



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
*Hamburg University of Applied Sciences*

## **Masterarbeit**

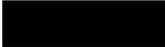
Philipp Glüsing

# **Entwicklung einer Sitzkinematik für das Sitzkonzept des HCC21**

*Fakultät Technik und Informatik  
Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau*

*Faculty of Engineering and Computer Science  
Department of Automotive and  
Aeronautical Engineering*

# Entwicklung einer Sitzkinematik für das Sitzkonzept des HCC21

Philipp Glüsing 

Masterarbeit eingereicht im Rahmen der Masterprüfung

im Studiengang Fahrzeugbau  
am Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau  
der Fakultät Technik und Informatik  
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Prüfer: Prof. Dipl.-Ing. Jan Friedhoff  
Prof. Dr.-Ing. Tankred Müller

Abgabedatum: 30.06.2020

## **Zusammenfassung**

**Name des Studierenden: Philipp Glüsing**

### **Thema der Projektarbeit**

Entwicklung einer Sitzkinematik für das Sitzkonzept des HCC21

### **Stichworte**

HCC21, Showcar, Sitzkinematik, Konstruktion, Fahrzeugsitz, Sitzverstellfeld, Konzept

### **Kurzzusammenfassung**

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Entwicklung einer Sitzkinematik für das Hamburg Concept Car 2021 (HCC21). Durch das autonome Fahren werden den Insassen neue Möglichkeiten der Interieurgestaltung und des Fahrerlebnisses geboten. Das HCC21 bietet eine Liegeposition an, für die die Sitzkinematik eines herkömmlichen Sitzes erweitert werden muss. Hierfür wird eine Ist-Analyse vom Markt bezüglich vorhandener Sitze und Funktionen und vom Projektstand des HCC21 durchgeführt. Auf dieser Grundlage wird ein Sitz für das Projekt bestimmt und darauf angepasst eine Sitzkinematik zur Verstellung des Sitzes und für eine ausklappbare Beinauflage entwickelt und in Catia V5 R26 konstruiert.

**Name of student: Philipp Glüsing**

### **Title of paper**

Development of a seat kinematics for the seat concept of the HCC21

### **Keywords**

HCC21, show car, seat kinematics, construction, vehicle seat, seat adjuster, concept

### **Abstract**

This thesis deals with the development of a seat kinematics for the Hamburg Concept Car 2021 (HCC21). Autonomous driving offers the occupants new possibilities for interior design and driving experience. The HCC21 offers a reclining position for which the seat kinematics of a conventional seat must be extended. For this purpose, an analysis of the current market situation regarding seats and functions and the project status of the HCC21 will be carried out. On this basis, a seat for the project is determined and adapted to it, a seat kinematics for adjusting the seat and for a fold-out legrest is developed and designed in Catia V5 R26.

## Danksagung

Die vorliegende Masterarbeit zum Thema „Entwicklung einer Sitzkinematik für das Sitzkonzept des HCC21“ ist an der HAW Hamburg entstanden.

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen beteiligten, die zu dem Ergebnis dieser Arbeit beigetragen haben, bedanken.

An erster Stelle bedanke ich mich bei meinem Erstprüfer und gleichzeitig Betreuer Prof. Dipl.-Ing. Jan Friedhoff, der mir stets mit Rat und Tat bei Fragen- und Problemstellungen unermüdlich zu Verfügung stand und mit seinem wertvollen Input die Arbeit zum jetzigen Stand mitgeführt und begleitet hat.

An zweiter Stelle bedanke ich mich bei meinem Zweiprüfer Prof. Dr.-Ing. Tankred Müller, der mir ebenfalls bei Fragen zur Seite stand und mich fördernd unterstützen konnte.

Ebenfalls möchte ich mich bei meiner Familie für die Unterstützung während meiner Masterarbeit bedanken. Insbesondere Danke ich meinem Vater, [REDACTED] der mir mit wertvollem Rat und Tat jederzeit zur Seite stand und meiner Freundin, [REDACTED] die mich fortwährend unterstützt hat.



**FAKULTÄT TECHNIK UND INFORMATIK**  
**DEPARTMENT FAHRZEUGTECHNIK UND FLUGZEUGBAU**  
Professor Dipl.-Ing. Jan Friedhoff

## **Aufgabenstellung Masterarbeit**

Name: Philipp Glüsing

Thema: Entwicklung einer Sitzkinematik für das Sitzkonzept des HCC21

Das Hamburg Concept Car 2021 (HCC21) stellt die Nutzungsmöglichkeiten der Fahrgastzelle bei optional automatisierter Fahrweise dar. Für die verschiedenen Tätigkeiten während der automatisierten Fahrt sind neben der konventionellen Fahrhaltung auch Körperhaltungen zur Büroarbeit, Entertainment und Entspannung vorgesehen.

Diese Konzeptidee ist funktional und konstruktiv in der Sitzstruktur auszuarbeiten. Ziel der Arbeit ist eine modellbautechnisch für das geplante Showcar umsetzbare Konstruktion der Kinematik und Sitzstruktur. Dafür sind die Anforderungen unter Berücksichtigung der Bedienung, Anthropometrie, Ergonomie, Sicherheit, Kosten und Herstellung zu erarbeiten und bestmöglich zu erfüllen. Die Entwicklung ist am Fahrersitz umzusetzen. Eine Übernahmefähigkeit der erarbeiteten Lösung auf dem Beifahrerplatz sowie in der zweiten Sitzreihe ist dabei zu bewerten und soweit sinnvoll zu berücksichtigen.

Grundlage der Arbeit ist der aktuelle Entwicklungsstand des Gesamtfahrzeugkonzeptes des HCC21. Die Entwicklung ist in der Umgebung der laufenden Gesamtfahrzeugentwicklung umzusetzen und bidirektional mit den Projektbeteiligten abzustimmen.

Hamburg, den 01.02.2020

# I. Inhaltsverzeichnis

<b>I.</b>	<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>I</b>
<b>II.</b>	<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>III</b>
<b>III.</b>	<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>V</b>
<b>IV.</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>VI</b>
<b>1.</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1	Problemstellung und Zielsetzung.....	1
1.2	Aufbau der Arbeit.....	2
<b>2.</b>	<b>Theoretische Grundlagen</b> .....	<b>3</b>
2.1	Ergonomie und Komfort.....	3
2.2	Package .....	5
2.3	Sicht .....	8
<b>3.</b>	<b>Ist-Analyse</b> .....	<b>9</b>
3.1	Konventionelle Funktionen auf dem Markt .....	9
3.1.1	Die Sitzstruktur .....	9
3.1.2	Die Sitzverstellmöglichkeiten .....	10
3.1.3	Sicherheit in Sitzen .....	17
3.1.4	Sonderausstattungen .....	20
3.2	Stand des Sitzkonzeptes des Concept Cars 2021.....	24
3.2.1	Platzangebot.....	24
3.2.2	Sitzpositionen .....	25
3.2.3	Das Sicherheitskonzept.....	31
3.2.4	Bisherige Studienarbeiten zum Sitzkonzept des HCC21 .....	32
3.3	Anforderungen an das Sitzkonzept des HCC21 .....	32
<b>4.</b>	<b>Sollkonzept</b> .....	<b>35</b>
4.1	Absicherung Positionierung Perzentile .....	35
4.2	Sitzauswahl .....	39
4.2.1	Gesponsorter Sitz.....	40
4.2.2	Eingekaufter Sitz .....	41
4.2.3	Sitzgegenüberstellung .....	42
4.2.4	Bewertung der Sitzgegenüberstellung.....	44
4.3	Konzept des Sitzkinematikadapters.....	46
4.3.1	Konzeptfindung der Sitzkinematik .....	47

4.3.2	Bewertung der Sitzkinematikkonzepte.....	52
4.3.3	Umsetzung des Sitzkinematikkonzeptes .....	53
4.4	Konzept der Beinauflage .....	66
4.4.1	Konzeptideen der Beinauflage.....	66
4.4.2	Funktionsbeschreibung des Beinauflagenkonzeptes.....	67
4.4.3	Konstruktionsbeschreibung der Beinauflage .....	68
4.5	Zusammenbau Sitzkinematikadapter und Beinauflage.....	79
4.6	Kostenabschätzung der Gesamtkonstruktion .....	80
<b>5.</b>	<b>Fazit und Ausblick.....</b>	<b>81</b>
<b>6.</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>VII</b>
<b>7.</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>IX</b>
	<b>Anhang A: Planetengetriebe.....</b>	<b>IX</b>
	<b>Anhang B: Taumelbeschlag .....</b>	<b>XI</b>
	<b>Anhang C: Bewertung Armauflage .....</b>	<b>XII</b>
	<b>Anhang D: Sitzvergleich Wettbewerber.....</b>	<b>XIII</b>
	<b>Anhang E: Anforderungslisten.....</b>	<b>XIV</b>
	<b>Anhang F: Fragebogen Low Gravity Position.....</b>	<b>XVII</b>
	<b>Anhang G: Auswertung Fragebogen .....</b>	<b>XIX</b>
	<b>Anhang H: Ablaufdiagramm Sitzbedienung.....</b>	<b>XXII</b>
	<b>Anhang I: Ablaufdiagramm Sitzverstellung .....</b>	<b>XXIII</b>
	<b>Anhang J: Funktion von den Sitzen [6] .....</b>	<b>XXIV</b>

## II. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Komfortwinkel der Gliedmaßen zueinander [6] .....	5
Abbildung 2: Sitzverstellfeld eines Fahrzeuges [7] .....	7
Abbildung 3: Sichtfeld und Fokussicht [18] .....	8
Abbildung 4: Allgemeiner Aufbau eines konventionellen Sitzes [4] .....	9
Abbildung 5: Schienenprofile +Stahlkugellager [4] .....	10
Abbildung 6: Manuelle Schienen mit Hebel [4] .....	11
Abbildung 7: Manueller Verriegelungsmechanismus [4] .....	11
Abbildung 8: Elektrischer Längsverstellmechanismus [4] .....	12
Abbildung 9: Sitzneigungsverstellung [6] .....	14
Abbildung 10: Sitzflächentieffenverstellung mit zweigeteiltem Sitzkissen [6] .....	14
Abbildung 11: Mechanische 2-Wege Verstellung der Sitzwange [6] .....	15
Abbildung 12: Kunststoffhülsen in Rückenlehnenstruktur [4] .....	16
Abbildung 13: Elektrische Kopfstützenverstellung, in der Kopfstütze integriert [6] .....	17
Abbildung 14: Prinzip Lordosenstütze am Beispiel einer Korblordose [6] .....	22
Abbildung 15: Prinzip Lordosenstütze am Beispiel einer Luftkammerlordose [6] .....	23
Abbildung 16: Maßkonzeptsnitte HCC21 [20] .....	25
Abbildung 17: Interieur Fahrmodus [20] .....	26
Abbildung 18: Schnitte Y350 und Y-350 [20] .....	27
Abbildung 19: Interieur Arbeitsmodus [20] .....	27
Abbildung 20: Ergonomische Sitzposition [28] .....	28
Abbildung 21: Grenzwinkel der Zero Gravity Position der NASA [21] .....	29
Abbildung 22: Interieur Low Gravity Position [20] .....	29
Abbildung 23: Positionierung der Perzentile in der Low Gravity Position .....	37
Abbildung 24: Positionen Perzentile in den Sitzverstellfeldern .....	37
Abbildung 25: Darstellung Erreichbarkeit Perzentile .....	38
Abbildung 26: Konzept 1 der Sitzkinematik .....	48

Abbildung 27: Konzept 2 der Sitzkinematik .....	49
Abbildung 28: Konzept 3 der Sitzkinematik .....	50
Abbildung 29: Konzept 4 der Sitzkinematik .....	51
Abbildung 30: Strukturbaum EVA .....	54
Abbildung 31: Zusammenbau Sitzkinematikadapter.....	56
Abbildung 32: Winkelermittlung Sitzkinematikadapter .....	58
Abbildung 33: Viergelenkschenkel vorne.....	58
Abbildung 34: Viergelenkschenkel hinten .....	59
Abbildung 35: L-Adapter .....	60
Abbildung 36: Stütze .....	61
Abbildung 37: Welle (li. ohne Zahnrad, re. mit Zahnrad und Sicherungsring) .....	62
Abbildung 38: Wellenende mit Nut .....	62
Abbildung 39: Abstandshülse .....	64
Abbildung 40: Gleitlagerbuchse.....	64
Abbildung 41: Verschiebung der Beinauflage.....	67
Abbildung 42: Schlittensystem.....	71
Abbildung 43: Schienensystem zur Verschiebung der Beinauflage.....	72
Abbildung 44: Schienensystem zur Verlängerung der Beinauflage .....	73
Abbildung 45: Rahmen Beinauflage .....	74
Abbildung 46: Gelenkmechanismus .....	76
Abbildung 47: Achsen Beinauflage.....	77
Abbildung 48: ZB Beinauflage in Low Gravity Position.....	77
Abbildung 49: Sitzkinematikadapter + Beinauflage Low Gravity Position.....	79
Abbildung 50: ZB Sitzkinematikadapter + Beinauflage Fahrmodus .....	79
Abbildung 51: Planetengetriebe [27].....	IX
Abbildung 52: Explosionszeichnung Taumelbeschlag [26].....	XI
Abbildung 53: Ablaufdiagramm Sitzbedienung .....	XXII
Abbildung 54: Ablaufdiagramm Sitzverstellung .....	XXIII

### III. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:Gegenüberstellung Pro und Contra der verschiedenen Varianten.....	43
Tabelle 2: Gegenüberstellung Varianten mit Vergleichsparametern.....	44
Tabelle 3: Bewertungsmatrix Sitzgegenüberstellung.....	45
Tabelle 4: Bewertungsmatrix Sitzkinematikadapterkonzept.....	53
Tabelle 5: Stückliste Sitzkinematikadapter .....	55
Tabelle 6: Stückliste Beinauflage.....	69
Tabelle 7: Berechnungen Übersetzung Planetengetriebe [24] .....	X
Tabelle 8:Bewertung Armauflage [20] .....	XII
Tabelle 9: Sitzvergleich Wettbewerber .....	XIII
Tabelle 10: Anforderungsliste Sitzentscheid.....	XIV
Tabelle 11: Anforderungsliste Sitzkinematikadapter.....	XV
Tabelle 12:Anforderungsliste Beinauflage .....	XVI

## IV. Abkürzungsverzeichnis

<b>2D</b>	Zweidimensional
<b>3D</b>	Dreidimensional
<b>AHP</b>	Accerlerator Heel Point
<b>BOF</b>	Ball of Foot
<b>CAD</b>	Computer Aided Design
<b>CATIA</b>	Computer Aided Three-Dimensional Interactive Application
<b>FEM</b>	Finite-Elemente-Methode
<b>GIS</b>	Gurtintegralsitz
<b>HAW</b>	Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
<b>HCC21</b>	Hamburger Concept Car 2021
<b>HPM</b>	Hüft-Punkt Maschine
<b>H-Punkt</b>	Hüft Punkt
<b>I-Tafel</b>	Instrumententafel
<b>LKW</b>	Lastkraftwagen
<b>NASA</b>	National Aeronautics and Space Administration
<b>PKW</b>	Personenkraftwagen
<b>SAE</b>	Society of Automotive Engineers
<b>SRP</b>	Seating Reference Point
<b>V5</b>	Version 5
<b>VW</b>	Volkswagen

# 1. Einleitung

Das Hamburg Concept Car 2021 (HCC21) ist ein Projekt der Hamburg Hochschule für Angewandte Wissenschaften (HAW) des Departments Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau. Der Anlass für das Projekt ist das 125-jährige Jubiläum der Wagenbauschule Hamburg im Jahr 2021. Hierzu soll ein Showcar in Zusammenarbeit von den Professoren und Studenten entwickelt werden, das den Studiengang Fahrzeugbau in seiner Lehre und seinen Möglichkeiten repräsentiert. Zudem wird den Studierenden schon während des Studiums die Möglichkeit geboten, in industrienahen Abläufen in interdisziplinären Teams Arbeitspakete zu bearbeiten. Dabei stellt das Showcar eine Vision der zukünftig auf der Straße fahrenden Fahrzeuge dar, die autonom auf dem Level 4 fahren. Level 4 bedeutet, dass das Fahrzeug den überwiegenden Teil der Fahrt, ohne Eingriff eines Insassen, selbst fährt. Der Insasse muss jedoch zu jeder Zeit fahrtüchtig sein, um im Notfall eingreifen zu können. Zeitweise ist es den fahrenden Insassen gestattet zu schlafen oder sich anderweitig zu beschäftigen.

## 1.1 Problemstellung und Zielsetzung

Ein Teil des Projektes beinhaltet, verschiedene Sitzpositionen in den verschiedenen Fahrmodi im Fahrzeug einnehmen zu können. Der Insasse soll nach Belieben das Fahrzeug selbst fahren können, aber auch arbeiten können, sich entspannen können oder sich über ein ausgereiftes Infotainment-Angebot anderweitig beschäftigen können. Hierfür benötigt das Fahrzeug eine, im Vergleich zu heutigen verbauten Sitzen, weiterentwickelte Sitzkinematik. Durch die Sitzkinematik sollen alle vom Projekt vorgegebenen Sitzpositionen umgesetzt werden. Diese sind die Fahrposition, die Arbeitsposition, die Low Gravity- und Entertainment Position. Dabei sollen die Anforderungen für die Bedienung, Anthropometrie, Ergonomie, Sicherheit, Kosten und Herstellung erarbeitet und bestmöglich erfüllt werden. Das Ziel der Arbeit ist es demnach die Sitzkinematik eines heutzutage verbauten Sitzes zu erweitern und konstruktiv umzusetzen, sodass diese modellbautechnisch umsetzbar ist. Die Arbeit wird zunächst am Fahrersitz durchgeführt. Am Ende der Arbeit soll eine mögliche Übernahme der Sitzkinematik auf den Beifahrersitz und die zweite Sitzreihe bewertet werden.

## 1.2 Aufbau der Arbeit

Zu Beginn der Arbeit werden alle theoretischen Grundlagen zu Begrifflichkeiten von Fahrzeugsitzen dargestellt. Hierdurch wird für den Leser ein besseres Verständnis für wiederkehrende Thematiken aufgebaut. Zudem können somit getroffene Entscheidungen besser nachvollzogen werden. In der anschließenden Ist-Analyse werden die Verstellmöglichkeiten, Sicherheitssysteme und Sonderausstattungen von Sitzen in heutigen Fahrzeugen dargelegt. Zudem werden die für diese Arbeit wichtigen Stände des HCC21 aufgezeigt. Die konventionellen Funktionen am Markt und der Stand des HCC21 werden mit den Projektanforderungen des HCC21 abgeglichen, woraus sich die zu erarbeitenden Funktionserweiterungen der Sitzkinematik für diese Arbeit ableiten. Nachdem die Funktionserweiterungen für die Sitzkinematik ausgearbeitet sind, ist die Arbeit in die Konzeptausarbeitung übergegangen. Im Soll-Konzept werden zunächst die Perzentile unter Berücksichtigung der Körperwinkel, der Sicht und Erreichbarkeiten von Bedienelementen und Displays positioniert und abgesichert. Anschließend wird ein passender Sitz für das Projekt entschieden. Die Entscheidung basiert auf einer erstellten Anforderungsliste, sowie einer durchgeführten Marktanalyse zu Fahrzeugsitzen, die auf dem Markt zur Verfügung stehen. Im Laufe der Arbeit wurde die Auswahl auf einen gesponsorten Sitz und einen Sitz, der zugekauft werden muss, beschränkt. Dementsprechend folgt ein detaillierter Vergleich, in dem die Umbaumöglichkeiten beider Sitze vorgestellt werden. Die Optionen werden dann mittels definierter Parameter bewertet, auf dessen Grundlage eine Entscheidung über den Projektsitz fällt. Es folgen zwei Konzeptentscheide. Dabei muss über ein Konzept für die Realisierung der geforderten Sitzkinematik bzw. des Sitzverstellfeldes und über ein Konzept für eine Beinauflage entschieden werden. Innerhalb der Konzeptentwicklungen werden die erarbeiteten Ideen jeweils nach zuvor festgelegten Parametern verglichen und bewertet. So konnte die bestmögliche Gesamtlösung für das HCC21 ausgearbeitet und konstruiert werden, welche abschließend in Catia V5 umgesetzt wurde. Am Ende der Arbeit wird ein Fazit zum derzeitigen Stand der gesamten Sitzkinematik gezogen. Die Arbeit muss im weiteren Verlauf des HCC21 fortgeführt werden. Um eine problemlose Projektübernahme zu gewährleisten, wird im Ausblick eine strukturierte und detaillierte Aufgabenliste erstellt.

## 2. Theoretische Grundlagen

In den theoretischen Grundlagen werden die in dieser Masterarbeit immer wiederkehrenden Begrifflichkeiten zum besseren Verständnis dargestellt. Dabei werden die Themen Ergonomie und Komfort, Package und Sicht näher beleuchtet.

Der Fahrzeugsitz ist die wichtigste Schnittstelle zwischen dem Insassen und dem Fahrzeug [1]. Er dient als Stütze- Halte- und Positionierungsfunktion des Insassen im Fahrzeug. Dabei wird die Positionierung des Sitzes von den räumlichen Anordnungen der Bedienelemente und der gesetzlich vorgeschriebenen einzuhaltenden Sichten bestimmt [2]. Ein Fahrzeugsitz wird für verschiedene Personengrößen, von der 5% Frau bis zum 95% Mann entwickelt, um die anthropomologischen Anforderungen einzuhalten. Somit ist es dem Insassen möglich, den Sitz individuell auf die eigenen Bedürfnisse anzupassen, wodurch Muskelverspannungen durch mögliche Zwangshaltungen im Fahrzeug vermieden werden sollen [2]. Um diese ergonomischen Ziele und Komfortziele zu erreichen, muss ein Fahrzeugsitz dementsprechende Verstellmöglichkeiten und Bewegungsfreiheiten bieten. Die Verstellmöglichkeiten müssen im Fahrzeug mit allen beteiligten Bauteilen abgestimmt werden. Die Bauräume werden dabei vom Package festgelegt.

### 2.1 Ergonomie und Komfort

Ergonomie setzt sich aus den lateinischen Begriffen „ergon“ (Arbeit) und „nomos“ (Gesetz/Regel) zusammen [3]. Darunter versteht man die Anpassung der Arbeitsbedingung an den Menschen. Auf den Fahrzeugsitz bezogen bedeutet das, dass der Sitz es jedem Insassen ermöglichen muss, die geeignete Position zu finden, alle Bedienungselemente und Anzeigeelemente zu erreichen und ablesen zu können, ohne seine Sitzposition zu verändern. Schließlich sollte der Fahrer eine gute Sicht auf die Straße und die Umgebung haben, um ein sicheres Fahren zu gewährleisten [4]. Damit diese Anforderung umgesetzt werden kann, muss der Sitz Verstellmöglichkeiten bieten, den Sitz bestmöglich an den Körper des Insassen anzupassen. Bedienelemente wie Hebel, Schalter, Handräder usw. ermöglichen es, den Sitz in eine komfortable Position zu bringen. Die Bedienelemente müssen so angeordnet sein, dass der Insasse sie leicht erreichen kann. Zudem sollten sie geeignet positioniert sein. Die vom Insassen aufzubringende Kraft für die

verschiedenen Verstellungen am Sitz unterscheidet sich. Diesbezüglich müssen die Bedienelemente eine geeignete Form aufweisen, dass der benötigte Kraftaufwand umgesetzt werden kann [4]. Aus den sich durch die Verstellmöglichkeiten des Sitzes ergebenden Sitzpositionen, von der 5%-Frau bis zum 95%-Mann, ergibt sich das Sitzverstellfeld, welches durch den Hüft-Punkt (H-Punkt) beschrieben wird [2]. Dabei ist wichtig, dass jede im Sitzverstellfeld liegende Einstellung eine für den Insassen individuelle optimale Sicht auf Bedienelemente, Erreichbarkeiten und Sicht im Fahrzeug bieten kann. Hierfür ist das Package zuständig, welches im Weiteren Kapitel beschrieben wird.

Komfort bedeutet, dass ein Zustand der Entlastung, der Förderung und des Gefallens herbeigeführt wird [5]. Dabei wird Komfort von jedem Menschen anders wahrgenommen und definiert. Der Komfort des Sitzes bei einem Fahrzeug ist ein wichtiger Punkt für den Insassen, da dieser die einzige Funktion ist, die während der Nutzung des Fahrzeuges vom Insassen direkt wahrgenommen wird [5]. Mit das erste was beim Öffnen eines Fahrzeuges wahrgenommen wird, ist der Sitz. Daher ist der erste wichtiger Faktor beim Komfort das Design des Sitzes. Hier findet die erste Entscheidung im menschlichen Gehirn statt, ob der Sitz ihm optisch anspricht oder nicht. Der nächste Eindruck entsteht bei der Benutzung des Sitzes. Hier entscheidet sich, ob der Insasse gerne auf dem Sitz und damit im Fahrzeugsitz sitzt. Je mehr Verstellmöglichkeiten ein Sitz hier bietet, desto besser und individueller kann sich jeder Insasse seinen Sitz einstellen und desto mehr Sitzkomfort wird empfunden. Damit ein entspanntes Sitzen im Fahrzeug möglich ist, sind die Winkel der einzelnen Gliedmaßen zueinander (s. Abbildung 1) für die Positionierung des Insassen im Fahrzeug angegeben [6].

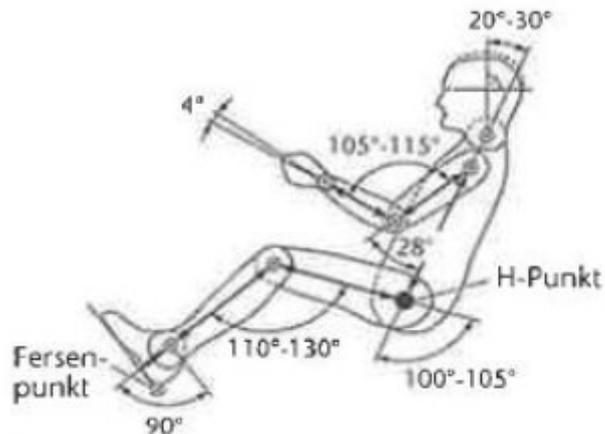


Abbildung 1: Komfortwinkel der Gliedmaßen zueinander [6]

Der akustische Komfort ist ebenfalls in den Sitzkomfort einzuordnen. Hier kann man in zwei Kategorien unterteilen: unangenehmen Geräusche des Sitzes wie Klappern, Quietschen oder ähnliches und Verstellgeräusche, die durch die Betätigung von Verstellmechanismen auftreten können [4]. Ein weiterer Komfortfaktor ist der Geruchssinn des Menschen, wodurch das Wohlbefinden des Insassen erheblich beeinflusst werden kann. Hier ist der Geruch zum einen von den verwendeten Materialien abhängig. Zum anderen kann der Geruch heutzutage von speziellen hierfür vorgesehen Teams bestimmt werden [4]. Weiter positiv beeinflusst werden kann der Sitzkomfort durch Maßnahmen wie Sitzheizung, Sitzbelüftung, Lordosenstütze, Massagefunktion, Sitz- und Rückenlehnenwangenverstellungen, durch die der Sitz individueller auf den Insassen und dessen Bedürfnisse angepasst werden können.

## 2.2 Package

Das Package gibt die Bauräume der einzelnen Komponenten an und stimmt diese mit anderen Abteilungen ab. Dabei begleitet das Package die Entwicklung über den ganzen Serienprozess von der Idee des Fahrzeuges bis hin zum Serienfahrzeug [7]. Die Kundenwünsche des Gesamtfahrzeugkonzeptes werden durch den Anforderungskatalog im Package festgelegt, und die Hauptabmessungen in einem Packageplan definiert. Neben den Kundenwünschen hat das Gesamtpackage eines Fahrzeuges sehr viele weitere Einflussfaktoren, wie ergonomische- und fahrsicherheitsrelevante Aspekte, gesetzliche Vorgaben etc., die berücksichtigt werden müssen [8]. Eine der besonderen Herausforderungen ist hierbei, die

Sitzposition genau zu bestimmen. Hierbei sind folgende Geometrien und Definitionen von wichtiger Bedeutung:

- Hüft-Punkt-Maschine (HPM)
- Hüft-Punkt (H-Punkt)
- Seating Reference Point (SRP)
- Sitzverstellfeld

Im Folgenden werden diese Fachbegriffe genauer definiert.

Um spezifische Punkte und Dimensionen im Fahrzeuginnenraum ermitteln zu können, wird die HPM (Hüft-Punkt-Maschine) verwendet. Dabei ist der H-Punkt der wichtigste Punkt, der bei der Analyse ermittelt wird. Zur Ermittlung des H-Punktes gibt es drei verschiedene Hilfsmittel. Die originale HPM und die 2D-Schablone nach SAE J826 [9], die in der SAE J4002 [10] neue Hüft-Punkt-Maschine (HPM-II) und das H-Punkt Design Tool (HPD), welches in der SAE J4004 [11] definiert ist. Die HPM und HPM-II sind physische Prüfkörper, die zum Zweck von Untersuchungen eingesetzt werden. Die HPD ist ein CAD-Modell zum Zwecke der Innenraumentwicklung. [12] Der H-Punkt befindet sich auf der HPM und liegt im Zusammenbau-Gelenk zwischen der Rücken-Pfanne und der Sitzkissen-Pfanne. Dabei kann der Punkt auch als Schnittpunkt zwischen Sitzkissen-Linie und Torso-Linie angesehen werden. Zur Repräsentation der Insassenposition wird der H-Punkt bei der Interieurentwicklung auf den Seating Reference Point (SRP) gelegt.

Der SRP oder auch SgRP, zu Deutsch Sitz-Referenz-Punkt, repräsentiert den H-Punkt des 95% Mannes, wobei es für verstellbare Sitze mehrere H-Punkte gibt [12]. Durch den SRP wird die Designstellung (die Standardposition) des Sitzes definiert, sodass in Verbindung mit dem H-Punkt die Konstruktionslage des Sitzes definiert werden kann [12]. Diese wird früh im Designprozess festgelegt und ist die Grundlage für eine Reihe weiterer Geometrien und Abmessungen. Die Regelungen der Definitionen des SRPs sind in verschiedenen Standards und Normen festgelegt, zum Beispiel: H-Punkt-Maschine (HPM) nach SAE J1516 [13] & 1517 [14], HPM-II nach SAE 4004 [11], [12].

Damit in einem Fahrzeug Personen verschiedener Größe ergonomisch sitzen können, ist im Package eines Fahrzeuges für die Bewegungsfreiheit und Verstellmöglichkeiten der Insassen ein Sitzverstellfeld festgelegt. Das Sitzverstellfeld zeigt die Möglichkeiten auf, den Sitz in Höhen- und Längsrichtung zu verstellen [15]. Dabei werden die verschiedenen Perzentile, von 5%-Frau bis 95%-Mann, mit dem Sitzverstellfeld abgedeckt und die Positionen festgelegt. Wie in Abbildung 2 zu erkennen, liegt die 5% Frau üblicherweise oben links im Sitzverstellfeld und der 95% Mann liegt auf dem SRP. Zusätzlich sind in der Abbildung die Möglichkeiten für einen Sitzriesen und einen großen Mann dargestellt. Während der Konstruktion befindet sich ein verstellbarer Sitz in der Konstruktionslage, also auf dem SRP.

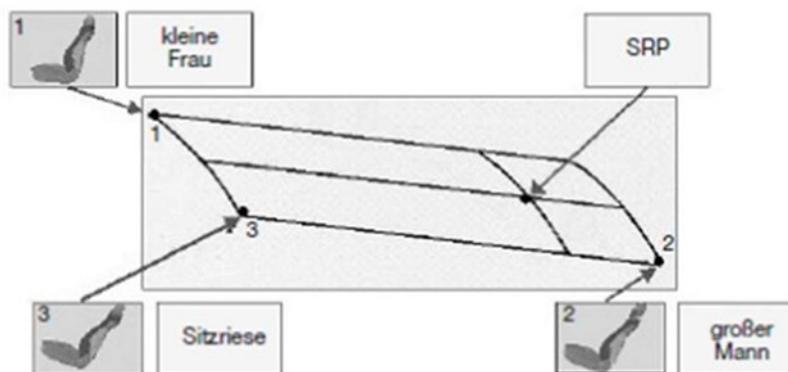


Abbildung 2: Sitzverstellfeld eines Fahrzeuges [7]

## 2.3 Sicht

Die Sicht ist ein essenzieller Bestandteil des Sicherheitskonzeptes im Fahrzeug. Der Fahrer nimmt 90% der relevanten Informationen über den optischen Sinneskanal, die Augen, auf [16]. Um die Auslegung der Sicht im Fahrzeug zu verstehen, muss die Funktionsweise des menschlichen Auges annähernd verstanden werden. Das Gesamtsichtfeld eines Menschen ergibt sich aus der Überlagerung der Sichtfelder beider Augen [17]. Jedes einzelne Auge hat ein monokulares Gesichtsfeld. Das monokulare Gesichtsfeld eines Auges setzt sich aus der Gesamtsicht, der Farbwahrnehmung und dem blinden Fleck zusammen. In der Überschneidung der beiden Gesichtfelder bildet das menschliche Gehirn aus den verschiedenen Perspektiven der einzelnen Augenpositionen ein binokulares Bild, die dreidimensionale Sicht (3D-Sicht) [17]. Zum Verständnis muss zwischen dem Gesichtsfeld und dem Blickfeld unterschieden werden. Das Gesichtsfeld umfasst den vom Auge wahrgenommen Bereich bei ruhig gehaltenem Kopf. Ruhig gehaltenen Augen und Geradeausblick. Dabei wird zwischen Gesichtsfeld für Hellreize und dem Farbgesichtsfeld unterschieden. Das Blickfeld umfasst den Bereich, in dem bei fester Kopfhaltung und bewegtem Auge Gegenstände fixiert werden können [16]. In Abbildung 3 ist das Sichtfeld der Fokussicht gegenübergestellt. A zeigt die Grenzen des optimalen Gesichtfeldes auf, B die Grenzen des maximalen Gesichtfeldes, C die Grenzen des maximalen Blickfeldes und D die Grenzen des durch Kopfbewegungen erweiterten Umblickgesichtfeldes [18].

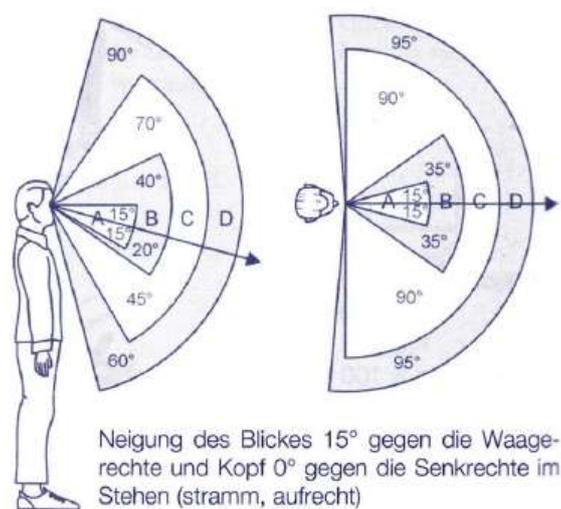


Abbildung 3: Sichtfeld und Fokussicht [18]

## 3. Ist-Analyse

Die Ist-Analyse behandelt die Themen, auf denen die Masterarbeit aufbaut. Das beinhaltet die Funktionen von- und innerhalb der Sitze, die bisher auf dem Markt angeboten werden, sowie den bisherigen Stand des HCC21. Auf Grundlage der Ist-Analyse werden die Schwachstellen des Projektes ausgearbeitet und die erforderlichen Aufgaben und Schritte zur Erfüllung der Aufgabenstellung für das Sollkonzept erarbeitet.

### 3.1 Konventionelle Funktionen auf dem Markt

Das folgende Kapitel behandelt den allgemeinen Aufbau von konventionellen Sitzen. Hierbei werden die verschiedenen Sitzverstellmöglichkeiten, die an die Sitze gestellten Anforderungen und Sonderausstattungen aufgezeigt.

#### 3.1.1 Die Sitzstruktur

Die Sitzstruktur besteht in der Regel aus Metallstrukturen und ist das tragende Element eines Sitzes [2]. Das Sitzgestell, das über die Sitzschienen mit dem Fahrzeug verbunden ist, hält den Insassen zum einen in seiner individuell eingestellten komfortablen Sitzposition und trägt dabei alle daran befestigten Sitzkomponenten wie Schaumstoffe, Stellmotoren, Airbags, Bedienelemente etc. Zum anderen absorbiert es im Crashfall, bei dem die höchsten Belastungen im Fahrzeug auftreten können, die



Abbildung 4: Allgemeiner Aufbau eines konventionellen Sitzes [4]

notwendige Energie [2]. Dadurch resultieren hohe Anforderungen an die Festigkeit und Sicherheit eines Sitzes, die im Widerspruch zu den ständigen Gewichtseinsparungen des Fahrzeuges stehen. Gelöst wird dieser Konflikt gerne durch den Einsatz von hochfesten Stählen oder Dualphasenstählen, die sich durch ihre hohe Festigkeit und gute Umformbarkeit auszeichnen und sich damit gut für den Leichtbau eignen. Diese stehen wiederum im Konflikt mit den hohen Kosten. In Abbildung 4 sind die Hauptkomponenten einer Metall-Sitzstruktur eines Vordersitzes abgebildet [4].

### 3.1.2 Die Sitzverstellmöglichkeiten

Heutzutage wird bei den meisten Fahrzeugen zwischen der 4-Wege-Sitzverstellung und der 6-Wege-Sitzverstellung unterschieden. Die 4-Wege-Sitzverstellung bezeichnet die Längsverstellung in horizontale Richtung und die Rückenlehnenverstellung. Die 6-Wege-Sitzverstellung bietet zusätzlich die Höhenverstellung in vertikale Richtung eines Sitzes an. Bei Luxus-Fahrzeugen werden deutlich mehr Verstellmöglichkeiten der Sitze, wie zum Beispiel die Sitzflächentiefenverstellung, Sitzneigungsverstellung und viele mehr, angeboten. Die Verstellung der Sitze erfolgt produktabhängig in unterschiedlicher Weise durch Handverstellung, Hebel oder elektrischen Schaltern. Im Folgenden werden die Sitzverstellmöglichkeiten bei Autositzen in der vorderen Sitzreihe dargestellt, weil diese die Hauptbetrachtungsebene dieser Arbeit sind.

#### 3.1.2.1 Sitzlängsverstellung

Die Sitzlängsverstellung ermöglicht dem Insassen den Sitz in horizontaler Richtung im Auto vor und zurück zu bewegen. Dabei ist die Verstellung aus einem unterem und oberem Schienenprofil und dazwischen liegenden Stahlkugellagern aufgebaut (Abbildung 5). Das untere Schienenprofil ist am Fahrzeugboden montiert. Das obere

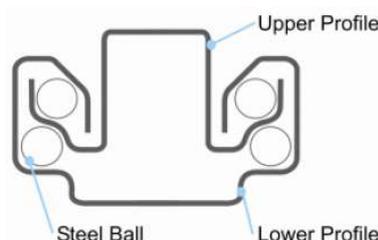


Abbildung 5: Schienenprofile + Stahlkugellager [4]

Schienenprofil trägt den Sitz. Durch die dazwischen liegenden Stahlkugellager kann das obere Schienenprofil auf dem unterem Schienenprofil gleiten [6].

Bei heutigen Fahrzeugen kann die Sitzlängsverstellung manuell oder elektrisch erfolgen. Um den Sitz auf der eingestellten Position zu fixieren, benötigt die manuelle Verstellung einen Verriegelungsmechanismus (Abbildung 6). Durch den Verriegelungsmechanismus sind die Verstellmöglichkeiten des Sitzes vorgegeben. Bei der elektrischen Längsverstellung können dagegen beliebige Zwischenpositionen angefahren werden [4].

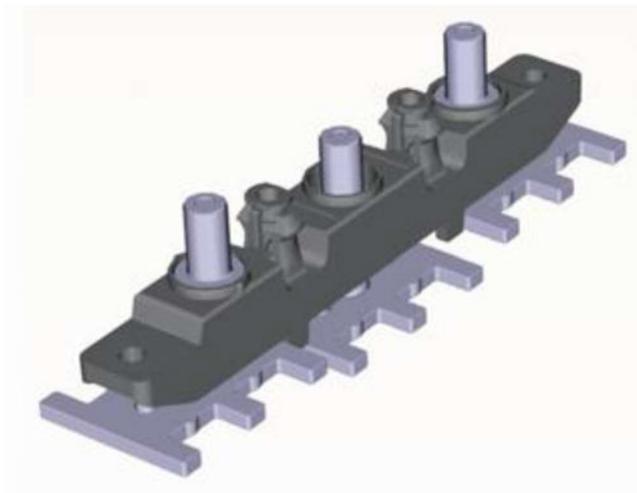


Abbildung 6: Manuelle Schienen mit Hebel [4]

Der Verriegelungsmechanismus kann durch einen Hebel zwischen den Schienen (Abbildung 7) oder durch einen Auslösehebel und Bowdenzug, der sich z.B. am Polsterrahmen befindet, gelöst werden [4].



Abbildung 7: Manueller Verriegelungsmechanismus [4]

Die elektrische Längsverstellung erfolgt über einen Stellmotor, der sich zwischen den beiden Schienen befindet und mit einem ausgestattet ist (s. Abbildung 8). Die Spindelstangen sind jeweils über zwei Aufnahmen mit der unteren Sitzschiene verschraubt. Bei der elektrischen Längsverstellung wird kein separater Verriegelungsmechanismus benötigt, da die Spindeltriebe selbsthemmend sind [4].



Abbildung 8: Elektrischer Längsverstellmechanismus [4]

### 3.1.2.2 Rückenlehnenverstellung

Die Rückenlehnenverstellung dient zur Anpassung der Rückenlehne an die gewünschte Position des Torsos der Insassen und gilt als Standardausstattung von heutigen Fahrzeugen. Dabei muss die Rückenlehne und damit die dahinterstehende Mechanik zum einen sehr hohe Kräfte im Crashfall bei der Abstützung des Torsos aufnehmen und zum anderen dabei leichtgängig für den Insassen verstellbar sein. Die Verstellung der Rückenlehne erfolgt über ein Handdrehrad zur mechanischen Verstellung oder einen Schalter, hinter dem ein Stellmotor zur elektrischen Verstellung sitzt. Diese sind seitlich am Fahrzeugsitz angebracht. Hinter dem Schalter oder dem Handdrehrad sitzt ein Taumelbeschlag (s. Anhang B). Durch den Taumelbeschlag können Übersetzungsverhältnisse von 1:36 oder besser erreicht werden, wodurch die Rückenlehne leichtgängig verstellbar ist [6]

### 3.1.2.3 Sitzhöhenverstellung

Die Sitzhöhenverstellung dient zur Bewegung des Sitzes in vertikaler Richtung und gehört heutzutage bei den meisten Fahrzeugen zu der Standardausstattung.

Angesteuert wird die Höhenverstellung durch einen Verstellhebel, der seitlich ergonomisch am Sitz angebracht ist. Hierbei wird die Verstellung entweder manuell oder elektrisch vom Insassen durchgeführt. Umgesetzt wird die Verstellung des Sitzes zumeist über ein am Sitzgestell und an den Sitzschienen angebrachtes Viereck [6]. Am hinteren, unteren Gelenk des Vierecks ist ein Zahnrad angebracht, welches zur Übertragung der Bewegung auf das Viereck dient. Hierbei stehen zwei verschiedene Konzepte zur Umsetzung der Vertikalbewegung zur Verfügung, passive und aktive Systeme. Bei den passiven Systemen werden ein Verriegelungsmechanismus und ein gefederter Kissenrahmen verwendet, über die die Höhenverstellung umgesetzt wird. Heutzutage werden jedoch am häufigsten die aktiven Systeme genutzt. Diese ermöglicht eine stufenlose Positionierung des Sitzes. Über den außen am Sitz angebrachten Verstellhebel wird die Aufwärts- oder Abwärtsbewegung vom Insassen eingeleitet. Hinter dem Hebel befindet sich eine Pumpvorrichtung oder ein Planetengetriebe (s. Anhang A). Durch das Planetengetriebe können sehr hohe Übersetzungen realisiert werden, damit die Handhebelkraft, oder bei elektrischen Verstellungen die Kraft des Stellmotors, im Vergleich zur Höhenverstellkraft sehr gering ausfällt [4].

#### **3.1.2.4 Sitzneigungsverstellung**

Die Sitzneigungsverstellung dient zur Winkelverstellung der Sitzfläche und steigert den Komfort eines Sitzes, indem die Druckverteilung auf die Oberschenkel individuell auf den Kundenwunsch angepasst werden kann [6]. Die Verstellung ist manuell und elektrisch möglich. Umgesetzt wird die Verstellung über ein Gelenkgetriebe und einem festen Drehpunkt (s. Abbildung 9). Das Gelenk ist mit dem Sitzgestell und der Sitzschiene verbunden. Der feste Drehpunkt befindet sich am Sitzgestell. Manuell wird die Sitzneigungsverstellung über einen seitlich am Sitz positionierten Hebel umgesetzt. Durch eine Pumpbewegung wird die Neigung des Sitzes auf den Insassenwunsch angepasst. Wie bei der Sitzhöhenverstellung wird die Kraftübertragung über ein Getriebe gesteuert und die Bewegung über ein Zahnrad umgesetzt. Elektrisch wird die Bewegung über einen Stellmotor ausgeführt. Hierfür ist seitlich am Sitz ein Schalter positioniert.

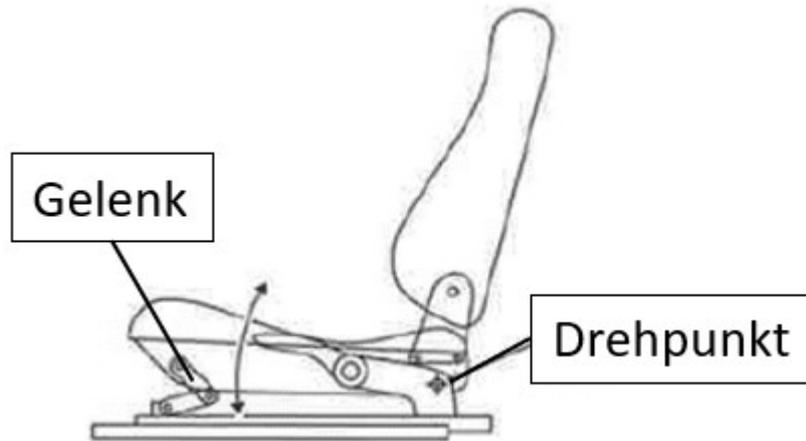


Abbildung 9: Sitzneigungsverstellung [6]

### 3.1.2.5 Sitzflächentieffenverstellung

Die Sitzflächentieffenverstellung (s. Abbildung 10) sorgt dafür, dass die Sitzfläche in horizontale Richtung verlängert oder verkürzt wird und an die Länge der Oberschenkel des Insassen angepasst werden kann [6]. Die Verstellung kann je nach Ausstattung des Sitzes manuell über einen Hebel oder elektrisch über einen Schalter erfolgen. Das Sitzkissen ist bei einer solchen Verstellung in der Regel zweigeteilt. Umgesetzt wird die Sitztieffenverstellung über ein Schienensystem mit Arretierung zur Haltung der Position [6]. Durch die Verlängerung der Sitzfläche ist eine Spaltbildung zwischen den geteilten Kissen nicht zu vermeiden, wodurch dieser Bereich Schmutzempfindlich ist.



Abbildung 10: Sitzflächentieffenverstellung mit zweigeteiltem Sitzkissen [6]

### 3.1.2.6 Sitz- und Lehnenwangenverstellung

Die seitliche Abstützung der Insassen bei Kurvenfahrten erfolgt über die Sitz- und Lehnenwangen. Den Ursprung dieser Ausstattung findet man im Motorsport, gehört

mittlerweile jedoch fast zur Standardausstattung bei den Fahrzeugsitzen. Die Funktion der Seitenwangen besteht darin, die auf den Insassen wirkenden Querkräfte aufzunehmen und in den Sitz weiterzuleiten [6]. Die Seitenwangen passen sich dem Körper des Insassen an. Somit wird der Druck, der auf den Insassen wirkt über den Schaumstoff aufgenommen und verteilt. Die Seitenwangen sind über zusätzliche Bügel in den Aufbau der Rücklehne und des Sitzgestells integriert [6]. Neben der Erhöhung des Komforts muss der Ein- und Ausstieg für den Insassen weiterhin bequem und gewährleistet sein. Damit steht die Dimensionierung der Seitenwagen im Konflikt mit dem Ein- und Ausstieg. Bei Luxusfahrzeugen oder sportlich ausgerichteten Fahrzeugen sind die Seitenwagen oft auch verstellbar, sodass diese individuell an die Bedürfnisse des Insassen angepasst werden können. Hierbei gibt es mechanische, elektrische oder auch pneumatische Verstellsysteme [4]. Wie in der Abbildung 11 zusehen, werden bei der mechanischen Lösung die Seitenwagen über eine Spindel durch eine Drehbewegung in Y-Richtung verstellt.

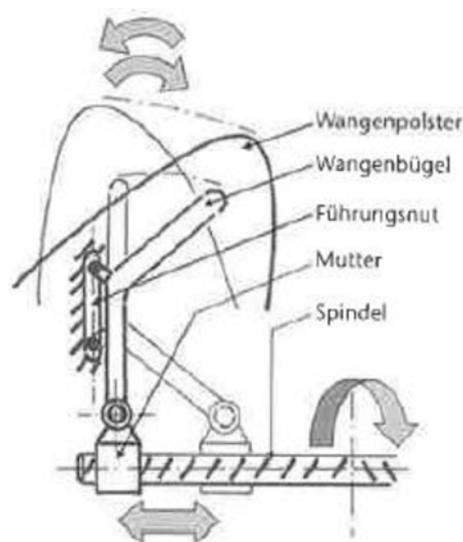


Abbildung 11: Mechanische 2-Wege Verstellung der Sitzwanne [6]

### 3.1.2.7 Kopfstützenverstellung

Die Kopfstützenverstellung dient zur Anpassung der Kopfstütze an die Kopfposition und ist für die Sicherheit im Fahrzeug von großer Bedeutung (s. Abschnitt 3.1.3.3). Kopfstützen können in der Regel in vertikaler Richtung verstellt werden. Darüber hinaus sind Kopfstützen oft auch im Winkel verstellbar, um die Position zusätzlich an den Bedarf des Insassen anzupassen. Dazu kommt, dass Kopfstützen heutzutage

immer häufiger auch in horizontaler Richtung verstellbar sind [4]. Die vertikale Verstellung der Kopfstütze wird in den meisten Fällen durch eine gleitende Bewegung der Kopfstützenstangen innerhalb einer in der Rückenlehnenstruktur befindlichen Kunststoffhülse (s. Abbildung 12) realisiert, auch Moving-Post-Kopfstütze genannt [4].



Abbildung 12: Kunststoffhülsen in Rückenlehnenstruktur [4]

Diese Technik wird allerdings immer mehr von Mechanik-Integrierten Kopfstützen ersetzt. Bei den Mechanik-Integrierten Kopfstützen sind die Kopfstützenstangen direkt an der Rückenlehne befestigt. Die Kopfstütze selbst gleitet an den Stangen in vertikaler Richtung auf und ab. Die Entriegelung der Kopfstütze erfolgt über einen Knopf, der sich an den Seitenflächen der Kopfstütze befindet. Durch die Entriegelung wird ein Auslösemechanismus betätigt, wodurch die Verstellung möglich ist. Bei Loslassen des Auslösemechanismus wird die Position verriegelt [4]. Der Vorteil dieses Konzeptes liegt, durch die kürzeren Kopfstützenstangen, im besseren Package der Rückenlehne [4].

Die Kopfstützen Neigungsverstellung funktioniert über eine Neigungsgelenk, das in der Kopfstütze integriert ist (Abbildung 13). Hierbei dreht sich die Kopfstütze um einen festen Punkt im Kopfstützenkasten. Die Neigungsverstellung der Kopfstütze erfolgt wahlweise durch einen Verriegelungsmechanismus oder durch einen Trägheitsmechanismus, durch den zur Verstellung der Neigung eine erhöhte konstante Kraft aufgewendet werden muss

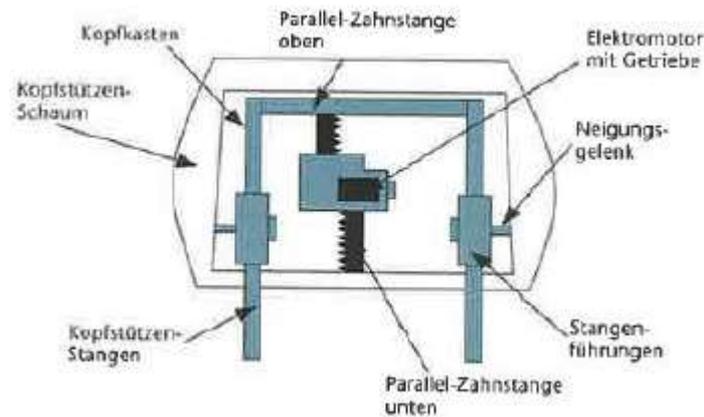


Abbildung 13: Elektrische Kopfstützenverstellung, in der Kopfstütze integriert [6]

### 3.1.3 Sicherheit in Sitzen

Die Sicherheitssysteme in den Sitzen trägt maßgeblich zum Insassenschutz bei. Daher erhalten immer mehr Sicherheitssysteme Einzug in die Sitze. In den folgenden Abschnitten werden die heutzutage in Fahrzeugsitzen gängigen Sicherheitssysteme aufgezeigt.

#### 3.1.3.1 Gurtsysteme

Der Sicherheitsgurt ist eines von mehreren in Verkehrsmitteln verbauten Rückhaltesystem und existentiell für die Sicherheit eines Fahrzeuges [19]. Im Falle eines Unfalls werden die Insassen von einem mit der Karosserie verbundenen Gurt im Sitz gehalten, sodass sie nicht durch das Fahrzeug oder aus dem Fahrzeug geschleudert werden können. Um die bei einem Unfall auftretenden Kräfte, die vom Gurt auf den Insassen ausgeübt werden, zu verringern, dehnen sich die Gurte zu einem gewissen Maß aus. Als Sicherheitsgurte sind verschiedene Varianten, die in verschiedenen Bereichen eingesetzt werden, vorhanden. Diese reichen vom Zweipunktgurt bis hin zum Sechspunktgurt [19]. Die Anzahl der Punkte beschreibt die Anbindung des Gurtes an die Karosserie. Zweipunktgurte werden beispielsweise häufig in Flugzeugen in Form eines Beckengurtes verwendet. Hierbei sind zwei Gurte, verbunden mit dem Sitz, mit jeweils einem Anbindungspunkt über ein Schloss miteinander verbunden. In PKWs werden üblicherweise Dreipunktgurte als Sicherheitsgurt verwendet. Der erste Anbindungspunkt befindet sich hierbei im unteren Bereich der B-Säule. Hier ist der Endbeschlag platziert. Häufig ist hier auch ein

Gurtaufroller verbaut. Der zweite Anbindungspunkt ist das Gurtschloss. Dieses ist mit dem Fahrzeugsitz verschraubt. Am Gurtschloss wird der Dreipunktgurt über die Schlosszunge mit Gurtschloss verbunden. Der dritte Anbindungspunkt befindet sich im oberen Bereich der B-Säule. Hier ist entweder ein Gurtumlenker oder ein Gurtaufroller integriert. Diese sind bei vielen Fahrzeugen heutzutage höhenverstellbar [19]. Über den Dreipunktgurt hinaus gibt es noch Vierpunktgurte, die aus einem Beckengurt und zwei Schultergurten bestehen und mit Hilfe eines zentralen Schlosses verbunden. Fünf- bzw. Sechspunktgurte werden mit einem oder zwei Schrittgurten erweitert, wodurch „submarining“ verhindert wird. Mit submarining wird im Falle eines Unfalls das Durchrutschen des Insassen unter dem Gurt beschrieben [19]. Neben der Dehnung der Gurte als Kraftreduzierung werden heutzutage weitere Systeme zur Reduzierung der auftretenden Kräfte und damit zur Erhöhung der Sicherheit des Insassen eingesetzt. Ein Sicherheitsgurtsystem besteht aus einem Gurtstraffer, einem Gurtkraftbegrenzer, einem Gurtumlenker, einem Gurtschloss und einer Schlosszunge [19]. Der Gurtstraffer befindet sich entweder im Gurtschloss oder in dem Gurtaufroller und hat die Aufgabe, im Falle eines Unfalls, die „Gurtlose“, die durch eine lockere Sitzposition oder ähnliches entstehen kann, zu beseitigen [19]. Unter Gurtlose versteht man das Spiel zwischen dem Gurt und dem Körper des Insassen. Gurtkraftbegrenzer sind adaptive Gurtautomaten, die mit Hilfe eines Gasgenerators das Kraftniveau steuern. Die Aufgabe des Gurtkraftbegrenzers besteht darin, die kinetische Energie über die gesamte Dauer des Unfalls abzubauen und damit die Belastung auf den Insassen zu reduzieren [19].

### **3.1.3.2 Airbag System**

Das Airbag System ist ein weiterer wichtiger Bestandteil des Rückhaltesystems im Fahrzeug, der im Laufe der Fahrzeugentwicklung hinzugekommen ist [19]. Ein Airbag besteht aus einem Kunststoffsack, der sich im Falle eines Unfalls zwischen dem Insassen und dem entsprechenden Teil des Fahrzeuginnenraums entfaltet. Die Entfaltungsdauer ist abhängig von der Größe des Airbags. Auf der Fahrerseite entfaltet ein Airbag in etwa 30-40 Millisekunden, auf der Beifahrerseite in etwa 40-60 Millisekunden [19]. Die Aufgabe eines Airbags ist, einen harten Aufprall der Insassen mit einem Innenraumteil, wie zum Beispiel das Lenkrad, zu verhindern und eine Knautschzone für den Insassen zu bilden. Heutzutage sind die Fahrzeuge mit einer

Vielzahl von Airbags ausgestattet. So sind in einigen Fahrzeugen auch Airbags wie der Seitenairbag im Fahrzeugsitz verbaut und gehen damit in die direkte Konstruktion des Sitzes mit ein [19]. Der Seitenairbag soll bei einem seitlichen Aufprall den Brust- und Hüftbereich der Insassen schützen. Zum Schutz der hinteren Sitzreihen werden zudem Fondairbags in der Rückenlehne des Vordersitzes verbaut. Airbag Systeme spielen bei der Positionierung und der Packageplanung eines Sitzes eine wichtige Rolle. Zum einen muss das Package des Sitzes den Platz für den Airbag bieten und zur Entfaltung des Airbags den Platz und die Struktur bieten. Zum anderen muss der Platz vom Sitz zu Bauteilen wie der B-Säule die Entfaltungsmöglichkeit des Airbags gewährleisten.

Die Sitzbelegungserkennung geht mit den Airbag Systemen einher und gehört bei den heutigen Fahrzeugen fast serienmäßig zur Standardausstattung. Durch die Sitzbelegungserkennung wird bei der Fahrt erkannt, welche Sitze von einem Insassen belegt sind und welche nicht [19]. Hierdurch kann die Ein- und Abschaltung der Airbags gesteuert werden. Bei einer elektronischen Störung im Fahrzeug werden alle Airbags aktiv geschaltet. Die Erkennung erfolgt über Sensormatten, in die Drucksensoren eingebaut sind. Die Drucksensoren senden bei einer Belegung des Sitzes ein Signal an die Auswerteelektronik, wodurch das Steuergerät die Sitzbelegung erkennt und die Airbags für den Sitz einschaltet [19]. Neben Drucksensoren können auch Infrarot- oder Ultraschallsensoren verwendet werden. Diese werden im Bereich des Innenspiegels oder der Innenleuchte zur Überwachung verbaut. Der Nachteil hier ist, dass bei einer „ungünstigen“ Sitzposition eines Insassen der Sitz als nicht belegt erkannt wird [19].

### **3.1.3.3 Die Kopfstütze**

Die Kopfstützen haben sich im Laufe der Fahrzeugentwicklung von dem Komfortmerkmal, der Abstützung des Kopfes während der Fahrt, zu einem wichtigem Sicherheitsmerkmal des Insassenschutzes entwickelt. Kopfstützen sollen im Fall eines Unfalls das Risiko von Kopf- und Nackenverletzungen reduzieren [19]. Insbesondere im Fall eines Heckaufpralls soll durch die Begrenzung des Kopfes zur Kopfstütze und die Kopfstützenstruktur ein Schleudertrauma (Whiplash) vermindert werden. Die ersten Generationen der Whiplash-kompatiblen Kopfstützen haben durch aktiv konstruierte Baugruppen dafür gesorgt, dass der Abstand zwischen Kopf und Kopfstütze im Falle eines Unfalls verringert wird. Heutzutage sorgen aktive

Kopfstützen dafür, dass die Rückenlehne durch elektromechanisch gefederte oder auch pyrotechnische Vorrichtungen auslösen und somit das Schleudertrauma verringert wird [4].

### **3.1.3.4 ISOFIX**

ISOIX ist ein universelles Befestigungssystem für Kinderrückhaltesysteme. Hierbei sind zwei starre Verankerungen in der Sitzstruktur platziert. In diese Verankerungen können Kindersitze, die das ISOFIX-System unterstützen einfach eingehakt werden. Der Aufbau von ISOFIX ist genormt. Somit nutzen alle Fahrzeugsitzherstellern das gleiche Rückhaltesystem, wenn ISOFIX angegeben ist.

### **3.1.3.5 Gurtintegralsitze**

Gurtintegralsitze (GIS) sind Fahrzeugsitze, bei denen das Gurtsystem nicht über die Karosserie angebunden ist, sondern direkt im Sitz integriert wird. In PKWs werden GIS häufig in Fahrzeugen ohne B-Säule verbaut. Allgemein werden diese Sitze jedoch selten in PKWs verbaut. Der Grund hierfür ist, dass GIS eine sehr hohe Festigkeit der Rückenlehne und eine deutlich verstärkte Sitzstruktur aufweisen müssen, um die Craschanforderungen zu erfüllen. Dazu muss der Boden des Fahrzeuges und die Anbindungspunkte vom Sitz zur Bodeneinheit deutlich verstärkt werden. Diese Maßnahmen haben zur Folge, dass die Sitze einen höheren Platzbedarf haben und ein merkbares Mehrgewicht mit sich bringen. Eine häufigere Anwendung finden GIS in LKWs, da hier die Anbindungspunkte zur Karosserie deutlich weiter weg sind und der Platzbedarf bei einem LKW gegeben ist.

## **3.1.4 Sonderausstattungen**

Sonderausstattungen sind Ausstattungen, die oftmals beim Kauf vom Kunden gegen einen Aufpreis hinzu konfiguriert werden. Sie steigern den Komfort oder das Fahrerlebnis und unterstützen den Insassen während der Fahrt. Für Sitze werden Sonderausstattungen wie die Memory Funktion, Sitzheizung, Sitzbelüftung, Lordosenstützen und vieles mehr angeboten. Hiermit wird dem Insassen ein höherer Komfort und mehr Unterstützung im Alltag geboten.

### **3.1.4.1 Memory Funktion**

Eine Memory Funktion setzt voraus, dass der Sitz elektronisch verstellt wird. Die Memory Funktion speichert eine vom Insassen eingestellte Sitzposition ab, die über Knöpfe in der Tür oder über Profile im Steuergerät hinterlegt werden können. Bei der Benutzung mehrerer Fahrer muss die Sitzposition somit nicht bei jedem Wechsel neu eingestellt werden. Je nach Ausstattung des Fahrzeuges können eine bestimmte Anzahl an Positionen gespeichert werden. Bei modernen Fahrzeugen werden die einzelnen Profile mittlerweile zum Teil in den Schlüsseln der einzelnen Fahrer abgespeichert, sodass das Fahrzeug je nach Schlüsselnutzung die Sitzposition einstellt.

### **3.1.4.2 Sitzheizung und Sitzbelüftung**

In modernen Fahrzeugen befindet sich immer mehr Technik wie Sitzheizung und Sitzlüftung. Hierbei zählt die Sitzheizung bei den meisten Anbietern mittlerweile zur Standardausstattung. Die Sitzheizung besteht aus einer Heizmatte, die auf die Schaumstoffoberfläche geklebt oder direkt in den Sitzbezug eingnäht werden. Die Heizmatte besteht entweder aus Heizdrähten, die in Schlaufen auf einer dünnen Schaum- oder Vliesstoffschicht aufgebracht sind oder aus Kohlefaserbändern. Durch die Heizdrähte fließt ein Strom. Durch den Widerstand der Heizdrähte wird die elektrische Energie in Wärmeenergie umgewandelt und gibt somit Wärme an den Sitz ab [4]. Die einfachen Systeme werden zeitgesteuert oder mittels eines Bimetall-Thermostat ein- und ausgeschaltet. Bei luxuriöseren Fahrzeugen werden Systeme mit elektronischen Steuergeräten verbaut, die über Temperaturfühler gesteuert werden. Die Temperatur der Sitzheizung kann oftmals über verschiedene Stufen eingestellt werden [4]. Die Sitzbelüftung wird über kleine in der Sitzstruktur integrierten Ventilatoren realisiert. Die Ventilatoren saugen die Umgebungsluft unterhalb des Sitzes an. Über Kunststoffkanäle und mit Hilfe von speziellem Gewebe des Sitzmaterials wird die Luft gleichmäßig über die Sitzoberfläche verteilt und sorgt für die Sitzkühlung. Ebenfalls wie bei der Sitzheizung kann die Sitzbelüftung oftmals in verschiedenen Stufen eingestellt werden [4].

### 3.1.4.3 Lordosenstütze

Als Lordose wird die von der menschlichen Wirbelsäule natürliche nach vorn gerichtete Krümmung bezeichnet. Die Funktion der Lordosenstütze besteht darin, dass das Becken beim Sitzen im Fahrzeugsitz eine möglichst aufrechte Haltung einnimmt. Dadurch wird die Wirbelsäule in einer ähnlichen Haltung wie beim Stehen gehalten [6]. Neben der aufrechten Haltung des Beckens hat die Lordosenstütze die Aufgabe, die Lendenlordose gezielt zu unterstützen, sodass die Muskulatur entsprechend unterstützt wird und langsamer ermüdet. Die Umsetzung einer Lordosenstütze erfolgt über eine Korblordose oder ein Luftkammersystem, die in die Rückenlehnenstruktur eingearbeitet sind. Bei dem System mit der Korblordose (Abbildung 14) kann der Lordosenkorb über einen Z-Schlitten an einer elastischen Aufhängung auf und ab bewegt werden. Über einen Bowdenzug wird die Wölbung des Lordosenkorbs eingestellt [6].

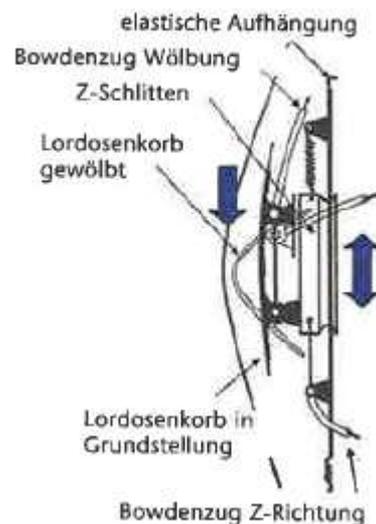


Abbildung 14: Prinzip Lordosenstütze am Beispiel einer Korblordose [6]

Bei dem Luftkammersystem (Abbildung 15) sind Luftkammern in die Rückenlehnenstruktur eingearbeitet. Über die Luftkammern wird die Wölbung und Position der Lordosenstütze bestimmt.

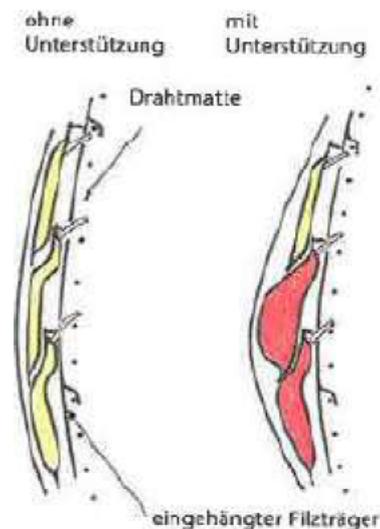


Abbildung 15: Prinzip Lordosenstütze am Beispiel einer Luftkammerlordose [6]

#### 3.1.4.4 Massagefunktion

Damit Rückenschmerzen und Ermüdungserscheinungen während langen Autofahrten verhindert bzw. gelindert werden können, werden bei modernen Fahrzeugen mit Luxusausstattung Sitze mit Massagefunktionen verbaut. Dieses Komfortmerkmal stellt derzeit die anspruchsvollsten Merkmale im Autositz dar. Umgesetzt werden Massagefunktionen durch elektromechanische oder pneumatische Systeme [4]. Die Systeme erhöhen, ähnlich wie bei einer Massage, lokal den Druck entlang des Rückens. Die elektromechanischen Systeme bewegen sich in Kombination mit einem Lumbalstützsystem periodisch auf und ab, wodurch lokal der Druck erhöht wird. Pneumatische Systeme dagegen verfügen über gesteuerte Luftkammern, wodurch mehrere Massageprogramme möglich sind. Hier werden bis zu 16 individuell steuerbare Blasen eingesetzt. Bei den modernsten Systemen sind die Massageblasen mit einer Sitzheizung kombiniert, wodurch weitere Programme simuliert werden können [4].

## **3.2 Stand des Sitzkonzeptes des Concept Cars 2021**

In diesem Abschnitt wird der bisherige Stand des Sitzkonzeptes dargestellt. Hierbei werden zum einen das Platzangebot des HCC21 aufgezeigt. Das Platzangebot bestimmt die Auswahl der Sitze, da der Sitz unter den gegebenen Anforderungen in das Fahrzeug passen muss. Zudem bestimmt das Platzangebot, wie die Anforderungen des Konzeptes umgesetzt werden können und wie Perzentile im Fahrzeug positioniert werden können. Neben dem Platzangebot werden die geforderten Sitzpositionen und das dafür notwendige Sicherheitskonzept vorgestellt. Zudem werden bisher durchgeführte Studienarbeiten zur Sitzkinematik vorgestellt, die für diese Arbeit hilfreich sind.

### **3.2.1 Platzangebot**

Das Platzangebot des HCC21 ist maßgeblich für die Auswahl des Sitzes und damit auch für die Entwicklung der Sitzkinematik. Autositze bedienen je nach Modell eine unterschiedliche Sitzkinematik, welche die Anforderungen an die Erweiterung der Sitzkinematik maßgeblich beeinflussen. Dementsprechend ist eine Sitzauswahl vor der Entwicklung einer detaillierten Lösung unverzichtbar. Die unterschiedlichen Größen der verfügbaren Sitze bedingen eine Analyse des geometrischen Platzangebotes des HCC21. Nur so kann der in Kapitel 4.2 durchgeführte Sitzvergleich auf relevante Sitze beschränkt werden. Das Platzangebot wird im Rahmen dieses Kapitels bestimmt, indem sich auf die Fahrerseite fokussiert wird. Das Platzangebot der Beifahrerseite ist auf Grund der asymmetrischen Instrumententafel (I-Tafel) annähernd so groß wie auf der Fahrerseite, sodass die Lösung für die Fahrerseite auf die Beifahrerseite übertragen werden kann. Untersucht wird das Platzangebot auf Fahrerseite. Die Gegebenheiten auf der Beifahrerseite unterscheiden sich nicht groß.

In der Abbildung 16 sind die Maßkonzeptsschnitte Y0-Schnitt und der X-Schnitt auf Höhe der Insassen in der ersten Sitzreihe dargestellt. Hier können wichtige Abmaße des Fahrzeuges für das Exterieur und das Interieur abgelesen werden. Für die Auswahl des Sitzes und die Entwicklung der Sitzkinematik sind folgende Maße aus den Maßkonzeptsschnitten für diese Arbeit von Bedeutung.

- H30-1: Höhe des SRP (325mm)
- W20-1: Sitzspur (350mm)

Des Weiteren ist der Platz zwischen der Mittelkonsole und der B-Säule von wichtiger Bedeutung. Zwischen der Mittelkonsole und der B-Säule ist in Y-Richtung ein Abstand von 595mm (in Catia V5 gemessen). Dieser bestimmt, wie breit der Sitz maximal werden darf. Zu berücksichtigen sind hier ein Seitenairbag im Sitz und das Gurtschloss. Damit der Airbag richtig entfalten kann, werden hierfür 40mm eingeplant. Für das Gurtschloss werden 20mm eingeplant. Damit darf der Sitz maximal 535mm breit sein.

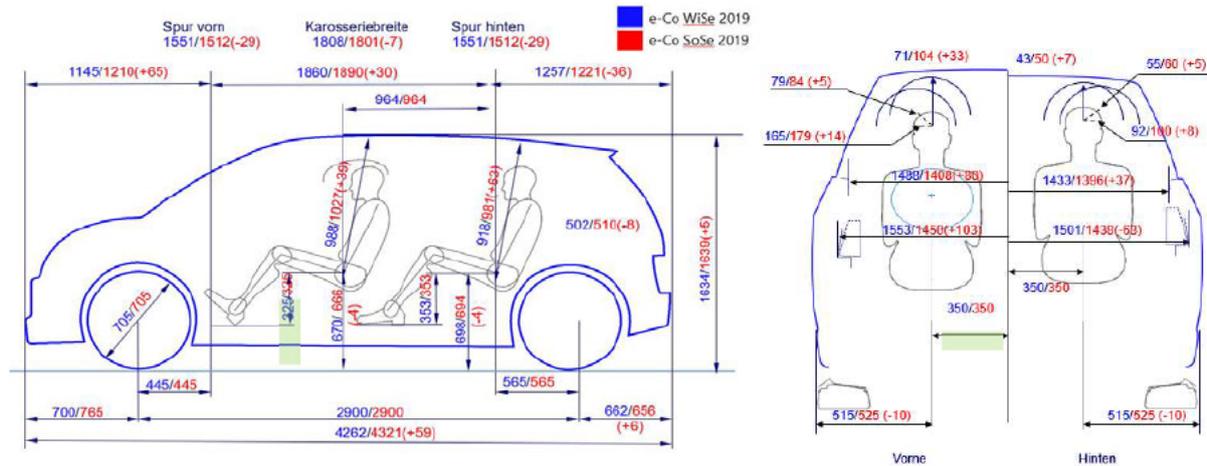


Abbildung 16: Maßkonzeptschnitte HCC21 [20]

### 3.2.2 Sitzpositionen

Ein Highlight des HCC21 sind die vier verschiedene Sitzpositionen im manuellen und im autonomen Fahrmodus. Diese vier Positionen sind die Fahrposition, die Arbeitsposition, die Low Gravity Position und die Entertainmentposition. Zu überprüfen sind die für die verschiedenen Positionen relevanten Sichten und Erreichbarkeiten.

#### 3.2.2.1 Die Fahrposition

Die Fahrposition ist die aus konventionellen Fahrzeugen bekannte Position, die von den Insassen eingenommen werden kann. In dieser Position befindet sich das Fahrzeug im manuellen Betriebsmodus. Hierbei werden die Einstellmöglichkeiten des Sitzes selbst vom vorgegebenen Sitzverstellfeld bestimmt. Das Sitzverstellfeld ist beim HCC21 mit 314,197mm (Längsverstellung) x 61,973mm (Höhenverstellung) definiert. Die zu prüfenden Sichten in der Fahrposition wurden vom Kurs KFI SoSe2019 überprüft und als i.O. empfunden [20]. Ebenso wurden die zu erreichenden

Bedienelemente vom Kurs KFI SoSe2019 überprüft und als i.O. empfunden [20]. Eine Überprüfung im Rahmen dieser Arbeit ist demzufolge nicht notwendig.



Abbildung 17: Interieur Fahrmodus [20]

In den weiteren Positionen befindet sich das Fahrzeug im autonomen Fahrmodus. Im autonomen Fahrmodus wird das Lenkrad eingefahren (s. Abbildung 18), sodass mit dem frei gewordenen Raum dem Insassen neue Möglichkeiten während der Fahrt geboten werden.

### 3.2.2.2 Die Arbeitsposition

Die erste Position im autonomen Fahrmodus ist die Arbeitsposition. Dem Insassen wird die Möglichkeit geboten, im Fahrzeug Arbeiten wie E-Mails schreiben, Tabellenkalkulationen, Präsentationen etc. auszuüben. Hierzu kann auf der Fahrerseite ein Tisch vor das eingefahrene Lenkrad ausgeklappt werden. Als Anzeige zum Arbeiten dient das Display der I-Tafel. Die Position für das Arbeiten wird im gleichen Sitzverstellfeld wie im Fahrmodus eingenommen. Auf Grundlage der zuvor im Fahrmodus eingenommenen Position fährt der Sitz in eine für die Perzentile festgelegte Arbeitsposition. Diese kann dann vom Insassen individuell angepasst werden.

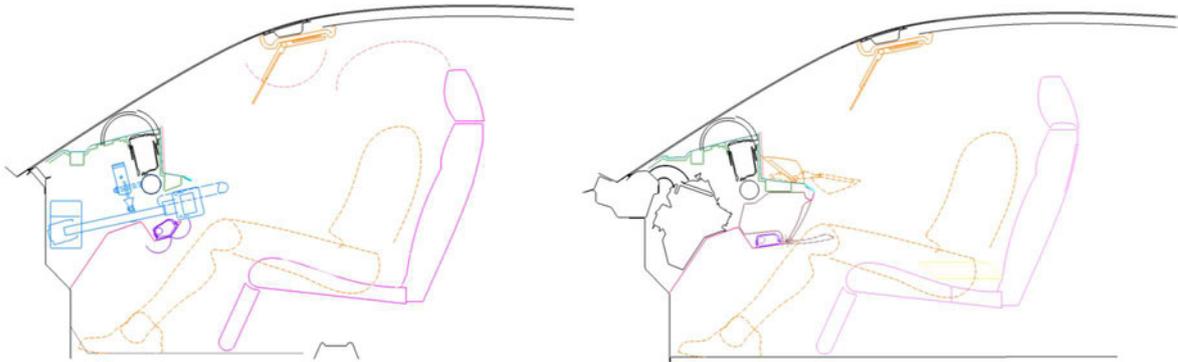


Abbildung 18: Schnitte Y350 und Y-350 [20]

Für den Beifahrer wird ein ausklappbarer Tisch aus der I-Tafel und die Arbeitsposition angeboten (s. Abbildung 19). Dies wurde in einer separaten Bachelorarbeit definiert und ausgelegt.



Abbildung 19: Interieur Arbeitsmodus [20]

In der Arbeitsposition müssen alle Bedienelemente erreicht werden können und die Sicht auf die Displays muss unter den ergonomischen Vorgaben aus der Nach der Norm DIN ISO 9241-5 (s. Abbildung 20) gegeben sein.

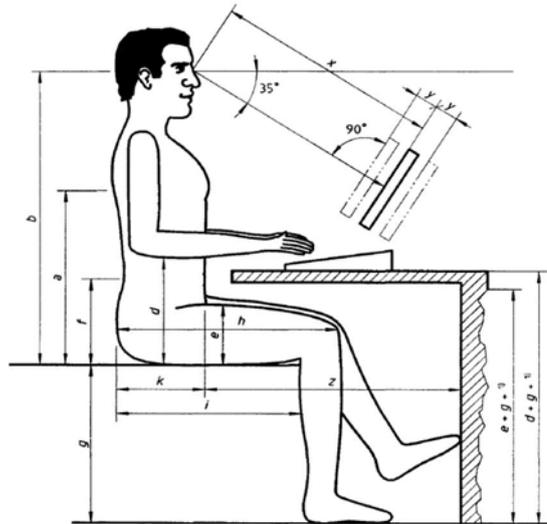


Abbildung 20: Ergonomische Sitzposition [28]

Durch das vom Projekt vorgegebene H30 (die Höhe vom SRP) und Sitzverstellfeld ist eine optimale Arbeitsposition nicht zu erreichen, da die optimalen Winkel zwischen Torso und Oberschenkel sowie Oberschenkel zu Unterschenkel durch die Sitzhöhe nicht zu realisieren sind. Dennoch ist durch die möglichen Winkelverstellungen des Sitzes eine ergonomische Position im Oberkörper zu realisieren. Ebenso sind die ergonomischen Sichtwinkel, wie in Abbildung 20 vorgegeben, umsetzbar. Die Tische für den Fahrer und Beifahrer befinden sich noch in der Entwicklung, wodurch die Position noch nicht optimal bezüglich der Armwinkel ausgelegt werden kann.

### 3.2.2.3 Die Low Gravity Position

Das Highlight der Sitzpositionen ist die Low Gravity Position. Die Low Gravity Position ist an die von der National Aeronautics and Space Administration (NASA) entwickelte Zero Gravity Position angelehnt. Die Zero Gravity Position soll die Belastung der Astronauten beim Start in das Weltall minimieren. Durch die eingenommene Position werden die auftretenden Kräfte gleichmäßig über die Sitzfläche auf den Körper verteilt [21]. Dadurch kommt es zu einer Entlastung der Wirbelsäule [21] und zur Entspannung der Muskulatur. Die gleichmäßige Belastung des Körpers wird durch bestimmte Winkel zueinander erreicht. Die genauen Winkel können der Abbildung 21 entnommen werden.

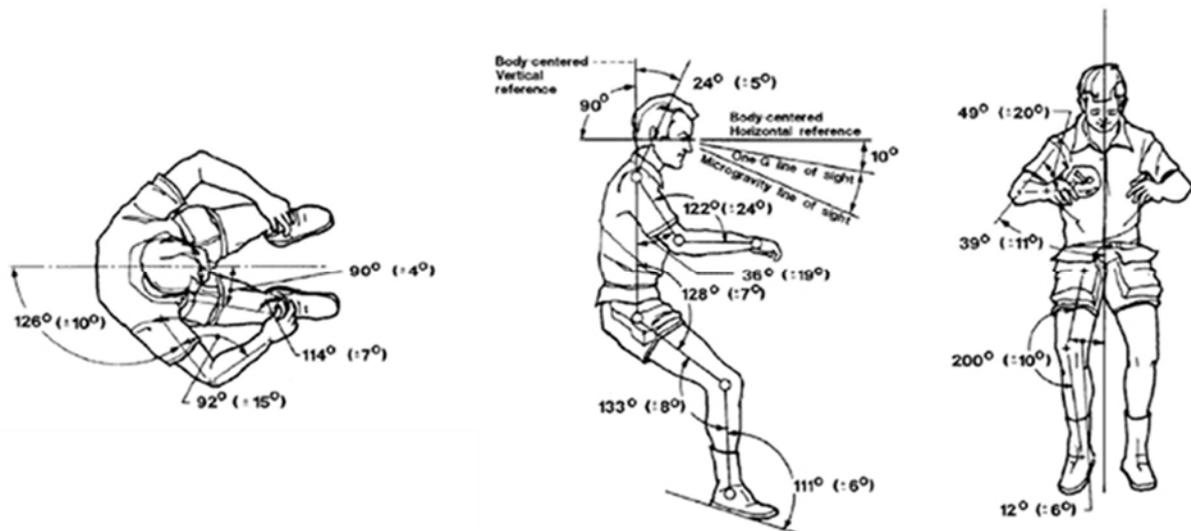


Abbildung 21: Grenzwinkel der Zero Gravity Position der NASA [21]

In einer Low Gravity Position betragen die Winkel zwischen Torso und Beinen und Oberschenkel und Unterschenkel  $130^\circ$ . Das bedeutet, dass die Rückenlehne um  $60^\circ$  zur Vertikalen und die Sitzfläche um  $20^\circ$  zur Horizontalen geneigt wird. Damit der Winkel zwischen Oberschenkel und Unterschenkel realisiert werden kann, benötigt der Sitz eine Beinauflage. Beides wird im Rahmen des Soll-Konzeptes berücksichtigt.

Die Low Gravity Position ist zur Entspannung der Insassen gedacht. Hierzu stehen ihm ein großzügiges Infotainment Angebot zur Verfügung. Die Mittelkonsole verfährt nach



Abbildung 22: Interieur Low Gravity Position [20]

hinten, sodass dem Insassen weiterhin eine Armlehne zur Verfügung steht. Zusätzlich ist eine durchgehende Armlehne in der B-Säule integriert. Eine Armlehne in der B-Säule und in der Mittelkonsole wurde auf Grundlage, der in Anhang C aufgeführten Bewertungsmatrix, entschieden. Die Bedienung des Fahrzeuges und der Funktionen in der Low Gravity Position erfolgt über ein Display, das aus der zurück gefahrenen Mittelkonsole ausklappt. Aus der Sonnenblende faltet sich ein Monitor aus, über den Filme oder Serien geguckt werden können (s. Abbildung 22).

Während einer Fahrt in der Low Gravity Position besteht die Gefahr, dass dem Insassen unwohl wird, was auch Motion Sickness oder Reisekrankheit genannt wird. Der Effekt tritt auf, wenn der Insasse den Blick während der Fahrt in das Innere des Fahrzeugs richtet. Dem Gehirn wird vom Auge die Information vermittelt, dass sich der Mensch in einem stillen Raum befindet, der Körper spürt jedoch gleichzeitig Bewegungen. Die Bewegung kann nicht zugeordnet werden, wodurch es zu diesem Unwohlsein kommt [22]. Um diesen Effekt möglichst zu verhindern, muss eine Position im Fahrzeug für alle Perzentile gefunden werden, bei der Motion Sickness möglichst nicht eintritt. Da die Low Gravity Position eine im PKW neue Position ist, kann hier nicht auf Studien oder Erfahrungswerte zurückgegriffen werden. Daher wird im Laufe der Arbeit in Kapitel 4.1 eine kleine Studie mit Probanden durchgeführt, um Anhaltspunkte für die Positionierung zu erhalten. Auf Grundlage der Studie werden der 95% Mann und die 5% Frau dann im Fahrzeug positioniert. Zur Positionierung gehört die Überprüfung der Sichten und Erreichbarkeiten. Hier müssen die gesetzlich vorgeschriebenen Sichten nicht eingehalten werden, da das Auto autonom fährt. Daher müssen nur die Sicht auf das Sonnenblendendisplay und das Mittelkonsolendisplay überprüft werden. Zudem ist eine Überprüfung der Erreichbarkeit für das Mittelkonsolendisplay erforderlich.

Die Low Gravity Position kann nur eingenommen werden, wenn die hintere Sitzreihe nicht belegt ist. Durch die extreme Rückenlehnenposition ist kein Platz für eine Person auf der hinteren Sitzreihe vorhanden, ohne dass es zu Verletzungen kommen kann. Damit während des autonomen Fahrens in der vorderen Sitzreihe trotzdem eine entspannte Sitzposition eingenommen werden kann, während die hintere Sitzreihe belegt ist, gibt es noch eine vierte einnehmbare Sitzposition. Die Entertainment-Position.

### **3.2.2.4 Die Entertainment-Position**

Die Entertainment-Position ist eine von der Low Gravity Position abgewandelte Position. Hierdurch wird zum einen die Belegung der hinteren Sitzreihe bei Einnahme der liegenden Position ermöglicht. Zum anderen wird der Kopfnieigungswinkel bei der Sicht auf das Sonnenblendendisplay verringert, wodurch die Sicht auf das Sonnenblendendisplay bei längeren Fahrten angenehmer wird. Die Entertainment-Position wird in dem Sitzverstellfeld der Low Gravity Position umgesetzt. Der Rückenlehnenneigungswinkel wird von 60° zur Vertikalen auf 50° reduziert. Hier müssen, wie auch bei der Low Gravity Position, die gleichen Sichten und Erreichbarkeiten überprüft werden.

### **3.2.3 Das Sicherheitskonzept**

Durch den extremen Rückenlehnenneigungswinkel in der Low Gravity Position und der Entertainmentposition ist die Sicherheit in Falle eines Unfalls nicht mehr mit einem herkömmlichen Sicherheitsgurtsystem (s. Kapitel 3.1.3.1) gegeben. Auf Grund der Liegepositionen kann es im Falle eines Unfalles zum Submarining kommen. Zusätzlich liegt der Gurt bei beiden Positionen nicht mehr am Oberkörper des Insassen an, wodurch die Wirkung des Sicherheitsgurtes nicht gegeben ist. Aus dem zweiten Grund ist ein GIS, bei einem solchen Fahrzeugkonzept, ein Muss. Durch einen GIS liegt der Gurt in jeder Position am Oberkörper des Insassen an, da sich der GIS bei einer Verstellung des Sitzes mit dem Sitz mitbewegt. In einem Serienfahrzeug muss die Sitzstruktur und die Sitzanbindung zum Fahrzeug, wie in Kapitel 3.1.3.5 beschrieben, auf die Gegebenheiten eines GIS ausgelegt werden, um im Falle eines Unfalls die Kräfte auszuhalten. Bei einem Showcar reicht die funktionelle Darstellung eines integrierten Sicherheitsgurtes. Die sicherheitsrelevanten Auslegungen, für den Fall eines Unfalls, müssen bei einem Showcar nicht erfüllt werden.

Neben dem GIS kommen die in konventionellen Fahrzeugen verbauten Airbagsysteme zum Einsatz. Dabei stellt der Knieairbag einen kritischen Punkt im Konzept da. Der Knieairbag ist für die Fahrposition ausgelegt. Damit funktioniert er in der Fahr- und Arbeitsposition. In der Low Gravity- und Entertainmentposition öffnet der Knieairbag, je nach Perzentil, auf Höhe der Fußgelenke und des Schienbeins. Zum einen ist die Sinnhaftigkeit des Airbags in diesen Positionen nicht erfüllt. Zum anderen kann es beim Auslösen des Airbags zu schweren Verletzungen kommen, anstatt Verletzungen zu

verhindern. Daher ist eine Abschaltung im Falle der Low Gravity- und Entertainment Position des Knieairbags die Empfehlung dieser Arbeit.

Eine genaue Ausarbeitung des Sicherheitskonzeptes geht über die Aufgabenstellung hinaus. Aus diesem Grund wird im Rahmen dieser Arbeit das Sicherheitskonzept lediglich berücksichtigt, aber nicht ausgearbeitet.

### **3.2.4 Bisherige Studienarbeiten zum Sitzkonzept des HCC21**

Zum Sitzkonzept des HCC21 wurden bisher drei Studienarbeiten durchgeführt. Davon stellt eine Studienarbeit gute Ansätze dar, die für diese Arbeit hilfreich sein kann. Die Studienarbeit „Konstruktion eines Sitzes für das Projektfahrzeug e-CO“ von Thomas Bromann beruht auf dem Stand 5.0 aus dem Wintersemester 2017 auf. Das Konzept baut auf einem Fernsehsessel auf, der bei einer Winkelveränderung der Rückenlehne eine Beinauflage ausfährt. Die für den Sitz geforderten Winkel der Low Gravity Position können durch die gebotenen Verstellmöglichkeiten erreicht werden. Zusätzlich stellt die Arbeit ein erstes Konzept für eine ausklappbare Beinauflage dar. Die Beinauflage ist mit der Sitzneigungsverstellung verbunden und hiervon abhängig. Durch die Studienarbeit wird ein guter Einblick gegeben, wie die Verstellmöglichkeiten eines konventionellen Sitzes mit einer Beinauflage verknüpft werden können. Jedoch ist die Beinauflage zum einen nur als ein kleines Polster umgesetzt, wodurch diese nach kurzer Zeit für den Insassen als unangenehm wahrgenommen werden kann. Zudem ist der Platz zur Unterbringung der Beinauflage unter dem Sitz während der Fahrt nicht gegeben. Dadurch, dass die Beinauflage vom Sitzneigungswinkel abhängig ist, ist sie nur kompromissbehaftet vom Insassen individuell einstellbar. Zudem ist somit der Sitzneigungswinkel während der Fahrt vorgegeben, da die Beinauflage bei Änderung des Sitzneigungswinkels verfährt. Darüber hinaus wird in dem Konzept nur das Sitzverstellfeld im Fahrmodus abgebildet, wodurch die Positionen nicht alle vom Projekt geforderten Positionen angefahren werden können.

## **3.3 Anforderungen an das Sitzkonzept des HCC21**

Die konkreten Anforderungen an das Sitzkonzept leiten sich aus der Aufgabenstellen, den Funktionen der konventionellen Fahrzeugsitze und dem bisherigen Stand des HCC21 ab. In der Aufgabenstellung der Masterarbeit ist zunächst vorgegeben, dass

verschiedene Sitzpositionen in den verschiedenen Fahrmodi anfahrbar sein sollen. Dafür sollen die Aspekte Bedienung, Anthropometrie, Ergonomie, Sicherheit, Kosten und Herstellung bestmöglich berücksichtigt werden. Die Sicherheit der Insassen kann durch die Sitzwahl gewährleistet werden oder fordert entsprechende Anpassungen, wenn nicht alle sicherheitsrelevanten Aspekte erfüllt werden. Sicherheitsrelevante Aspekte sind die Integration des Gurtsystems in den Sitz (GIS), Platz für den Seitenairbag zum Entfalten, Platz für das Schlossgurt beim verfahrenen Sitz und Stabilität der Kinematik unter bestimmten Belastungen.

Um alle Sitzpositionen anfahren zu können, müssen die konventionellen Sitze in ihrer Funktion erweitert werden. Die standardmäßige Fahrposition, welche die Arbeitsposition bereits abbilden kann, muss somit auf die Low Gravity- und Entertainment Position erweitert werden. Damit der Sitz in diesen Positionen vom Insassen gesteuert werden kann, müssen diese elektrisch verstellbar sein. Die Sitzpositionen sollen dabei sowohl für die 5% Frau als auch für den 95% Mann einnehmbar sein, sodass eine Positionierung aller Perzentile notwendig ist. Der 95% Mann wurde von dem KFI-Kurs SoSe19 bereits in der Low Gravity Position vorpositioniert, indem der SRP im Fahrzeug verschoben wurde. Diese Position wurde im Rahmen dieser Masterarbeit geprüft und bestätigt, sodass die 5% Frau zur Positionierung verbleibt. Während der Positionierung gilt es die ergonomischen und komforttechnischen Anforderungen zu berücksichtigen. Konkreter müssen alle Perzentile eine gute Sicht auf das Sonnendisplay und Mittelkonsolendisplay haben und diese bequem erreichen können.

Nachdem die Positionierung abgeschlossen ist, muss die notwendige Sitzkinematik entwickelt werden. Für eine Sitzkinematik, die die Entertainment- und Low Gravity Position abbilden kann, muss das Sitzverstellfeld des ausgewählten konventionellen Sitzes verschoben werden. Für die Verschiebung des Sitzverstellfeldes muss eine Lösung konstruiert werden, welche modellbautechnisch umsetzbar ist. Nach der Erweiterung des Sitzverstellfeldes folgt die Entwicklung und Konstruktion einer Beinauflage, welche den Insassen die Möglichkeit gibt, die Beine in der Low Gravity- und Entertainment Position hoch zu legen und die vom Projekt geforderten Körperwinkel einzuhalten. Die Benutzung der Beinauflage soll dabei optional und vom Insassen individuell einstellbar sein. Die Arbeit wird zunächst am Fahrersitz durchgeführt. Am Ende der Arbeit soll eine mögliche Übernahme der Sitzkinematik auf

den Beifahrersitz und die zweite Sitzreihe bewertet werden. Am Ende muss die entwickelte Lösung richtig im CAD-Modell positioniert werden. Für die detaillierte Anpassung an den ausgewählten Sitz, müssen die statischen Daten des Sitzes zur Verfügung stehen. Um die im Terminplan festgelegten Meilensteine einhalten zu können, wird die Konstruktion dementsprechend parametrisch-assoziativ erstellt. Hierdurch können die Konstruktionsdaten schnell angepasst werden, sobald die Sitzdaten vorliegen.

## 4. Sollkonzept

Im Sollkonzept werden die Projektanforderungen und die notwendigen Funktionserweiterungen umgesetzt. Hierfür werden die Positionen der Perzentile abgesichert und der Sitz für das Projekt HCC21 entschieden. Die Sitzkinematik wird weiterentwickelt, sodass die Positionen erreicht werden. Nach der Entwicklung wird eine Beinauflage entwickelt, die am Sitz integriert wird und in der Low Gravity- und Entertainment Position genutzt werden kann. Die Erweiterung der Sitzkinematik und die Beinauflage werden in Catia V5 konstruktiv umgesetzt.

### 4.1 Absicherung Positionierung Perzentile

Das Ziel dieser Arbeit ist die Konstruktion einer Sitzkinematik, welche die ermittelten Anforderungen erfüllt. Wie in Kapitel 3.3 analysiert ist der Kern dieser Anforderungen, die Anfahrbarkeit aller in Kapitel 3.2.2 beschriebenen Positionen, sodass die Positionierung der Perzentile abgesichert wird. Die vom Projekt gewählte Low Gravity Position wurde bereits hinreichend mittels Studien untersucht, sodass diese als bestätigt bewertet wird. Zum Zeitpunkt dieser Arbeit wurden jedoch noch keine Studien hinsichtlich der Positionierung der Perzentile in einer Low Gravity Position innerhalb eines autonom fahrenden PKWs veröffentlicht. Aus diesem Grund wurde eine Mini-Studie durchgeführt, welche Erkenntnisse zur Positionierung der Perzentile in der Low Gravity Position liefert. Hierbei wurde das Augenmerk auf die Positionierung des Kopfes bezüglich Motion Sickness, die Beinfreiheit, die Sicht auf das Sonnenblendendisplay und das Mittelkonsolendisplay und die Erreichbarkeit des Mittelkonsolendisplay gelegt. Auf dieser Grundlage wurden die Perzentile final positioniert. Der Aspekt Sicherheit wurde in der Studie nicht betrachtet. Zur Durchführung der Studie wurden 11 Probanden in einem Fahrzeug, annähernd an die Low Gravity- und Entertainment Position, auf dem Beifahrersitz positioniert. Zuerst wurde die Low Gravity Position allgemein bezüglich Erreichbarkeit und Sicht auf die Instrumente und die Beinfreiheit bewertet. Nach der allgemeinen Bewertung der Low Gravity Position wurde die Position während der Fahrt bewertet. Hierfür wurden die Probanden innerhalb der Low Gravity Position nacheinander in verschiedene Positionen im Fahrzeug gebracht. Nach dem Fahrtst wurde noch die Sicht auf das Sonnenblendendisplay in der Entertainment Position bewertet. Die Testspezifikationen

und genaue die Auswertungen sind in Anhang F und Anhang G einzusehen. Bei der Studie sind folgende, wichtige Erkenntnisse, für die Positionierung entstanden.

- Vermeidung von Motion Sickness
- Sicht auf das Sonnenblendendisplay
- Sicht und Erreichbarkeit des Mittelkonsolendisplays
- Notwendigkeit einer Beinauflage

Um Motion Sickness weitestgehend zu vermeiden, wird die Kopfposition so ausgelegt, dass die Augen auf Höhe des höchsten Punktes des Interieurs, in unserem Fall des Displays der I-Tafel, positioniert werden. Eine Positionierung unterhalb der Brüstung wird als sehr unangenehm wahrgenommen und verstärkt Motion Sickness. Eine Positionierung des Kopfes hinter oder neben der B-Säule hat dagegen keinen Einfluss auf Motion Sickness.

Die Sicht und Erreichbarkeit des Mittelkonsolendisplays waren in der Low Gravity- und in der Entertainment Position mit leichtem vorbeugen in Ordnung

Der Blick auf das Sonnenblendendisplay wird in der Low Gravity Position auf Grund des Kopfwinkels als unangenehm wahrgenommen. In der Entertainment Position wird die Sicht als deutlich komfortabler wahrgenommen.

Die Notwendigkeit einer Beinauflage ist von der Größe der Person abhängig. Eine große Person kann, abhängig von der Höhe des Sitzes, die Füße auch am Boden abstützen. Für kleine Personen ist eine Beinauflage jedoch empfehlenswert, da frei hängende Beine auf Dauer als unangenehm empfunden werden. Um alle aufgestellten Bedürfnisse für einen guten Komfort und eine gute Ergonomie zu berücksichtigen, werden die 5%-Frau und der 95%-Mann, wie in Abbildung 23 dargestellt, im Fahrzeug positioniert.

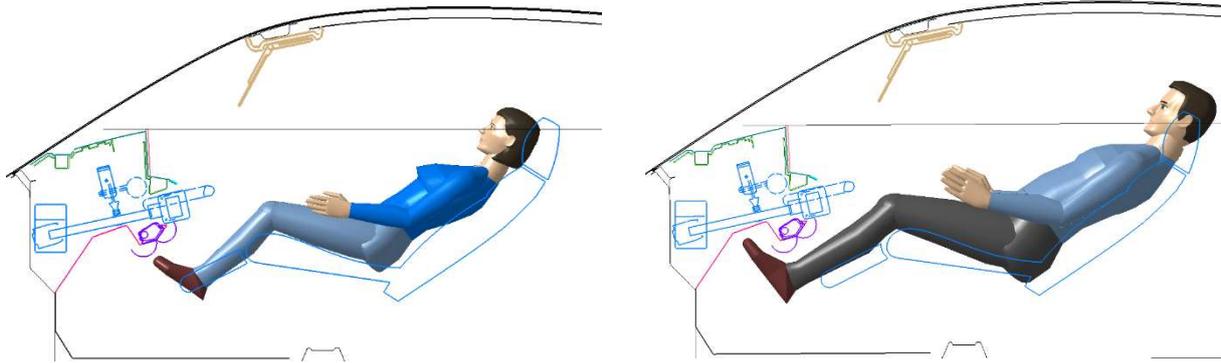


Abbildung 23: Positionierung der Perzentile in der Low Gravity Position

Anhand der Abbildung 23 ist zu erkennen, dass beide Perzentile mit den Augen Oberhalb der horizontalen Linie der I-Tafel positioniert sind. Zudem wurden die Perzentile so positioniert, dass eine ausreichende Beinfreiheit gegeben ist. Um der 5% Frau die Beinfreiheit zu einzuräumen, wird diese um  $5^\circ$  gedreht. Die Körperwinkel zueinander bleiben wie vorgegeben. Die Rückenlehne hat damit einen Winkel von  $55^\circ$  zur senkrechten und die Sitzauflage  $15^\circ$  zu horizontalen. Die Positionen der Perzentile sind in Abbildung 24 für die Fahr- und Arbeitsposition und die Low Gravity- und Entertainment Position nochmal in den Sitzverstellfeldern dargestellt. Dabei spiegeln die SRP-Punkte die Positionierung des 95%-Mannes wider.

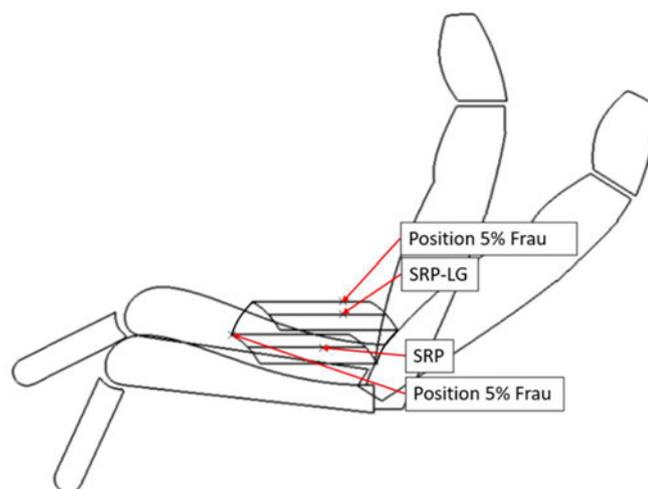


Abbildung 24: Positionen Perzentile in den Sitzverstellfeldern

Wie in der Aufgabenstellung vorgegeben wird auch die Sicht auf das Mittelkonsolendisplay und das Sonnenblendendisplay untersucht. Diese wurden mit Hilfe von Sichtstrahlen in Catia V5 untersucht. Dabei wird die Sicht in der

Entertainment Position auf beiden Displays für die 5%-Frau und für den 95%-Mann als gut empfunden. In der Low Gravity Position ist die Sicht auf das Sonnenblendendisplay auf Grund des Nackenwinkels grenzwertig. Hier kann mit einer verstellbaren Kopfstütze entgegengewirkt werden.

Neben der Sicht wurde auch die Erreichbarkeit des Mittelkonsolendisplays untersucht. Hierfür wurde in Catia eine Hüllkurve (Glocke) mit Hilfe des Human Body Builders erstellt und der Arm der Perzentile auf der Armlehne positioniert (s. Abbildung 25). Die Glocke stellt die Erreichbarkeit der rechten Hand der Perzentile dar. Anhand der Ergebnisse ist zu erkennen, dass beide Perzentile im Liegen das Display bedienen können, sodass die Erreichbarkeit als i.O. bewertet wird. Für den 95%-Mann kann die Bedienung des Displays kritisch sein. Grund hierfür ist, dass dieser den Arm weit nach hinten anwinkeln muss was zu unangenehmen Armwinkeln führen kann. Ein leichtes Vorbeugen macht hierbei die Bedienung nach Auswertung des Testes komfortabler.

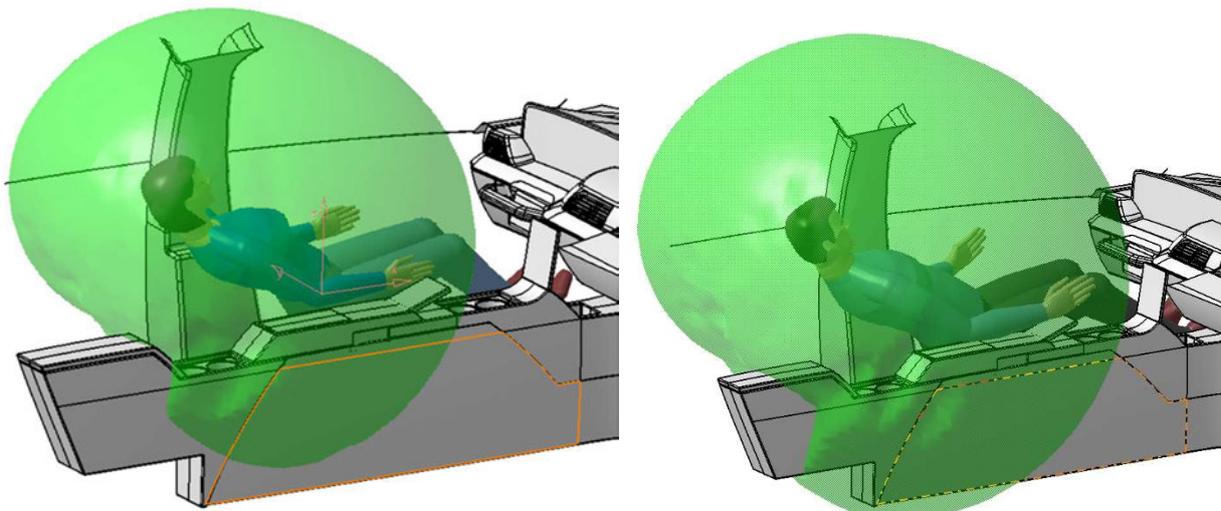


Abbildung 25: Darstellung Erreichbarkeit Perzentile

Die Positionierung der Perzentile ist so gewählt, dass die Position der Perzentile von der Fahrerseite auf der Beifahrerseite übernommen werden kann. Damit muss eine Kinematik entwickelt werden, die auf beiden Seiten angewendet werden kann. Die Übernahme der Sitzkinematik für die zweite Sitzreihe ist nicht möglich. In der zweiten Sitzreihe ist der Platz unter und hinter dem Sitz für die geforderte Sitzbewegung unzureichend. Die Mittelkonsole befindet derzeit in einer Studienarbeit, in der die genannten Punkte aufgenommen werden müssen.

Neben der Positionierung der Perzentile wird der Sitz für das Projekt entschieden, für den die Sitzkinematik den Anforderungen entsprechend erweitert werden muss.

## 4.2 Sitzauswahl

Um die beste Sitzlösung für das Sitzkonzept des HCC21 zu finden, muss das Ziel des Showcars klar und definiert sein. Das Ziel des Showcars ist es, am Ende eine ein stimmiges Gesamtkonzept zu präsentieren. Eine Neuentwicklung eines Sitzes würde diese Arbeit und das gesamte Projekt überschreiten. Aus diesem Grund wird ein Sitz beschafft und im Rahmen der Möglichkeiten an die gestellten Anforderungen angepasst. Für den Sitz des HCC21 bedeutet das, die vom Projekt definierten Funktionen des Sitzes abzubilden, welche in Kapitel 3.3 definiert wurden.

Für eine geeignete Sitzauswahl muss ein Sitzvergleich durchgeführt werden. Dafür wurde zunächst eine umfangreiche Auswahl an Sitzherstellern kontaktiert, um eine Verfügbarkeit zu prüfen. Auf Grund des entstehenden Aufwandes und der daraus resultierenden Unwirtschaftlichkeit für die Hersteller wurde ein direkter Bezug in allen Fällen abgelehnt. Für das HCC21 muss folglich ein anderer Anschaffungsweg verfolgt werden. Um dennoch eine Übersicht über relevante Sitze zu geben, wurde außerplanmäßig ein umfangreicher Sitzvergleich durchgeführt. Wie in Kapitel 3.2.1 und Kapitel 3.3 beschrieben, muss eine Erfüllung der geometrischen Anforderungen des HCC21 und eine elektronische Sitzverstellung vorausgesetzt werden. Dementsprechend wurden die zu vergleichende Auswahl an Sitzen auf die relevanten reduziert. Zusätzlich verlangt das Sicherheitskonzept einen GIS. Auf Grund der in Kapitel 3.1.3.5 beschriebenen Nachteile bezüglich des Leichtbaus, ist dieses System in modernen Sitzen jedoch nicht oder nur selten anzufinden. Somit gilt diese Umbaumaßnahme für alle Sitze und ist als Kriterium für die Sitzauswahl irrelevant. Alle weiteren Anforderungen, auf welche der Vergleich basiert, sind in einer umfassenden Anforderungsliste in Anhang E zu sehen. Die Auswahl der Anforderungen ist ebenfalls in der Liste begründet.

Nachdem der direkte Kauf nicht möglich ist, stehen dem HCC21 zwei Anschaffungsoptionen zur Verfügung: Ein gesponsorter Sitz und ein vom Dritthändler eingekaufter Sitz. Der gesponsorte Sitz ist ein Sitz der Volkswagen AG aus dem Fahrzeug Multivan T6, während von dem Dritthändler Nachrüstsitz Ergomed E & ES

von RECARO angeboten und empfohlen wurde. Beide Sitze wurden auf die geometrischen Anforderungen geprüft und für geeignet bewertet. Zusätzlich verfügen beide Optionen über eine elektronische Verstellung, sodass beide Sitze grundsätzlich in Frage kommen. Im Folgenden werden mögliche Lösungen zu dem gesponserten und eingekauften Sitz vorgestellt. Bei der Untersuchung möglicher Lösungen wurde vor allem die Umsetzbarkeit aller in Kapitel 3.2.2 beschriebenen Sitzpositionen fokussiert.

### 4.2.1 Gesponsorter Sitz

Der gesponserte Sitz wurde zunächst auf die Anforderungen bezüglich der Sitzkinematik für die Fahrposition geprüft, um den Umbaubedarf als Basis für die Lösungen zu ermitteln. Folgende Anforderungen werden nicht erfüllt:

- Das Sitzverstellfeld deckt keine der vier in Kapitel 3.2.2 beschriebenen Positionen komplett ab. Neben der ohnehin erforderlichen Verschiebung des Sitzverstellfeldes für die Anfahrbarkeit der Low-Gravity- und Entertainment-Position, erfordert der gesponsorte Sitz somit zusätzlich eine Anpassung des Sitzverstellfeldes für die Fahrposition und Arbeitsposition. Grund ist, dass die Sitzkinematik nicht die geforderte Höhenverstellung von 61,973mm abdeckt, wodurch eine komfortable Fahrposition nicht für jede Perzentile angefahren werden kann.
- Für die Low Gravity Position ist eine Sitzflächenneigungsverstellung von 20° gefordert, welche mit 19° knapp nicht erreicht wird.

Im Folgenden werden drei Lösungen für die Projektumsetzbarkeit mit diesem Sitz vorgestellt, welche sowohl das Sitzverstellfeld als auch die Sitzflächenneigungsverstellung berücksichtigen. Die Umsetzung kann grundsätzlich über einen kompletten Umbau der internen Sitzkinematik des Sitzes, einen Adapter unter dem Sitz, und einer Kombination aus beidem erfolgen.

Die erste Lösung ist ein kompletter Umbau der internen Sitzkinematik des Sitzes, sodass die Sitzkinematik weiterhin von den gegebenen Stellmotoren des Sitzes umgesetzt werden kann. Weiterhin wird Zuge des Umbaus die vom Projekt geforderte 20° Sitzflächenneigungsverstellung angepasst. Durch den Eingriff in die internen Verstellmöglichkeiten des Sitzes, sind jedoch die vom Hersteller vorgesehenen

Auslegungen bezüglich Sicherheit und Stabilität nicht mehr gegeben, was eine Neuauslegung der mechanischen Elemente bedingt. Zusätzlich müssen für eine Konstruktion der Kinematik die statischen Daten der Sitze vom Hersteller zur Verfügung stehen. Diese geben die Dimensionierung der Bauteile und die für den Umbau benötigten Bauräume vor.

Die reine Adapterlösung ergänzt die vorhandene Sitzkinematik so, dass keine Umbaumaßnahmen bezüglich der Sitzkinematik des Sitzes notwendig sind. Lediglich ein Umbau für die 20° Sitzflächenneigungsverstellung ist notwendig. Dementsprechend entfallen für diese Lösung die Umbaukosten für die Sitzkinematik des Sitzes und reduzieren sich auf die Umbaukosten der Sitzflächenneigungsverstellung. Die Ergänzung durch einen Adapter bedingt jedoch einen zusätzlichen Stellmotor für die Steuerung des Adapters. Die Steuerung dieses Motors muss an die der anderen Stellmotoren angepasst werden, sodass ein hoher Programmierungsaufwand entsteht. Ein Vorteil dieser Lösung liegt darin, dass die Sicherheit und Stabilität des Sitzes nicht neu ausgelegt werden muss. Jedoch muss die Belastbarkeit des Adapters diesen Anforderungen gerecht werden, sodass dieser gemäß zuvor definierten Belastungsfällen untersucht werden muss.

Für die dritte Lösung soll die Kinematik des Sitzes lediglich den Anforderungen der Fahrposition und Arbeitsposition angepasst werden. Mit dem resultierenden Umbau kann gleichzeitig die geforderten 20° Sitzflächenneigungsverstellung angepasst werden. Mit einem ähnlichen Adapter zu Lösung zwei kann dann die Anfahrbarkeit der Low Gravity und Entertainment Position realisiert werden. Als Nachteil dieser Lösung ergibt sich somit, dass eine Neuauslegung bezüglich Sicherheit und Stabilität sowohl für die Kinematik des Sitzes als auch für die des Adapters notwendig ist. Durch die Nutzung eines Adapters entsteht außerdem wie in Lösung zwei der Programmierungsaufwand hinsichtlich der Steuerung für den zusätzlichen Stellmotor. Diese Lösung bietet jedoch im Gegensatz zur zweiten Lösung den Vorteil, dass der Adapter flexibel und schnell auf andere Sitze angepasst werden kann.

#### **4.2.2 Eingekaufter Sitz**

Der eingekaufte Sitz ist ein funktional fertiger Sitz, der die vorgegebenen Anforderungen vom HCC21 in der Fahrposition vollständig abbildet. Durch den Einkauf

fallen jedoch im Gegensatz zum gesponsorten Sitz Anschaffungskosten an. Auch für den funktional fertigen Sitz gibt es zwei Umbaumöglichkeiten. Zum einen besteht die Möglichkeit die Mechanik des Sitzes mit den in Variante eins des gesponsorten Sitzes beschriebenen notwendigen Maßnahmen auf ein großes Sitzverstellfeld zu erweitern. Zum anderen besteht die Möglichkeit, wie bei der zweiten Variante des gesponsorten Sitzes, dass ein Adapter zu Erfüllung der Low Gravity Position die zusätzliche Kinematik abbildet und umsetzt. Wie auch bei der zweiten Möglichkeit muss der Adapter für das Showcar ausgelegt werden und mit einem zusätzlichen Stellmotor ausgestattet werden. Der Stellmotor muss dann positioniert und angesteuert werden. Der Vorteil dieser Möglichkeit besteht darin, dass der Adapter einfach an Änderungen im Projekt anzupassen ist.

### **4.2.3 Sitzgegenüberstellung**

Für eine Gegenüberstellung der beiden Varianten, wurden Vergleichsparameter festgelegt, welche die Anforderungen des Projektes an den Sitz repräsentieren. Die Vergleichsparameter bauen dabei auf den vorgestellten Lösungen auf und umfassen:

- Der Aufwand, welcher zum einen den Aufwand für den notwendigen Umbau oder die Anpassung des jeweiligen Sitzes beinhaltet und zum anderen die notwendige Komplexität und damit verbundenen Aufwand der Programmierung der Stellmotoren berücksichtigt.
- Die Kosten, welche sich aus Anschaffungs- und Umbaukosten zusammensetzen. In den Umbaukosten sind Materialkosten und Kosten für Komponenten, wie zum Beispiel Stellmotoren, enthalten.
- Die Flexibilität, sodass die Anpassungsdauer bei potenziellen Projektänderungen berücksichtigt wird.
- Das Gewicht, welches das Gewicht des Sitzes und der zusätzlich notwendigen Komponenten umfasst.

In der Tabelle 1 sind die Vor- und Nachteile der verschiedenen Varianten bezüglich dieser Parameter übersichtlich gegenübergestellt.

Tabelle 1: Gegenüberstellung Pro und Contra der verschiedenen Varianten

	Gesponsorter Sitz (Lösung 1)	Gesponsorter Sitz (Lösung 2)	Gesponsorter Sitz (Lösung 3)	Eingekaufter Sitz (internes Sitzverstellfeld)	Eingekaufter Sitz (Adapter)
Pro	<ul style="list-style-type: none"> <li>- keine Anschaffungskosten</li> <li>- kein zusätzlicher Stellmotor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- keine Anschaffungskosten</li> <li>- keine Umbaukosten am Sitz</li> <li>- Anpassbarkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- keine Anschaffungskosten</li> <li>- Anpassbarkeit Adapter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kein zusätzlicher Stellmotor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- keine Umbaukosten am Sitz</li> <li>- einfache Kinematik Adapter</li> <li>- einfache Programmierung</li> <li>- Anpassbarkeit</li> </ul>
Contra	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anpassbarkeit</li> <li>- Steuerung der verschiedenen Sitzpositionen</li> <li>- Mehrgewicht durch massive Auslegung</li> <li>- Anpassung der Statik des Sitzes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zusätzlicher Stellmotor</li> <li>- komplexe Steuerung der Kinematik</li> <li>- Steuerung der verschiedenen Sitzpositionen</li> <li>- Auslegung Adapter</li> <li>- Mehrgewicht durch Adapter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Umbaukosten</li> <li>- zusätzlicher Stellmotor</li> <li>- komplexe Steuerung der Kinematik</li> <li>- Anpassung der Statik des Sitzes</li> <li>- Zusätzlicher Stellmotor</li> <li>- Mehrgewicht durch Adapter</li> <li>- Datenverfügbarkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anschaffungskosten</li> <li>- Anpassbarkeit</li> <li>- Steuerung der verschiedenen Sitzpositionen</li> <li>- Mehrgewicht durch Stellmotor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anschaffungskosten</li> <li>- Zusätzlicher Stellmotor</li> <li>- Mehrgewicht durch Stellmotor</li> <li>+ Adapter</li> </ul>

Um eine Entscheidung bezüglich der passenden Lösung treffen zu können, wurden die Parameter quantifiziert. In Tabelle 2 wurden die so bewerteten Lösungen gegenübergestellt. An dieser Stelle sei angemerkt, dass die eingetragenen Bewertungswerte geschätzt sind. Sie beruhen zum Teil auf Aussagen, die in Gesprächen mit Herrn Prof. Teske (Inhaber von Autositze Dieter Teske GmbH) getroffen wurden und zum Teil auf daraus abgeleiteten eigenen Einschätzungen. Zusätzlich war eine Quantifizierung des Gewichtes nicht möglich. Das Zusatzgewicht eines Adapters ergibt sich aus der fertigen Konstruktion inklusive zusätzlichem Stellmotor. Die Konstruktion ist zum Zeitpunkt der Sitzwahl noch nicht abgeschlossen und die Hersteller halten die Datenblätter der Stellmotoren verdeckt. Eine weitere Gewichtsveränderung entsteht gegebenenfalls durch die Neuauslegung der Statik bei einem Umbau der Kinematik des Sitzes. Auch diese Gewichtsveränderung kann zu diesem Zeitpunkt nicht quantifiziert werden. Durch das größere Sitzverstellfeld kann jedoch eine Verstärkung der Statik angenommen werden, was zu einer Gewichtserhöhung führen würde. Die Gewichtszunahme im Falle eines Adapters und die Gewichtszunahme im Falle einer Sitzanpassung würden sich somit lösungsübergreifend verrechnen. Gemessen an dem Gesamtgewicht eines Fahrzeugsitzes, das je nach Ausstattung zwischen 20 kg und 35 kg liegt, würde eine Gewichtszunahme aller fünf Lösungen ohnehin nicht entscheidend ins Gewicht fallen. Aus dem Grund wird dieser Faktor lediglich qualitativ in Tabelle 1 berücksichtigt.

*Tabelle 2: Gegenüberstellung Varianten mit Vergleichsparametern*

	Gesponsorter Sitz (Gemeinsames Sitzverstellfeld V1)	Gesponsorter Sitz (Gemeinsames Sitzverstellfeld V2)	Gesponsorter Sitz (Sitzverstellfeld + Adapter)	Eingekaufter Sitz (Adapter)	Eingekaufter Sitz (internes Sitzverstellfeld)
Kosten [€]	300-500	4000-4500	4500-5000	2500-300	2500-300
Aufwand [1-5]	5	5	3	1	1
Flexibilität [1-5]	3	1	3	5	1

#### 4.2.4 Bewertung der Sitzgegenüberstellung

Für eine fundierte Bewertung und Sitzentscheidung müssen die quantifizierten Parameter mit einer Punktzahl belegt und nach Wichtigkeit gewichtet werden. Dies wurde mit Hilfe eine Bewertungsmatrix umgesetzt und in ist Tabelle 3 dargestellt. Dabei ist G die Gewichtung für die Umsetzung der Kinematik und E der Grad der Annäherung, wie sie von der jeweiligen Variante umgesetzt wurde. Der Grad der Annäherung wird mit einer Punktezah von null bis vier bewertet. Die Summe aus der Gewichtung und dem Grad der Annäherung bildet das Ergebnis der Varianten. Die Variante mit der höchsten Punktezah

ist die beste Variante für das Projekt und wird aus diesem Grund im Projekt weiterentwickelt. Der technische Wert x liefert den Erfüllungsgrad der Variante in Prozent.

Tabelle 3: Bewertungsmatrix Sitzgegenüberstellung

Anforderungen	G	Variante 1		Variante 2		Variante 3		Variante 4		Variante 5		Idealfall	
		E	G*E	E	G*E								
Kosten	4	0	0	4	16	0	0	1	4	2	8	4	16
Aufwand	3	1	3	2	6	1	3	4	12	2	6	4	12
Flexibilität	3	2	6	3	9	2	6	4	12	2	6	4	12
Datenverfügbarkeit	3	1	3	1	3	1	3	2	6	2	6	4	12
Summe			12		34		12		34		26		52
technischer Wert x			0,23		0,65		0,23		0,65		0,50		

Grad der Annäherung	Punktezahl E
Sehr gut (ideal)	4
gut	3
ausreichend	2
gerade noch tragbar	1
unbefriedigend	0

Gewichtung	Punktezahl G
Sehr hoch	4
hoch	3
mittel	2
gering	1

Anhand der Bewertungsmatrix ist zu erkennen, dass die Variante zwei und die Variante vier mit der gleichen Punktzahl bewertet wurden und somit eine der beiden Varianten im Projekt weiterentwickelt werden sollte. In der zweiten Variante würde unter den gesponsorten Sitz ein in dieser Arbeit entwickelter Adapter gebaut werden, der das komplette Sitzverstellfeld abdeckt. In der vierten Variante würde ein in dieser Arbeit entwickelter Adapter unter den zugekauften Sitz gebaut werden.

Innerhalb des Projektes wurde entschieden, dass der Adapter aus Kostengründen für einen gesponsorten Sitz entwickelt werden soll. Zusätzlich wurde entschieden, dass die 19° Sitzneigungsverstellung, die von dem Sitz umgesetzt werden kann, für das Showcar ausreichend ist und der Sitzkinematikadapter die zusätzlichen 1° nicht auffangen muss.

Hierzu wurde grundsätzlich geprüft, ob zusätzlich die notwendige Winkelverstellung der Sitzfläche von insgesamt 20° durch den Adapter umgesetzt werden kann. Von der rotatorischen Verschiebung wird aus folgenden Gründen abgesehen. Zum einen aus dem Grund, dass der Sitz die Winkelverstellung der Sitzfläche nur um 1° verfehlt. Hier wurde sich zu Beginn des Projektes drauf geeinigt, dass der Sitz diese Verstellung umsetzen können muss und wurde daher so in der Anforderungsliste festgehalten. Des Weiteren würde eine Winkelverstellung der Sitzfläche durch den Adapter mehrere zu beachtenden Faktoren mit sich bringen. Eine Winkelverstellung durch den Adapter würde unterschiedliche Schenkellängen des Adapters bedeuten. Bei einer Differenz von 12° der

Winkelverstellung würden die unterschiedlichen Schenkellängen damit sehr groß ausfallen, wodurch es Stabilitätsproblemen kommen kann. Um den Faktor zu entlasten, besteht die Möglichkeit den vorderen Schenkel in X-Richtung verschieben zu lassen. Hierdurch wäre die Differenz der Schenkellängen nicht so groß wie im ersten Fall. Die Komplexität des Mechanismus würde allerdings sehr viel komplexer ausfallen und es besteht die Wahrscheinlichkeit, dass für die Variante ein zweiter Stellmotor zum Einsatz kommen würde. Zudem ist die Stabilität dieser Variante als kritisch anzusehen. Dazu kommt, dass viele Sitze auf dem Markt vorhanden sind, die eine 20° Winkelverstellung mitbringen. Daher wäre eine zusätzliche Verstellung des Adapters nicht wirtschaftlich. Aus den genannten Gründen wurde sich in dieser Arbeit gegen eine Winkelverstellung innerhalb des Adapters entschieden.

Die gewählte Lösungsvariante wird im Folgenden entwickelt und vorgestellt. Dies umfasst zum einen ein Konzept für den Sitzkinematikadapter und zum anderen ein Konzept für die Beinauflage.

### **4.3 Konzept des Sitzkinematikadapters**

Nach der Auswahl des Sitzes wird ein Konzept zum Erreichen der erforderlichen Sitzkinematik für die vier Positionen im Fahrzeug entwickelt. Der VW Multivan T6 Sitz bietet die in Anhang D dargestellten Verstellmöglichkeiten. Die Schwächen der ausgewählten Lösung wurden in Kapitel 4.2.1 analysiert und in Kapitel 4.2.3 übersichtlich gelistet. Daraus lassen sich die Ziele dieses Kapitels ableiten. Um die Fahrpositionen und Arbeitspositionen aller Perzentile anfahren zu können, muss der Adapter die fehlende Höhenverstellung kompensieren. Zusätzlich muss der Adapter das Sitzverstellfeld für die Low Gravity- und Entertainment Position verschieben können. Das Sitzverstellfeld der Fahr- und Arbeitsposition ebenso wie das der Low Gravity und Entertainment Position ist dasselbe. Die Unterschiede liegen lediglich in der Rückenlehnenneigungsverstellung, welche kein Aspekt des Adapters ist. Dementsprechend wird im Folgenden mit der Fahrposition ebenso die Arbeitsposition und mit der Low Gravity Position ebenso die Entertainment Position angesprochen. Für diese Anpassungen werden Konzeptideen für einen Sitzadapter entwickelt und vorgestellt. Diese werden im darauffolgenden Schritt bewertet, sodass die für das Projekt beste Auswahl getroffen werden kann. Der Adapter mit der besten Bewertung wird konstruktiv umgesetzt.

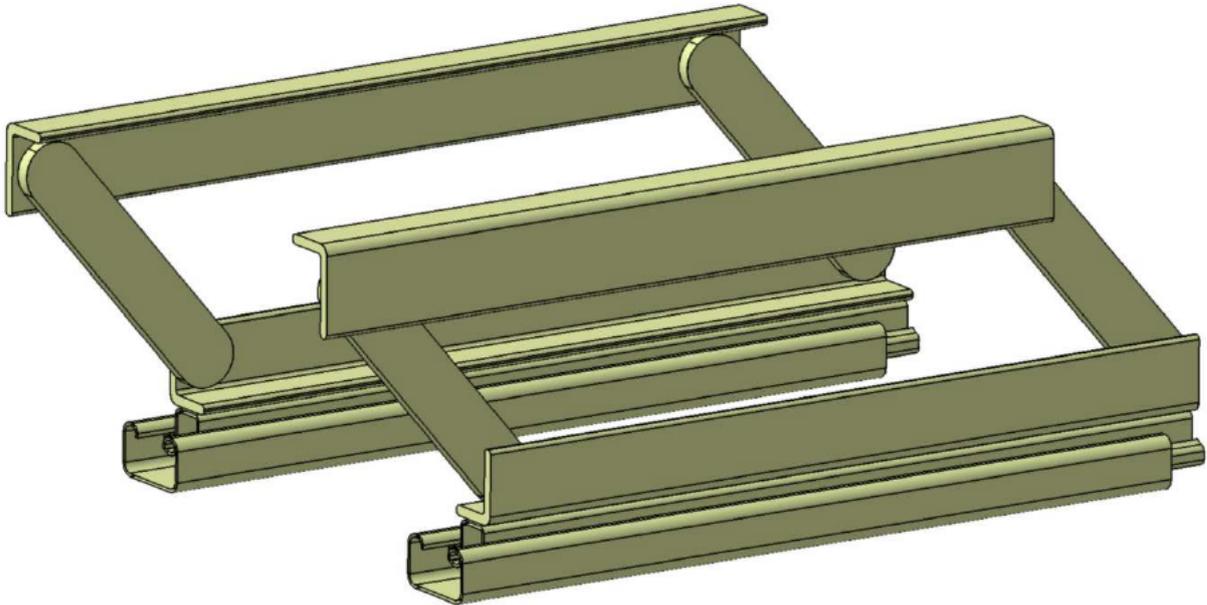
Es sei an dieser Stelle zu erwähnen, dass die Notwendigen Sitzdaten für eine detaillierte Anpassung an den Sitz zum Zeitpunkt der Masterarbeit nicht vorlagen. Damit beruhen die folgenden Konzepte des Sitzkinematikadapters und der Beinauflage auf empirisch erhobenen Daten. Bei genauerer Datenlage müssen die Adapter auf den Sitz angepasst werden.

### **4.3.1 Konzeptfindung der Sitzkinematik**

In der Konzeptfindung werden verschiedene Konzeptideen entwickelt und gegenübergestellt. Ziel der Konzeptfindung ist, das beste Konzept zur Umsetzung der geforderten Sitzpositionen für das Projekt HCC21 zu finden. Durch die Auswahl des T6 Sitzes müssen alle Konzepte folgende Vorgaben umsetzen:

- Das Sitzverstellfeld des Sitzes muss über den Adapter verschoben werden.
- Die Höhenverstellung des Sitzes muss mit dem Adapter erweitert werden
- Die Positionierung der Perzentile muss über den Adapter umsetzbar sein.
- Platz für eine Beinauflage zwischen Sitz und Boden muss gegeben sein.
- Die notwendige Stabilität muss gewährleistet werden.
- Die Umsetzung der Verschiebung muss über einen Stellmotor erfolgen, da die Position per Knopfdruck automatisch angefahren werden soll.

Zur Ideenfindung werden die bereits vorhandenen Verstellmechanismen genauer betrachtet. Hierbei wird gefiltert, welche Verstellmechanismen für die Umsetzung der Konzeptideen in Frage kommen und welche der Verstellmechanismen kombiniert eine Lösung ergeben können. Dabei sind vier Konzeptideen für das Projekt entstanden, die im Folgenden vorgestellt werden.

**Konzept 1**

*Abbildung 26: Konzept 1 der Sitzkinematik*

Im ersten Konzept wird das vorhandene Sitzverstellfeld des VW Multivan T6 Sitzes über einen Adapter, bestehend aus einem Viereckscharnier, verschoben. Damit kann der SRO sowohl die Fahrposition aller Perzentile anfahren als auch die Low Gravity Position. Das Viereckscharnier besteht aus vier Schenkeln (zwei Schenkel pro Seite) die für die Umsetzung der Bewegung zuständig sind. Die vier Schenkel sind über zwei Aufnahmeplatten, die ein L-Profil aufweisen, oben und unten miteinander verbunden. Zusätzlich sind die Schenkel mit Querstreben und einer Welle verbunden. Durch die Querstreben wird die Stabilität des Adapters gewährleistet. Über die Welle wird die Drehung des Stellmotors auf den Adapter übertragen, wodurch die Verschiebung umgesetzt wird (s. Abbildung 26). Dabei dreht das Viereck von vorne nach hinten. Der Adapter befindet sich zwischen der Sitzschiene des Sitzes und dem Sitz. Der Vorteil dieses Adapters liegt in seinem einfachen Aufbau und seiner einfachen Bewegung. Die Umsetzung der Kinematik gestaltet sich als relativ einfach. Dazu weist er eine einfache und kompakte Bauweise auf, wodurch die geforderte Stabilität gewährleistet werden kann. Dazu sind schnelle Anpassungen bei Sitzänderungen möglich. Nachteilig ist, dass der Stellmotor, der unter dem Sitz positioniert werden muss, den Platzbedarf unter dem Sitz einschränken kann. Der Stellmotor setzt eine gewissen Mindesthöhe voraus, die

gegeben sein muss. Außerdem können die Querstreben, die sich zwischen den Schenkeln befinden würden, den Platz für eine mögliche Beinauflage einschränken.

### Konzept 2

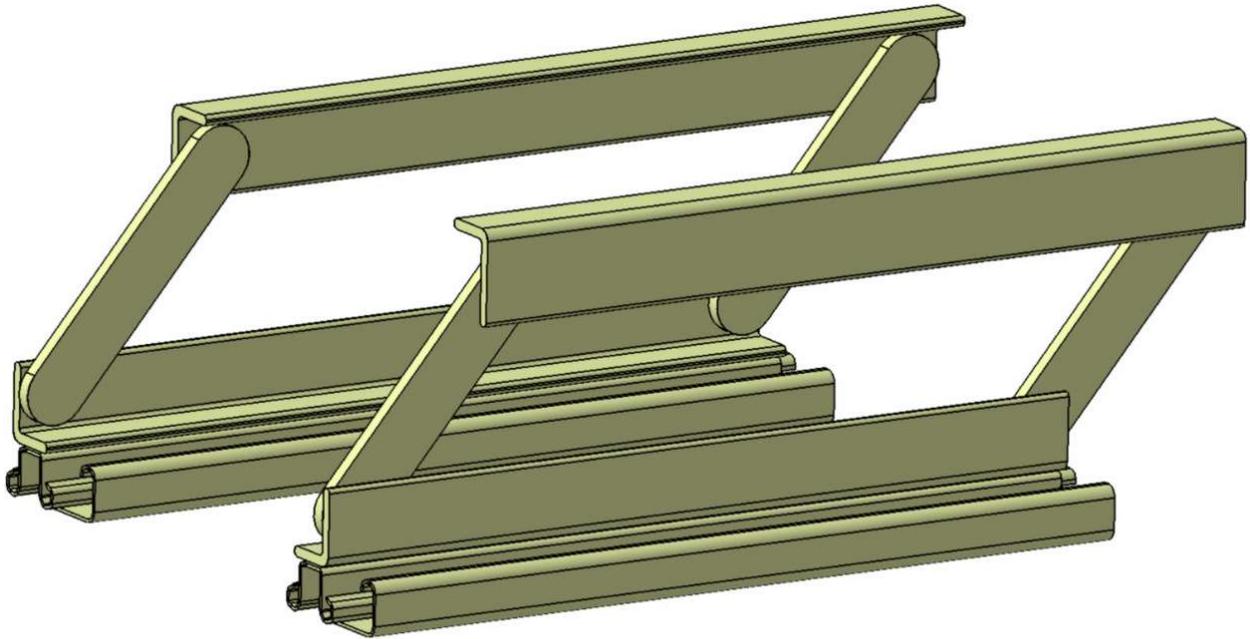
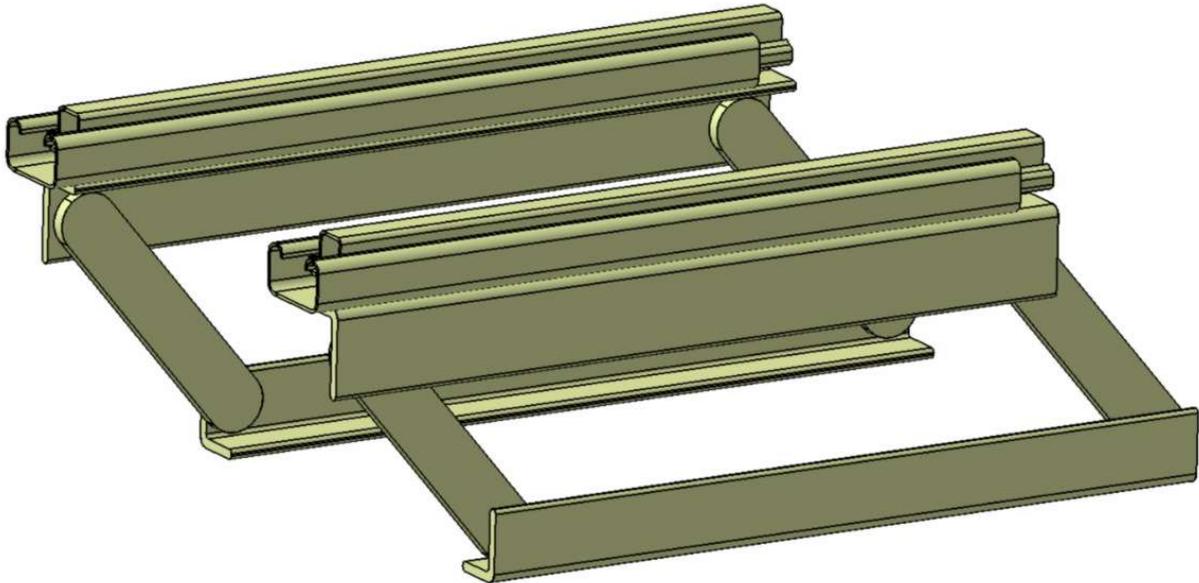


Abbildung 27: Konzept 2 der Sitzkinematik

Das zweite Konzept ist vom Prinzip das gleiche Konzept, wie das erste Konzept. Die Verschiebung des Sitzverstellfeldes erfolgt über ein Viergelenkscharnier (s. Abbildung 27). Die Umsetzung der Drehbewegung erfolgt wie in Konzept 1 über einen Stellmotor. Der Unterschied liegt darin, dass das Sitzverstellfeld von hinten nach vorne verschoben wird. Der Vorteil gegenüber dem ersten Konzept ist, dass mögliche Querstreben zur Stabilitätsgewinnung den Platz der Beinauflage auf Grund der Drehrichtung nicht beeinträchtigen. Das Ein- und Ausfahren der Beinauflage muss lediglich in der richtigen Reihenfolge erfolgen, um eine Kollision mit den Querstreben zu vermeiden. Der Nachteil gegenüber dem ersten Konzept liegt in der Translationsrichtung des Adapters. Dadurch, dass die Translation, entgegen der Vorgabe des Projektes, von hinten nach vorne umgesetzt wird, muss die Sitzschiene verlängert werden, um die geforderte Verstellung in X-Richtung zu gewährleisten. Eine Sitzschieneverlängerung kann zum einen unästhetisch aussehen, wenn eine lange Sitzschiene durch die Ein- und Ausstiegsbereiche läuft und zum anderen die Ein- und Ausstiegsbereiche behindern.

**Konzept 3**

*Abbildung 28: Konzept 3 der Sitzkinematik*

Das dritte Konzept gleicht dem ersten Konzept nahezu. Der Adapter ist wie in Konzept eins und zwei ein Viergelenkscharnier, welches das Sitzverstellfeld mittels Drehbewegung von vorne nach hinten verschiebt. Die Umsetzung der Drehbewegung erfolgt über einen Stellmotor. Der Unterschied zu Konzept 1 besteht darin, dass der Sitz mitsamt der Sitzschiene auf den Adapter geschraubt wird (s. Abbildung 28). Der Vorteil gegenüber den ersten beiden Konzepten besteht darin, dass der Adapter mit dem Boden verschraubt ist und der Sitz einfach auf dem Adapter positioniert werden kann. Dadurch sind weniger Daten vom Sitz für eine genau Anpassung notwendig als im ersten und zweiten Konzept. Das Ergebnis wäre somit ohne detaillierte Datenbasis genauer und flexibler anpassbar.

**Konzept 4**

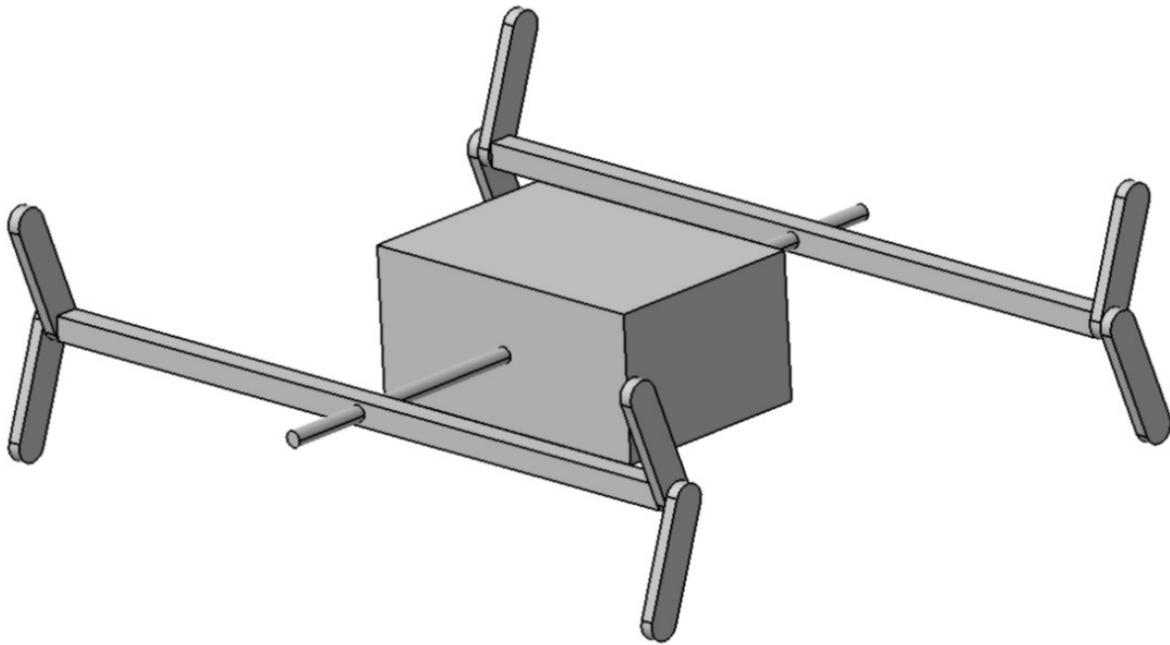


Abbildung 29: Konzept 4 der Sitzkinematik

Das vierte Konzept unterscheidet sich gegenüber den anderen drei Konzepten komplett. Das Konzept ist ein Mehrgelenkschneider, das über einen Stellmotor nur in Z-Richtung verfährt (s. Abbildung 29). Die Inspiration hier war ein klassischer Wagenheber. Das Mehrgelenkschneider besteht aus acht Schenkeln, vier Schenkel pro Seite. Jede Seite ist mit jeweils zwei L-Profil-Aufnahmen verbunden. Zusätzlich sind die Seiten über Querstreben verbunden. Zum einen soll somit die Stabilität gewährleistet werden. Zum anderen wird über die Querstreben die Z-Bewegung in den Adapter eingeleitet. Der Stellmotor befindet sich mittig zwischen den Schenkeln und ist über eine Spindel mit den Querstreben verbunden. Die Drehung des Stellmotors wird über die Spindel übertragen. Hierdurch wird der Winkel der Schenkel geändert, wodurch die Verschiebung in Z-Richtung eingeleitet wird. In diesem Konzept sitzt der Adapter zwischen der Sitzschiene und dem Sitz. Die Vorteile des Adapters bestehen darin, dass die Kinematik hinter dem Adapter einfach ist und die Bewegung in Z-Richtung über die Schenkellängen einfach anzupassen ist. Der Nachteil des Konzeptes besteht zum einen in der Stabilität. In Y-Richtung neigt der Adapter zu wackeln. Hier wäre eine zusätzliche Abstützung oder eine sehr massive Auslegung nötig. Zum anderen muss die Sitzschiene, wie in Konzept 2 verlängert werden, da der Adapter nur in Z-Richtung verschiebt. Die Translation in X-Richtung muss somit über die Sitzschienenlänge umgesetzt werden.

### 4.3.2 Bewertung der Sitzkinematikkonzepte

Die Bewertung der Konzepte erfolgt über eine Bewertungsmatrix. In der Bewertungsmatrix sind die Parameter festgelegt, die am wichtigsten für die Umsetzung der Adapter sind. Dabei sind folgende Bewertungsparameter in der Bewertungsmatrix festgelegt.

- Umsetzung:

Der Bewertungsparameter „Umsetzung“ gibt an, wie gut die Lösung die geforderten Positionen anfahren können. Die Güte wird zum einen davon beeinflusst, ob ein Anfahren überhaupt möglich ist. Zum anderen spielt der Aufwand für die Programmierung eines flüssigen Verfahrens inklusive Vermeidung möglicher Kollisionen mit dem Interieur, wie beispielsweise der I-Tafel eine Rolle.

- Aufwand Umbau:

Beim Parameter „Aufwand Umbau“ wird bewertet, wie einfach der Adapter in den Sitz integriert bzw. angebracht werden kann, oder ob beispielsweise Änderungen am Sitz vorgenommen werden müssen.

- Stabilität:

Die Stabilität ist eine Abschätzung, ohne Auslegungen vorgenommen zu haben. Für eine genaue Beurteilung der Stabilität müssen Lastfälle definiert und mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode (FEM) simuliert werden. Dadurch kann eine genaue Beurteilung über die Stabilität, notwendigen Wandstärken etc. getroffen werden.

- Bauraum:

Der Bewertungsparameter „Bauraum“ beschreibt den vorhandenen Bauraum unter dem Sitz bzw. dem Adapter, um einen Stellmotor und ggf. die Beinauflage zu positionieren.

- Anpassungsfähigkeit:

Die Anpassungsfähigkeit beschreibt, wie schnell ein Adapter auf Änderungen im Projekt reagieren kann. Je einfacher und schneller die Änderung umgesetzt werden kann, desto besser.

Wie in Kapitel 4.2.4 gibt es in der Bewertungsmatrix eine Gewichtung (G) und einen Grad der Annäherung (E). Die Bewertung der Konzepte ist in der Tabelle 4 dargestellt

Tabelle 4: Bewertungsmatrix Sitzkinematikadapterkonzept

Anforderungen	G	Konzept 1		Konzept 2		Konzept 3		Konzept 4		Ideal	
		E	G*E	E	G*E	E	G*E	E	G*E	E	G*E
Umsetzung	4	4	16	3	12	4	16	3	12	4	16
Aufwand Umbau	4	3	12	3	12	4	16	3	12	4	16
Stabilität	4	3	12	3	12	3	12	2	8	4	16
Bauraum unter dem Sitz	4	2	8	3	12	2	8	3	12	4	16
Anpassungsfähigkeit	4	4	16	4	16	4	16	4	16	4	16
Summe			64		64		68		60		80
technischer Wert x			0,80		0,80		0,85		0,75		

Grad der Annäherung	Punktezahl E
Sehr gut (ideal)	4
gut	3
ausreichend	2
gerade noch tragbar	1
unbefriedigend	0

Gewichtung	Punktezahl G
Sehr hoch	4
hoch	3
mittel	2
gering	1

Tabelle 4 zeigt das Ergebnis der Bewertung anhand der ausgefüllten Bewertungsmatrix. Das dritte Konzept ist mit der höchsten Punktzahl bewertet und erfüllt 85% der geforderten Bewertungsparameter. Im Gegensatz zu den anderen Konzepten weist das dritte Konzept zwar Schwächen im „Bauraum unter dem Sitz“ auf. Im Vergleich dazu schneidet das Konzept jedoch in allen anderen Kategorien am besten ab, wobei „Umsetzung“ und „Aufwand Umbau“ hervorzuheben sind. Auf Grundlage des Ergebnisses wird dementsprechend das dritte Konzept in der Arbeit weiter umgesetzt.

### 4.3.3 Umsetzung des Sitzkinematikkonzeptes

Der Inhalt dieses Kapitels ist die konstruktive Umsetzung des in Kapitel 4.3.2 ausgewählten Konzeptes. Die Konstruktion erfolgt parametrisch-assoziativ in CATIA V5. Parametrisch-assoziativ bedeutet, dass die Bauteile sich automatisch an nachträglich eingearbeitete Veränderungen in der Geometrie anpassen und von Grund auf neu konstruiert werden müssen.

### 4.3.3.1 Aufbau der Konstruktion

Die Konstruktion wird nach dem EVA-Prinzip aufgebaut. EVA steht für Eingabe, Verarbeitung, Ausgabe. Für jeden dieser Begriffe wird ein „Geometrisches Set“ angelegt (s. Abbildung 30).



Abbildung 30: Strukturbaum EVA

In der Eingabe befinden sich Umgebungsgeometrien, welche für die Positionierung bzw. Erzeugung von Bauteilen des Sitzkinematikadapters benötigt werden. Alle Bauteile beziehen sich auf diese Geometrien. In der Verarbeitung werden die Bauteile konstruiert bzw. weiterverarbeitet. Jedes Bauteil, das Umgebungsgeometrien erhält, hat ein Geometrisches Set „Verarbeiten“, in das die Umgebungsgeometrien kopiert werden. Die Befehle „Kopieren“ und „Einfügen Spezial“ mit der Option „Als Ergebnis mit Verknüpfung“ sorgen dafür, dass die Kopien assoziativ kopiert werden. Die 2D-Profile der Bauteile werden in einer „Skizze“ erstellt und als „Ausgabe“ bereitgestellt. Über die Funktion „Zusammenfügen“ werden die „Ausgabeprofile“ im „Ausgabeordner“ bereitgestellt. Die Ausgabeprofile werden über das Tool „Veröffentlichung“ veröffentlicht und können damit auch an andere Bauteile parametrisch assoziativ weitergegeben werden. Aus den 2D-Profilen werden die 3D-Modelle erstellt. Hierfür erhält jedes Bauteil einen eigenen „Körper“. Mit den entsprechenden Funktionen werden über die Profile die Volumenkörper erzeugt. Mittels Boolescher Operatoren, z.B. „Hinzufügen“ oder „Entfernen“ werden die einzelnen Volumenkörper zu einem Hauptkörper zusammengebaut. Damit die Gesamtkonstruktion parametrisch assoziativ ist, müssen alle Bauteile miteinander verknüpft und durch erstellte Parameter steuerbar sein.

### 4.3.3.2 Konstruktionsbeschreibung des Sitzkinematikkonzeptes

Zu Beginn der Konstruktion wird ein „Bauteil“ erzeugt, in dem alle für die Bauteile benötigten Information in einer Skizze erstellt und ausgearbeitet werden. Die Skizzen werden im Ordner Verarbeiten erzeugt. In der Skizze sind die benötigten SRP-Punkte „SRP-Fahren“ und SRP-Low-Gravity“ eingearbeitet. Zudem wird in der Skizze die Kinematik des Adapters entwickelt. Aus der Skizze werden die nötigen Informationen veröffentlicht und an die einzelnen Bauteile des Adapters weitergegeben, sodass diese sich so wie in der Kinematik vorgesehen bewegen. Aus den einzelnen Skizzen der Bauteile werden die Volumenkörper erzeugt. Für den Adapter ergeben sich dabei folgende Bauteile (s. Tabelle 5), die konstruktiv umgesetzt werden oder aus der Catia Bibliothek, in der Normteile hinterlegt sind, in das Projekt eingefügt werden:

*Tabelle 5: Stückliste Sitzkinematikadapter*

Pos	Einhe	Anzah	Benennung	Material	Norm
1	Stk.	2	Viergelenkschenkel Vorne	Stahl	
2	Stk.	2	Viergelenkschenkel hinten	Stahl	
3	Stk.	2	L-Adapter Boden	Stahl	
4	Stk.	2	L-Adapter Sitzschiene	Stahl	
5	Stk.	1	Welle	Stahl	
6	Stk.	1	Zahnrad	Stahl	
7	Stk.	1	Passfeder Zahnrad		DIN 6885 - Form A 4 x 5 x 20,8
8	Stk.	1	Sicherungsring Zahnrad		ø16, DIN 471
9	Stk.	2	Abstandshülse	Stahl	
10	Stk.	2	Passfeder Abstandshülse		DIN 6885 - Form A 3 x 4 x 13
11	Stk.	8	Gleitlagerbuchse Form V		DIN 1850 - V 10,2 x 12,2 x 10
12	Stk.	2	Stützen	Stahl	
13	Stk.	2	Schraube		DIN 933 - M10 x 20
14	Stk.	8	Mutter		DIN 934 - M10
15	Stk.	1	Stellmotor		

Im Folgenden wird das Zusammenwirken aller Bauteile grob beschrieben, um einen Überblick über die benötigten Bauteile und dessen Wechselwirkungen zu geben. Anschließend werden die Einzelteile näher beleuchtet. Die detaillierte Beschreibung aller Bauteile und dessen Zusammenwirken ermöglicht abschließend die Anleitung für den Zusammenbau des Adapters.

### Gesamtkonstruktion Sitzkinematikadapter

In der Abbildung 31 ist der fertige Sitzkinematikadapter dargestellt, in welcher die konstruierten Einzelbauteile beschriftet wurden. Ein Drehmoment wird von einem

Stellmotor über ein Zahnrad auf die Welle übertragen. Das Moment wird über eine Passfeder, die zwischen der Welle und dem Zahnrad befindet, vom Zahnrad auf die Welle übertragen. Die Drehbewegung der Welle wird anschließend an die hinteren Viergelenkschenkel weitergegeben. Hier wird ebenfalls ein Passfedersystem mittels einer Abstandshülse eingesetzt. Die Abstandshülse überträgt das Moment der Welle auf die hinteren Viergelenkschenkel. Die hinteren Viergelenkschenkel können so in einer Drehbewegung verfahren werden. An den Viergelenkschenkeln werden L-Adapter montiert. Die unteren L-Adapter verbinden den Sitzkinematikadapter mit dem Boden. Auf die oberen L-Adapter werden die Sitzschienen montiert. Hiermit wird die Verbindung vom Sitzkinematikadapter zum Sitz hergestellt. Über die oberen L-Adapter wird das Moment auf die vorderen Gelenkschenkel übertragen, sodass diese parallel zu den hinteren Gelenkschenkeln verfahren. Um eine Stabilität im Adapter zu gewährleisten, werden die linke und rechte Seite des Adapters zusätzlich mittels 3 Stützen miteinander verbunden. Durch Gleitlagerbuchsen wird an allen acht Gelenken ein gleitendes Drehen ermöglicht.

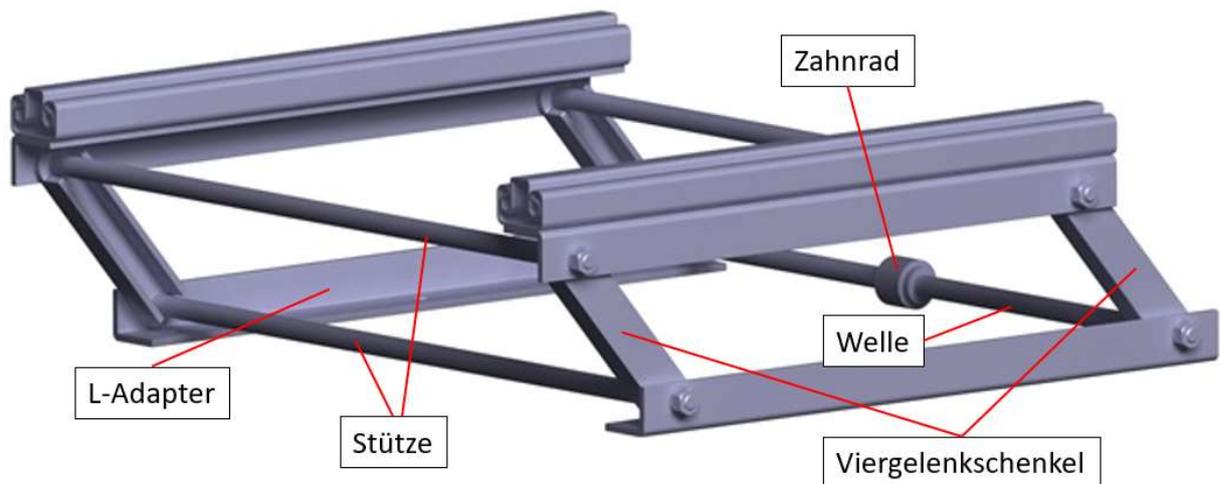


Abbildung 31: Zusammenbau Sitzkinematikadapter

Nachdem die Bauteile in ihrer Gesamtheit beschrieben wurden, folgt nun die detaillierte Beschreibung aller Bauteile. Folgende Aspekte werden dabei berücksichtigt:

- Funktion der Bauteile
- Dimensionierung der Bauteile
- Steuerungsparameter der Bauteile
- Beziehung/Verbindung zu den anderen Bauteilen
- Konstruktion in CATIA V5
- Fertigungsverfahren.

Die Steuerungsparameter ermöglichen, dass ein Bauteil schnell geändert und geupdatet werden kann, ohne die verschiedenen Skizzen durchgehen zu müssen.

### **Viergelenkschenkel**

Die Funktion der Viergelenkschenkel bestehen darin, den Sitz von der Fahrposition über eine Drehbewegung auf die gewünschte Low Gravity Position zu fahren. Dabei bewegen sich alle vier Viergelenkschenkel parallel. Die Viergelenkschenkel haben alle die gleiche Länge. Hierdurch wird, wie zuvor festgelegt, eine reine translatorische Bewegung des Sitzes umgesetzt. Um höhere Lasten auszuhalten, sind die Viergelenkschenkel außen mit Verstärkungen versehen. Die Wandstärke und die Verstärkung der Viergelenkschenkel betragen 5mm. Zusätzlich werden die Viergelenkschenkel mit Bohrungen versehen, über die die Verbindung zu den L-Adaptern mittels der Stützen und der Welle realisiert werden. Die Bohrungen haben einen Durchmesser von 12,2mm und haben einen Abstand von 130mm zueinander. Die Breite der Viergelenkschenkel beträgt 30mm. Die aktuell hinterlegten Werte ergeben sich aus empirisch erhobenen Daten und werden über folgende Parameter gesteuert:

- Winkel Viergelenkschenkel
- Abstand Viergelenkschenkel
- Wandstärke Viergelenkschenkel
- Breite Viergelenkschenkel
- Bohrung Viergelenkschenkel
- Abstand Viergelenkschenkelbohrung

Der Parameter „Winkel Viergelenkschenkel“ bestimmt die zuvor ermittelten Winkel, die in der Fahrposition und in der Low Gravity Position angefahren werden. Zur benötigten Winkeländerung der Viergelenkschenkel wurden durch die Punkte SRP-Fahren und SRP-Low Gravity jeweils ein Kreis mit dem Radius 130mm, den Abstand der Bohrungen der Viergelenkschenkel zueinander, gelegt und der Schnittpunkt der beiden Kreise ermittelt. Der Schnittpunkt wurde mittels einer Geraden jeweils mit dem SRP-Fahren und dem SRP-Low Gravity verbunden, um somit die exakten Winkel zur horizontalen zu ermitteln (s. Abbildung 32). Die exakten Winkel der Viergelenkschenkel liegen bei  $12,218^\circ$  für die Fahr-Position und bei  $49,976^\circ$  für die Low Gravity Position. Die Winkel können nicht unter- und überschritten werden, da hierfür der Bereich eingestellt wurde.

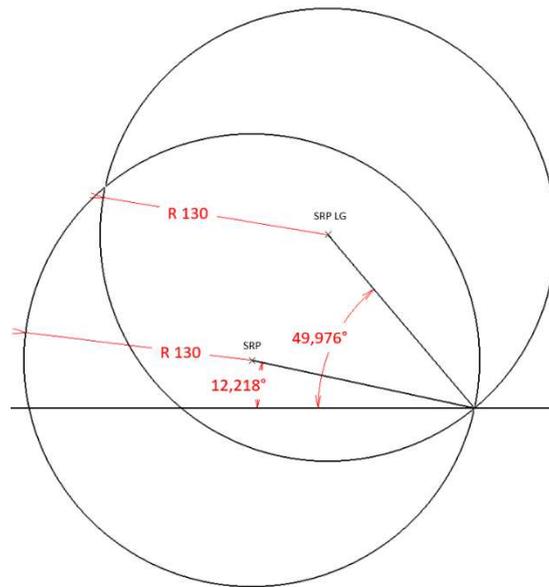


Abbildung 32: Winkelermittlung Sitzkinematikadapter

Der Parameter „Abstand Viergelenkschenkel“ beinhaltet den Abstand des vorderen Viergelenkschenkels zum hinteren Viergelenkschenkel. Dabei wird von den Bohrungsmittelpunkten gemessen. Die Wandstärke wird über den Parameter „Wandstärke Viergelenkschenkel“ gesteuert und die Breite über den Parameter „Breite Viergelenkschenkel“. Der Parameter „Bohrung Viergelenkschenkel“ beinhaltet den Durchmesser der Bohrung, der Parameter „Abstand Viergelenkschenkelbohrung“, den Abstand der Bohrungen innerhalb eines Schenkels. Erstellt werden alle Viergelenkschenkel mit der Funktion „Block“. Mit dieser Funktion wird aus einem 2D-Profil ein Volumenkörper mit der gewünschten Wandstärke erzeugt.

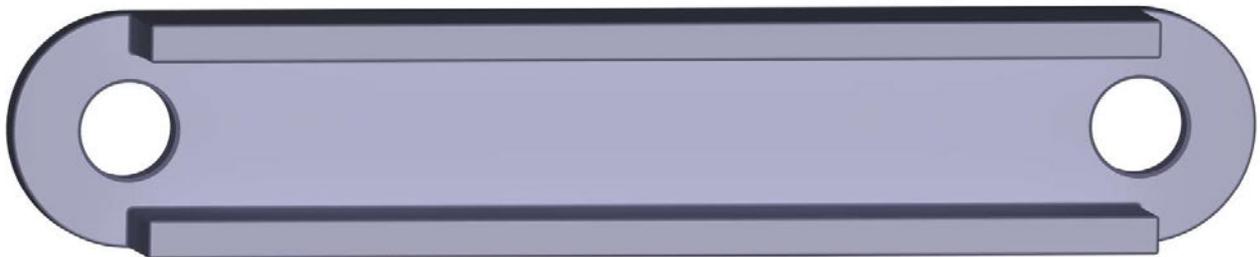


Abbildung 33: Viergelenkschenkel vorne

An den hinteren Viergelenkschenkel (s. Abbildung 34) wird die Drehbewegung der Welle auf die Konstruktion übertragen, sodass hier eine zusätzliche Verstärkung am Punkt der Momentaufnahme konstruiert wurde. Am vorderen Viergelenkschenkel ist keine zusätzliche Verstärkung notwendig (s. Abbildung 33). Vorgesehen ist, die

Viergelenkschenkel mit den Verstärkungen aus einem Stück zu fräsen. Da es sich bei diesem Modell um einen Prototyp handelt, ist das eine sinnvolle, aber teure Herstellungsmethode. Für den Serienprozess müsste eine andere kostengünstigere Herstellungsmethode angewendet werden.



Abbildung 34: Viergelenkschenkel hinten

### L-Adaptern

Die L-Adapter (s. Abbildung 35) sind die Anbindung des gesamten Adapters zum Boden des Fahrzeuges und zum Sitz über die Sitzschiene, sodass vier L-Adapter benötigt werden. Zusätzlich verbinden die L-Adapter die Viergelenkschenkel miteinander, wodurch die Viergelenkschenkel parallel verfahren und somit Bewegung des Sitzes in die verschiedenen Positionen möglich gemacht wird. Die Wandstärke beträgt 5mm, die Bohrungen für die Viergelenkschenkel haben einen Durchmesser von 12,2mm, die Bohrungen für den Boden, bzw. die Sitzschienen haben einen Durchmesser von 10,2mm. Die L-Adapter werden, wie auch die Viergelenkschenkel, in CATIA V5 mit der Funktion „Block“ erstellt. Folgende Parameter steuern die L-Adapter:

- Wandstärke L-Adapter
- Bohrung Boden
- Bohrung Viergelenkschenkel

Die Wandstärke des L-Adapters kann über den Parameter „*Wandstärke L-Adapter*“ verändert werden. Die beiden Bohrungsparameter steuern die Durchmesser der Bohrungen, wobei der Parameter „*Bohrung Boden*“ die Bohrung für die Verbindung mit den Sitzschienen und für die Verbindung mit dem Boden steuert. Bei der Herstellung ist vorgesehen, dass der L-Adapter aus einem zugeschnittenen Stahlblech gebogen wird.

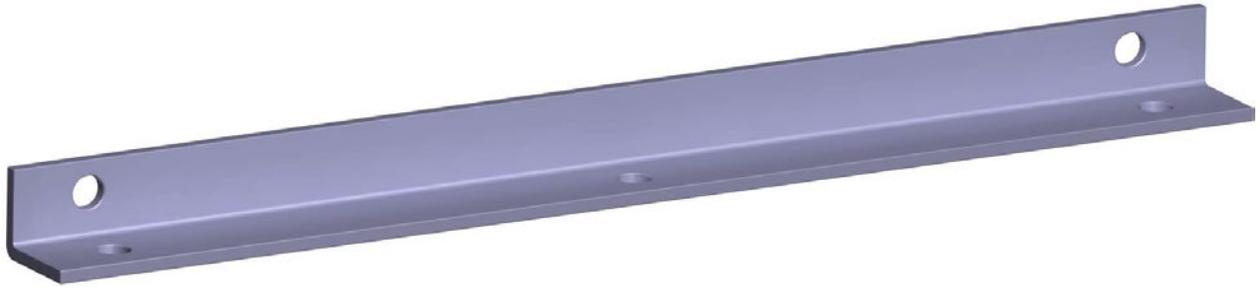


Abbildung 35: L-Adapter

## Stützen

Die Stützen verbinden die linke und rechte Seite des Adapters, bestehend aus Viereckscheitel und L-Adapter, miteinander und dienen der Stabilität. Sie sind insgesamt 546,5mm lang und halten die beiden Seiten somit auf diesen Abstand. Um eine Verbindung der Seiten herzustellen, werden die Stützen durch die Bohrungen in Viereckscheitel und L-Adapter gesteckt. Hierfür müssen die Durchmesser der Stützenenden verringert werden. Die Stützen selbst haben einen Durchmesser von 14mm. Die Enden nehmen eine Länge von 20mm ein und wurden im Durchmesser auf 10mm reduziert. Zusätzlich wurden die Enden mit einem M10 Gewinde versehen, sodass die durchgesteckten Stützen von außen mit einer Mutter verschraubt werden können. In CATIA V5 werden die Stützen über einen Rotationskörper um die Mittelachse erzeugt. Hierfür wird die Funktion „Welle“ verwendet. Somit werden folgende Parameter bei den Stützen verwendet.

- Wellendurchmesser
- Wellendurchmesser Gewinde
- Gewindelänge

Als Herstellungsverfahren für die Stützen ist vorgesehen, dass diese auf die erforderlichen Maße gedreht. Anschließend wird das Gewinde in die Enden der Stützen geschnitten.

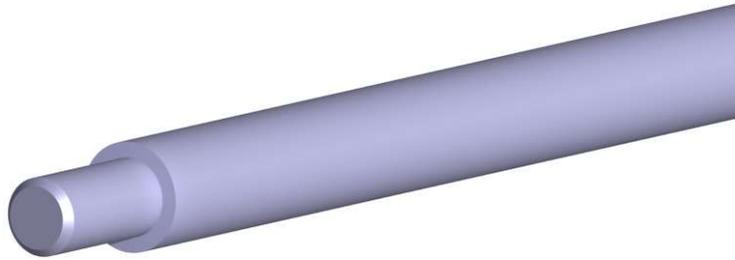


Abbildung 36: Stütze

## Welle

Die Welle überträgt das Drehmoment vom Stellmotor auf den Adapter. Das Drehmoment des Stellmotors wird über ein Zahnrad, das in der Konstruktion als Blackbox dargestellt ist, auf die Welle übertragen. Das Zahnrad ist in Abbildung 37 auf der rechten Seite zu sehen. Die Welle hat einen Durchmesser von 14mm. An der Stelle, an der das Zahnrad aufgesetzt wird, wurde der Durchmesser aus Stabilitätsgründen auf 16mm erhöht. Der Innendurchmesser des Zahnrads beträgt ebenfalls 16mm, sodass sich das Zahnrad auf den vergrößerten Durchmesser der Welle aufstecken lässt. Um ein Verschieben bzw. Verrutschen des Zahnrades zu verhindern, wurde die Welle, wie in Abbildung 37 zu erkennen, einseitig mit einem Flansch mit einem Durchmesser 26mm versehen. Das Zahnrad wird somit bis zum Anschlag an den Flansch aufgesteckt und von der anderen Seite mit einem Sicherungsring fixiert. Der Sicherungsring ist nach DIN 471 ausgelegt und wird mittels einer Nut in der Welle montiert. Das Moment wird über eine Passfeder vom Zahnrad auf die Welle übertragen. Die Passfeder wurde nach DIN 6885 ausgelegt. Die Passfeder liegt somit zwischen der Welle und dem Zahnrad bzw. wird von ihnen umschlossen. Dafür muss das Zahnrad mit einer Aussparung und die Welle mit einer Nut versehen werden. Während der Montage wird die Passfeder in die Aussparung der Welle gelegt. Mittels der Aussparung des Zahnrades kann das Zahnrad anschließend auf die Welle gesteckt werden.

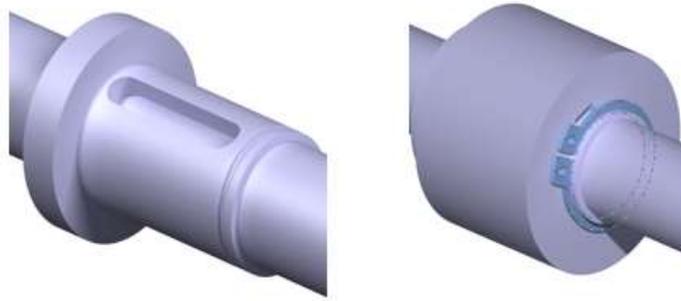


Abbildung 37: Welle (li. ohne Zahnrad, re. mit Zahnrad und Sicherungsring)

Das auf die Welle übertragende Moment muss anschließend auf die Konstruktion weitergeleitet werden. Dafür wird Welle identisch zu den Stützen mit den hinteren Gelenkschenkeln und L-Adaptoren verbunden, sodass sich die gleiche Länge von 546,5mm ergibt. Um die Welle durch die Bohrungen der Gelenkschenkel und L-Adapter stecken zu können, werden die Enden der Welle deckungsgleich zu den Stützen auf einen Durchmesser von 10mm verkleinert. Einzig die Länge der Enden wächst von 20mm auf 35mm, wovon identisch zu den Stützen 20mm mit einem Gewinde versehen werden, welches der Verschraubung mit Muttern dient. Die zusätzlich 15mm zwischen Gewinde im Wellenabsatz sind für Abstandshülsen vorgesehen. Diese übertragen die Drehung der Welle auf die hinteren Viergelenkschenkel. Hierfür sind nochmals Passfedern inklusive Nuten vorgesehen, welche nach DIN 6885 ausgelegt wurden. Die Enden sind in Abbildung 38 dargestellt.



Abbildung 38: Wellenende mit Nut

In Catia V5 wird die Welle identisch zu den Stützen mit der Funktion „Welle“ erstellt. Als Ergebnis werden folgende Parameter zur Steuerung der Welle genutzt:

- Winkel Viergelenkschenkel
- Wellendurchmesser
- Wellendurchmesser Gewinde
- Zahnrad Durchmesser
- Gewindelänge
- Abstand Schenkel Y-Richtung
- Breite Wellengrund Zahnrad

In der Herstellung wird die Welle, wie die Stützen auch, auf die erforderlichen Maße gedreht. Die Nuten für den Sicherungsring und die Passfedern werden anschließend in die Welle gefräst. Abschließend werden die Gewinde in die Enden geschnitten.

### **Abstandshülse**

Die Abstandshülse stellt das Gegenstück zu der Welle in Bezug auf die Passfedern und ist in Abbildung 39 abgebildet. Über die Abstandshülsen wird das Drehmoment der Welle auf die Viergelenkschenkel und damit auf den Adapter zu übertragen. Die Bohrung in der Abstandshülse hat einen Durchmesser von 10mm. Innerhalb der Bohrung ist eine Aussparung für die Passfeder eingearbeitet, sodass die Abstandshülse auf die Welle geschoben werden kann. Der Außendurchmesser ist auf den der Welle angepasst. Die Abstandshülse ist insgesamt 15mm breit. Die Breite setzt sich zusammen aus einer Hülse für die Verbindung zur Welle und einem Block. Über den Block wird das Drehmoment der Welle auf die Viergelenkschenkel übertragen. Er ist auf die zusätzliche Verstärkung der hinteren Viergelenkschenkel angepasst, welche 10mm breit und 15mm hoch ist. Die Abstandshülse wird mit der „Block“ Funktion erstellt. Über die folgenden Parameter wird die Abstandshülse gesteuert:

- Winkel Viergelenkschenkel
- Wellendurchmesser
- Wellendurchmesser Gewinde

Die Abstandshülsen sollen wie die Viergelenkschenkel gefräst und mit einer Bohrung versehen werden. Die Aussparung wird anschließend ebenfalls gefräst.

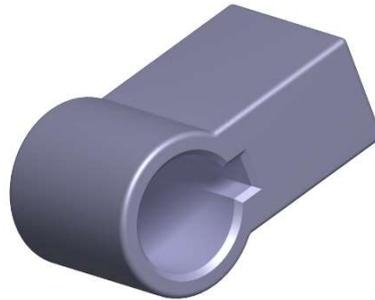


Abbildung 39: Abstandshülse

### **Gleitlagerbuchse**

Die Gleitlagerbuchsen, auslegt nach DIN 1850, befinden sich zwischen der Welle und den Stützen und zwischen den Viergelenkschenkeln und den L-Adaptern. Durch die Gleitlagerbuchsen wird das gleiten/drehen der Bauteile im verschraubten Zustand ermöglicht. Die Gleitlagerbuchse wird über den Parameter „Bohrung Viergelenkschenkel“ gesteuert. Der Außendurchmesser der Buchse beträgt 12,2mm. Die Wandstärke der Buchse beträgt 1mm. Am Ende der Buchse ist ein Absatz von 4mm Höhe, der als Unterlegscheibe dient, integriert. Hier liegt die Mutter bei der Verschraubung von außen auf. Der Volumenkörper wird über die Funktion „Welle“ erzeugt. Die Gleitlagerbuchsen können entweder im Handel zugekauft oder wie die Welle und Stützen gedreht werden.



Abbildung 40: Gleitlagerbuchse

### **Zusammenbau des Sitzkinematikadapters**

Im Folgenden wird beschrieben in welcher Reihenfolge die Einzelteile zu montieren sind. Die Passfeder vom Zahnrad wird in die Nut der Welle gelegt, das Zahnrad wird auf die

Philipp Glüsing Masterarbeit

Welle geschoben und mit dem Sicherungsring gesichert. Die Passfedern Abstandshülse werden die Nuten der Welle gelegt und die Abstandshülsen auf die Welle geschoben. Als nächstes werden die Viergelenkschenkel auf die Welle und Stützen geschoben. Die Verstärkungen zeigen hierbei nach innen. Zudem muss beachtet werden, dass die hinteren Viergelenkschenkel hinten und richtig herum montiert werden. Die Abstandshülsen müssen in die zusätzlichen Verstärkungen greifen. Danach werden Gleitlagerbuchsen von außen in die Bohrungen der L-Adapter geführt und die L-Adapter auf die Wellen und Stützen geschoben und mit der Mutter verschraubt. Wenn der Adapter zusammengebaut ist, kann dieser mit dem Boden fest verschraubt werden und die Sitzschienen des Sitzes können auf dem Adapter montiert werden.

### **Ausblick**

Aktuell ist allen konstruierten Bauteilen das Material Stahl zugeordnet. Der Grund hierfür ist, dass Stahl gegenüber Aluminium kostengünstiger ist. Der Nachteil von Stahl ist das Gewicht. Hier wäre Aluminium die bessere Wahl. Dabei steht dann das Gewicht den Kosten gegenüber. Alle konstruierten Bauteile müssen in einer folgenden Arbeit mit real definierten Lastfällen simuliert und ausgelegt werden. Dabei besteht dann auch die Möglichkeit, die Simulationen mit verschiedenen Materialien durchlaufen zu lassen. Neben der Auslegung der Stabilität des Adapters muss die Übersetzung zwischen Stellmotor und Zahnrad ausgelegt werden. Des Weiteren müssen dann die Positionen der Stellmotoren genau definiert werden.

## 4.4 Konzept der Beinauflage

Ein weiterer essenzieller Bestandteil der Low Gravity- und Entertainment Position ist die vorgesehene Beinauflage. Nach dem der Sitz ausgewählt und der Sitzkinematikadapter entwickelt ist, kann der Platz für eine Beinauflage abgeschätzt werden. Das Ziel ist es, eine Beinauflage zu entwickeln, die alle Bedürfnisse der verschiedenen Perzentile abdeckt. Dabei soll der Unterschenkel bis zum Knöchel abgestützt werden. Um eine Abschätzung der benötigten Maße treffen zu können, werden die Längen der Unterschenkel mit Fuß aus der DIN 3302-2:2005-12 als Referenz genommen. Die Maße vom Knöchel bis zum Boden der einzelnen Perzentile wird abgeschätzt. Daraus ergeben sich die im Anhang G aufgezeigten Anforderungen und Maße, die von der Beinauflage erfüllt werden müssen.

### 4.4.1 Konzeptideen der Beinauflage

Zu Anfang der Entwicklung der Beinauflage wurden die Konzeptideen in Skizzen entwickelt. Hierbei wurden zum einen Konzepte entwickelt, die rein mechanisch mit der Verstellung des Sitzkinematikadapters die Beinauflage ausklappen, zum anderen Konzepte, die mit einem weiteren Stellmotor umgesetzt werden. Hierbei stellte sich schnell heraus, dass eine rein mechanische Lösung nur über das Verfahren des Adapters nicht zielführend und schwer umsetzbar ist. Zum einen wäre die Beinauflage somit im Winkel festgelegt und nicht vom Insassen individuell einstellbar. Zum anderen reicht der Verfahrweg des Adapters nicht aus, um eine Beinauflage in dem geforderten Winkel zu positionieren. Des Weiteren fehlt der Platz unter dem Sitzpolster, um die Beinauflage horizontal zur Sitzfläche unter den Sitz einfahren zu lassen. Daraus hat sich ergeben, dass die Beinauflage in der Fahrposition senkrecht unter dem Sitz verschwinden muss, sodass ein Insasse sein Bein während der Fahrt  $90^\circ$  zur Sitzfläche anwinkeln kann. Um die geforderte Länge der Beinauflage in der Low Gravity- und Entertainment Position zu erreichen und die Beinauflage in der Fahr- und Arbeitsposition unter dem Sitz verschwinden zu lassen, ist eine weitere Anforderung, dass die Beinauflage in den verschiedenen Fahrpositionen unterschiedliche Längen aufweist.

Im Gegensatz zum Sitzkinematikadapter werden nicht alle angedachten Konzepte vorgestellt. Der Grund hierfür ist, dass die angedachten Konzepte nur in Skizzen überlegt wurden und nicht auskonstruiert wurden. Letztendlich wird eine Beinauflage mit einer

Lösung aus mechanischer Lösung mit Stellmotor umgesetzt, die im folgenden Kapitel dargestellt wird.

#### 4.4.2 Funktionsbeschreibung des Beinauflagenkonzeptes

Die Funktion der Beinauflage besteht darin, dass der Insasse in der Low Gravity- und Entertainmentposition wahlweise eine Beinauflage zur Verfügung hat. Die Bewegung der Beinauflage wird über einen Stellmotor umgesetzt, der sich unter dem Sitzkissen befindet. Der Stellmotor ist über zwei Spindelstangen mit dem Sitzgestell verbunden. Die Spindelstangen sind über zwei Aufnahmen am Sitzgestell verschraubt und damit ortsfest. Die Drehung des Stellmotors wird über ein Verstellgetriebe in eine translatorische Bewegung umgesetzt. Das Verstellgetriebe ist mit einer Antriebsschnecke und Spindelmutter verbunden. Die Außenverzahnung der Spindelmutter ist im Eingriff mit der Außenverzahnung der Antriebsschnecke. Die Innenverzahnung der Antriebsschnecke ist im Eingriff mit dem Außengewinde der Spindelstangen [23]. Der Stellmotor ist mit einem Schlitten verschraubt. Hierdurch wird die translatorische Verschiebung des Stellmotors auf die Beinauflage übertragen. Die Verschiebung des Schlittens wird über Verbindungen in Form von Stäben, die mit dem Schlitten und Hebeln an der Beinauflage verbunden sind, auf die Beinauflage übertragen.

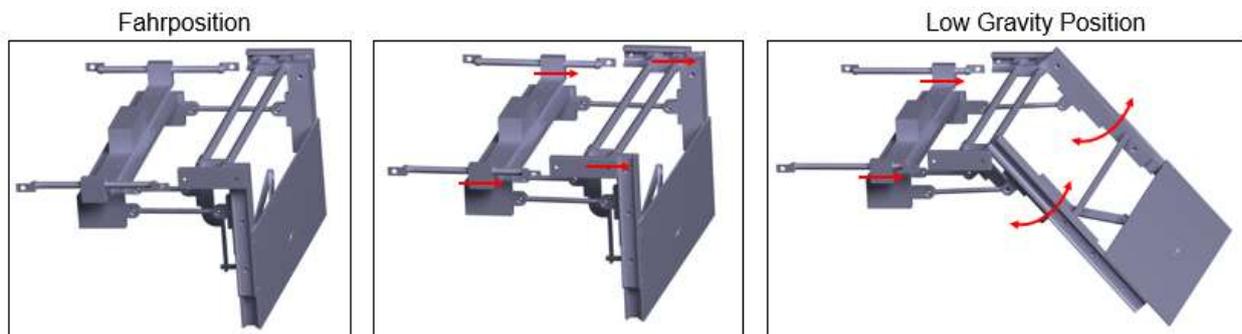


Abbildung 41: Verschiebung der Beinauflage

Die Verschiebung der Beinauflage ist in Abbildung 41: Verschiebung der Beinauflage dargestellt. Die Beinauflage verschiebt sich zunächst um einen definierten Weg horizontal zur Sitzfläche. Hierfür ist die Beinauflage über zwei Schienen, die ebenfalls am Sitzgestell ortsfest befestigt werden, über jeweils zwei Räder pro Seite gelagert. Sobald die Räder auf das Ende der Schienen, den Anschlag, stoßen, wird die Winkelverstellung eingeleitet. Hierbei verfährt der Stellmotor solange weiter, bis die geforderten 130° zur

Sitzfläche erreicht werden. Der Grund für die teils translatorische Bewegung der Beinauflage besteht darin, dass der Drehpunkt der Beinauflage und damit des Polsters nicht am Ende der Sitzfläche liegt und damit die Polsteroberflächen der Beinauflage und der Sitzfläche nicht in einer Flucht liegen würden. Eine Möglichkeit wäre, das Problem mit einem dickeren Polster der Beinauflage zu lösen. Bei dieser Lösung würde die Beinauflage im Fahrmodus allerdings nicht komplett unter dem Sitz verschwinden. Damit die Beinauflage ganz unter dem Sitz einklappen kann, wird daher die teils translatorische Bewegung der Beinauflage im Projekt umgesetzt. Hierbei ist wichtig, dass bei der Auslegung des Systems der Kraftaufwand zur translatorischen Verschiebung kleiner ist, als bei der Winkelverstellung. Ansonsten wäre eine translatorische Bewegung des Systems nicht möglich. Für das Einklappen der Beinauflage funktioniert das System in umgekehrter Richtung. Als Anschlag für die Räder wird hierfür eine Schraube in die Sitzschienen geschraubt.

Wenn die Beinauflage im Winkel verstellt wird, ändert sich abhängig vom Winkel auch die Länge der Beinauflage. Hierfür ist ein Gelenkmechanismus in die Beinauflage integriert. Dieser verursacht, dass die Beinauflage im Fahrmodus senkrecht unter dem Sitz verschwindet und in der Low Gravity- und Entertainment Position bei  $130^\circ$  mit der geforderten Länge zur Verfügung steht. Im eingeklappten Zustand beträgt die Länge der Beinauflage ohne Polster 196mm. Im ausgeklappten Zustand, bei einem Winkel von  $130^\circ$ , beträgt die Länge der Beinauflage ohne Polster 315,5mm. Beim ausklappen wird das Polster so auseinandergezogen bzw. getrennt, dass das Polster unter der Wade möglichst am dicksten ist, da hier die größte Abstützung erfolgt. Bei der Abstützung der Knöchel soll ebenfalls ein Polster vorhanden sein. Zwischen den beiden Polstern wird das Obermaterial gefaltet (eingeklappter Zustand) bzw. auseinandergezogen (ausgeklappter Zustand).

#### **4.4.3 Konstruktionsbeschreibung der Beinauflage**

Der Inhalt dieses Kapitels ist die konstruktive Umsetzung der Beinauflage für das Sitzkonzept des HCC21. Die Konstruktion erfolgt wie bei dem Sitzkinematikadapter parametrisch-assoziativ in CATIA V5. Am Ende werden beide Konstruktionen zusammengeführt. Hierbei werden ebenfalls die Parameter der zwei Konstruktionen miteinander verknüpft.

Der Aufbau der Konstruktion erfolgt wie beim Sitzkinematikadapter (s. 4.3.3.1). Dabei ergeben sich die in Tabelle 6 aufgelisteten Bauteile. Allen Bauteilen ist das Material Stahl zugewiesen, weil Stahl im Vergleich mit Aluminium kostengünstiger ist. Einzig den Rädern und dem Schlitten ist das Material Kunststoff zugewiesen. Dem Stellmotor ist kein Material zugewiesen, da dieser lediglich als Blackbox dargestellt ist. Als Herstellungsverfahren für die Stahlbauteile sind die Verfahren Fräsen und Drehen gewählt, da es sich bei den Bauteilen um Prototypen handelt.

Tabelle 6: Stückliste Beinauflage

Pos	Einheit	Anzahl	Benennung	Material	Norm
1	Stk.	2	Schiene innen	Stahl	
2	Stk.	2	Schiene außen	Stahl	
3	Stk.	6	Rad Schiene Sitzauflage	Polyamid	Ø 15,9 x 3,8
4	Stk.	1	Rahmen	Stahl	
5	Stk.	1	Platte	Stahl	
6	Stk.	1	Hebel Beinauflage	Stahl	
7	Stk.	1	Hebel Gelenk lang	Stahl	
8	Stk.	1	Hebel Gelenk kurz	Stahl	
9	Stk.	1	Aufnahme Gelenk	Stahl	
10	Stk.	2	Halter Sitzschiene	Stahl	
11	Stk.	5	Adapter Verbindung 1	Stahl	
12	Stk.	1	Adapter Verbindung 2	Stahl	
13	Stk.	2	Verbindung Stab Sitzschiene - Schlitten	Stahl	
14	Stk.	2	Verbindung Stab Hebel Beinauflage - Schlitten	Stahl	
15	Stk.	2	Schiene Stellmotor	Stahl	
16	Stk.	4	Rad Stellmotor	Polyamid	Ø 19,9 x 3,8
17	Stk.	2	Abstandshalter Achsen	Stahl	
18	Stk.	2	Achsen	Stahl	
19	Stk.	2	Spindel	Stahl	
20	Stk.	4	Spindelaufnahme	Stahl	
21	Stk.	1	Schlitten	Stahl	
22	Stk.	10	Gleitlagerbuchsen		DIN 1850 - V 3 x 4 x 3,8
23	Stk.	1	Innensechskantschraube (Anschlagschraube)		DIN 912 - M4 x 22
24	Stk.	4	Senkschraube mit Innensechskant (Schiene Stellmotor)		DIN 7991 - M4 x 12
25	Stk.	4	Senkschraube mit Innensechskant (Schiene außen)		DIN 7991 - M4 x 20
26	Stk.	4	Senkschraube mit Innensechskant (Räder Stellmotor)		DIN 7991 - M3 x 20
27	Stk.	2	Senkschraube mit Innensechskant (Hebel - Platte)		DIN 933 - M4 x 25
28	Stk.	6	Mutter		DIN 934 - M4
29	Stk.	4	Senkschraube mit Innensechskant (Platte - Schiene Innen)		DIN 933 - M4 x 6
30	Stk.	6	Mutter		DIN 934 - M5
31	Stk.	12	Unterlegscheibe		DIN 125 Form A - M5
32	Stk.	1	Senkschraube mit Innensechskant (Aufnahme - Platte)		DIN 7991 - M6 x 30
33	Stk.	3	Unterlegscheibe		DIN 125 Form A - M6
34	Stk.	3	Innensechskantschraube (Adapterplatte - Hebel)		DIN 912 - M6 x 10
35	Stk.	8	Senkschraube mit Innensechskant (Blackbox - Schlitten)		DIN 7991 - M4 x 15
36	Stk.	6	Hohl Niet Räder Beinauflage		DIN 7338 C - Ø3
37	Stk.	1	Hohl Niet Hebel		DIN 7338 C - Ø10
38	Stk.	4	Sicherungsring Halter Achsen		Ø10, DIN 471
39	Stk.	1	Stellmotor		

Im Folgenden werden die einzelnen Bauteile der Beinauflage in ihrer Funktionsweise und Dimensionen dargestellt.

### **Stellmotor- und Schlittensystem**

Der Stellmotor ist mitsamt dem in Kapitel 4.4.2 beschriebenen System in der Konstruktion durch eine Blackbox dargestellt. Über die Blackbox ist der Stellmotor mit den Spindelstangen verbunden. Die Spindelstangen sind über jeweils zwei Spindelaufnahmen pro Seite am Sitzgestell des Sitzes geschraubt. Entlang dieser Spindelstangen verschiebt sich der Stellmotor in horizontale Richtung der Sitzgestells. Der Stellmotor ist über einen Rahmen mit einem Schlitten verschraubt. Der Schlitten überträgt die translatorische Bewegung des Stellmotors auf die Beinauflage. Hierfür ist der Schlitten über Streben mit zwei Hebel des Rahmens und einem Hebel des Gelenkmechanismus über eine Schrauben-Mutterverbindung verbunden. Die Spindelstangen haben einen Durchmesser von 8mm und sind 150mm lang. Die Streben haben einen Durchmesser von 6mm. Die Streben, die zur Verbindung mit dem Rahmen dienen, sind 114mm lang, die einzelne Strebe zur Verbindung des Hebels des Gelenkmechanismus ist 72mm lang. Der Schlitten selbst ist wie ein U-Profil aufgebaut. Die Wandstärke des Schlittens beträgt 10mm, die Höhe 40mm und die Breite 50mm. Dabei ist der Schlitten 364mm lang. Die Konstruktion der Beinauflage wird über die Parameter „Winkel Beinauflage“, „Winkel Sitzfläche“ und „Weg Beinauflage“ gesteuert. Durch „Winkel Beinauflage“ wird der Verfahrensweg des Stellmotors gesteuert und damit auch die Längenänderung der Beinauflage, was die Winkelverstellung der Beinauflage zufolge hat. Der Winkel der Beinauflage bezieht sich auf die Sitzfläche. Der Parameter „Winkel Sitzfläche“ simuliert den vorgeschriebenen Winkel der Sitzfläche in der Low Gravity- und Entertainment Position. Durch den Parameter „Weg Beinauflage“ ist der Weg definiert, um den die Beinauflage verschoben wird, bevor die Winkelverstellung eintritt. Die Volumenkörper der Streben wurden mit der Funktion „Welle“ erzeugt. Die weiteren Volumenkörper wurden mit der Funktion „Block“ erzeugt. Für den Schlitten ist vorgesehen, dass dieser als Kunststoffprofil 3D-gedruckt wird, da Kunststoff eine deutliche Gewichtsreduzierung gegenüber Stahl oder ähnlichem bedeutet. Die Blackbox wurde von der Längsverstellung von Fahrzeugsitzen abgeguckt und wird zugekauft und auf die erforderlichen Maße angepasst. Die Spindelstangen und Streben werden ebenfalls zugekauft und auf die geforderten Längen angepasst werden. Die Spindelstangenaufnahmen werden im Einzelherstellungsverfahren gefräst. In Abbildung 42 ist der Zusammenbau des Schlittensystems dargestellt.

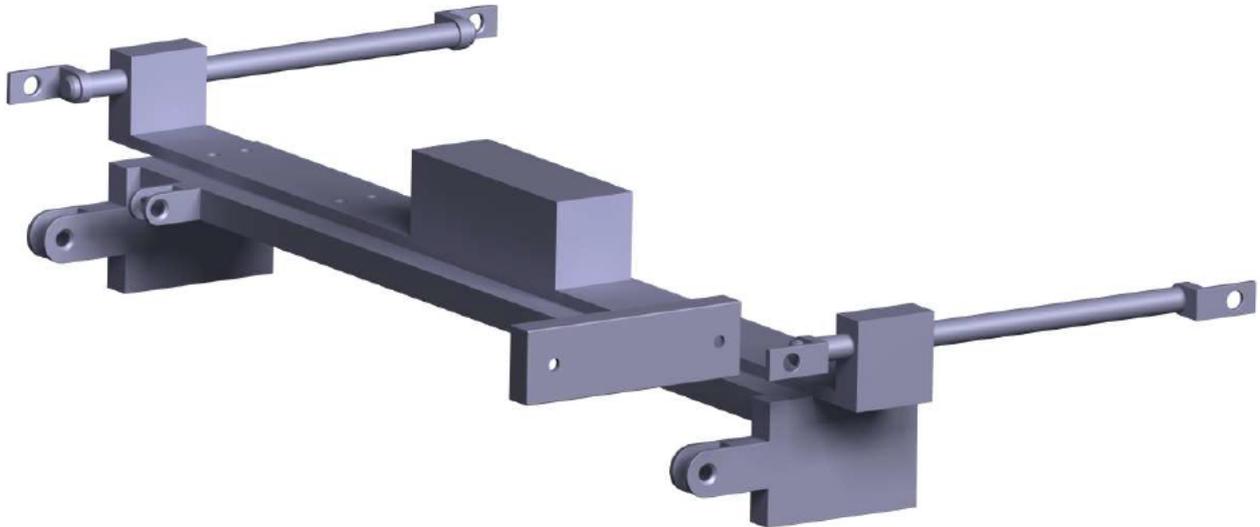


Abbildung 42: Schlittensystem

### Schienenysteme

Für die Beinauflage werden zwei verschiedene Schienen verwendet. Zum einen das Schienensystem, das zur translatorischen Verschiebung der Beinauflage in horizontaler Richtung zur Sitzfläche vorgesehen sind (s. Abbildung 43). Hierbei verfährt die Beinauflage mit Hilfe von zwei Rädern innerhalb der Führung der Schiene. Für die Schrauben der Räder ist eine kleine Nut innerhalb der Führung der Schiene vorgesehen. Zudem befindet sich auf der Unterseite der Schienen eine Bohrung, auf der Oberseite eine Sacklochbohrung mit Gewinde. Hier wird eine M4 Schraube, die als Anschlag der Beinauflage für den Einklappvorgang vorgesehen ist, eingeschraubt. Auf der Vorderseite schließt das Profil ab, damit die Beinauflage nach der Verschiebung beim Ausklappvorgang auf einen Anschlag trifft und somit die Winkelveränderung eingeleitet wird. Die Länge der Schiene beträgt 79mm. Die Höhe der Schienen beträgt 24mm. Dabei ist die Führung, in der die Räder verfahren, 20mm hoch, 3,8mm breit und durch den integrierten Anschlag an der Vorderseite der Schiene 79mm lang. Die zusätzliche Nut für die Verschraubung der Räder ist 8mm hoch und 1,2mm breit. Der Abstand der Räder zueinander beträgt 30mm. Die Räder haben einen Durchmesser von 19,9mm und eine Wandstärke von 3,8mm. Zudem sind die Räder mit einer 4mm Bohrung versehen. Innerhalb der Bohrung ist eine Gleitlagerbuchse integriert sein, damit ein rollen/drehen ermöglicht wird. Über die Bohrungen werden die Räder mit den Achsen verschraubt. Neben der Bohrung ist ein Absatz zur Innenseite an den Rädern integriert, um den Kontakt von der Welle mit der Schiene auszuschließen.



Abbildung 43: Schienensystem zur Verschiebung der Beinauflage

Zum anderen das Schienensystem, das zur Verlängerung der Beinauflage gedacht ist (s. Abbildung 44). Das System besteht aus einer inneren und einer äußeren Schiene. Mit der inneren Schiene sind auf beiden Seiten jeweils drei Räder über Hohlmuttern beweglich verbunden. Das System ist so ausgelegt, dass sich immer zwei Räder innerhalb der äußeren Schiene, der Führungsschiene, befinden. Dadurch wird ein abklappen der Beinauflage verhindert. Zudem ist die innere Schiene mit einer Platte, die mit dem Gelenkmechanismus verbunden ist, verschraubt. Hierdurch wird das Verschieben der beiden Schienen zueinander durch den Gelenkmechanismus umgesetzt. Die innere Schiene ist 160mm und 21mm hoch. Dabei beträgt die Wandstärke 2mm. Im Bereich, an dem die Räder aufgenommen werden, ist die Schiene nach innen gewölbt und hat eine Wandstärke von 3,5mm. Zum verschrauben der Platte sind Bohrungen mit einem Durchmesser von 3mm in die Schiene von oben eingearbeitet. Die äußere Schiene ist fest mit dem Rahmen der Beinauflage verschraubt und ist 196mm lang, 20mm hoch und hat eine Wandstärke von 2mm. Für die Verschraubung mit dem Rahmen sind M4 Senkschrauben mit Innensechskant nach DIN 7991 vorgesehen. Hierfür ist eine Fase innerhalb der Schiene eingearbeitet, damit es beim Verfahren der Beinauflage nicht zu einem Blockieren der Räder kommt. Die Führung für die Räder ist 4mm breit und 16mm hoch. Die Räder haben einen Durchmesser von 15,9 mm bei einer Wandstärke von 3,8mm. Zusätzlich sind die Räder mit einer 4mm Bohrung versehen, um die spätere Vernietung zu gewährleisten. Auch hier sind Gleitlagerbuchsen in den Bohrungen der Räder integriert. Die Volumenkörper der beiden Schienen und der Räder mit der Funktion „Block“ erzeugt. Für die einzelnen Bauteile ist vorgesehen, dass die Schienen gefräst werden. Die Räder werden vorzugsweise aus Kunststoff gefertigt werden. Hierbei bietet sich ebenfalls das 3D-Druckverfahren an.

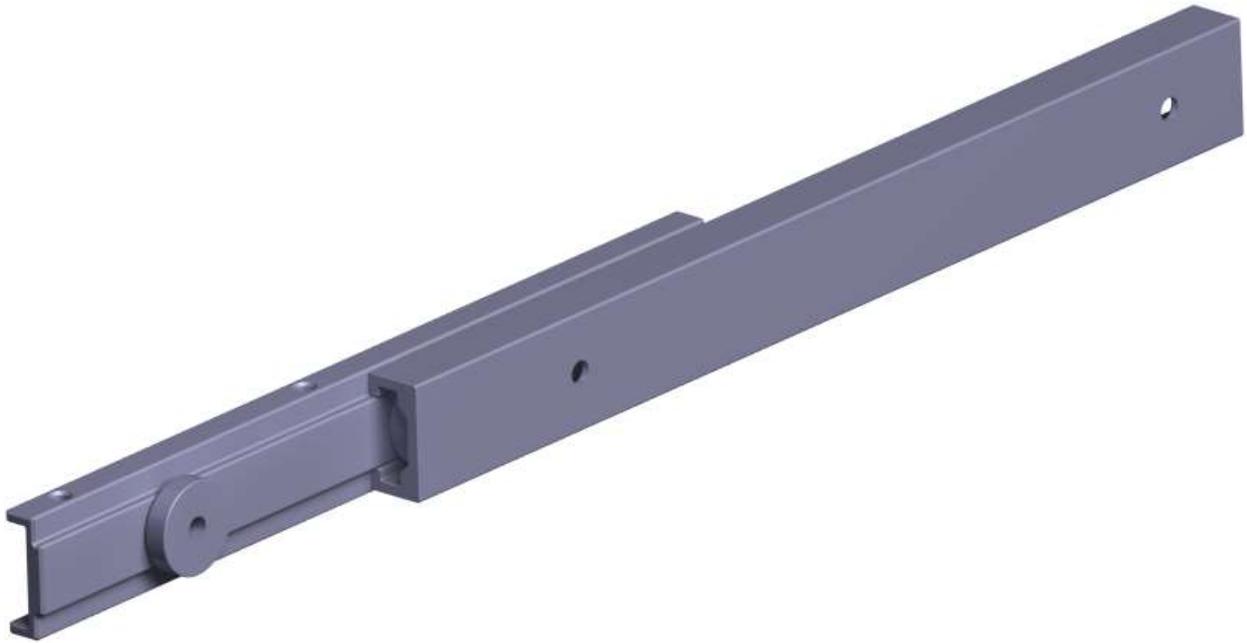


Abbildung 44: Schienensystem zur Verlängerung der Beinauflage

## Rahmen

Der Rahmen (s. Abbildung 45) besteht aus zwei Längsstreben, einer Querstrebe, einer Adapterplatte, sowie einem Hebel. Dabei erfüllt der Rahmen mehrere Funktionen. Zum einen hat er die Funktion, die äußeren Schienen der Beinauflage über die Längsstreben aufzunehmen. Die Längsstreben sind 180mm lang, 20mm hoch und 10mm breit. Die Querstrebe verbindet die Längsstreben und stabilisiert den Rahmen. Dabei ist die Querstrebe 8mm hoch, 5mm breit und 344mm lang. Zum anderen wird über die integrierte Adapterplatte die Verlängerung der Beinauflage durch den Gelenkmechanismus eingeleitet. Die Adapterplatte ist mit einer Bohrung versehen. Über die Bohrung wird ein Hebel, Hebel 2, des Gelenkmechanismus mit dem Rahmen verbunden. Durch die Position der Bohrung in der Adapterplatte wird der Drehpunkt dieses Hebels bestimmt. Die Adapterplatte ist 60mm breit, 60mm lang und hat eine Wandstärke von 4mm. An den Längsstreben sind auf beiden Seiten jeweils ein Hebel und eine Aufnahme integriert. Durch die Aufnahmen ist der Rahmen über die Streben mit dem Schlitten verbunden. Die Aufnahmen sind mit einer Bohrung von 5mm versehen. Durch die Hebel, die mit einer Bohrung von 10,2mm versehen sind, ist die Beinauflage mit der vorderen Achse verbunden. Erstellt wurden die Volumenkörper über die Funktion „Block“. Die Längsträger, Querstrebe und Adapterplatte werden aus Stahlblechen zugeschnitten werden. Die Adapterplatte und die Querstrebe werden mit den

Längsträgern verschweißt. Hierdurch stellt sich die Herstellung der Längs- und Querstreben, sowie dem Adapter als einfach dar. Die Hebel dagegen werden gefräst und mit dem Rahmen verschweißt.



Abbildung 45: Rahmen Beinauflage

### Gelenkmechanismus

Der Gelenkmechanismus (s. Abbildung 46) hat die Funktion, die Beinauflage in der Länge, je nach Winkelverstellung, zu ändern. Dabei besteht der Gelenkmechanismus aus drei Hebeln, einer Aufnahme und einer Platte. Der erste Hebel ist mit dem Schlitten über eine Strebe verbunden und auf die hintere Achse des Schienensystems des Stellmotors geschoben. Durch die Strebe wird die Translation des Stellmotors auf die Beinauflage und damit auf den Hebel übertragen. Der Hebel ist am unteren Ende mit einer Bohrung versehen. Durch diese Bohrung führt ein Stift eines zweiten Hebels. Der zweite Hebel ist über die Bohrung der Adapterplatte mit dem Rahmen verbunden und hat an diesem Punkt, wie beim Rahmen beschrieben, seinen Drehpunkt. Am Ende des zweiten Hebels ist ein dritter Hebel verschraubt, der die Verbindung, über eine Aufnahme zur Platte herstellt. Der zweite Hebel ist mit der Adapterplatte beweglich verschraubt. Der Hebel zwei und drei sind über eine Hohlriet beweglich miteinander verbunden. Die Drehpunkte des Gelenkmechanismus und des Rahmens sind unterschiedlich. Durch die unterschiedlichen Drehpunkte ändert sich der Weg der Bohrung des Hebels zum Rahmen. Hierdurch wird über den Stift des zweiten Hebels der Winkel von diesem verändert. Durch die Winkelveränderung wird die Verlängerung bzw. Verkürzung der Beinauflage über den Gelenkmechanismus und das Schienensystem umgesetzt. Die Längenänderung der Beinauflage ist damit von mehreren Faktoren abhängig. Der

erste Hebel hat eine Wandstärke von 10mm. Er ist aus zwei Profilen zusammengesetzt. Das erste Profil bildet eine Art Haken. Der Haken ist 87mm lang. Der Innenradius beträgt 2,764mm, der Außenradius 17,764mm. Am Ende des Hakens ist ein einfaches Vierkantprofil mit dem Haken verbunden. Dieses ist 70mm lang. Am unteren Ende ist das Vierkantprofil mit einer 6mm Bohrung versehen, durch die der Stift vom zweiten Hebel durchgesteckt wird. Der zweite Hebel ist 187mm lang und hat eine Wandstärke von 3mm. Zudem ist der Hebel mit zwei Bohrungen versehen. Die erste Bohrung ist zur Verbindung des Hebels mit der Adapterplatte vorgesehen. Der Durchmesser dieser Bohrung beträgt 6mm. Die Zweite Bohrung ist zur Nietverbindung mit dem dritten Hebel vorgesehen. Der Durchmesser der Bohrung beträgt an dieser Stelle für den zweiten und dritten Hebel 10mm. Der dritte Hebel ist 85mm lang und hat ebenfalls eine Wandstärke von 3mm. Am Ende des Hebels ist eine Bohrung zur Verbindung mit der Aufnahme zur Platte vorgesehen. Diese Bohrung hat einen Durchmesser von 8mm. Die Aufnahme selbst ist 40mm lang, 15mm breit und hat eine Höhe von 17,5mm. Um die Aufnahme mit dem dritten Hebel zu verbinden ist in der Aufnahme ebenfalls mittig eine Bohrung mit einem 8mm Durchmesser vorgesehen. Um die Aufnahme mit der Platte zu verbinden, sind in der Aufnahme und in der Platte jeweils zwei Bohrung mit einem Durchmesser von 4mm vorgesehen. Die Platte hat eine Wandstärke von 3mm, ist 120mm hoch und 396mm breit. Die Volumenkörper des Gelenkmechanismus wurde alle mit der Funktion „Block“ erzeugt. Vorgesehen ist, dass die einzelnen Komponenten gefräst werden. Die Platte wird aus einem Stahlblech auf die erforderlichen Maße gebracht.



Abbildung 46: Gelenkmechanismus

## Achsen

Die Achsen (s. Abbildung 47) haben die Aufgabe, den Rahmen und die Hebel der Beinauflage aufzunehmen und damit beweglich über die Räder zu lagern. Über Abstandshalter wird der Abstand der beiden Achsen gesteuert. An den Enden haben die Achsen Bohrungen, damit die Räder der Schienen des Stellmotors an die Achsen geschraubt werden können. Auf den Achsen selbst sind Nuten integriert, über die die Abstandshalter und Hebel mit Sicherungsringen gesichert werden. Die Länge der Achsen beträgt 397mm, der Durchmesser 10mm. Die Bohrungen an den Enden der Achsen sind mit einem M3 Innengewinde versehen. Die Wandstärken der beiden Abstandshalter betragen 5mm, die Längen 44mm. Die Abstandshalter weisen unterschiedliche Formen auf. Der Grund hierfür ist, dass auf einer Seite der Hebel vom Gelenkmechanismus integriert ist. Auf dieser hat der Abstandshalter eine Z-Form. Hier ist die Wandstärke seitenverkehrt um 9mm erhöht. Die Achsen wurden über die Funktion „Welle“ erzeugt. Der Abstandshalter über die Funktion „Block“. Die Achse wird auf die geforderten Maße gedreht und anschließend mit den Nuten und der Bohrung versehen. Die Abstandshalter werden gefräst.

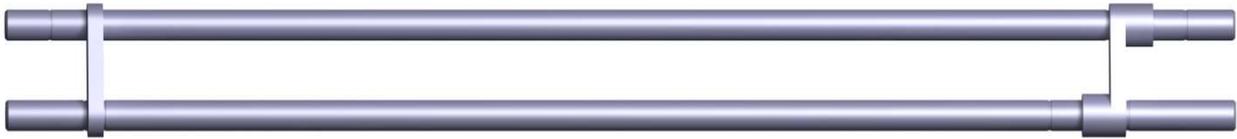


Abbildung 47: Achsen Beinauflage

### Gesamtkonstruktion der Beinauflage



Abbildung 48: ZB Beinauflage in Low Gravity Position

In der Abbildung 48 ist die zusammengebaute Konstruktion der Beinauflage dargestellt. Dabei ist der Zusammenbau der Beinauflage wie folgt angedacht. Die Konstruktion besteht aus zwei Teilen die separat aufgebaut und über die Streben miteinander verbunden werden. Der Stellmotor wird über den in der Blackbox vorgesehenen Rahmen mit dem Schlitten verschraubt. Die Spindelstangen werden in die Spindelmuttern gedreht und positioniert. An den Enden werden die Spindelaufnahmen auf die Spindelstangen gedreht. Die Spindelstangenaufnahmen werden mit dem Sitzgestell verschraubt.

Die äußeren Schienen der Beinauflage werden mit dem Rahmen der Beinauflage verschraubt. Auf die vordere Achse werden die Abstandshalter geschoben und die Achse wird durch die Hebel des Rahmens geführt. Die beiden vorgesehenen Räder werden mit der Achse verschraubt. Auf die zweite Achse wird der erste Hebel der Beinauflage gesteckt. Danach werden die Abstandshalter, die sich an der ersten Achse befinden auf die Achse geschoben und die anderen beiden vorgesehenen Räder werden mit der Achse verschraubt. Danach werden die Abstandshalter und der Hebel über die Sicherungsringe gesichert. Die Hebel und die Aufnahme des Gelenkmechanismus werden verschraubt und über den zweiten Hebel mit dem Rahmen durch eine Verschraubung und über den Stift mit dem ersten Hebel der Beinauflage verbunden. Die Platte wird mit den inneren

Schienen und verschraubt und danach mit der Aufnahme des Gelenkmechanismus mit Schrauben verbunden. Die kurzen Schienen des zur translatorischen Bewegung der Beinauflage werden mit dem Sitzgestell verschweißt. Die zusammengebaute Beinauflage wird über die Räder in die Schienen geführt und beiden Seiten jeweils mit einer Schraube gesichert. Zuletzt werden die Beinauflage und der Schlitten über die Streben miteinander verbunden.

### **Ausblick**

Wie beim Sitzkinematikadapter, muss die Konstruktion der Beinauflage mit Hilfe von definierten Lastfällen simuliert und ausgelegt werden. Hierbei sollte die Beinauflage mit verschiedenen Materialien simuliert werden. Die Ergebnisse müssen miteinander verglichen werden und danach den Kosten gegenübergestellt werden. Wie auch bei der Sitzkinematik muss der Stellmotor ausgelegt und genau positioniert werden, sodass es zu keiner Kollision in den verschiedenen Positionen und beim Verfahren mit anderen Bauteilen kommt.

## 4.5 Zusammenbau Sitzkinematikadapter und Beinauflage

In der Abbildung 50 und Abbildung 49 sind der Zusammenbau des Sitzkinematikadapters und der Beinauflage in der Fahrposition und der Low Gravity Position dargestellt. Zu Darstellungszwecken wurde eine konventionelle Sitzverstellung, wie sie in Fahrzeugsitzen verbaut ist, konstruktiv angedeutet. Dabei sind die Höhen- und Winkelverstellung angedeutet, sowie auch die Anbindung des Sitzgestells an die Sitzschienen.

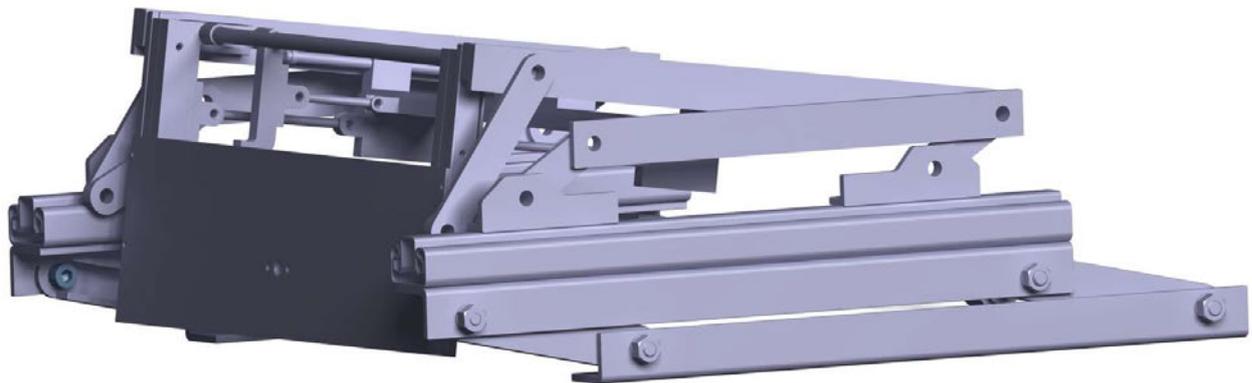


Abbildung 50: ZB Sitzkinematikadapter + Beinauflage Fahrmodus



Abbildung 49: Sitzkinematikadapter + Beinauflage Low Gravity Position

Hierbei ist zu erkennen, wie die Verbindungen der einzelnen Konstruktionen miteinander funktionieren. Der Sitz ist über die Sitzschiene mit dem Sitzkinematikadapter verbunden. Die Beinauflage wird mit dem Sitzgestell verbunden. Die Verstellungen des Sitzkinematikadapters und der Beinauflage sind rein konstruktiv voneinander getrennt.

Diese müssen über die Programmierung der Stellmotoren aufeinander abgestimmt werden. Hierzu sind Ablaufdiagramme der Bedienung des Sitzes und der damit einhergehenden Verstellung des Sitzes in Anlage H und Anlage I angedacht. Diese müssen noch detailliert ausgearbeitet werden.

## **4.6 Kostenabschätzung der Gesamtkonstruktion**

Die Kosten für die Konstruktion lassen sich mit dem derzeitigen Stand schwer bis gar nicht abschätzen, da noch zu viele offene Punkte existieren. Zum jetzigen Zeitpunkt ist unklar, ob die Sitze von der VW AG Nutzfahrzeuge gesponsort werden oder doch zugekauft werden. Zudem müssen noch einige Änderung bei der Anpassung der Konstruktion an die Sitzdaten vorgenommen werden. Die Konstruktion muss noch simuliert und final ausgelegt werden. Dabei können sich Bauteile ändern oder rausentschieden werden. Das Material muss mit der Auslegung festgelegt werden. Damit Herstellungskosten der einzelnen Bauteile abgeschätzt werden können, müssen alle Bauteile der Konstruktion ausgelegt sein. Die Stellmotoren müssen abgestimmt und programmiert werden. Die Zukaufteile wie Schrauben, Muttern, Unterlegscheiben und Stellmotoren können Kostentechnisch aufgelistet werden, ist aber an dieser Stelle nicht zielführend. Aus den genannten Gründen kann in dieser Arbeit keine Kostenabschätzung gemacht werden.

## 5. Fazit und Ausblick

Das HCC21 bietet dem Insassen vier verschiedene Sitzpositionen, die in den verschiedenen Fahrmodi eingenommen werden können. Hierfür wurde zunächst ein Gesamtbild über die Verstellmöglichkeiten und Ausstattungen gegeben, die in Sitzen heutiger Fahrzeuge verbaut werden. Außerdem wurden die für diese Masterarbeit relevanten Projektstände zum HCC21 bezüglich der vier Sitzpositionen, Platzangebot, Sicherheitskonzept und bisherigen Studienarbeiten erfasst und dokumentiert. Auf dieser Grundlage konnten dann die Perzentile im Fahrzeug positioniert sowie die Sichten und Erreichbarkeiten geprüft werden. Um eine anforderungsgerechte Lösung entwickeln und umsetzen zu können, musste vorab ein Sitzentscheid getroffen werden. Dieser konventionelle Sitz galt es dann so zu erweitern, dass die geforderten Positionen in den vorgegebenen Winkeln erreicht werden können. Für diese Erweiterung der Sitzkinematik wurden verschiedene Lösungsansätze vorgestellt und bewertet. Die optimale Gesamtlösung für das HCC21 stellte danach ein Sitzkinematikadapter zur Verschiebung des Sitzverstellfeldes in Kombination mit einer individuell ausklappbaren Beinauflage dar. Diese Lösung wurde entwickelt und anschließend konstruktiv in CATIA V5 umgesetzt. Aus Darstellungszwecken wurde ein Sitzgestell konstruktiv angedeutet.

Die Konstruktionen erfüllen, auf Grundlage der gegebenen Datenverfügbarkeit, die vom HCC21 und der Aufgabenstellung gestellten Anforderungen. Der Sitzkinematikadapter verschiebt das Sitzverstellfeld des Sitzes, sodass die Low Gravity- und Entertainment Position von allen Perzentilen eingenommen werden können. Die Beinauflage befindet sich im Fahrmodus senkrecht unter dem Sitz. Sobald das Fahrzeug sich im autonomen Fahrmodus befindet und die Low Gravity- oder Entertainmentposition angewählt wird, steht die Beinauflage den Insassen flexibel zur Verfügung. Je größer der Winkel zwischen Sitzfläche und Beinauflage ist (Winkelbetrachtung von unten), desto länger ist die Beinauflage. Damit ist gewährleistet, dass die Beinauflage während der Fahrt unter dem Sitz eingeklappt ist und im autonomen Fahrmodus den Insassen in geforderter Länge zur Verfügung steht. Hierbei kann die Beinauflage individuell, bis zu einem Winkel von 130° von den Insassen verstellt werden.

Der entschiedene Sitz ist der VW Multivan T6 Sitz. Bis zum Ende der Arbeit waren keine konkreten und für diese Arbeit relevanten Daten von dem Sitz vorhanden, sodass die Konstruktion auf empirisch erhobenen Daten beruht. Für eine problemlose Weiterarbeit

wurden dementsprechend folgende Aufgaben für ein Anschlussprojekt oder den Showcarbauer definiert. In den Konstruktionen muss eine exakte Positionierung des Sitzes auf dem Sitzkinematikadapter und der Beinauflage an dem Sitzgestellt erfolgen. In Bezug auf die Beinauflage muss des Weiteren das Polster ausgelegt werden. Die Konstruktion wurde größtenteils parametrisch assoziativ aufgebaut, sodass Änderung bei verfügbaren Sitzdaten schnell eingearbeitet werden können.

Nach dieser Anpassung müssen die Stellmotoren so positioniert werden, dass es zu keiner Kollision mit anderen Bauteilen kommt. Alle vorhandenen Stellmotoren, welche dem Verfahren der Sitze dienen, müssen aufeinander abgestimmt werden, sodass die verschiedenen Positionen über die Memoryfunktionen zu programmieren sind. Dabei sind die exakten Verfahrswege von großer Bedeutung. Erste Ablaufpläne zur Verstellung und Bedienung des Sitzes sind in Anhang H und Anhang I hinterlegt. Neben der Anpassung der Daten und der Programmierung und Auslegung der Stellmotoren müssen die Konstruktionen über definierte Lastfälle simuliert werden. Vor allem die Stabilität des Sitzkinematikadapters in Y-Richtung bedarf hier einer genauen Prüfung. Aus Sicherheitsgründen muss im HCC21 ein GIS verbaut werden. Sobald genaue Daten vorliegen, muss hierfür das Package geplant werden. Da das HCC21 ein Showcar ist, reicht eine Andeutung eines GIS. Zu guter Letzt wird der Sitz mitsamt den vorgestellten Konstruktionen im Fahrzeug positioniert, sodass ein stimmiges Sitzkonzept umgesetzt wurde.

## 6. Literaturverzeichnis

- [1] R. Zenk, *Objektivierung des Sitzkomforts und seine automatische Anpassung*, München: Technische Universität München, 2008.
- [2] H.-D. Stucke, *Karosseriekonstruktion 1 - Fahrzeugsitze*, Hamburg, 2018.
- [3] T. Bartscher, „Ergonomische Arbeitsbedingung,“ 14 02 2018. [Online]. Available: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/ergonomische-arbeitsbedingungen-52603/version-275727>. [Zugriff am 15 04 2020].
- [4] A. Spormann, *Fahrzeugsitz Design Entwicklung und Produktion*, Neuburg/Donau, 2013.
- [5] H. Bubb, K. Bengler, R. E. Grünen und M. Vollrath, *Automobilergonomie*, Springer Verlag, 2015.
- [6] W. Arndt, *Sitzentwicklung für ein Fahrzeugderivat*, Hamburg, 2019.
- [7] J. Grabner und R. Nothaft, *Konstruieren von Pkw-Karosserien*, Berlin: Springer Verlag, 2005.
- [8] J. Friedhoff, *Package & Ergonomie*, Hamburg, 2019.
- [9] *Society of Automotive Engineers: SAE J826 - Devices for Use in Defining and Measuring Vehicle Seating Accommodation*, 2008.
- [10] *Society of Automotive Engineers: SAE J4002 - H-Point Machine (HPM-II) Specifications and Procedure for H-Point Determination - Auditing Vehicle Seats*, 2010.
- [11] *Society of Automotive Engineers: SAE J4004 - Positioning the H-Point Design Tool - Seating Reference Point and Seat Track Length*, 2008.
- [12] *Society of Automotive Engineers: SAE J1100 Revised SEP 2500 - Motor Vehicle Dimensions*, 2005.
- [13] *Society of Automotive Engineers: SAE J1516 - Accommodation Tool Reference Point*, 2009.
- [14] *Society of Automotive Engineers: SAE J1517 - Driver Selected Seat Position*, 2009.
- [15] H.-H. Braess und U. Seiffert, *Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik*, Wiesbaden: Springer Vieweg, 2013.

- [16] H.-D. Stucke, *Karosseriekonstruktion 1 - Sicht aus dem Fahrzeug 1*, Hamburg, 2018.
- [17] J. Friedhoff, *Einführung in die Karosseriekonstruktion*, Hamburg, 2017.
- [18] W. Lange und A. Windel, *Kleine ergonomische Datensammlung*, Köln: Tüv Media GmbH, 2011.
- [19] F. Kramer, *Passive Sicherheit von Kraftfahrzeugen*, Wiesbaden: Vieweg, 2006.
- [20] H. Hamburg, *Projektstand Hamburg Concept Car 2021*, Hamburg, 2018.
- [21] F. E. Mount, *Evaluation of Neutral Body Posture on Shuttle Mission STS-57 (SPACEHAB-1)*, Houston: NASA, 2003.
- [22] T. Brandt, *Vertigo: Its Multisensory Syndromes*, London: Springer, 1991.
- [23] B. F. G. & C. KG, „Spindelantrieb für eine Sitzlängsverstellung eines Kraftfahrzeugsitzes“. Deutschland Patent EP2505424A1, 11 Februar 2010.
- [24] M. Hilgers, *Getriebe und Antriebsstrangauslegung*, Wiesbaden: Vieweg, 2016.
- [25] T. Bromann, *Konstruktion eines Sitzes für das Projektfahrzeug e-CO*, Hamburg, 2019.
- [26] Faurecia Autositze GmbH & Co. KG, *Explosionszeichnung Taumelbeschlag*, Stadthagen.
- [27] Induux International, „<https://wiki.induux.de/Hauptseite>,“ [Online]. Available: <https://wiki.induux.de/Planetengertriebe>. [Zugriff am 3 Januar 2020].
- [28] Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.) (DIN ISO 9241-5:1998-08, 1998):DIN ISO 9241-5:1998, *Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeit mit Bildschirmgeräten; Teil 5: Anforderungen an Arbeitsplatzgestaltung und Körperhaltung (ISO 9241-5:1999)*, Berlin: Beuth-Verlag, 2019.

## 7. Anhang

### Anhang A: Planetengetriebe

Planetengetriebe, auch Umlaufrädergetriebe genannt, haben die Funktion, Drehmomente aufzunehmen und umzuwandeln und zeichnen sich durch ihren hohen Wirkungsgrad [24]. Ein Planetengetriebe ist wie folgt aufgebaut (s. Abbildung 51). In der Mitte befindet sich das Sonnenrad, welches den Antrieb darstellt und eine gestellfeste Achse besitzt. Das Sonnenrad überträgt seine Bewegung auf die umlaufenden Planetenräder, welche auf einem Planetenträger oder in einem Planetengehäuse über Achsen angeordnet sind. Die Planetenräder laufen auf einer Umlaufbahn in einem Getriebegehäuse mit Innenverzahnung, was auch Hohlrade genannt wird. Das Getriebegehäuse ist mit der Antriebswelle verbunden und stellt die Kraftübertragung am Abtrieb sicher [24].

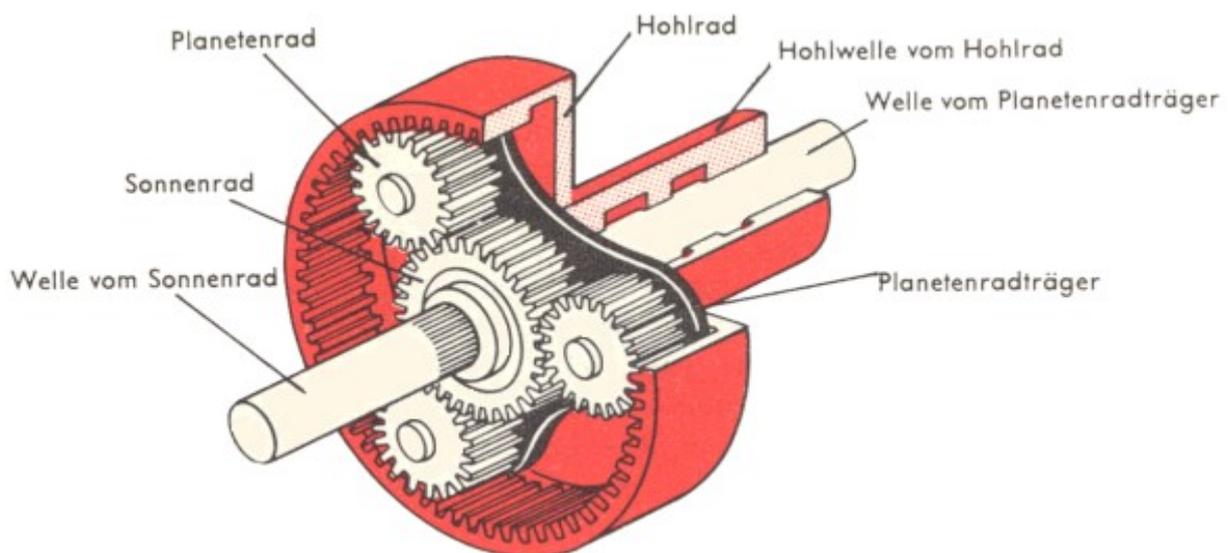


Abbildung 51: Planetengetriebe [27]

Bei der Übersetzung unterscheidet man zwischen der Standübersetzung und der Umlaufübersetzung.

Eine Standübersetzung kommt bei einem einfachen Planetengetriebe vor. Es ist aus zwei laufenden Zentralwellen, dem Sonnen- und Hohlrade und einer stillgelegten Welle (dem Gestell) zusammengesetzt. Entweder ist die stillgelegte Welle fest mit dem Gehäuse verbunden oder wird zum Beispiel durch eine Bremse fixiert. Das Sonnenrad überträgt die Kraft auf die Planetenräder, welche die Kraft gemeinsam auf das Hohlrade übertragen. Je mehr Zahnräder ineinandergreifen, desto höher ist das Drehmoment.

Im Gegensatz zur Standübersetzung sind bei der Umlaufübersetzung das Sonnenrad und die Planetenräder die drehenden Getriebeglieder. Das Hohlrاد steht still und bildet das Gestell. Hierbei umlaufen die Planetenräder das Sonnenrad. Hierdurch können höhere Übersetzungen als beim Standgetriebe realisiert werden.

Die Vorteile des Planetengetriebes liegen in seiner kompakten Bauweise, der Möglichkeit hohe Drehmomente zu übertragen, der Realisierung geräuscharmer Laufpegel und darin, dass Gänge ohne Kraftfluss geschaltet werden können, da keine Herstellung eines Gleichlaufs benötigt wird. Durch die kompakte Bauweise müssen jedoch aufwändige Bauweisen entwickelt werden und durch die den Einsatz von mehreren Zahnrädern ist die Verlustanfälligkeit höher.

Die Übersetzungen, wenn ein Element fest ist, berechnen sich wie in Tabelle 7 dargestellt. Dabei gibt  $i$  die resultierende Übersetzung an.  $\omega$  steht für die Winkelgeschwindigkeiten der Eingangs- und Ausgangswellen. Diese können auch mit den Drehzahlen  $n$  angegeben werden.

Tabelle 7: Berechnungen Übersetzung Planetengetriebe [24]

	Eingang	Ausgang	Gestell (fest)	Übersetzung $\frac{\omega_{\text{Eingang}}}{\omega_{\text{Ausgang}}}$	Bemerkung
a)	Sonne	Steg	Hohlrاد	$i = 1 + \frac{z_{\text{Hohlrاد}}}{z_{\text{Sonne}}}$	
b)	Sonne	Hohlrاد	Steg	$i = -\frac{z_{\text{Hohlrاد}}}{z_{\text{Sonne}}}$	
c)	Steg	Sonne	Hohlrاد	$i = \frac{1}{1 + \frac{z_{\text{Hohlrاد}}}{z_{\text{Sonne}}}}$	Umkehrung von a)
d)	Steg	Hohlrاد	Sonne	$i = \frac{1}{1 + \frac{z_{\text{Sonne}}}{z_{\text{Hohlrاد}}}}$	
e)	Hohlrاد	Sonne	Steg	$i = -\frac{z_{\text{Sonne}}}{z_{\text{Hohlrاد}}}$	Umkehrung von b)
f)	Hohlrاد	Steg	Sonne	$i = 1 + \frac{z_{\text{Sonne}}}{z_{\text{Hohlrاد}}}$	Umkehrung von d)

## Anhang B: Taumelbeschlag

In der Abbildung 52 ist die Explosionszeichnung eines Taumelbeschlags der Firma Faurecia Autositze GmbH und Co. KG dargestellt. Über diesen Aufbau werden zum einen die notwendigen Übersetzungsverhältnisse realisiert, um die Sitzneigung per Hand zu verstellen. Zum anderen wird mit diesem Aufbau eine Sicherheit im Falle eines Unfalls hergestellt.

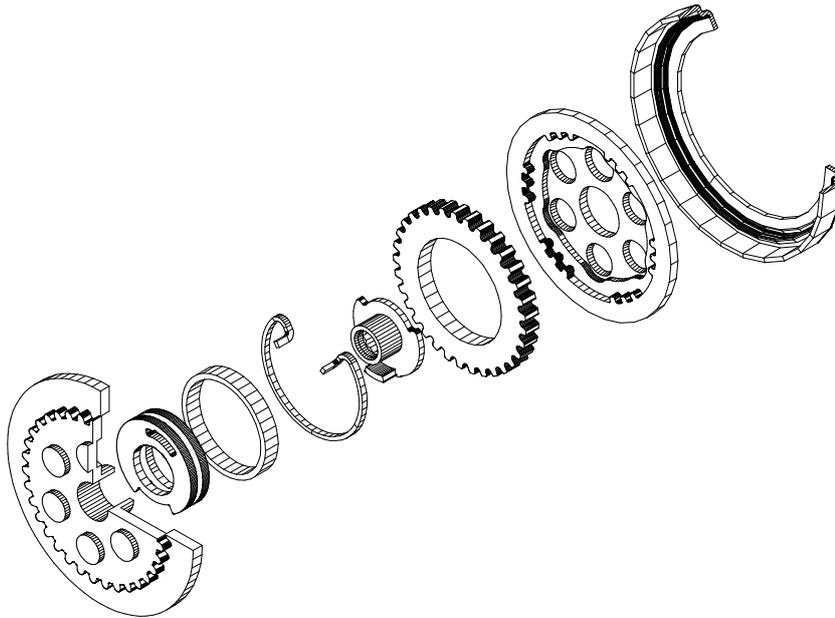


Abbildung 52: Explosionszeichnung Taumelbeschlag [26]

Im inneren des Taumelbeschlags befindet sich ein Hohlrad und ein Stirnrad. Dazu ist ein 2-Bremsen-Mechanismus im Taumelbeschlag integriert. Dieser Mechanismus besteht aus zwei Bögen, die innen am inneren Rad, auch Kissen genannt, befestigt ist und über einen Spannring auseinander gedrückt werden. Hierdurch wird der Sperrzustand realisiert. Das Stirnrad wird in diesem Zustand auf das Hohlrad gedrückt. Sobald der Mechanismus betätigt wird, werden die beiden Bögen zusammengedrückt, wodurch das Stirnrad nicht mehr in das Hohlrad gedrückt wird und die Bewegung frei gegeben wird. Die Entsperrung des Mechanismus ist ebenfalls von einer Entlastung des Sitzes abhängig. Bei Belastung wird durch die von außen wirkender Kraft der Mechanismus ebenfalls gesperrt. Aus diesem Grund muss der Sitz bei einer Handverstellung erst entlastet werden. Des Weiteren wird so eine Crashesicherheit gewährleistet.

## Anhang C: Bewertung Armauflage

Tabelle 8: Bewertung Armauflage [20]

	Gewichtung	Konzept 1:		Konzept 2:		Konzept 3:		Konzept 4:		Konzept 5:		Konzept 6:	
		Armlehne in Tür und Mittelkonsole		Armlehne in Tür und Lehnenfest rechts (integriert)		Armlehne in Tür und Lehnenfest rechts (aufgesetzt)		Armlehne in Tür, mittig keine Armlehne		Lehnenfest beidseitig Integriert		Lehnenfest beidseitig aufgesetzt	
		Bewertung	Ergebnis	Bewertung	Ergebnis	Bewertung	Ergebnis	Bewertung	Ergebnis	Bewertung	Ergebnis	Bewertung	Ergebnis
Sicherheit	0,15	5	0,75	5	0,75	5	0,75	5	0,75	1	0,15	1	0,15
Ergonomie	0,12	3	0,36	3	0,36	3	0,36	1	0,12	5	0,60	5	0,60
Bewegungsfreiheit	0,10	4	0,39	2	0,19	3	0,29	5	0,49	2	0,19	2	0,19
Flexibilität	0,09	3	0,27	4	0,36	4	0,36	2	0,18	5	0,45	5	0,45
Stabilität	0,14	5	0,71	4	0,57	4	0,57	5	0,71	2	0,28	2	0,28
Gewicht	0,04	4	0,18	3	0,13	2	0,09	5	0,22	1	0,04	1	0,04
Fertigungsaufwand	0,04	3	0,13	2	0,09	3	0,13	4	0,18	1	0,04	3	0,13
Herstellbarkeit	0,10	3	0,31	2	0,21	3	0,31	4	0,42	1	0,10	3	0,31
LG-Tauglichkeit	0,11	3	0,34	2	0,22	2	0,22	1	0,11	5	0,56	5	0,56
Recyclebarkeit	0,02	3	0,07	3	0,07	3	0,07	4	0,09	3	0,07	3	0,07
Design	0,04	4	0,18	3	0,13	2	0,09	2	0,09	5	0,22	1	0,04
Kosten	0,03	3	0,09	2	0,06	4	0,12	5	0,15	1	0,03	4	0,12
Summe			3,77		3,14		3,36		3,50		2,75		2,96

## Anhang D: Sitzvergleich Wettbewerber

Tabelle 9: Sitzvergleich Wettbewerber

	VW Golf 7	VW Polo 6	MB E-Klasse	Porsche Macan	Audi A7	BMW X5	VW Touran	Audi Q7	VW Multivan T6
Bauteil	Maße	Maße	Maße	Maße	Maße	Maße	Maße	Maße	Maße
<b>Sitz</b>									
Sitzfläche	550x340	540x350	510x320	520x310	530x340	500x320	510x350	530x350	510x350
Sitzflächentiefeverstellung	30	-	40	-	40	50	40	50	-
Seitenwulst	80x40/90	60x30/90	70x40/100	90x40/110	85x40/90	60x40/100	70x35/80	70x35/80	80
Sitzflächenwinkelverstellung	8°-24°	14°-18°	8°-18°	10°-22°	11°-23°	10°-15°	12°-20°	12°-20°	8°-19°
<b>Rückenlehne</b>									
Rückenlehnenfläche	640x285	620x295	640x300	650x280	650x310	630x300	620x295	620x295	640x290
Seitenwulst Rückenlehne	95	110	140x40/110	120x40/120	110x60	140x40/110	75x40/100	75x40/100	75x40/100
Rückenlehnenwinkelverstellung	0°-70°	20°-70°	10°-70°	0°-72°	0°-70°	0°-64°	0°-65°	0°-74°	0°-90°
<b>Kopfstütze</b>									
Kopfstütze	220x180x120	220x180x120	220x210x140	240x220x130	240x180x110	240x200x180	220x180x120		
Kopfstützenverstellung	Hoch&Runter	Hoch&Runter	Hoch&Runter + Tiefenverst.		Hoch&Runter	Hoch&Runter + Tiefenverst.	Hoch&Runter		
<b>Sonstige Angaben</b>									
Längsverstellung	250	250	240	250	260	230	250	250	250
Höhenverstellung	40	40	50	80	60	45	60	60	40
Sitzschienenabstand	480	480	430	480	480	425	480		

## Anhang E: Anforderungslisten

Tabelle 10: Anforderungsliste Sitzentscheid

Anforderungsliste für den Sitzentscheid des HCC21									
Nr.	Anforderung	Daten	Begründung	Art	Entscheidend für Sitzkauf	Nice	Abweichung	Projekt	Kommentar
<b>1</b>	<b>Geometrie</b>								
1.1	Sitzverstellfeld		Vorgabe Projekt	M	x		größeres Verstellfeld i.O.		Grundkinematik des Sitzes wenn möglich nicht anpassen
1.2	Sitzbreite	max. 530mm	Vergleich Wettbewerb	F	x		10mm		maximale Breite des Sitzes ist 530mm (KFI Package) kleinere Maße möglich kleinster Wert der gemessenen Sitze 520
1.3	H30								
<b>2</b>	<b>Sitzverstellung</b>								
2.1	Höhenverstellung	61,973mm	Vorgabe Projekt	M	x		-0mm		Größere Höhenverstellung nicht von Nachteil Kleiner Höhenverstellung würde Anpassung der Grundkinematik des Sitzes bedeuten
2.2	Längsverstellung	314,197mm	Vorgabe Projekt	M	x		-0mm		Größere Längsverstellung nicht von Nachteil Kleiner Längsverstellung würde Anpassung der Grundkinematik des Sitzes bedeuten
2.3	Neigungswinkel Sitzfläche	Optimaler Wert: 20°	20° Vorgabe für die Low Gravity Position	F		x		x	Vergleich zeigt auf, dass die geforderten 20° von den meisten Sitzen heutzutage erreicht werden Umsetzung erfolgt über die Kinematik des Sitzes
2.4	Winkelverstellung Rückenlehne	60°	60° Vorgabe für die Low Gravity Position	F	x				Vergleich zeigt auf, dass die geforderten 60° von den Sitzen heutzutage erreicht werden Dadurch keine Anpassung nötig
2.5	Sitzflächenlängenverstellung	30mm	Optimale Verteilung der Druckkräfte	M		x	±20mm		keine bisherige Anforderung, da keine Untersuchungen der Ergonomie in der Liegeposition durch Anpassung der Sitzflächenlänge vorhanden
2.6	Voll elektrische Verstellung	Stellmotoren	Anfahren und individuelle Anpassung der Fahrpositionen	F	x				Package der Motoren beachten -> Platzangebot unter dem Sitz Sitz soll für das Showcar voll elektr. sein; Durch das Angebot auf dem Markt ist der Umbau eines mechanisch verstellbaren Sitzes auf einen Elektr. Sitz nicht Zielführend
<b>3</b>	<b>Sonderausstattung</b>								
3.3	Lordosenstütze		Wichtig für die Arbeitsposition	F	x				Für die Fahr- und Arbeitsposition wichtig min. in Längsrichtung verstellbar optional Höhenverstellbar In der Liegeposition zu wenig Verständnis der Ergonomie
<b>4</b>	<b>Sicherheit</b>								
4.1	Gurtintegralsitz		Durch die Low Gravity Position muss der Gurt im Sitz integriert sein	F		x		x	Wird bei vorhandenen Daten im Laufe des Projektes und nach erfolgtem Sitzentscheid gepackaged
4.2	3 Punkt Gurt System	Gurtschloss Gurtzunge Gurtumroller Gurtkraftbegrenzer Gurtstraffer Gurtaufroller	Standard Gurtsystem	F				x	Liste für Package GIS
4.3	Gurtschloss		Längs- und Höhenverstellbar	W		x		x	kann umgebaut werden, wenn nicht im Sitz vorhanden
<b>5</b>	<b>Kinematik</b>								
5.1	Bedienung		Bedienfeld am Sitz	F	x				
5.2	Abdeckung Sitzverstellfeld			F	x				siehe 2.1 und 2.2

Tabelle 11: Anforderungsliste Sitzkinematikadapter

Anforderungsliste Sitzkinematikadapter des HCC21						
Nr.	Anforderung	Daten	Begründung	Art	Abweichung	Kommentar
<b>1</b>	<b>Geometrie</b>					
1.1	Viergelenkschenkel	130mm	Abstand Bohrungen			Hiervon hängt die nötige Winkelverstellung ab
1.2	Aufnahmen	475mm	Länge Sitzschienen			Abhängig von Sitz
1.3	Stützen/Welle	470mm	y-Abstand Sitzschienen			Anpassung an Abstand Sitzschienen
<b>2</b>	<b>Verstellung</b>					
2.1	x-Verschiebung Sitzverstellfeld	43,452mm	Projektvorgabe	F	-	
2.2	z-Verschiebung Sitzverstellfeld	72,039mm	Projektvorgabe	F	-	
2.3	Winkelverstellung	37,758°		M		Abhängig von Schenkellänge
2.6	Rotation	-	Anforderung Sitz	F	-	Rotation wird vom Sitz umgesetzt (s. Anforderung Sitz)
<b>3</b>	<b>Bauraum</b>					
3.1	Positionierung	SRP	-	F		Anpassung an SRP Sitz
3.2	Anbindung	Fahrzeugsboden	-	F		
<b>4</b>	<b>Sonderausstattung</b>					
4.1	Aufnahme Sitzschienen Sitz		Konzeptentscheid	F	-	Sitzschienen werden mit dem Adapter verschraubt
4.2	elektr. Verstellung		Projektvorgabe	F	-	- Stellmotor notwendig - Sitz soll per Knopfdruck in Low Gravity Position verfahren
<b>5</b>	<b>Auslegung</b>					
5.1	Stabilität		Adapter muss definierten Belastungen standhalten	F		- Lastfälle müssen noch definiert werden - Auslegung des Adapters notwendig
5.2	Stellmotoren		Auslegung	F		- Auslegung Stellmotoren notwendig - Verstellwege müssen definiert werden

Tabelle 12: Anforderungsliste Beinauflage

Anforderungsliste die Beinauflage des HCC21						
Nr.	Anforderung	Daten	Begründung	Art	Abweichung	Kommentar
<b>1</b>	<b>Geometrie</b>					
1.1	Länge Beinauflage	345mm	Daten Perzentile	M	kürzere Beinauflage i.O.	
1.2	Breite Beinauflage	420mm	Design	F		muss zwischen die Sitzstruktur passen
<b>2</b>	<b>Verstellung</b>					
2.1	Winkelverstellung	90° - 130°	Vorgabe Projekt	F		
2.2	Längsverstellung	-	-	W	-	keine individuelle Längsverstellung, Länge ist winkelabhängig
2.3	Voll elektrische Verstellung	Stellmotoren	Anfahren und individuelle Anpassung des Insassen	F		
<b>3</b>	<b>Bauraum</b>					
3.1	Positionierung	unter dem Sitz	Platzbedarf	F		Insasse muss benötigt während der Fahrt ggf. Platz zum anwinkeln der Beine
3.2	Anbindung	Sitzgestell		F		- vorhandene Geometrien nutzen - Daten müssen vorhanden sein
<b>4</b>	<b>Sonderausstattung</b>					
4.1	Winkelverstellung individuell	zwischen 90°-130°	Komfort	W		Insasse kann über die individuelle Winkelverstellung je nach Wunsch die Beinauflage nutzen/nicht nutzen Erfordert eine elektr. Verstellung
<b>5</b>	<b>Auslegung</b>					
5.1	Stabilität		Beinauflage muss definierten Belastungen standhalten	F		- Lastfälle müssen noch definiert werden - Auslegung des Adapters notwendig
5.2	Stellmotoren		Auslegung	F		- Auslegung Stellmotoren notwendig - Verstellwege müssen definiert werden

## Anhang F: Fragebogen Low Gravity Position



### Probandenversuch: Low-Gravity und Motion-Sickness

Testfahrt je Versuch ca. 15-20 Minuten

Fahrzeug: Polo 6

#### Versuch 1: Bewertung Low Gravity Position

Bewertung des Kopfwinkels bei Sicht auf das Sonnenblendendisplay:

1 sehr unangenehm – 6 sehr gut

1  2  3  4  5  6

Bevorzugter Kopfwinkel: \_\_\_\_\_

Bewertung Erreichbarkeit des Mittelkonsolendisplay: 1 sehr unangenehm – 6 sehr gut

1  2  3  4  5  6

Bewertung Erreichbarkeit des Mittelkonsolendisplay (leicht vorgebeugt):

1 sehr unangenehm – 6 sehr gut

1  2  3  4  5  6

Bewertung der Sicht auf das Mittelkonsolendisplay: 1 sehr unangenehm – 6 sehr gut

1  2  3  4  5  6

Bewertung des Fußbereiches: 1 sehr unangenehm – 6 sehr gut

1  2  3  4  5  6

Kriterium für die Auslegung des Fußraums: \_\_\_\_\_

Wird eine Beinablage in der Low Gravity Position benötigt? Ja  Nein

Bewertung einer Armlehne: 1 nicht notwendig – 6 ein Muss

1  2  3  4  5  6

#### Versuch 2: Fahren in Low Gravity Position

**Position 1: Auge hinter der B-Säule; unter der Brüstung**

Behaglichkeit: 1 schwere Übelkeit – 10 hohes Wohlbefinden

1  2  3  4  5  6  7  8  9  10

**Position 2: Auge neben der B-Säule; unter der Brüstung**

Behaglichkeit: 1 schwere Übelkeit – 10 hohes Wohlbefinden

1  2  3  4  5  6  7  8  9  10

**Position 3: Auge hinter der B-Säule; über der Brüstung**

*Behaglichkeit: 1 schwere Übelkeit – 10 hohes Wohlbefinden*

1  2  3  4  5  6  7  8  9  10

**Position 4: Auge neben der B-Säule; über der Brüstung**

*Behaglichkeit: 1 schwere Übelkeit – 10 hohes Wohlbefinden*

1  2  3  4  5  6  7  8  9  10

Anmerkung zur Positionierung: \_\_\_\_\_

**Versuch 3: Bewertung Entertainment Sicht auf die Sonnenblende**

Bewertung des Kopfwinkels: 1 sehr unangenehm – 6 sehr gut

1  2  3  4  5  6

Bevorzugter Kopfwinkel: \_\_\_\_\_

Bewertung der Entertainment Position während der Fahrt: 1 sehr unangenehm – 6 sehr gut

*Behaglichkeit: 1 schwere Übelkeit – 10 hohes Wohlbefinden*

1  2  3  4  5  6  7  8  9  10

## **Anhang G: Auswertung Fragebogen Begebenheiten Test**

- Zum Erreichen der Positionen:
  - o Kissen in Nacken und auf der Sitzfläche
  - o Bücher zur Fußablage
  - o Ein Handy wurde als Displaysatz angestellt in die Mittelkonsole gelegt
  - o Als Sonnenblendendisplay wurde ein Tablet an der Sonnenblende befestigt
- Größte Person: 193cm; Kleinste Person: 161cm
- Fahrzeug: Polo 6
- Fahrzeit: 15-20min

### **Auswertung**

- Position wurde zum Liegen und Entspannen als angenehm empfunden
- Für die Sicht auf das Display in der Sonnenblende wurde eine aufrechtere Position auf Grund des Kopfwinkels bevorzugt
- Sitzflächenneigung:
  - o Wurde von allen (11/11) mit 20° als angenehm empfunden

### **Sicht Display Sonnenblende:**

- In Low Gravity nur durch extremen Nackenwinkel angenehme Sicht möglich
- 11/11 empfanden den Nackenwinkel von 25°-30° als unangenehm und konnten sich längere Fahrten in dieser Kopfposition nicht vorstellen
- Bei Änderung des Rückenlehnenwinkels auf 50° konnte der Nackenwinkel auf 15°-20° verkleinert werden, was für alle Probanden als deutlicher Komfortvorteil beurteilt wurde

### **Erreichbarkeit Mittelkonsolendisplay:**

- o Mittelkonsole war durch vorbeugen gut erreichbar (11/11)
- o Da nur für kurze Einstellungen benötigt, war es für alle Probanden angenehm und ausreichend (11/11)
- o Ohne vorbeugen war das Display gerade so zu erreichen (6/11)

### **Fußraum:**

- (6/11) Probanden wollten gerade ihre Füße überschlagen können
- (5/11) wollten die Füße einfach gerne hin und her bewegen können

**Beinablage:**

- Je nach Höhe des Sitzes wurde eine Beinablage als notwendig oder nicht erachtet
  - Bei tiefer Position, Augen unter der B-Säule oder große Person, hat die Ablage der Füße auf dem Bode ausgereicht und wurde als angenehm eingestuft (11/11)
  - Bei der Position oberhalb der Brüstung war eine Beinablage bei (6/11) Probanden erwünscht
- Höhere Wulst gibt mehr Halt in der Liegeposition
  - (7/11) empfanden eine höhere Wulst als besser/bequemer

**Armlehne:**

- (im Testfahrzeug nur die Mittelkonsole) war angenehm als zusätzliche Ablage
  - Durch die Wulst konnte Arme auch bequem vor oder neben dem Körper abgelegt werden
  - Armlehne auf beiden Seiten gewünscht

**Positionierung im Auto:**

- Ein Proband empfand die Position allgemein als unbequem und wurde sofort übel, sobald der Blick während der Fahrt in das Fahrzeug gerichtet wurde (1/11)
- Hinter oder neben der B-Säule sitzen hatte keinen Einfluss auf der Motion Sickness Faktor (10/11)
- Unterhalb der Brüstung sitzen empfanden (3/11) als sehr unangenehm (5/11) als eher unangenehm; (2/11) war es egal/nicht störend
  - Hier hat vor allem das Gefühl mitten im Fahrzeug zu liegen und nichts von der Umgebung mitzubekommen gestört (Im Auto war kein Panoramadach, das könnte die Situation angenehmer machen)
- Oberhalb der Brüstung sitzen wurde als angenehmere Position bewertet
  - Als angenehm wurde hier der Anhaltspunkt gewählt, dass die Augen auf Höhe des höchsten Punktes der I-Tafel/Lenkrad sind (8/10)
  - Hierdurch hatten die Probanden das Gefühl, mehr von der Fahrt mitzubekommen

**Entertainmentposition:**

- Bei Änderung des Rückenlehnenwinkels auf 50° konnte der Nackenwinkel verkleinert werden, was für alle Probanden als deutlicher Komfortvorteil beurteilt wurde
- Hier konnte der Nackenwinkel auf 15°-20° verkleinert werden

## Anhang H: Ablaufdiagramm Sitzbedienung

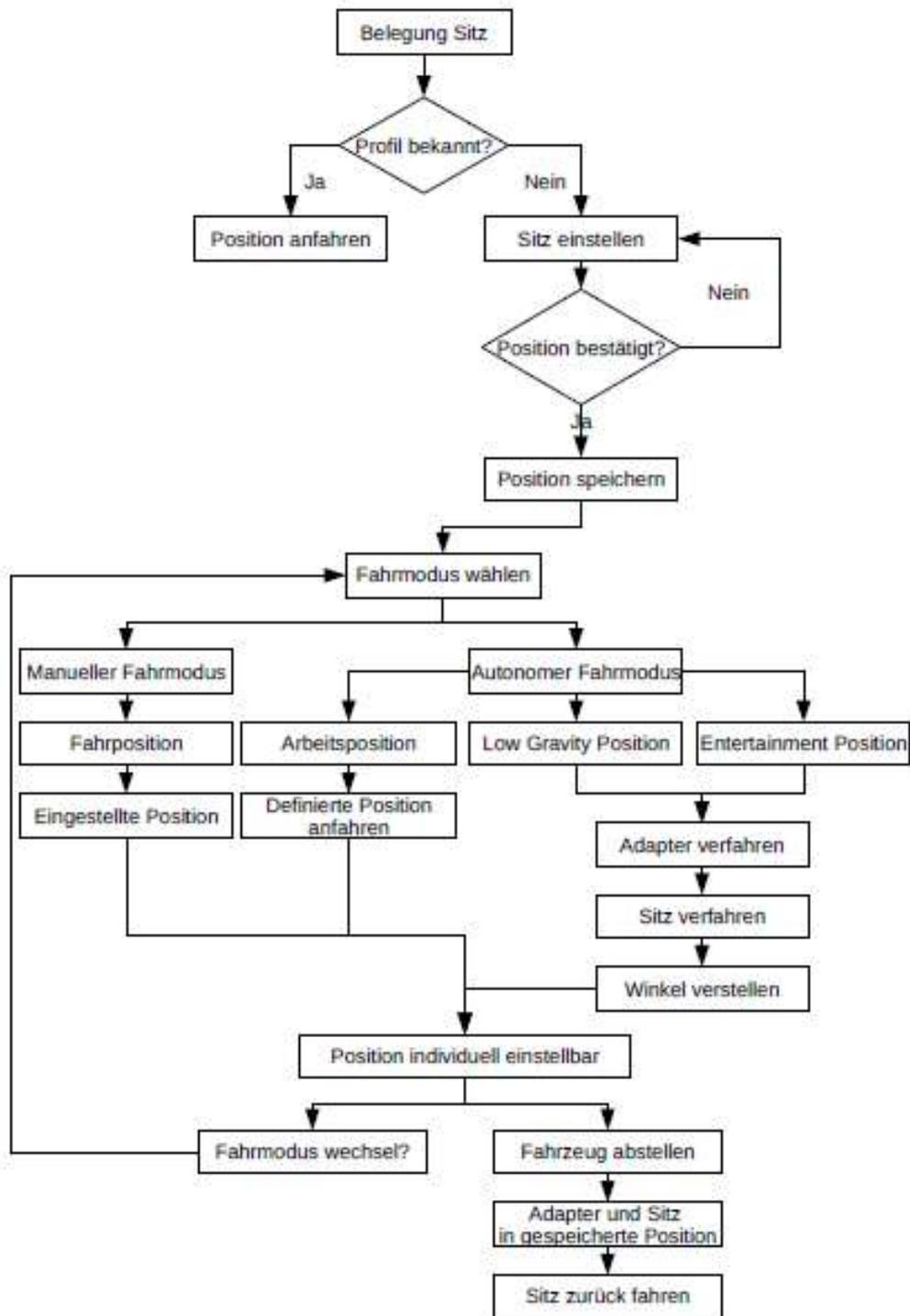


Abbildung 53: Ablaufdiagramm Sitzbedienung

## Anhang I: Ablaufdiagramm Sitzverstellung

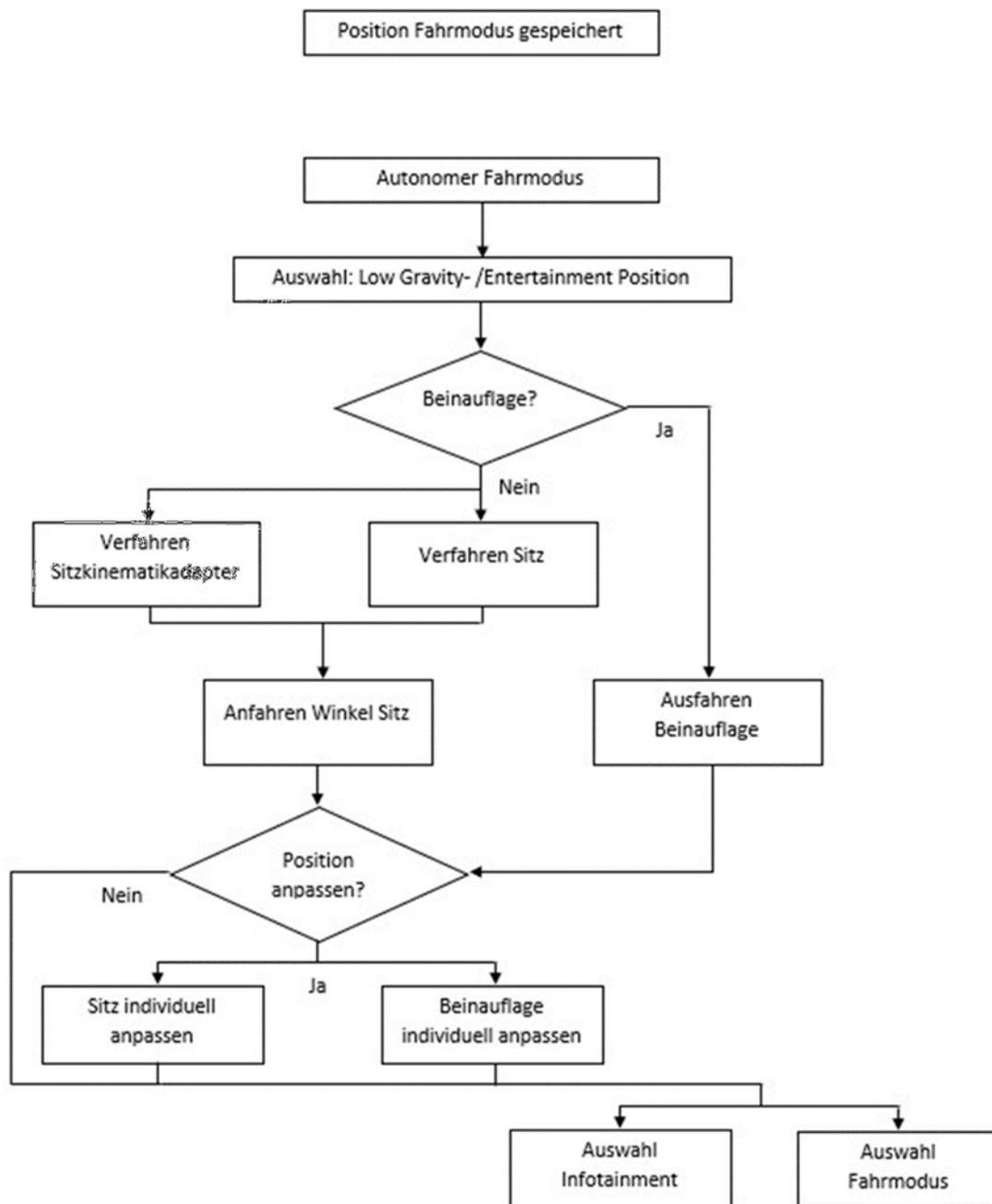


Abbildung 54: Ablaufdiagramm Sitzverstellung

## Anhang J: Funktion von den Sitzen [6]

Hauptgruppen	Verstellung	Funktionen	Aufbau
<b>Basisfunktionen</b>	Längsverstellung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ändern der Sitzposition in Längsrichtung</li> <li>- Verbindung zum Fahrzeugboden</li> <li>- Übertragung aller Sitzkräfte auf die Fahrzeugbodengruppe</li> <li>- Festlegung der eingestellten Position (Arretierung)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schienen aus profiliertem Metall</li> <li>- - manuelle / elektrische Verstellung</li> </ul>
	Sitz-Neigungsverstellung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anpassen der Sitzfläche an die Oberschenkelstellung</li> <li>- Erreichen aller im H-Feld liegenden Positionen</li> <li>- Leichtgängige Verstellbarkeit</li> <li>- Übertragung aller Sitzkräfte auf die Fahrzeugbodengruppe</li> <li>- Festlegen der eingestellten Position (Arretierung)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gelenkgetriebe</li> <li>- Schrägversteller / Bogenschienen</li> <li>- Hubdome</li> <li>- manuelle / elektrische Verstellung</li> </ul>
	Sitz-Höhenverstellung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ändern der Sitzposition in Vertikaler Richtung</li> <li>- Erreichen aller im H-Feld liegenden Positionen</li> <li>- Leichtgängige Verstellbarkeit</li> <li>- Übertragung aller Sitzkräfte auf die Fahrzeugbodengruppe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gelenkgetriebe</li> <li>- Schrägversteller / Bogenschienen</li> <li>- Hubdome</li> <li>- manuelle / elektrische Verstellung</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Festlegen der eingestellten Position (Arretierung)</li> </ul>	
	Rückenlehnen Neigungsverstellung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anpassen der Rückenabstützung an die Torso-Position</li> <li>- Nutzung der umgeklappten Lehne als Tisch</li> <li>- Umlegen der Lehne zur Gewinnung von Laderaum</li> <li>- Hohe Drehmomentaufnahme zur Torsoabstützung (Crashfall)</li> <li>- Leichtgängige Verstellbarkeit</li> <li>- Höhere Festigkeitsanforderungen (Schutz vor Ladung)</li> <li>- Festlegen der eingestellten Position (Arretierung)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Stahlblechkonstruktion</li> <li>- Drehbeschläge</li> <li>- manuelle / elektrische Verstellung</li> </ul>
	Rückenlehnen Freischwenkeinrichtung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Freischwenken der Rückenlehne zur Einstiegserleichterung</li> <li>- Nutzung der umgeklappten Lehne als Tisch</li> <li>- Umlegen der Lehne zur Gewinnung von Laderaum</li> <li>- Aufnahme der beim Crash auf die Rückenlehne einwirkenden Kräfte</li> <li>- Leichtgängige Verstellbarkeit</li> <li>- Festlegen der eingestellten Position (Arretierung)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Scharnier- bzw. Gelenkkonstruktion</li> <li>- Stahlblechkonstruktion</li> <li>- Haken rastet in Bolzen ein</li> <li>- bei Rastbeschlag Verstellung der Lehne</li> <li>- manuelle / elektrische Verstellung</li> </ul>

	Kopfstützen Höhenverstellung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anpassen der Kopfstütze an die Kopfposition</li> <li>- Steifigkeit zur Abstützung des Kopfes im Crashfall</li> <li>- Leichtgängige Verstellbarkeit</li> <li>- Einhand oder Zweihandbedienung</li> <li>- Fixieren der eingestellten Position</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Konstruktion aus Rund- und Profilstahl</li> <li>- Kopfkasten i.d.R. Kunststoffgehäuse</li> <li>- manuelle / elektrische Verstellung</li> </ul>
	Kopfstützen- Neigungsverhalten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Veränderung des Abstandes zwischen Hinterkopf und Kopfstütze - Steifigkeit zur Abstützung des Kopfes im Crashfall</li> <li>- Bequeme Handhabung</li> <li>- Einhand oder Zweihandbedienung</li> <li>- Fixieren der eingestellten Position</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Konstruktion aus Stahl, Kunststoff oder Aluminium</li> <li>- Drehpunkt im Kopfstützenkasten</li> <li>- Verriegelt oder nicht verriegelt</li> <li>- -manuelle / elektrische Verstellung</li> </ul>
<b>Komfortfunktionen</b>	Lordosenstütze	<p>Die Lordosenstütze hat mit dafür zu sorgen, dass das Becken eine möglichst aufrechte Haltung einnimmt. Damit zwingt das Becken die Wirbelsäule in eine ähnliche Haltung wie beim Stehen. Zudem hat die Lordosenverstellung die Aufgabe, die</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mechanische/ elektrische Verstellsysteme</li> <li>- Korblordose</li> <li>- Luftkammersysteme</li> </ul>

		<p>Ausprägung der Lendenlordose betont zu unterstützen, so dass dies nicht von der Muskulatur übernommen werden muss.</p> <p>Dadurch ist eine ergonomisch positive Sitzhaltung gegeben.</p>	
	Seitenwangen von Lehne Sitzkissen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seitliche Abstützung des Körpers</li> <li>- Aufnahme und Weiterleitung der quer zur Fahrriichtung wirkenden Körperkräfte.</li> <li>- Anpassen der Seitenwangen an die Körperform</li> <li>- Fließ- und Dehnbereiche in Wangenpolstereinheit vorsehen</li> <li>- Trotz Seitenhalt bequemes Ein- und Aussteigen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- integriert in Rückenlehne und Sitzkissen</li> <li>- zusätzlicher Bügel evtl. auch verstellbar</li> <li>- mechanische/ elektrische / Pneumatische Verstellsysteme</li> </ul>
	Sitztiefenverstellung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anpassen der Sitztiefe</li> <li>- Aufnahme und Weiterleitung der Auflagekräfte in die Sitzstruktur - Leichtgängige Verstellbarkeit</li> <li>- Festlegen der eingestellten Position (Arretierung)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schienensystem</li> <li>- mechanische/ elektrische Verstellsysteme</li> </ul>
	Lehnenkopfverstellung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schulterentlastung</li> <li>- Bessere Sitzanpassbarkeit an den Oberkörper des Insassen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Überpolster / getrennt gepolstert</li> <li>- mechanische/ elektrische Verstellsysteme</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aufnahme und Weiterleitung der Auflagekräfte in die Sitzstruktur</li> <li>- Festlegen der eingestellten Position (Arretierung)</li> </ul>	
	Easy Entry	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Weiterentwicklung der Freischwenkung</li> <li>- Aufnahme und Weiterleitung der Auflagekräfte in die Sitzstruktur</li> <li>- Leichtgängige Verstellbarkeit</li> <li>- Wiederfinden der eingestellten Position (Memory)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mechanische/ elektrische Verstellsysteme</li> </ul>
	Armstütze vorne/Mittelarmlehne hinten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Unterstützung der Arme im Komfortbereich</li> <li>- zusätzliche Seitenführung</li> <li>- Ablage für Kleinteile</li> <li>- Aufnahme und Weiterleitung des gesamten Körpergewichts)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- in Rückenlehne oder Mittelkonsole integriert</li> <li>- mechanische/ elektrische Verstellsysteme</li> </ul>
<b>Optionale Funktionen</b>	Sitzheizung		
	Sitzbelüftung		
	Memoryfunktionen		
	Ablagefach unter dem Sitz		
<b>Sicherheitsfunktionen</b>	Rückhaltesystem Sicherheitsgurt	Der Sicherheitsgurt ist zusammen mit einem an der Fahrzeugstruktur befestigter Sitz und den Gurtverankerungen der	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gurtband</li> <li>- Gurtschloss</li> <li>- Befestigungsbeschläge</li> <li>- Verstelleinrichtung</li> </ul>

		wesentliche Teil des Rückhaltesystems. Er ist aus mehreren Einzelkomponenten bestehendes System, welches dazu dient, bei Kollision oder starker Verzögerung die Insassen auf Ihren Sitzen zu halten und damit Verletzungen zu vermeiden oder zu verringern. Die Schutzwirkung ist umso höher, je geringer die Gurtlose ist.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Retraktor / Gurtaufroller</li> <li>- Gurtwegbegrenzer</li> <li>- Gurtstraffer</li> <li>- Gurtkraftbegrenzer</li> </ul>
	Airbagsysteme	Airbagsysteme werden mittlerweile für alle Sitzplätze und in großer Variantenvielzahl angeboten. Für den Bereich Fahrzeugsitz sind meist nur Seitenairbag, Schultergurtairbag und Kopfstützenairbag von Bedeutung, da sie als Bestandteil des Sitzes direkt in die Konstruktion mit eingehen.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seitenairbag</li> <li>- Schultergurtairbag</li> <li>- Kopfstützenairbag</li> <li>- Fondairbag</li> </ul>
	ISOFIX	ISOFIX beschreibt ein universelles Befestigungssystem für Kinderrückhaltesysteme Es definiert zwei starre Verankerungen, die hinter dem Sitzbiss platziert sind.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- genormt</li> </ul>
	Sitzbelegungserkennung	Die Sitzbelegungserkennung ist ein Bestandteil des	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sensormatten</li> <li>- Wägemattensysteme</li> </ul>

		Rückhaltesystems. Es detektiert und klassifiziert den Insassen und gibt dem Steuergerät des Rückhaltesystems den Auslöseimpuls frei.	- Kapazitive Systeme
	Kopfstütze	<p>Die Kopfstütze ist ein Bauteil mit wesentlichen Sicherheits- und Schutzfunktionen für den Insassen. In dieser Eigenschaft hat die Kopfstütze die Aufgabe, bei einem Unfall eine Verlagerung des Kopfes nach hinten zu begrenzen und dadurch die Verletzungsgefahr für die Halswirbel zu verringern. Zahlreiche Verletzungen der Halswirbel könnten durch eine richtig eingestellte Kopfstütze vermieden werden.</p> <p>Anti-Whiplash Systeme: Ist die Kopfstütze falsch eingestellt so muss man dafür sorgen, dass sie in die Wirkungsvolle Position kommt.</p>	<p>- Gehäuse / Stangen / Führungen / Polster</p> <p>Bauform:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rahmen- Kopfstütze / Vollkörper- Kopfstütze</li> <li>- Bananen- Kopfstütze / integrierte Kopfstütze</li> </ul> <p>Funktion:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- teilversenkbare / vollversenkbare</li> <li>- umklappbare / verstellbare / starre</li> <li>- Kopfstütze mit Integration (Spiegel TV)</li> </ul>



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
Hamburg University of Applied Sciences

### Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung einer Abschlussarbeit

Gemäß der Allgemeinen Prüfungs- und Studienordnung ist zusammen mit der Abschlussarbeit eine schriftliche Erklärung abzugeben, in der der Studierende bestätigt, dass die Abschlussarbeit „– bei einer Gruppenarbeit die entsprechend gekennzeichneten Teile der Arbeit [(§ 18 Abs. 1 APSO-TI-BM bzw. § 21 Abs. 1 APSO-INGI)] – ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt wurden. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich zu machen.“

Quelle: § 10 Abs. 5 APSO-TI-BM bzw. § 15 Abs. 6 APSO-INGI

Dieses Blatt, mit der folgenden Erklärung, ist nach Fertigstellung der Abschlussarbeit durch den Studierenden auszufüllen und jeweils mit Originalunterschrift als letztes Blatt in das Prüfungsexemplar der Abschlussarbeit einzubinden.

Eine unrichtig abgegebene Erklärung kann -auch nachträglich- zur Ungültigkeit des Studienabschlusses führen.

<u>Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung der Arbeit</u>		
Hiemit versichere ich,		
Name:	_____	
Vorname:	_____	
dass ich die vorliegende _____ – bzw. bei einer Gruppenarbeit die entsprechend gekennzeichneten Teile der Arbeit – mit dem Thema:		
ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.		
<i>- die folgende Aussage ist bei Gruppenarbeiten auszufüllen und entfällt bei Einzelarbeiten -</i>		
Die Kennzeichnung der von mir erstellten und verantworteten Teile der		ist
erfolgt durch:		
_____	_____	_____
Ort	Datum	Unterschrift im Original