



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Masterarbeit

Min-Sae Lee

Gestaltung eines Rear Seat Entertainments für das Hamburg Concept Car 2021

*Fakultät Technik und Informatik
Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau*

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

Min-Sae Lee

**Gestaltung eines
Rear Seat Entertainments für das
Hamburg Concept Car 2021**

Masterarbeit eingereicht im Rahmen der Masterprüfung

im Studiengang Fahrzeugbau (M.Sc.)
am Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau
der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Erstprüfer: Prof. Jan Friedhoff
Zweitprüfer: Prof. Gregor Johannes Schimming

Abgabedatum: 28.05.2022

Zusammenfassung

Name des Studierenden: Min-Sae Lee

Thema der Masterthesis

Gestaltung eines Rear Seat Entertainments für das Hamburg Concept Car 2021

Stichworte

In-Car-Entertainment, In-Vehicle-Infotainment, Rear-Seat-Entertainment, Konzeptfahrzeug, HCC21, Bildschirm, Klapptisch, Fahrzeuginterieur, Ergonomie

Kurzzusammenfassung

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Entwicklung eines Rear Seat Entertainments. Durch die zunehmende Autonomisierung der Fahrzeuge ändert sich die Art und Weise, wie Fahrzeuge genutzt werden, und der Bedarf an Entertainmentsystemen in Autos steigt. Um auch den Fond-Passagieren des HCC21- Konzeptfahrzeugs Entertainment zu bieten, wird ein Rear Seat Entertainment konzipiert unter Berücksichtigung der funktionalen und ergonomischen Anforderungen. Des Weiteren werden weitere Funktionen entwickelt, die den Komfort von Passagieren im Fond erhöhen.

Name of student: Min-Sae Lee

Title of the paper

Design of a rear seat entertainment for the Hamburg Concept Car 2021

Keywords

In-car entertainment, in-vehicle infotainment, rear seat entertainment, concept car, HCC21, screen, tray table, vehicle interior, ergonomics

Abstract

This thesis is about the development of a rear seat entertainment. Due to the increasing autonomization of vehicles, the way vehicles are used changes and the demand for entertainment systems in cars increases. To provide entertainment for the rear seat passengers of the HCC21 concept car as well, a rear seat entertainment is designed with consideration of the functional and ergonomic requirements. Additionally, further features are designed to enhance the comfort of rear seat passengers.

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	1
Tabellenverzeichnis	4
1 Einleitung.....	5
2 Stand der Technik	7
2.1 In-Car-Entertainment.....	7
2.2 Marktanalyse.....	8
2.2.1 Rear Seat Entertainment	8
2.2.2 Weitere Features	17
3 Voruntersuchung	19
3.1 Stand HCC21	19
3.2 Benutzerbedürfnisse	28
3.3 Anforderungen	32
3.4 Sitzposition.....	43
4 Konzeptfindung.....	46
4.1 Gesamtkonzept Teilbereiche.....	46
4.1.1 Bildschirm	46
4.1.2 Bedienung	52
4.1.3 Andere Teilbereiche.....	55
4.2 Interieur-Layout Gesamtkonzept	61
4.3 Bewertung Gesamtkonzept	64
4.4 Teilkonzept.....	73
4.4.1 Bildschirm	73
4.4.2 Bedienung	83
4.4.3 Klapptisch.....	87
5 Konzeptentwicklung	89
5.1 Bildschirm	89
5.2 Bedienkonzept	97
5.3 Klapptisch	99
5.4 Sitzkonzept	102
5.5 Beleuchtung.....	104
6 Fazit und Ausblick.....	105
Literaturverzeichnis	110
Bildquellen.....	112
Anhang A	114
Anhang B	116
Anhang C	117
Anhang D	118
Anhang E	119
Anhang F.....	120
Anhang G	121
Anhang H	122

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Exterieur des HCC21 e-Co	5
Abbildung 2-1: Entwicklung des ICE	7
Abbildung 2-2: Overhead Monitor	9
Abbildung 2-3: Seatback Monitor MB EQS	10
Abbildung 2-4: Seatback Monitor Varianten.....	12
Abbildung 2-5: Kopfstützenmonitor	13
Abbildung 2-6: Mittelkonsolenmonitor Tesla	13
Abbildung 2-7: Mittelkonsolendisplay	14
Abbildung 2-8: In-Flight-Entertainment	15
Abbildung 2-9: Bedienelemente.....	16
Abbildung 2-10: Klapptisch.....	17
Abbildung 2-11: Ablage	18
Abbildung 2-12: Beinauflage	18
Abbildung 3-1: Konzeptsteckbrief e-Co	19
Abbildung 3-2: Maßkonzept e-Co	20
Abbildung 3-3: Modus-Wahl	20
Abbildung 3-4: Zero Gravity Position	21
Abbildung 3-5: Zero Gravity Position beide Sitzreihen & Displaysicht.....	22
Abbildung 3-6: Interieur e-Co.....	23
Abbildung 3-7: Benutzeroberfläche	25
Abbildung 3-8: frühere Projektstände RSE	26
Abbildung 3-9: hintere Sitzreihe e-Co	27
Abbildung 3-10: Icon	28
Abbildung 3-11: Designparameter	28
Abbildung 3-12: Umfrage: Aktivitäten im Fahrzeug.....	29
Abbildung 3-13: Umfrage: Input- und Output-Geräte	30
Abbildung 3-14: Anforderung RSE-System.....	31
Abbildung 3-15: ECE R21 Mindeststrahlen	33
Abbildung 3-16: Erreichbarkeiten	35
Abbildung 3-17: Arbeitsbereich.....	36
Abbildung 3-18: Limit für Informationsdarstellung	36
Abbildung 3-19: Sichtwinkel	37
Abbildung 3-20: Sicht horizontal	38
Abbildung 3-21: Distanz zum Bildschirm	39
Abbildung 3-22: Field of View	39

Abbildung 3-23: Viewing distance.....	40
Abbildung 3-24: Komfortwinkel NASA	41
Abbildung 3-25: Ideale Arbeitsposition 95M und 5F.....	42
Abbildung 3-26: Vergleich Kopffreiheit aufrecht.....	43
Abbildung 3-27: Extrapolationskurve Kopfkontur	44
Abbildung 3-28: Kopffreiheit Ramsis Manikin	44
Abbildung 3-29: Bodenpackage.....	45
Abbildung 4-1: flexibler Seatback-Monitor	50
Abbildung 4-2: Tisch mit Bildschirmhalterung	51
Abbildung 4-3: Dachrahmen-Monitor	51
Abbildung 4-4: Erreichbarkeit 5F	53
Abbildung 4-5: Klapptisch Armwinkel.....	55
Abbildung 4-6: X-Schnitt Mittelkonsole	57
Abbildung 4-7: Kofferraumtrennung.....	58
Abbildung 4-8: Untersuchung Beinauflage	59
Abbildung 4-9: Y-Schnitt.....	59
Abbildung 4-10: Seitenfach	60
Abbildung 4-11: Konzept 1 Seatback.....	61
Abbildung 4-12: Konzept 1a Seatback.....	62
Abbildung 4-13: Konzept 2 Mittelkonsole.....	62
Abbildung 4-14: Konzept 3 Overhead 1	63
Abbildung 4-15: Konzept 4 Overhead 2.....	64
Abbildung 4-16: Dachrahmen Schnitt Nissan Qashqai	67
Abbildung 4-17: X-Schnitt SRP hinten.....	68
Abbildung 4-18: Liegeposition Ergonomie in Flugzeugkabinen.....	73
Abbildung 4-19: Blick auf einen Bildschirm in Liegeposition	74
Abbildung 4-20: Business Class Sitzposition.....	75
Abbildung 4-21: Vergleich Kopfstütze und ohne Kopfstütze	75
Abbildung 4-22: Sichtlinien 95M und 5F	77
Abbildung 4-23: LG flexibles OLED	78
Abbildung 4-24: Entwürfe Seatback flexibel.....	81
Abbildung 4-25: Untersuchung Schwenkarm Konzept.....	82
Abbildung 4-26: Position Armlehne.....	85
Abbildung 4-27: Positionierung Bedienelement	85
Abbildung 4-28: 5,5 Zoll Türbedienung.....	86
Abbildung 4-29: Bauraumuntersuchung Klapptisch	87
Abbildung 4-30: Klapptisch Lösung 1	87

Abbildung 4-31: Klapptisch Lösung 2	88
Abbildung 5-1: Konzeptschnitt Bildschirm.....	89
Abbildung 5-2: RSE S-Klasse Langversion.....	90
Abbildung 5-3: Sichtwinkel 95M und 5F S-Klasse.....	90
Abbildung 5-4: Bildschirmeinheit	93
Abbildung 5-5: Führungsschiene	94
Abbildung 5-6: Nackenkissen 95M & 5F.....	95
Abbildung 5-7: Monitorpositionen	96
Abbildung 5-8: Bedienkonzept.....	97
Abbildung 5-8: Klapptisch.....	99
Abbildung 5-10: Arbeitsposition 95M und 5F	99
Abbildung 5-11: Ausklappmechanismus.....	100
Abbildung 5-12: Durchbruch Mittelkonsole	101
Abbildung 5-13: Schnittdarstellung Tisch & Bedienung	101
Abbildung 5-14: Kofferraumtrennung.....	103
Abbildung 5-15: LEDs Sonnenblende.....	104
Abbildung 5-16: LEDs Bildschirmhalterung.....	104
Abbildung 6-1: Vergleich zweite Sitzreihe vorher und nachher	105

Tabellenverzeichnis

Tabelle 4-2: Vor- und Nachteile Overhead Monitor	47
Tabelle 4-1: Vor- und Nachteile Seatback Monitor.....	47
Tabelle 4-3: Vor- und Nachteile Mittelkonsolenmonitor.....	48
Tabelle 4-4: Vergleich Ergonomie	48
Tabelle 4-5: Vergleich Bedienelemente	54
Tabelle 4-6: Sichtuntersuchung	78
Tabelle 5-1: Sichtwinkel 95M und 5F S-Klasse.....	91
Tabelle 5-2: Abstände zwischen Auge und Bildschirm.....	91

1 Einleitung

Vorstellung des Hamburg Concept Car 2021

Im Rahmen des 125-jährigen Jubiläums der Wagenbauschule Hamburg im Jahr 2021 wurde das Projekt Hamburg Concept Car 2021 (HCC21) vom Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau der HAW Hamburg ins Leben gerufen. Das Ziel des Projekts ist es, ein zukünftiges Konzept für ein Elektrofahrzeug für das Jahr 2025 zu entwickeln, welches auf das autonome Fahren des Levels 4 ausgerichtet ist. Dazu sollen ein Showcar sowie ein virtueller Prototyp erstellt werden. Der Autonomisierungsgrad Level 4 bedeutet dabei vollautomatisiertes Fahren. Da die Führung des Fahrzeugs vom System übernommen werden kann, ergeben sich neue Möglichkeiten der Fahrzeugnutzung. Das Fahrzeug bietet verschiedene Interaktionsmodi und ein innovatives Bedienkonzept für die Nutzung der freien Zeit im Auto. Der Komfort und das Wohlbefinden der Insassen sollen verbessert werden. Des Weiteren soll sich das Fahrzeugkonzept für Car-Sharing und Ride-Sharing eignen. Zudem werden die Packagevorteile durch den elektrischen Antrieb optimal genutzt. So verfügt das Fahrzeug über einen großen Innenraum, vergleichbar mit Oberklassefahrzeugen, jedoch mit Außenmaßen, die vergleichbar sind mit Kompaktklassefahrzeugen. Das Projekt wird hauptsächlich von Studierenden des Departments bearbeitet. Dies geschieht im Rahmen regulärer Semester-Kurse oder in Projekt- und Abschlussarbeiten. Das Konzeptfahrzeug mit dem Namen electric comfort, kurz e-Co, ist in Abbildung 1-1 dargestellt.



Abbildung 1-1: Exterieur des HCC21 e-Co

Quelle: HAW

Zielsetzung der Arbeit

In-Car-Entertainment (ICE) oder auch In-Vehicle-Infotainment (IVI), das System, welches im Fahrzeug unter anderem Audio- und Video-Entertainment bietet, spielt eine immer wichtigere Rolle bei der Kaufentscheidung von Fahrzeugen. Die Technik im Fahrzeug sowie ein intuitives Infotainment können dabei ein Alleinstellungsmerkmal bilden. Insbesondere bei jüngeren Käufern (bspw. Generation Y) spielt zudem die Konnektivität eine große Rolle. Connected-Car-Funktionen sind immer gefragter. So hat eine durchgeführte Umfrage ergeben, dass 40% der Befragten für mehr Konnektivität die Automarke wechseln würden. Laut einer Prognose werden zudem 75% der Fahrzeuge im Jahr 2025 mit dem Internet verbunden sein (ACCESS, 2020). Auch durch die zunehmende Elektrifizierung und Autonomisierung der Fahrzeuge steigt die Nachfrage an Entertainmentsystemen. Mit einem ICE-System kann beispielsweise die Wartezeit für das Laden an einem Ladepunkt optimal genutzt werden. Durch die Autonomisierung ändert sich zudem die Art und Weise, wie das Auto genutzt wird. Kunden wünschen sich ein Video-Entertainment-Erlebnis, das mit dem eigenen Heimkino vergleichbar ist, und der Medienkonsum steigt insgesamt. Außerdem wird das Auto zu einem erweiterten Arbeitsplatz und soll das Arbeiten auch während der Reise ermöglichen. Für die Anwendung als Ride-Sharing Fahrzeug ist es außerdem wichtig, dass jeder Passagier seinen eigenen Bildschirm hat, damit jeder sein individuelles Entertainmentprogramm genießen sowie sein ICE-System konfigurieren und personalisieren kann.

Um den Fond-Passagieren im e-Co ebenfalls ein ICE zu bieten und die zweite Sitzreihe attraktiv zu gestalten, soll in dieser Arbeit ein Rear Seat Entertainment (RSE) entwickelt werden. Dazu wird zunächst der Stand der Technik dargestellt und eine Marktanalyse vorhandener RSE-Systeme durchgeführt. In der anschließenden Voruntersuchung wird der aktuelle Entwicklungsstand des HCC21 und die Auswirkungen auf die weitere Entwicklung des RSE untersucht. Auf dieser Grundlage wird insbesondere die mögliche Positionierung und Unterbringung des Bildschirms analysiert. Außerdem werden die funktionalen, gesetzlichen und ergonomischen Anforderungen an das System ermittelt. Neben dem RSE selbst sollen weitere Features untersucht werden, die den Komfort der zweiten Sitzreihe erhöhen, um den steigenden Anforderungen an Komfortsystemen gerecht zu werden. Dazu werden die Bedürfnisse von Passagieren analysiert.

Auf Grundlage der definierten Anforderungen und Funktionen werden verschiedene Lösungsvarianten erarbeitet und mit methodischen Ansätzen verglichen und bewertet. Schließlich wird das beste Konzept, das weiterentwickelt werden soll, ausgewählt. Das ausgewählte Konzept soll detailliert und optimiert werden und dabei alle Anforderungen erfüllen. Anschließend wird das Konzept konstruiert und dargestellt.

2 Stand der Technik

2.1 In-Car-Entertainment

Das ICE ist ein integraler Bestandteil des Fahrzeugs. Die erste ICE-Komponente war das Autoradio; später kamen Kassettenplayer und CD-Player dazu. Mit der zunehmenden Nutzung von Smartphones und dem Wunsch, dass das ICE über die gleichen Funktionen wie Smartphones verfügt, wurde das „Bring your own device“ (BYOD) eingeführt, also die Integration von eigenen mobilen Endgeräten in das Entertainment-System des Fahrzeugs. Durch das zunehmende Verlangen nach mehr Konnektivitätsfunktionen und Entertainmentmöglichkeiten entstand das moderne ICE bzw. IVI. Das ICE-System ist internetfähig, der Benutzer kann auf verschiedene Apps zugreifen und das Entertainmentprogramm auswählen oder sich verschiedene Informationen anzeigen lassen. Die Integration der Konnektivitätsfunktionen ermöglicht ein bequemes und einfaches Nutzen des ICE ohne BYOD. Bedient wird das System über einen Touchscreen, der damit Knöpfe und Hebel ersetzt (ACCESS, 2020). Die Entwicklung des ICE ist in Abbildung 2-1 abgebildet.

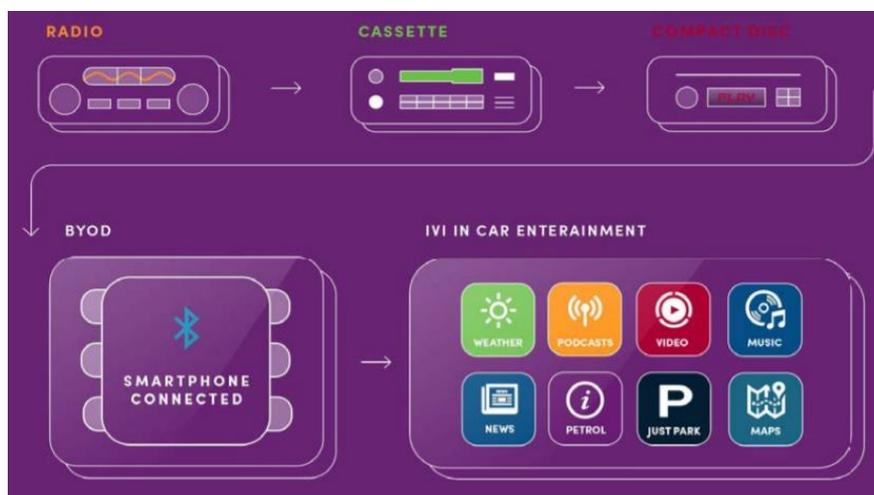


Abbildung 2-1: Entwicklung des ICE

Quelle: ACCESS

Zum IVI gehört auch das RSE. Das RSE ist das System, das den Fond-Passagieren Audio und Videoentertainment bietet. Das RSE besteht aus einem oder mehreren Bildschirmen, bei denen es sich meistens um Touchscreens handelt. Dabei wurden die Bildschirme in Laufe der Zeit größer und bekamen eine höhere Auflösung. Während in der Vergangenheit Inhalte über einen DVD- oder Blu-ray-Player abgespielt wurden, werden Inhalte zunehmend von externen Geräten aus abgespielt. Die Verbindung mit einem mobilen Endgerät kann per Kabel oder kabellos hergestellt werden. Oder das RSE ist selbst ein Smart Device, ist also mit dem Internet verbunden, und kann z.B. auf Streaming-Dienste zugreifen. Das Audio wird dabei über Kopfhörer oder über Lautsprecher abgespielt. Auch das RSE hat inzwischen mehr Funktionen als nur Entertainment. So können Insassen über das RSE auf Internet und Telefonie zugreifen und Komforteinstellungen vornehmen. Zudem hat der Fond-Passagier Zugriff auf das Navigationssystem und kann Ziele eingeben und sich Fahrtinfos anzeigen lassen. Das RSE ist meistens optional erhältlich und insbesondere in MPVs (Multi Purpose Vehicle) und SUVs sowie in Oberklassefahrzeugen verfügbar.

2.2 Marktanalyse

2.2.1 Rear Seat Entertainment

Um einen Überblick über die RSE-Systeme der aktuellen Serienfahrzeuge und Konzeptfahrzeuge zu erhalten, wird eine Marktanalyse durchgeführt. Dabei soll ein Überblick über vorhandene RSE-Systeme und -lösungen geschaffen und ein genaueres Verständnis der Funktionsweise von RSE-Systemen gewonnen werden. Dadurch können Inspirationen gewonnen und Ansätze von etablierten Systemen im weiteren Verlauf der Arbeit berücksichtigt werden. Grundsätzlich gibt es drei verschiedene Arten von RSE: Overhead Monitor, Seatback Monitor und der Mittelkonsolenmonitor.

Overhead Monitor

Die erste Variante ist der Overhead Monitor. Dabei wird ein klappbarer Monitor in der Fahrzeugmitte am Dachhimmel befestigt. Da der Bildschirm in der Regel außer Reichweite der Fond-Passagiere ist, handelt es sich nicht um einen Touchscreen. Die Bedienung erfolgt üblicherweise mit einer Fernbedienung. In Abbildung 2-2 ist ein Deckenmonitor im Toyota Sienna (2021) abgebildet. Es handelt sich um einen 11,6-Zoll-Bildschirm.

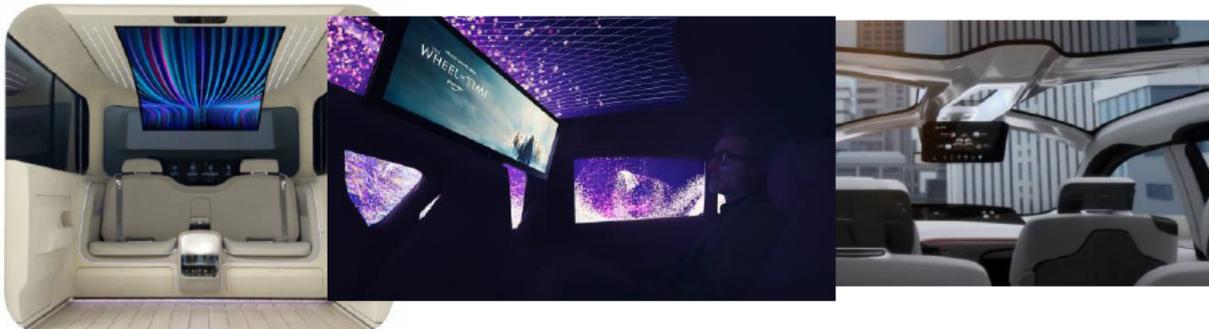
Die Funktionen bei diesem System sind begrenzt. Es ist nur die Wiedergabe von Videos von mobilen Endgeräten möglich. Man ist also abhängig von einer externen Wiedergabequelle. Die Verbindung mit einem mobilen Endgerät kann per Kabel hergestellt werden, dafür gibt es einen HDMI-Input in der Mittelkonsole, oder kabellos über das Screen Mirroring. Dabei wird z.B. der Bildschirm eines Smartphones auf den RSE-Bildschirm übertragen. Der BMW Theater Screen, beispielsweise erhältlich für den i7, verfügt sogar über einen 31 Zoll großen Bildschirm (Abbildung 2-2).



Toyota Sienna

Faraday Future FF 91

 HYUNDAI ×  LG



Hyundai IONIQ Concept Cabin

BMW Theater Screen

Chrysler Portal Konzept

Abbildung 2-2: Overhead Monitor

Quelle: Toyota, YT Jia, LG, BMW, Fiat Chrysler Automobiles

Darüber hinaus sind in Abbildung 2-2 Konzeptfahrzeuge mit einem solchen RSE zu sehen. Das Innenraum-Konzept des Hyundai IONIQ hat einen großen, am Dachhimmel befestigten Bildschirm, der gekrümmt werden kann. Der BMW Theater Screen ist ein Bildschirm, das mit einer über zwei seitliche Gelenkschienen geführten Drehbewegung aus dem Dachhimmel herausklappt. Das Konzeptfahrzeug Chrysler Portal hat einen Bildschirm, der fest an der Dachkonsole befestigt ist. Einen Deckenmonitor findet man in der Regel in Vans bzw. MPVs, da in diesen Fahrzeugen der Platz vorhanden ist, um ein solches System zu installieren, und dieses dabei die Sicht nach hinten nur geringfügig einschränkt.

Seatback Monitor

Die zweite Art von RSE ist der an der Rückseite des Vordersitzes befestigte Monitor. Diese ist die am häufigsten zu findende Variante. Dabei wird jeweils ein Bildschirm an den Lehnen der beiden Vordersitze angebracht. Es handelt sich in der Regel um Touchscreens. Als Beispiel wird hier das RSE von Mercedes-Benz, das u.a. im Mercedes-Benz EQS (2021) verbaut wird, betrachtet (Abbildung 2-3).



Abbildung 2-3: Seatback Monitor MB EQS

Quelle: TechCrunch, Mercedes-Benz[1]

Die beiden Bildschirme haben eine Größe von 11,6 Zoll. Außerdem befindet sich beim EQS ein entnehmbares Tablet mit den gleichen Funktionen in der mittleren Armlehne für den Passagier auf dem mittleren Sitz. Bei der S-Klasse, der keinen mittleren Sitz hat, kann das Tablet als Fernbedienung genutzt werden. Die Benutzeroberfläche des Mercedes Benz Multimediasystem (MBUX) ist in Abbildung 2-3 dargestellt. Die Insassen können sich mit ihren eigenen Profilen in das System einloggen. Zuvor gespeicherte Einstellungen können dann sofort übernommen werden.

Der Passagier kann individuell seinen Sitz verstellen sowie Massage- und Beleuchtungseinstellungen vornehmen. Zusätzlich ist an jedem Sitz ein individueller Sprachassistent verfügbar, und es können Sprachbefehle ausgeführt werden. Neben den Zugriff auf Medien stehen dem Passagier auch verschiedene Apps zur Verfügung, und der Zugriff auf das Navigationssystem ist möglich. Zusätzlich kann der Passagier In-Car Office-Funktionen nutzen und kann z.B. auf E-Mails zugreifen oder Einträge in den Terminkalender erstellen. Des Weiteren können über das System auch Telefonate geführt werden. Da der Bildschirm über eine eingebaute Kamera verfügt, können auch Video-Telefonate geführt werden. Eine weitere Funktion ist das Übertragen von Inhalten von Bildschirm zu Bildschirm. So kann z.B. ein Film von einem Sitz zu einem beliebigen Sitz bewegt werden, sodass der andere Passagier denselben Film sehen kann. Die Bildschirme verfügen über einen Audio-Anschluss und können zudem eine eigene Bluetooth Verbindung aufbauen, sodass auch Bluetooth-Kopfhörer verwendet werden können.

Im Folgenden werden weitere Beispiele besonderer RSE-Systeme dargestellt. Der Chrysler Pacifica (2021) hat einen klappbaren Monitor (Abbildung 2-4). Die aktuell größten RSE-Bildschirme sind beim Cadillac Escalade (2021) zu finden. Die Bildschirme haben eine Größe von 12,6 Zoll. Ein einzigartiges RSE-System haben Rolls-Royce-Modelle (Abbildung 2-4). Wenn das RSE nicht in Benutzung ist, befindet sich der Bildschirm unsichtbar hinter dem Klappstisch. Um das RSE zu nutzen, muss zunächst der Klappstisch aufgeklappt werden. Der Bentley Mulsanne (2016) hat einen Bildschirm, der sich im Inneren der Lehne des Vordersitzes befindet und ausgefahren werden kann (Abbildung 2-4). Das Konzeptfahrzeug Mercedes-Benz Vision EQS zeigt ein RSE, das sich fast über die gesamte Lehne des Vordersitzes erstreckt und nahtlos in die Lehne integriert ist (Abbildung 2-4). Ebenfalls in Abbildung 2-4 zu sehen ist ein RSE von Audi, welches ein abnehmbares Tablet hat. Außerdem gibt es ein Konzept von LG, das ein rollbares OLED-Display für ein RSE zeigt.



Chrysler Pacifica



Rolls-Royce Ghost



Bentley Mulsanne



Mercedes Vision EQS



Audi Tablet



LG rollbares OLED

Abbildung 2-4: Seatback Monitor-Varianten

Quelle: CarsRadars, autoevolution[1], CAR, Daimler, Audi, Business Korea

Eine weitere Variante des Seatback Monitors, ist der in der Kopfstütze integrierte Monitor. Es befindet sich jeweils ein Bildschirm in den Kopfstützen der Vordersitze. Dieses System ist in aktuellen Fahrzeugen allerdings nicht mehr häufig zu finden. Zum einen ist die Bildschirmgröße durch die Kopfstütze begrenzt. Zudem ist nicht immer der Platz vorhanden, um ein RSE in die Kopfstütze zu integrieren. Dies ist insbesondere bei aktiven Kopfstützen, bei denen sich die Elektronik im Inneren der Kopfstützen befinden, der Fall. Des Weiteren sind die Verstellmöglichkeiten des Displays begrenzt. In Abbildung 10 ist das RSE des Ford Expedition (2021) (Abbildung 2-5) abgebildet. Die Bildschirme sind mit einer Größe von 8 Zoll vergleichsweise klein. Das System verfügt über einen HDMI- und einen USB-Anschluss sowie einen DVD-Player.



Abbildung 2-5: Kopfstützenmonitor

Quelle: Ford

Mittelkonsolenmonitor

Bei dieser Variante befindet sich ein Bildschirm in der Mittelkonsole. Der Tesla Model S (2021 Facelift) (Abbildung 2-6) hat ein solches RSE. Neben den Vornehmen von Klimaeinstellungen kann man auf den 8-Zoll-Bildschirm Medien abspielen, auf Apps wie z.B. Streamingdienste zugreifen und Videospiele spielen. Auch bei dieser Variante ist die Größe des Displays begrenzt, da dieses in die Mittelkonsole integriert wird. Zudem lässt sich das Display nicht verstellen.



Abbildung 2-6: Mittelkonsolenmonitor Tesla

Quelle: Tesla

Weitere Varianten des Mittelkonsolenmonitors sind in den Konzeptfahrzeugen Infiniti Q Inspiration und Lincoln Continental Concept (Abbildung 2-7) zu finden. Im Gegensatz zum RSE vom Model S sind hier zwei RSEs, je einer für beide Fondinsassen, vorhanden. Beim Q Inspiration sind die Bildschirme auf der durchgehenden Mittelkonsole befestigt. Beim Continental ist der Bildschirm in den Klapptisch integriert, welcher aus der durchgehenden Mittelkonsole ausgeklappt wird.



Lincoln Continental Concept



Infiniti Q Inspiration

Abbildung 2-7: Mittelkonsolendisplay

Quelle: Lincoln, Auto Express

Auch Nachrüstungslösungen sind verfügbar. Hier sind die gängigen Varianten zum einem der Deckenmonitor (Overhead), der am Dachhimmel verschraubt wird, der Monitor in der Kopfstütze und der Monitor vor der Kopfstütze (Seatback). Der Monitor in der Kopfstütze wird entweder in die vorhandene Kopfstütze eingebaut, oder es wird die gesamte Kopfstütze ausgetauscht. Der Monitor vor der Kopfstütze wird mit den Kopfstützenstangen oder der Sitzstruktur verschraubt.

Entertainmentsysteme in anderen Transportmitteln

Da in dieser Arbeit nach der bestmöglichen Lösung für den HCC21/e-Co gesucht werden soll, werden auch Entertainmentsysteme in anderen Personentransportmitteln untersucht. Besonders in Verkehrsflugzeugen sind Entertainmentsysteme von großer Bedeutung. Auf den meisten Langstreckenflugzeugen hat jeder Passagier seinen eigenen Bildschirm. Diese befinden sich meistens auf der Rückseite der Vordersitze oder, wenn kein Vordersitz vorhanden ist, an der Wand (Bulkhead) oder zum Einklappen in oder unter der Armlehne. Auch in Privatflugzeugen sind bewegliche Bildschirme zu finden. Beispiele von In-Flight-Entertainment-Systemen sind in Abbildung 2-8 abgebildet. Bei den Bildschirmen handelt es sich in der Regel um Touchscreens. Zum Teil kann die Bedienung auch mit einer Fernbedienung erfolgen, die im Sitz integriert ist.

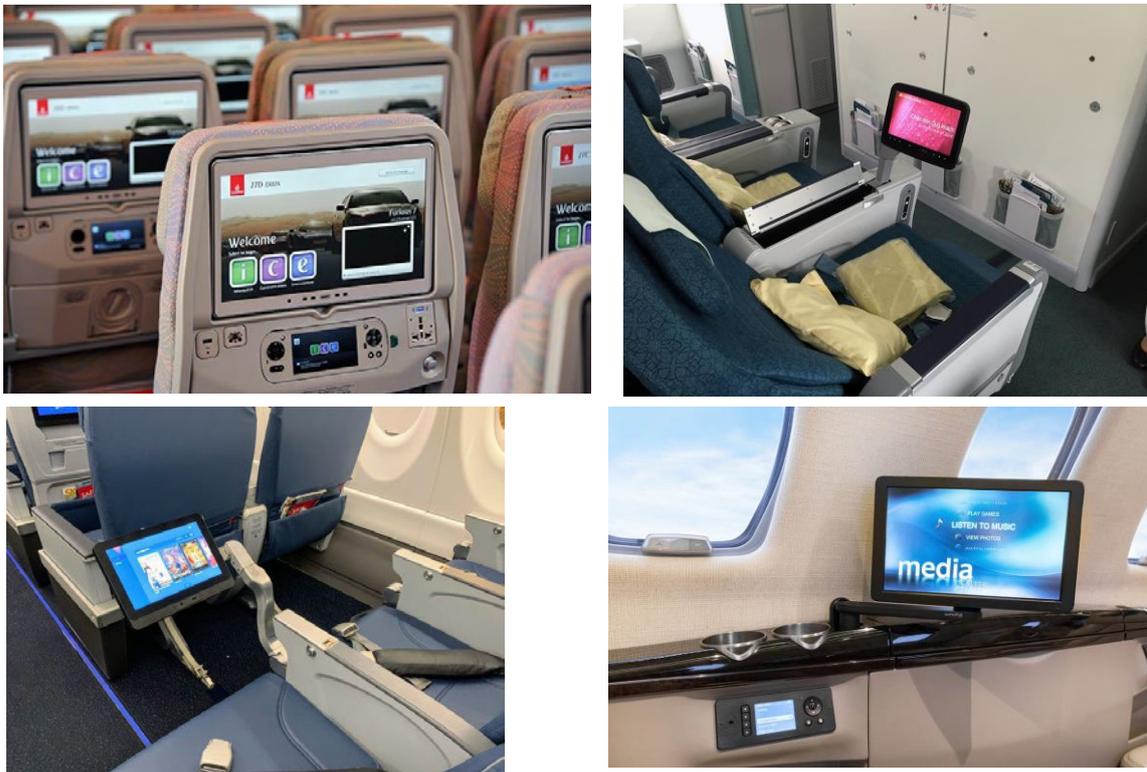


Abbildung 2-8: In-Flight-Entertainment

Quelle: Emirates, TheDesignAir, The Points Guy, Amjet Aviation

Bedienelemente

Die Bedienung von RSEs und weiteren Funktionen erfolgt üblicherweise mit dem Touch Display (Main-Bildschirm). Wenn aber das Touch Display nur schwer zu erreichen ist werden zusätzliche Bedienelemente benötigt. Im Folgenden werden verschiedene Konzepte dargestellt (Abbildung 2-9).



Fester Touchscreen in Mittelarmlehne/ -konsole



Tablet in Mittelarmlehne/ -konsole



Bedienelement in Türverkleidung



Dachbedienung



Externes Bedienelement

Abbildung 2-9: Bedienelemente

Quelle: Porsche, TechCrunch, Autodevot, Mercedes-Benz[2], The Drive[1]

Die Dachbedienung findet man üblicherweise in Vans. Bedienelemente in der Mittelarmlehne oder Mittelkonsole sind bei Limousinen und Luxus-SUVs üblich.

2.2.2 Weitere Features

Neben Entertainmentmöglichkeiten findet man in der zweiten Sitzreihe von Fahrzeugen weitere Features, die die Fahrt komfortabler gestalten. Diese werden im Folgenden untersucht.

Ein Feature, welches in Fahrzeugen im Luxussegment und in Vans zu finden ist, ist ein Klapptisch. Der Vorteil eines Klapptisches ist, dass man die Möglichkeit hat, Gegenstände auf einer ebenen und festen Oberfläche abzulegen. Dies macht es z.B. möglich, bequem im Fahrzeug zu essen und an einem Laptop zu arbeiten. Ein Klapptisch kann dabei an der Rückseite des Vordersitzes befestigt werden, aus der Mittelkonsole oder aus dem Mittelarmlehnenfach ausgeklappt werden (Abbildung 2-10).



Abbildung 2-10: Klapptisch

Quelle: Car Division, Miller Motorcars, Mercedes-Benz[3]

Ein weiterer wichtiger Teil des Interieurs sind Ablagen. Diese ermöglichen es den Insassen, Gegenstände bequem im Fahrzeug zu verstauen. Zudem wird verhindert, dass im Fall eines Crashes lose Gegenstände zu einem gefährlichen Projektil werden. Häufig vorhandene Ablagen sind Mittelkonsolen-/ Mittelarmlehnenfächer, Türablagen und Sitztaschen. Vereinzelt gibt es auch Fächer im Fahrzeugboden. Einige Fahrzeuge im Luxussegment, die keinen mittleren Sitz in der zweiten Sitzreihe haben, verfügen über eine Ablage zwischen den Sitzen (Abbildung 2-11).

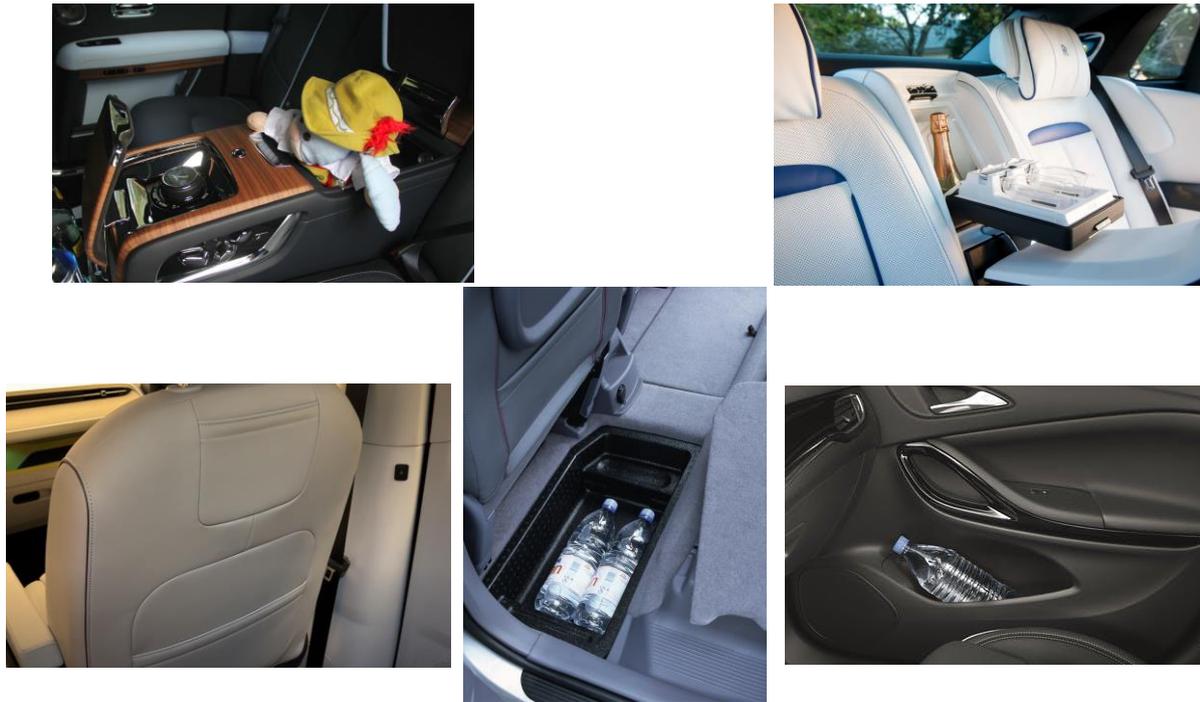


Abbildung 2-11: Ablage

Quelle: The Drive[2], Doug DeMuro[1], Nissan, mobile.de

Um den Insassen den maximalen Sitzkomfort zu bieten, verfügen einige Fahrzeuge im Luxussegment über Beinauflagen und ermöglichen eine möglichst komfortable Sitzposition. Beinauflagen können an der Rückseite der Vordersitze oder unter dem Rücksitz montiert werden und bei Bedarf ausgeklappt werden (Abbildung 2-12).



Abbildung 2-12: Beinauflage

Quelle: AutoGuide, ExtremeTech

3 Voruntersuchung

In diesem Kapitel werden die Randbedingungen beschrieben, die für die spätere Ausarbeitung der RSE-Konzepte gilt. Dazu wird zunächst der bisherige Entwicklungsstand des HCC21 dargestellt. Dadurch sollen ein besseres Verständnis und ein besserer Überblick über das Fahrzeug geschaffen werden. Zudem werden die Vorgaben an das RSE-Konzept definiert. Des Weiteren werden die funktionalen und gesetzlichen Anforderungen an das RSE ermittelt, die bei der Entwicklung des Konzepts berücksichtigt werden müssen. Außerdem wird die Ergonomie untersucht, um die optimale Position des RSE-Displays, der Bedienung und des Klapptisches zu finden. Die ermittelten Anforderungen werden anschließend in einer Anforderungsliste zusammengefasst.

3.1 Stand HCC21

e-Co			
Mission:	„Focus on your needs“	Karosserieform:	MPV/Kompakt
Zielmärkte:	Europa, China	Abmessungen:	L4321/B1801/H1639
Volumen:	60.000 p/a	Türen:	5
Marktlaufzeit:	2025-2032	Sitzplätze:	4
Einstiegspreis:	39.000€	Kofferraumvol.:	510l
Automatisierung:	Level 4	Stirnfläche:	2,49m ²
		c _w -Wert:	0,267
Antrieb:	PSM Frontmotor	Wendekreis:	11m
Leistung:	155kW		
V _{max} :	180km/h abger.		
0-100km/h:	12,98s	<i>Ausstattungsalternative</i>	
Batterie:	90kWh	Batterie:	60kWh
Verbrauch (WLTP):	16,21kWh/100km	Verbrauch (WLTP):	15,70kWh/100km
Reichweite (WLTP):	500km	Reichweite (WLTP):	344km
Leergewicht:	1975kg	Leergewicht:	1825kg
Zuladung:	650kg	Zuladung:	700kg

Abbildung 3-1: Konzeptsteckbrief e-Co

Quelle: In Anlehnung an Friedhoff, 2020

Die wichtigsten Eigenschaften des e-Co wurden in einem Konzeptsteckbrief (Abbildung 3-1) zusammengefasst. Bei dem Konzeptfahrzeug handelt es sich um einen fünf-türigen MPV mit Elektroantrieb. Der e-Co hat vier Sitzplätze und ist auf das autonome Fahren des Levels 4 ausgerichtet.

Die Mission des Fahrzeugs lautet „Focus on your needs“. Dem Nutzer sollen ein exzellenter Komfort und die Möglichkeit zur optimalen Nutzung der freien Zeit im Fahrzeug geboten werden. Dies wurde umgesetzt durch ein innovatives Innenraumkonzept. Aus dem Maßkonzept (Abbildung 3-2) kann man entnehmen, dass der e-Co ein großes Platzangebot in einem kompakten Fahrzeug bietet. Die Fahrzeuginnenlänge von 964mm entspricht der Mercedes-Benz S-Klasse lang, einem Fahrzeug aus der Oberklasse. Die Fahrzeugaußenlänge (4321mm) dagegen ist vergleichbar mit Fahrzeugen aus der Kompaktklasse z.B. dem VW Golf.

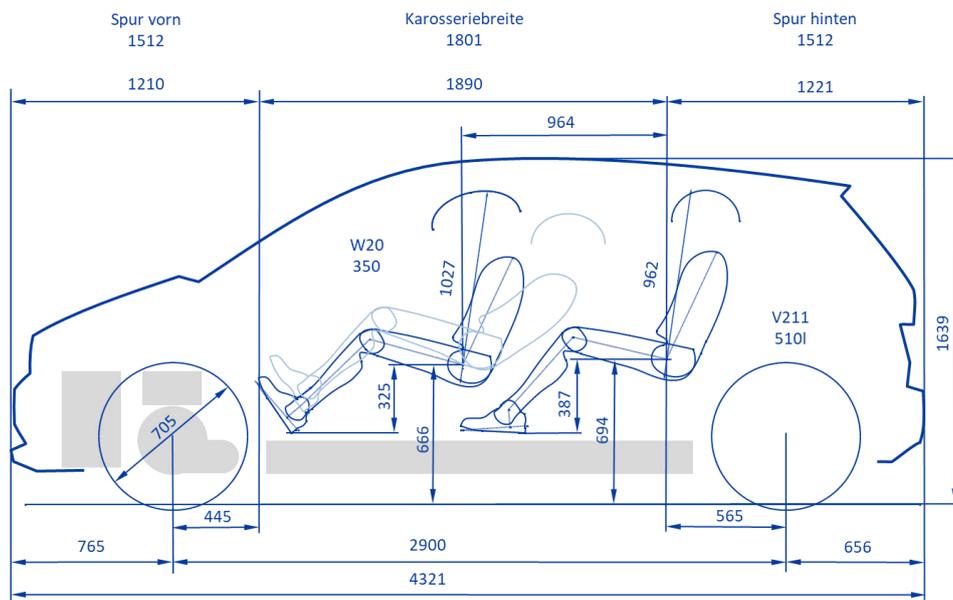


Abbildung 3-2: Maßkonzept e-Co

Quelle: Friedhoff, 2020

Ein weiteres Highlight sind die drei Modi, die im autonomen Betrieb gewählt werden können, nämlich Relax, Media und Office. Die drei wählbaren Modi sind in Abbildung 3-3 dargestellt.

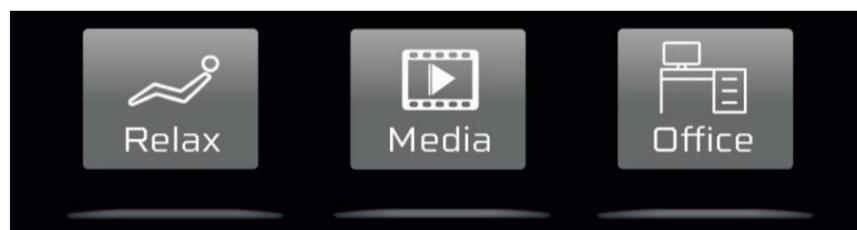


Abbildung 3-3: Modus-Wahl

Quelle: Feill & Kreuziger, 2020

Im Folgenden werden die drei Modi genauer beschrieben.

Im **Office-Modus** wird dem Insassen die Möglichkeit geboten, im Fahrzeug Arbeiten zu erledigen z.B. E-Mails schreiben und Präsentationen erstellen. Dem Beifahrer steht ein Klapptisch, der gleichzeitig als Tastatur dient, zur Verfügung. Der Klapptisch wird aus dem Armaturenbrett ausgeklappt. Als Anzeige dient das Main-Display.

Wenn der Insasse sich entspannen möchte, kann er den **Relax-Modus** aktivieren. Die Sitze werden dabei in eine angenehme Liegeposition, die Zero Gravity Position, abgesenkt. In der Zero Gravity Position betragen die Winkel zwischen Torso und Beinen sowie Oberschenkel und Unterschenkel jeweils 130° . Die Rückenlehne ist dabei um 60° zur Vertikalen geneigt. Die Zero Gravity Position ist in Abbildung 3-4 dargestellt.

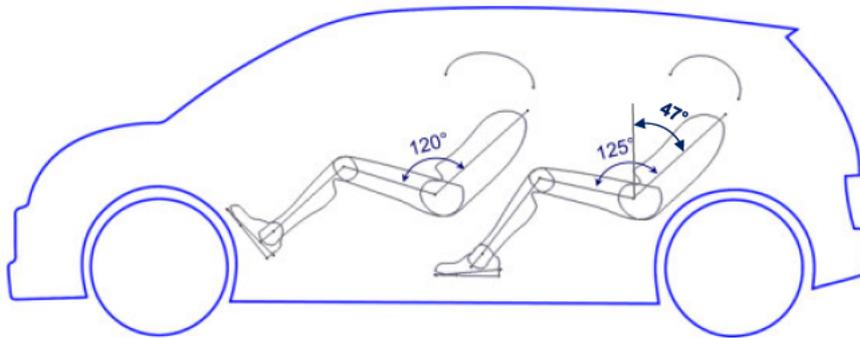


Abbildung 3-4: Zero Gravity Position

Quelle: Eigene Darstellung, HAW, 2019, Juli

Die Zero Gravity Position ist nur möglich, wenn der Rücksitz frei ist. Wenn die 2. Sitzreihe belegt ist, ist der maximale Winkel 120° zwischen Torso und Oberschenkel (Hüftwinkel) bzw. hat eine 47° Lehnenneigung gegenüber der Vertikalen (Lehnenwinkel). Für die hintere Sitzreihe ist ebenfalls eine Zero Gravity Position vorgesehen. In der hinteren Sitzreihe beträgt der Hüftwinkel 125° und der Lehnenwinkel 47° . Die Zero Gravity Position der Rücksitze ist in Abbildung 3-5 zu sehen.

- Low Gravity beide Sitzreihen



- Displaysicht

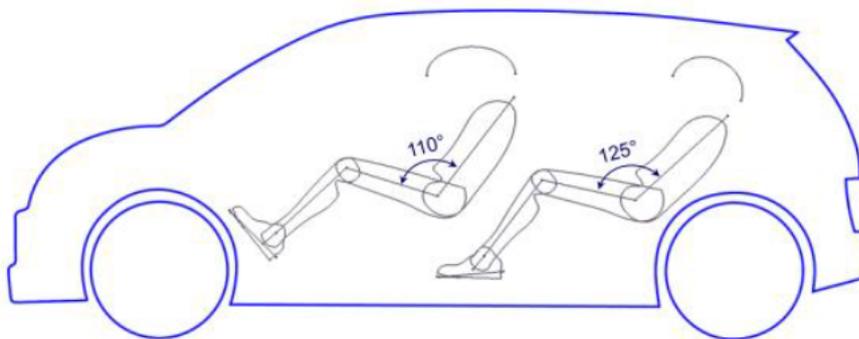


Abbildung 3-5: Zero Gravity Position beide Sitzreihen & Displaysicht

Quelle: In Anlehnung an HAW, 2019, Februar

Die Sitzposition ist angelehnt an die Komfortwinkel der NASA (siehe Kapitel 3.3). Zusätzlich wurden im Wintersemester 18/19 Versuche an der Sitzkiste durchgeführt. Dabei wurden Versuchspersonen gefragt, welche Sitzposition für sie am komfortabelsten ist. Durchschnittlich fanden die Versuchspersonen einen Hüftwinkel von 130° am komfortabelsten.

Im **Media-Modus** wird ein Bildschirm, der sich in der Sonnenblende befindet, ausgeklappt, der sogenannte Sky Screen. Die vorderen Passagiere können so während der Fahrt Video Entertainment genießen. Auch im Media-Modus nehmen die Insassen eine Liegeposition ein. Zusätzlich zu den oben beschriebenen Versuchen an der Sitzkiste wurde auch die komfortabelste Position für die Sicht auf den Sky Screen gesucht. Hier fanden die Versuchspersonen durchschnittlich einen Hüftwinkel von 110° am komfortabelsten. Die optimale Displaysicht ist in Abbildung 3-5 zu sehen.

In Abbildung 3-6 ist das Interieur mit allen Displays des e-Co dargestellt. Es ist die Sitzposition im manuellen Betrieb sowie der Media Modus dargestellt. In der Abbildung kann man erkennen, dass das Lenkrad im autonomen Betrieb in die Instrumententafel eingefahren und der Lenkradkranz eingeklappt wird.

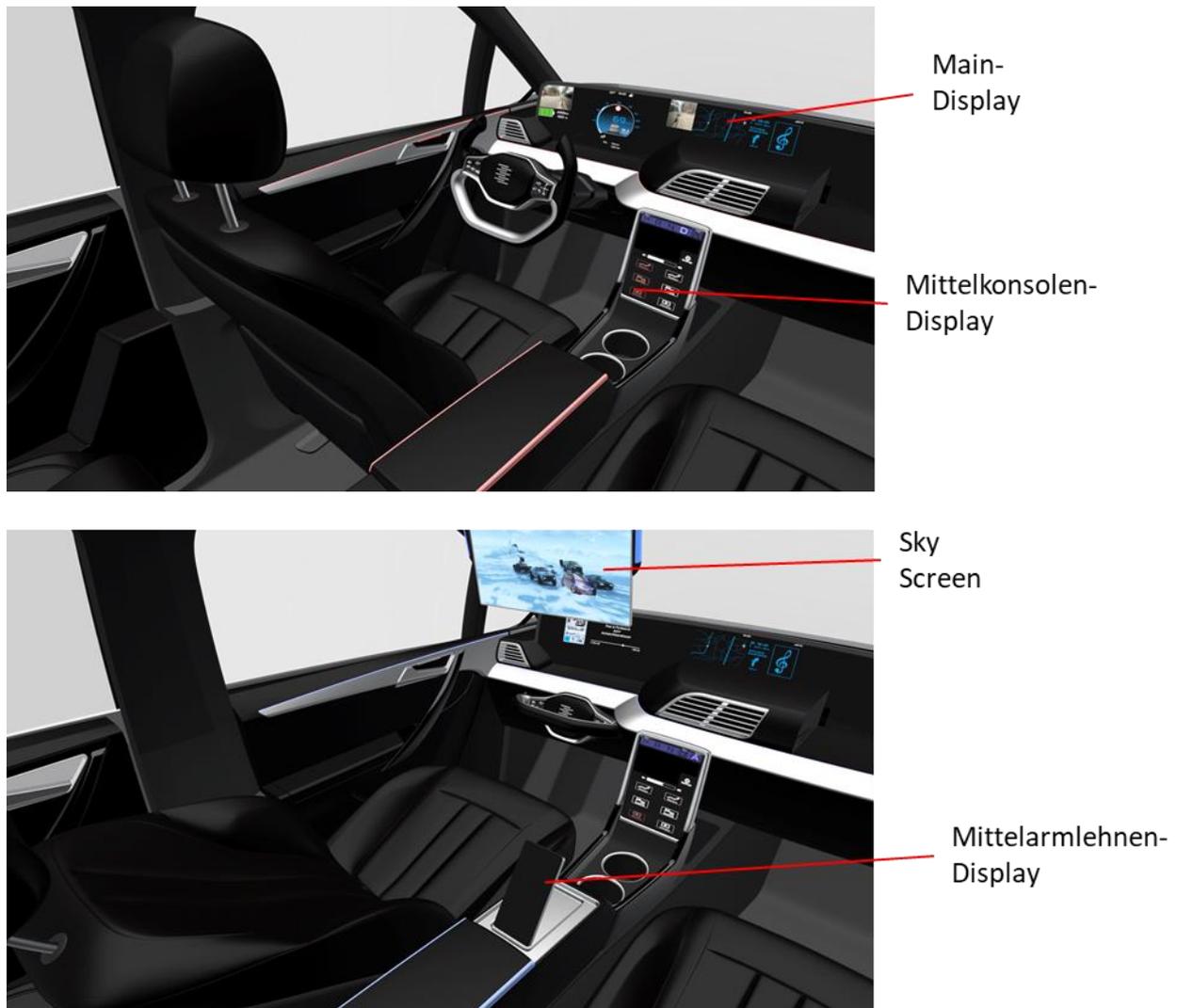


Abbildung 3-6: Interieur e-Co

Quelle: Eigene Darstellung

Zu den Konzeptanforderungen gehören ebenfalls ein intuitives Bedienkonzept sowie ein modernes und fortgeschrittenes Infotainment. Umgesetzt wurde dies mit vier verschiedenen Arten von Displays in der ersten Sitzreihe. Die verschiedenen Displays sind in Abbildung 3-6 zu sehen. Außer dem Türgriff, dem Fensterheber und den Bedienelementen in der Dachkonsole, sind alle Funktionen im Touchscreen integriert. Es handelt sich also um ein nahezu volldigitales Bedienkonzept.

Das Main-Display ist 48 Zoll groß und erstreckt sich über das gesamte Armaturenbrett. Das Main-Display beinhaltet das Kombiinstrument, und alle relevanten Inhalte werden darauf angezeigt.

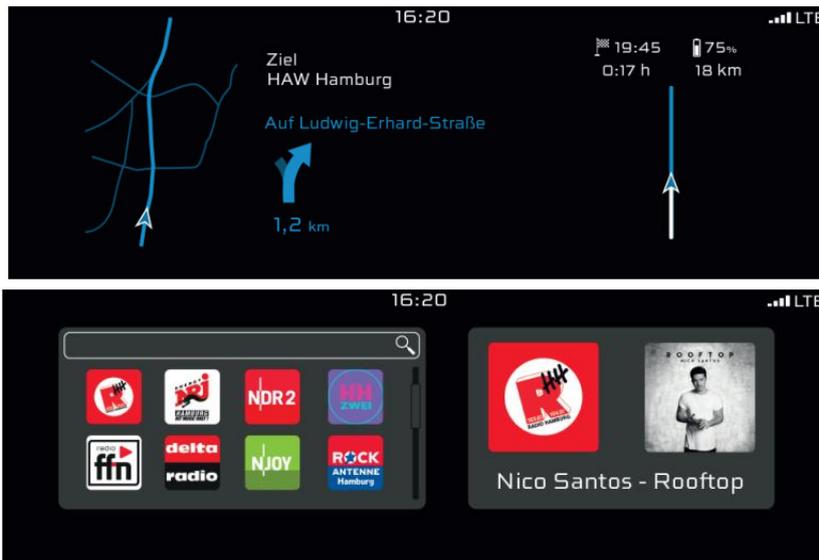
Das Mittelkonsolen-Display ist ein 10,4 Zoll großer Touchscreen. Das Display dient zur Navigation und Steuerung des Main-Displays. Dabei dient die untere Hälfte des Displays als Trackfeld. Über das Mittelkonsolen-Display kann die Fahrstufe ausgewählt, das Infotainment-Menü und die Klimaanlage bedient und die 360°-Kamera und die Einstellungen aufgerufen werden.

Das 6,7 Zoll große Mittelarmlehnen-Display befindet sich unter der Armauflage. In der Relax-Position fährt die Armauflage nach hinten und das Mittelarmlehnen-Display wird frei und fährt aus. Da in der Zero Gravity Position das Mittelkonsolen-Display nicht erreicht werden kann, dient das Mittelarmlehnen-Display stattdessen als Steuerelement. Das Display ist somit ebenfalls als Touchscreen konfiguriert. Dementsprechend sind mit dem Mittelarmlehnen-Display alle notwendigen Bedienungen möglich. Das Display ist sowohl für den Fahrer als auch für den Beifahrer gedacht.

Der Sky Screen befindet sich jeweils in den Sonnenblenden des Fahrers und des Beifahrers und wird im Media-Modus ausgeklappt. Es handelt sich um 16,3 Zoll große Bildschirme.

In einem Projekt durch Feill und Keuziger (2020) wurden bereits Inhalte des Main-Displays, Mittelkonsolen-Displays und Mittelarmlehnen-Displays gestaltet. Dabei wurde das Bedienkonzept definiert und erprobt. Die während des Projektes entworfenen Benutzeroberflächen sind in Abbildung 3-7 abgebildet. Die Benutzeroberfläche ist standarmäßig schwarz und grundsätzlich dunkel gehalten und kann sich an die gewählte Ambiente-Konfiguration anpassen. Es wurde eine digitale und moderne Schriftart gewählt, die gut mit dem futuristischem Interieur harmoniert. Die Schriftfarbe ist weiß und teilweise für Akzente blau. Die grafische Benutzeroberfläche ist bewusst reduziert gehalten, sodass Informationen schnell erfasst werden können. Ein wichtiges Ziel war es zudem, die Menüstruktur schlank und intuitiv verständlich zu gestalten, um maximalen Bedienkomfort zu bieten.

Main-Display



Mittelarmlehnen-Display



Mittelkonsolen-Display

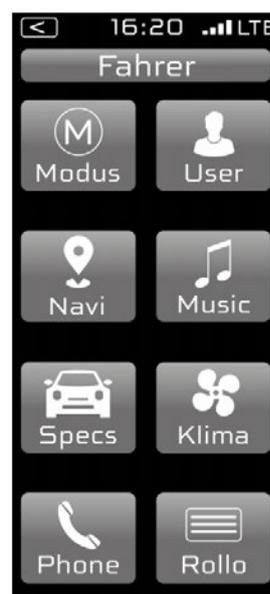


Abbildung 3-7: Benutzeroberfläche
 Quelle: Feill & Kreuziger, 2020

Die Betrachtung der Zielkunden zeigt die Notwendigkeit eines RSE für dieses Fahrzeug. Im Rahmen der Konzeptdefinition wurde die Persona definiert. Dabei handelt es sich um eine Person aus der Generation Y (Personen, die in den 1980er oder 1990er Jahren geboren wurden, die verheiratet sind und Kinder haben). Für längere Fahrten wäre das RSE eine ideale Beschäftigung für die Kinder. Zum erweiterten Kundenfeld gehören Ridesharing-Anbieter bzw. -nutzer. Für Ridesharingnutzer ist ein individuelles Display erforderlich.

In früheren Projektständen war bereits ein RSE, das sich in den Rückenlehnen der Vordersitze befindet, vorgesehen. In Abbildung 3-8 ist ein Projektstand aus dem Sommersemester 2018 und dem Wintersemester 2018/19 zu sehen.



Sommersemester 2018:
Kurse Strak Vertiefung & Karosserie-
konzepte und Fahrzeuginterieur

Wintersemester 2018/19

Abbildung 3-8: frühere Projektstände RSE

Quelle: HAW, 2019, Februar

Ein RSE wurde bislang jedoch nicht umgesetzt. Eine Problemstelle ist, dass bei den bislang vorgeschlagenen Konzepten die Nutzung des RSE nur bei einer aufrechten Position des vorderen Insassen möglich ist und nicht bei einer Zero Gravity Position des Vordersitzes.

Im Folgenden wird die hintere Sitzreihe des aktuellen e-Co (Abbildung 3-9), welche für diese Arbeit relevant ist, genauer betrachtet. Es gibt zwei Sitzplätze in der hinteren Sitzreihe sowie eine durchgehende Mittelkonsole mit Cupholdern und eine Armauflage. Der vordere Teil der Mittelkonsole (rote gestreifte Fläche) ist nicht nutzbar, da die vordere Armauflage bei der Zero Gravity Position nach hinten in den markierten Bereich fährt. Der e-Co verfügt zudem über ein Panoramadach, was das Anbringen von Bildschirmen am Dachhimmel unmöglich macht. Zum jetzigen Stand sind noch keine Displays oder Bedienelemente in der hinteren Sitzreihe umgesetzt worden. Als Ablage dient ein Fach unter der Armlehne. Die im Fahrzeug verbauten Vordersitze verfügen zudem über eine Sitztasche für die hinteren Insassen. Des Weiteren sind Ablagen in den Türen möglich.



Abbildung 3-9: hintere Sitzreihe e-Co

Quelle: Eigene Darstellung

Im Rahmen der Konzeptdefinition und der Gestaltentwicklung des Exterieurs und Interieurs wurden ebenfalls Designparameter (Abbildung 3-10), welche die Formensprache des HCC21 zeigen, bestimmt sowie ein Icon (Abbildung 3-11) entwickelt. Das Icon ist ein wiederkehrendes Gestaltelement, hat die Form eines Trapezes und hilft, eine durchgängige Formensprache zu etablieren. Das Icon spiegelt die Designparameter wider und dient als Inspiration für das Design des e-Co. Das Icon ist im Interieur mehrfach zu finden. So sind z.B. die Linienführung der Mittelkonsole, das Lenkrad und die Innenraumleuchten an der Form des Icons orientiert.

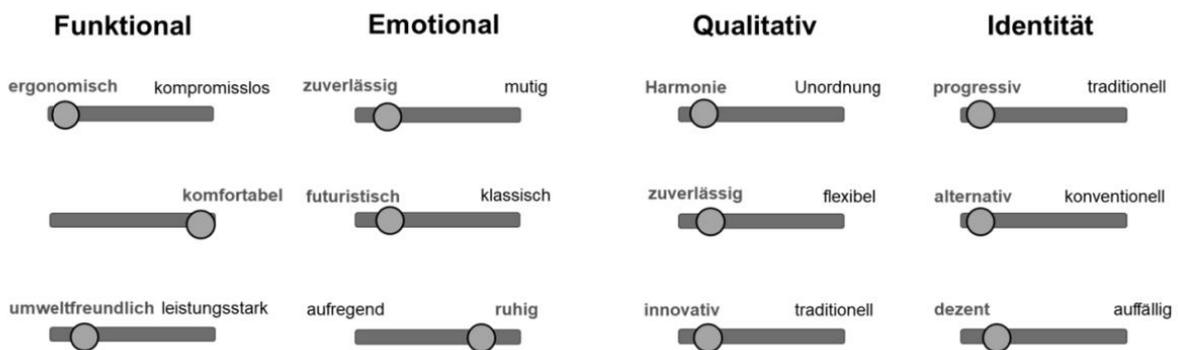


Abbildung 3-10: Designparameter

Quelle: HAW, 2019, Juli

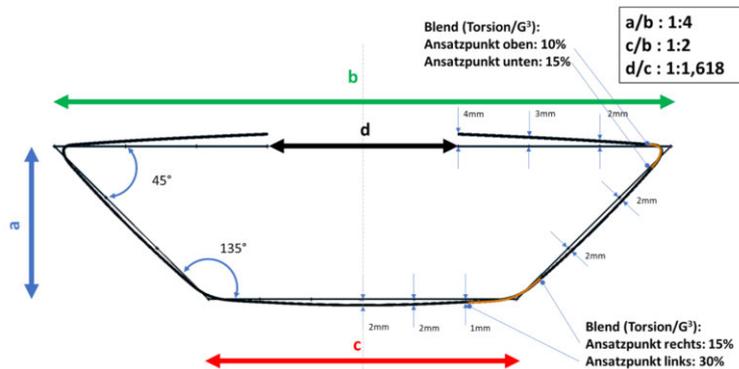


Abbildung 3-11: Icon

Quelle: HAW, 2019, Juli

3.2 Benutzerbedürfnisse

Um die Anforderungen der Benutzer und die gewünschten Funktionen eines RSE zu ermitteln, werden die Bedürfnisse der Benutzer betrachtet. Zunächst wird eine Arbeit von Pfleging et al. (2016) betrachtet.

Ein Teil dieser Arbeit ist eine Umfrage, bei der Teilnehmer verschiedener Altersgruppen gefragt wurden, welche Aktivitäten (Non-Driving-Related Activities) sie wie häufig in einem Auto als Passagier durchführen und welche Aktivitäten sie in einem autonomen Fahrzeug durchführen würden. Die Ergebnisse der Umfragen sind in Abbildung 3-12 zu sehen.

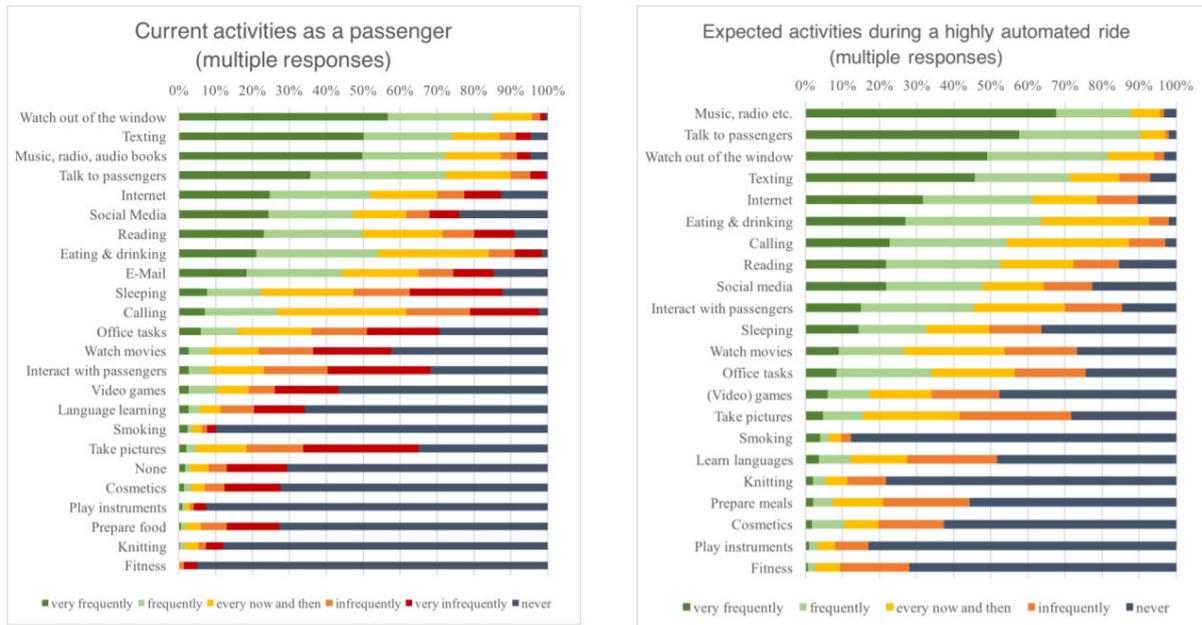


Abbildung 3-12: Umfrage: Aktivitäten im Fahrzeug

Quelle: Pflieger et al., 2016

Die häufigsten Aktivitäten als Passagier, wenn man die Antworten sehr häufig (very frequently) und häufig (frequently) addiert, sind: aus dem Fenster sehen (85%), Nachrichten schreiben (74%), sich mit anderen Passagieren unterhalten (72,3%) und Musik/Radio/Audiobooks hören.

Auch in einem autonomen Fahrzeug sind die häufigsten Aktivitäten: sich unterhalten (90,3%), Musik hören (87,7%) und aus dem Fenster sehen (81,7%). Es ist auch erkennbar, dass Entertainment (z.B. Filme sehen, Videospiele), Produktivitäts- (z.B. Büro-tätigkeiten) und Kommunikationsmöglichkeiten (z.B. Telefonie) bei einem autonomen Fahrzeug häufiger genutzt werden. Diese Funktionen können in ein RSE integriert werden.

Da aus dem Fenster sehen eine häufig durchgeführte Aktivität ist, kann es durch das RSE erweitert und das Erlebnis verbessert werden.

Kontextbasierte und reisebezogene Anwendungen haben einen positiven Einfluss auf das Fahrerlebnis. Zum Beispiel können auf dem RSE-Display Informationen zu einem Ort, an dem man vorbeifährt, angezeigt werden (Berger et al., 2021).

Für Aktivitäten wie Essen und die Nutzung eines Laptops, um Bürotätigkeiten auszuführen, kann ein Klapp Tisch den Komfort deutlich steigern. Da viele Aktivitäten ausgeführt werden, bei denen verschiedene Gegenstände benötigt werden (z.B. Lesen, Essen, Arbeiten), sollten möglichst viele Ablagemöglichkeiten geboten werden. Für Aktivitäten wie Schlafen oder aus dem Fenster sehen ist eine komfortable Sitzposition nötig.

Eine weitere Umfrage die Pfleging et al. (2016) durchgeführt haben, beschäftigt sich mit der Frage, welche Input- und Output-Geräte in einem autonomen Fahrzeug bevorzugt werden. Die Ergebnisse der Umfrage sind in Abbildung 3-13 abgebildet.

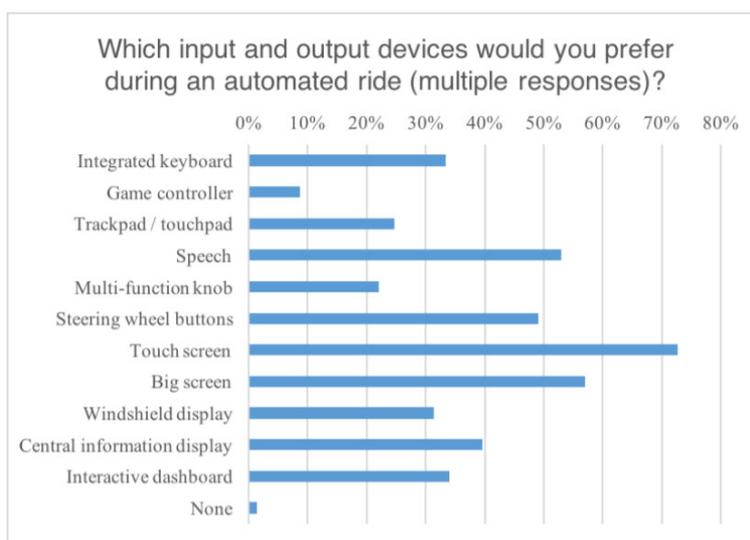


Abbildung 3-13: Umfrage: Input- und Output-Geräte

Quelle: Pfleging et al., 2016

Der Umfrage kann man entnehmen, dass Touchscreens als Input- bzw. Output-Gerät am meisten bevorzugt werden (72,7%). 53% der Befragten können sich zudem vorstellen, eine Sprachsteuerung zu benutzen. Dagegen würden nur etwa 25% einen Trackpad/Touchpad und 22% einen Multifunktionsknopf bevorzugen.

Gereben und Swenson (2020) haben Benutzerstudien durchgeführt, um das Verhalten, die Bedürfnisse und die Wünsche von Kindern und Jugendlichen (10-17 Jahre) auf dem Rücksitz eines Autos zu ermitteln. Im Folgenden sind die wichtigsten Wünsche und Bedürfnisse aufgelistet:

- Mit anderen Passagieren interagieren (z.B. Spiele spielen, zusammen Filme sehen und Musik hören)
- Dauerhafter Internetzugang
- Viele Entertainmentmöglichkeiten zur Auswahl, muss up-to-date sein
- Möglichkeit, Aktivitäten wie zu Hause durchzuführen (z.B. Videospiele)
- Großer Bildschirm
- Möglichkeit, Bildschirm zu verstellen für komfortablen Sichtwinkel
- Möglichkeit, Sitzeinstellungen vorzunehmen
- Möglichkeit, selbst zu entscheiden, was man tun möchte (welche Inhalte man sehen möchte)
- Lademöglichkeiten für Smartphone
- Privatsphäre erwünscht
- Durch Aktivitäten anderer Insassen nicht gestört werden
- Häufige Aktivitäten: Smartphone benutzen, aus dem Fenster gucken, sich unterhalten, Musik hören, „nichts tun“

Die Untersuchungen haben also ergeben, dass für jeden der beiden Fond-Passagiere ein eigener Bildschirm notwendig ist. Es liegt das Bedürfnis vor, das eigene Entertainmentprogramm auszuwählen. Bestimmte Aktivitäten (z.B. Bürotätigkeiten) und die Nutzung als Ridesharing-Fahrzeug erfordern ebenfalls individuelle Bildschirme. Zudem werden für die Vielzahl an Tätigkeiten, die ein Insasse im Fahrzeug ausführen kann, Ablagemöglichkeiten und Klapptische benötigt. Um eine möglichst komfortable Position zu erreichen, können Beinauflagen helfen.

Eine Übersicht weiterer Funktionen, die ebenfalls von modernen RSE-Systemen erwartet werden, sind in Abbildung 3-14 dargestellt.

What to expect from a state-of-the-art RSE System			
Connectivity	Entertainment	Productivity	Customized Experiences
Plug and Play support for brought-in devices with advanced content sharing	Access to premium OTT content	Integration of Microsoft productivity tools through MCVP	Personalization through user profiles and face recognition
Remote access to head unit applications	Games	Controlling home devices from car	Rear Climate Control
Software updates for security patches and OS upgrades	HDTV and radio tuner support	Concierge services	Parental Controls for use by children

Abbildung 3-14: Anforderung RSE-System

Quelle: Wipro

3.3 Anforderungen

Anforderungen an die Integration im Fahrzeug

Um ein RSE in einem Fahrzeug zu realisieren, müssen einige Anforderungen erfüllt werden. Zunächst müssen das RSE sowie weitere Features und Elemente, z.B. Klapp-tische, im Fahrzeug integriert und in den vorhandenen Bauräumen untergebracht werden. Zudem soll die Zero Gravity Position, die auch für die Fondsitze vorgesehen ist, ermöglicht werden. Dazu gehört die Umgestaltung des Fondbereichs, z.B. die Kofferraumtrennung und ggf. die Neupositionierung der Fondsitze. Dabei muss ein maximaler Innenraumkomfort geboten werden. Ein RSE hat eventuell auch einen Einfluss auf die Vordersitze. Es muss beachtet werden, dass die Sitzposition nicht beeinträchtigt wird und keine Kollision mit Bauteilen des RSE und dem Vordersitz bzw. Frontinsassen entsteht. Des Weiteren muss das RSE zum Interieur-Design des HCC21 e-Co passen.

So kann beispielsweise die Möglichkeit zur Verstauung der Bildschirme für ein elegantes Interieur sorgen. Das Interieur soll harmonisch wirken und die vorhandenen Design- und Formsprachen berücksichtigt werden.

Darüber hinaus müssen das RSE und weitere Komponenten sicher montiert werden können und eine definierte Schwingungsfestigkeit aufweisen sowie während der Fahrt stets stabil bleiben. Während einer Fahrt treten viele verschiedene Schwingungen auf: fahrbahn- und umweltinduzierte sowie fahrer-, motor- und radinduzierte Schwingungen. Dies muss bei der Entwicklung berücksichtigt werden.

Außerdem muss das RSE definierten Belastungen standhalten. Dies können Misuse Cases sein z.B. ein Passagier, der sich am Bildschirm abstützt. Da im Automobilbau der Leichtbau von großer Bedeutung ist, muss das RSE dabei so leicht wie möglich sein.

Eine relevante gesetzliche Anforderung ist die Richtlinie ECE R21 (Amtsblatt der europäischen Union, 2008, Regelung Nr. 21). Dabei muss die Oberfläche von Teilen, an denen sich Insassen stoßen können, wenn sie von einer Kugel mit 165mm Durchmesser berührt werden, in abgerundeten Kanten mit mindestens einem Krümmungsradius von 3,2mm auslaufen (Inui et al., 2014). Ein Beispiel ist in Abbildung 3-15 zu sehen. Eine weitere Norm, die es zu beachten gilt, ist die FMVSS 201. Diese erfordert, dass bei einem Aufschlag auf Fahrzeuginnenraumteilen mit einer Kopfform ein vorgegebenes Beschleunigungsniveau unterschritten wird. (Gonter et al., 2016). Um die Sicherheit zu gewährleisten, dürfen Teile folglich keine gefährlichen Unebenheiten oder scharfe Kanten aufweisen, die die Gefahr oder die Schwere von Verletzungen der Insassen erhöhen können. Zudem dürfen Innenraumteile nicht zu weit in den Innenraum eindringen und schafkantig splintern. Deformationselemente können dabei die Gefahr von Verletzungen verringern.

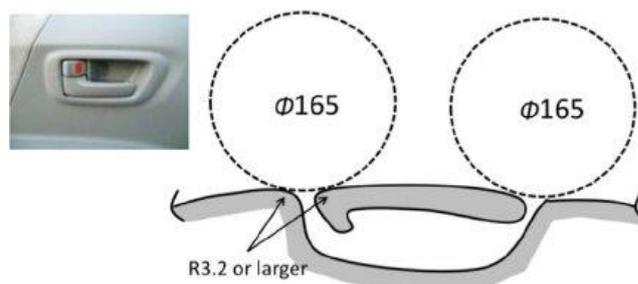


Abbildung 3-15: ECE R21 Mindeststrahlen

Quelle: Inui et al., 2016

Komfort

Eine wichtige Anforderung ist, dass die Bedienung des RSE in verschiedenen Anwendungsfällen (z.B. Multimedia, Arbeiten) einfach ist, sowie weitere Features wie z.B. Klappstische für den Insassen komfortabel und einfach zu bedienen sind. Das heißt, dass das System mit geringer körperlicher und geistiger Beanspruchung zu bedienen ist und Bequemlichkeit und Behaglichkeit bietet. Hierbei spielen insbesondere die Sitzposition sowie die Positionierung von Bildschirm und Bedienelementen eine Rolle. Bei einem großen Abstand zwischen Insassen und Touchdisplay ist aufgrund der schwierigen Erreichbarkeit ein zusätzliches Bedienelement notwendig. Dies ist z.B. bei einem hohen L50-2 (Innenraumlänge) mit einem Bildschirm an der Rückseite des Vordersitzes der Fall. Die variable Sitzposition und insbesondere die Zero Gravity Position beim HCC21 verstärken das Problem zusätzlich.

Bedienelemente, Bildschirme oder weitere Elemente müssen dementsprechend in jeder Sitzposition komfortabel erreichbar, zugänglich und benutzbar sein und ggf. ein einfaches Verstauen/Einklappen sowie Herausnehmen/Ausklappen ermöglichen. Bedienelemente sollten dabei möglichst dasselbe Funktionsvolumen haben wie das Hauptdisplay.

Die Bedienbarkeit ist auch vom Vordersitz stark abhängig. Ein RSE, dessen Position unabhängig von der Position der Vordersitze ist, würde den Komfort steigern. Dies gilt auch für einen Klapptisch, wenn dieser am Vordersitz befestigt ist. Die Bildschirmgröße sowie die Entfernung des Bildschirms zum Insassen haben ebenfalls einen Einfluss auf den Komfort. Grundsätzlich bietet eine große Bildschirmfläche einen höheren Komfort; jedoch muss auch das Verhältnis zwischen Bildschirmfläche und Abstand berücksichtigt werden. Zudem soll der Insasse in einer komfortablen Position sitzen. Ein RSE sollte also nicht die Bewegung des Insassen einschränken und das Platzangebot verringern.

Ergonomie

Bei der Ergonomie geht es darum, bei der Entwicklung von Arbeitsmitteln und der Arbeitsumgebung, sich an die menschlichen Eigenschaften zu orientieren. Das Ziel ist es, Arbeitsmittel an die physischen und psychischen Gegebenheiten der Nutzer anzupassen. Hierfür wird zuerst die Erreichbarkeit untersucht. Wie zuvor erwähnt, sollten in jeder Sitzposition Touchscreens oder Bedienelemente komfortabel erreicht werden können. Die Erreichbarkeit wird mit den Greifräumen ermittelt, welche im CAD dargestellt werden können. Idealerweise sollten Bedienelemente ohne große Bewegungen erreicht werden. Die orangene Fläche in Abbildung 3-16 zeigt die Erreichbarkeit bei einem ausgestreckten Arm und Zeigefinger, aber ohne Oberkörperbewegung. Sie stellt also eine Touchbedienung dar. Der blaue Greifraum stellt die Bewegung um den Ellenbogen dar und somit die Bedienung der Mittelkonsole und Tür. Der rote Greifraum stellt die Handgelenkbewegung dar. Dabei ist der Arm auf der Lehne. Es kann ermittelt werden, wo ein Bedienelement positioniert werden muss, damit es komfortabel erreicht werden kann. Dabei werden alle möglichen Sitzposition-Kombinationen untersucht: vorne aufrecht und hinten aufrecht, vorne aufrecht und hinten Liegeposition, vorne Liegeposition und hinten aufrecht, vorne Liegeposition und hinten Liegeposition. Für die Untersuchung wurde ein Manikin für die Sitzposition, die im Package und Ergonomie-Kurs 2018 definiert wurde, verwendet.

In Abbildung 3-16 sind die möglichen Positionen der Bildschirme von den verschiedenen RSE-Konzepten (siehe Kapitel 2.2) zu sehen. So kann bereits im Voraus abgeschätzt werden, wie gut die Elemente erreicht werden können.

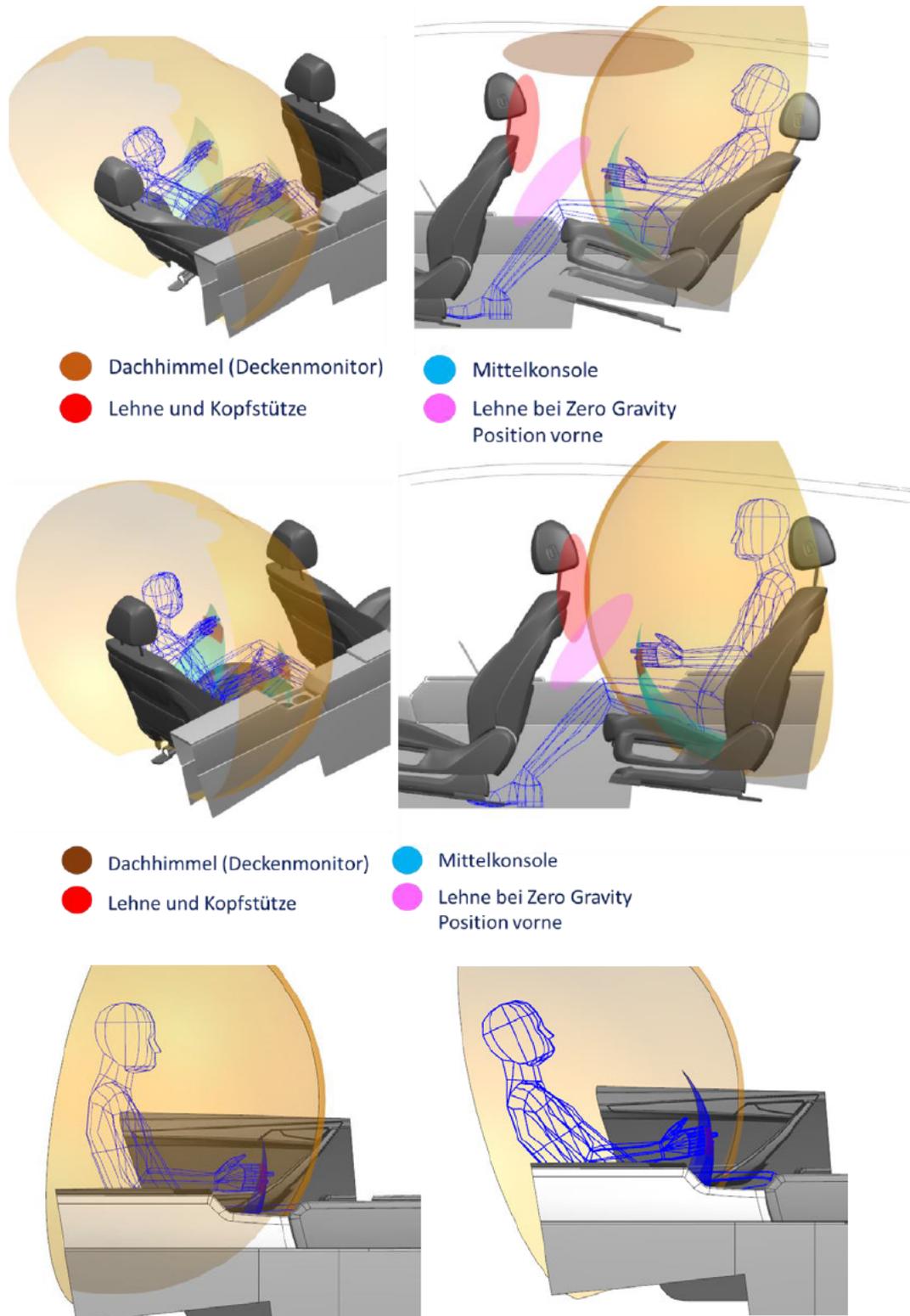


Abbildung 3-16: Erreichbarkeiten
 Quelle: Eigene Darstellung

Damit ein komfortables Bedienen und Arbeiten mit einem Touchscreen möglich ist, sollte der Arm des Insassen leicht gebeugt sein, da es anstrengend werden kann, einen Arm für eine längere Zeit auszustrecken. Nach Öhman (2011) ist eine geeignete Distanz zwischen Ellenbogen und Bildschirm 300mm – 480mm. Es wurden dabei verschiedene ermittelte optimale Arbeitsbereiche eines Menschen untersucht. In Abbildung 3-17 ist ein Beispiel des inneren (komfortabler Bereich) und äußeren (ausgestreckter Arm) Arbeitsbereichs dargestellt.

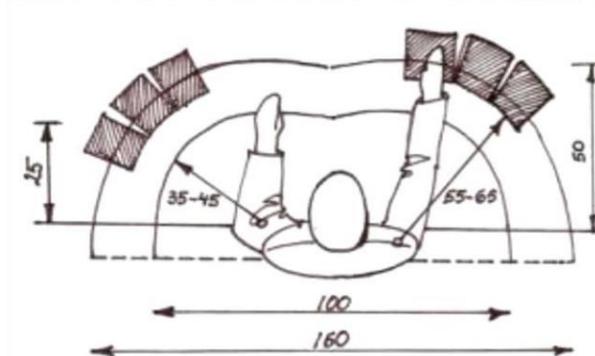


Abbildung 3-17: Arbeitsbereich

Quelle: Öhman, 2011

Ein weiterer Bereich, der untersucht werden muss, ist die Sicht. Eine optimale und komfortable Sicht ist gewährleistet, wenn der Blick aus einer Sitzposition auf einen Bildschirm mit nur geringen Augen-, Kopf- und Torsobewegungen möglich ist. Die Grenzen der Kopf- und Augenbewegung sollten bei der Positionierung von Bildschirmen berücksichtigt werden. Normark und Gärling (2011) haben verschiedene in der Literatur veröffentlichte Forschungsergebnisse, Vorschläge und Vorschriften für die Darstellung von Informationen und die Positionierung von automobilen Bildschirmen zusammengestellt (Abbildung 3-18).

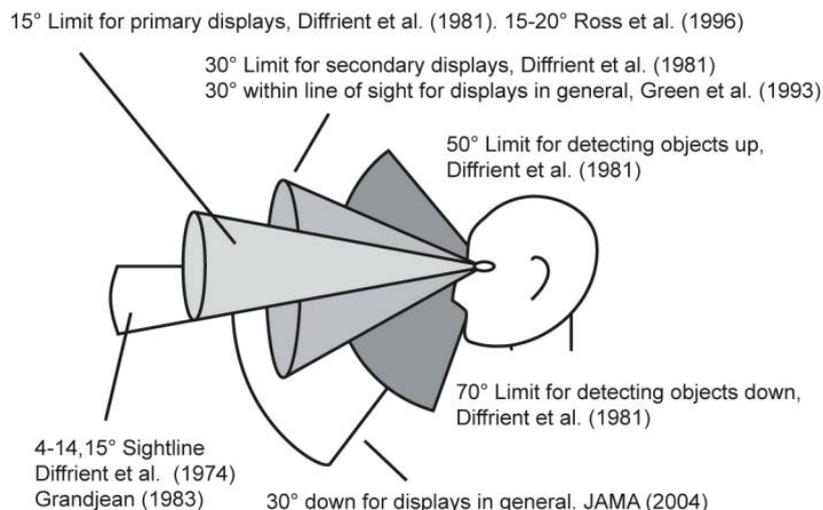


Abbildung 3-18: Limit für Informationsdarstellung

Quelle: Normark & Gärling, 2011

Der Fokus lag dabei auf Fahrer-Displays. Es wurde untersucht, in welchen Winkel zur normalen Sichtlinie des Auges ein Bildschirm positioniert werden kann. Beispielsweise ist die Forderung von JAMA (Japan Automobile Manufacturers Association), dass Bildschirme innerhalb von 30° unterhalb der normalen Sichtlinie liegen.

Für Normark und Gärling (2011) war die Folgerung, dass wichtige Informationen möglichst nah zur normalen Sichtlinie angezeigt werden und Bildschirme innerhalb von 30° unterhalb der normalen Sichtlinie positioniert werden sollen. Zu derselben Folgerung kommen Öhman (2011) und Smulders et al. (2019). Die optimale Position für RSE-Displays ist 0° - 15° unterhalb der normalen Sichtlinie und sollte 30° unterhalb der Sichtlinie nicht überschreiten. In Abbildung 3-19 ist die Situation im Rücksitz des HCC21 für die verschiedenen Sitzpositionen mit den Sichtwinkeln sowie den Positionen der RSE-Varianten zu sehen.

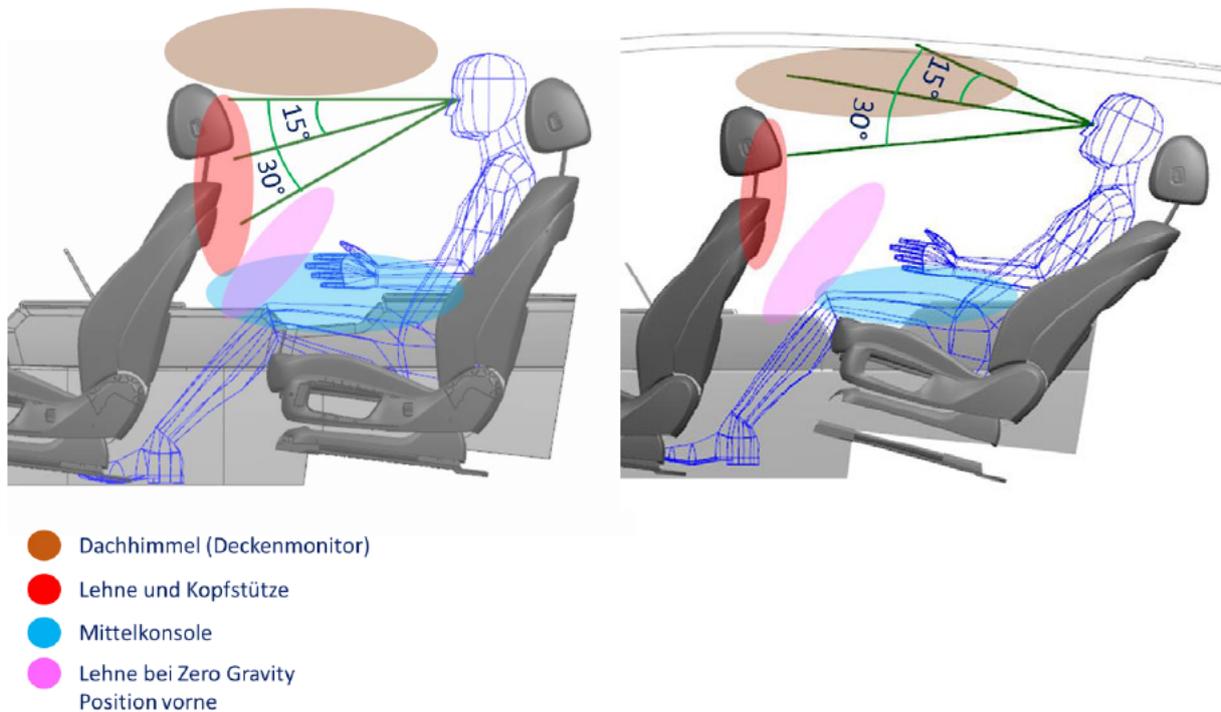
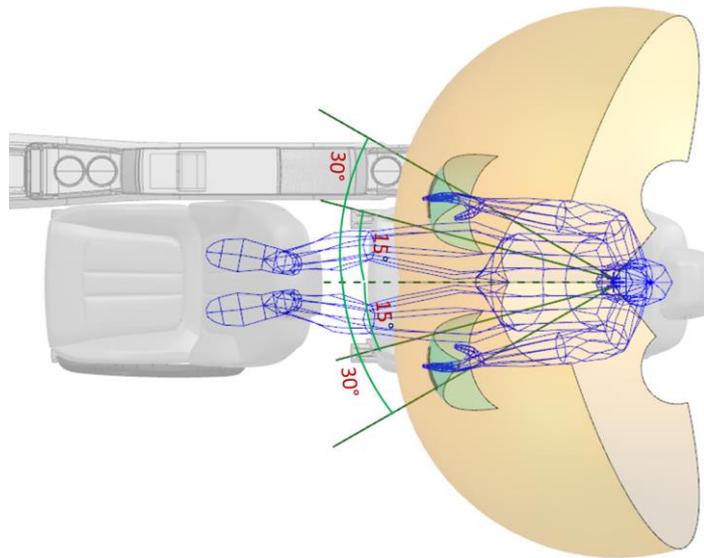


Abbildung 3-19: Sichtwinkel

Quelle: Eigene Darstellung

In Abbildung 3-20 sind die horizontalen Sichtwinkel zu sehen. Außerdem sind die optimalen Bereiche für helle Lichtreize dargestellt. Im oberen Bild sind dazu die Winkel für das Gesichtsfeld (Torso und Kopf fix) und das Blickfeld (Torso fix) zu sehen.



	Augen	Kopf	Torso	Maximaler Bereich		Optimaler Bereich für helle Lichtreize	
				horizontal	vertikal	horizontal	vertikal
Gesichtsfeld	fix	fix	fix			 binokular	
Blickfeld	fix	fix	fix			 binokular	
Umblick-gesichtsfeld	fix	fix	fix			 binokular	

Abbildung 3-20: Sicht horizontal

Quelle: Bubb et al., 2015

Normark und Gärling (2011) haben außerdem die optimale Lesedistanz zwischen betrachtetem Inhalt und Auge untersucht. Die zusammengestellten Werte sind in Abbildung 3-21 zu sehen.

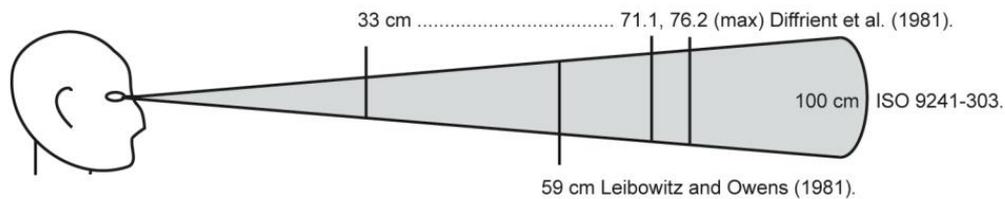


Abbildung 3-21: Distanz zum Bildschirm

Quelle: Normark & Gärling (2011)

Die Distanzen liegen zwischen 33cm und 100cm. Nach Normark und Gärling (2011) sind diese Richtwerte auf jede verschiedene Displaytechnologie übertragbar. Die Autoren merken aber auch an, dass die große Streuung dadurch zustande kommt, dass die optimale Distanz von der Größe der angezeigten Inhalte abhängig ist.

Um Richtwerte zu haben, die die Größe des Bildschirms berücksichtigen, werden die Richtlinien von THX, einem Unternehmen im Bereich der Ton- und Bildwiedergabe, das Zertifikate für u.a. Kinos und Heimkinosysteme verteilt, betrachtet. Des Weiteren werden die Normen der SMPTE (Society of Motion Picture and Television Engineers), eines internationalen Verbands aus dem Bereich der Film- und Videotechnik, berücksichtigt. Bei diesen Richtwerten wird das Sichtfeld (Field of View) und welcher Anteil vom Sichtfeld mit Bildschirmhalten gefüllt ist, betrachtet. Das bedeutet, je weiter man vom Bildschirm entfernt ist, desto kleiner wird das Sichtfeld. Ein Beispiel, bei dem das Sichtfeld zu 40° gefüllt ist, ist in Abbildung 3-22 zu sehen.

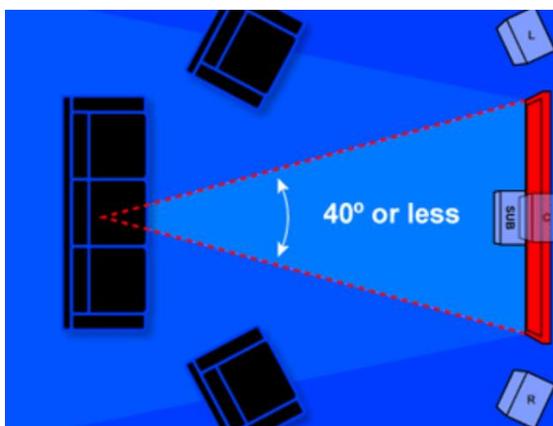


Abbildung 3-22: Field of View

Quelle: THX

Zum Beispiel ist das ideale Sichtfeld bei THX 40° und das empfohlene Sichtfeld bei SMPTE 30°. Die Distanz kann dann mit den Formeln, die in Abbildung 3-23 zu sehen sind, berechnet werden. Daraus ergibt sich auch das Diagramm in Abbildung 3-23. Visual-acuity ideal bedeutet, dass dies die Distanz ist, ab der man die einzelnen Pixel erkennen kann (Wilkinson, 2020).

	16:9 HD (1920×1080)	16:9 UHD (3840×2160)
Max SMPTE-recommended (30°)	1.63 x screen diagonal	1.63 x screen diagonal
Max THX-recommended (36°)	1.34 x screen diagonal	1.34 x screen diagonal
Max THX-acceptable (26°)	1.89 x screen diagonal	1.89 x screen diagonal
Ideal THX (40°)	1.00 x screen diagonal	1.00 x screen diagonal

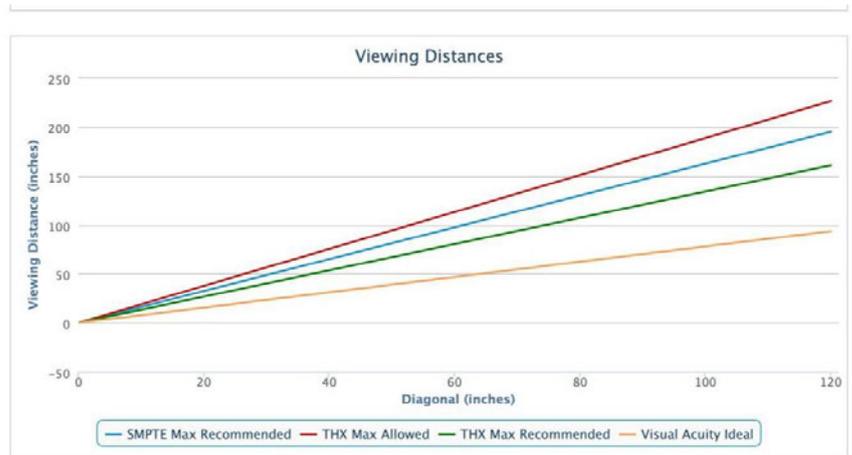


Abbildung 3-23: Viewing distance

Quelle: Wilkinson, 2020

Die minimale Distanz zum Bildschirm beruht auf der durchschnittlichen Weite des Sichtfelds des menschlichen Auges von 140°. Bei der minimalen Distanz ist die Person zu nah am Bildschirm und kann nicht die gesamte Bildschirmfläche durch das periphere Sehen (indirektes Sehen, am Objekt vorbeischaun) wahrnehmen (Starico, 2021).

Ein weiterer Aspekt der Sicht ist die Reflexion und Blendung. Blendung kann entstehen, wenn externes Licht (i.d.R. Sonnenlicht) auf das Display fällt, den Displaykontrast dadurch reduziert und Inhalte schwerer lesbar macht. Reflexion kann entstehen, wenn Licht von einer externen Quelle von der Bildschirmoberfläche in die Augen des Insassen reflektiert wird. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, dies zu verhindern. Zum einen spielt die Position des Bildschirms im Fahrzeug eine Rolle. Durch Möglichkeiten zur Verstellung der Bildschirmneigung kann man ebenfalls der Reflexion und Blendung entgegenwirken. Ebenfalls hilft ein Sonnenschutz, z.B. eine Hutze wie bei Kombiinstrumenten.

Eine weitere Möglichkeit bieten Antireflexionsbeschichtungen oder Antireflexionsfolien- und -filter.

Ein weiterer Aspekt, der für die Ergonomie betrachtet werden muss, ist die Motion Sickness. Motion Sickness entsteht durch einen Konflikt oder Widerspruch zwischen den Informationen der einzelnen Sinnesorgane und der im zentralen Nervensystem gespeicherten Erwartungshaltung. Es kann beispielsweise auftreten, wenn das visuelle System dem Körper signalisiert, stationär zu sein, das vestibuläre System dagegen dem Körper signalisiert, in Bewegung zu sein. Die Lösung aus dem Package und Ergonomie-Kurs im Wintersemester 18/19 war es, die Kopfposition des Insassen stets oberhalb der Brüstungslinie zu haben (HAW, 2019, Februar). Motion Sickness wird jedoch durch das Nutzen des RSE verstärkt. Dies kann mit folgenden Maßnahmen beeinflusst werden. Zum einen hat die Größe des Bildschirms einen Einfluss. Ein großer Bildschirm blockiert die Sicht nach draußen und reduziert die Fähigkeit, die Bewegung des Körpers in Bezug auf die Umgebung wahrzunehmen und zukünftige Bewegungen zu antizipieren. Außerdem hat die Position des Bildschirms einen Einfluss. Bildschirme sollten in der Nähe der Sichtlinie aus dem Fahrzeug heraus positioniert werden. Dann kann der Insasse die Inhalte des Bildschirms mit dem fovealen Sehen (Blick und Ausrichtung auf wahrzunehmendes Objekt, Objekt wird fixiert) betrachten und mit dem peripheren Sehen Information der Bewegung und Geschwindigkeitsänderung sammeln (Diels & Bos, 2015).

Die Zero Gravity Position im HCC21 ist an die von der NASA veröffentlichten Winkelwerte (Abbildung 3-24) orientiert.

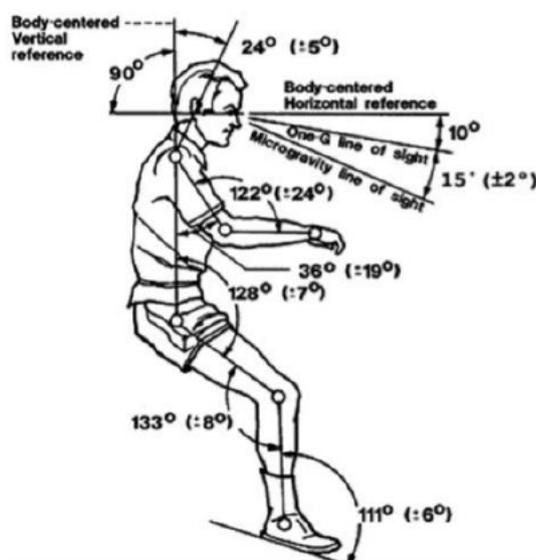


Abbildung 3-24: Komfortwinkel NASA

Quelle: Bubb et al., 2015

In dieser Position sind die Muskeln in einer neutralen Position, das heißt, die Muskeln werden weder kontrahiert noch extrahiert.

Bei der Zero Gravity Position in der 2. Sitzreihe des HCC21 fällt auf, dass der Kniewinkel, genauso wie in der 1. Sitzreihe, nicht mit dem Komfortwinkel von der NASA übereinstimmt. Das liegt daran, dass es sonst zu einer Kollision zwischen Knie und Vordersitz kommen kann. Mit verschiedenen Versuchspersonen wurde im Wintersemester 18/19 die komfortabelste Position für die Sicht auf den Sky Screen gesucht. Das Ergebnis war, dass eine abweichende Position von der Zero Gravity Position (siehe Kapitel 3.1, S.22) die komfortabelste ist.

Für die Entwicklung eines ergonomisch optimalen Klapptischs ist nach Gehrke (2020) die Norm EN ISO 9241-5 (Anforderungen an Arbeitsplatzgestaltung und Körperhaltung) relevant. Diese besagt, dass eine ideale Armhaltung bei einer Bürotätigkeit vorliegt, wenn der Oberarm sich parallel zum Oberkörper befindet und der Unterarm in einem Winkel von 90° - 100° zum Oberarm steht. Zusätzlich sollen die Hände gerade vom Unterarm abstehen, möglichst in einem Winkel von 0° - 10° . Dadurch wird eine Beugung oder Streckung der Handgelenke vermieden. Diese Armhaltung ermöglicht eine geringe Ermüdung der Arme und Hände. Die ideale Arbeitsposition im Rücksitz des HCC21 ist in Abbildung 3-25 dargestellt.

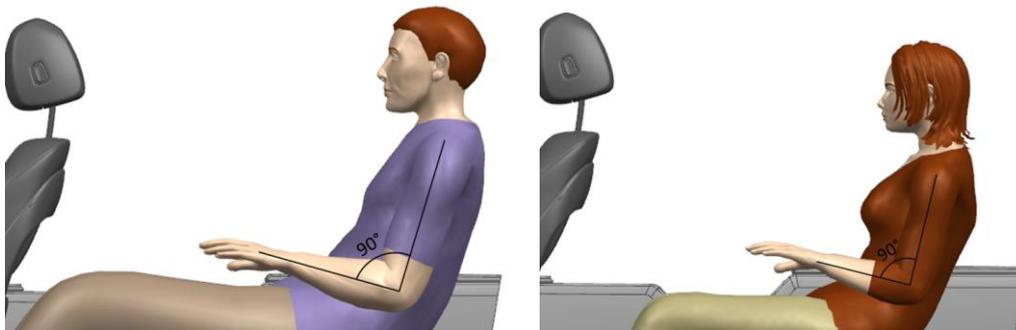


Abbildung 3-25: Ideale Arbeitsposition 95M und 5F

Quelle: Eigene Darstellung

Die Anforderungstabelle mit einer Übersicht der verschiedenen Anforderungen ist in Anhang A dargestellt.

3.4 Sitzposition

Eine weitere Untersuchung, die vorgenommen werden muss, ist die aktuelle Sitzposition der hinteren Insassen. Weil die hinteren Sitze wie die Vordersitze in eine Liegeposition fahren können, ist eine Überprüfung der Kopffreiheit notwendig. Eine Möglichkeit, die Kopffreiheit zu ermitteln, ist mit der Kopfkontur nach der Norm SAE J1052. Um den Abstand zwischen dem Kopf des Insassen und der Dachkontur zu ermitteln, wird die Kopfkontur nach oben verschoben, bis ein Kontakt mit der Dachkontur stattfindet. Für das 95. Perzentil Mann (95M) ergibt sich eine Kopffreiheit von 53mm in der aufrechten Position. Als Vergleichsfahrzeug dient der VW Touareg, welche eine Kopffreiheit von 65mm bietet (Abbildung 3-26).

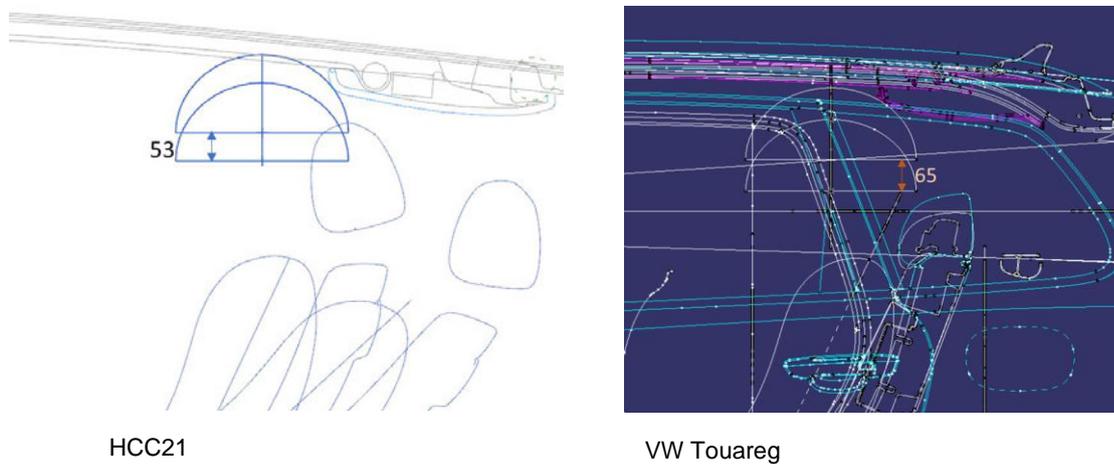


Abbildung 3-26: Vergleich Kopffreiheit aufrecht

Quelle: Eigene Darstellung

Es ist kein großer Unterschied der Kopffreiheit zwischen den beiden Fahrzeugen vorhanden, obwohl der Touareg einem anderen Fahrzeugsegment entspricht. In der zweiten Sitzreihe des HCC21 jedoch beträgt beim Verfahren in die Zero Gravity Position der minimale Abstand zwischenzeitlich 10mm.

Da die Funktion für die Erstellung der Kopfkontur in der CAD-Software NX, den maximalen Lehnenwinkel begrenzt und somit die Zero Gravity Position der Rücksitze nicht darstellen kann, wurde die Position der Kopfkontur durch Extrapolation ermittelt (Abbildung 3-27).

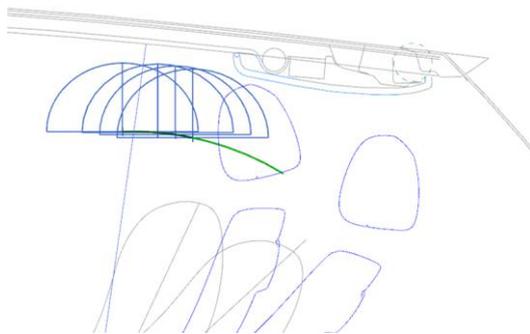


Abbildung 3-27: Extrapolationskurve Kopfkontur
Quelle: Eigene Darstellung

Nach Bubb et al. (2015) ist bei der Bestimmung der Kopffreiheit zu berücksichtigen, dass nur bis zur Schädelkontur des Insassen gemessen wird und somit die Haare und Frisur sowie Kopfbedeckungen ebenfalls berücksichtigt werden müssen. Für die Frisur müssen im Normalfall mindestens 30mm zugeschlagen werden, für eine Schirmmütze bis zu 80mm, ein Schutzhelm bis zu 50mm und für einen Turban bis zu 150mm. Auch wenn der Insasse seine Kopfbedeckung abnimmt, sind mindestens 30mm Kopffreiheit notwendig, damit die Haare nicht die Dachkontur streifen. Dieser Mindestabstand ist beim HCC21 nicht gegeben, was auch die Untersuchung mit einem Ramsis-Manikin zeigt (Abbildung 3-28).

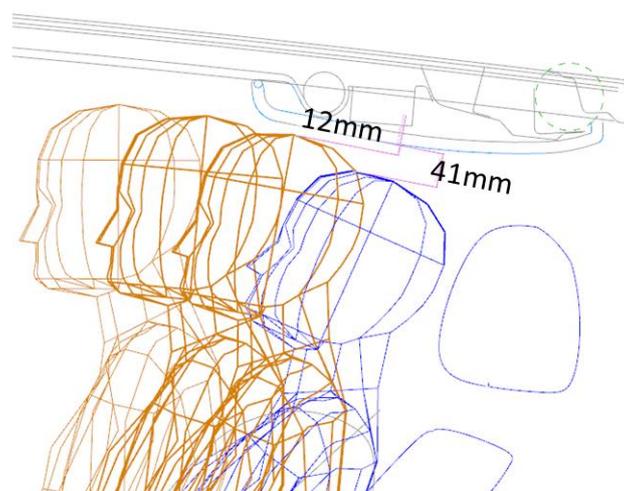
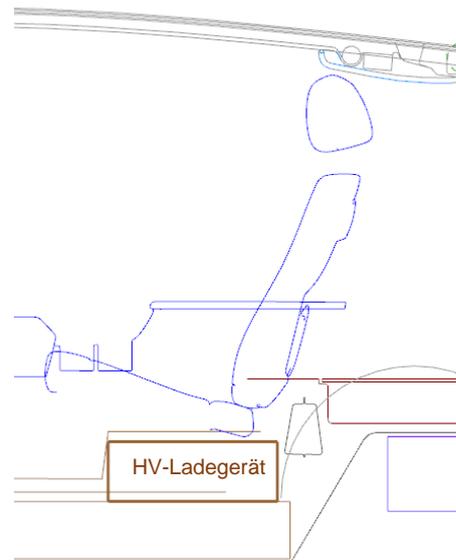


Abbildung 3-28: Kopffreiheit Ramsis Manikin
Quelle: Eigene Darstellung

Während die Kopffreiheit in der Zero Gravity Position 41mm beträgt, ist der Abstand beim Verfahren in dieser Position zwischenzeitlich nur 12mm. Um die Kopffreiheit zu erhöhen, wäre ein Absenken der Sitzposition (H30-2 Maß nach GCIE/SAE J1100) notwendig. Dazu müsste jedoch das HV-Ladegerät, das sich unter dem Sitz befindet, verkleinert werden (Abbildung 3-29).

Abbildung 3-29: Bodenpackage

Quelle: Eigene Darstellung



Das aktuell verbaute HV-Ladegerät hat die Dimensionen 450mm x 350mm x 160mm (Länge x Breite x Höhe). Beispielsweise gibt es vom Hersteller innoelectric ein HV-Ladegerät mit den Dimensionen 570mm x 370mm x 115mm. Während das HV-Ladegerät von innoelectric länger und breiter ist, ist die Höhe um 45mm geringer und ermöglicht es so die Sitzposition abzusenken. Das Absenken der Sitzposition hat jedoch weitere Folgen. Eine tiefere Sitzposition hat einen negativen Einfluss auf den Komfort und das Raumgefühl des Insassen (Friedhoff, 2018). Zudem müssten Mittelkonsole und Türverkleidung modifiziert werden, da die Positionen der Armlehnen an die festgelegte Sitzposition angepasst wurden. Weil in der endgültigen Zero Gravity Position eine ausreichende Kopffreiheit gegeben ist und ein möglicher Streifen der Haare des Insassen an der Dachkontur nur für einen kurzen Zeitraum stattfindet sowie die Anforderung vorliegt, große Veränderungen des Fahrzeugkonzepts zu vermeiden, wird die Sitzposition nicht geändert.

4 Konzeptfindung

4.1 Gesamtkonzept Teilbereiche

Die Untersuchung in Kapitel 3.2 hat gezeigt, welche Bedürfnisse beim Insassen vorliegen und welche Teilbereiche bei der Entwicklung des RSE zu berücksichtigen sind. Für die Funktion Entertainment werden Bildschirme und Bedienelemente benötigt. Ablagen und Tische erhöhen den Komfort und das bequeme Durchführen von verschiedenen Aktivitäten im Fahrzeug. Des Weiteren soll die Zero Gravity Position bzw. eine möglichst komfortable Sitzposition ermöglicht werden. Somit ergibt sich das Gesamtkonzept aus Folgenden Teilbereichen:

- Bildschirm
- Bedienung
- Ablagen
- Klapptisch
- Sitzkonzept

Die Teilbereiche werden analysiert und die verschiedenen Lösungen der Wettbewerber für die jeweiligen Teilbereiche verglichen. Anschließend wird methodisch die beste Gesamtkonzeptlösung ermittelt.

4.1.1 Bildschirm

Bei der Wahl des Bildschirmkonzepts sind folgende Probleme und Herausforderungen zu beachten. Zum einem kann die schwere Erreichbarkeit ein Problem darstellen. In der Regel haben RSE-Bildschirme in Fahrzeugen eine Touch-Bedienung und müssen somit erreichbar sein, damit der Insasse das RSE bedienen und zudem den Bildschirm verstellen kann. Bei einem hohen L50-2 (Abstand zwischen erster und zweiter Sitzreihe) oder einem Overhead Monitor, ist im Allgemeinen der Abstand zwischen Insassen und Bildschirm groß. Die variable Sitzposition, insbesondere die Zero Gravity Position, verstärkt das Problem. Das Problem kann jedoch gelöst werden, in dem ein zusätzliches Bedienelement zur Verfügung gestellt wird, welches in jeder Sitzposition erreichbar ist.

Eine weitere Herausforderung ist die Abhängigkeit der Sicht und Erreichbarkeit durch die Sitzpositionen vorne und hinten. Es sollte eine optimale Sicht auf den Bildschirm in jeder Sitzposition (vorne und hinten) gewährleistet sein. Aus der Ergonomieuntersuchung in Kapitel 3.3 geht allerdings hervor, dass dies durch die Zero Gravity Position erschwert wird. Während die Blickrichtung des Insassen in einer aufrechten Position horizontal ist, ist in einer Liegeposition die Blickrichtung gegenüber der Horizontalen in Richtung Himmel geneigt. Des Weiteren muss der Bildschirm einfach ins Interieur des Fahrzeugs integriert werden können. Hierfür muss der zur Verfügung stehende Bauraum überprüft werden. Bei der Positionierung des Bildschirms muss außerdem beachtet werden, dass es nicht zu einer Kollision mit anderen Innenraumteilen (z.B. Vordersitz) kommt. Im Folgenden werden die in der Marktanalyse in Kapitel 2.2.1 dargestellten Varianten von RSE-Bildschirmen verglichen.

In Tabelle 4-1, 4-2 und 4-3 sind die Vorteile und Nachteile der verschiedenen RSE-Bildschirmvarianten dargestellt.

Vorteile	Nachteile
Bedienbarkeit unabhängig von Sitzposition vorne	Schwierige Integration bei Panoramaglasdach
Einbau eines großen Bildschirms möglich	Bedienbarkeit abhängig von Sitzposition hinten
	Einfluss auf Dachpackage
	Mögliche Kollision mit Vordersitz/vorderer Insasse

Tabelle 4-1: Vor- und Nachteile Overhead Monitor

Quelle: Eigene Darstellung

Vorteile	Nachteile
Einfache Integration von zwei Bildschirmen	Bedienbarkeit abhängig von Sitzposition hinten
Geringerer Einbauaufwand als Overhead Monitor	Bedienbarkeit abhängig von Sitzposition vorne
	Einfluss auf Vordersitzpackage

Tabelle 4-2: Vor- und Nachteile Seatback Monitor

Quelle: Eigene Darstellung

Eine mögliche Lösung für die Nachteile des Seatback Monitors ist ein abnehmbares Tablet. Dadurch kann der Insasse den Bildschirm in jeder Position unabhängig vom Vordersitz bedienen.

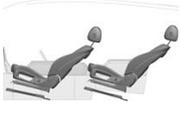
Vorteile	Nachteile
Bedienbarkeit unabhängig von Sitzposition vorne	Bedienbarkeit abhängig von Sitzposition hinten
	Einfluss auf Mittelkonsolenpackage, begrenzter Bauraum
	Reduziert möglicherweise maximale Lehnen Neigung Vordersitz

Tabelle 4-3: Vor- und Nachteile Mittelkonsolenmonitor

Quelle: Eigene Darstellung

In Tabelle 4-4 sind die ergonomischen Eigenschaften der 3 Varianten dargestellt. Die Tabelle basiert auf den Ergonomieuntersuchungen aus Kapitel 3.3.



Bildschirmposition	Seatback	Mittelkonsole	Overhead
 Ergonomie – aufrechte Position vorne und hinten	im Bereich des optimalen Sichtwinkels; Bildschirm erreichbar (nicht alle Perzentile ohne Oberkörperbewegung)	Bildschirm zu tief; Bildschirm nicht um Insassen zentriert (gilt für alle Positionen) Bildschirm erreichbar	Bildschirm tendenziell zu hoch; Bildschirm bedingt erreichbar; Bildschirm nicht um Insassen zentriert (gilt für alle Positionen)
 Ergonomie – aufrechte Position vorne und Liegeposition hinten	Bildschirm tendenziell zu tief; Bildschirm nicht erreichbar	Bildschirm zu tief; Bildschirm bedingt erreichbar	im Bereich des optimalen Sichtwinkels; Bildschirm nicht erreichbar
 Ergonomie – Liegeposition vorne und aufrechte Position hinten	Bildschirm zu tief; Bildschirm erreichbar	Bildschirm zu tief; Bildschirm erreichbar	Bildschirm tendenziell zu hoch; Bildschirm nicht erreichbar
 Ergonomie – Liegeposition vorne und hinten	Bildschirm tendenziell zu tief; Bildschirm bedingt erreichbar	Bildschirm zu tief; Bildschirm bedingt erreichbar	im Bereich des optimalen Sichtwinkels; Bildschirm nicht erreichbar

● Gut; keine oder nur geringere Verbesserungen nötig
● Verbesserungen und Änderungen notwendig

Tabelle 4-4: Vergleich Ergonomie

Quelle: Eigene Darstellung

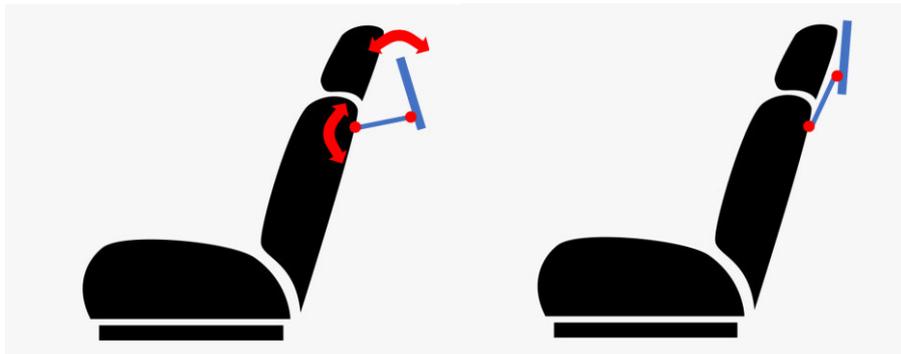
Schlussfolgernd lässt sich sagen, dass eine Adaption des Bildschirmkonzepts aus Wettbewerbsfahrzeugen sich als schwierig erweist, da diese keine Liegeposition der Vordersitze berücksichtigt. Das liegt zum einen daran, dass die meisten Wettbewerbsfahrzeuge noch nicht als autonome Fahrzeuge vorgesehen sind, und zum anderen daran, dass insbesondere bei Fahrzeugen aus dem Luxussegment, der Fokus auf den Komfort der hinteren Insassen liegt. Dementsprechend werden nur geringfügige Verstellungsmöglichkeiten der Bildschirme geboten. Das Ermöglichen einer komfortablen Bedienung in allen möglichen Sitzpositionen stellt eine Herausforderung dar. Ein Overhead Monitor bietet die optimale Sicht in einer Liegeposition hinten. Je nach Größe und exakter Position des Bildschirms ist die Nutzung zudem unabhängig von der Sitzposition vorne. Allerdings ist die Integration aufwendig, und zwar aufgrund des vorhandenen Panoramaglasdachs und des großen Einflusses auf das Dachpackage. Ein Mittelkonsolenmonitor ermöglicht ebenfalls die Bedienung unabhängig von der Sitzposition vorne. Eine ungünstige Position führt jedoch zu einem nicht optimalen Sichtwinkel. Ein Seatback Monitor bietet eine optimale Sicht, wenn der Vordersitz und der hintere Sitz aufrecht sind. Die Integration der Bildschirme gestaltet sich am einfachsten. Der große Nachteil ist jedoch die große Abhängigkeit der Nutzbarkeit von der Sitzposition, sowohl vorne als auch hinten. Die Erreichbarkeit des Bildschirms muss dabei nicht zwingend gegeben sein, da bei einem großen Abstand zum Bildschirm zusätzliche Bedienelemente, die in allen Sitzpositionen erreichbar sind, die Bedienung ermöglichen können.

Auf Grundlage der gewonnenen Kenntnisse werden Ideen für neue Lösungen gesucht, die die genannten Probleme lösen. Es werden verschiedene Möglichkeiten untersucht, die es neben den aktuell vorhandenen Konzepten gibt (siehe Kapitel 2.2.1), die verschiedenen Varianten des RSE-Bildschirms umzusetzen.

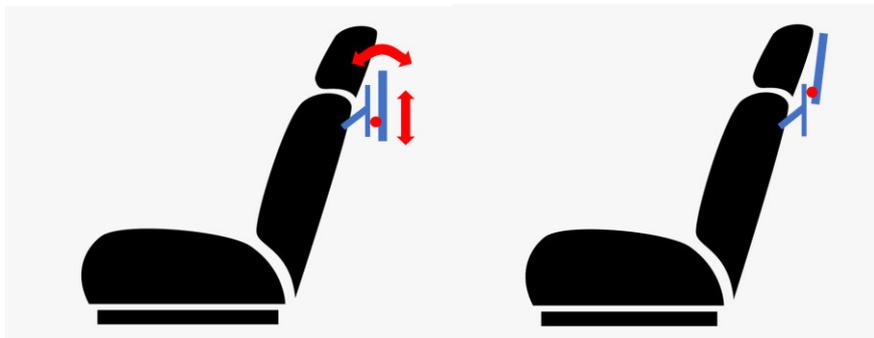
Da der Seatback Monitor bei einer Liegeposition zu tief liegt (siehe Kapitel 3.3 und Tabelle 4-4), würde eine höhere Position des Bildschirms für eine bessere Sicht sorgen. Ein Problem, das bei aktuellen Seatback-Monitoren zu finden ist, sind die geringen Verstellmöglichkeiten. Beim HCC21 führt dies zu einem ungünstigen Sichtwinkel bei einer Liegeposition vorne und/oder hinten. Eine Lösung wäre es, flexible Verstellungsmöglichkeiten zu bieten, sodass in jeder Sitzposition eine komfortable Sicht gewährleistet werden kann. In Abbildung 4-1 sind zwei Entwürfe von flexiblen Bildschirmen dargestellt.

Die erste Lösung ist ein Schwenkarm mit zwei Rotationsachsen. Ein ähnliches Konzept wurde bereits von Gereben und Swenson (2020) entworfen, technische Aspekte und Machbarkeit dieses Konzepts wurden jedoch weitestgehend nicht betrachtet.

Die zweite Lösung ermöglicht eine Höhenverstellung über Führungsschienen. Der Bildschirm kann so in eine höhere Position verschoben werden.



Schwenkarmlösung



Schienenlösung

Abbildung 4-1: flexibler Seatback-Monitor

Quelle: Eigene Darstellung

Eine Problematik, die sich bei einem herausnehmbaren Seatback-Monitor ergibt, ist das Halten des Bildschirms. Das lange Halten des Bildschirms kann nach einer Weile unkomfortabel werden. Zudem stellt ein loses Teil ein Sicherheitsrisiko dar, da es in einem Crash zu einem Projektil werden kann. Hier ist eine mögliche Lösung ein Klapp-tisch mit einer Möglichkeit zur Halterung des Bildschirms

Ein Entwurf ist in Abbildung 4-2 zu sehen. Das Problem ist, dass die Position, wie beim Konzept des Mittelkonsolenmonitors, zu tief ist und somit unkomfortabel in der Liegeposition des hinteren Insassen. Eine weitere zu bewältigende Aufgabe ist die Gewährleistung der Stabilität des Klapptisches und das sichere Befestigen des Bildschirms.

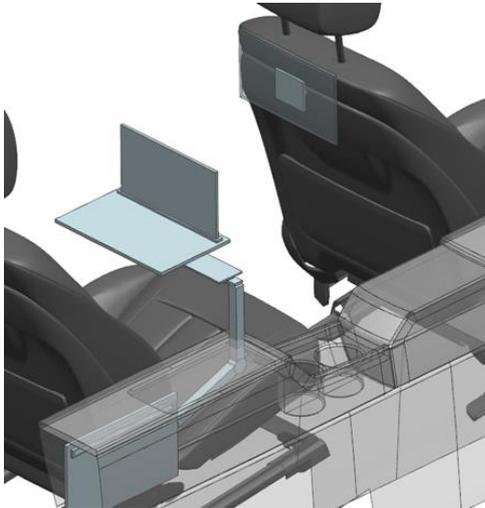


Abbildung 4-2: Tisch mit Bildschirmhalterung

Quelle: Eigene Darstellung

Ein signifikantes Problem des Overhead Monitors ist die Integration in ein Panoramadach. Da kein Bauraum im Dachhimmel vorhanden ist, ist ein möglicher Einbauort der Dachrahmen. Die Alternative wäre es, Dachstreben hinzuzufügen oder ein Teil des Panoramadachs durch den Bildschirm zu verdecken (siehe S.7, Abbildung 2-2, BMW Theater Screen & Chrysler Portal Konzept). In Abbildung 4-3 ist eine Lösung mit einem aufklappbaren Bildschirm am Dachrahmen zu sehen. Die problematischen Punkte bei dieser Lösung sind das Package und die Stabilität. Der Bauraum ist begrenzt u.a. aufgrund des Curtain-Airbags (siehe S.67). Die Stabilität stellt eine besondere Aufgabe dar, weil der Bildschirm, wenn aufgeklappt, nur an einem Punkt befestigt ist.

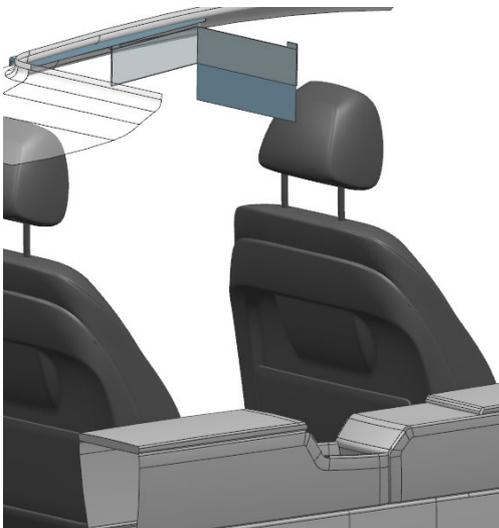


Abbildung 4-3: Dachrahmen-Monitor

Quelle: Eigene Darstellung

Um die optimale Bedienung in sowohl aufrechter als auch liegender Position zu gewährleisten, ist eine Kombination aus Seatback und Overhead Monitor denkbar. So können die Vorteile beider Varianten genutzt werden. Diese Variante hat jedoch signifikante Nachteile. Das System mit zwei Bildschirmen pro Insassen wäre zu teuer, aufwendig, schwer und hätte einen zu hohen Platzbedarf. Zudem ist es fraglich, ob die zwei Bildschirme auch tatsächlich vom Insassen genutzt werden. Es ist zu untersuchen, wie nahtlos der Bildschirmwechsel funktioniert und wie schnell der Inhalt von Bildschirm zu Bildschirm übertragen werden kann. Der hohe Aufwand für einen 2. Bildschirm, der nur gelegentlich benutzt wird, da immer nur ein Bildschirm zurzeit gebraucht wird, ist es somit nicht wert.

4.1.2 Bedienung

Wie im vorherigen Kapitel erwähnt, ist es essenziell, dass Bedienelemente in allen Sitzpositionen komfortabel erreichbar sind, da die Erreichbarkeit des Bildschirms nicht in jedem Fall gewährleistet werden kann. Zudem sollten sie stets für den Insassen sichtbar sein. Dabei muss berücksichtigt werden, dass der Insasse in einer Liegeposition weiter hinten sitzt bzw. der Oberkörper weiter hinten im Fahrzeug ist als in der aufrechten Position. Das Bedienelement muss ebenfalls in den vorhandenen Bauraum des Interieurs integriert werden. Darüber hinaus sollte das Bedienelement dieselben Funktionen wie das Hauptdisplay bereitstellen und einen hohen Bedienungsumfang haben.

In der Ergonomieuntersuchung in Kapitel 3.3 (Abbildung 3-16) sieht man, dass der gesamte Bereich der hinteren Mittelarmlehne in aufrechter und liegender Position erreicht werden kann. Dies gilt auch für das 5. Perzentil Frau (5F) (Abbildung 4-4). Man sieht allerdings auch, dass ein Bedienelement im Bereich der Mittelarmlehne zu nah am Körper des Insassen ist und der Insasse den Ellenbogen nach hinten anwinkeln müsste, um das Bedienelement zu erreichen, was zu einer unkomfortablen Körperhaltung führt (Glüsing, 2020). Man sieht auch in Abbildung 3-16, dass in einer Liegeposition die Erreichbarkeit der Vorderkante der Armlehne besser ist als in der aufrechten Position. Eine Türbedienung kann in aufrechter Position ebenfalls vom 5. Perzentil Frau erreicht werden. In der Liegeposition kann die Türbedienung nur erreicht werden, wenn sie hinter dem Türziehgrieff positioniert wird.

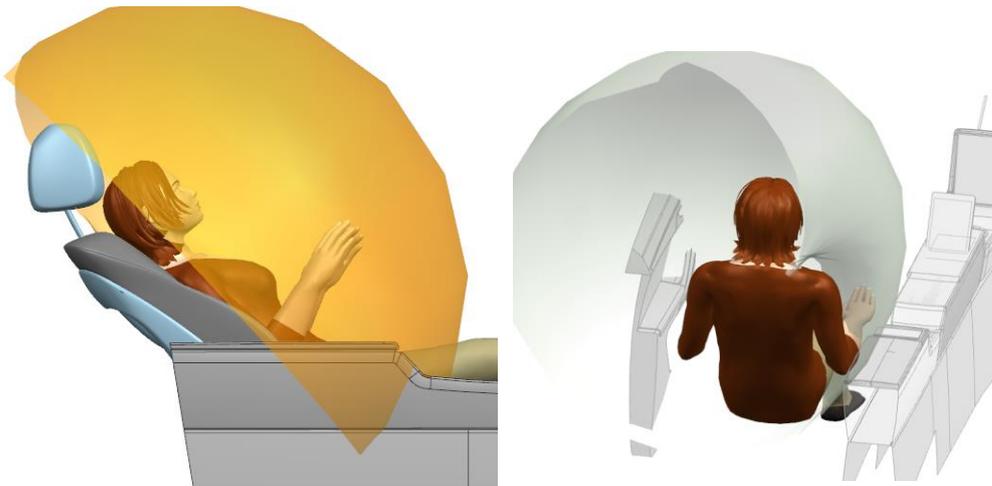


Abbildung 4-4: Erreichbarkeit 5F

Quelle: Eigene Darstellung

Im Folgenden werden die Bedienelementkonzepte aus der Marktanalyse in Kapitel 2.2.1 sowie das ausfahrbare Touchscreen unter der Armlehne (Mittelarmlehnenendisplay), welches in der ersten Sitzreihe im HCC21 zu finden ist, verglichen.

	Vorteile	Nachteile
Bedienung über Hauptdisplay	Kein Einfluss auf Package durch zusätzliches Element	Schlechte Erreichbarkeit in Liegeposition
	Große Bedienfläche	Schwierig zwei Funktionen gleichzeitig auszuführen, Wiedergabe/Anwendung muss verlassen werden/wird gestört
Ausfahrbarer Touchscreen unter Armlehne	Optimale Erreichbarkeit in Liegeposition	Einfluss auf das Mittelkonsolenpackage
	Bereitstellung aller Funktionen auf zweiten Bildschirm	Für den aufrecht sitzenden Insassen blockiert Display Armlehne
		Umsetzung der Bewegungskinematik
		Nur ein Bedienelement für zwei Insassen
Tablet in Mittelarmlehne	Tablet kann herausgenommen werden, Komfortable Bedienung in jeder Position	Einfluss auf das Mittelkonsolenpackage
	Bereitstellung aller Funktionen auf zweiten Bildschirm	Aufwand herausnehmen, einsetzen und halten des Tablets
		Nur ein Bedienelement für zwei Insassen
Festes Touchscreen in Mittelarmlehne	Bereitstellung aller Funktionen auf zweiten Bildschirm	Einfluss auf Mittelkonsolenpackage
		Zu nah am Insassen, ungünstige Armwinkel
		Nur ein Bedienelement für zwei Insassen
Externes Bedienelement	Kann in jeder Position benutzt werden	Halterung und sichere Befestigung muss sichergestellt werden
	Bereitstellung aller Funktionen auf zweiten Bildschirm	Aufwand herausnehmen, ablegen und halten des Bedienelements
	Je ein Bedienelement für beide Insassen	
Bedienelement in Türverkleidung	Je ein Bedienelement für beide Insassen	Einfluss auf Türpackage
		Schlechte Erreichbarkeit in Liegeposition
		Begrenzte Größe
Dachbedienung		Einfluss auf Dachpackage
		Schwierige Integration bei Panoramadach
		Schwierige Erreichbarkeit aufgrund Position, unkomfortable Bedienung
		Begrenzte Größe

Tabelle 4-5: Vergleich Bedienelemente

Quelle: Eigene Darstellung

4.1.3 Andere Teilbereiche

Klapptisch

Wie in Kapitel 2.2.2 dargestellt, gibt es grundsätzlich zwei Arten von Klapptischen in Fahrzeugen, Vordersitzklapptische und Mittelkonsolenklapptische. Dabei kann man in der Ergonomieuntersuchung in Kapitel 3.3 (Seite 40) die Armwinkel für die ideale Arbeitsposition sehen. In Abbildung 4-5 sieht man, dass der Tisch nah am Oberkörper des Insassen sein muss, um die ideale Arbeitsposition zu gewährleisten. Dies wird am ehesten realisiert mit einem Mittelkonsolenklapptisch. Man sieht, dass ein Beispiel des Vordersitzklapptischs zu weit vom Insassen weg ist, was zu ungünstigen Armwinkeln führt und der Insasse evtl. seinen Oberkörper nach vorne bewegen muss, um die gesamte Tischfläche zu erreichen.



Ideale Arbeitsposition für 95M und 5F am Beispiel eines Mittelkonsolenklapptischs



Beispiel: Vordersitztisch mit Armwinkeln für 5F und 95M

Abbildung 4-5: Klapptisch Armwinkel

Quelle: Eigene Darstellung

Der größte Nachteil des Vordersitzklapptischs ist, dass er sich mit dem Vordersitz mitbewegt. Die Nutzung des Vordersitzklapptischs wäre nur möglich, wenn der Fahrer oder Beifahrer aufrecht sitzt. Zudem können Gegenstände beim Fahren in die Zero Gravity Position vom Tisch herunterfallen und beschädigt werden. Der Mittelkonsolenklapptisch hat einen großen Einfluss auf das Mittelkonsolenpackage. Da der Mittelkonsolenklapptisch im eingeklappten Zustand in der Mittelkonsole verstaut wird, ist möglicherweise kein Platz vorhanden, um die Mittelkonsole anderweitig zu nutzen, z.B. für ein Ablagefach. Dies muss noch untersucht werden. Die Integration gestaltet sich aufwendiger als beim Vordersitzklapptisch aufgrund des Ein- und Aufklappmechanismus und der Position im Inneren der Mittelkonsole. Jedoch sind auch beim Vordersitzklapptisch evtl. Modifikationen an der Rückseite des Vordersitzes notwendig. Des Weiteren ist auch hier möglicherweise die Größe des Tisches durch einen Bildschirm und einer Vordersitztasche begrenzt. Da der Vordersitzklapptisch direkt am Sitz und an mehreren Punkten befestigt werden kann, kann die Stabilität einfacher gewährleistet werden. Beim Mittelkonsolenklapptisch entsteht durch den Tischarm ein längerer Hebelarm und wird üblicherweise an nur einem Punkt befestigt (siehe Abbildung 2-10, S. 17).

Im Folgenden wird der genauere Einfluss auf das Mittelkonsolenpackage durch einen Mittelkonsolenklapptisch und Bildschirm untersucht. RSE-Bildschirme haben Dicken von etwa 20mm. Für Klapptische wird von einer Dicke der Tischplatte von 10mm ausgegangen. In Abbildung 4-6 ist ein X-Schnitt der Mittelkonsole dargestellt. Man sieht, dass mit zwei Monitoren oder einem zusammengeklappten Klapptisch (2x10mm) nur ein Zwischenraum von 57mm bleibt. Zusätzlich zu den Dicken der Monitore und Tische müssen noch die Dicken für den Klappmechanismus, sprich: von Halterungen, Armen oder Gelenken berücksichtigt werden. Entscheidet man sich einen RSE-Monitor oder einen Klapptisch in der Mittelkonsole zu positionieren, bleibt kein Platz mehr, um das Innere der Mittelkonsole anderweitig zu nutzen.

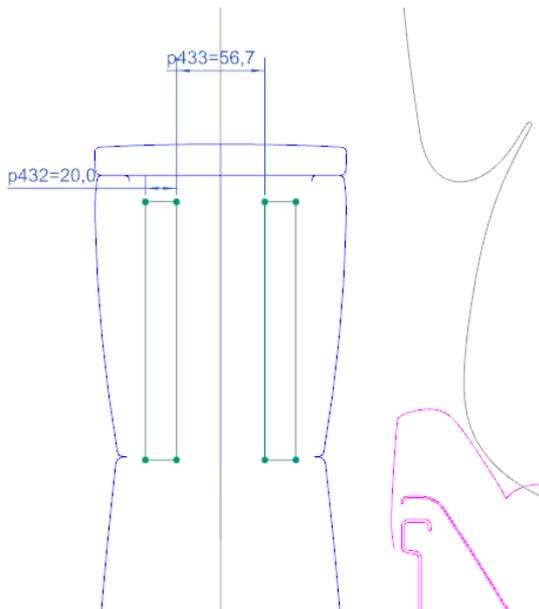


Abbildung 4-6: X-Schnitt Mittelkonsole

Quelle: Eigene Darstellung

Sitzkonzept

Um eine Zero Gravity Position für die hintere Sitzreihe zu ermöglichen, muss eine Lösung für die Kofferraumtrennung entwickelt werden. Die Kofferraumtrennung sorgt dafür, dass Gegenstände im Kofferraum nicht in den Fahrgastraum eindringen können. Bei Fahrzeugen mit einem ähnlichen Sitzkonzept wie beim HCC21, sprich: zwei Einzelsitzen in der zweiten Sitzreihe mit verstellbarem Lehnenwinkel, findet man zwei verschiedene Lösungen (Abbildung 4-7). Die erste Lösung ist eine feste Trennwand zwischen Fahrgastraum und Kofferraum. Diese Variante findet man oft in Fahrzeugen im Luxussegment, da die komplette Abschirmung des Fahrgastraums zusätzlich den Lärm reduziert. Der Nachteil ist, dass das Kofferraumvolumen aufgrund der Liegeposition dauerhaft reduziert ist. Da die Wand fest ist, bleibt die Größe des Laderaums gleich, auch wenn der Sitz aufrecht ist. Außerdem ist ein Durchladesystem nicht umsetzbar. Die zweite Lösung ist eine Kofferraumtrennung aus Stoff. Bei dieser Variante bleibt die Flexibilität erhalten. Diese kann auch zusammen mit der Kofferraumabdeckung (Hutablage) entfernt werden, wenn mehr Laderaum benötigt wird. So wird das Kofferraumvolumen nicht dauerhaft reduziert, und es können Gegenstände durch die Lücke zwischen dem linken und rechten Rücksitz geladen werden. Bei einem vollständig klappbaren Rücksitz kann auch ein Durchladesystem realisiert werden. Diese Variante ist gleichzeitig auch die einfachere und kostengünstigere Lösung und soll deshalb weiterentwickelt werden.



Feste Trennwand (Rolls-Royce Cullinan)

Flexible Trennung (Lexus LX600)

Abbildung 4-7: Kofferraumtrennung

Quelle: Doug DeMuro[2], [3]

In Kapitel 3.2 wurde festgestellt, dass für bestimmte Aktivitäten (z.B. Schlafen) eine möglichst komfortable Sitzposition zu gewährleisten ist. Um die Komfortwinkeln, die die Zero Gravity Position definieren (S.41, Abb. 3-24), zu erreichen, kann eine Beinauflage helfen. Die Notwendigkeit einer Beinauflage für den Fahrersitz im HCC21 wurde von Glüsing (2020) untersucht. Ein Versuch mit Probanden hat ergeben, dass die Notwendigkeit einer Beinauflage von der Größe der Person und der Höhe der Sitzposition abhängig ist.

Bei großen Personen ist es wahrscheinlicher, abhängig von der Sitzposition, dass sie ihre Füße am Boden abstützen können. Die Möglichkeit, die Füße auf dem Boden abzustützen, hat ausgereicht und wurde als angenehm empfunden. Für kleinere Personen ist es dagegen schwieriger, die Füße am Boden abzustützen. Da frei hängende Beine auf Dauer als unangenehm empfunden werden, wird eine Beinauflage empfohlen. Für die genaue Bestimmung der Sitzhöhe ist jedoch die Definition der Sitzkinematik erforderlich. Dies wurde bislang nur für die Vordersitze definiert, da die Sitzkinematik der Vordersitze nicht für die zweite Sitzreihe übernommen werden kann. Der Grund ist, dass der Platz unter und hinter dem Sitz für die geforderte Sitzbewegung nicht ausreicht (Glüsing, 2020). Des Weiteren gestaltet sich die Umsetzung und Nutzung einer Beinauflage in der zweiten Sitzreihe als schwierig. Man kann in Abbildung 4-8 erkennen, dass der Insasse mit einer ausgefahrenen Beinauflage seine Beine nicht ausstrecken kann, da diese mit dem Vordersitz kollidieren. Dies ist der Grund dafür, dass z.B. in der Mercedes-Benz S-Klasse oder dem BMW 7er der Beifahrersitz nach vorne bewegt werden muss, bevor man die Beinauflage benutzen kann (siehe S.18, Abb. 2-12). Aus den genannten Gründen wird die Entwicklung einer Beinauflage im weiteren Verlauf der Arbeit nicht betrachtet.

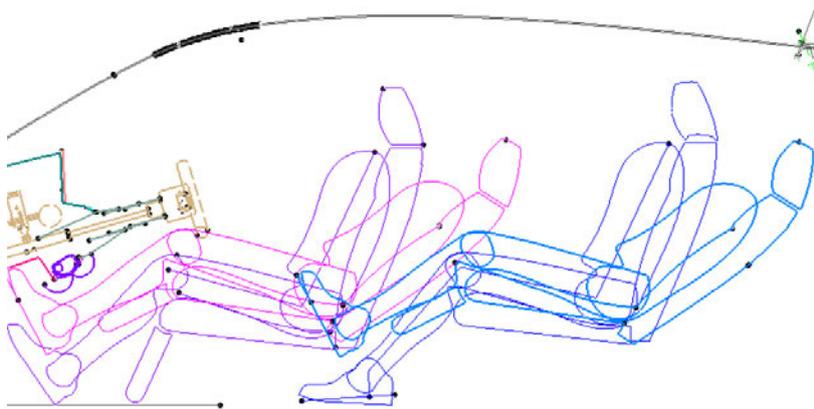


Abbildung 4-8: Untersuchung Beinauflage

Quelle: Eigene Darstellung

Ablagen

In Kapitel 2.2.2 wurden verschiedene Ablagemöglichkeiten in der zweiten Sitzreihe dargestellt. Einige davon sind schon im Konzept vorgesehen. So ist eine Ablage unter der Mittelarmlehne bereits vorhanden und wurde bei der Konzeption der Mittelkonsole berücksichtigt. Auch für eine Türablage ist der nötige Bauraum vorhanden. Die aktuell im HCC21 verbauten Vordersitze verfügen über Sitztaschen. Eine weitere Ablagemöglichkeit, die bereits vorhanden ist, sind Cupholder in der Mittelkonsole. Ein Bodenfach dagegen kann nicht umgesetzt werden, da sich unter dem Boden die Traktionsbatterie befindet (Abbildung 4-9)

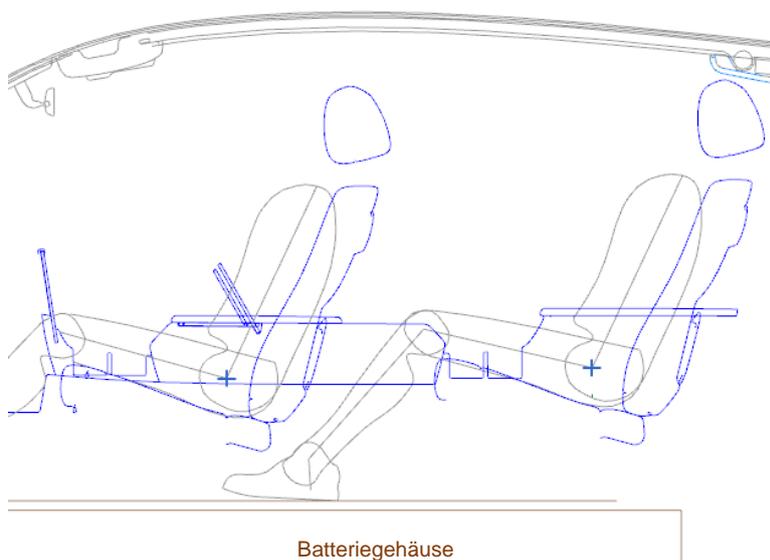


Abbildung 4-9: Y-Schnitt

Quelle: Eigene Darstellung

Durch die durchgehende Mittelkonsole ist eine weitere Möglichkeit der Ablage vorhanden, und zwar ein Seitenfach in der Mittelkonsole (Abbildung 4-10). Die relativ schmale Mittelkonsole und die schwere Zugänglichkeit erschweren jedoch die Umsetzung dieser Lösung.

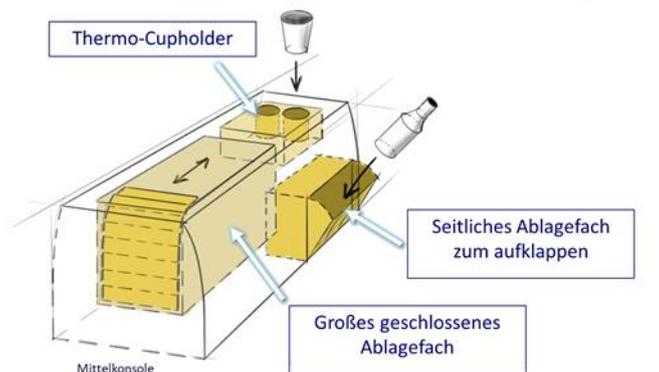


Abbildung 4-10: Seitenfach

Quelle: Manneck et al., 2017

Eine Ablage zwischen den Sitzen wird nicht weiterverfolgt, da dadurch ein Durchladesystem nicht mehr möglich wird. Zudem ist diese Lösung primär in Fahrzeugen im Luxus-Segment mit einer festen Trennung zum Kofferraum zu finden.

4.2 Interieur-Layout Gesamtkonzept

Im Folgenden werden Varianten bzw. Prinzip-Lösungen des Gesamtkonzepts vorgestellt. Dies wird in Form von verschiedenen Interieur-Layouts dargestellt, die die verschiedenen Kombinationen der Lösungen der in Kapitel 4.1 definierten Teilbereiche abbilden. Dazu wird ein morphologischer Kasten angewandt. Alle Teillösungen werden in einer Matrix abgebildet. Die Kombination der einzelnen Teillösungen ergibt anschließend die Gesamtlösung. Der morphologische Kasten ist in Anhang B dargestellt.

Das erste Konzept ist die Lösung mit einem Seatback Monitor (Abbildung 4-11). Der Klappstisch ist hier in der Mittelkonsole verbaut. Ebenfalls im Bereich der Mittelkonsole ist das Bedienelement. Als Ablagen dienen die Vordersitztasche, das Türfach und Cupholder in der Mittelkonsole. Aufgrund der Klappstische ist in der Mittelkonsole kein Platz für ein Ablagefach (siehe Kapitel 4.1.3, S.56).

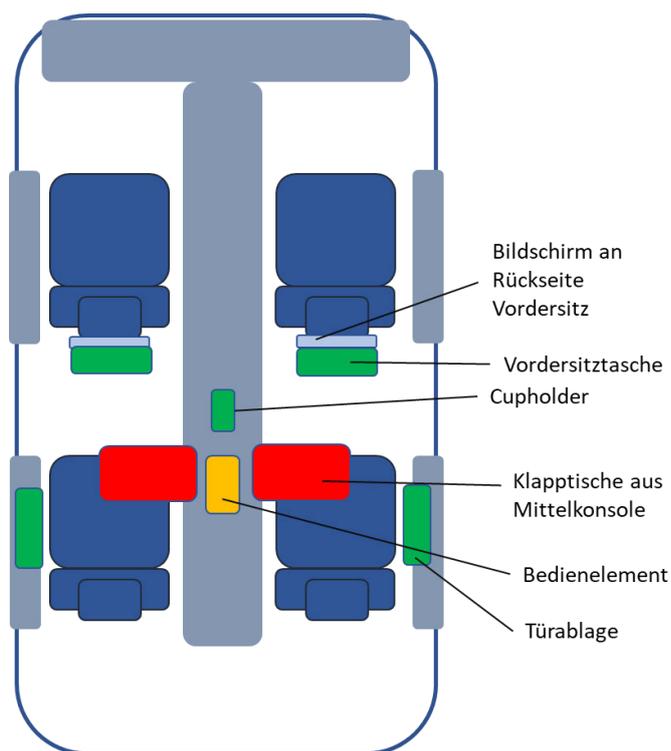


Abbildung 4-11: Konzept 1 Seatback

Quelle: Eigene Darstellung

Ebenfalls wird ein vom Konzept 1 abgeleitetes alternatives Seatback-Konzept betrachtet (Abbildung 4-12). Im Gegensatz zum Konzept 1 hat Konzept 1a einen Vordersitzklappstisch. Damit bleibt in der Mittelkonsole Platz für ein Ablagefach.

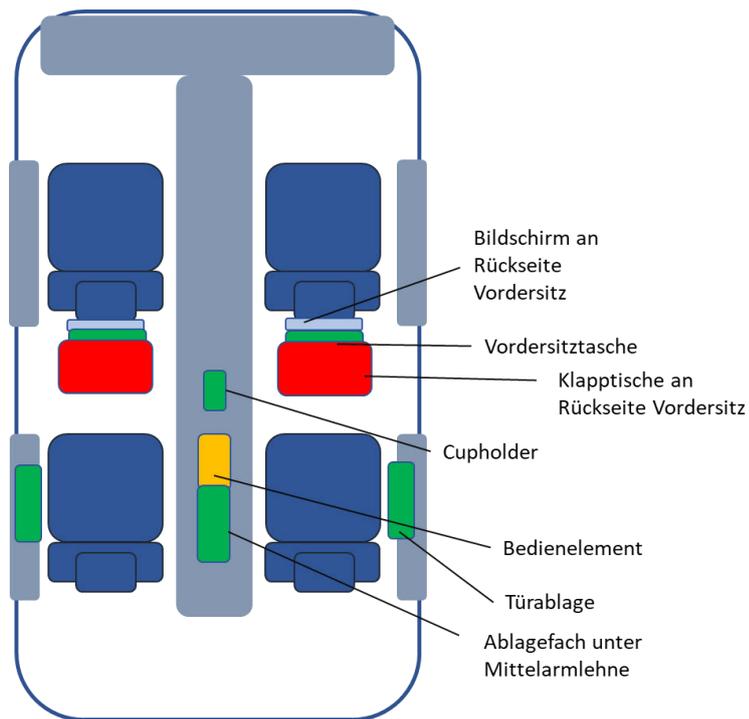


Abbildung 4-12: Konzept 1a Seatback

Quelle: Eigene Darstellung

Konzept 2 ist eine Lösung mit einem Mittelkonsolenmonitor (Abbildung 4-13). Aufgrund des Bildschirms in der Mittelkonsole sind der Klapptisch im Vordersitz und die Bedienung in der Tür.

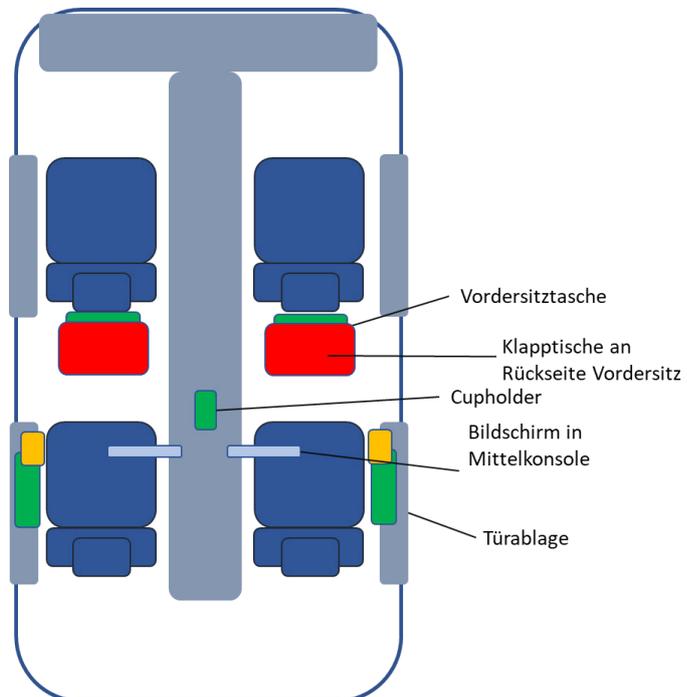


Abbildung 4-13: Konzept 2 Mittelkonsole

Quelle: Eigene Darstellung

Das dritte Konzept hat einen großen Overhead Monitor in der Mitte zwischen linken und rechten Sitz (Abbildung 4-13). Mit Klapp-tischen im Vordersitz bleibt Raum für ein Mittelkonsolenfach.

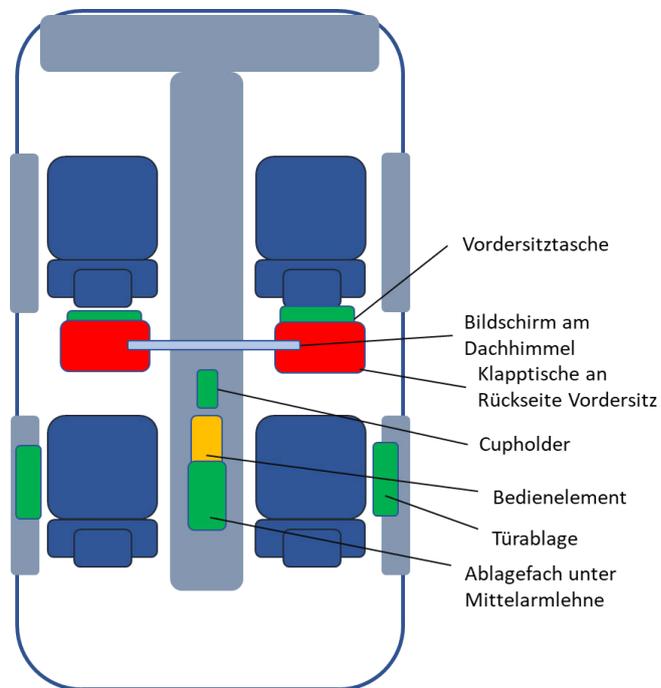


Abbildung 4-14: Konzept 3 Overhead 1

Quelle: Eigene Darstellung

Als Alternative zum Overhead-Konzept dient das Konzept 4 (Abbildung 4-15). Bei dieser Lösung befinden sich zwei Monitore am Dachhimmel, sodass je ein Bildschirm für die beiden Insassen in der zweiten Sitzreihe vorhanden ist. Damit ein Vergleich mit Konzept 3 besser darstellbar ist, hat dieses Konzept einen Mittelkonsolentisch.

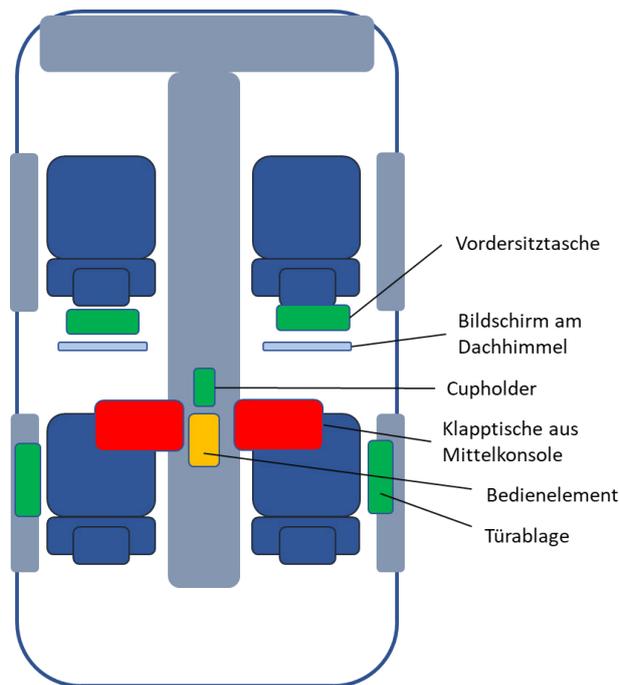


Abbildung 4-15: Konzept 4 Overhead 2

Quelle: Eigene Darstellung

4.3 Bewertung Gesamtkonzept

Im nächsten Schritt wird eine Bewertung der Konzepte vorgenommen, um das beste Konzept für die weitere Entwicklung und Konstruktion auszuwählen. Die Bewertung der verschiedenen Konzepte erfolgt über die Nutzwertanalyse (nach VDI 2225) mithilfe einer Evaluationsmatrix. Dazu werden Kriterien aus den Anforderungen abgeleitet. Die Gewichtung der Kriterien wird ebenfalls aus den Anforderungen und den Benutzerbedürfnissen abgeleitet. Die Kriterien werden mit jeweils einer Punktzahl zwischen 0 und 4 bewertet. Folgende Kriterien werden in der Evaluationsmatrix berücksichtigt.

- Bildschirm
 - Ergonomie: Wird ein optimaler Sichtwinkel und eine optimale Körperhaltung bei Betrachten des Bildschirms in jeder Position gewährleistet? 0 = schlechter Sichtwinkel, 4 = optimaler Sichtwinkel
 - Packaging: Platzbedarf der Komponenten; ist im Fahrzeug der Bauraum vorhanden? 0 = großer Platzbedarf, geringer Bauraum vorhanden, 4 = geringer Platzbedarf, großer Bauraum vorhanden

- Komplexität: Anzahl der Teile und Kosten; wie aufwendig sind der Mechanismus/Kinematik und Montage? Sind Modifikationen an Innenraumteilen notwendig? 0 = hohe Komplexität, 4 = geringe Komplexität
- Komfort: Wie komfortabel ist die Lösung in der Anwendung? Ist die Bedienung einfach? Ist das System jederzeit nutzbar und zugänglich? Wie hoch ist das Funktionsvolumen? 0 = geringer Komfort, 4 = hoher Komfort
- Sicherheit: Sind scharfe Kanten vorhanden? Gibt es mögliche gefährliche Aufschlagzonen mit Körperteilen oder Komponenten, die versagen können? 0 = geringe Sicherheit, 4 = hohe Sicherheit
- Bedienung
 - Ergonomie: Ist Bedienelement in jeder Sitzposition durch Insassen erreichbar? 0 = schlechte Erreichbarkeit, 4 = gute Erreichbarkeit
 - Packaging: s.o.
 - Komfort: Wie komfortabel ist Lösung in der Anwendung? Zusammenhang zwischen Bedienelement und Wirkort; Wie hoch ist der Bedienungsumfang (Darstellbares Funktionsvolumen)? 0 = geringer Komfort, 4 = hoher Komfort
 - Komplexität: s.o.
- Ablagen
 - Größe: Anzahl verfügbarer Ablagen und deren Volumen; Größe der Ablagen 0 = klein, 4 = groß
 - Packaging: s.o.
- Tisch
 - Ergonomie: Kann Insasse ideale Arbeitsposition einnehmen (optimale Armwinkel)? 0 = große Abweichungen vom Idealwinkel und schlechte Erreichbarkeit, 4 sehr geringe Abweichungen vom Idealwinkel und gute Erreichbarkeit
 - Packaging: s.o.
 - Komfort: Einfachheit der Bedienung; Wie komfortabel ist Nutzung des Tisches? 0 = geringer Komfort, 4 = hoher Komfort
 - Komplexität: s.o.
 - Sicherheit: s.o.

Bei der Gewichtung der Kriterien wurden die Hauptkriterien Bildschirm, Bedienung und Tisch mit einer höheren Priorität gewichtet als Ablagen. Dies hat den Grund, dass sie den Komfort und das Erlebnis des Insassen erheblich verbessern. Bildschirm und Bedienung bieten als Hauptbestandteile des RSE dem Insassen Unterhaltung, der Tisch wird für aktive Tätigkeiten genutzt, z.B. Essen oder Arbeiten. Auch bei der Entwicklung der ersten Sitzreihe wurde ein größerer Fokus auf Bildschirm, Bedienung und Klapp-tisch gelegt. Bei den Unterkriterien haben Ergonomie und Komfort die höchste Priorität, da die Anforderung ist, das beste und möglichst komfortable Konzept für den Nutzer zu entwickeln. Da eine weitere Anforderung darin besteht, das RSE einfach in das Fahrzeug zu integrieren und dabei Modifikationen und Änderungen des vorhandenen Konzeptes möglichst gering zu halten oder gar zu vermeiden, hat Packaging ebenfalls eine höhere Priorität. Die Komplexität hat die geringste Priorität, weil sie keinen direkten Einfluss auf den Komfort oder das Nutzererlebnis hat. Die Sicherheit wird berücksichtigt, da jedoch nicht genug Zeit für ein vollständig durchdachtes Sicherheitskonzept zur Verfügung steht, wird die Sicherheit nicht im Detail behandelt. Das Ergebnis der Nutzwertanalyse ist in Anhang C zu sehen.

Ergebnisse Nutzwertanalyse

Bildschirm

Wie bereits in Kapitel 4.1.1 untersucht wurde, bietet der Seatback Monitor die optimale Sicht in einer aufrechten Position. Für die optimale Sicht muss jedoch auch der Vordersitz aufrecht sein, da sonst der Bildschirm zu tief liegt. In einer Liegeposition ist die Blickrichtung nicht horizontal, was zu einem ungünstigen Sichtwinkel führt. Dies führt zu einer geringen Punktzahl bei der Ergonomie. Ebenfalls eine geringe Punktzahl erhält der Mittelkonsolenmonitor. Aufgrund der tiefen Position ist die Sicht in jeder Sitzposition suboptimal. Die Overhead Monitor-Lösungen bieten eine optimale Sicht in der Liegeposition, aber aufgrund der hohen Position nicht in einer aufrechten Position. Auch wenn dieses Konzept nicht optimal ist, erhält es dennoch die höchste Punktzahl von allen bewerteten Varianten.

Beim Packaging erreicht der Seatback Monitor die höchste Punktzahl. Diese Lösung hat einen Einfluss auf das Vordersitzpackage und benötigt evtl. Modifikationen am Vordersitz. Grundsätzlich ist jedoch der Bauraum an der Rückseite der Lehne vorhanden, da er nicht anderweitig bereits verwendet wird. Bei Konzept 1a muss jedoch untersucht werden, ob der Platz zusätzlich für eine Sitztasche und ein Klappstisch vorhanden ist. Der Mittelkonsolenmonitor hat einen großen Einfluss auf das Mittelkonsolenpackage. Durch das Mittelkonsolen-Design, die Cupholder und die relativ geringe Breite (siehe S. 57, Abb. 4-6), ist der Bauraum in der Mittelkonsole begrenzt. Durch einen Monitor unter der Armlehne würde das Ablagefach wegfallen und der Bauraum könnte nicht anderweitig genutzt werden. Zusätzlich zum Bildschirm müssen weitere Komponenten wie, ein Monitorarm, Halterung und Gelenke berücksichtigt werden. Aus diesen Gründen erhält das Konzept eine geringere Punktzahl als das Seatback-Konzept. Für einen Overhead Monitor ist aufgrund des Panoramadachs im aktuellen Stand des Fahrzeugkonzepts kein Bauraum im Dachhimmel vorhanden. Auch der Dachrahmen als Bauraum ist nicht geeignet. Der Vergleich mit Referenzfahrzeugen zeigt, dass aufgrund Seitenairbag, Haltegriff, Rollo, Verstärkungsbleche, Dichtungen, etc. kaum Platz für weitere Komponenten vorhanden ist (Abbildung 4-16). Da bei der bisherigen Entwicklung des HCC21 kein Overhead Monitor berücksichtigt wurde, herrscht hier eine ähnliche Package-Situation im Dachrahmen.

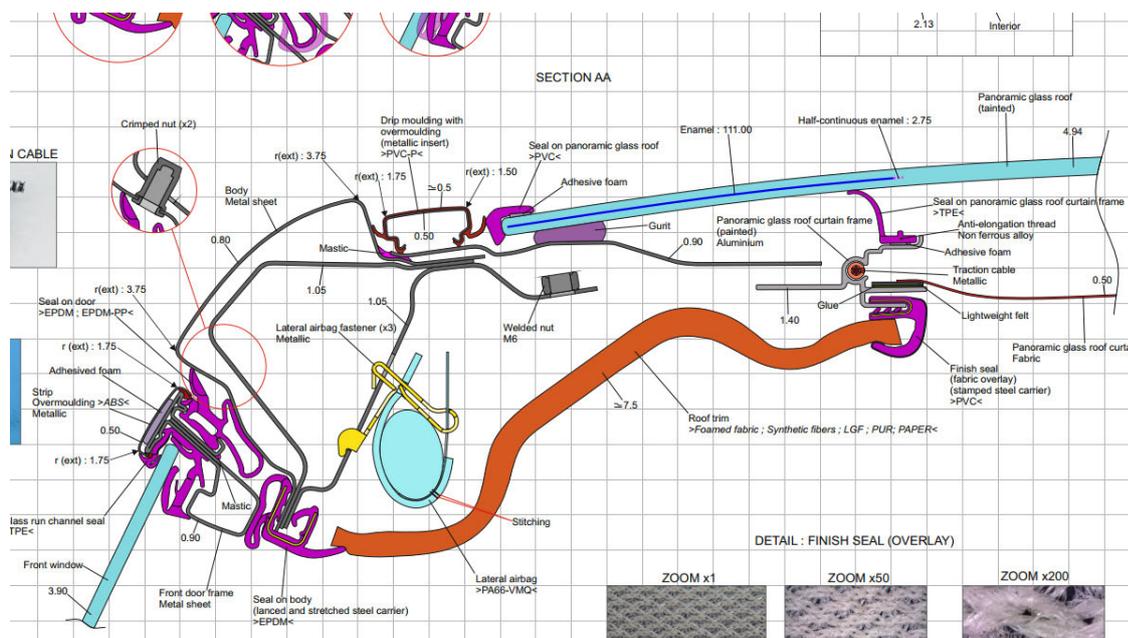


Abbildung 4-16: Dachrahmen Schnitt Nissan Qashqai

Quelle: A2Mac1

Zum Vergleich ist in Abbildung 4-17 der Dachrahmen-Schnitt im HCC21 dargestellt. Des Weiteren müssen für einen Overhead Monitor ebenfalls Halterungen und ein Klappmechanismus berücksichtigt werden, was einen größeren Bauraum erfordert. Die genannten Gründe führen dazu, dass das Konzept beim Packaging 0 Punkte erhält.

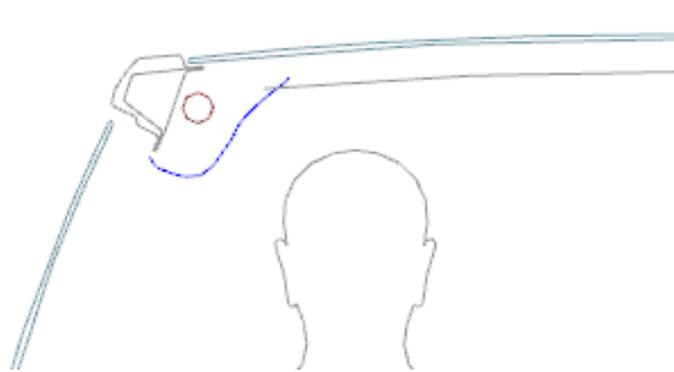


Abbildung 4-17: X-Schnitt SRP hinten

Quelle: Eigene Darstellung

Ähnlich wie beim Packaging erhält das Seatback-Konzept die höchste Punktzahl bei der Komplexität. Obwohl Modifikationen am Vordersitz notwendig sind, ist die Integration ohne grundlegende Änderung des Interieur Designs oder des Grundkonzepts möglich. Zudem sind keine aufwendigen Ein- und Ausklappmechanismen nötig. Etwas aufwendiger ist der Mittelkonsolenmonitor aufgrund der Modifikationen und Einbau im Inneren der Mittelkonsole, welches einen Ein- und Ausklappmechanismus erfordert. Zurzeit gibt es keine Möglichkeit, einen Overhead Monitor in das Interieur zu integrieren. Entweder müssen zusätzliche Streben am Dach hinzugefügt werden, an denen ein Monitor befestigt werden kann (siehe S.9, Abb. 2-2 Chrysler Portal Konzept), oder die Dachrahmenstruktur muss angepasst werden, um ein Konzept wie der BMW Theater Screen (S.9, Abb. 2-2) oder das Konzept in Abbildung 4-3 (S.50) zu ermöglichen. In jedem Fall müsste das durchgehende Panoramadach geteilt bleiben, was einen Einfluss auf das Raumgefühl der Insassen hat. Die Overhead-Konzepte erreichen deshalb erneut die geringste Punktzahl.

Was den Komfort angeht, hat die Seatback-Lösung die größten Nachteile. Der Komfort und die Nutzbarkeit des Bildschirms sind stark von der Sitzposition sowohl hinten als auch vorne abhängig (siehe Kapitel 3.3 und 4.1.1). Der Vorteil ist, dass der Bildschirm stets zugänglich ist, sprich: nicht erst zum Benutzen ausgeklappt werden muss.

Zudem werden Verstellmöglichkeiten und die Bildschirmgröße nur geringfügig begrenzt. Der Mittelkonsolenmonitor hat den Vorteil der unabhängigen Nutzung von der Sitzposition vorne. Die nahe Position zum Insassen macht das Bedienen und Betrachten des Bildschirms unkomfortabel. Zusätzlicher Aufwand für den Insassen entsteht dadurch, dass der Bildschirm verstaut werden muss, bevor der Insasse aussteigen kann, und ausgeklappt werden muss zum Benutzen des Bildschirms. Den besten Komfort bieten die Overhead-Konzepte. Diese bieten den besten Komfort in der Liegeposition. Der Komfort wird nicht durch die Sitzposition vorne beeinträchtigt, und die Bewegung des Insassen wird nicht durch eine zu nahe Position beeinträchtigt. Ein großer Bildschirm wie der BMW Theater Screen (S.9 Abb. 2-2) bietet ein „Kinofeeling“ und ist ideal für das gemeinsame Schauen mit dem 2. Rücksitz-Passagier. Bei der Größe des Bildschirms muss allerdings darauf geachtet werden, dass es nicht zu einer Kollision mit dem Vordersitz kommt.

Die Overhead-Monitore wurden mit der höchsten Sicherheit bewertet. Aufgrund der hohen Position ist die Wahrscheinlichkeit eines Aufpralls mit dem Bildschirm oder mit Strukturteilen und Halterungen sowie Gelenken am geringsten. Ein Aufprall auf den Seatback Monitor ist möglich, wenn der Insasse unangeschnallt ist. Hier findet ein Aufprall nicht auf das weiche Sitzpolster statt, sondern auf den harten Bildschirm. Der Mittelkonsolenmonitor hat die geringste Sicherheit. Die Wahrscheinlichkeit eines Aufpralls auf den Bildschirm oder den Monitorarm ist am größten, nämlich aufgrund der Nähe zum Insassen und weil sich bei einem Crash der Kopf in Richtung Knie bewegt (Gereben & Swenson, 2020).

Bedienung

Sowohl die Türbedienung als auch die Mittelkonsolenbedienung können so positioniert werden, dass sie in jeder Position erreicht werden können (siehe Kapitel 4.1.2 und Kapitel 3.3, S.35). Damit die Türbedienung auch in der Liegeposition erreicht werden kann, darf sie sich jedoch nicht im Bereich des Türziehgriiffs befinden. Zudem sind beide Lösungen gut für den Insassen sichtbar. Die Türbedienung kann durch eine Oberarmbewegung um den Ellenbogen oder auch nur mit einer Handgelenkbewegung erreicht werden (siehe Kapitel 3.3, S.35). Dies gilt bei einer Position der Türbedienung im unteren Bereich des Ziehgriiffs und bei einer aufrechten Sitzposition.

Aufgrund des Mittelkonsolen-Designs muss insbesondere der 95. Perzentil Mann seinen Ellenbogen nach hinten strecken, um ein Bedienelement im Bereich der Mittelarmlehne zu erreichen. Dies führt zu unangenehmen Armwinkeln (Glüsing, 2020). Aus den genannten Gründen erhält die Türbedienung eine höhere Punktzahl bei der Ergonomie.

Bei der Türbedienung ist der Bauraum in der Türverkleidung begrenzt und somit auch die Größe des Bedienelements. Der Einfluss auf das Package der Türverkleidung ist jedoch gering. Bis auf den Türöffner, Fensterheber und Ziehgriff wird der Bauraum im oberen Bereich der Türverkleidung nicht für weitere Komponenten benötigt. In der Mittelkonsole ist mehr Platz verfügbar für ein größeres Bedienelement. Der Einfluss durch andere Komponenten wie Cupholder, Mittelarmlehnenfach und evtl. Klapptisch ist größer. Dies zu führt zu derselben Punktzahl für beide Varianten.

Der Bedienkomfort der Mittelkonsolenbedienung ist hoch. Alle Funktionen des Hauptbildschirms werden auf einem 2. Bildschirm bereitgestellt, und das Bedienelement befindet sich in der Nähe des Wirkortes. Der einzige Nachteil ist, dass nur ein Bedienelement für zwei Insassen vorhanden ist. Die Türbedienung wird als weniger intuitiv eingeschätzt und ist weniger komfortabel aufgrund der begrenzten Displaygröße und der ungewohnten Positionierung. Im Gegensatz zur Mittelkonsolenbedienung ist hier jedoch ein Bedienelement pro Insasse vorhanden.

Da die Tür ein bewegliches Teil ist, ist die Umsetzung der Türbedienung aufwendiger und mit höheren Kosten verbunden (Feill & Kreuziger, 2020). Die Türbedienung ist anfälliger für Schäden und Abnutzung, auch weil beim Öffnen der Tür das Bedienelement Witterungsverhältnissen ausgesetzt ist. Auch der Austausch bei Defekt gestaltet sich als aufwendig. Die Umsetzung der Mittelkonsolenbedienung ist weniger aufwendig, wenn auch mit Modifikationen der Mittelkonsole verbunden.

Ablagen

Konzepte 1,2 und 4 haben die gleichen Ablagemöglichkeiten zur Verfügung. Konzept 3 hat zusätzlich ein Mittelarmlehnenfach. Da für alle gewählten Ablagen: Cupholder in der Mittelkonsole, Türablage, Vordersitztasche und Mittelarmlehnenfach der Bauraum vorhanden ist und vorgesehen wurde, erhalten alle Konzepte dieselbe Punktzahl beim Packaging.

Tisch

Wie bereits in Kapitel 4.1.3 (S.55) beschrieben, wird die optimale Arbeitsposition am ehesten mit einem Mittelkonsolentisch erreicht. Der Vordersitztisch ist zu weit weg vom Insassen. Dies führt zu ungünstigen Armwinkel, und evtl. ist eine Oberkörperbewegung notwendig, um die gesamte Tischfläche zu erreichen. Der Mittelkonsolentisch hat also einen Vorteil in der Ergonomie.

In Kapitel 4.1.3 (S.56) wurde das Mittelkonsolenpackage untersucht. Aufgrund der schmalen Mittelkonsole würde mit einem Mittelkonsolenklapptisch kein Bauraum mehr für weitere Komponenten übrigbleiben. Der Mittelkonsolenklapptisch hat damit einen großen Einfluss auf das Mittelkonsolenpackage, da zusätzlich auch ein Tischarm mit einem Klappmechanismus benötigt wird. Der Bauraum für einen Vordersitzklapptisch ist an der Rückseite des Vordersitzes vorhanden. Einschränkungen können entstehen, wenn zusätzlich ein Seatback-Bildschirm und eine Vordersitztasche gewählt werden. Dadurch könnte der Bauraum begrenzt werden. Beim Packaging erreicht der Vordersitzklapptisch eine höhere Punktzahl.

Beide Konzepte sind grundsätzlich komfortabel zu bedienen. Der Vordersitzklapptisch kann einfach von der Rückseite des Vordersitzes ausgeklappt werden und der Mittelkonsolenklapptisch etwas aufwendiger aus der Mittelkonsole ausgeklappt werden. Der große Nachteil des Vordersitztischs ist jedoch, dass er an den Vordersitz gebunden ist. Wenn der Fahrer oder Beifahrer in die Liegeposition fährt, kann der Tisch nicht genutzt werden. Liegen Gegenstände auf dem Tisch und der Sitz fährt in die Liegeposition, können die Gegenstände herunterfallen. Aus diesem Grund erhält die Lösung 0 Punkte beim Komfort. Beim Mittelkonsolentisch kann beim ausgeklappten Tisch aufgrund der Position die Nutzung der Mittelkonsole und der Cupholder eingeschränkt bzw. können diese durch den Tisch blockiert werden.

Der Mittelkonsolentisch ist aufgrund des aufwendigeren Mechanismus mit mehreren Bewegungen, die für das Ein- und Ausklappen und die Positionierung im Inneren der Mittelkonsole nötig sind, die kompliziertere Lösung. Im Vergleich dazu benötigt der Vordersitztisch nur einen einfachen Ein- und Ausklappmechanismus. Modifikationen am Vordersitz sind dennoch notwendig.

Eine höhere Sicherheit bietet der Vordersitz, da der Tisch und Verbindungsteile weiter weg vom Insassen sind. Zudem wird der Tisch direkt am Sitz befestigt und kann an mehreren Punkten befestigt werden. Er ist robuster als der Mittelkonsolentisch, der einen längeren Hebelarm aufweist und an einem Punkt befestigt ist (siehe Abbildung 2-10, S. 17). Zudem ist der Tisch näher am Insassen, was die Gefahr eines Aufpralls erhöht.

Sitzkonzept

Da für die Kofferraumtrennung und die Beinauflage bereits eine Entscheidung bei der Untersuchung in Kapitel 4.1.3 getroffen werden konnte, wurde das Kriterium Sitzkonzept nicht in der Evaluationsmatrix berücksichtigt. Es wurde für eine flexible Kofferraumtrennung aus Stoff entschieden, aufgrund der in Kapitel 4.1.3 (S.57) erläuterten Vorteile dieses Konzepts gegenüber einer festen Trennwand. Eine Beinauflage wird nicht weiter betrachtet.

Fazit

Das Konzept 1 Seatback erreicht die höchste Punktzahl und wird daher als Konzept ausgewählt, welches weiterentwickelt und schließlich konstruiert wird. Der Seatback Monitor ist das beste Bildschirmkonzept, da dieses Konzept am einfachsten unterzubringen ist und keine Fahrzeugmodifikationen oder Konzeptänderungen notwendig sind. Für einen Overhead Monitor beispielsweise hätte dies bereits in der frühen Entwicklung des Fahrzeugs berücksichtigt werden müssen. Im weiteren Schritt müssen für die Schwächen in der Ergonomie und den Komfort Lösungen gefunden werden. Da die Erreichbarkeit des Monitors nicht jederzeit gewährleistet ist, ist ein Bedienelement notwendig. Die beste Lösung für ein Bedienelement ist eine Mittelkonsolenbedienung. Diese Lösung hat Vorteile bei der Umsetzbarkeit und bietet eine komfortablere Bedienung. Jedoch müssen auch hier Lösungen gefunden werden, um die Nachteile der Ergonomie zu kompensieren. Die am besten geeignete Lösung für einen Klappentisch ist der Mittelkonsolenklappentisch. Die Position ermöglicht den besten Komfort und die besten ergonomischen Eigenschaften. Kompromisse müssen bei den Ablagen gemacht werden. Es ist kein Mittelarmlehnenfach mehr möglich. Betrachtet man jedoch die Punktzahlen in der Nutzwertanalyse von Tisch und Ablagen gemeinsam, ist der Mittelkonsolentisch trotz fehlenden Mittelarmlehnenfachs das bessere Konzept und erreicht eine höhere Punktzahl.

4.4 Teilkonzept

Im Folgenden werden die Teilbereiche des in Kapitel 4.3 gewählten Gesamtkonzeptes detailliert. Wenn die Anzahl der möglichen Teillösungen umfangreich ist, wird auch hier der morphologische Kasten sowie die Nutzwertanalyse zur Hilfe genommen, um das beste Konzept auszuwählen.

4.4.1 Bildschirm

Wie in Kapitel 4.3 erwähnt, ist ein wesentlicher Nachteil des Seatback-Monitors die Ergonomie in der Liegeposition. Den Insassen in der ersten Sitzreihe stehen die Sky Screens zur Verfügung, wenn sie in eine Liegeposition fahren. Durch einen Overhead Monitor entsteht dort kein Problem mit der Sicht. Da hier jedoch gegen einen Overhead Monitor entschieden wurde, bleibt als einzige Möglichkeit ein sich entsprechend der Sitzposition mitbewegender Bildschirm. Man findet hierzu Beispielkonzepte im Flugzeugbau. Aufgrund des nicht vorhandenen Bauraums im Dachhimmel sowie des beweglichen Vordersitzes sind die in Abbildung 4-18 dargestellten Konzepte jedoch nicht umsetzbar.

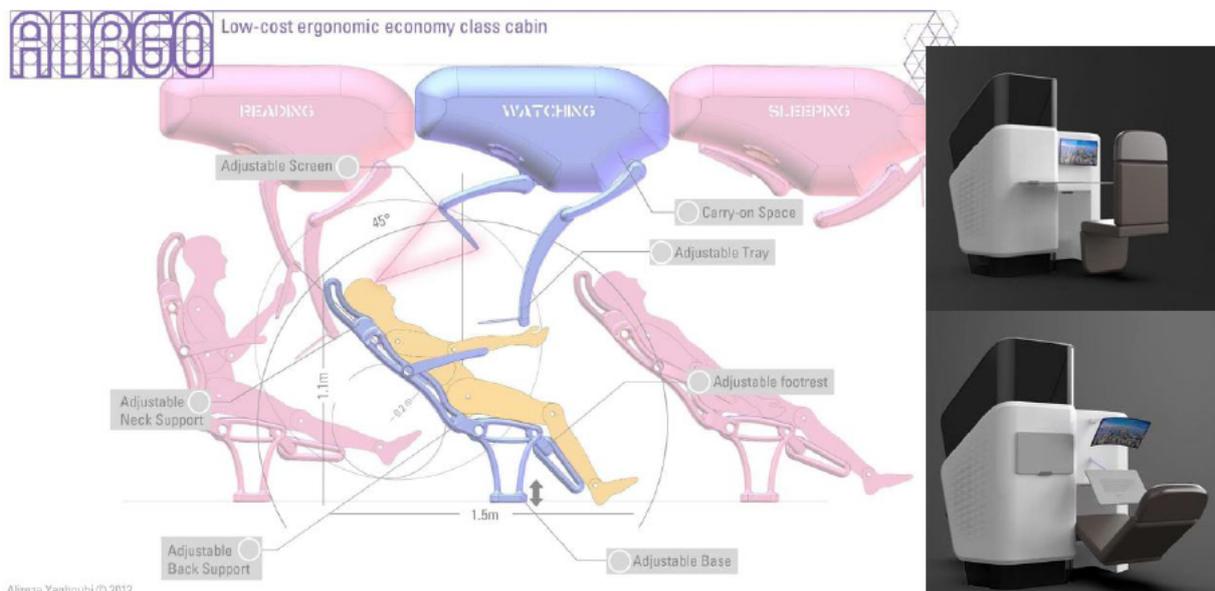


Abbildung 4-18: Liegeposition Ergonomie in Flugzeugkabinen

Quelle: Yaghoubi, 2012, TU Delft

Bisherige Ergonomieuntersuchungen wurden mit der Annahme durchgeführt, dass der Insasse seinen Kopf nicht nach vorne beugt und es einen Kontakt zwischen der Sitzlehne und den Kopf des Insassen gibt. Würde der Insasse seinen Kopf nach vorne beugen, sodass die Sichtlinie horizontal wäre, würde dies die Sichtwinkel auf den Bildschirm verbessern. Dies würde jedoch zu einem auf Dauer unangenehmen Nackenwinkel führen. Ein Nackenwinkel von über 20° wird als unkomfortabel empfunden (Smulders et al., 2019). In der Zero Gravity Position der Vordersitze im HCC21 empfanden alle Probanden eines Versuchs den Nackenwinkel von 25° - 30° als unangenehm (Glüsing, 2020). Ein weiteres Problem, das bei einer Liegeposition des Insassen und eines Seatback-Monitors entsteht, sind die nach unten gerichteten Augen (Deorsumversion). Ein Deorsumversion des Auges über 15° wird dabei als unangenehm empfunden (Smulders et al., 2019). Um die genannten Probleme zu vermeiden, haben Smulders et al. (2019) die Wirkung einer Kopfstütze bzw. eines Nackenkissens, welches den Kopf in der Position stützt, untersucht (Abbildung 4-19).

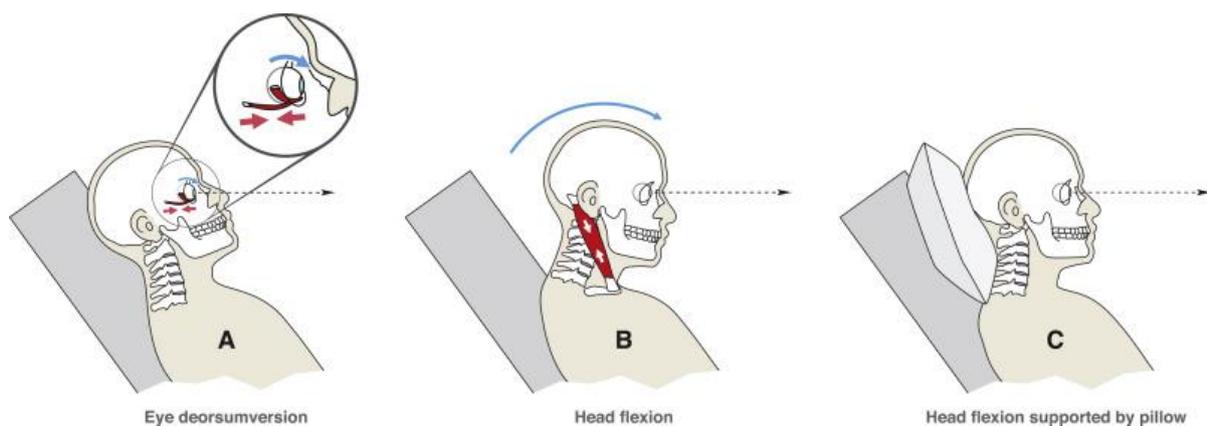


Abbildung 4-19: Blick auf einen Bildschirm in Liegeposition

Quelle: Smulders et al., 2019

Dabei wurde in der Studie die Situation in einem Business Class-Sitz untersucht (Abbildung 4-20). Die Position des Bildschirms und der gewählte Lehnenwinkel von 40° (47° beim HCC21) sind mit den Bedingungen in der zweiten Sitzreihe des HCC21 vergleichbar. Es wurden mit verschiedenen Versuchspersonen die Fälle B und C getestet (Abbildung 4-19). Dabei wurde die Muskelaktivität des Musculus sternocleidomastoideus (SCM), welcher ein Teil der Halsmuskulatur ist, und des oberen Trapezmuskels (TRP-UP) gemessen. Zudem wurden die Probanden nach dem Komfortempfinden befragt. Die Versuchsergebnisse zeigten, dass es keine signifikanten Unterschiede in der Muskelaktivität zwischen dem Sitzen mit und ohne Kopfstütze gibt.

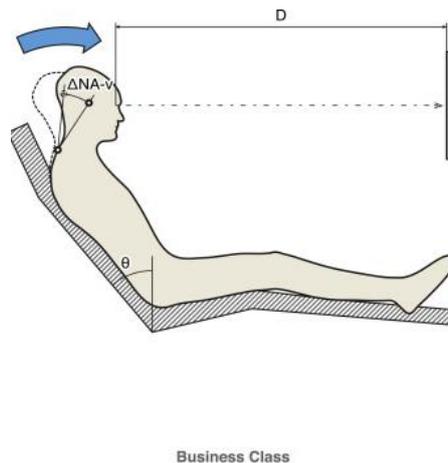


Abbildung 4-20: Business Class Sitzposition
 Quelle: Smulders et al., 2019

Die Muskelaktivität des SCM führt nicht zu einer Ermüdung, während die Muskelaktivität des TRP-UP langfristig zu einer Erschöpfung im Schulter-Nacken-Bereich führen kann. Das Komfortempfinden dagegen ist mit der Kopfstütze deutlich höher und zeigt, dass der Komfort langfristig durch die Kopfstütze deutlich gesteigert wird (Abbildung 4-21). Die Ursachen sind, dass der Nacken gestützt wird und der Körperkontakt mit der Kopfstütze für eine erhöhte Stabilität sorgt. Zudem muss der Insasse keine Korrektur der Nackenhaltung vornehmen, was zu einer geringeren Erschöpfung führt (Smulders et al., 2019)

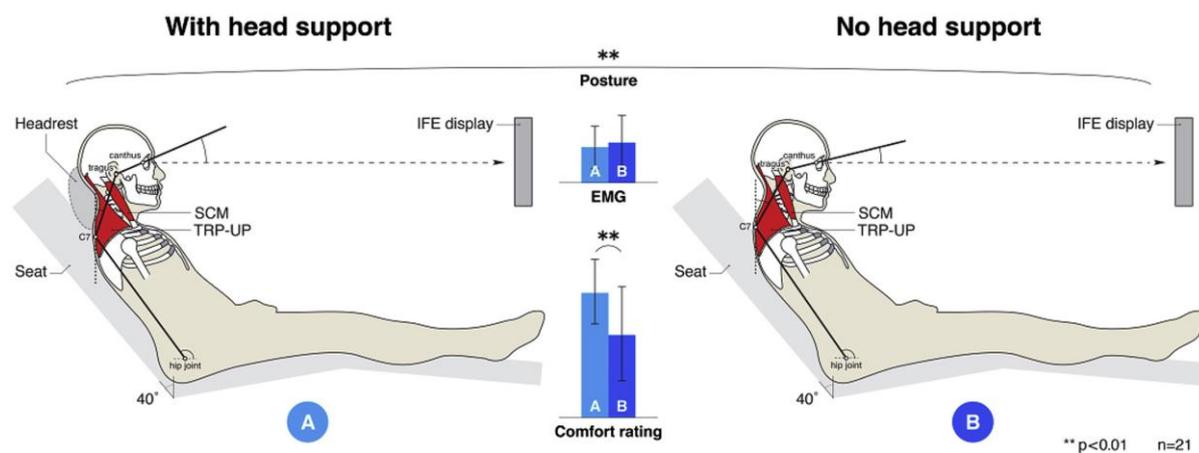


Abbildung 4-21: Vergleich Kopfstütze und ohne Kopfstütze
 Quelle: Smulders et al., 2019

Diese Untersuchungen zeigen, dass eine komfortable Position ermöglicht werden kann, bei der die Sichtlinie des Insassen horizontal ist und dadurch ein besserer Sichtwinkel zum Bildschirm ermöglicht wird.

Damit sind die ergonomischen Eigenschaften des Seatback-Monitors besser, als bei der Nutzwertanalyse angenommen wurde. Im weiteren Verlauf kann bei Sichtuntersuchungen eine horizontale Sichtlinie angenommen werden.

Für die Erarbeitung von Lösungsvarianten werden folgende Bereiche näher betrachtet:

Zum einem wird die genaue Position des Seatback-Monitors betrachtet. Wie die Marktanalyse in Kapitel 2.2.1. zeigt, ist die Positionierung möglich an der Vordersitzlehne, im Sitz und in der Kopfstütze.

Ein weiterer Teilbereich ist die Bewegung und Verstellung des Bildschirms. Der Bildschirm kann fest, höhenverstellbar, mit verstellbarem Neigungswinkel oder herausnehmbar sein. Eine mögliche horizontale Verstellung (Distanz des Bildschirms zum Insassen) sowie die Rotation um die vertikale Achse werden nicht betrachtet. In der vorherigen Untersuchung wurde bereits festgestellt, dass die Erreichbarkeit des Bildschirms nicht zwingend gegeben sein muss, sofern ein Bedienelement vorhanden ist, das jederzeit erreichbar ist. Die Rotation des Bildschirms ist deshalb nicht notwendig, da der Bildschirm durch die Seatback Position bereits zum Insassen zentriert ist, so dass er seinen Kopf oder seine Augen nicht zur Seite bewegen muss.

Der nächste Teilbereich ist die Montierung des Bildschirms. Die Befestigung kann direkt an der Rückseite des Vordersitzes, bündig mit dem Sitz oder an den Kopfstützenstangen erfolgen. Die Kopfstützenstangen-Montierung ist meist in Nachrüstungslösungen zu finden und wird aufgrund der geringen Stabilität als nicht geeignet bewertet.

Der letzte Teilbereich ist die Verstaung des Bildschirms. Es kann keine Verstaumöglichkeit geboten werden oder der Bildschirm ausfahrbar, klappbar oder rollbar sein. Das Aufrollen des Bildschirms wird durch ein flexibles OLED-Display ermöglicht. Es wurde gegen einen ausfahrbaren oder klappbaren Bildschirm entschieden. Dass der Bildschirm, wenn er nicht benutzt wird, nicht sichtbar ist, bringt nur einen geringen Mehrwert. Dem gegenüber stehen erhöhte Kosten und begrenzte Verstellmöglichkeiten.

Mithilfe eines morphologischen Kastens wurden die Teillösungen kombiniert und Prinzip-Lösungen erstellt. Der morphologische Kasten ist in Anhang D zu sehen.

Konzept 1 (Seatback Monitor) ist die am häufigsten in Fahrzeugen zu findende Variante und bietet nur die Verstellung des Neigungswinkels. Konzept 2 (Seatback abnehmbar) bietet die größte Flexibilität durch ein abnehmbares Tablet und ermöglicht die Nutzung in jeder Sitzposition. Konzept 3 (Seatback flexibel) ist die Lösung, die in Kapitel 4.1.1 (S. 50) vorgestellt wurde. Sie bietet gegenüber Konzept 1 zusätzliche Verstellmöglichkeiten, um die optimale Sicht in jeder Sitzposition zu gewährleisten. Konzept 4 (Seatback integriert) nutzt die gesamte Fläche der Rückseite der Lehne als Bildschirm. Konzept 5 (Kopfstützenmonitor) nutzt den Bauraum in der Kopfstütze. Konzept 6 (flexibles OLED) nutzt eine innovative Technologie und bietet so die Möglichkeit zum Verstauen und zur flexiblen Nutzung des Displays.

Für die Auswahl des besten Konzepts wird die Evaluationsmatrix angewendet. Die Evaluationsmatrix für das Bildschirmkonzept ist in Anhang E zu sehen.

Die Kriterien, die bei der Nutzwertanalyse berücksichtigt werden, sind Ergonomie, Packaging, Komplexität, Sicherheit, Robustheit, Komfort und Innovationsgrad. Die Erläuterungen zu den Kriterien kann den Seiten 64-65 entnommen werden.

Für die Untersuchung der Ergonomie werden die Sichtlinien des 95. Perzentil Mann und 5. Perzentil Frau betrachtet (Abbildung 4-22). Zudem sind die Positionen der Bildschirmvarianten dargestellt: für den aufrechten Vordersitz sowie in der Zero Gravity Position. Die gelbe Fläche stellt den Kopfstützenmonitor, die grüne Fläche den im Sitz integrierten Bildschirm und die blaue Fläche den Seatback Monitor dar.

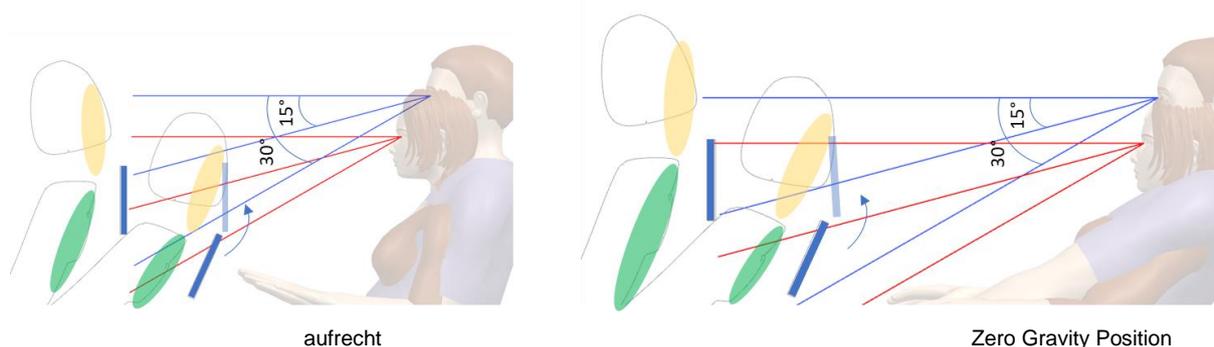


Abbildung 4-22: Sichtlinien 95M und 5F

Quelle: Eigene Darstellung

Die Position der Bildschirme wurden nach folgenden Kriterien bewertet. Ist der Bildschirm im Bereich der 15°-Linie wird sie mit „gut“ bewertet. Ist der Bildschirm im Bereich der 30°-Linie wird sie mit „mittel“ bewertet. Liegt der Bildschirm außerhalb der 30°-Linie wird sie mit „schlecht“ bewertet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4-6 zu sehen.

	Seatback 95M	Seatback 5F	Kopfstütze 95M	Kopfstütze 5F	integriert 95M	integriert 95M
	gut	gut	gut	mittel	mittel	gut
	gut	gut	mittel	schlecht	gut	gut
	schlecht	schlecht	gut	gut	schlecht	schlecht
	mittel	mittel	gut	mittel	mittel	gut

Tabelle 4-6: Sichtuntersuchung

Quelle: Eigene Darstellung

Der in den Sitz integrierte Monitor bietet aufgrund der tiefen Position eine gute Sicht, wenn der Vordersitz aufrecht ist, und eine ungünstige Sicht, wenn der Vordersitz in die Liegeposition fährt. Das Seatback-Konzept besitzt ähnliche Eigenschaften und hat ebenfalls einen großen Nachteil, wenn der Vordersitz in der Liegeposition ist.

Der Kopfstützenmonitor bietet aufgrund der hohen Position auch bei einer Liegeposition des Vordersitzes eine gute Sicht. Jedoch ist der Bildschirm für das 5. Perzentil Frau etwas zu hoch. In Abbildung 4-22 sieht man, dass ein flexibler Seatback Monitor die Schwächen kompensieren kann. Dieser erhält deshalb in der Nutzwertanalyse die höchste Punktzahl bei der Ergonomie.

Der genaue Platzbedarf des Konzepts 6 ist aufgrund der neuen Technologie unbekannt. Es muss die Dicke im aufgerollten Zustand untersucht werden und der benötigte Bauraum für Komponenten für den Aufrollmechanismus. Ein Beispielkonzept (Abbildung 4-23) zeigt einen hohen Platzbedarf und die Notwendigkeit der Modifikation der Vordersitzlehne.



Abbildung 4-23: LG flexible OLED

Quelle: LG Display

Konzept 5 und 4 haben einen großen Einfluss auf das Sitzpackage, da diese im Inneren des Sitzes integriert werden müssen. Es muss untersucht werden, ob der Bauraum im Inneren des Sitzes bzw. Kopfstütze vorhanden ist. Die Konzepte 1,2 und 3 werden auf die gleiche Art und Weise an der Rückseite des Vordersitzes positioniert und haben ebenfalls einen Einfluss auf das Sitzpackage, da Teile für die Anbindung an den Sitz benötigt werden.

Konzept 6 wird aufgrund der neuen und relativ unbekanntem Technologie sowie des aufwendigen Mechanismus als komplex eingestuft. Um die Bewegung des Bildschirms zu ermöglichen, benötigt Konzept 3 ebenfalls einen aufwendigen Mechanismus, was auch Auswirkungen auf die Kosten hat. Die Konzepte 4 und 5 benötigen einen relativ aufwendigen Einbau aufgrund der Integration in den Sitz. Dies könnte auch bei einem späteren und möglichen Austausch und bei der Wartung des Bildschirms problematisch werden. Die Konzepte 1 und 2 haben einen relativ einfachen Einbau. Konzept 2 ist etwas komplizierter aufgrund des abnehmbaren Tablets.

Die geringste Sicherheit hat Konzept 2, da die Gefahr besteht, dass das Tablet bei einem Crash zu einem Projektil wird. Konzept 3 hat ebenfalls eine geringe Sicherheit, da eine erhöhte Gefahr des Aufpralls mit dem Insassen besteht, wenn der Bildschirm in der ausgestreckten Position ist. Konzept 4 und 5 haben keine herausragenden Teile und Kanten, da diese nahtlos integriert werden können. Das Konzept 6 hat ein weiches und nachgiebiges Display und kann zudem verstaut werden, wenn es nicht in Benutzung ist und hat dementsprechend eine hohe Sicherheit.

Die Konzepte 4 und 5 haben aufgrund der festen Integration die höchste Punktzahl bei der Robustheit. Die geringste Robustheit hat dabei das Konzept 6. Es muss untersucht werden, wie das flexible Display in Position gehalten werden kann. Auch das Konzept 3 stellt aufgrund der Beweglichkeit des Bildschirms und des evtl. langen Hebelarms ein Problem bei der Sicherstellung der Robustheit dar. Bei Konzept 2 muss die sichere Halterung des Tablets gewährleistet werden.

Den geringsten Komfort bietet Konzept 5 aufgrund der begrenzten Bildschirmgröße durch die Kopfstütze und den begrenzten Verstellungsmöglichkeiten. Konzept 4 hat ebenfalls keine Verstellungsmöglichkeiten aufgrund der festen Integration; dafür kann die gesamte Fläche der Lehne als Bildschirm genutzt werden.

Konzept 6 hat ebenfalls begrenzte Verstellmöglichkeiten. Zudem muss untersucht werden, wie schnell das Display ausgerollt werden kann und wie schnell der Bildschirm für die Nutzung zur Verfügung steht. Wenige Verstellmöglichkeiten bietet Konzept 1. Hier ist jedoch ein großer Bildschirm möglich, welcher stets sichtbar ist. Konzept 2 bietet zusätzlich die Möglichkeit, den Bildschirm in die Hand zu nehmen und in jeder Sitzposition zu bedienen. Das Halten des Bildschirms kann jedoch auf Dauer ermüdend sein. Konzept 3 bietet gegenüber Konzept 1 flexiblere Verstellmöglichkeiten.

Insgesamt erreicht Konzept 3 (Seatback flexibel) die höchste Punktzahl und wird als Bildschirmkonzept ausgewählt. Im Folgenden werden die zwei Möglichkeiten zur Umsetzung eines flexiblen Seatback-Monitors aus Kapitel 4.1.1 (S. 50, Abb. 4-1) betrachtet.

Ein erster Entwurf mit den Positionen der Bildschirme und den Sichtlinien der Insassen (95M und 5F) ist in Abbildung 4-24 dargestellt. Die blauen Kurven stellen die Sichtlinien des 95M und die roten Kurven die Sichtlinien des 5F dar. Die orangenen Kurven stellen das Konzept mit der Höhenverstellung über Führungsschienen und die grünen Kurven das Konzept mit dem Schwenkarm dar.

Die Entwürfe zeigen, dass das Ziel in jeder Sitzposition (insbesondere die Vordersitzposition) den Bildschirm im Bereich des akzeptablen Sichtbereichs positionieren zu können, erreicht werden kann.

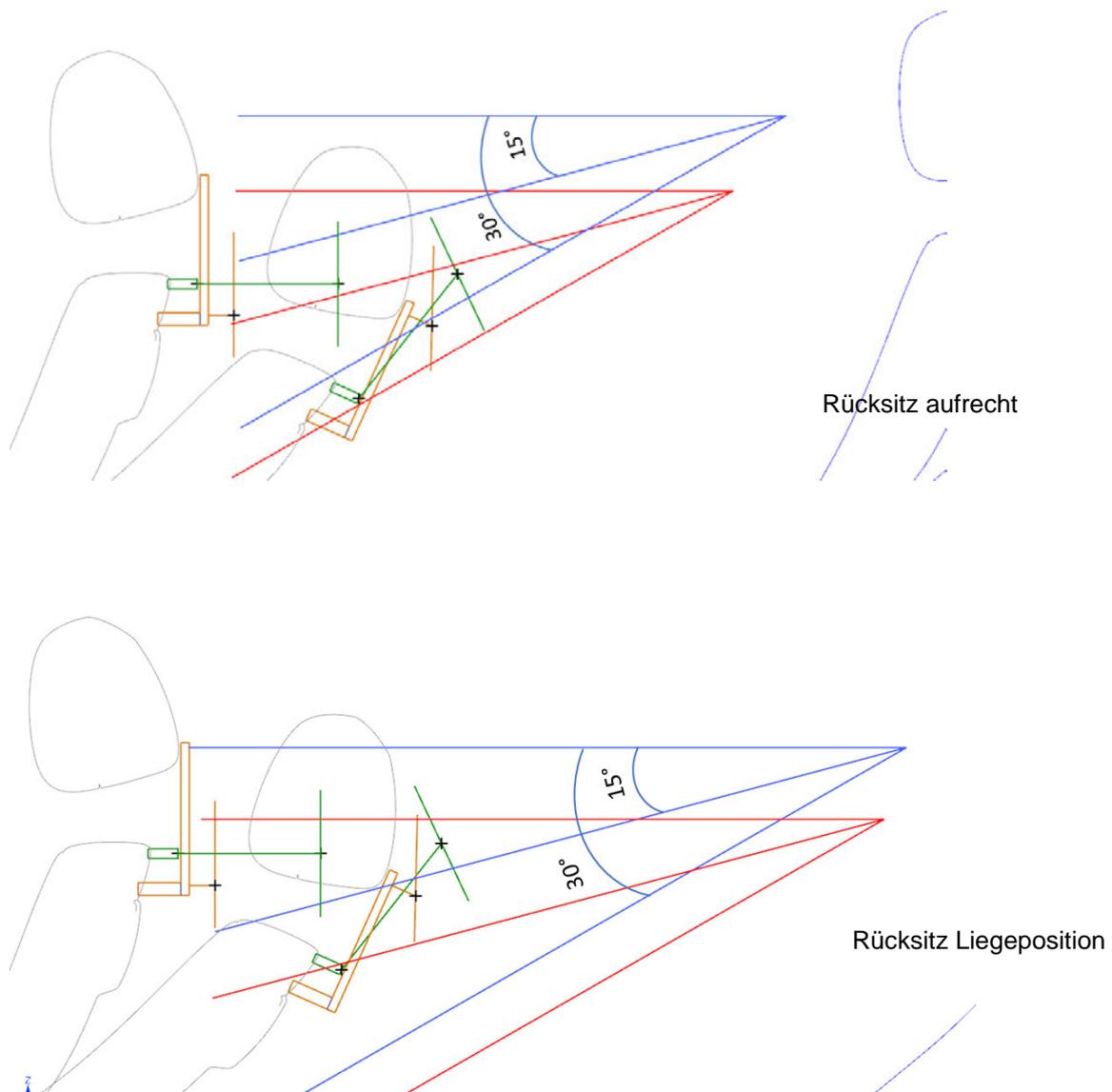


Abbildung 4-24: Entwürfe Seatback flexibel

Quelle: Eigene Darstellung

Das Schwenkarm-Konzept hat jedoch einige Nachteile gegenüber dem Schienen-Konzept. Zum einen entsteht in der ausgestreckten Position ein längerer Hebelarm (horizontaler Abstand vom Bildschirm zum Sitz) von etwa 200mm. Es wird dadurch schwieriger, die Stabilität zu gewährleisten. Es muss verhindert werden, dass der Bildschirm von selbst nach unten rutscht. Dies hat jedoch zur Folge, dass ein hoher Kraftaufwand erforderlich ist, um den Bildschirm zu verstellen und die optimale Position für den Insassen zu finden. Zudem kann es in bestimmten Positionen dazu führen, dass, wenn der Vordersitz in die Liegeposition fährt, eine Kollision des Bildschirms mit dem Oberschenkel des Insassen oder dem Klappstisch stattfindet (Abbildung 4-25).

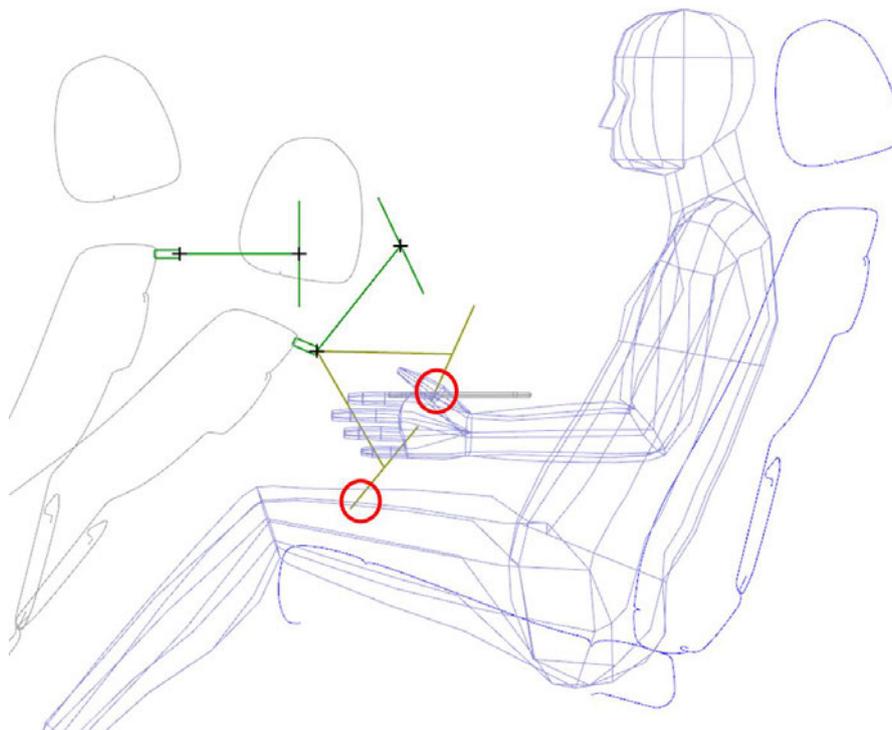


Abbildung 4-25: Untersuchung Schwenkarm Konzept

Quelle: Eigene Darstellung

Die hohe Verstellbarkeit des Schwenkarms führt zu höheren Kosten für Einzelteile und macht das Konzept komplexer. Dadurch, dass der Bildschirm näher am Insassen ist, ist die Gefahr eines Kopfaufpralls mit dem Bildschirm höher, da der Kopf bei einem Crash in Richtung Knie bewegt wird (Gereben & Swenson, 2020). Aufgrund der Nachteile des Schwenkarm-Konzepts wird das Schienenkonzept für die Umsetzung des flexiblen Seatback-Monitors ausgewählt.

4.4.2 Bedienung

Für die Auswahl der Lösung für das Bedienelement werden ebenfalls mithilfe des morphologischen Kastens verschiedene Teillösungen zu einer Prinzip-Lösung kombiniert. Anschließend wird mithilfe der Nutzwertanalyse das beste Konzept ausgewählt. Der morphologische Kasten ist in Anhang F dargestellt.

Konzept 1 (Touchdisplay fest) ist die standardmäßige Mittelkonsolenbedienung, die in Fahrzeugen zu finden ist. Konzept 2 (Tablet entnehmbar) ist ein Bedienelement in der Mittelkonsole, welches flexibel in jeder Position benutzt werden kann und flach in die Mittelkonsole integriert ist. Diese Variante ist häufig bei Wettbewerbern (S-Klasse, 7er, A8, etc.) zu finden. Die Variante, die bei den Vordersitzen des HCC21 zum Einsatz kommt, entspricht Konzept 3 (Touchdisplay ausfahrbar). Wenn das Bedienelement nicht in Benutzung ist, bleibt die Oberfläche der Mittelkonsole frei und ohne störende Elemente. Da eine verfahrenende Armauflage wie vorne nicht realisierbar ist, weil hinten aufgrund des Kofferraums kein Platz vorhanden ist, ist die einzige Möglichkeit eine starre Armauflage mit einem Durchbruch auf der Oberseite. Konzept 4 ist ein innovatives Konzept, das die Technologie des flexiblen OLED-Displays nutzt. Das Display kann angehoben werden für eine bessere Sicht und wenn es nicht in Benutzung ist abgesenkt werden, sodass es nicht die Armlehne blockiert. Konzept 5 nutzt die Technologie des Smart Surface. Dabei werden in verschiedene Oberflächen des Fahrzeugs berührungsempfindliche Bedienelemente und Anzeigen integriert. So kann die gesamte Fläche der Armlehne als Bedienelement genutzt werden, und es ist kein zusätzliches Element notwendig. Mechanische Knöpfe werden für die Bedienung nicht berücksichtigt, um die Konzeptanforderungen zu erfüllen und ein konsistentes und digitales Bedienkonzept vorne und hinten zu erreichen.

Für die Nutzwertanalyse werden folgende Kriterien berücksichtigt: Komfort, Ergonomie, Package, Robustheit, Komplexität und Innovationsgrad. Die Erläuterungen zu den Kriterien kann auf den Seiten 64-65 entnommen werden. Die Evaluationsmatrix ist in Anhang G zu sehen.

Die besten ergonomischen Eigenschaften besitzt das herausnehmbare Tablet, da es nicht an eine feste Position gebunden ist und in jeder Position bedient werden kann.

Bei allen Konzepten ist die Erreichbarkeit aufgrund des Mittelkonsolendesigns ungünstig. Zum Bedienen muss insbesondere das 95. Perzentil Mann seinen Arm nach hinten anwinkeln. Die flache Integration des Bedienelements (ausgenommen Konzept 3 und 4) führen zu einem ungünstigen Sichtwinkel.

Das Smart Surface-Konzept ist noch relativ neu und unbekannt. Die bereits vorhandenen Prototypen zeigen eine begrenzte Darstellung von Informationen und Bedienmöglichkeiten. Der dargestellte Funktionsvolumen ist begrenzt und kann ein Touchdisplay nicht gleichwertig ersetzen. Zudem können die Touchempfindlichkeit sowie das ungewollte Berühren von Bedienelementen problematisch sein. Der Bedienkomfort wird als gering eingeschätzt. Konzept 3 hat den geringsten Komfort, da zum einen der Durchbruch zum Ausfahren des Bedienelements frei bleiben muss und zum anderen das Bedienelement die Armlehne blockiert. Aus diesem Grund ist dieses Konzept auch für die Vordersitze keine langfristige Lösung für Fahrer und Beifahrer (Feill & Kreuziger, 2020). Des Weiteren soll der Großteil der Bedienung des Hauptbildschirms über das Bedienelement erfolgen und muss daher stets erreichbar und sichtbar sein. Den besten Komfort bietet das herausnehmbare Tablet aufgrund der Flexibilität.

Den größten Einfluss auf das Mittelkonsolenpackage hat Konzept 3, da es in die Mittelkonsole einfährt. Zudem wird zusätzlicher Bauraum für den Mechanismus benötigt. Da auch ein Klapp Tisch in der Mittelkonsole berücksichtigt werden muss, ist der Bauraum zusätzlich begrenzt. Das Smart Surface-Konzept benötigt keine weiteren Komponenten und hat damit keinen Einfluss auf das Package.

Das feste Touchdisplay und die Smart Surface sind fest integriert und bieten deshalb die höchste Stabilität. Bei Konzept 2 stellt die sichere Halterung des Tablets eine besondere Aufgabe dar. Die komplexeste Aufgabenstellung stellen Konzept 3 und 4 im ausgefahrenen Zustand dar. Insbesondere die Stabilität des nachgiebigen und flexiblen OLED Displays muss sichergestellt werden.

Die Komplexität des Konzepts 1 ist gering. Einzig die Integration in die Mittelkonsole stellt ein Problem dar. Bei Konzept 2 muss zusätzlich die Tablet-Aufnahme und Entriegelung untersucht werden. Bei Konzept 3 entstehen ein Aufwand und zusätzliche Kosten durch die Kinematik und den Ausfahrmechanismus.

Zudem müssen die Mittelkonsole modifiziert und ein Durchbruch für das Bedienelement berücksichtigt werden. Konzept 4 und 5 nutzen neue Technologien, die noch relativ unbekannt sind. Die Kosten werden dementsprechend als hoch eingeschätzt.

Insgesamt erreicht Konzept 2, das entnehmbare Tablet, die höchste Punktzahl und wird im weiteren Schritt umgesetzt.

Im Folgenden wird die Positionierung des Bedienelements untersucht. Wie zuvor erwähnt, führt die Position im Bereich der Armlehne zu einer ungünstigen Erreichbarkeit (Abbildung 4-26). Eine Positionierung vor der Armlehne würde dieses Problem reduzieren.

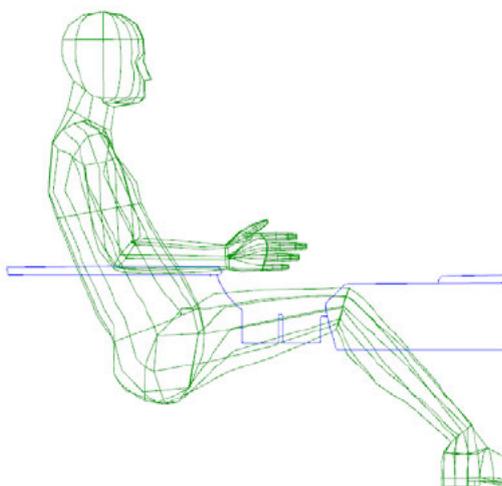


Abbildung 4-26: Position Armlehne

Quelle: Eigene Darstellung

Eine Positionierung vor der Armlehne gestaltet sich aufgrund der Cupholder jedoch als schwierig. Ein Beispiel für die Positionierung vor der Armlehne ist in Abbildung 4-27 dargestellt.

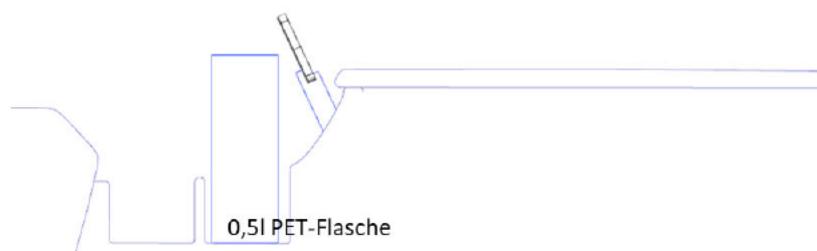


Abbildung 4-27: Positionierung Bedienelement

Quelle: Eigene Darstellung

Man erkennt, dass der Zugang zum hinteren Cupholder erschwert wird und das Bedienelement zu nah an der Vorderkante der Armlehne ist. Zudem ist das Bedienelement für den Arm des Insassen störend. Eine Möglichkeit, das Problem zu lösen, wäre die Armlehne zu verkürzen und die Vorderkante nach hinten zu verschieben. Dies hätte allerdings zur Folge, dass zum Öffnen der Armlehne der Ellenbogen noch weiter nach hinten bewegt werden müsste als zuvor. Zudem würde sich auch die Position des Klapptischs nach hinten verschieben und zu nah am Körper des Insassen sein. Eine Positionierung des Bedienelements vor den Cupholdern wäre zu weit weg vom Insassen und ohne Oberkörperbewegung nicht erreichbar. Deshalb ist die einzige Option die flache Integration in die Armlehne. Für aufwendigere Bedienungen kann das Bedienelement vom Insassen komfortabel in die Hand genommen werden. Für kurze Bedienungen, die nur 1 bis 2 Knopfdrücke erfordern, wäre es umständlich, jedes Mal das Tablet in die Hand zu nehmen. Als Ergänzung soll deshalb eine Türbedienung dienen, welche eine bessere Erreichbarkeit in einer aufrechten Position des Insassen bietet (siehe Kapitel 4.1.2 und Kapitel 3.3, Abb. 3-16). Ist der Insasse in einer Liegeposition, kann er die Mittelkonsolenbedienung benutzen, die in einer Liegeposition besser erreichbar ist. Zudem löst die Türbedienung zwei weitere Probleme.

Zum einen kann das Bedienelement in der Mittelkonsole nur von einem Insassen zurzeit benutzt werden. Durch die Türbedienung steht jedem Insassen ein Bedienelement jederzeit zur Verfügung. Zum anderen kann das Bedienelement durch den Arm des Insassen blockiert werden, was den anderen Insassen den Zugriff auf das Bedienelement erschwert. Ein Beispiel einer Türbedienung ist in Abbildung 4-28 zu sehen.



Abbildung 4-28: 5,5 Zoll Türbedienung

Quelle: BMW

4.4.3 Klapptisch

Zunächst wird der verfügbare Bauraum untersucht. Der verfügbare Bauraum in der Mittelkonsole wurde bereits in Kapitel 4.1.3 (S.56) untersucht.

Ein weiterer möglicher Einbauort ist zwischen Sitz und Mittelkonsole. Abbildung 4-29 zeigt jedoch, dass nur ein Zwischenraum von 31mm verfügbar und somit als Einbauort nicht geeignet ist.

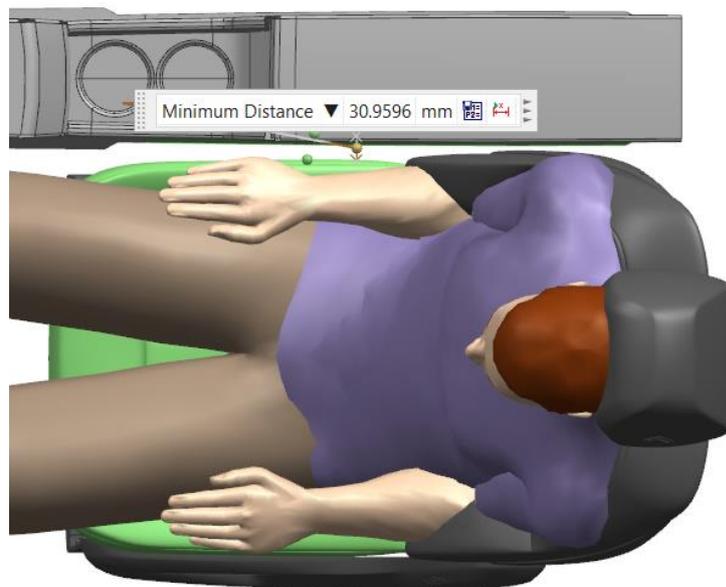


Abbildung 4-29: Bauraumuntersuchung Klapptisch

Quelle: Eigene Darstellung

Für die Umsetzung des Klapptisches werden 2 verschiedene Lösungen betrachtet. Die Lösung 1 ist in Abbildung 4-30 zu sehen.

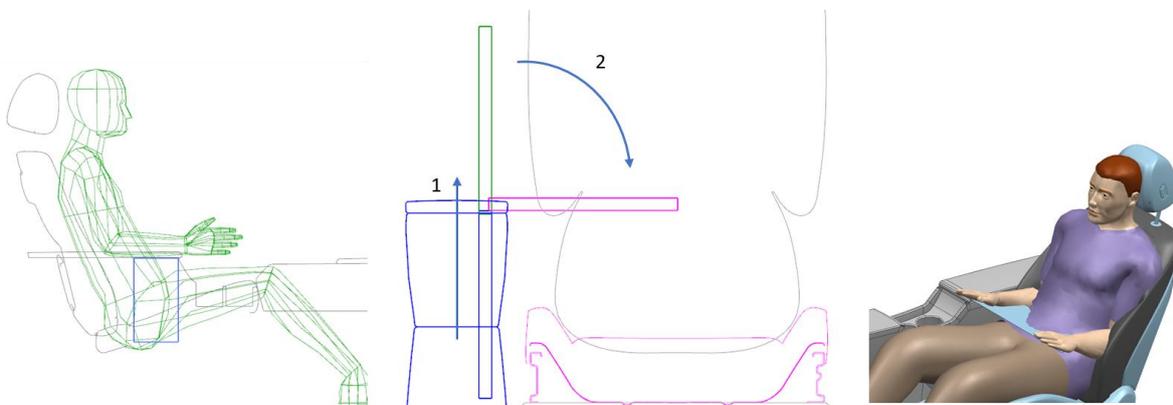


Abbildung 4-30: Klapptisch Lösung 1

Quelle: Eigene Darstellung

Der Tisch wird zunächst linear nach oben in Z-Richtung geschoben und anschließend um 90° zur Seite um die X-Achse geklappt. Die Position führt jedoch dazu, dass der Tisch zu nah am Oberkörper des Insassen ist.

Die Lösung 2 ist in Abbildung 4-31 zu sehen.

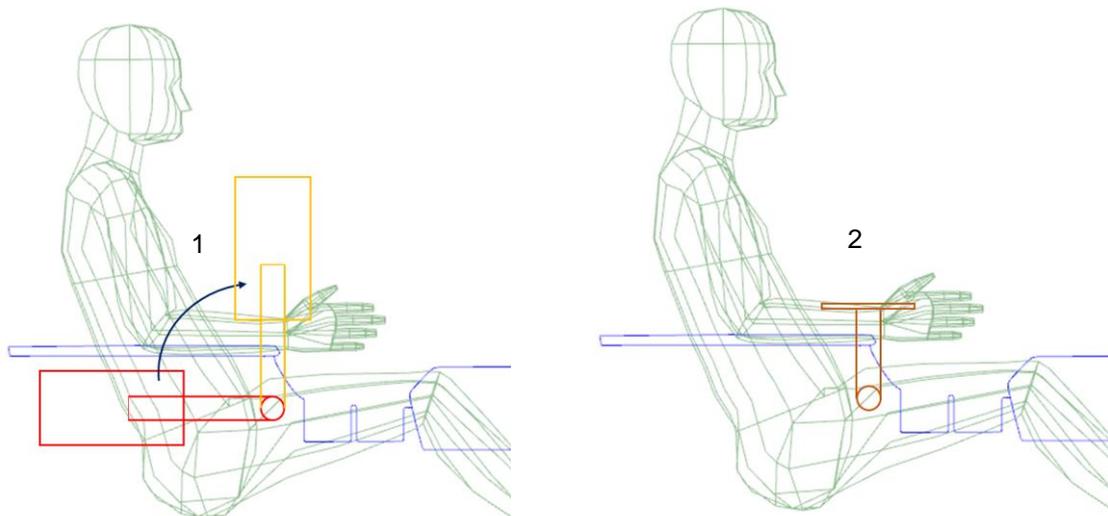


Abbildung 4-31: Klappstisch Lösung 2

Quelle: Eigene Darstellung

Der Tisch ist rotatorisch um einen Punkt im Inneren der Mittelkonsole gelagert. Der Tisch wird zunächst um 90° um die Y-Achse rotiert. Anschließend wird der Tisch um 90° zur Seite um die X-Achse geklappt. Um dieses Konzept umzusetzen, benötigt die Mittelkonsole einen Durchbruch für den Tischarm, da es eine Überschneidung mit der Mittelkonsole gibt. Da Lösung 1 nicht realisierbar ist, wird Lösung 2 ausgewählt.

5 Konzeptentwicklung

Im Folgenden werden die Konzepte für die Teilbereiche, die in Kapitel 4 ausgewählt wurden, detailliert, umgesetzt und konstruiert.

5.1 Bildschirm

In Abbildung 5-1 ist ein erster Konzeptschnitt zu sehen. Die Bildschirmeinheit besteht aus dem Bildschirm selbst, der Monitorhalterung mit der Führungsschiene und dem Führungsprofil, entlang welchem der Bildschirm verstellt wird, sowie die Sitzanbindung.

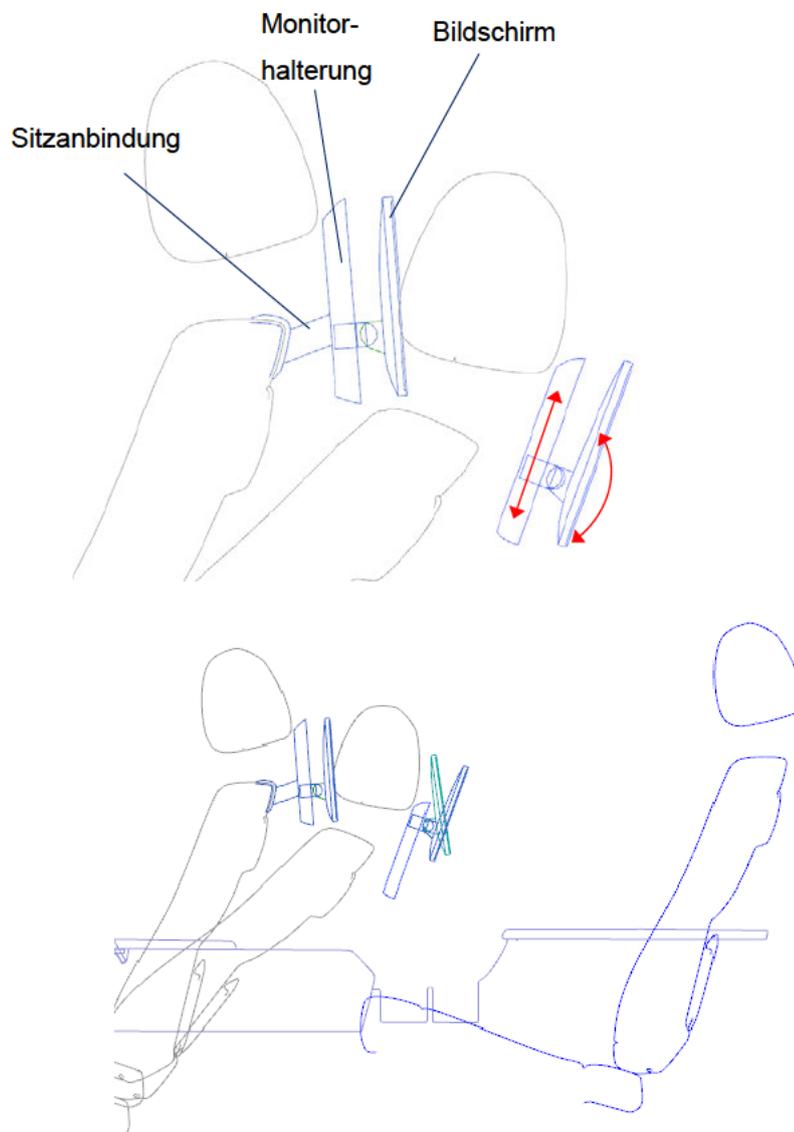


Abbildung 5-1: Konzeptschnitt Bildschirm

Quelle: Eigene Darstellung

Für die genaue Positionierung des Bildschirms dient als Referenz ein Mercedes-Benz S-Klasse Langversion. Das bereits bekannte Maß ist die Sitzhöhe der zweiten Sitzreihe (H30-2). Bekannt ist zudem die Körpergröße und damit das Perzentil der für die Messung im Fahrzeug sitzenden Person. Gemessen wurden die Distanz von den Augen zum Bildschirm und die Distanzen jeweils vom Fahrzeugboden zum oberen und unteren Rand des Monitors (Abbildung 5-2). Der Vordersitz befand sich dabei in einer „Normalposition“.



Abbildung 5-2: RSE S-Klasse Langversion

Quelle: Eigene Darstellung

Anhand der ermittelten Maße wird die Situation im CAD mit Manikins nachgebildet (Abbildung 5-3).

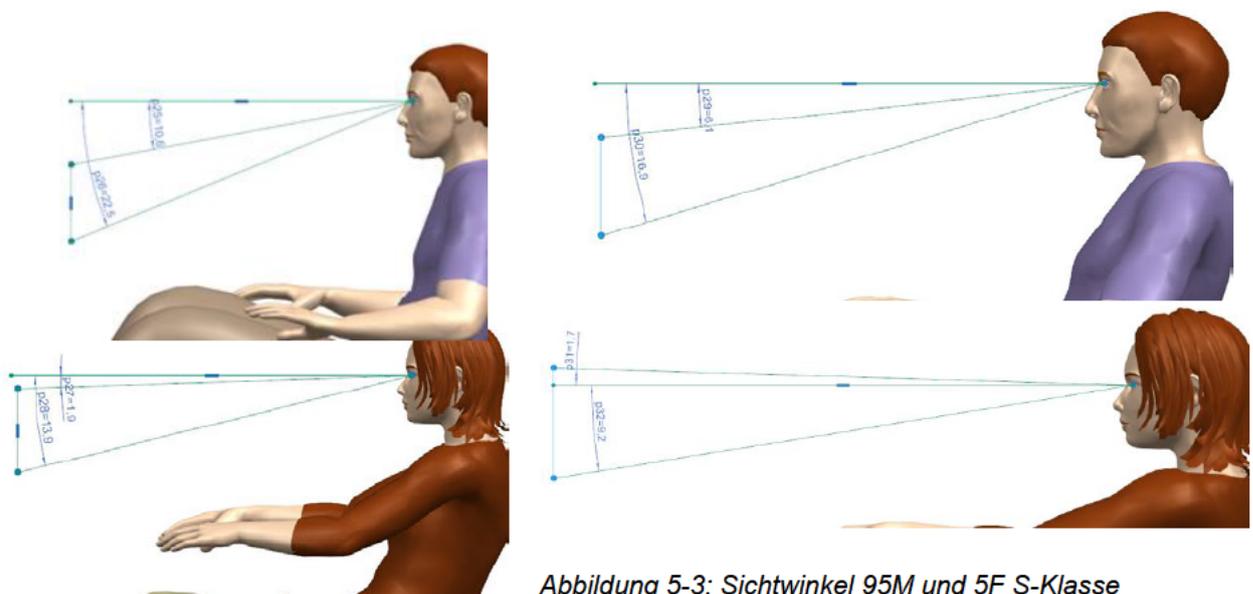


Abbildung 5-3: Sichtwinkel 95M und 5F S-Klasse

Quelle: Eigene Darstellung

Für das 95. Perzentil Mann und 5. Perzentil Frau werden die Winkel zwischen der normalen Sichtlinie und des oberen und unteren Bildschirmrands sowie der Bildschirmmitte gemessen. Eine Übersicht über die ermittelten Werte ist in Tabelle 5-1 dargestellt.

	Oberer Rand / Bildschirmmitte / unterer Rand
	S-Klasse RSE
95M aufrecht (25°)	-10,6° / -16,7° / -22,5°
5F aufrecht (25°)	-1,9° / -8° / -13,9°
5M aufrecht (25°)	-6,4° / -18,8°
95M max. Lehnenneigung S-Klasse (43,5°)	-6,1° / -11,6° / -16,9°
5F max. Lehnenneigung S-Klasse (43,5°)	+1,7° / -5,5° / -9,2°

Tabelle 5-1: Sichtwinkel 95M und 5F S-Klasse

Quelle: Eigene Darstellung

Mit den ermittelten Referenzwerten kann die Positionierung des Monitors im HCC21 erfolgen. Auffällig ist, dass die ermittelten Werte die optimalen Sichtwinkel entsprechen, die bei der Ergonomieuntersuchung in Kapitel 3.3 ermittelt wurden. Ein Winkel von 30° unterhalb der normalen Sichtlinie wird nicht überschritten.

Im nächsten Schritt muss zunächst die Bildschirmgröße definiert werden. Hierfür können die in Kapitel 3.3 (S.40) erläuterten THX- und SMPTE-Normen angewendet werden, die die maximale Bildschirmdistanz in Abhängigkeit von der Bildschirmgröße vorgeben. Dazu muss die ungefähre horizontale Distanz der Augen des Insassen zum Bildschirm ermittelt werden. Eine Übersicht über die Abstände ist in Tabelle 5-2 dargestellt.

		5F	95M
	Normalposition	622mm	559mm
	Größte Distanz	750,7mm	776,7mm
	Kleinste Distanz	327mm	390mm

Tabelle 5-2: Abstände zwischen Auge und Bildschirm

Quelle: Eigene Darstellung

Für die Bildschirmgröße wird ein 15,6 Zoll großer Bildschirm gewählt. Für einen 15,6 Zoll großen Bildschirm gelten folgende Betrachtungsabstände:

- THX max. empfohlener Betrachtungsabstand: 532mm
- THX max. zulässiger Betrachtungsabstand: 748mm
- SMPTE max. empfohlener Betrachtungsabstand: 645mm
- Minimale Distanz: 240mm

In der Normalposition wird die SMPTE-Norm sowie der laut THX max. zulässige Abstand erfüllt. Bei der kleinstmöglichen Distanz zum Bildschirm wird auch der von der THX max. empfohlene Abstand erfüllt. Bei der größtmöglichen Distanz zum Bildschirm wird jedoch selbst der laut THX max. zulässige Abstand nicht erfüllt. Dennoch wird kein größerer Bildschirm für das Konzept ausgewählt. Zum einem wurde in der Markanalyse in Kapitel 2.2.1 festgestellt, dass der größte Seatback Monitor, der bei Wettbewerbern zu finden ist, 12,6 Zoll groß ist. Mit 15,6 Zoll bietet man bereits einen deutlich größeren Bildschirm als der Wettbewerb. Größere RSE-Bildschirme findet man in der Form von Overhead-Monitoren. Diese können jedoch im Gegensatz zu Seatback-Monitoren eingeklappt werden, sodass diese nicht permanent die Sicht blockieren. Zudem werden diese anders montiert als Seatback-Monitore. Ein größerer Bildschirm hat zudem einen Einfluss auf die Kosten und das Gewicht. Die Robustheit und Stabilität des Bildschirms zu gewährleisten, wird schwieriger. Ein weiterer Aspekt ist die Motion Sickness. In Kapitel 3.3 (S.41) wurde festgestellt, dass ein großer Bildschirm die Sicht nach außen blockiert und so Motion Sickness hervorrufen kann. Hier fehlen jedoch konkrete Daten, ab welcher Bildschirmgröße und in welchem Maß die Motion Sickness entsteht. Hier müssten im nächsten Schritt Probandenversuche durchgeführt werden, um eine bessere Kenntnis über das Phänomen zu gewinnen. Zuletzt würde ein größerer Bildschirm bedeuten, dass die Differenz zwischen dem minimal zulässigen Abstand zwischen Auge und Bildschirm und dem tatsächlichen kleinsten Abstand (bei der Konfiguration vorne Liegeposition, hinten aufrecht) kleiner wird, was unkomfortabel für den Insassen sein kann.

Abbildung 5-4 zeigt die Bildschirmeinheit in 3D in der Fahrzeugumgebung. Wie zuvor erwähnt, besteht die Bildschirmeinheit aus dem Bildschirm, die Bildschirmhalterung und der Sitzanbindung. Der Displayrand wurde möglichst klein gehalten, um eine möglichst große Screen-to-Body Ratio zu erreichen.

Dadurch wird die Displaygröße maximiert und gleichzeitig der Rahmen bzw. das Gehäuse möglichst klein gehalten. Die Dicke des Bildschirms beträgt 19,6mm. Am oberen Rand des Bildschirms ist Platz für eine Kamera, die die Videotelefonie oder eine Gesichtserkennung möglich macht. Am unteren Rand ist Platz für eine Touchscreen-Leiste separat vom Bildschirm. Näheres dazu wird in Kapitel 5.2 erläutert. Am Backpanel des Bildschirms befindet sich ein Gelenk, das die Verstellung des Neigungswinkels ermöglicht, sowie das Element, das entlang der Führungsschiene bewegt wird und so die Höhenverstellung ermöglicht. In die Bildschirmhalterung ist das Führungsprofil eingeprägt. Über die Führungsschiene wird die Verbindung mit dem Bildschirm hergestellt und ermöglicht gleichzeitig die Höhenverstellung.

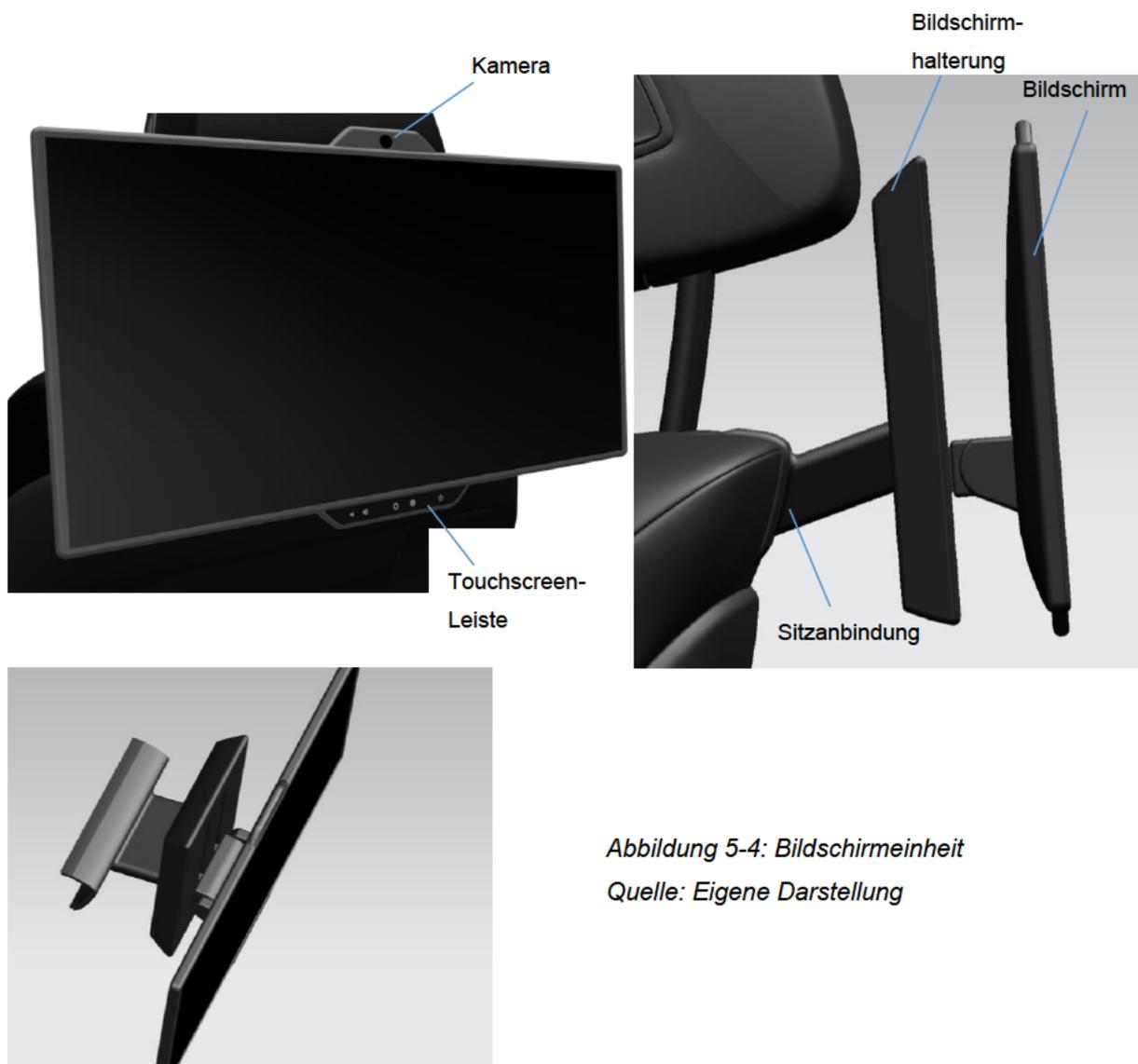


Abbildung 5-4: Bildschirmeinheit

Quelle: Eigene Darstellung

Die Führungsschiene ist im Detail in Abbildung 5-5 abgebildet. Es ist auch eine Schnittdarstellung zu sehen, bei der von oben auf die Bildschirmhalterung geblickt wird. Die Führungsschiene ermöglicht eine Höhenverstellung um 176mm.

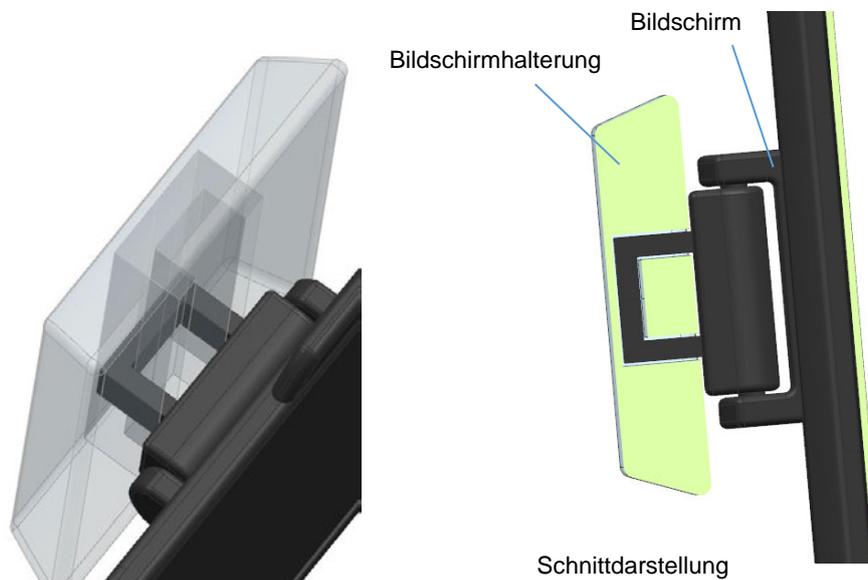


Abbildung 5-5: Führungsschiene

Quelle: Eigene Darstellung

Wie in Kapitel 4.4.1 ermittelt, kann ein Nackenkissen helfen, den Kopf des Insassen in eine für die Sicht auf den Bildschirm komfortable Position zu stützen. Im weiteren Schritt muss die Befestigung des Nackenkissens am Sitz detailliert werden. Da 95M und 5F unterschiedliche Kopfpositionen haben, sollte auch eine Höhenverstellung des Nackenkissens ermöglicht werden. Ob die Sicht auf den Bildschirm durch das Nackenkissen tatsächlich komfortabler ist, sollte durch Probandenversuche abgesichert werden. Das Nackenkissen ist in Abbildung 5-6 dargestellt.

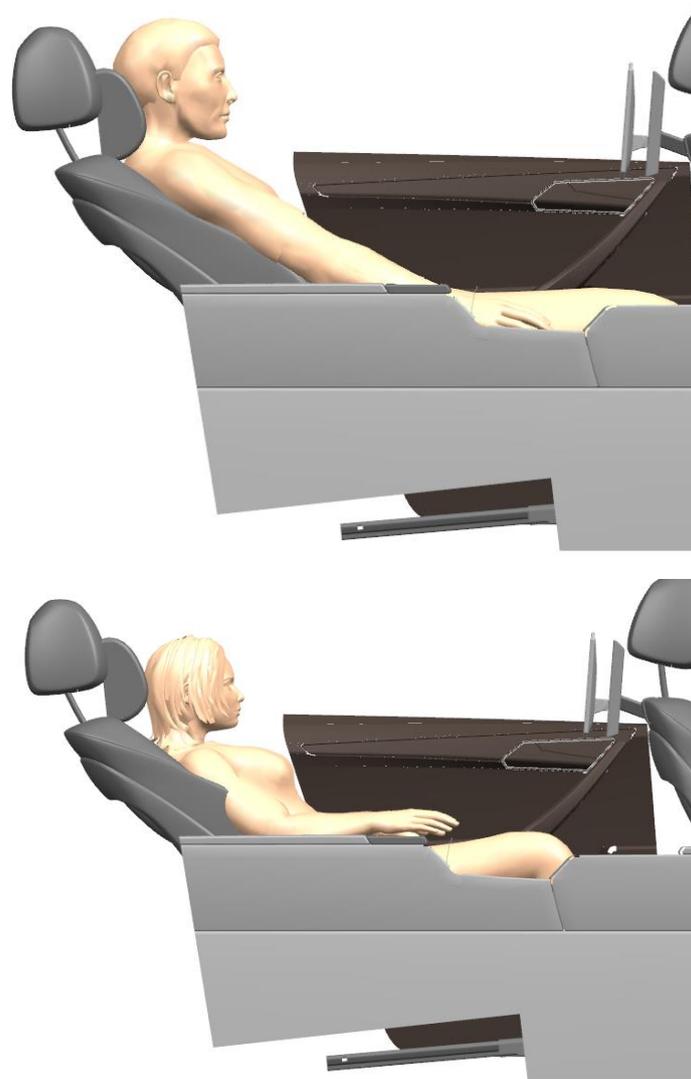


Abbildung 5-6: Nackenkissen 95M & 5F

Quelle: Eigene Darstellung

Die Sitzanbindung wird ermöglicht über eine Kunststoff-Einbettung in das Sitzpolster. Die detaillierte Verbindung mit der Sitzstruktur wurde hier nicht betrachtet. Das Sitzmodell liegt nur als Scan vor; Informationen über die Sitzstruktur fehlen.

Abbildung 5-7 stellt die höchste und niedrigste mögliche Position des Bildschirms dar und zeigt, dass der Bildschirm entsprechend der Sitzposition verstellt werden kann, sodass eine gute Sicht auf den Bildschirm gewährleistet ist. Allerdings ist die Sicht für das 5. Perzentil Frau nicht optimal, wenn sie in der Liegeposition ist, und der Vordersitz aufrecht ist. Auch in der tiefsten Position liegt der obere Teil des Bildschirms zu hoch. Für das 95. Perzentil Mann ist der Bildschirm zu tief, wenn er aufrecht sitzt und der Vordersitz in der Zero Gravity Position ist. Diese beiden Fälle müssen mit Probandenversuchen untersucht werden, ob die Sicht und der Komfort erheblich beeinträchtigt werden und Verbesserungen unerlässlich sind.

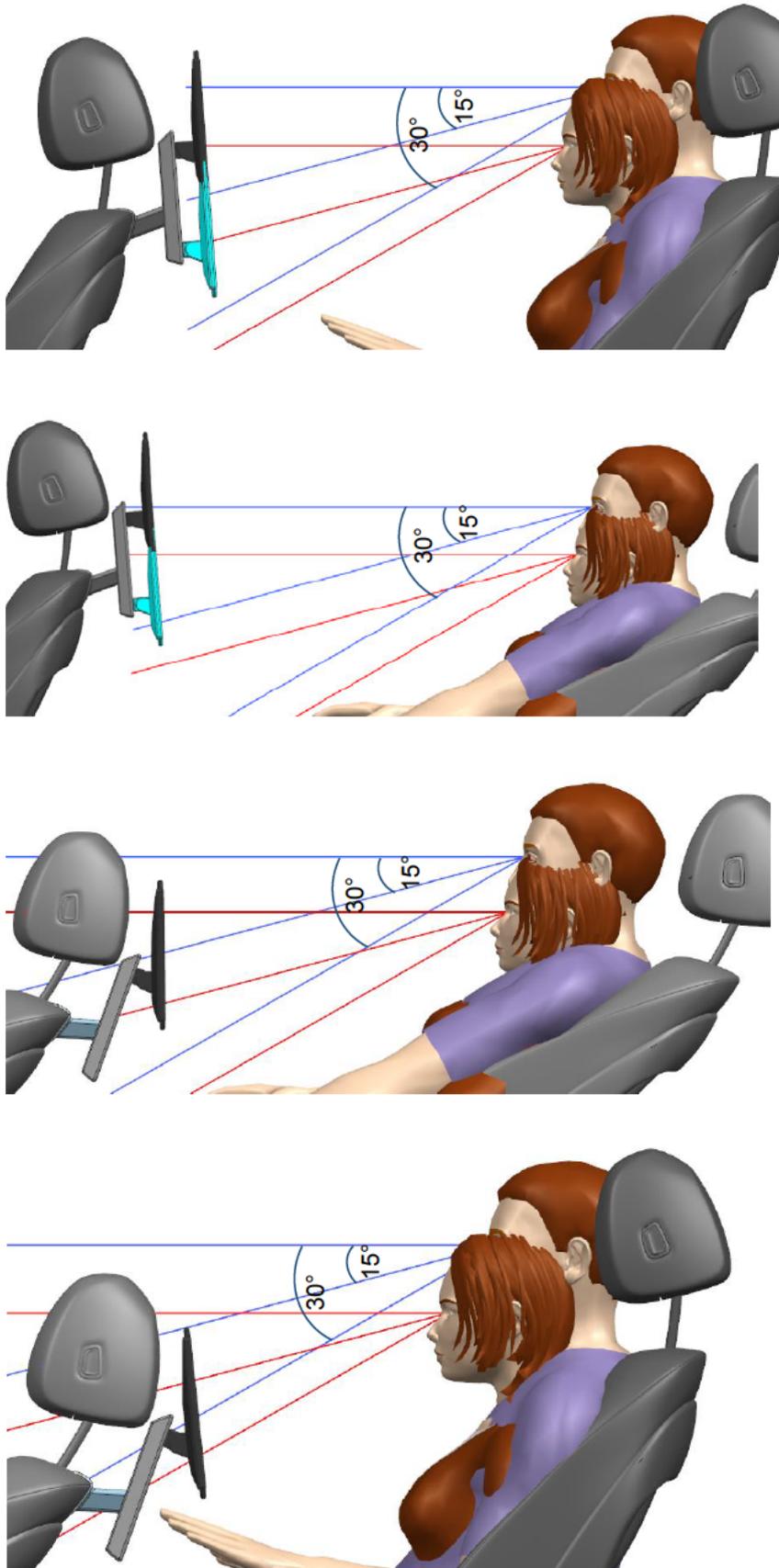


Abbildung 5-7: Monitorpositionen

Quelle: Eigene Darstellung

5.2 Bedienkonzept

In Abbildung 5-8 ist das Bedienkonzept abgebildet. Die Bedienung kann über die Bedienelemente in der Tür, der Mittelkonsole oder direkt am Main-Bildschirm erfolgen. Auf dem Main-Bildschirm erfolgt die Wiedergabe von Medien, die Anzeige des Infotainments, der Navigation, Telefonie und Apps. Wie auf dem Mittelkonsolendisplay der Vordersitze (S. 25, Abb. 3-7) steht auf dem Main-Bildschirm ein Menü bereit, über welches auf alle Funktionen zugegriffen werden kann. Darüber hinaus können verschiedene Einstellungen vorgenommen werden, der Modus (siehe Kapitel 3.1, S.20 ff.) gewählt werden und Komfortfunktionen gesteuert werden, z.B. Klimaanlage, Beleuchtung, Massage, Rollo, etc. Zudem befindet sich eine Touchscreen-Leiste am unteren Rand des Bildschirms. Dieser vom Bildschirm separate Touchscreen ist für Funktionen, die stets erreichbar und direkt am Wirkort sein sollten. Auf diesem Touchscreen findet man den Ein-/Aus-Knopf sowie den Laustärke- und Helligkeitsregler. Diese Funktionen sollen auch dann zugänglich sein, wenn auf dem Bildschirm Medien abgespielt werden. Zum Steuern dieser Funktionen muss der Benutzer nicht die Wiedergabe eines Mediums stoppen oder das Menü wechseln und kann auf diese Funktionen bequem und schnell zugreifen.



Abbildung 5-8: Bedienkonzept

Quelle: Eigene Darstellung

Mittelkonsolenbedienung

Die Mittelkonsolenbedienung ist 5,5 Zoll groß und ist damit vergleichbar mit dem Mittelarmlehnen-Display (MAD) vorne. Im Gegensatz zum MAD wird sie jedoch horizontal eingebaut. Die Mittelkonsolenbedienung wird flach in die Armlehne integriert. Dazu befindet sich in der Armlehne eine Einprägung, in der sich das Bedienelement befindet. Mit einem Knopfdruck kann der Bildschirm leicht angehoben werden, was das Herausnehmen des Bedienelements erleichtert. Dieser Mechanismus und das Ent- und Verriegeln des Bedienelements müssten in einer weiteren Entwicklung des Konzepts detailliert werden. Die Mittelkonsolenbedienung spiegelt den Main-Bildschirm und es kann auf alle Funktionen zugegriffen werden. Da nur ein Element vorhanden ist, muss wie beim Mittelkonsolendisplay und MAD vorne ausgewählt werden, ob der linke oder rechte Sitz bedient werden soll. Aufgrund der ungünstigen Erreichbarkeit, wenn der Insasse aufrecht sitzt, ist das Bedienelement bevorzugt für die Benutzung in die Hand zu nehmen. Eine Schnittdarstellung des Bedienelements ist in Abbildung 5-13 (S.102) dargestellt.

Die Türbedienung ist nur 4 Zoll groß und dient als Ergänzung zur Mittelkonsolenbedienung, da das Mittelkonsolenbedienelement in einer aufrechten Position des Insassen schlecht zu erreichen ist. Aufgrund der kleinen Bildschirmgröße stehen hier nur die wichtigsten Funktionen wie die Modusauswahl, Klimaanlage, Steuerung der Medien (Play, Pause, Lautstärke) zur Verfügung. Diese sind Funktionen, die man nur mit wenigen Knopfdrücken bedienen kann. Die Türbedienung wird in den Türziehgriff integriert. Dadurch wird der Türziehgriff kleiner, und die Erreichbarkeit verschlechtert sich. Es muss untersucht werden, ob das komfortable Schließen der Tür weiterhin gewährleistet ist. Dies führt zudem zwar dazu, dass die Türbedienung in einer Liegeposition des Insassen ohne Oberkörperbewegung nicht erreichbar ist; dafür ist in einer Liegeposition die Erreichbarkeit der Mittelkonsolenbedienung gegeben.

Das Bildschirm-Layout der Türbedienung soll so aussehen wie das MAD vorne (siehe S. 25, Abb 3-7). Die Integration der Türbedienung müsste in einem nächsten Schritt detailliert und überarbeitet werden. So ist die Bedienung weg vom Insassen in Richtung Türverkleidung geneigt, was nicht optimal für die Sicht auf den Bildschirm ist. Zudem verkleinert sich der Türziehgriff durch das Bedienelement, was das Schließen der Tür erschwert.

5.3 Klappstisch

Der Klappstisch ist im ein- und ausgeklappten Zustand und mit den Dimensionen der Tischplatte in Abbildung 5-9 dargestellt. Der Tisch ist groß genug, damit beispielsweise ein 15 Zoll Laptop abgelegt werden kann. Um den Tisch unter der Armlehne unterzubringen, musste das vorhandene Mittelarmlehnenfach vergrößert werden.

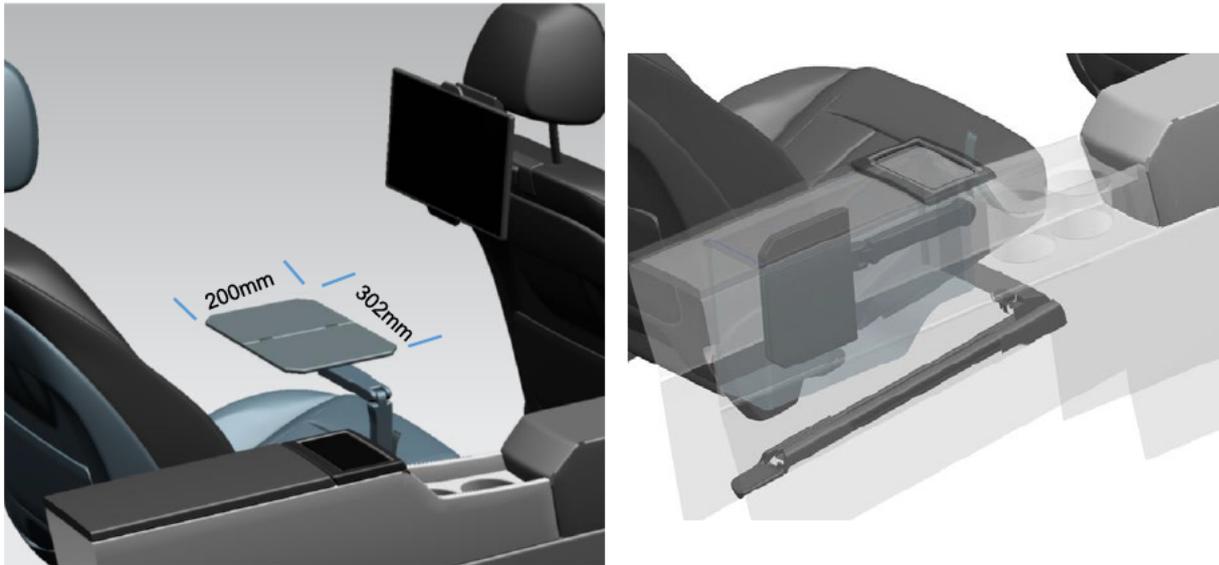


Abbildung 5-9: Klappstisch

Quelle: Eigene Darstellung

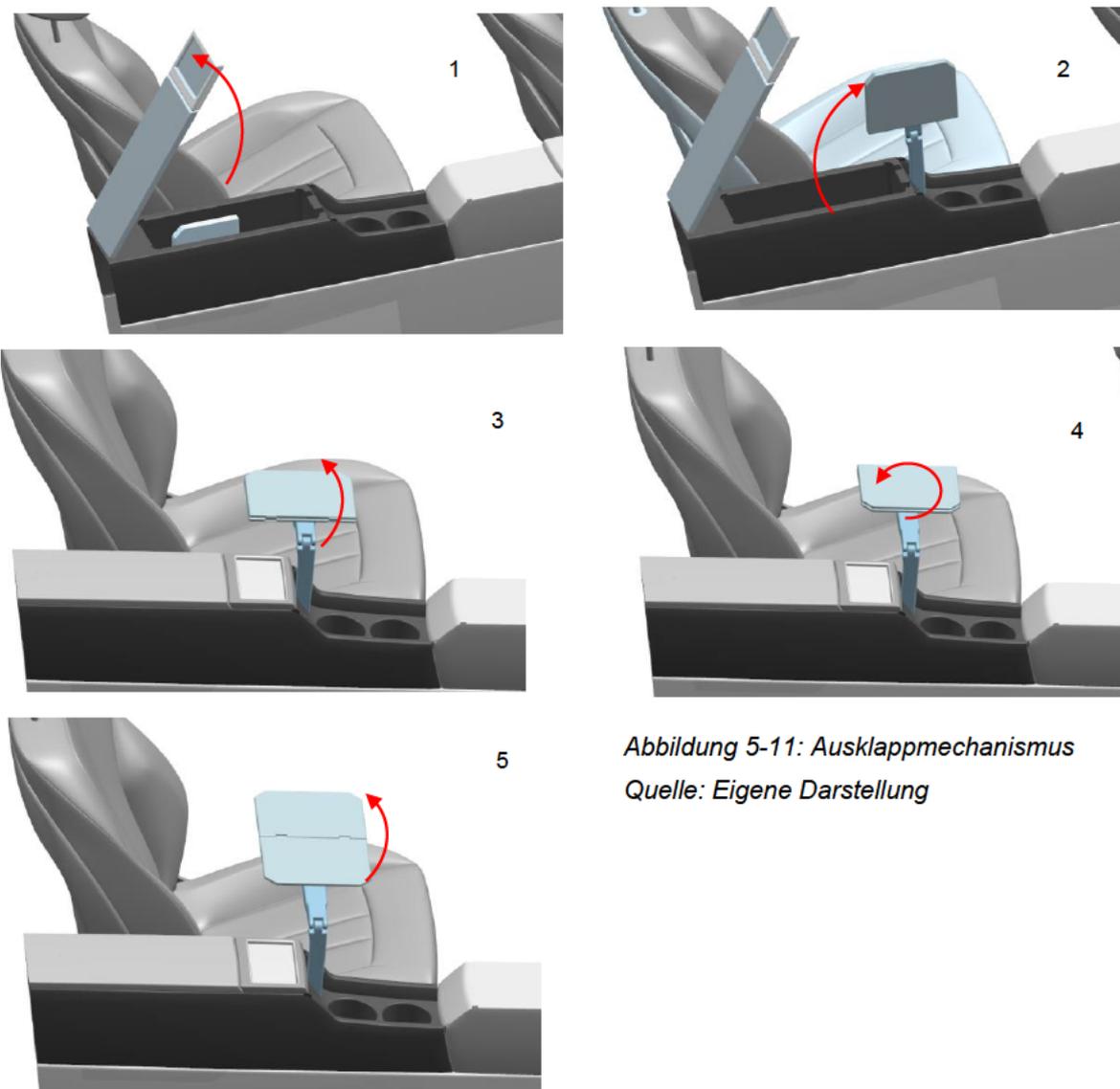
Die Größe der Tischplatte wird dabei begrenzt durch das Mittelkonsolendesign. Zum einen ist der Tisch, wenn er ausgeklappt ist, relativ nah am Oberkörper und den Oberschenkeln des Insassen. Dies führt ebenfalls dazu, dass die optimalen Armwinkel (Kapitel 3.3, S.42) nicht erreicht werden (Abbildung 5-10).



Abbildung 5-10: Arbeitsposition 95M und 5F

Quelle: Eigene Darstellung

Man sieht, dass beim 95M der Tisch zu nah am Oberkörper ist. Beim 5F werden die optimalen Armwinkel nicht erreicht, es ergibt sich ein Ellenbogenwinkel von 110° und ein Handgelenkwinkel von 30° . Um dies zu vermeiden, müsste der Tisch weiter vorne in der Mittelkonsole platziert werden. Dazu müssten jedoch die Cupholder wegfallen. Eine tiefere Position des Tisches wäre nicht optimal, da erstens der Abstand zwischen Oberschenkel bzw. Knie und Tisch geringer und zweitens die Sicht (bei Benutzung eines Laptops) dadurch schlechter würde und der Insasse seinen Kopf nach vorne beugen müsste, was zu einem ungünstigen Nackenwinkel führt. Ein weiterer Effekt des Mittelkonsolendesigns und der Position der Armlehne ist, dass der Insasse weit nach hinten greifen muss zum Ausklappen des Tisches. Das Ausklappen des Tisches sollte durch einen Mechanismus unterstützt werden. Beispielsweise könnte ein Federmechanismus den Tisch leicht anheben und das Ausklappen vereinfachen. Der Ausklappmechanismus ist in Abbildung 5-11 dargestellt.



Damit der Tisch ausgeklappt werden kann, wird im Bereich zwischen Armlehne und Cupholder ein Durchbruch benötigt. Der Durchbruch hat ein Gelenk mit einem Federmechanismus, und wird mit dem Tischarm nach vorne geschoben und schafft so Platz für den Tischarm, um nach vorne zu klappen (Abbildung 5-12). Wird der Tisch eingeklappt, springen die Durchbrüche in ihre ursprüngliche Position zurück. Dabei werden die Cupholder nicht blockiert und können auch mit einem ausgeklappten Tisch benutzt werden. Ein Problem, das sich ergibt, ist jedoch die beeinträchtigte Erreichbarkeit der Vorderkante der Armlehne zum Öffnen des Mittelkonsolenfachs durch die Tischarme. Hier muss überprüft werden, ob das Öffnen des Mittelkonsolenfachs noch komfortabel möglich ist.

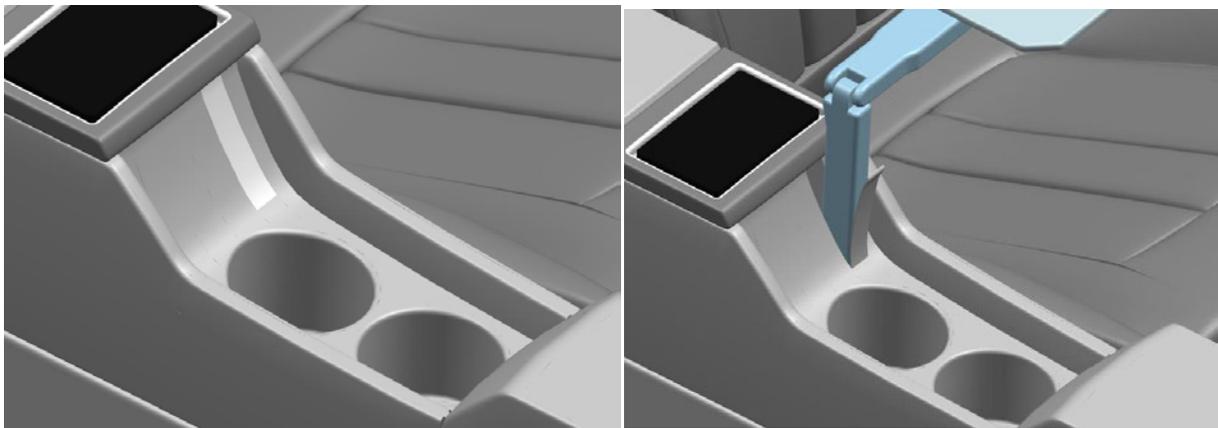
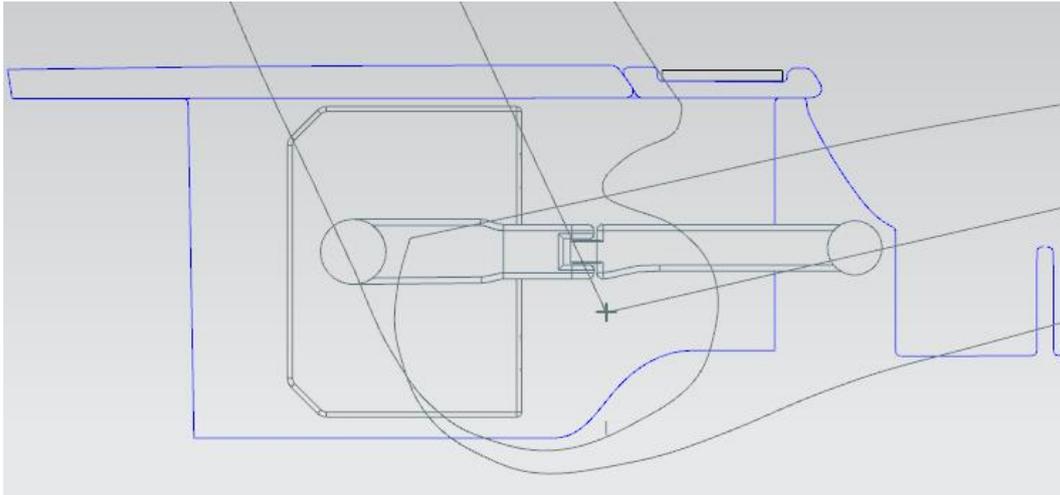


Abbildung 5-12: Durchbruch Mittelkonsole

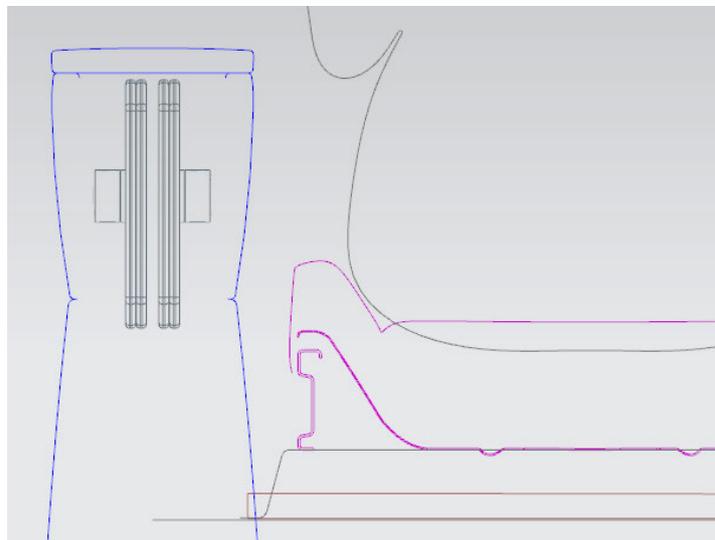
Quelle: Eigene Darstellung

Des Weiteren sind die Tischarme so konzipiert, dass das Mittelarmlehnenfach auch mit einem ausgeklappten Tisch geschlossen und geöffnet werden kann. Es findet keine Kollision zwischen Tischarm und Armlehne statt.

Eine Schnittdarstellung des Klapptisches ist in Abbildung 5-13 dargestellt.



Y0-Schnitt Mittelkonsole mit Klapptisch



X-Schnitt SRP hinten

*Abbildung 5-13: Schnittdarstellung Tisch & Bedienung**Quelle: Eigene Darstellung*

5.4 Sitzkonzept

Wie in Kapitel 3.1 (S. 22) erwähnt, soll für die zweite Sitzreihe ein Lehnenwinkel von 47° in der Liegeposition realisiert werden. Dafür wurde, wie bereits aus Kapitel 4.1.3 (S.57) hervorgeht, für eine flexible Kofferraumtrennung aus Stoff entschieden. Die Kofferraumtrennung ist mit der Hutablage verbunden und kann mit dieser entlang einer Führungsschiene in X-Richtung verschoben werden (Abbildung 5-14).

Der untere Teil der Kofferraumtrennung ist auf einer Spule aufgewickelt, sodass die Länge der Kofferraumtrennung beliebig angepasst werden kann. Dadurch kann die Kofferraumtrennung nach hinten verschoben werden, wenn einer der Rücksitze in die Liegeposition fährt, und nach vorne geschoben werden, um den Kofferraum zu vergrößern, wenn beide Rücksitze aufrecht sind (Abbildung 5-14). Im nächsten Schritt müssen die Führungsschiene im Kofferraum für die Kofferraumtrennung und die Möglichkeit zum Herausnehmen der Kofferraumtrennung umgesetzt werden.

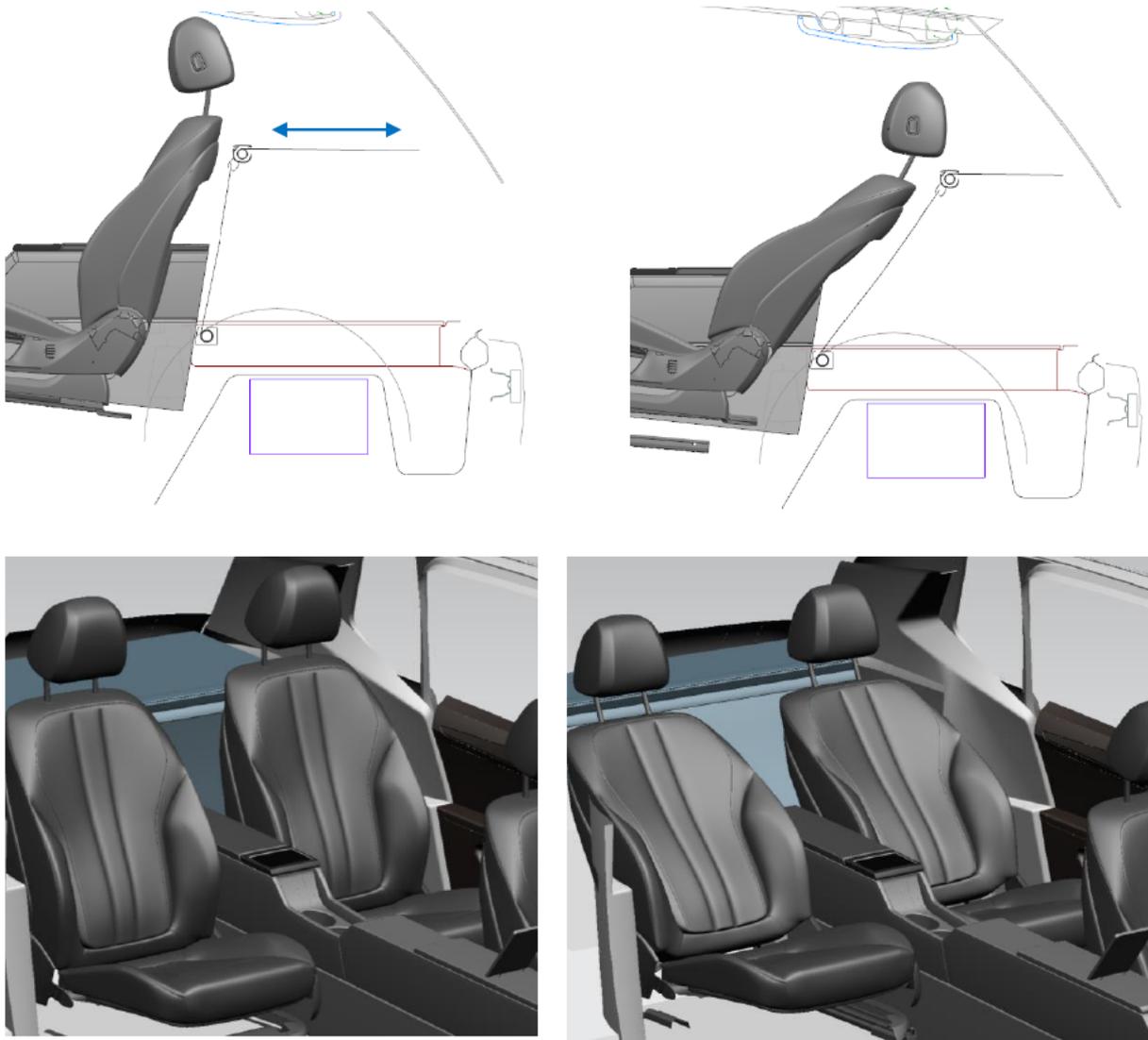


Abbildung 5-14: Kofferraumtrennung

Quelle: Eigene Darstellung

5.5 Beleuchtung

Die Verwendung von Beleuchtungselementen im Interieur kann ebenfalls positiv zum Komfort der Insassen beitragen. Die Ambilight-Technologie von Philips erzeugt mit zusätzlichen Leuchtmitteln ein Ambientelicht um ein Display. Dadurch wird die Lichtquelle des Bildschirms optisch vergrößert und die Ermüdung der Augen verringert (Rieck, 2021). Diese Technologie wird genutzt, um die Sky Screens optisch zu vergrößern. Dazu wurden die Ränder der Sonnenblende mit LED-Elementen bestückt (Abbildung 5-15).



Abbildung 5-15: LEDs Sonnenblende

Quelle: Rieck, 2021

Für den RSE-Bildschirm können LED-Elemente an der Bildschirmhalterung hinzugefügt werden. Abbildung 5-16 zeigt ein umlaufendes LED-Element. Dieses wurde im VRED-Modell des virtuellen Prototyps dargestellt.

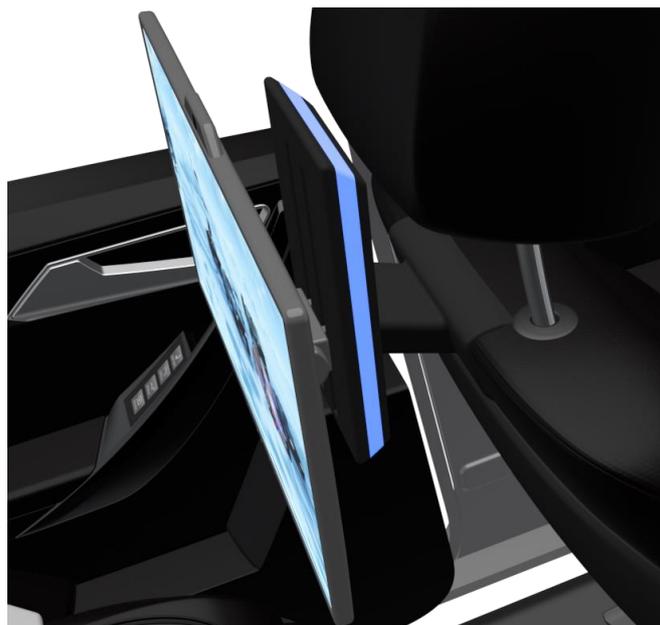


Abbildung 5-16: LEDs Bildschirmhalterung

Quelle: Eigene Darstellung

6 Fazit und Ausblick

Fazit

Diese Arbeit beschäftigte sich mit dem Konzeptfahrzeug HCC21. Für das zukünftige, elektrische und autonome Fahrzeug wurden ein Rear Seat Entertainment und weitere Funktionen entwickelt, die den Komfort in den Rücksitzen erhöhen. Während zuvor nur die Vordersitze über umfangreiche Entertainment- und Komfortfunktion verfügten, wurde das Sitzen in der zweiten Sitzreihe des HCC21 ebenfalls attraktiv gemacht. In Abbildung 6-1 ist der Vergleich der zweiten Sitzreihe vorher und nachher dargestellt.



Abbildung 6-1: Vergleich zweite Sitzreihe vorher und nachher

Quelle: Eigene Darstellung

Für die Entwicklung des RSE wurde zunächst der aktuelle Stand des In-Car-Entertainments analysiert. Dadurch wurde die Kenntnis gewonnen, woraus ein modernes Entertainmentsystem in einem Fahrzeug im Allgemeinen besteht. Die anschließende Marktanalyse hat die zahlreichen möglichen Varianten von RSE-Systemen gezeigt. Im Grunde gibt es drei Grundkonzepte für ein RSE, den Seatback Monitor, Overhead Monitor und Mittelkonsolenmonitor. Dabei wurde festgestellt, dass Wettbewerber bei der Konzipierung des RSE keine Liegeposition der Vordersitze und die meisten keine Liegeposition der Rücksitze berücksichtigen. Einige Varianten (insb. Overhead Monitor) hätten zudem bereits in der frühen Entwicklung berücksichtigt werden müssen. Es wurde festgestellt, dass die Übernahme von Lösungen der Wettbewerber schwierig ist. Ebenfalls in der Marktanalyse wurden die verschiedenen Möglichkeiten zur Bedienung sowie weitere Funktionen, die in der zweiten Sitzreihe zu finden sind, untersucht. Im nächsten Schritt wurde der aktuelle Konzeptstand des HCC21 untersucht, um einen Überblick über das Fahrzeug sowie die Konzeptanforderungen und Randbedingungen zu gewinnen. Zudem wurden die Benutzerbedürfnisse analysiert. Dadurch wurde ermittelt, wie und mit welchen Aktivitäten Insassen die Zeit im Auto verbringen möchten. Aus diesen Untersuchungen wurden die benötigten Features in der zweiten Sitzreihe abgeleitet. Außerdem wurden weitere Anforderungen, u.a. gesetzliche und ergonomische Anforderungen, untersucht und eine Anforderungsliste erstellt, die bei der Entwicklung des Konzeptes zu berücksichtigen ist.

Für die Konzeptfindungsphase erfolgte zunächst die Betrachtung als Gesamtkonzept. Das Gesamtkonzept wurde in die Teilbereiche Bildschirm, Bedienung, Klapptisch, Ablagen und Sitzkonzept unterteilt.

Für die einzelnen Teilbereiche wurden die Probleme und mögliche Teillösungen untersucht und verglichen. Wenn nötig, wurden auch neue Konzepte und Ideen, die es in aktuellen Fahrzeugen noch nicht gibt, vorgestellt. Mithilfe des morphologischen Kastens wurden die verschiedenen Teillösungen zu einer Gesamtlösung kombiniert. Diese wurden in der Form von Interieur-Layouts übersichtlich dargestellt. Die Lösungen wurden schließlich mit der Nutzwertanalyse bewertet. Die beste Lösung ist die Seatback Monitor-Lösung mit einer Mittelkonsolenbedienung, Ablagen in der Tür, als Vordersitztasche und Cupholder in der Mittelkonsole und einem Mittelkonsolenklapptisch.

Eine Beinauflage wurde dabei als nicht umsetzbar eingestuft und es wurde eine flexible Kofferraumtrennung aus Stoff gewählt. Der Seatback Monitor ist die am einfachsten, ohne umfangreiche Modifikationen und Konzeptänderungen, umsetzbare Lösung. Jedoch hat das Konzept Schwächen in der Ergonomie und den Komfort durch die Abhängigkeit von der Sitzposition vorne und hinten. Anschließend wurde das gewählte Gesamtkonzept detailliert. Für die Teilkonzepte wurden ebenfalls der morphologische Kasten und die Nutzwertanalyse zur Hilfe genommen, um die beste Lösung zu ermitteln. Die Nachteile der Ergonomie beim Seatback Monitor können durch eine verstellbare Kopfstütze oder ein Nackenkissen und durch verstellbare Seatback-Monitore beseitigt werden. Eine Höhenverstellung über Führungsschienen, wurde dabei als die beste Lösung ausgewählt. Aufgrund der ungünstigen Ergonomie-Eigenschaften der Mittelkonsolenbedienung wurde entschieden, Türbedienelemente als Ergänzung hinzuzufügen. Es wurde ein Bedienkonzept, bestehend aus Main-Bildschirm, der Mittelkonsolenbedienung und Türbedienung vorgestellt. Zuletzt wurden die Lösungen für einen Klappstisch und eine Kofferraumtrennung vorgestellt. Ein Mittelkonsolenklappstisch bietet die besten ergonomischen Eigenschaften sowie die Unabhängigkeit von der Vordersitzposition. Die verfahrbare Kofferraumtrennung aus Stoff bietet die größte Flexibilität und eine relativ unkomplizierte Lösung.

Es wurden also methodisch verschiedene Lösungen entwickelt, die die genannten Probleme lösen. Diese Arbeit zeigt damit Lösungen für die definierten Teilbereiche, die den Komfort in der zweiten Sitzreihe steigern und die Möglichkeiten bieten, die Zeit im Fahrzeug individuell zu gestalten. Die Elemente wurden in die vorhandenen Bauräume mit wenigen Modifikationen und ohne Änderungen des Gesamtfahrzeugkonzepts integriert. Zudem wurden vorhandenen Design- und Formsprachen berücksichtigt.

Ausblick

Weitere Untersuchungen, sind bezüglich der Ergonomie notwendig. In Kapitel 4.4.1 (S. 74 ff.) wurde ermittelt, dass eine Stützung des Nackens, sodass die Betrachtung des Bildschirms mit einer horizontalen Sichtlinie erfolgen kann, den langfristigen Komfort verbessert (Smulders et al., 2019). Diese Untersuchungen wurde mit einem Lehnenwinkel von 40° durchgeführt. Da die Liegeposition der Rücksitze im HCC21 einen Lehnenwinkel von 47° haben, ist unklar, ob die Folgerungen der Untersuchungen übertragbar sind.

Hierfür muss untersucht werden, ob auch bei einem Lehnenwinkel von 47° der Kopf so gestützt werden kann, dass das komfortable Betrachten mit einer horizontalen Sichtlinie möglich ist.

Auch die Auswirkungen eines Lehnenwinkels von 47° auf den Komfort und die Muskelaktivität muss mit Probandenversuchen abgesichert werden, um eine genaue Aussage über den Erfüllungsgrad dieser Lösung treffen zu können.

Weitere Untersuchungen sind zur Motion Sickness notwendig. In Kapitel 3.3 (S. 41) wurde beschrieben, dass die Bildschirmgröße einen Einfluss auf die Motion Sickness hat, da ein großer Bildschirm die Sicht nach außen blockiert. Es fehlen jedoch konkrete Daten, ab welcher Bildschirmgröße und im welchem Maße die Sicht blockiert werden muss, um Motion Sickness hervorzurufen. Auch hier sind Probandenversuche notwendig, um genauere Daten zu sammeln.

Ein weiterer Aspekt der Ergonomie, der noch untersucht werden muss sind Reflexionen und Blendungen am Bildschirm. Diesen kann zwar durch Beschichtungen und durch die gegebenen Verstellungsmöglichkeiten entgegengewirkt werden; dennoch sind weitere Untersuchungen bezüglich der Entstehung und der Folgen für den Insassen nötig.

Außerdem müssen für den Bildschirm, die Bedienelemente und den Klappstisch das Komfortempfinden ebenfalls durch Probandenversuche abgesichert werden. Dabei muss untersucht werden, wie komfortabel die Nutzung der Elemente und die Position für den Benutzer tatsächlich ist. Insbesondere die Erreichbarkeit der Mittelkonsolenbedienung muss genauer überprüft werden. Das Mittelkonsolendesign erschwert nicht nur das Bedienen der Mittelkonsolenbedienung, sondern erschwert die Integration des Klappstischs.

Der Klappstisch erfordert einen Durchbruch in der Mittelkonsole, und auch die Position des Klappstischs ist ergonomisch nicht optimal. Auch zum Ausklappen des Tischs muss der Insasse weit nach hinten greifen.

Die kurze und weit hinten platzierte Armlehne führt auch dazu, dass der Insasse nicht seinen gesamten Unterarm ablegen kann. Dies liegt an den Cupholdern, für die viel Platz in der Mittelkonsole benötigt wird. Eine Untersuchung der Möglichkeiten einer

Lösung, die Cupholder anders in der Mittelkonsole zu integrieren, wäre demnach sinnvoll, da die einzige andere Möglichkeit das Problem zu lösen ist, die Sitzposition nach hinten zu verschieben. Dies hat jedoch erhebliche Auswirkungen auf das Fahrzeugkonzept.

Das Konzept muss im nächsten Schritt weiter detailliert werden. Insbesondere die Umsetzung des Verstellmechanismus des Bildschirms stellt eine Herausforderung dar. Die Stabilität muss gewährleistet werden, sodass der Bildschirm nicht von selbst wieder nach unten rutscht; gleichzeitig darf der Kraftaufwand für die Verstellung für den Benutzer nicht zu hoch sein. Zudem muss die Anbindung an die Sitzstruktur umgesetzt werden. Für die Mittelkonsolenbedienung muss der Mechanismus für die Verriegelung sowie für das Anheben des Bedienelementes umgesetzt werden. Die Türbedienung muss überarbeitet werden, da sie nicht zum Insassen hin geneigt ist, sondern in Richtung Türverkleidung. Zuletzt müssen die Integration der Klapptische in die Mittelkonsole und der Kofferraumtrennung detailliert werden.

Für die Komponenten muss ein Festigkeitsnachweis (Simulation) durchgeführt werden. Es muss untersucht werden, bei welcher Belastung die Bauteile versagen, und wie diese gegen Misuse Cases abgesichert werden können. Insbesondere für den Klapptisch ist es essenziell zu wissen, wie viel Gewicht maximal auf dem Tisch aufgebracht werden kann.

Die Sicherheit wurde in dieser Arbeit zwar behandelt - so wurden die Sicherheitsradien nach ECE R21 berücksichtigt-, jedoch muss der Kopfaufprall mit Innenraumteilen nach FMVSS 201 (Kapitel 3.3, S. 33) untersucht werden. Die Komponenten müssen bezüglich deren Verhaltens bei einem Crash genauer untersucht werden. Da die Sitzkinematik für die zweite Sitzreihe noch nicht entwickelt wurde, ist die exakte Liegeposition der Insassen nicht bekannt. In einer weiteren Untersuchung muss diese entwickelt werden.

Literaturverzeichnis

ACCESS. (2020). *The Definitive Guide to In-Car Entertainment* [E-Book].

<https://www.twine4car.com/files/pdf/ACCESS-eBook-Definitive-guide-to-In-Car-Entertainment-web.pdf>

Amtsblatt der Europäischen Union. (2008). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX%3A42008X0716%2801%29>

Berger, M., Dandekar, A., Bernhaupt, R., & Pfleging, B. (2021). An AR-Enabled Interactive Car Door to Extend In-Car Infotainment Systems for Rear Seat Passengers. *Extended Abstracts of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*.

<https://doi.org/10.1145/3411763.3451589>

Bubb, H., Bengler, K., Grünen, R. E. & Vollrath, M. (2015). *Automobilergonomie*. Springer Publishing.

Diels, C., & Bos, J. E. (2015). User interface considerations to prevent self-driving carsickness. *Adjunct Proceedings of the 7th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*. <https://doi.org/10.1145/2809730.2809754>

Feill, F. & Kreuziger, A. (2020). *Gestaltung der Displayinhalte des Hamburg Concept Car 2021* (Studienarbeit, HAW Hamburg).

Friedhoff, J. (2018). *Car Body Design* [Vorlesungsfolien]. HAW Hamburg.

Gehrke, N. (2020). *Entwicklung und Konstruktion eines Klapptisches auf der Beifahrerseite des Hamburg Concept Car 2021* (Bachelorarbeit, HAW Hamburg).

Gereben, M. & Swenson, M. (2020). *Youths as Passengers in Cars - A behavioural study on user experience and safety* (Masterarbeit, Chalmers University of Technology). Chalmers Open Digital Repository. <https://odr.chalmers.se/bitstream/20.500.12380/300850/1/Master%27s%20Thesis%20-%20Youths%20as%20Passengers%20in%20Cars%20-%20Mio%20Gereben%20and%20Maia%20Swenson%202020.pdf>.

Glüsing, P. (2020). *Entwicklung einer Sitzkinematik für das Sitzkonzept des HCC21* (Masterarbeit, HAW Hamburg).

Gonter, M., Leschke, A., & Seiffert, U. (2016). Fahrzeugsicherheit. *Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik*, 1105–1161. https://doi.org/10.1007/978-3-658-09528-4_9

HAW. (2019, Februar). *Masters of Concepts*.

Inui, M., Umezu, N., & Kitamura, Y. (2014). Visualizing sphere-contacting areas on automobile parts for ECE inspection. *Journal of Computational Design and Engineering*, 2(1), 55–66. <https://doi.org/10.1016/j.jcde.2014.11.006>

Normark, C. J., & Gärling, A. (2011). Assessment of Automotive Visual Display Guidelines and Principles: A Literature Review. *The Design Journal*, 14(4), 446–474. <https://doi.org/10.2752/175630611x13091688930499>

Öhman, T. (2011). *Flexible touch screen for Rear Seat Entertainment* (Bachelorarbeit, University of Skövde). DiVA Portal. <https://www.diva-potal.org/smash/get/diva2:452819/FULLTEXT01.pdf>

Pfleging, B., Rang, M., & Broy, N. (2016). Investigating user needs for non-driving-related activities during automated driving. *Proceedings of the 15th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia*. <https://doi.org/10.1145/3012709.3012735>

Rieck, A. (2021). *Gestaltung und Visualisierung der Innenraumbelichtung des HCC21 mit Autodesk VRED* (Studienarbeit, HAW Hamburg).

Smulders, M., Naddeo, A., Cappetti, N., van Grondelle, E. D., Schultheis, U., & Vink, P. (2019). Neck posture and muscle activity in a reclined business class aircraft seat watching IFE with and without head support. *Applied Ergonomics*, 79, 25-37.

Starico. (2021). *TV Monitor Viewing Distance Calculator*. <https://stari.co/tv-monitor-viewing-distance-calculator#note-107-1>

Wilkinson, S. (2020, 24. April). *How Big is Too Big? A Guide to Optimizing Screen Size vs Viewing Distance for a Perfect Home-Theater*. . . [www.vava.com. http://blog.vava.com/how-big-is-too-big-a-guide-to-optimizing-screen-size-vs-viewing-distance-for-a-perfect-home-theater-experience/](http://blog.vava.com/how-big-is-too-big-a-guide-to-optimizing-screen-size-vs-viewing-distance-for-a-perfect-home-theater-experience/)

Bildquellen

Toyota. <https://www.toyota.com/sienna/photo-gallery/interior/>

YT Jia. <https://twitter.com/YTJiaFF/status/1419346609054257155/photo/1>

LG. <https://www.lgnewsroom.com/2020/09/lg-and-hyundai-collaborate-to-bring-home-convenience-to-electric-vehicles/>

BMW. <https://www.bmw.com/en/events/ces2022/theaterscreen.html>

Fiat Chrysler Automobiles. <https://www.youtube.com/watch?v=Bc-bDMoN6zo>

Mercedes-Benz [1]. <https://www.youtube.com/watch?v=BEPKYHGULhI&list=FLziyASezj41XHC08k5G8cew&index=6>

TechCrunch. <https://techcrunch.com/2021/04/15/all-the-tech-crammed-into-the-2022-mercedes-benz-eqs/>

CarsRadars. <https://carsradars.com/car-reviews/auto-show-face-off-2021-chrysler-pacifica-vs-2020-honda-odyssey-vs-2020-toyota-sienna/>

autoevolution[1]. https://www.autoevolution.com/news/step-inside-the-exquisite-2021-rolls-royce-ghost-and-discover-perfection-154916.html#agal_4

CAR. <https://www.carmagazine.co.uk/car-reviews/bentley/bentley-mulsanne-2016-review/>

Daimler. <https://media.daimler.com/marsMediaSite/de/instance/picture/Mercedes-Benz-VISION-EQS.xhtml?oid=44372746>

Focus. https://www.focus.de/auto/news/ces-asia-2015-in-shanghai-zum-auftakt-bunt_id_4706234.html

Business Korea. <http://www.businesskorea.co.kr/news/articleView.html?idxno=41537>

Ford. <https://www.ford.com/suvs/expedition/features/technology/>

Tesla. <https://www.tesla.com/models>

<https://media.lincoln.com/content/lincolnmedia/lna/us/en/continental-concept.html>

Auto Express. https://www.youtube.com/watch?v=FV6RJzXC_Q4

Robb Report. <https://robbreport.com/motors/cars/gallery/the-lincoln-continental-concept-is-a-rebirth-of-the-iconic-american-luxury-sedan-247738/170854/>

Emirates. <https://www.emirates.com/sd/english/experience/our-fleet/photo-gallery/a380/economy-class/>

The DesignAir. <https://thedesignair.net/2015/09/01/thedesignairs-exclusive-look-at-vietnam-airlines-787-9/#jp-carousel-8521>

The Points Guy. <https://thepointsguy.com/news/bulkhead-worst-airplane-seat/>

Amjet Aviation. <https://www.amjetaviation.com/uploads/4/8/2/3/48236923/editor/bfp-8437.jpg?1585772902>

Porsche. <https://www.porsche.com/middle-east/models/panamera/panamera-models-1/panamera-10years/comfort-audio/climate-control/>

Autodevot. <https://www.autodevot.com/2019/11/faraday-future-ff-91-interiors-revealed/>

Mercedes-Benz [2]. <https://mercedes-benz-kyiv.com/ru/mercedes-benz-v-class-5152600058-mb>

The Drive[1]. <https://www.thedrive.com/new-cars/41929/here-are-what-all-seven-of-the-2022-grand-wagoneers-screens-do>

Car Division. <https://www.cardivision.com/volkswagen/new-2022-volkswagen-t7-multivan-plug-hybrid#pid=7>

Miller Motorcars. <https://www.millermotorcars.com/2020-rolls-royce-cullinan-c-3537/#details-16>

Mercedes-Benz[3]. <https://www.mercedes-benz.co.uk/passengercars/mercedes-benz-cars/models/s-class/saloon-w222/specifications.pi.html/mercedes-benz-cars/models/s-class/saloon-w222/specifications/equipment-packages/individual-rear-seats-package>

The Drive[2]. <https://www.thedrive.com/new-cars/36962/2021-rolls-royce-ghost-this-is-the-car-you-really-want-when-you-strike-it-rich>

Doug DeMuro[1]. <https://www.youtube.com/watch?v=m4JraQ6KrVM>

Mobile.de. <https://www.mobile.de/>

AutoGuide. <https://www.autoguide.com/auto-news/2016/04/feature-focus-2016-bmw-750i-xdrive.html>

ExtremeTech. <https://www.extremetech.com/extreme/161832-2014-mercedes-s-class-review-the-best-most-technologically-advanced-car-you-will-ever-drive/3>

Friedhoff, J. (2020). *Hamburg Concept Car 2021 Projektstatus*

HAW. (2019, Juli). *Masters of Concepts*.

Wipro. <https://www.wipro.com/engineeringNXT/the-changing-landscape-of-rear-seat-entertainment/>

THX. <https://web.archive.org/web/20100103102059/http://www.thx.com/home/setup/display.html>

Doug DeMuro[2]. https://www.youtube.com/watch?v=BfITC_DcbJE

Doug DeMuro[3]. <https://www.youtube.com/watch?v=HpTISIsS9qA>

Manneck, F., Piep, L., Bielefeldt, J., Stopp, S., Berger, Y., Bigge, J., Heuer-Jungemann, P., Trutic, T., Miler, D., (2017). *Konzeptbuch Toyota NEG7* (Projektarbeit, HAW Hamburg)

A2Mac1. *2D Studies Exterior Sections Nissan Qashqai*

Yaghoubi, A. (2012). <https://bitrebels.com/technology/airgo-airline-seat-design/>

TU Delft. https://www.crystal-cabin-award.com/typo3temp/_processed_/csm_Uni_TUDelft_Stratus_89a61b7319.jpg

Woopa TV. <https://www.youtube.com/c/%EC%9A%B0%ED%8C%8C%ED%91%B8%EB%A5%B8%ED%95%98%EB%8A%98Woo-paTV/videos>

Deagencia. <https://www.deagenciapanama.com/autos/chevrolet-suburban-high-country/>

Incarpassion. <https://www.incarpassion.com/rear-seat-entertainment-system/>

The Verge. <https://www.theverge.com/2017/3/28/15089172/chrysler-pacifica-checkers-in-car-entertainment>

Audi. <https://www.audi-mediacyber.com/en/photos>

Yanfeng. <https://www.yfai.com/en/yanfeng-automotive-interiors-brings-surface-sensitivity-interiors-future-vehicles>

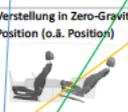
autoevolution[2]. <https://www.autoevolution.com/reviews/volkswagen-touareg-review-2015.html>

Anhang A

Name	Beschreibung	Klassifizierung	Kommentar
Fz.xx Fahrzeugumgebung	-	-	-
Fz.01	Das System muss im Fahrzeug verbaut und untergebracht werden können.	must	
Fz.02	Das System soll zum Interieurdesign passen, und Designparameter sollen berücksichtigt werden	should	
Fz.03	Das Konzept soll jeweils einen RSE-Bildschirm für beide Fond-Passagiere vorsehen.	must	
Fz.04	Das Konzept soll für die Insassen Ablagemöglichkeiten vorsehen.	must	
Fz.05	Das Konzept soll einen Klapp Tisch für beide Fond-Passagiere vorsehen.	must	
Fz.06	Das System soll nicht das Platzangebot verringern; Befreiheit und Kopffreiheit dürfen nicht verkleinert werden und die Bewegung sowie der Ein-, Ausstieg sollen nicht eingeschränkt werden.	shall	<ul style="list-style-type: none"> • soll maximal xx mm in den Ein- und Ausstiegsbereich sowie Bewegungsbereich ragen • keine Berührung der Teile mit Insassen • Komfortempfinden soll nicht geringer werden
Fz.07	Die Rücksitze sollen in eine Liegeposition fahren können. Dazu soll der Fondbereich inkl. Kofferraumtrennung entsprechend gestaltet werden.	must	
Fz.08	Komponenten sollten so positioniert werden, dass es nicht zu einer Kollision mit dem Frontinsassen oder dem Frontsitz kommen kann.	must	
Fz.09	Komponenten sollten so positioniert werden, dass es nicht zu einer Kollision mit dem Fondinsassen oder dem Rücksitz kommen kann.	must	
Fz.10	Komponenten sollten so positioniert werden, dass es nicht zu einer Kollision mit anderen Teilen kommen kann, sowohl im geschlossenen als auch im geöffneten/ausgeklappten Zustand.	must	
Fz.11	Der Platzbedarf der Komponenten sollte möglichst gering sein.	shall	
Fz.12	Das System soll so leicht wie möglich sein und maximal xx kg wiegen.	shall	muss noch näher definiert werden
Fz.13	Das System sollte möglichst wenige Bauteile haben und eine geringe Komplexität aufweisen.	shall	
Fz.14	Die Komponenten muss eine definierte Schwingungsfestigkeit (siehe Kommentar) aufweisen und während der Fahrt stabil bleiben.	must	<ul style="list-style-type: none"> • muss noch näher definiert werden • fahrbahn-/umweltinduzierte, fahrerinduzierte, motorinduzierte und radinduzierte Schwingungen
Fz.15	Die Komponenten müssen definierten Belastungen von xx N standhalten.	must	<ul style="list-style-type: none"> • Bildschirm muss sicher befestigt sein • muss stoßfest sein • Halterung muss auch bei Misuse Cases bestimmten Belastungen standhalten • muss noch näher definiert werden
S.xx Sicherheit	-	-	-
S.01	Die Teile im Innenraum dürfen gemäß ECE R21 keinerlei gefährlichen Unebenheiten oder scharfe Kanten aufweisen, die die Gefahr oder die Schwere von Verletzungen der Insassen erhöhen können.	must	
S.02	Die Sicherheitsradien (Mindestradien) von 3,2mm für die Innenausstattung des Fahrzeugs gemäß ECE R21 müssen eingehalten werden, wenn sie von einer Kugel mit 165mm Durchmesser berührt werden können.	must	Absatz 5.3 in der ECE R21
S.03	Der Kopf des Insassen muss bei einem Aufprall im Greenhouse Bereich ausreichend geschützt werden gemäß FMVSS 201.	must	Deformationselemente, um vorgegebenes Beschleunigungsniveau nicht zu überschreiten notwendig
S.04	Die Teile müssen sicher gehalten und befestigt werden und dürfen beim Crash nicht zu einem Projektil werden.	must	
S.05	Die Teile müssen sich bei einem Crash falten und zusammenklappen, und herausragende Teile sollten so gestaltet werden, dass sie nicht in den Körper des Insassen eindringen können.	must	<ul style="list-style-type: none"> • Teile müssen Energie von xx J absorbieren/ xx % der kinetischen Energie umwandeln • müssen definierten Deformationsweg von xx mm aufweisen
S.06	Teile dürfen nicht scharfkantig splintern.	must	

E.xx Ergonomie	-	-	-
E.01	Touch-Displays und/oder Bedienelemente müssen vom Insassen in jeder Sitzposition erreicht werden können.	shall	<ul style="list-style-type: none"> • Reichweitenuntersuchung mit Hüllkurven • Untersuchung mit 95. Perzentil Mann und Kind
E.02	Die Bedienung und Nutzung sollte in einer für den Insassen komfortablen Sitzposition erfolgen können.	shall	
E.03	Die Distanz vom Bildschirm zum Insassen sollte optimal für das Auge zum Lesen des Displays sowie optimal für das komfortable Bedienen des Touchscreen sein.	shall	<ul style="list-style-type: none"> • zwischen 33cm und 71,1cm (vgl. Normark, Gärling 2011) • 35-45 cm optimale Distanz zum Arbeiten
E.04	Die Position des Bildschirms in der Vertikalen soll eine optimale Sicht auf das Display und einen optimalen Betrachtungswinkel von 15° (innerhalb 30°) unterhalb der normalen Sichtlinie ermöglichen.	shall	vgl. Normark & Gärling, 2011, Öhmann, 2011 und Smulders et al. 2019
E.05	Die Position des Bildschirms in der Horizontalen soll eine optimale Sicht auf das Display ermöglichen und im optimalen Bereich für des Blickfelds (30°) sein.	must	vgl. Bubb et al. 2015
E.06	Es soll möglich sein die Position um xx mm in der Horizontalen und yy mm in der Vertikalen und den Winkel des Bildschirms um zz Grad zu verstellen.	shall	muss noch näher definiert werden
E.07	Bildschirme sollten so angeordnet werden, dass bei der Nutzung des RSE keine Motion Sickness auftritt.	shall	<ul style="list-style-type: none"> • muss bei der Displaygröße und -position berücksichtigt werden, vgl. Diels, Bos 2015 • Absicherung durch Probandenversuche • soll sich nicht negativ auf das Wohlbefinden der Insassen auswirken
E.08	Der Bildschirm soll belndfrei sein, und es sollen keine Reflexionen entstehen	shall	Absicherung mit Lichtstrahlen
E.09	Der Klappstisch sollte so positioniert werden, dass eine ideale Körperhaltung nach EN ISO 9241 -5 gewährleistet wird.	must	Die ideale Armhaltung bei einer sitzenden Bürotätigkeit sieht vor, dass der Oberarm parallel zum Oberkörper und der Unterarm in einem Winkel von 90°-100° zum Oberarm steht
E.10	Ablagen sollen vom Insassen leicht erreichbar und zugänglich sein.	shall	
E.11	Kraftaufwand beim Ein- und Ausklappen sowie beim Verstellen von Teilen soll gering sein.	shall	
D.xx Display & Bedienung	-	-	-
D.01	Die Displaygröße soll mindestens 10 Zoll sein.	shall	
D.02	Die Bedienung sollte über einen Touchscreen geschehen.	shall	
D.03	Externe Bedienelemente sollten so gestaltet werden, dass die selben Funktionen vorhanden sind wie das Hauptdisplay.	shall	
D.04	Die Bedienung des RSE soll als komfortabel empfunden werden.	shall	<ul style="list-style-type: none"> • Absicherung durch Probandenversuche
D.05	Das Bedienkonzept soll volldigital sein.	shall	

Anhang B

		Lösungen						
Bereiche	Bildschirmposition	Seatback 	Mittelkonsole 	Overhead 1 	Overhead 2 			
	Anzahl Bildschirme	1	2			[1]		
	Bedienung	Tür 	Mittelkonsole 	Dach 	mobiles Bedienelement 	ohne zusätzliches Bedienelement/Bedienung am Hauptbildschirm 		
	Anzahl Bedienelemente	1	2					
	Sitzkonzept	Verstellung in Zero-Gravity-Position (o.ä. Position) 	keine Verstellung in Zero-Gravity-Position 	Sitzverstellung in x-Richtung 				
	Kofferraumtrennung	Durchladesystem, keine Trennung zwischen Kofferraum u. Sitz 	Durchladesystem, Trennung durch Kofferraumabdeckung 	mit Trennwand 				
	Ablagen	Mittelarmlehnenfach 	Türablage 	Vordersitztasche 	Mittelkonsole Seitenfach 	Mittelkonsole Cupholder 	Boden 	
	Tisch	in Mittelkonsole 	am Vordersitz 	kein Tisch 				
	Beinauflage	unter dem Sitz 	am Vordersitz 	keine Beinauflage 				
			● Variante 1 Seatback	● Variante 2 Mittelkonsole	● Variante 3 Overhead 1	● Variante 4 Overhead 2		

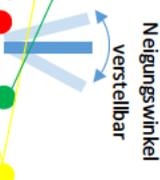
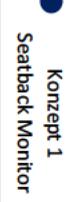
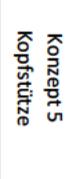
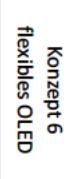
Bildquellen: [1] HAW, 2019, Juli

[2] Woopa TV

Anhang C

Kriterium	Gewichtungsfaktor [%]	Konzept 1 Seatback		Konzept 2 Mittelkonsole		Konzept 3 Overhead 1		Konzept 4 Overhead 2		Konzept 1a Seatback	
		Punkte	Einzel-nutzwerte	Punkte	Einzel-nutzwerte	Punkte	Einzel-nutzwerte	Punkte	Einzel-nutzwerte	Punkte	Einzel-nutzwerte
Bildschirm	30										
Ergonomie	7	1	7	1	7	2	14	2	14	1	7
Packaging	6	3	18	1	6	0	0	0	0	3	18
Komplexität	5	3	15	2	10	1	5	1	5	3	15
Komfort	6	1	6	2	12	3	18	3	18	1	6
Sicherheit	6	2	12	1	6	3	18	3	18	2	12
Bedienung	30										
Ergonomie	8	2	16	4	32	2	16	2	16	2	16
Packaging	8	2	16	2	16	2	16	2	16	2	16
Komfort	8	3	24	2	16	3	24	3	24	3	24
Komplexität	6	3	18	1	6	3	18	3	18	3	18
Ablagen	10										
Größe	5	2	10	2	10	3	15	2	10	3	15
Packaging	5	3	15	3	15	3	15	3	15	3	15
Tisch	30										
Ergonomie	7	4	28	2	14	2	14	4	28	2	14
Packaging	6	1	6	3	18	3	18	1	6	3	18
Komfort	6	3	18	0	0	0	0	3	18	0	0
Komplexität	5	2	10	3	15	3	15	2	10	3	15
Sicherheit	6	1	6	2	12	2	12	1	6	2	12
Gesamtnutzwert	% 100	Σ/10	22.5	Σ/10	18.3	Σ/10	20.6	Σ/10	21.6	Σ/10	22.1

Anhang D

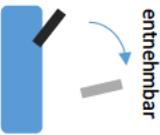
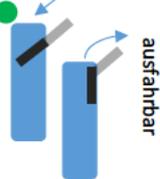
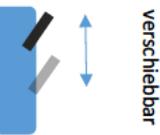
		Lösung					
Position	 an der Vorderstuhllehne fest	 Im Sitz integriert höhenverstellbar (vertikal)	 In Kopfstütze horizontal verstellbar	 Neigungswinkel verstellbar	 rotierbar um vertikale Achse	 herausnehmbar	
Bewegung/Verstellung	 an der Rückseite Vorderstuhls [1]	 bündig mit Sitz ausfahrbar	 an der Kopfstützenstange [2]	 rollbar (flexibles OLED) [4]			
Montierung	 keine Verstaumöglichkeit	 ausfahrbar	 Klappbar [3]				
Verstaung	 Keine Verstaumöglichkeit Konzept 1 Seatback Monitor	 Konzept 2 Seatback abnehmbar	 Konzept 3 Seatback flexibel	 Konzept 4 Seatback integriert	 Konzept 5 Kopfstütze	 Konzept 6 flexibles OLED	

Bildquellen: [1] Deagencia, [2] Incarpassion, [3] The Verge, [4] LG Display

Anhang E

Konzept	Gewichtungsfaktor [%]	Konzept 1 Seatback Monitor		Konzept 2 Seatback abnehmbar		Konzept 3 Seatback flexibel		Konzept 4 Seatback integriert		Konzept 5 Kopfstützen- monitor		Konzept 6 flexibles OLED	
		Punkte	Einzel- nutzwerte /10	Punkte	Einzel- nutzwerte /10	Punkte	Einzel- nutzwerte /10	Punkte	Einzel- nutzwerte /10	Punkte	Einzel- nutzwerte /10	Punkte	Einzel- nutzwerte /10
Kriterium													
Ergonomie	17	2	34	2	34	4	68	2	34	2	34	2	34
Packaging	17	3	51	3	51	3	51	2	34	2	34	1	17
Komplexität	13	4	52	3	39	2	26	3	39	3	39	1	13
Sicherheit	15	2	30	1	15	1	15	3	45	3	45	3	45
Robustheit	13	3	39	2	26	2	26	4	52	4	52	1	13
Komfort	17	3	51	4	68	4	68	2	34	1	17	2	34
Innovationsgrad	8	1	8	1	8	2	16	3	24	1	8	4	32
Gesamtnutzwert	% 100	Σ/10	26.5	Σ/10	24.1	Σ/10	27.0	Σ/10	26.2	Σ/10	22.9	Σ/10	18.8

Anhang F

	Lösung			
Bewegung	 entziehbar	 ausfahrbar	 verschiebbar	
Schnittstelle	 Touch-Display	 flexibles OLED [1]	 Smart Surface [2]	 mechanische Knöpfe [3]
● Konzept 1 Touchdisplay fest	● Konzept 2 Tablet entnehmbar	● Konzept 3 Touchdisplay ausfahrbar	● Konzept 4 flexibles OLED	● Konzept 5 Smart Surface

Bildquellen: [1] Audi

[2] Yanfeng

[3] autoevolution (2)

Anhang G

Kriterium	Gewichtungsfaktor [%]	Konzept 1 Touchdisplay fest		Konzept 2 Tablet entnehmbar		Konzept 3 Touchdisplay ausfahrbar		Konzept 4 flexibles OLED		Konzept 5 Smart Surface	
		Punkte	Einzel- nutzwerte	Punkte	Einzel- nutzwerte	Punkte	Einzel- nutzwerte	Punkte	Einzel- nutzwerte	Punkte	Einzel- nutzwerte
Komfort	20	2	40	3	60	1	20	2	40	1	20
Ergonomie	20	2	40	3	60	2	40	2	40	2	40
Package	20	3	60	3	60	2	40	3	60	4	80
Robustheit	15	4	60	3	45	2	30	1	15	4	60
Komplexität	15	3	45	2	30	2	30	1	15	1	15
Innovationsgrad	10	1	10	1	10	3	30	4	40	4	40
Gesamtnutzwert	% 100	Σ/10	25.5	Σ/10	26.5	Σ/10	19.0	Σ/10	21.0	Σ/10	25.5

Anhang H

CD

- Masterarbeit_Min-Sae_Lee.pdf
- /CAD/
 - 01_Rear_Seat_Entertainment_assembly.prt.
 - Bildschirmeinheit.prt
 - Bildschirm.prt
 - Bildschirmhalterung.prt
 - Sitzanbindung.prt
 - Bedienung.prt
 - Armlehne.prt
 - Bedienelement.prt
 - Tuerbedienung.prt
 - Klapptisch.prt
 - MiKo_Hinterteil.prt
 - Kofferraumtrennung.prt
 - Sitze.prt
 - Schnitte.prt
 - Sitze_alt
 - KFI-19_ECO_Package.prt
 - VP_Strak_[...].prt
 - ...
 - VP_STRAK_ZSB_Greenhouse.prt
 - Greenhouse_[...].prt
 - ...
 - B-Saeulenverkleidung.prt
 - ZSB_Mittelkosnole.prt
 - VP_Miko_[...].prt
 - ...

Umgebungsgeometrien

