity to work with “the specialist” in the area of comfort and design.

I would also like to thank my second promoter, an authority in the area of ergonomics Prof. dr. Heiner Bubb (TU-München) for his assistance and encouragement.

I am indebted to Prof. dr. Cees de Bont for his contribution in supporting the project. I would also like to acknowledge my gratitude to the members of the Promotion Committee.

Without the support, cooperation, understanding and trust shown to me by BMW München I would not have been able to realize this project. My special thanks go to Alfons Buchauer for his long term interest and for giving me the chance, after my dissertation, to continue in the field of car seat comfort and research. I greatly appreciate the help provided by Rudolf Lein and Alexander Durt who were always there in a supportive role for me.

I am grateful to Adrian van Hooydonk and the BMW Design team for their interest and valuable inspiration in respect of this project.

I am indebted to every participant in all areas of research, for sharing their personal comfort experience with me. Thanks also to my PhD colleagues and students who gave me a lot of assistance and time for indispensable scientific discussions. A special thank you to Raphael Zenk who put up with me through good and bad times during the research. Thanks for being there as my best friend!

Many thanks to Melanie Schuster for the English help.

Finally, my biggest thanks go to my family who have encouraged and supported me with such enthusiasm and patience throughout the whole of this project.

Thank you every one!

