



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Bachelorarbeit

Nigena Mirzai

Bereitstellung von Informationen und Sicherheitsanweisungen in Flugzeugkabinen mittels Projektionsverfahren

*Fakultät Technik und Informatik
Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau*

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

Nigena Mirzai

**Bereitstellung von Informationen und
Sicherheitsanweisungen in
Flugzeugkabinen mittels
Projektionsverfahren**

Bachelorarbeit eingereicht im Rahmen der Bachelorprüfung

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

in Zusammenarbeit mit:
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
Kabine- und Nutzlastsysteme
Hein-Saß-Weg 22
21129 Hamburg

Erstprüfer/in: Prof. Dipl. Des. Werner Granzeier
Zweitprüfer/in: Dipl. Ing. Frank Meller

Abgabedatum: 05.04.2023

Zusammenfassung

Nigena Mirzai

Thema der Bachelorthesis

Bereitstellung von Informationen und Sicherheitsanweisungen in Flugzeugkabinen mittels Projektionsverfahren

Stichworte

Projektionsverfahren, Sicherheitsanweisungen, Flugzeugkabine

Kurzzusammenfassung

Diese Arbeit beinhaltet die Erstellung und Untersuchung von Projektionskonzepten in Flugzeugkabinen mit dem Fokus auf der Verbreitung von Sicherheitsinformationen. Diese können ergänzend zu konventionellen Kommunikationsmitteln eingesetzt werden, um so die Sicherheit in Flugzeugkabinen zu erhöhen. Als Projektionsfläche können die Handgepäckstauflächen dienen. Die Analyse der Konzepte basiert auf einer Umfrage.

Nigena Mirzai

Title of the paper

Provision of information and safety instructions in aircraft cabins using projection methods

Keywords

Projection method, safety instructions, aircraft cabin

Abstract

This thesis involves the development and investigation of projection concepts in aircraft cabins with a focus on the communication of safety information. These can be used in addition to conventional means of communication in order to increase safety in aircraft cabins. The hand luggage compartments can serve as a projection surface. The analysis of the concepts is based on a survey.

Aufgabenstellung



Bachelorarbeit

Aufgabenstellung

Bereitstellung von Informationen und Sicherheitsanweisungen in Flugzeugkabinen mittels Projektionsverfahren

Prüfer: Prof. Dipl. Des. Werner Granzeier

Betreuer: Prof. Dipl. Des. Thomas-Mathias Bock (DLR)

Motivation

Mediengeräte sind aus unserem Leben nicht mehr wegzudenken. Durch den digitalen Medienkonsum werden heutzutage viele Informationen kommuniziert und aufgenommen. Daher stellt sich die Frage, wie diese digitale Kommunikation auch in einer Flugzeugkabine eingesetzt werden kann, um Passagiere auf kommerziellen Flügen mit wichtigen Informationen zu versorgen. Diese Informationen können sowohl Notwendiges umfassen, wie etwa die Positionen von Notausgängen und das korrekte Verhalten in Gefahrensituationen, als auch zusätzliche Leistungen, wie Werbung. Passagiere würden während des Flugs unmittelbar gezielte Informationen erhalten, die als Orientierungshilfe dienen können. Da sich die Passagiere hauptsächlich auf ihrem Sitz aufhalten, müssen die Informationen von dort gut erkennbar sein. Dies kann durch die Projektion an die Overhead Stowage Compartments realisiert werden. Zum Einsatz kommen Projektionsverfahren, die bereits im Passagierflugverkehr Verwendung finden. Piktogramme und Animationen, werden dabei als einfache Darstellungsweisen verwendet, da sie für eine breite Zielgruppe (z.B. Jung und Alt, unterschiedliche Kulturen) verständlich sind. Zudem neigen Menschen in Paniksituationen dazu, lebensnotwendige Maßnahmen zu vergessen, sodass Piktogramme effektiv diese Informationslücke schließen und somit lebensrettend sein könnten.

Ziel

Das Ziel der Arbeit ist die Untersuchung von Kommunikationsmitteln in der Flugzeugkabine und inwiefern sich die konventionellen Mittel durch neuartige Medien ergänzen lassen. Zudem werden verschiedene Darstellungsweisen verglichen (z.B. genormt und nicht genormt). Dafür werden visuelle Informationen und Sicherheitsanweisungen erstellt, welche bei verschiedenen Notfallszenarien in der Flugzeugkabine mittels Projektionsverfahren angewendet werden können. Mit dem Konzept sollen verschiedene Informationen für Passagiere und Flugbegleiter an den Overhead Stowage Compartments projiziert werden, welche als präventive sowie interventive Maßnahmen dienen. Zu den Szenarien sollen zunächst Piktogramme und Animationen erstellt werden, die allgemein verständlich sind. Für die Bewertung der Verständlichkeit werden repräsentative Umfragen durchgeführt.



Hauptaufgaben

- Literaturrecherche über Notfälle und Stand der Technik - Varianten und Alternativen
- Erstellung von Lichtkonzepten für ausgewählte Notfallszenarien - techn. Realisierungsansätze
- Versuchsplanung und Durchführung für Umfragen - geeignete Umfragepersonengruppen
- Auswertung der Umfragen und Bewertung mit Rückschluss auf die Positionen

Prof. Dipl. Des. Werner Granzeier

Kurzreferat

Diese Arbeit befasst sich mit der Frage, wie neue Medien die bestehenden Kommunikationsmethoden in Flugzeugkabinen verbessern können. Zu diesem Zweck werden Projektionskonzepte entwickelt, welche visuelle Informationen und Sicherheitshinweise in der Flugzeugkabine bei Notfällen mit Hilfe von Projektionen eingesetzt werden können. Die Informationen sollen auf die Gepäckfächer projiziert werden, damit diese von Passagieren und Flugbegleitern als Präventiv- und Interventionsmaßnahmen genutzt werden können. Neben einer Recherche zu Flugnotfällen und Projektionstechnologien werden die Projektionskonzepte entwickelt, in einem Kabinenlicht Mock-up erprobt und mittels Umfrage hinsichtlich ihrer Verständlichkeit analysiert.

Abstract

This work addresses the question of how new media can improve existing communication methods in aircraft cabins. For this purpose, projection concepts are developed which can be used to provide visual information and safety instructions in the aircraft cabin during emergencies. The information will be projected onto overhead bins for use by passengers and flight attendants as preventative and intervention measures. Therefore, research on emergencies and projection technologies for commercial aviation is done. In addition, the projection concepts will be developed, tested in a light mock-up, and analyzed via survey concerning comprehensibility.

Inhalt

Zusammenfassung	4
Aufgabenstellung	6
Kurzreferat	9
Abstract	9
Inhalt	10
Abbildungsverzeichnis	11
Tabellenverzeichnis	13
Abkürzungsverzeichnis	14
1 Einleitung	16
2 Grundlagen	17
2.1 Luftfahrtnotfälle mit Handlungsbedarf bei den Passagieren	17
2.2 Menschliche Reaktionen in Flugnotfällen	20
2.3 Kommunikation zwischen Flugbesatzung und Passagieren	21
2.4 Beleuchtungs- und Projektionstechnologien	23
2.4.1 Beleuchtungsmittel	24
2.4.2 Projektionsmittel	26
2.4.3 Konventionelle Kabinenbeleuchtung und Notbeleuchtung	27
2.4.4 Trends in der Kabinenbeleuchtung	28
2.4.5 Zertifizierungsaspekte	31
3 Entwicklung von Projektionskonzepten für die Flugzeugkabine	36
3.1 Abwägung und Abgrenzung von Projektionskonzepten	36
3.2 Entwicklung und Vorstellung ausgewählter Projektionskonzepte	37
3.3 Erprobung der Projektionskonzepte im Kabinen Mock-up	41
3.4 Analyse der Projektionskonzepte mittels Umfrageauswertung	43
3.4.1 Umfrageplanung und -durchführung	43
3.4.2 Auswertung der Umfrageergebnisse	44
4 Zusammenfassung und Ausblick	50
5 Literaturverzeichnis	54
6 Anhang	56
6.1 Umfragebogen in Google Forms	57
Selbstständigkeitserklärung	64

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Handlungsreihenfolge bei Flugnotfällen.....	17
Abbildung 2: Ablauf einer geplanten Notevakuierung nach [1]	19
Abbildung 3: Darstellung von Licht als Teilchen und Welle [9]	23
Abbildung 4: Aufteilung elektromagnetischer Strahlung [9]	23
Abbildung 5: Aufbau einer LED [9]	24
Abbildung 6: Aufbau einer OLED [9].....	25
Abbildung 7: Klassische Gütemerkmale für eine Beleuchtung	25
Abbildung 8: Aufbau eines DLP-Beamers [17]	26
Abbildung 9: Systeme der Flugzeuginnenbeleuchtung [10].....	28
Abbildung 10: Sternenhimmel in der Flugzeugkabine von Diehl [19].....	28
Abbildung 11: B787 Mock-up mit farblicher Kabinentrennung von Diehl [18]	29
Abbildung 12: GuideU CustomFit der Lufthansa Technik AG [20].....	29
Abbildung 13: B787 Kabine mit Tag-und-Nacht Beleuchtungssimulation [17]	30
Abbildung 14: EXPLROER Kabine mit Unterwasserszenen von Lufthansa Technik & Diehl [18]	30
Abbildung 15: Projektion von Fluginformationen in der Airbuskabine [23].....	31
Abbildung 16: Beispiel für Notausgangortungs-zeichen [24]	32
Abbildung 17: Beispiel für Notausgangmarkierungs-zeichen [24].....	32
Abbildung 18: Beispiel für Notausgangzeichen für Klassentrenner [24]	32
Abbildung 19: Projektionskonzept für Ort und Öffnen der Notausgänge	38
Abbildung 20: Projektionskonzept für die Benutzung von Sauerstoffmasken	39
Abbildung 21: Projektionskonzept für das Anschnallen in verschiedenen Sprachen ⁴⁰	
Abbildung 22: Projektionskonzept „Notausgang“ im Mock-up	41
Abbildung 23: Projektionskonzept „Anschnallen“ im Mock-up	42
Abbildung 24: Projektionskonzept "Speisekarte" im Mock-up.....	42
Abbildung 25: Geschlechtsverteilung der Umfrageteilnehmer	44

Abbildung 26: Altersverteilung der Umfrageteilnehmer	44
Abbildung 27: Verteilung von Wahrnehmung bzw. Nutzung konventioneller Kommunikationsmittel	45
Abbildung 28: Verteilung zur Vorbereitung auf Flugnotfälle durch konventionelle Kommunikationsmittel	46
Abbildung 29: Verteilung zur Nutzung der Speisekarte	46
Abbildung 30: Verteilung zu der Nutzung des Unterhaltungssystems	47
Abbildung 31: Verteilung zum Projektionskonzept "Anschnallen"	48
Abbildung 32: Verteilung zum Projektionskonzept "Notausgänge"	48
Abbildung 33: Verteilung zum Projektionskonzept "Speisekarte"	49
Abbildung 34: Verteilung zur Projektion eines Sternenhimmels	49

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Flugnotfälle und Kommunikation in der Flugzeugkabine.....	18
Tabelle 2: Kommunikationsmittel für Passagiere.....	21
Tabelle 3: Beispiele für Farbschemata	33
Tabelle 4: Beispiele für Zeichen, Kennzeichnungen und Plakate	34

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bezeichnung
3D	Dreidimensional
AMC	Acceptable Means of Compliance
ANSI	American National Standards Institute
CIDS	Cabin Intercommunication Data System
CS	Certification Specifications
DLP	Digital Light Processing
DMD	Digital Micromirror Device
ICAO	International Civil Aviation Organization
IFE	In-flight Entertainment
ISO	Internationale Organisation für Normung
LCD	Liquid Crystal Display
LCoS	Liquid Crystal on Silicon
LED	Light Emitting Diode
OLED	Organic Light Emitting Diode
PSU	Passenger Service Unit
SAE	Society of Automotive Engineers
UHP	Ultra High Pressure

1 Einleitung

Mediengeräte sind aus dem menschlichen Leben nicht mehr wegzudenken. Durch den digitalen Medienkonsum werden heutzutage viele Informationen kommuniziert und aufgenommen. Daher stellt sich die Frage, wie diese digitale Kommunikation auch in einer Flugzeugkabine eingesetzt werden kann, um Passagiere auf kommerziellen Flügen mit wichtigen Informationen zu versorgen. Dies können einerseits Sicherheitsinformationen (z.B. Positionen der Notausgänge, Verhalten in Notsituationen etc.) und andererseits Informationen für kommerzielle Zwecke sein (z.B. Werbung). Da sich die Passagiere hauptsächlich auf ihrem Sitz aufhalten, müssen die Informationen von dort gut erkennbar sein. Eine dafür geeignete Methode ist die Projektion an die Gepäckstauflächen den sog. Overhead Stowage Compartments. Zum Einsatz kommen Projektionsverfahren, die bereits im Passagierflugverkehr erprobt werden. Animierte Piktogramme werden dabei als einfache Darstellungsweise verwendet, da sie für eine breite Zielgruppe (z.B. Jung und Alt, unterschiedliche Kulturen) verständlich sind. Passagiere neigen bei Notfällen dazu, Anweisungen so gut wie möglich zu befolgen. Daher kann eine erhöhte Aufmerksamkeit und eine gute Vorbereitung von Sicherheitsanweisungen lebensrettend sein. [1]

Das Ziel der Arbeit ist die Untersuchung von Kommunikationsmitteln in der Flugzeugkabine und inwiefern sich die konventionellen Mittel durch neuartige Medien ergänzen lassen. Dabei werden die folgenden Zwischenziele definiert:

- Vorstellung von Flugnotfällen und dem menschlichen Verhalten in solchen Situationen
- Vorstellung von konventionellen Kommunikationsmitteln in der Flugzeugkabine
- Vorstellung von Beleuchtungs- und Projektionstechnologien mit besonderem Hinblick auf Trends und Zertifizierungsaspekte
- Erstellung von Projektionskonzepten und dessen Erprobung in einem Kabinenlicht Mock-up
- Analyse der Projektionskonzepte mittels einer Umfrage

Konkret werden die Ziele durch folgenden Aufbau erreicht: Die Arbeit gliedert sich in einen Grundlagenteil und einen Entwicklungs- sowie Analyseteil. Die **Grundlagen** beinhalten die Beschreibung von Flugnotfällen. Darauf aufbauend wird das menschliche Verhalten in solchen Situationen erläutert, um Rückschlüsse auf die Kommunikation zu ziehen. Es folgt die Vorstellung von konventionellen Kommunikationsmitteln in der Flugzeugkabine (wie z.B. Sprechfunkanlage, IFE etc.). Zudem wird auf Beleuchtungs- und Projektionstechnologien eingegangen. Dabei werden allgemeine Beleuchtungsmittel sowie Projektoren vorgestellt. Daraufhin wird der Ist-Zustand sowie Trends jener Technologien in der Flugzeugkabine aufgezeigt. Ferner wird auf die zugehörigen Zertifizierungsaspekte eingegangen. Die **Entwicklung von Projektionskonzepten** für die Flugzeugkabine gliedert sich weiter in eine Abwägung dieser Technologie, deren beispielhafter Umsetzung sowie Erprobung und der Analyse mittels Umfrage.

2 Grundlagen

Die Grundlagen schaffen das theoretische Fundament für diese Arbeit. Zunächst erfolgt eine Beschreibung von Luftfahrtnotfällen, welche einen Handlungsbedarf bei den Passagieren und somit eine Kommunikation mit jenen erfordern. Es wird ferner auf das menschliche Verhalten in Luftfahrtnotfällen aus Sicht der Passagiere eingegangen. Darauf wird auf die konventionelle Kommunikation mit Passagieren in Flugzeugkabinen eingegangen. Es folgt eine Beschreibung von Beleuchtungs- und Projektionstechnologien.

2.1 Luftfahrtnotfälle mit Handlungsbedarf bei den Passagieren

Ein Notfall ist ein plötzliches Ereignis, das eine ernsthafte Gefahr für das Leben oder die Gesundheit einer Person aufgrund einer Verletzung oder schweren Krankheit darstellt. Unter diesen Umständen ist sofortiges Handeln erforderlich. [2]

Im Falle eines Notfalls an Bord eines Zivilflugzeuges ist das Flugpersonal einer ungewöhnlichen Situation ausgesetzt. I.d.R. sind die unmittelbaren Handlungen durch in Abbildung 1 gezeigten Reihenfolge bestimmt:

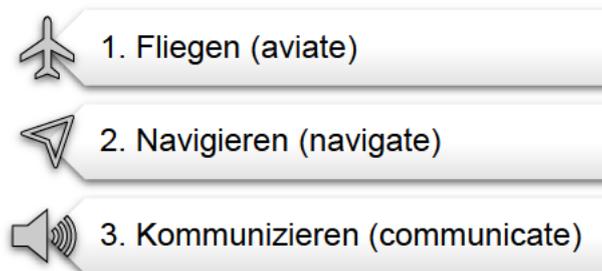


Abbildung 1: Handlungsreihenfolge bei Flugnotfällen

Der Schwerpunkt dieser Arbeit liegt auf der Kommunikation. Hierbei versucht das Flugpersonal alle betroffenen Parteien von der Art des Notfalls und den entsprechenden Absichten informieren. Zu den betroffenen Parteien gehören die Flugverkehrskontrolle, die Kabinenbesatzung, die Passagiere und die Airline. Zudem spielt die verfügbare Zeit, alle vorliegenden oder potenziellen Zusatzinformationen sowie der Schweregrad des Notfalls eine Rolle. Grundsätzlich existieren folgende zwei Schweregrade:

Distress Ein Zustand, welcher eine ernste Bedrohung und/oder eine bevorstehende Gefahr darstellt und dabei **sofortige, erforderliche Hilfe benötigt**.

Urgency Ein Zustand, welcher die Sicherheit des Flugzeuges, einer Person an Bord oder in Sichtweite betrifft, dabei jedoch **nicht sofortige, erforderliche Hilfe benötigt**.

Grundsätzlich existieren keine gleichen Notfälle. Die gleiche Situation kann sich unterschiedlich entwickeln und unterschiedlich gelöst werden, da zu viele beeinflussende

Variablen existieren. Beispielfähig können einige Notfälle hervorgehoben und typische Maßnahmen identifiziert werden. [3]

Eine solche Übersicht mit Fokus auf die Maßnahmen in der Flugzeugkabine zeigt Tabelle 1. Zudem werden präventive Aktionen abgeleitet, welche durch Kommunikation in der Flugzeugkabine einen besseren Verlauf des Notfalls versprechen. Die einzelnen Kommunikationsarten in der Flugzeugkabine sind in Abschnitt 2.3 beschrieben.

Tabelle 1: Flugnotfälle und Kommunikation in der Flugzeugkabine

Notfall	Maßnahmen	Präventive Aktionen	
Feuer an Board	Sauerstoffmasken, Notlandung und Notevakuierung	Informieren über das Verhalten bei Feuer und Hinweisen auf die Notausgänge durch IFE, Sprechfunkanlage, Sicherheitskarte	[3]
Druckverlust	Sauerstoffmasken	Erklärung des Anlegens der Sauerstoffmasken durch IFE, Sprechfunkanlage, Sicherheitskarte	[4]
Notwasserung	Anlegen einer Schwimmweste und Notevakuierung	Erklärung des Anlegens der Schwimmweste und Hinweise auf die Notausgänge durch IFE, Sprechfunkanlage, Sicherheitskarte	[1]
Turbulenzen ¹	Anlegen der Sicherheitsgurte und Anzeige durch Piktogramm in der PSU	Hinweisen auf Sicherheitsgurte und Anschnallzeichen in der PSU	[1]

Feuer an Board

In Falle eines Feuers an Board ist ein Notsinkflug (Emergency Descent) sehr wahrscheinlich. Die Sauerstoffmasken können genutzt werden, um eine Rauchvergiftung zu vermeiden. Zudem ist eine Evakuierung nach der Landung wahrscheinlich. Dafür werden die nächstliegenden Notausgänge genutzt, welche durch Piktogramme gekennzeichnet sind. [3]

Es ist zudem wichtig, dass das Flugpersonal die Passagiere anweist, wie sie die Emergency Tür öffnen und sicher verlassen können. Dazu gehört zum Beispiel das Anlegen von Schwimmwesten und das Vermeiden von Bewegungen im Flugzeug, um die Stabilität des Flugzeugs zu erhöhen. In solchen Situationen können auch Rettungsboote oder andere Rettungsmittel zum Einsatz kommen. Der Ablauf einer geplanten Notevakuierung zeigt Abbildung 2. [1]

¹ Turbulenzen sind nicht zwangsläufig als Notfall einzustufen. Jedoch ist eine Kommunikation mit den Passagieren notwendig, sodass dieser Fall hier ebenfalls erwähnt wird.

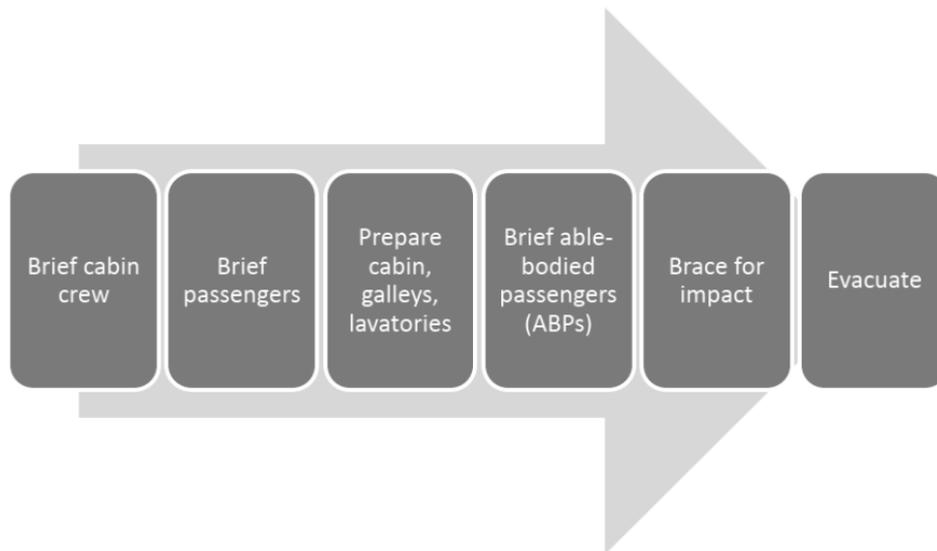


Abbildung 2: Ablauf einer geplanten Notevakuierung nach [1]

Druckverlust

Aus Effizienzgründen fliegen Flugzeuge im Reiseflug in großen Flughöhen, in denen der atmosphärische Druck für das Überleben der Passagiere und der Besatzung zu gering ist. Um in der Kabine komfortable Bedingungen zu schaffen, wird die Kabine in diesen Flughöhen durch die Bordsysteme auf einem erhöhten Druckniveau gehalten. Bei größeren Leckagen kann der Differenzdruck zwischen der Kabine und der Atmosphäre nicht aufrechterhalten werden. In diesem Fall werden die Sauerstoffmasken in Cockpit und Kabine des Flugzeuges eingesetzt. Diese fallen bei einem Druckabfall automatisch herab. Die Passagiere müssen die Sauerstoffmaske innerhalb 30 Sekunden aufsetzen, ansonsten droht eine Gefahr der Bewusstlosigkeit. Um dies zu erreichen, gibt es Sauerstoffmasken über dem Platz jedes Passagiers an den Passenger Service Units (PSU). [4]

Notwasserung

Eine Notwasserung ist eine Notfalllandung eines Flugzeugs auf Wasser. Dies kann aufgrund verschiedener Gründe erforderlich werden, wie zum Beispiel eine technische Störung, ein Treibstoffmangel oder ein Unfall. [5]

Unter oder über den Sitzen befindet sich eine Rettungsweste in einer transparenten Kunststoffhülle. Im Evakuierungsfall können die Passagiere bei einer Notwasserung oder einem Absturz im Wasser die Schwimmweste aufblasen und sich über Wasser halten, damit das Ertrinken verhindert wird. Um die Schwimmweste aufzublasen, muss am Auslösegriff gezogen werden. Dies erfolgt jedoch erst nach dem Verlassen der Maschine und nach Aufforderung der Crew. [6]

Turbulenzen

Turbulenzen sind unerwartete Veränderungen der Luftströmung, die während eines Flugs auftreten können und zu sehr starken Erschütterungen oder Schwankungen des Flugzeugs führen können. Solche Turbulenzen können verschiedene Ursachen haben, wie zum Beispiel Wetterbedingungen, die Form der Landschaft unter dem Flugzeug oder die Luftströmungen in der Nähe von Flughäfen. Auch im Reiseflug kann es jederzeit zu unvorhergesehenen Turbulenzen kommen, sogenannte Clear Air Turbulences. [7]

Durch einen geschlossenen Gurt kann die Verletzungsgefahr dabei minimiert werden. Sobald das Flugzeug startet, sollten die Passagiere sich vorher mit dem Gurt, der am Sitz befestigt ist, anschnallen. Auch beim Landen und Rollen ist dies erforderlich. Wenn das Ansnallzeichen des Gurts erlischt, können die Passagiere diesen wieder öffnen. [6]

2.2 Menschliche Reaktionen in Flugnotfällen

Bei einem Flugzeugnotfall können die menschlichen Reaktionen je nach Person und Art des Notfalls unterschiedlich ausfallen. Es können folgende typische Reaktionen beobachtet werden:

1. Panik und Schock: In einigen Fällen können Passagiere durch einen unerwarteten Notfall, wie z. B. schwere Turbulenzen, einen plötzlichen Druckverlust in der Kabine oder einen Triebwerksausfall, in Panik geraten oder einen Schock erleiden.
2. Anweisungen befolgen: Die meisten Fluggesellschaften verfügen über gut eingeführte Notfallverfahren, die die Besatzung den Fluggästen mitteilt. Viele Passagiere werden versuchen, diese Anweisungen so gut wie möglich zu befolgen.
3. Ruhe bewahren: Die Kabinenbesatzung sollte die Fluggäste auf folgende Weise informieren in ruhiger und beruhigender Weise informieren, indem sie ihnen mitteilen, was vor sich geht.
4. Hilfe leisten: Einige Passagiere können während eines Notfalls eine Führungsrolle übernehmen, indem sie bei der Koordination der Evakuierung helfen und anderen Passagieren bei Bedarf beistehen. Dafür können Informationen über die Art des Notfalls entscheidend sein, z.B. informieren eines Arztes an Bord bei einem medizinischen Notfall.
5. Erstarren oder Orientierungslosigkeit: In einigen Fällen kann es vorkommen, dass Passagiere erstarren oder orientierungslos werden, so dass sie keine Maßnahmen ergreifen oder Anweisungen befolgen können.

Fluggesellschaften führen vor jedem Flug eine Sicherheitsunterweisung durch, um die Passagiere auf Notfälle vorzubereiten. Dazu gehören Informationen darüber, wie die Sicherheitsausrüstung zu benutzen ist, wo die Notausgänge zu finden sind und was im Notfall zu tun ist. Die dafür verwendeten Kommunikationsmittel in der Flugzeugkabine werden im nächsten Abschnitt beschrieben. [1]

2.3 Kommunikation zwischen Flugbesatzung und Passagieren

Die Kommunikationssysteme in der Kabine werden zentralisiert von dem Cabin Intercommunication Data System (CIDS) gesteuert. Es ist somit essenziell, um alle Passagiere zu informieren und trägt zum allgemeinen Komfort sowie zu der Sicherheit bei. Es kontrolliert alle Funktionen des Passagier Service Systems, wie z.B. die Kabinenbeleuchtung, das Service Interphone, beleuchtete Zeichen, Leselichter, automatische Ankündigungen, Unterhaltungssystem etc. Das CIDS besteht aus zwei redundanten Computern (einer aktiv und einer inaktiv). [8]

Neben den Systemen, die von dem CIDS gesteuert werden, gibt es zudem nicht-digitale Informationswege, wie z.B. die Sicherheitskarte oder Plakate in der Kabine. Eine Übersicht über die Kommunikationsmittel für die Passagiere ist in Tabelle 2 gezeigt.

Tabelle 2: Kommunikationsmittel für Passagiere

Kabinensystem	Kommunikationsart
Sprechfunkanlage (Passenger Address System)	Auditiv
Passagier Serviceeinheit (Passenger Service Unit)	Visuell
Unterhaltungssystem (In-flight Entertainment System)	Visuell (+ Auditiv)
Sicherheitsdemonstrationen	Visuell + Auditiv
Sicherheitskarte (Safety Card)	Visuell
Informationszeichen, Hinweise und Plakate	Visuell
Megaphone	Auditiv

Sprechfunkanlage

Die Sprechfunk- bzw. Beschallungsanlage (engl. Passenger Address System) dient zur Durchsage an Passagiere über alle zugewiesenen Passagierlautsprecher aus dem Cockpit oder von Flugbegleiterstationen. Folgende Audiosignale können abgegeben werden: [9]

- Durchsagen der Flugbesatzung
- Voraufgezeichnete/gespeicherte Durchsagen
- Musik zum Einsteigen
- Töne bzw. Glockenspiel

Passagier Serviceeinheit

Die Passagier Serviceeinheit (engl. Passenger Service Unit) ist unterhalb der Overhead Bins über jedem Passagiersitz angebracht [10]. Sie beinhaltet i.d.R. Leselampen, Lautsprecher und aufleuchtende Hinweiszeichen für das Anschnallen sowie Nichtrauchen [11].

Unterhaltungssystem

Das Unterhaltungssystem (engl. In-flight Entertainment System) bezeichnet eine Auswahl an Filmen, Musik, Hörbüchern, Podcasts, Spielen und anderen Unterhaltungsoptionen, die Fluggesellschaften ihren Kunden als Bordunterhaltung anbieten. Die Fluggesellschaften unterscheiden sich in Bezug auf Qualität und Auswahl, einige bieten individuelle Optionen und separate Bildschirme. [12] [13]

Sicherheitsdemonstrationen

Sicherheitsdemonstrationen (engl. Safety Demonstrations) müssen bei jedem Flug stattfinden. Sie können entweder von der Kabinenbesatzung oder mittels Videos den Passagieren präsentiert werden. U.a. müssen folgende Informationen enthalten sein: [6]

- Benutzung der Anschnallgurte
- Lage und Präsentation der Sicherheitskarte
- Lage der Notausgänge
- Notbeleuchtung (z.B. Fluchtmarkierungen)
- Lage und Benutzung der Sicherheitsmasken
- Lage und Benutzung der Schwimmwesten
- Rauchverbot
- Benutzung und Verstaueung von elektronischen Geräten
- Befolgung von Personalanweisungen und Hinweiszeichen
- Schutzhaltung

Sicherheitskarte

Die Sicherheitskarte (engl. Safety Briefing Card) ist eine Methode, um Sicherheitshinweise an die Passagiere zu kommunizieren. Sie enthält beispielsweise Informationen wie die Lage und Benutzung von Notausgängen und zu Sicherheits- und Notfallprozeduren. Die Informationen sind visuell und mittels Piktogrammen dargestellt. Dies sorgt für ein schnelles Verstehen seitens der Passagiere. [6]

Informationszeichen, Hinweise und Plakate

Informationszeichen, Hinweise und Plakate (engl. Information Signs, Markings and Placards) müssen an Bord vorhanden sein, um Passagiere wichtige Informationen und Anweisungen zu vermitteln [6]. Mehr zu diesem Kommunikationsmittel ist in Abschnitt 2.4.5 beschrieben.

Megaphone

Betreiber mit Passagierflügen müssen sicherstellen, dass batteriebetriebene Megaphones für die Kabinenbesatzung einfach zu erreichen und benutzen sind. Diese sollen bei Notevakuierungen genutzt werden, um Anweisungen an die Passagiere zu geben. [1]

2.4 Beleuchtungs- und Projektionstechnologien

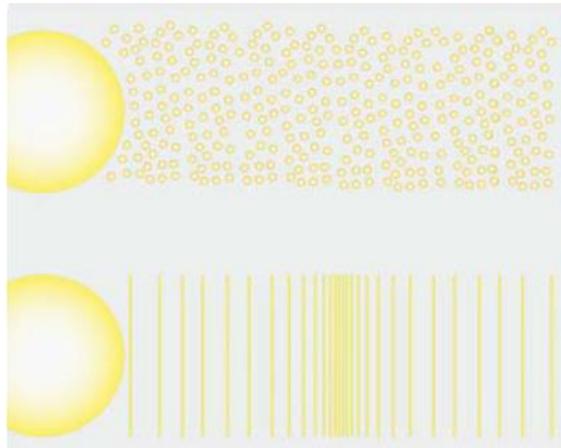


Abbildung 3: Darstellung von Licht als Teilchen und Welle [9]

Beleuchtungs- und Projektionstechnologien basieren auf der Ausbreitung von Licht. Licht ist der sichtbare Teil von elektromagnetischer Strahlung und kann sowohl als Teilchen sowie als Welle betrachtet werden, wie in Abbildung 3 veranschaulicht. Beide Ansätze werden durch Einsteins Relativitätstheorie vereint. Für Beleuchtungs- und Projektionstechnologien spielt nur die sichtbare elektromagnetische Strahlung (Licht) eine Rolle. [14]

Licht kann von dem menschlichen Auge erfasst werden und spiegelt einen relativ kleinen Bereich innerhalb des elektromagnetischen Spektrums wider (siehe Abbildung 4). Das Farbspektrum von Licht kann visualisiert werden, indem ein enges Lichtbündel durch ein Glasprisma auf eine weiße Fläche projiziert wird. Jede Farbe entspricht hierbei einer bestimmten Wellenlänge. Die Mischung aller Farben resultiert in weißem Licht. [14]

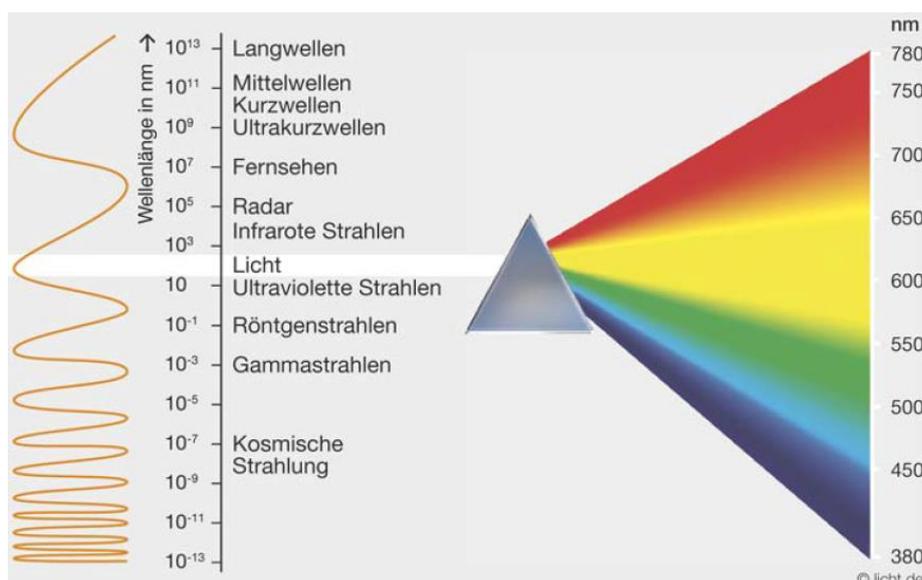


Abbildung 4: Aufteilung elektromagnetischer Strahlung [9]

2.4.1 Beleuchtungsmittel

Die Erzeugung künstlichen Lichts hat sich in den vergangenen Jahren gewandelt: Von Glühlampe über Halogenlampe bis zur LED-Technologie. Hintergrund ist das Streben nach energiesparsamer Beleuchtung. 2014 wurden immer noch 15% der erzeugten elektrischen Leistung für Beleuchtung verbraucht. Im Folgenden werden die wesentlichen Beleuchtungsmittel nach [14] kurz vorgestellt.

Glüh- und Halogenlampen

Bei Glüh- und Halogenlampen wird durch Erhitzen eines Wolfram-Wendeldrahts Licht erzeugt. Dieser sitzt in einem Glaskolben, welcher evakuiert oder mit Edelgasen befüllt ist.

Entladungslampen

Bei Entladungslampen wird die Strahlung durch einen Lichtbogen zwischen zwei Elektroden erzeugt. Die Strahlung tritt entweder direkt als sichtbares Licht aus oder wird durch eine Leuchtstoffschicht auf der Kolbenwand von UV-Strahlung in sichtbares Licht umgewandelt.

Leuchtstofflampen und Induktionslampen

Leuchtstofflampen sind Niederdruck-Entladungslampen. Die Zusammensetzung des Leuchtstoffes entscheidet über den dominierenden Spektralbereich (Blau, Grün oder Rot).

Hochdruck-Entladungslampen

Bei Hochdruck-Entladungslampen kommen vorwiegend Halogenmetалldampf-Lampen und Natriumdampf-Lampen zum Einsatz. Diese sind i.d.R. zweiseitig gesockelt und in Röhren- oder Ellipsenform erhältlich. Sie kommen insbesondere bei Großflächenbeleuchtung (z.B. Industriebeleuchtung oder Sportanlagen) zum Einsatz.

LEDs

Bei LEDs bzw. Leuchtdioden handelt es sich um elektronische Halbleiterbauelemente, welche durch Stromdurchfluss Licht abgeben. Durch eine Gleichspannung wird der Festkörperkristall zum Leuchten gebracht. Sie geben punktförmiges Licht ab, dessen Farbe durch das Halbleitermaterial bestimmt wird. Der LED-Chip wird durch ein Kunststoffgehäuse geschützt. Linsen können eingesetzt werden, um das Licht zu lenken. Der Aufbau ist schematisch in Abbildung 5 dargestellt.

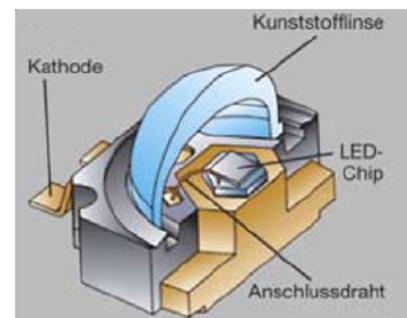


Abbildung 5: Aufbau einer LED [9]

OLEDs

Bei OLEDs bzw. organischen Leuchtdioden fließt Strom durch ultrafeine Schichten aus kleinen Molekülen oder langkettigen Polymeren. Diese liegen zwischen zwei Elektroden. Den Aufbau zeigt Abbildung 6.

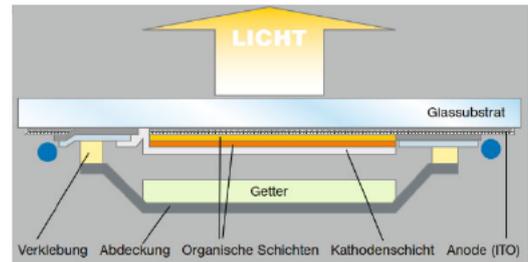


Abbildung 6: Aufbau einer OLED [9]

Die Anforderung an die Beleuchtungsqualität wird durch die spezifische Situation und damit verbundenen Sehauflagen bestimmt. Beispielsweise erfordert Lesen eine andere Beleuchtung als Monatarbeiten. Je nach Raumnutzung und dem gewünschten Erscheinungsbild können klassische Gütemerkmale zur Bewertung herangezogen werden. Die klassischen Gütemerkmale sind in Abbildung 7 dargestellt.

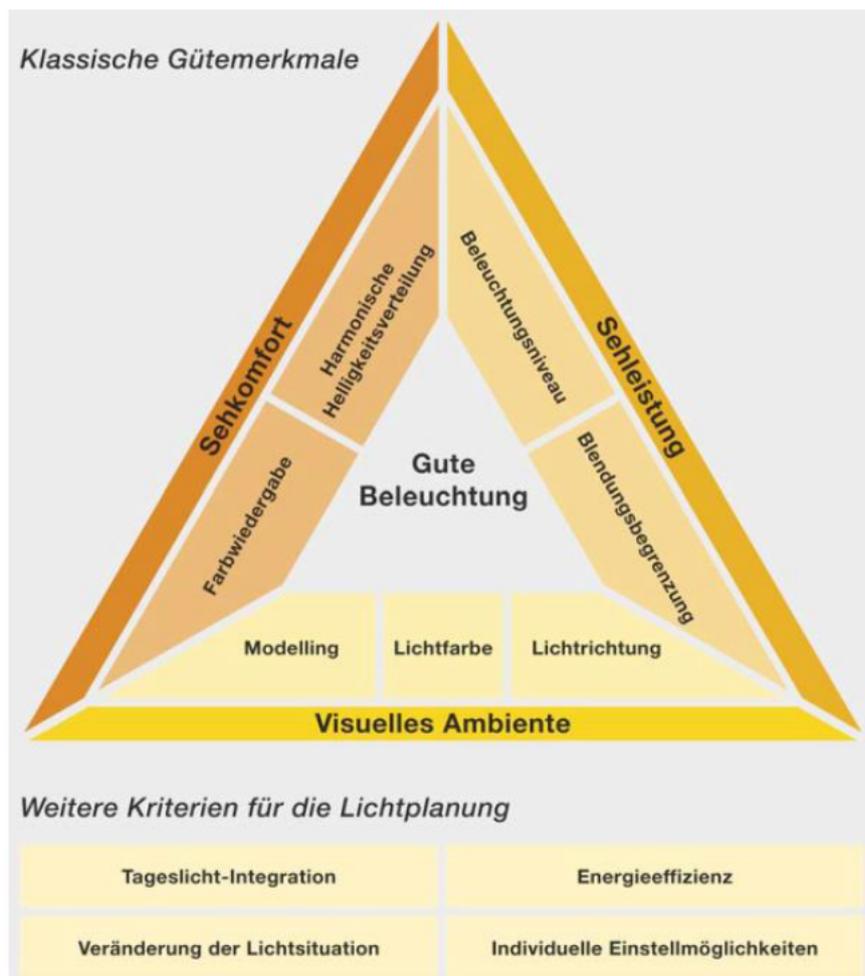


Abbildung 7: Klassische Gütemerkmale für eine Beleuchtung

2.4.2 Projektionsmittel

Eine Projektion ist eine vergrößerte, verkleinerte oder generell modifizierte Übertragung eines Bildes auf eine Projektionsfläche mittels eines Projektors bzw. Beamers. I.d.R. erfolgt die Projektion durch eine kleine transparente Linse. Neuere Projektoren können das Bild direkt projizieren. [15]

Grundsätzlich sind fünf Technologien von Beamer derzeit verbreitet. Diese werden nach [16] kurz vorgestellt.

LCD-Beamer

Liquid Crystal Display (LCD) Beamer funktionieren analog zu Dia-Projektoren. Statt Dias werden drei LCD-Displays in Rot, Grün und Blau genutzt. Die Darstellung der einzelnen Displays wird mittels Spiegel zusammengeführt. Vorteile sind ein günstiger Preis, ein kleines Maß und eine gute Bildschärfe sowie Farbintensität. Nachteile sind die notwendige Kühlung und damit einhergehend eine hohe Lautstärke sowie Staubanfälligkeit (bspw. durch Kühlschlitze).

DLP-Beamer

Digital Light Processing (DLP) Beamer verfügen über ein Digital Micromirror Device (DMD), welches jeden Pixel über mikroskopisch kleine und kippbare Spiegel darstellt. Per elektrischem Impuls leitet ein jeder Spiegel das Licht an die Optik weiter oder blockiert es. Dies geschieht mehrere Tausend Mal pro Sekunde. Die Dauer entscheidet über die Helligkeit. Farben entstehen durch ein rotierendes Farbrad. Der Aufbau ist schematisch in Abbildung 8 dargestellt. Vorteile sind eine hohe Darstellungsgeschwindigkeit (gut für 3D-Inhalte) und höhere Kontraste als bei LCD-Beamern. Zudem entfällt die Staubempfindlichkeit aufgrund einer gekapselten Optik. Nachteile kann der sog. Regenbogeneffekt (farbliche Auftrennung an Kanten ähnlich einem Regenbogen) und Flackern von Zuschauern wahrgenommen werden. Zudem ist ebenfalls eine starke Kühlung notwendig.

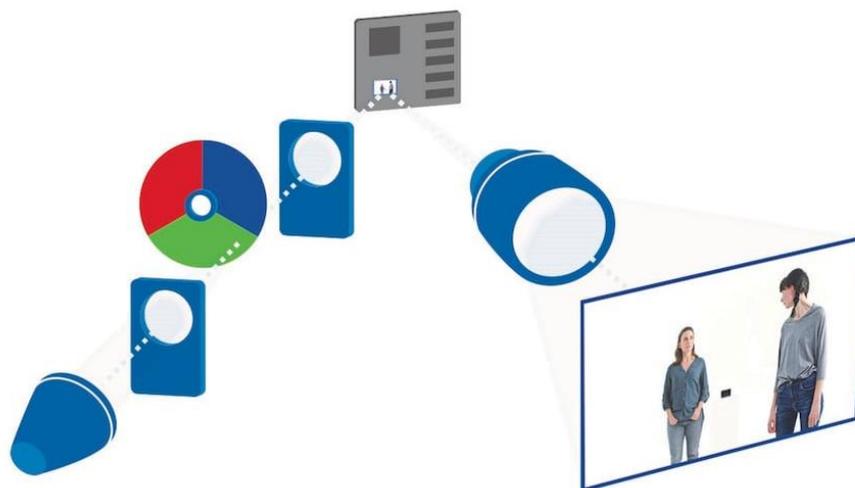


Abbildung 8: Aufbau eines DLP-Beamers [17]

LED-Beamer

Light Emitting Diode (LED) Beamer funktionieren analog zu dem klassischen LCD-Beamer. Jedoch verwenden sie LEDs statt Ultra High Pressure (UHP) Lampen als Lichtquelle. Vorteil ist die effizientere Lichterzeugung und ein damit einhergehender geringerer Kühlaufwand. Zudem ermöglichen RGB-LEDs einen größeren Farbraum. Nachteil ist eine geringere Helligkeit von LED-Beamern. Es kann auch hier zu dem Regenbogeneffekt kommen.

LCoS-Beamer

Liquid Crystal on Silicon (LCoS) Beamer verwenden reflexive LCDs. Diese sind auf einem ansteuerbaren Reflektor angebracht. Vorteile sind hohe Kontrast- und Schwarzwerte. Nachteile sind wie bei dem klassischen LCD-Beamer.

Laser-Beamer

Laser-Beamer zählen zu den modernsten Projektoren. Hierbei werden viele kleine Laser-Dioden zu einem großen Strahl gebündelt. Der Laser regt einen Leuchtstoff an, wodurch Licht aus verschiedenen Farben erzeugt wird. Vorteile sind ein hoher Kontrast und eine natürliche Farbwiedergabe. Nachteilig ist ein schwer erzielbares stabiles Farbbild aufgrund von einem großen Blauanteil im Laser-Licht.

2.4.3 Konventionelle Kabinenbeleuchtung und Notbeleuchtung

Die Beleuchtung von Flugzeugen ist in Kapitel 33 der ATA 100 festgehalten. Sie gliedert sich in Außen und Innenbeleuchtung. In dieser Arbeit wird nur auf die Innenbeleuchtung eingegangen, welche ausschließlich für Passagiere und ggf. die Kabinenbesatzung relevant ist. Dazu gehören die Kabinenbeleuchtung und die Notbeleuchtung. Die Kabinenbeleuchtung besteht aus den folgenden Untersystemen (nach [10]):

- Allgemeine Beleuchtung der Kabine, des Küchen- und Eingangsbereichs
- Beleuchtung der Toiletten
- Passagierleselampen
- Beleuchtete Hinweistafeln (z.B. Anschnall- und Nichtraucherzeichen)

Die Notbeleuchtung wird mithilfe von Batterien. Sie wird aktiviert, wenn die Hauptbeleuchtung ausfällt. Betroffen sind (nach [10]):

- Kabine
- Bereiche vor Notausgängen
- Toiletten
- Fluchtwegmarkierungen (*emergency escape path marking*)
- Leuchtzeichen zu und an den Notausgängen (*exit location signs*)

Abbildung 9 zeigt eine Auswahl der genannten Beleuchtungssysteme.



Abbildung 9: Systeme der Flugzeuginnenbeleuchtung [10]

2.4.4 Trends in der Kabinenbeleuchtung

In der Vergangenheit wurden ausschließlich weiße Leuchtstofflampen in Flugzeugkabinen eingesetzt. Diehl war eines der ersten Unternehmen, welches den Airlines eine farbige und dimmbare Beleuchtung als Option anbot. Im Jahr 2002 wurde die B777 mit einer ersten Generation an Hybridbeleuchtung ausgestattet, bei welcher Leuchtstofflampen mit LEDs kombiniert wurden. Die B787 war das erste Passagierflugzeug mit einer reinen LED-Beleuchtung. Mittlerweile wurden bereits OLEDs in der Kabine getestet. Der Trend geht hin zu kundenspezifischen Beleuchtungsdesigns, welche zur Erzeugung von Lichtstimmung genutzt werden. Hierbei haben sowohl Lichtfarbe als auch Lichthelligkeit einen Einfluss auf die Konzentration und das Wohlbefinden der Passagiere. Insbesondere auf der Langstrecke können Farbprogramme den Jetlag wissenschaftlich nachweislich reduzieren. Bei Flugzeugen für die Kurzstrecke werden Lichtdesigns vor allem als Alleinstellungsmerkmal gegenüber konkurrierenden Airlines genutzt. Dabei hat der Wohlfühlfaktor des Passagiers die höchste Priorität. Die Beleuchtung wird nicht nur bei der Kabinendecke angewandt. Auch die Seitenwände werden beleuchtet. Zudem dienen spezielle Flächen, wie z.B. Bars, Treppen, Küchen oder Trennwände, ebenfalls als Projektionsfläche. Im Folgenden werden bereits umgesetzte bzw. entwickelte Lichtdesigns beispielhaft vorgestellt. [18]

Abbildung 10 zeigt einen durch Projektion erzeugten Sternenhimmel in der Flugzeugkabine. Die Entwicklung stammt von Diehl. [19]

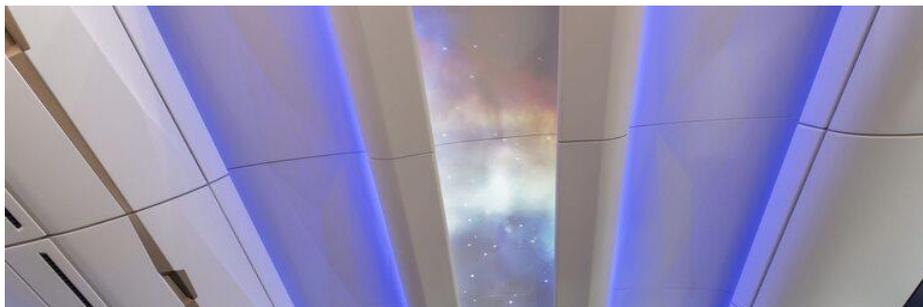


Abbildung 10: Sternenhimmel in der Flugzeugkabine von Diehl [19]

Abbildung 11 zeigt das Mock-up einer B787. Das Lichtdesign von Diehl sorgt für eine farbliche Trennung der Kabine. [18]



Abbildung 11: B787 Mock-up mit farblicher Kabinentrennung von Diehl [18]

Die Weiterentwicklung „GuideU CustomFit“ des Fluchwegemarkierungssystems der Lufthansa Technik AG ist nur sichtbar, wenn es in einem Notfall benötigt wird. Dies geschieht, wenn die Beleuchtung ausfällt. Sie wird in beliebige Bodendesign und somit in das Erscheinungsbild der Airline-Kabine integriert. Die Airlines können darüber hinaus auch die Farbe auswählen. Abbildung 12 zeigt beispielhaft die Weiterentwicklung. [20]



Abbildung 12: GuideU CustomFit der Lufthansa Technik AG [20]

Die Kabine der B787 zeichnet sich durch ein Zusammenspiel von Licht und strukturellen Linien aus. Wie Abbildung 13 andeutet, wird durch eine dynamische LED-Beleuchtung ein Tag-und-Nacht Lichtmuster simuliert. [21]



Abbildung 13: B787 Kabine mit Tag-und-Nacht Beleuchtungssimulation [17]

Die EXPLORER-Designstudie für eine VIP-Kabine von Lufthansa Technik setzt Projektionstechnologie ein, welche animierte Darstellungen über die gesamte Kabine anzeigen kann. So können z.B. realitätsnahe Unterwasserszenen erzeugt werden, wie in Abbildung 14 gezeigt. [22]



Abbildung 14: EXPLROER Kabine mit Unterwasserszenen von Lufthansa Technik & Diehl [18]

Airbus experimentiert ebenfalls mit Projektionstechnologien in der Kabine. Es können auch Informationen, wie z.B. Bilder der Crew-Mitglieder, Fluginformationen (siehe Abbildung 15) etc., angezeigt werden. [23]



Abbildung 15: Projektion von Fluginformationen in der Airbuskabine [23]

2.4.5 Zertifizierungsaspekte

In diesem Abschnitt werden die Beleuchtungs- und Projektionstechnologien in Flugzeugkabinen bezüglich ihrer Zertifizierung beleuchtet. Die Zertifizierungsrichtlinien CS-25 greifen hierbei lediglich die Notfallbeleuchtung auf. Zertifizierungsstandards für Passagierinformationszeichen, Kennzeichnungen und Plakaten werden von der ICAO in dem Handbuch Doc 10086 [6] aufgegriffen.

Notfallbeleuchtung nach CS 25.812 nach [24]

Die Notfallbeleuchtung ist in CS 25.812 sowie AMC 25.812 beschrieben und muss u.a. folgende Subsysteme aufweisen:

1. Beleuchtete Markierungen für den Notausgang
2. Beleuchtete Ortungszeichen für Notausgang
3. Allgemeine Kabinenbeleuchtung
4. Beleuchtung in Notausgangsbereichen
5. Bodenmarkierung für den kürzesten Fluchtweg

Die Zeichen für den Notausgang müssen rote Buchstaben oder ein universelles Symbol auf weißem sowie von innen beleuchtetem Hintergrund haben (CS 25.812 (b) (1) (i)). Dabei wird ein Höhen-Breiten-Verhältnis der Buchstaben zwischen 6:1 und 7:1 vorgegeben. Symbole sollten dem Standard ISO 7010:2012 entsprechen. Sie sollten

ferner weiß und grün sein, wobei die grüne Fläche mindestens der Hälfte der Gesamtfläche innehaben sollte (AMC 25.812(b)(1)). Beispiele sind in Abbildung 16, Abbildung 17 und Abbildung 18 dargestellt. Die Bodenmarkierung für den kürzesten Fluchtweg dürfen nicht mehr als 1.2 m über dem Kabinenboden liegen (CS 25.812 (e)).



Abbildung 16: Beispiel für Notausgangortungszeichen [24]



Abbildung 17: Beispiel für Notausgangmarkierungszeichen [24]



Abbildung 18: Beispiel für Notausgangzeichen für Klassentrenner [24]

Zudem muss das Notfallbeleuchtungssystem u.a. folgende Punkte erfüllen:

- a) Die Beleuchtung muss manuell von der Kabinenbesatzungsstation bedienbar sein (CS 25.812 (f) (1))
- b) Ein Warnungszeichen für die Besatzung muss leuchten, wenn das Flugzeug betrieben wird und das Kontrollgerät für die Notfallbeleuchtung nicht scharf gestellt ist. (CS 25.812 (f) (2)).

Passagierinformationszeichen, Kennzeichnungen und Plakaten nach [6]

Die Flugzeugkabine muss mit entsprechenden Mitteln ausgestattet sein, um folgende Informationen und Anweisungen an die Passagiere zu übermitteln:

1. Ort und Öffnen der Notausgänge
2. Ort und Benutzung der Rettungsschwimmwesten
3. Wenn und wie das Sauerstoffequipment benutzt wird
4. Wenn der Passagier sich anschnallen muss
5. Rauchverbot

Für die Lufttüchtigkeit muss das Flugzeug über die erforderlichen Beschriftungen, Kennzeichnungen und Plakate verfügen. Dies sollte auf Grundlage von geltenden Normen geschehen. Betreiber sollten auch die nationalen Vorschriften des Staates, in dem sie tätig sind, befolgen. Denn diese können über die Normen des Entwurfs- und Eintragungsstaates hinausgehen (z.B. spezielle Sprachanforderungen für Plakate). Zudem können Betreiber zusätzliche Plakate anbringen, die nicht durch nationale Vorschriften vorgeschrieben sind. Die Zeichen, Kennzeichnungen und Plakate sollten folgende Anforderungen erfüllen:

- a) Sie müssen klar lesbar sein
- b) Sie müssen einfach zu verstehen sein
- c) Sie müssen an einer offensichtlichen Stelle und gut sichtbar sein
- d) Sie dürfen nicht leicht löschar, entfernenbar, verfälschbar oder verdeckbar sein

- e) Sie sollten sowohl einen Hinweis zur Lage (in Augenhöhe, um Aufmerksamkeit zu erregen) als auch eine Markierung (an der genauen Stelle, z.B. auf Bodenhöhe) enthalten
- f) Sie sollten einen angemessenen Kontrast zwischen Schrift und Hintergrund aufweisen (z.B. schwarz auf weiß oder rot auf weiß für Notfallplakate)
- g) Sie sollten möglichst internationale Symbole statt Wörter nutzen (und sonst Wörter auf Englisch und im Imperativ)

Piktogramme werden als bevorzugter Medientyp für Zeichen, Kennzeichnungen und Plakate empfohlen (anstatt Text). Sie fördern die Sicherheit und vermeiden bzw. reduzieren Personenschäden, indem Informationen leichter zu verstehen sind. So werden z.B. Sprachbarrieren umgangen.

Ein Piktogramm ist ein Symbol, das eine Idee, ein Objekt, eine Tätigkeit, einen Ort oder ein Ereignis darstellt, indem es diese durch eine Illustration veranschaulicht. Piktografie ist eine Form der Schrift, bei der die Übertragung von Ideen durch Zeichnungen erfolgt. Piktogramme zeichnen sich durch ihren vereinfachten Stil aus, bei dem alle Details, die für die gewünschte Kommunikation nicht von Bedeutung sind, weggelassen werden. Sofern ein Piktogramm die Information klar darstellt, sollten diese grundsätzlich vom Staat akzeptiert werden. Dafür werden folgende Anforderungen gestellt:

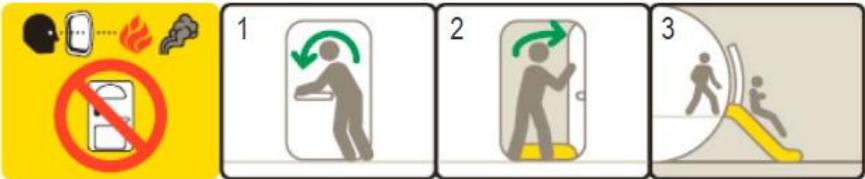
1. Eine Mindestgröße, die es ermöglicht, die Informationen unter allen relevanten Licht- und Betrachtungsbedingungen zu verstehen
2. Lesbarkeit und Verständlichkeit auch bei einfarbiger Darstellung
3. Farben sollten nur zusätzliche Informationen liefern und nicht entscheidend für die Verständlichkeit sein
4. Durchführung von Verständnistests
5. Berücksichtigung des Umgebungskontexts

Um sicherzustellen, dass die Reisenden die Informationen, die durch die Piktogramme vermittelt werden, verstehen, ist es wichtig, dass das Layout der Piktogramme standardisiert ist. Einige Hersteller haben bereits normierte Piktogramme entwickelt, die auf Hinweisschildern, Markierungen und Plakaten verwendet werden können. Durch die Verwendung standardisierter Piktogramme wird die Harmonisierung von Schildern und Markierungen unterstützt, die es den Reisenden ermöglicht, die sicherheitsrelevanten Informationen weltweit zu verstehen. Es ist wichtig, Unstimmigkeiten bei Piktogrammen zu vermeiden, die in verschiedenen Flugzeugen verwendet werden, um Missverständnisse und Verwirrung bei Fluggästen und Besatzungsmitgliedern zu vermeiden. Beispiele für Farbstandardisierung ist in Tabelle 3 enthalten. Beispiele für existierende Zeichen, Kennzeichnungen und Plakate sind in Tabelle 4 gezeigt.

Tabelle 3: Beispiele für Farbschemata

Zeichen/Inhalt	Farbe
Brandbekämpfungsequipment	Rot
Medizin- und Fluchtequipment	Green
Warnungen	Rot
Obligatorische Handlungsaktionen	Blau
Anderweitige Anweisungen	Grau

Tabelle 4: Beispiele für Zeichen, Kennzeichnungen und Plakate

Beschreibung	Zeichen
Anschallen	
Feuerlöscher	
Anweisungen für das Rettungsfloß	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> <p>WARNING</p> <p>HANDLE LIFE RAFT WITH CARE NEVER INFLATE INSIDE THE AIRCRAFT</p> <p>INFLATION PROCEDURES</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. LIFT FLAP TO EXPOSE THE SNAP HOOK 2. ATTACH SNAP HOOK TO THE INDICATE ASSIT HANDEL LOCATED NEXT TO FORWARD EXIT DOOR 3. THROW LIFE RAFT OVERBOARD 4. LIFE RAFT WILL INFLATE AUTOMATICALLY AFTER LINE IS OUT 5. IF CALM SEA, YANK LINE TO INFLATE 6. KEEP LIFE RAFT ALONGSIDE AIRCRAFT AND BOARD 7. KEEP LIFE RAFT AWAY FROM SHARP PROTRUSIONS </div>
Nicht-rauchen	
Notausgang Kennzeichnung	
Anweisungen für Benutzung Notausgang	

Weitere Literatur: Das SAE-Dokument ARP577E enthält allgemeine und detaillierte Hinweise zu schriftlichen Anweisungen, bildlichen Anweisungen, Mindestgröße von Bildern und Wörtern, Kombinationen von Plakat- und Hintergrundfarben und Platzierung von Plakaten. Das SAE-Dokument ARP503F enthält Richtlinien für die Bereitstellung einer angemessenen Beleuchtung zum Verhalten in Notfällen (z.B. Lokalisierung von Notausgängen, Benutzung von Schwimmwesten etc.). In dem Standard ISO 3864 sind Sicherheitsfarben und -zeichen für Symbole beschrieben. Für weitere Informationen zu der Entwicklung von Prüfplänen für die Verständlichkeit von Piktogrammen wird auf ISO 9186 und ANSI Z535.3-2011 verwiesen.

3 Entwicklung von Projektionskonzepten für die Flugzeugkabine

In Flugzeugkabinen werden vermehrt neuartige Licht- und Projektionskonzepte eingesetzt. Dieser Trend geht bereits aus den Rechercheergebnissen in Abschnitt 2.4 hervor. Ziel dieses Kapitels ist die Entwicklung und Untersuchung von Projektionskonzepten hinsichtlich ihrer Nutzung für primär Sicherheitsanweisungen und sekundär für die Komforterhöhung. Dafür erfolgen eine Abwägung und Abgrenzung von Projektionskonzepten für die Flugzeugkabine. Auf dieser Basis werden ausgewählte Projektionskonzepte vorgestellt und deren Erstellung beschrieben. Zudem wird auf die Erprobung der Projektionskonzepte in einem Kabinen Mock-up eingegangen und anschließend eine Umfrage zu den Projektionskonzepten durchgeführt und ausgewertet, um ein erstes Meinungsbild über deren Nutzen und Effektivität zu analysieren.

3.1 Abwägung und Abgrenzung von Projektionskonzepten

In diesem Abschnitt werden zunächst Vor- und Nachteile von Projektionskonzepten in der Flugzeugkabine abgewogen. Auf dieser Grundlage wird eine Abgrenzung für die Projektionskonzepte in dieser Ausarbeitung getroffen.

Projektionsverfahren in Flugzeugkabinen bringen Vor- und Nachteile mit sich. Diese sind im Folgenden aufgeführt. Betreiber müssen abwägen, ob die Vorteile gegenüber den Nachteilen überwiegen. Zusammengefasst ist es ein Abwägen zwischen Steigerung von Sicherheit und Komfort gegenüber mehr Systemaufwand (z.B. Gewicht, Wartung etc.).

Vorteile bzw. Potentiale

- Schnelle und direkte Informationsvermittlung (z.B. Sicherheitsanweisungen) an Passagiere in der ganzen Kabine
- Steigerung des Komforts durch unterhaltende Projektionskonzepte
- Förderung des Airline Brandings und der Individualisierung gegenüber konkurrierenden Betreibern
- Relativ günstiges und einfach zu installierendes Kommunikationssystem im Vergleich zu beispielsweise Monitoren
- Unterstützung der Orientierung an Bord
- Schnelle und flexible Anpassung von Projektionskonzepten
- Synergie mit fensterloser Kabine
- Reduzierung von Jetlag durch gezielte Projektionsverfahren auf Langstreckenflügen

Nachteile bzw. Herausforderungen

- Zusätzlicher Systemaufwand (z.B. Zusatzgewicht und Kosten)
- Zusätzlicher Stromverbrauch und Wärmeenergieerzeugung
- Bildstabilität bei Flugmanövern muss technisch sichergestellt werden
- Projektion auf Flächen können durch Passagier- bzw. Besatzungsaktivitäten verdeckt werden (z.B. Aufklappen der Overhead Bins)

Die Projektionskonzepte in dieser Arbeit haben ihren Fokus auf der Vermittlung von Sicherheitsanweisungen. Die damit verbundene, potenzielle Erhöhung der Sicherheit in der Flugzeugkabine ist eine große Chance für die Umsetzung dieser Technologie. Hintergrund für diese Annahme ist der in Abschnitt 2.2 genannte Punkt 2: Menschen versuchen (in Notfällen) die Anweisungen der Besatzung bzw. Fluggesellschaft zu befolgen. Eine bessere Vorbereitung auf einen Notfall sowie eine bessere Betreuung während eines Notfalls würde hypothetisch diesen Punkt fördern. Die Projektionskonzepte können dabei helfen, schnelle Entscheidungen zu treffen, um Maßnahmen zu ergreifen. Beispielsweise können Unklarheiten bei der Verwendung von Sauerstoffmasken oder bei der Einhaltung von Notfallverfahren minimiert werden.

Die Projektionskonzepte dieser Arbeit sollen ergänzend zu den bereits bestehenden bzw. konventionellen Kommunikationsmitteln (siehe Abschnitt 2.3) eingesetzt werden. Durch die Kombination mehrerer Kommunikationskonzepte wird die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass Sicherheitsanweisungen wahrgenommen und verstanden werden. Nachteile, wie das Verdecken von den Projektionen werden somit ebenfalls abgedeckt. Zudem werden durch die Redundanz mehr Freiheiten bei der Gestaltung der Projektionskonzepte ermöglicht. Die in Abschnitt 2.4.5 genannten Zertifizierungsaspekte können als Richtwerte genutzt werden. Ein Abweichen ist jedoch möglich, da die konventionellen Kommunikationssysteme nicht ersetzt werden. So kann beispielsweise durch kreative Projektionskonzepte, welche nicht zwangsläufig zu 100% den Zertifizierungsaspekten folgen, ein „spielerisches“ bzw. kreatives Informieren der Passagiere erreicht werden. Dies hat den potenziellen Effekt des besseren Einprägens der Informationen. Zudem sollen animierte Piktogramme verwendet werden. Als Projektionsfläche dienen in dieser Arbeit ausschließlich die Handgepäckstauächer (engl. Overhead Bins, Hatracks oder Overhead Storage Compartments).

3.2 Entwicklung und Vorstellung ausgewählter Projektionskonzepte

Die Entwicklung der Projektionskonzepte erfolgte mit Microsoft PowerPoint und MadMapper. PowerPoint dient als Zeichenwerkzeug, um verschiedene Formen und Linien zu zeichnen und zu bearbeiten. Die daraus resultierenden Piktogramme können anschließend mittels verschiedener Effekte (z.B. Bewegung eines Objektes von Links nach Rechts) animiert werden. MadMapper ist eine Software, die zur Projektion von Bildern und Videos auf ungewöhnliche oder schwierig zu projizierende Oberflächen genutzt wird. Mit MadMapper können Bilder und Videos auf verschiedenste Objekte projiziert werden, wie zum Beispiel auf Gebäudefassaden, Kunstwerke, Landschaften oder auf Menschen. MadMapper bietet eine Vielzahl von Werkzeugen und Funktionen, um die Projektionen anzupassen und zu gestalten. Dazu gehören zum Beispiel Funktionen zur Verzerrung der Bilder, zur Anpassung der Farben und zur Erstellung von Überblendungen und Animationseffekten. Die Software ist vor allem im Bereich der Medienkunst und des Live-Entertainments beliebt. Sie wird häufig in der Eventbranche, im Kulturbereich und in der Werbung genutzt.

Die in zertifizierungsrelevanten Sicherheitsanweisungen (siehe Abschnitt 2.4.5) dienen als Vorlage für die Umsetzung der Projektionskonzepte in dieser Arbeit. Die folgenden ausgearbeiteten Konzepte sind als erster beispielhafter Entwurf für die jeweilige Sicherheitsanweisung zu verstehen. Durch Untersuchung, Befragung und Erprobung

können die Projektionskonzepte verbessert und für den Nutzer bzw. die Airline angepasst und optimiert werden, was unabdingbar für den Erfolg ist.

Notausgänge

Jeder Notausgang muss im Falle einer Notevakuierung von den Passagieren benutzt werden können. Dazu gehören das Auffinden und Öffnen des Notausganges. Beide Aktionen müssen eindeutig kommuniziert und verstanden werden, damit bei einem Notfall keine Zeit verloren geht.

Abbildung 19 zeigt den Ausschnitt einer Animation, welche sowohl die Position als auch das Öffnen des Notausgangs vereint. Die blauen, bewegten Pfeile weisen auf den nächstliegenden Notausgang hin. Analog zu den genannten Zertifizierungsaspekten in Tabelle 4 zeigt ein grüner, rotierender Pfeil das Öffnen des Notausgangs. Dieser ist (ebenfalls entsprechend der Richtlinien in Abschnitt 2.4.5) mit einer roten „EXIT“ Beschriftung versehen. Durch die Animation kann während eines Notfalls die Aufmerksamkeit auf beide Sicherheitsanweisungen gelenkt werden, wodurch schnelleres und korrektes Handeln begünstigt wird. Aber auch präventiv kann dieses Projektionskonzept beispielsweise zu Beginn des Fluges abgespielt werden. Die Darstellung einer Flugbegleiterin hat den klassischen Vorführeffekt für das „richtige“ Öffnen der Tür (analog zu der üblichen Sicherheitsdemonstration zu Beginn eines jeden Fluges – siehe Abschnitt 2.3). Die blaue Uniform ist in diesem Fall nur exemplarisch gewählt. Fluggesellschaften können ihre eigene Uniform darstellen und somit zusätzlich das Branding unterstützen.

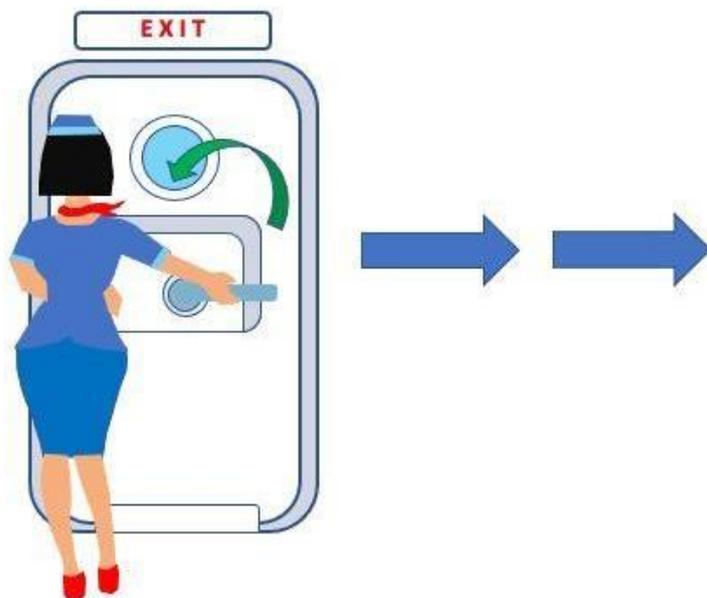


Abbildung 19: Projektionskonzept für Ort und Öffnen der Notausgänge

Sauerstoffmasken

Wie in Abschnitt 2.1 erwähnt, müssen bei einem Druckverlust oder bei Rauchentwicklung die Sauerstoffmasken benutzt werden. Dafür müssen die Passagiere über deren Position und Benutzung informiert werden.

Abbildung 20 zeigt die drei Schritte, welche zur Benutzung der Sauerstoffmaske notwendig sind: Maske nehmen, Sauerstofffluss aktivieren, Maske am Kopf fixieren. Diese Informationen können beispielweise analog zu der Sicherheitsdemonstration angezeigt werden. Jedoch auch während das Notfalls kann das Projektionskonzept eingeblendet werden, sodass Passagiere sofort handeln können. Auf eine Animation wurde in diesem Fall verzichtet, damit die einzelnen Schritte zu jedem Zeitpunkt nachvollzogen werden können. Das Konzept ist aus der Sichtweise einer Passagierin dargestellt, sodass sich die Passagiere im Notfall direkt zum Handeln aufgefordert fühlen



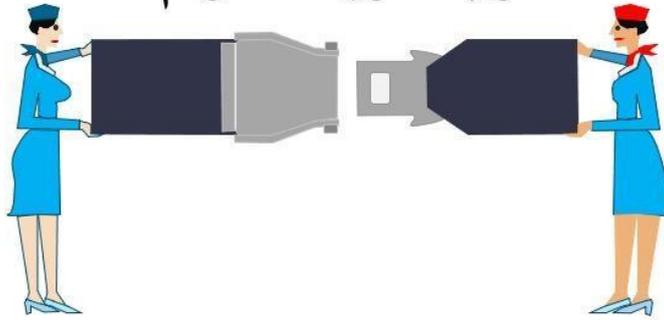
Abbildung 20: Projektionskonzept für die Benutzung von Sauerstoffmasken

Anschnallen

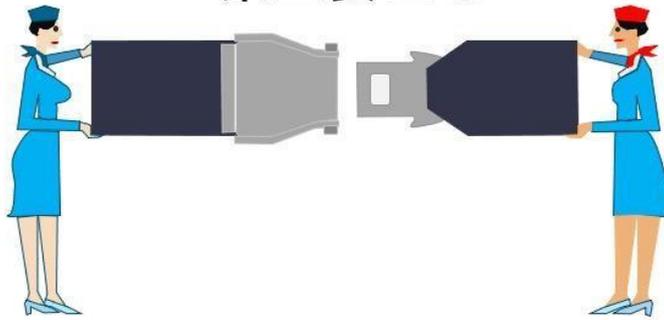
in der Kabine müssen Zeichen installiert sein, welche die Passagiere auf das Anschnallen aufmerksam machen. Die Flugbegleiter sollen in der Lage sein, diese Zeichen zu de-/aktivieren. Dies kann der Falls sein vor dem Startmanöver, vor der Landung oder bei Turbulenzen.

Abbildung 21 zeigt drei Varianten für das Projektionskonzept, um die Passagiere auf das Anschnallen hinzuweisen. Jede Variante nutzt dafür eine andere Sprache, je nachdem in welcher Region die Fluggesellschaft angesiedelt ist. Der zusätzliche Text in unterschiedlichen Sprachen gibt explizit die Anweisung für das Anschnallen und betont somit dessen Wichtigkeit. Die animierten Anschnallgurte weisen auf das Anschnallen hin und zeigen, wie dies funktioniert. Die Flugbegleiterinnen ergänzen die Animation „spielerisch“. Ihre Darstellung hat zudem den Zweck, dass Passagiere wahrnehmen, ggf. von dem Flugpersonal überprüft werden (in Anlehnung an den Kontrollgang vor dem Startmanöver).

الرجاء ربط الحزام



系上安全带



Bitte anschnallen

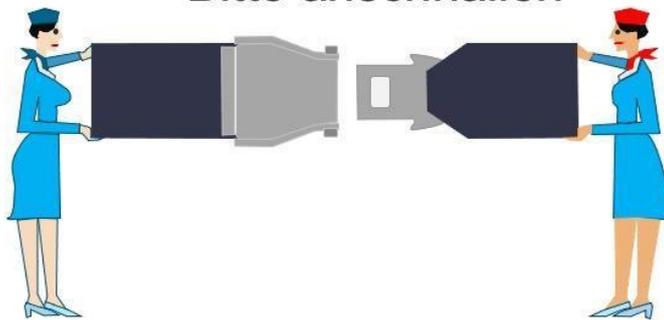


Abbildung 21: Projektionskonzept für das Anschnallen in verschiedenen Sprachen

3.3 Erprobung der Projektionskonzepte im Kabinen Mock-up

Das DLR Licht- und Design-Mock-up am Standort Hamburg repräsentiert ein Single Aisle Kabinen Mock-up mit Fokus auf der Erprobung und Untersuchung von Licht- und Projektionskonzepten. Ziel ist die Ausgabe bzw. Darstellung von hochqualitativen Inhalten und diese synchronisiert abzuspielen. Dafür wird folgende Hardware verwendet:

- 1x PC (Mac Pro)
- 2x DLP-Projektoren (BenQ TH671ST)
- Bluetooth Tastatur und Maus
- Bearbeitungsmonitor

Abbildung 22, Abbildung 23 und Abbildung 24 zeigen beispielhaft die Erprobung zweier Projektionskonzepte aus Abschnitt 3.2 in dem Licht- und Design-Mock-up. Wie zu erkennen ist, wird pro Overhead Bin eine Projektion übertragen. Trotz gekrümmter Oberfläche sind die Projektionskonzepte dennoch gut zu erkennen. Auch unterschiedlichen Bildformate (Höhen- und Breitenverhältnisse) können auf die Fläche projiziert werden. Da das Licht-Mock-up nur der Hälfte einer Kabine entspricht, kann die Erprobung aus der gegenüberliegenden Sitzposition nur bedingt bis gar nicht erfolgen. Dafür wird empfohlen ein vollständiges Kabinen Mock-up zu verwenden.



Abbildung 22: Projektionskonzept „Notausgang“ im Mock-up

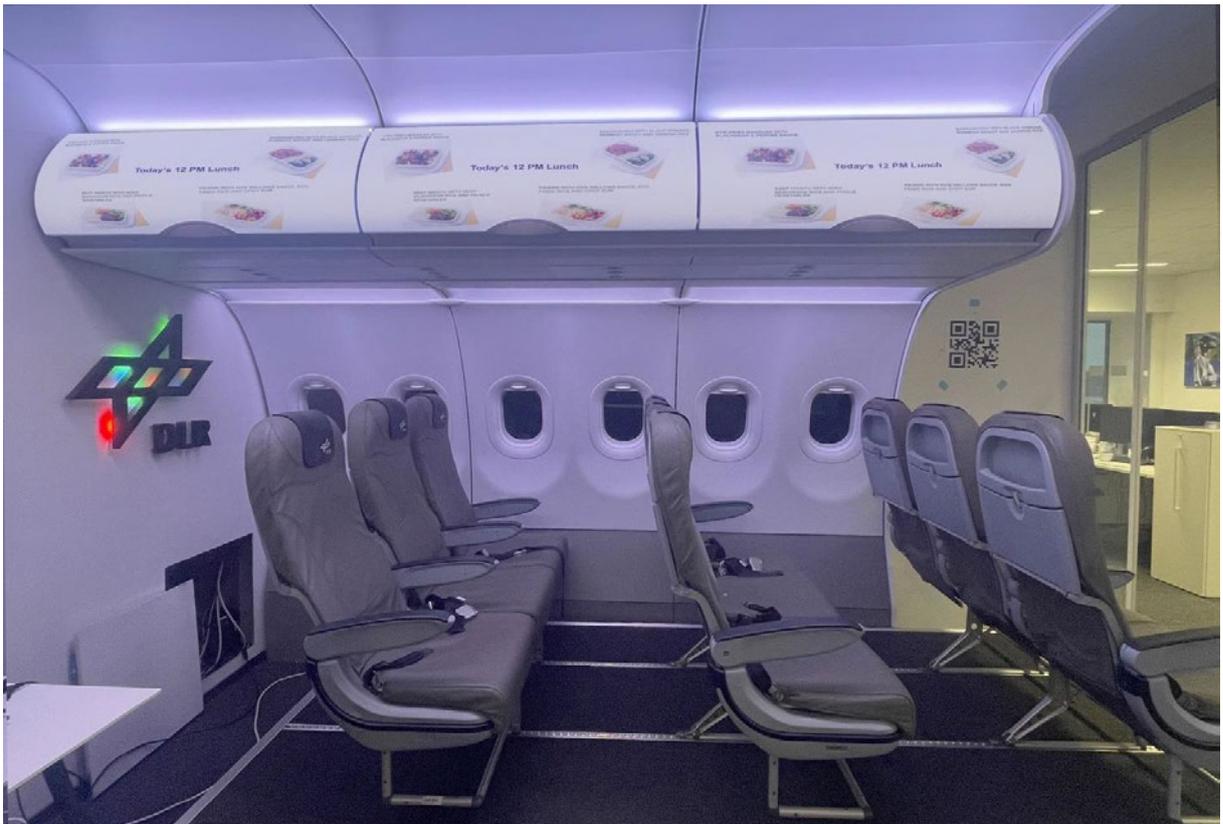


Abbildung 23: Projektionskonzept „Anschnallen“ im Mock-up



Abbildung 24: Projektionskonzept "Speisekarte" im Mock-up

3.4 Analyse der Projektionskonzepte mittels Umfrageauswertung

Aus Abschnitt 2.4.5 und insbesondere aus [6] geht hervor, dass die Projektionskonzepte gewisse Anforderungen erfüllen müssen, damit alle dargestellten Informationen unter verschiedenen Licht- und Betrachtungsbedingungen verständlich sind. Um dies für eine breite Bevölkerungsgruppe sicherzustellen, müssen Umfragen und Verständnistests durchgeführt werden. Ziel ist die Bestimmung der Wahrscheinlichkeit, dass die Projektionskonzepte verstanden werden.

Im Rahmen dieser Arbeit wird eine Onlineumfrage durchgeführt, um ein erstes Meinungsbild zu den Projektionskonzepten zu erstellen. Dies bietet einen guten Kompromiss zwischen Aufwand und Aussagefähigkeit (im Vergleich in situ Umfrage). Auf dieser Grundlage kann in einem zweiten Schritt eine erweiterte Umfrage in einem vollständigen Kabinen Mock-up stattfinden. Dies wird für eine Folgearbeit empfohlen.

3.4.1 Umfrageplanung und -durchführung

Die Umfrageplanung erfolgt in fünf Schritten:

1. Forschungsfrage bzw. -ziel festlegen

Ziel der Umfrage ist die Gewinnung eines ersten Meinungsbildes von Projektionsverfahren in der Flugzeugkabine. Ferner soll untersucht werden, inwiefern die in Abschnitt 3.2 erstellen Projektionskonzepte den Kenntnisstand von Passagieren bezüglich sicherheitsrelevanter Aspekte verbessern können. Der Einsatz von Projektionsverfahren zur Steigerung des Passagierwohlbefindens ist ebenfalls Gegenstand der Untersuchung.

2. Fragebogen erstellen

Der Umfragebogen wurde mittels *Google Forms* erstellt. Anhang 6.1 gibt einen Überblick über die Fragen in dem Fragebogen. Das Onlinetool eignet sich ebenfalls für die Durchführung der Umfrage.

3. Fragebogen testen

Vor der Umfragedurchführung muss jedoch der Umfragebogen getestet werden, indem zwei bis drei ausgewählte Personen die Fragen auf Verständlichkeit, Plausibilität und Formulierung überprüfen.

4. Umfrageteilnehmer finden

Die Umfrage an möglichst viele Passagiere verteilt.

5. Auswertung

Die Auswertung erfolgt im folgenden Abschnitt 3.4.2.

3.4.2 Auswertung der Umfrageergebnisse

Die Auswertung der Umfrageergebnisse gliedert sich in drei Teile:

- Auswertung der Umfrageteilnehmergruppe
- Auswertung des Meinungsbilds zu konventionellen Kommunikationsmitteln
- Auswertung des Meinungsbilds zu den Projektionskonzepten

Auswertung der Umfrageteilnehmer

Welches Geschlecht bist du?

38 Antworten

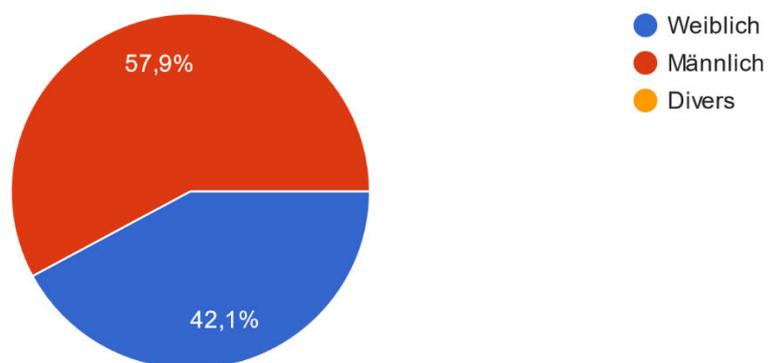


Abbildung 25: Geschlechtsverteilung der Umfrageteilnehmer

An der Umfrage haben 38 Personen teilgenommen. Davon sind ca. 58% männliche Teilnehmer (siehe Abbildung 25). Von den Befragten ist mit ca. 63% der Großteil zwischen 20 und 30 Jahre alt. Dennoch gibt es ebenfalls Repräsentanten von anderen Altersgruppen (siehe Abbildung 26). Alle Befragten sind bereits mit einem Flugzeug geflogen. Daher gilt die Annahme, dass die Antworten auf realen Erfahrungen beruhen.

Zu welcher Altersgruppe gehörst du?

38 Antworten

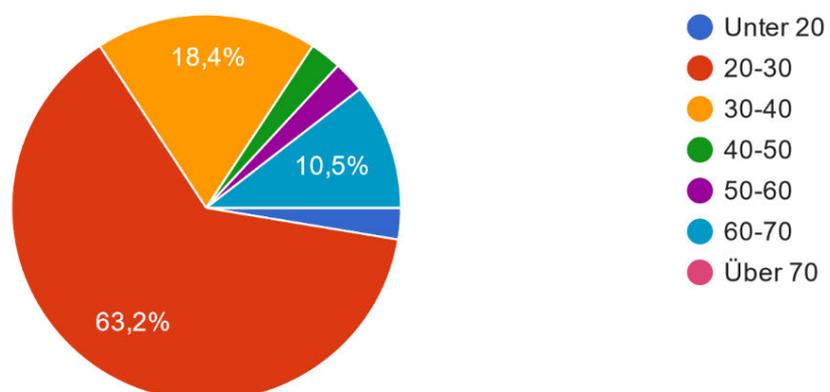


Abbildung 26: Altersverteilung der Umfrageteilnehmer

Auswertung des Meinungsbilds zu konventionellen Kommunikationsmitteln

Alle Befragten haben bereits konventionelle Kommunikationsmittel in der Kabine wahrgenommen bzw. genutzt (siehe Abbildung 27). Dabei ist insbesondere die Sicherheitskarte aufgefallen, sodass Sicherheitsinformationen bekannt sein müssten. Das IFE ist mit 90% von den meisten benutzt worden. Die Sprechfunkanlage ist allerdings nur knapp drei Viertel der Befragten aufgefallen, obwohl diese vermeintlich bei jedem Flug verwendet wird. Dies könnte darauf hindeuten, dass insbesondere visuelle Kommunikationsmittel wahrgenommen bzw. genutzt werden. Das Megaphone wurde lediglich von einer Person wahrgenommen. Aufgrund der seltenen Benutzung (z.B. zu Übungszwecken oder realen Notfällen) entspricht dies den Erwartungen.

Welches der folgenden Kommunikationsmittel hast du im Flugzeug bereits wahrgenommen bzw. genutzt? (Hinweis: Mehrere Antworten sind möglich)

38 Antworten

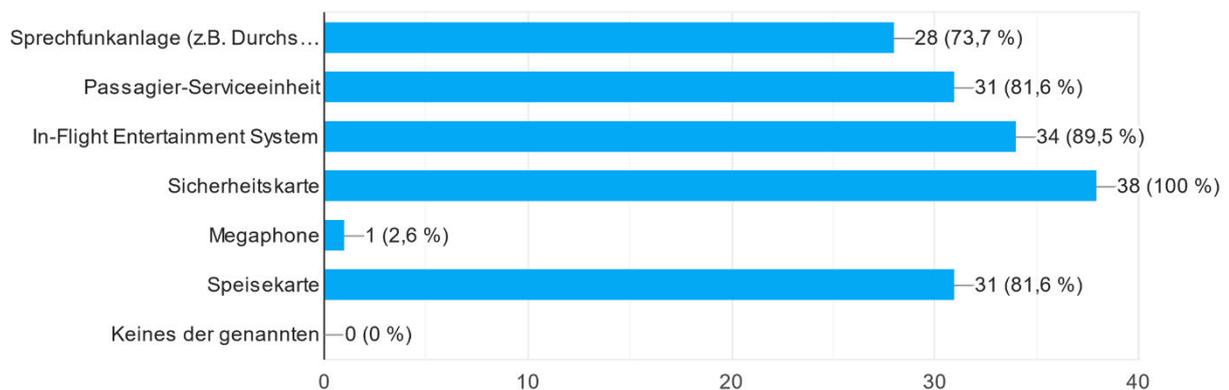


Abbildung 27: Verteilung von Wahrnehmung bzw. Nutzung konventioneller Kommunikationsmittel

Wie Abbildung 28 zeigt, fühlt sich mit knapp 87% eine große Mehrheit der Befragten gut auf Flugnotfälle vorbereitet. Dies könnte u.a. mit der Wahrnehmung der Sicherheitskarte zu tun haben (siehe oben). Die restlichen ca. 13% der Befragten fühlt sich hingegen nicht gut auf Flugnotfälle vorbereitet. D.h. es existiert noch Potential die Effektivität bzw. das Angebot an Kommunikationsmitteln zu steigern. Insbesondere visuelle Mittel scheinen eine hohe Aufmerksamkeit zu erregen, wie sich aus der vorherigen Frage schließen lässt.

Fühlst du dich durch die konventionellen Kommunikationsmittel gut auf Flugnotfälle (z.B. Notevakuierung, Druckverlust und Sauerstoffmasken anlegen etc.) vorbereitet?

38 Antworten

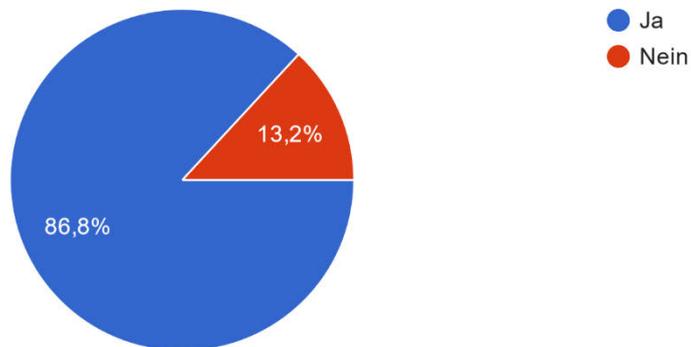


Abbildung 28: Verteilung zur Vorbereitung auf Flugnotfälle durch konventionelle Kommunikationsmittel

Eine gedruckte Speisekarte würde bei gut drei Viertel der Befragten dazu beitragen Essen während des Fluges zu bestellen (siehe Abbildung 29). Neben der Art der Kommunikation spielt trotzdem der Preis und das Angebot eine Rolle, ob der Kauf von Essen tatsächlich abgeschlossen wird. Trotzdem scheint eine gedruckte Speisekarte bereits viel Aufmerksamkeit zu erzeugen.

Würdest du dir von einer gedruckten Speisekarte Essen bestellen?

38 Antworten

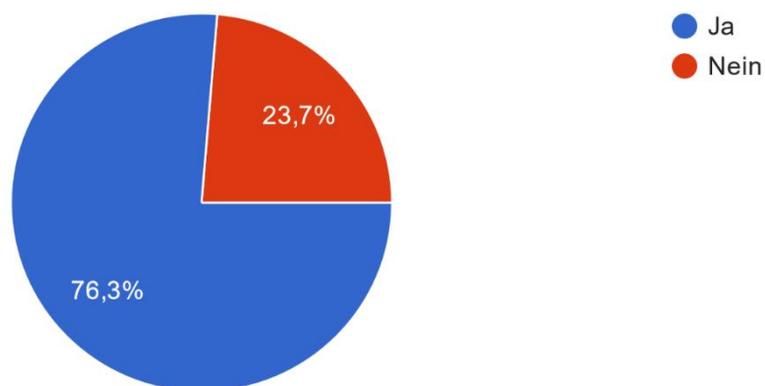


Abbildung 29: Verteilung zur Nutzung der Speisekarte

Sofern ein Unterhaltungssystem an Bord ist, wird dieses von über der Hälfte von den Befragten zwischen $\frac{1}{2}$ und $\frac{3}{4}$ der Flugzeit genutzt (siehe Abbildung 30). Knapp 16% nutzen es sogar ca. die gesamte Flugzeit. Lediglich eine befragte Person nutzt es gar nicht. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass das Unterhaltungssystem viel Aufmerksamkeit der Passagiere beansprucht. Als visuelles und auditives Medium können schnell und direkt Informationen an die Passagiere weitergegeben werden. Jedoch hat es den Nachteil, dass es lokal an den Sitzplatz gebunden ist. Passagiere, welche sich in der Kabine bewegen, bekommen über das Unterhaltungssystem vermeintlich wenig bis keine Informationen mit. Insbesondere bei Notfällen ist dies ein Nachteil, gegenüber den bereits beschriebenen Projektionsmethoden (siehe Kapitel 3.1).

Wie viel Zeit würdest du das In-Flight Entertainment System (Unterhaltungssystem) nutzen - sofern vorhanden?

38 Antworten

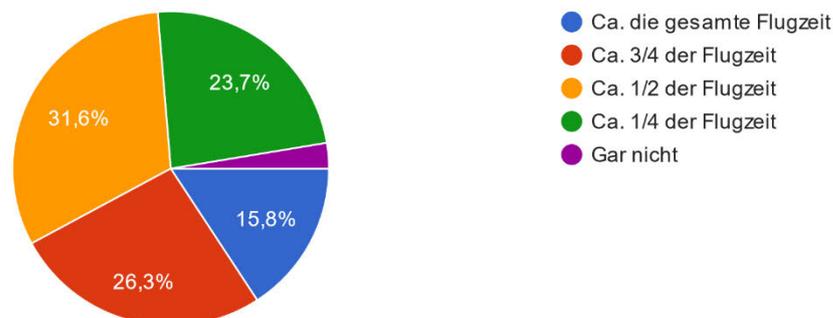


Abbildung 30: Verteilung zu der Nutzung des Unterhaltungssystems

Auswertung des Meinungsbilds zu den Projektionskonzepten

Abbildung 31 zeigt das Meinungsbild für das Projektionskonzept mit dem Anschnallhinweis. Über 71% der Befragten haben bestätigt, dass ein solches Projektionskonzept die Aufmerksamkeit für das Anschnallen erhöhen würde. Folglich ist eine Erhöhung der Anschnallrate und somit der Sicherheit an Bord wahrscheinlich. Zudem ergänzt es das Anschnallzeichen in der Passagier Serviceeinheit, welche laut den oberen Umfrageergebnissen bisher nur eine moderate Wahrnehmung vorweist.

Würde eine Projektion der folgenden Abbildung als Animation an die Gepäckstaufächer deine Aufmerksamkeit für das Anschallen erhöhen?

38 Antworten

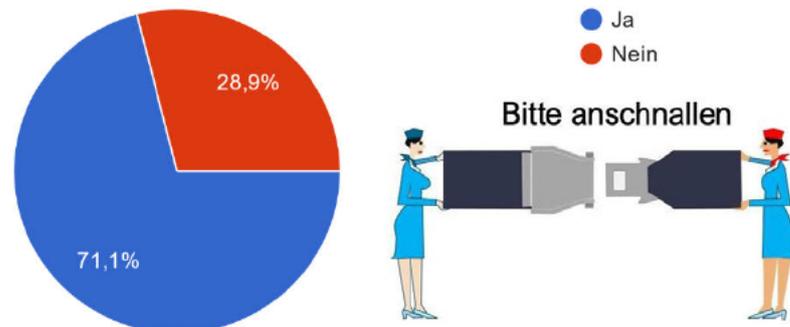


Abbildung 31: Verteilung zum Projektionskonzept "Anschnallen"

Das Meinungsbild zu den Notausgangshinweise ist in Abbildung 32 dargestellt. Dieses Projektionskonzept würde dazu beitragen, dass die Notausgänge durch über 81% der Befragten schneller gefunden werden. Im Vergleich zu den Anschnallkonzept ist dies nochmal eine Steigerung von 10%. Hintergrund könnte die geringere Wahrnehmung von konventionellen Notausgangshinweisen oder der Bodenmarkierung sein. Auch hier stellt das Projektionskonzept trotzdem eine Ergänzung zu den konventionellen Hinweisen für Notausgänge dar.

Würde eine Projektion der folgenden Abbildung als Animation an die Gepäckstaufächer dir helfen die Notausgänge schneller zu finden?

38 Antworten

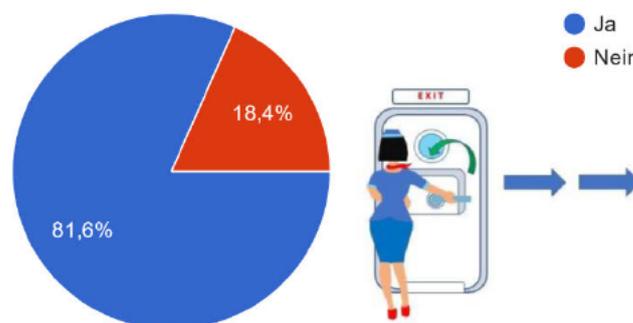


Abbildung 32: Verteilung zum Projektionskonzept "Notausgänge"

Das Projektionskonzept mit der Speisekarte trifft auf über 42% Zustimmung der Befragten (siehe Abbildung 33). Demnach würde sich über die Hälfte trotzdem kein Essen an Bord bestellen, sofern sie es über eine Projektion vorgeschlagen bekommen. Im Vergleich zu der gedruckten Speisekarte schneidet das Projektionskonzept sogar um ca. 34% schlechter ab. Hintergrund können die zu kleinen Bilder an der Projektionsfläche sein. Zudem bevorzugt ein hungriger Gast vermutlich das Vertraute auswählen von einer gedruckten Speisekarte, wie beispielsweise in einem Restaurant. Es ist jedoch zu erwarten, dass ein Projektionskonzept zusätzliche Aufmerksamkeit über Speisen an Bord erregen und zusätzlich auf die Speisekarte hinweisen kann. Eine solche Ergänzung könnte der Airline mehr Umsatz generieren.

Würde eine Projektion der folgenden Abbildung als Animation an die Gepäckstauflächen die Wahrscheinlichkeit erhöhen, ein Menü an Bord zu kaufen?

38 Antworten

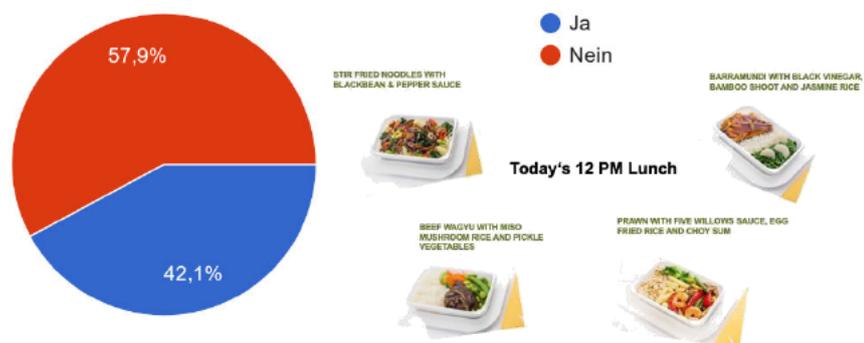


Abbildung 33: Verteilung zum Projektionskonzept "Speisekarte"

Die Projektion eines Sternenhimmels findet bei über 92% der Befragten anklang (siehe Abbildung 34). Demnach steigert eine solche Projektion das Wohlbefinden und Komfort in der Kabine. Ein solche Projektionskonzept ist somit sehr wertvoll für die Airlines, da dies ein Grund für eine Folgebuchung mit der gleichen Airline sein könnte.

Würde eine Projektion eines Sternenhimmels (siehe folgende Abbildung) oder ein Entertainmentprogramm zu deinem Wohlbefinden beitragen?

38 Antworten

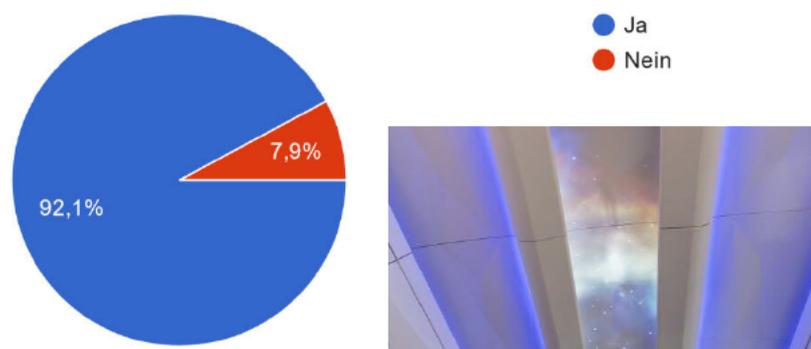


Abbildung 34: Verteilung zur Projektion eines Sternenhimmels

4 Zusammenfassung und Ausblick

Ein zunehmender Trend in Flugzeugkabinen ist der Einsatz von innovativen Beleuchtungs- und Projektionsdesigns. Dies bietet den Airlines Vorteile, wie z.B. die Erhöhung des Komforts und Individualisierung der Kabine. Projektionen werden genutzt, um Passagiere schnell und direkt zu informieren. Hierbei kann es sich um Sicherheitsinformationen (z.B. Positionen der Notausgänge, Verhalten in Notsituationen etc.) und andererseits Informationen für kommerzielle Zwecke sein (z.B. Werbung, Speisekarte etc.).

Das Ziel dieser Arbeit besteht in der Entwicklung und Analyse von Projektionskonzepten. Der Fokus liegt hierbei insbesondere auf Konzepten, die zur allgemeinen Sicherheit beitragen können, indem sie auf Notfälle vorbereiten und während der Notfälle Prozesse durch Informationsweitergabe beschleunigen. Auf Aspekte, wie der kommerzielle Nutzen und Komfortsteigerung durch kreative Konzepte, wird sekundär eingegangen.

Folgende Erkenntnisse bzw. Ergebnisse können aus der Arbeit gewonnen werden:

Das Grundlagenkapitel beinhaltet die Rechercheergebnisse, welche für die darauffolgende Entwicklung und Analyse der Projektionskonzepte genutzt werden. Die Kernerkenntnisse der Grundlagen umfassen:

- Ein wichtiger Handlungsschritt bei Luftfahrtnotfällen ist das Kommunizieren der verschiedenen Akteure. U.a. müssen Passagiere informiert und zu Handlungen aufgefordert werden bei Notfällen wie Feuer, Druckverlust, Notlandung (ggf. Notwasserung), Turbulenzen.
- Die menschliche Reaktion auf Notfälle insbesondere an Bord von Flugzeugen ist immer unterschiedlich. Jedoch existiert immer eine große Gruppe an Passagieren, die den Anweisungen der Besatzung folgeleisten. Daher ist eine klare und direkte Weitergabe von Informationen sowie Instruktionen essenziell.
- Zur Kommunikation zwischen Besatzung und Passagieren gehören die Sprechfunkanlage, Zeichen in der Passagier Serviceeinheit, eine Sicherheitskarte in Griffnähe, dem Unterhaltungssystem (IFE) und insbesondere in Notfällen dem Megaphone.
- Flugzeugkabinen werden zunehmend mit LEDs ausgestattet, da diese effizient sind. Die Innenbeleuchtung von Flugzeugen gliedert sich in Kabinen- und Notbeleuchtung. Mit zunehmendem Trend werden ausgefallene Beleuchtungs- und Projektionsdesigns in Kabinen eingesetzt.
- Die Notfallbeleuchtung ist essenziell für die Zertifizierung von Flugzeugen. Alle wichtigen Zertifizierungsaspekte sind in CS 25.812 enthalten. Ergänzend geht das Handbuch *Doc 10086* der ICAO auf Passagierinformationszeichen, Kennzeichnungen und Plakate ein.

Der Einsatz von Projektionen in Flugzeugkabinen hat Vor- und Nachteile. Der wichtigste Vorteil ist die schnelle und direkte Kommunikation zwischen Besatzung und Passagieren. Dem gegenüber steht ein erhöhter Systemaufwand, der zu zusätzlichem Gewicht und Kosten führt. Die in dieser Arbeit entwickelten Projektionskonzepte sind für die Projektion auf die Handgepäckstaufächer (Over Head Bins) bestimmt. Sie sollen ergänzend zu den konventionellen Kommunikationsmitteln eingesetzt werden und diese nicht ersetzen.

Es wurden folgende Projektionskonzepte in dieser Arbeit erstellt:

- Konzept für Ort und Öffnen der Notausgänge
- Konzept für Benutzung des Sauerstoffequipments
- Konzept für den Anschnallhinweis
- Konzept für Speisekarten

Die Konzepte sollen Zertifizierungsaspekte und kreative Elemente vereinen. Z.B. werden bei dem Konzept für die Notausgänge ein rotes „EXIT“-Zeichen mit einer animierten Flugbegleiterin beim Öffnen der Tür vereint (siehe Abbildung 19). Die Erprobung der Projektionskonzepte in einem Licht- und Design-Mock-up des DLR verlief erfolgreich. Die Inhalte konnten gut erkennbar und unverzerrt auf die Gepäckstauflächen projiziert werden. Die Analyse der Konzepte erfolgte mittels Onlineumfrage. Die Kernerkenntnisse diesbezüglich sind die Folgenden:

- Die Befragten haben bereits viele konventionelle Kommunikationsmittel (Sprechfunkanlage, Unterhaltungssystem etc.) wahrgenommen bzw. selbst genutzt. Herausgestochen hat hier die Sicherheitskarte, welche von allen Befragten bereits genutzt wurde.
- Der Großteil der Befragten fühlt sich durch die bisherigen Kommunikationsmittel gut auf Flugnotfälle vorbereitet. Jedoch trifft dies nicht auf knapp 13% der Befragten zu. Die Projektionskonzepte können dazu beitragen diese Lücke weiter zu schließen. Denn bei einem Großteil der Befragten sorgen die Konzepte für eine erhöhte Aufmerksamkeit auf die jeweiligen Sicherheitsinformationen.
- Mehr als drei Viertel der Befragten würde sich von einer gedruckten Speisekarte etwas bestellen. Das entsprechende Projektionskonzept konnte nur 42% der Befragten überzeugen. Dennoch ist nicht ausgeschlossen, dass ein solches Projektionskonzept ergänzend zur gedruckten Speisekarte, die Verkaufszahlen von Speisen an Bord und das Passagierwohlbefinden erhöht.
- Projektionskonzepte die auf die Erhöhung des Passagierkomfort abzielen, kommen gut bei den Befragten an. So konnte beispielsweise ein Sternenhimmel mehr als 92% der Befragten überzeugen.

Zusammengefasst zeigt das erste Meinungsbild, dass Projektionskonzepte in der Flugzeugkabine zur Sicherheit und Passagierkomfort beitragen können. Ob es den erhöhten Systemaufwand wert ist, müssen weitere, detaillierte Untersuchungen zeigen. Letztlich müssen Airlines darüber entscheiden solche Optionen in ihre Kabinen einzubauen oder nicht.

Folgende Punkte werden für Folgearbeiten empfohlen, um den Reifegrad und die Umsetzung von Projektionskonzepten zu fördern;

- Die Projektionskonzepte dieser Arbeit sind ein erstes Beispiel für die Umsetzung. Es wird empfohlen weitere Designs zu entwickeln und in Befragungen zu testen.
- Detaillierte Untersuchungen von Projektionskonzepten können mehr Erkenntnisse über deren Verständlichkeit bzw. Effektivität liefern. Insbesondere Umfragen mit noch größeren und diversifizierteren Personengruppen sind hilfreich. Zudem müssen die Projektionskonzepte in situ in Kabinen-Mock-ups getestet werden.

Dies klärt insbesondere Fragen hinsichtlich der Sichtbarkeit von dem Sitzplatz und daraus folgend die Akzeptanz.

- Projektionskonzepte zur Komforterhöhung wurden in dieser Arbeit nur angeschnitten. Die weitere Untersuchung kann einen enormen Mehrwert für Fluggesellschaften mit sich bringen.
- Zudem kann über den Einsatz von Projektionskonzepten in anderen Umgebungen nachgedacht werden. So kann z.B. in Zügen, Flughäfen oder Stadien ebenfalls ein Mehrwert geschaffen werden.

5 Literaturverzeichnis

- [1] IATA (Hrsg.), „Cabin Operations Safety - Best Practices Guide 3rd Edition,“ International Air Transport Association, Montreal, 2017.
- [2] J. Scholz, et. al., Notfall Medizin, Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG, 2013.
- [3] Civil Aviation Authority, „CAP 745 - Aircraft Emergencies - Considerations for air traffic controllers,“ Norwich UK, 2005.
- [4] R. Gerike, „Druckverlust in der Flugzeugkabine,“ 2004.
- [5] SKYbrary, Ditching: Fixed Wing Aircraft.
- [6] International Civil Aviation Organization, Manual on Information and Instructions for Passenger Safety, First Edition Hrsg., 2018.
- [7] M. Geißler, „Turbulenzen im Flugzeug: Wie gefährlich sind sie?,“ 2022.
- [8] S. G. & T. Schenten, „Fast #64: Cabin Communication,“ Airbus, 2019.
- [9] AviationHunt Team, „Aircraft Communication System,“ AviationHunt, 2021.
- [10] Cord-Christian Rossow et. al., Handbuch der Luftfahrzeugtechnik, München: Carl Hanser Verlag, 2014.
- [11] wikiwand.com, „Passenger Service Unit“.
- [12] A. Spaeth, „Unterhaltung über den Wolken,“ 2007.
- [13] Deutsche Lufthansa AG, „Unterhaltung an Bord,“ [Online]. Available: <https://www.lufthansa.com/de/de/unterhaltung-an-bord>. [Zugriff am 18 02 2023].
- [14] J. Waldorf, licht.wissen 01: Die Beleuchtung mit künstlichem Licht, licht.de, Hrsg., Frankfurt am Main, 2016.
- [15] H. F. E. & C. Bliefert, „Vortragen in Naturwissenschaft, Technik und Medizin,“ VCH, 1994.
- [16] S. Schomberg, „Beamer-Grundlagen: 4K, Laser, LED, 3D & Co. – So findet man den besten Projektor,“ TechStage.de, 2022.
- [17] L. Fontana, „DLP meets LCD: Wie funktionieren Beamer?,“ Galaxus.de, 2018.

- [18] M. Gründer, „Kabinbeleuchtung für das Wohlbefinden der Passagiere,“ Flug Revue, Stuttgart, 2015.
- [19] Diehl, „Projektion im Flugzeug,“ o.J..
- [20] Aerosieger.de, „Fluchtweg in Flugzeugen leuchtet im Dunkeln,“ 2016.
- [21] reddot.de, „Flugzeuginterieur 787 Dreamliner,“ 2011.
- [22] G. v. Geenen, „Großflächige Projektion erweckt VIP-Kabine zum Leben,“ Diehl, Frankfurt, 2021.
- [23] H. Ince, „Über 27 Stufen in die Zukunft: Airbus stellt neues Flugzeug vor,“ Abendzeitung, München, 2022.
- [24] EASA, Certification Specifications and Acceptable Means of Compliance for Large Aeroplanes (CS-25), Bd. Amendment 27, 2021.
- [25] Europäischen Union, *VERORDNUNG (EU) Nr. 965/2012 DER KOMMISSION*, Europäische Kommission, 2012.
- [26] arocom.de, „www.arocom.de,“ 2023. [Online]. Available: <https://www.arocom.de/fachbegriffe/webentwicklung/animation>. [Zugriff am 18.02.2023].

6 Anhang

6.1 Umfragebogen in Google Forms

Umfrage: Projektionsverfahren in Flugzeugkabinen

Passagiere auf kommerziellen Flügen werden stets mit wichtigen Informationen versorgt. Diese Informationen können sowohl sicherheitsrelevant sein (z.B. Lage der Notausgänge) als auch zu dem Wohlbefinden beitragen (z.B. Entertainment). Derzeit werden konventionelle Kommunikationsmittel, wie z.B. Sprechfunkanlage, Sicherheitskarte, In-Flight Entertainment System etc., genutzt. Zukünftig können Projektionsverfahren genutzt werden, um Informationen gezielt an die Staufächer für das Handgepäck (Overhead Bins) zu projizieren und somit die konventionellen Kommunikationsmittel

in Flugzeugkabinen ergänzen. Ziel dieser Umfrage ist die Erfassung eines ersten Meinungsbilds, inwiefern Projektionsverfahren sich für die Flugzeugkabine als ergänzendes Kommunikationsmittel eignen.

Bei Fragen können Sie sich gerne an mich wenden (E-Mail: n-mirzai@hotmail.de).

Ich danke für deine Teilnahme!

*** Erforderlich**

1. Sind Sie schon einmal mit einem Flugzeug geflogen? *

Markieren Sie nur ein Oval.

Ja

Nein

Ich kann mich nicht erinnern

2. Welches der folgenden Kommunikationsmittel haben Sie im Flugzeug bereits wahrgenommen bzw. genutzt?

(Hinweis: Mehrere Antworten sind möglich)

Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.



Sprechfunkanlage (z.B. Durchsage von Pilot und/oder Kabinenbesatzung)



Passagier-Serviceeinheit



In-Flight Entertainment System



Sicherheitskarte



Megaphone



Speisekarte

3. Fühlen Sie sich durch die konventionellen Kommunikationsmittel gut auf Flugnotfälle (z.B. Notevakuierung, Druckverlust und Sauerstoffmasken anlegen etc.) vorbereitet?

Markieren Sie nur ein Oval.

Ja

Nein

4. Würden Sie sich von einer gedruckten Speisekarte Essen bestellen?

Markieren Sie nur ein Oval.

Ja

Nein

5. Wie viel Zeit würden Sie das In-Flight Entertainment System (Unterhaltungssystem) nutzen - sofern vorhanden?

Markieren Sie nur ein Oval.

Ca. die gesamte Flugzeit

Ca. 3/4 der Flugzeit

Ca. 1/2 der Flugzeit

Ca. 1/4 der Flugzeit

Gar nicht

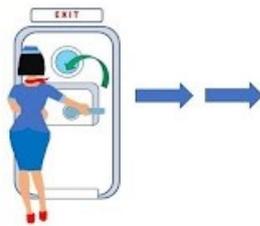
6. Würde eine Projektion der folgenden Abbildung als Animation an die Gepäckstauflächen Ihre Aufmerksamkeit für das Anschallen erhöhen?



Markieren Sie nur ein Oval.

- Ja
 Nein

7. Würde eine Projektion der folgenden Abbildung als Animation an die Gepäckstauflächen Ihnen helfen die Notausgänge schneller zu finden?



Markieren Sie nur ein Oval.

- Ja
 Nein

8. Würde eine Projektion der folgenden Abbildung als Animation an die Gepäckstauflächen die Wahrscheinlichkeit erhöhen, ein Menü an Bord zu kaufen?



Markieren Sie nur ein Oval.

- Ja
- Nein

9. Würde eine Projektion eines Sternenhimmels (siehe folgende Abbildung) oder ein Entertainmentprogramm zu Ihrem Wohlbefinden beitragen?



Markieren Sie nur ein Oval.

- Ja
- Nein

10. Welches Geschlecht sind Sie?

Markieren Sie nur ein Oval.

Weiblich

Männlich

Divers

11. Zu welcher Altersgruppe gehören Sie?

Markieren Sie nur ein Oval.

Unter 20

20-30

30-40

40-50

50-60

60-70

Über 70

Dieser Inhalt wurde nicht von Google erstellt und wird von Google auch nicht unterstützt.

Google Formulare

Selbstständigkeitserklärung



Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung einer Abschlussarbeit

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

Quelle: § 16 Abs. 5 APSO-TI-BM bzw. § 15 Abs. 6 APSO-INGI

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

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

Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung der Arbeit

Hiermit versichere ich,

Name: Mirzai

Vorname: Nigena

dass ich die vorliegende Bachelorarbeit bzw. bei einer Gruppenarbeit die entsprechend gekennzeichneten Teile der Arbeit – mit dem Thema:

Bereitstellung von Informationen und Sicherheitsanweisungen in Flugzeugkabinen mittels Projektionsverfahren

ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

- die folgende Aussage ist bei Gruppenarbeiten auszufüllen und entfällt bei Einzelarbeiten -

Die Kennzeichnung der von mir erstellten und verantworteten Teile der -bitte auswählen- ist erfolgt durch:

Hamburg

Ort

31.03.2023

Datum

Unterschrift im Original