



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

## **Masterarbeit**

Eider Bashiri

# **Accessible IFE: Analyse und Lösungsansätze für barrierefreies Inflight Entertainment**

**Eider Bashiri**

**Accessible IFE: Analyse und  
Lösungsansätze für barrierefreies  
Inflight Entertainment**

Masterarbeit eingereicht im Rahmen der Masterprüfung

im Studiengang Master Flugzeugbau  
der Fakultät Luftfahrt- und Fahrzeugsysteme  
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Mark Wiegmann  
Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Thomas Netzel

Abgabedatum: 12.11.2025

# **Zusammenfassung**

## **Name des Studierenden**

Eider Bashiri

## **Thema der Masterthesis**

Accessible IFE: Analyse und Lösungsansätze für barrierefreies Inflight Entertainment

## **Stichworte**

Anforderungen, Assistive Technologien, Barrierefreiheit, Bedienung, Beeinträchtigungen, Benutzeroberfläche, IFE-System, Inflight Entertainment, Inhalte, Passagiere, PED, WCAG

## **Kurzzusammenfassung**

Diese Arbeit umfasst die Analyse von Inflight Entertainment Systemen hinsichtlich der Barrierefreiheit sowie die Entwicklung von Lösungsansätzen für barrierefreies Inflight Entertainment. Aufbauend auf den theoretischen Grundlagen des Inflight Entertainment sowie der Barrierefreiheit von elektronischen Systemen werden relevante Standards und Technologien erläutert. Im Anschluss werden drei aktuelle Inflight Entertainment Systeme hinsichtlich ihrer Barrierefreiheit untersucht und potenzielle neue Entwicklungen diskutiert. Auf Basis der Grundlagen und Analysen wird ein Anforderungskatalog erstellt. Unter Berücksichtigung der Erkenntnisse und Anforderungen werden Lösungsansätze definiert und abschließend bewertet.

## **Abstract**

### **Name of student**

Eider Bashiri

### **Title of the paper**

Accessible IFE: Analysis and solutions for barrier-free Inflight Entertainment

### **Keywords**

requirements, Assistive Technologies, accessibility, operation, impairments, user interface, IFE system, inflight entertainment, content, passenger, PED, WCAG

### **Abstract**

This thesis involves analysing inflight entertainment systems regarding accessibility as well as developing solutions for accessible inflight entertainment. Based on the theoretical basics of inflight entertainment and the accessibility of electronic systems, relevant standards and technologies are explained. Afterwards three current inflight entertainment systems are investigated regarding their accessibility and potential new developments are discussed. A catalogue of requirements is created on the basis of the fundamentals and the analyses. In consideration of the results and requirements, solution approaches are defined and finally evaluated.

# I Inhaltsverzeichnis

|            |                                                                          |           |
|------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>I</b>   | <b>Inhaltsverzeichnis .....</b>                                          | <b>4</b>  |
| <b>II</b>  | <b>Abbildungsverzeichnis .....</b>                                       | <b>5</b>  |
| <b>III</b> | <b>Tabellenverzeichnis .....</b>                                         | <b>7</b>  |
| <b>IV</b>  | <b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>                                       | <b>8</b>  |
| <b>1</b>   | <b>Einleitung .....</b>                                                  | <b>9</b>  |
| 1.1        | Zielsetzung und Inhalt der Arbeit .....                                  | 10        |
| 1.2        | Methodik der Arbeit .....                                                | 11        |
| <b>2</b>   | <b>Theoretische Grundlagen .....</b>                                     | <b>13</b> |
| 2.1        | Inflight Entertainment .....                                             | 13        |
| 2.2        | Barrierefreiheit von elektronischen Systemen .....                       | 16        |
| 2.3        | Standards und Richtlinien .....                                          | 18        |
| 2.4        | Arten von Beeinträchtigungen .....                                       | 22        |
| 2.5        | Assistive Technologien und barrierefreie Hilfsmittel .....               | 27        |
| 2.6        | Grafische Benutzeroberfläche .....                                       | 31        |
| <b>3</b>   | <b>Analyse aktueller IFE-Systeme und zukünftiger Entwicklungen .....</b> | <b>33</b> |
| 3.1        | Delta Airlines – Standard-IFE-System .....                               | 36        |
| 3.2        | SPI – RAVE Accessible IFE .....                                          | 40        |
| 3.3        | Thales Avionics – Accessibility UI .....                                 | 44        |
| 3.4        | Ergebnisse der Analyse .....                                             | 47        |
| 3.5        | Aktuelle Entwicklungen zur Barrierefreiheit elektronischer Systeme ..... | 50        |
| <b>4</b>   | <b>Anforderungskatalog .....</b>                                         | <b>55</b> |
| <b>5</b>   | <b>Lösungsansätze für barrierefreies IFE .....</b>                       | <b>67</b> |
| 5.1        | Lösungsansatz 1: Anpassbare und reduzierte Benutzeroberfläche .....      | 67        |
| 5.2        | Lösungsansatz 2: Sprachgesteuertes IFE .....                             | 69        |
| 5.3        | Lösungsansatz 3: Bring Your Own Device - Ansatz .....                    | 72        |
| 5.4        | Lösungsansatz 4: Barrierefreie Medieninhalte .....                       | 74        |
| <b>6</b>   | <b>Bewertung der Lösungsansätze .....</b>                                | <b>77</b> |
| 6.1        | Bewertungskriterien .....                                                | 77        |
| 6.2        | Nutzwertanalyse .....                                                    | 80        |
| <b>7</b>   | <b>Fazit und Ausblick .....</b>                                          | <b>91</b> |
| <b>8</b>   | <b>Literaturverzeichnis .....</b>                                        | <b>93</b> |

## II Abbildungsverzeichnis

|                                                                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 1: Phasen des Produktentwicklungsprozesses (Auszug aus und verändert nach Bender und Gericke 2021).....                                | 12 |
| Abbildung 2: IFE-Bildschirm und Fernbedienung in der Economy-Class am Beispiel von Turkish Airlines (eigene Aufnahme 2023) .....                 | 14 |
| Abbildung 3: IFE-Angebote am Beispiel von Emirates‘ „ice“-System (Leigh 2025) .....                                                              | 15 |
| Abbildung 4: Auszug aus der WCAG-Version 2.2 (W3C 2024) .....                                                                                    | 21 |
| Abbildung 5: Beeinträchtigungen menschlicher Fähigkeiten (Kohlbrandt 2022) .....                                                                 | 22 |
| Abbildung 6: Beispiel schlechter und guter Textalternativen (Lagfa Bayern 2025) .....                                                            | 24 |
| Abbildung 7: Informationsvermittlung über einen oder zwei Wege (DH.NRW 2025) .....                                                               | 24 |
| Abbildung 8: Prinzip der Ausgabe bei Screenreadern (eigene Darstellung nach Gebhardt 2024) .....                                                 | 28 |
| Abbildung 9: Exemplarische grafische Benutzeroberfläche mit zentralen Elementen (eigene Darstellung nach Interactive Digital Display 2024) ..... | 32 |
| Abbildung 10: IFE-Startbildschirm von Delta Airlines (Frankfurtflyer 2022) .....                                                                 | 37 |
| Abbildung 11: IFE-Benutzeroberfläche von Delta Airlines (Wong 2023) .....                                                                        | 38 |
| Abbildung 12: Einstellungsbereich im IFE-System von Delta Airlines (Interactive Digital Display 2024).....                                       | 38 |
| Abbildung 13: Auswahlmenü der IFE-Modi von RAVE (Kirby 2024a) .....                                                                              | 40 |
| Abbildung 14: Auswahl an Voreinstellungen am Beispiel der Audiodeskription (Kirby 2024a).....                                                    | 41 |
| Abbildung 15: Text- oder bildbasiertes Layout der IFE-Benutzeroberfläche (Safran 2025a) .....                                                    | 42 |
| Abbildung 16: IFE-Benutzeroberfläche von SPIs RAVE Accessible Mode (Kirby 2024b) .....                                                           | 43 |
| Abbildung 17: IFE-Benutzeroberfläche von Thales‘ Accessibility UI (Thales Aerospace 2025) .....                                                  | 45 |
| Abbildung 18: Steuerung der Benutzeroberfläche über Touch-Gesten (Ausschnitt aus Thales Aerospace 2025).....                                     | 46 |

|                                                                                                                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 19: Avatar von Thales mit integrierter Gebärdensprachfunktion<br>(Hamburg Aviation 2024) .....                                                                                                  | 47 |
| Abbildung 20: IFE-Benutzeroberfläche der SPI-Lösung im Rahmen des<br>Lösungsansatzes 1 (Kirby 2024b) .....                                                                                                | 69 |
| Abbildung 21: Ablaufdiagramm und Verarbeitungsfluss des sprachgesteuerten<br>IFE am Beispiel einer Filmauswahl (eigene Darstellung nach<br>Horchner 2024; Vontobel et al. 2014; Schaber et al. 2019)..... | 71 |
| Abbildung 22: Zugriffs- und Nutzungsprozess des IFE über PED (eigene<br>Darstellung nach Childers 2019; Eden 2018; Access Armada<br>2021) .....                                                           | 73 |
| Abbildung 23: Wertskala der Nutzwertanalyse (Naefe 2018) .....                                                                                                                                            | 80 |

### III Tabellenverzeichnis

|             |                                                                                                                              |    |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 1:  | Einteilung der WCAG in die vier Prinzipien für Barrierefreiheit (nach W3C 2024; Heinecke und Gerken 2024) .....              | 20 |
| Tabelle 2:  | Zentrale Elemente einer grafischen Benutzeroberfläche (eigene Darstellung nach Heinecke und Gerken 2024; Thesmann 2016)..... | 31 |
| Tabelle 3:  | Einteilung des barrierefreien IFE-Systems in Teilbereiche (nach W3C 2024).....                                               | 34 |
| Tabelle 4:  | Prüfkriterien zur Analyse der IFE-Systeme (nach W3C 2024) .....                                                              | 35 |
| Tabelle 5:  | Bewertungsskala der Prüfkriterien .....                                                                                      | 48 |
| Tabelle 6:  | Bewertungsergebnisse der untersuchten IFE-Systeme .....                                                                      | 49 |
| Tabelle 7:  | Anforderungskatalog für barrierefreies IFE - Teil 1 .....                                                                    | 57 |
| Tabelle 8:  | Anforderungskatalog für barrierefreies IFE - Teil 2 .....                                                                    | 58 |
| Tabelle 9:  | Anforderungskatalog für barrierefreies IFE - Teil 3 .....                                                                    | 59 |
| Tabelle 10: | Anforderungskatalog für barrierefreies IFE - Teil 4 .....                                                                    | 60 |
| Tabelle 11: | Anforderungskatalog für barrierefreies IFE - Teil 5 .....                                                                    | 61 |
| Tabelle 12: | Anforderungskatalog für barrierefreies IFE - Teil 6 .....                                                                    | 62 |
| Tabelle 13: | Anforderungskatalog für barrierefreies IFE - Teil 7 .....                                                                    | 63 |
| Tabelle 14: | Anforderungskatalog für barrierefreies IFE - Teil 8 .....                                                                    | 64 |
| Tabelle 15: | Anforderungskatalog für barrierefreies IFE - Teil 9 .....                                                                    | 65 |
| Tabelle 16: | Anforderungskatalog für barrierefreies IFE - Teil 10 .....                                                                   | 66 |
| Tabelle 17: | Wertskala zur Gewichtung der Bewertungskriterien (Fleischer 2019) .....                                                      | 79 |
| Tabelle 18: | Gewichtung der Bewertungskriterien .....                                                                                     | 79 |
| Tabelle 19: | Nutzwertanalyse der barrierefreien Lösungsansätze (nach Naefe 2018) .....                                                    | 89 |

## IV Abkürzungsverzeichnis

|            |                                              |
|------------|----------------------------------------------|
| ACAA.....  | Air Carrier Access Act                       |
| AD .....   | Audiodeskription                             |
| ASL .....  | American Sign Language                       |
| AT.....    | Assistive Technologien                       |
| AVOD ..... | Audio- und Video-on-Demand                   |
| BFSG.....  | Barrierefreiheitsstärkungsgesetz             |
| BGG .....  | Behindertengleichstellungsgesetz             |
| BITV ..... | Barrierefreie-Informationstechnik-Verordnung |
| BMAS ..... | Bundesministerium für Arbeit und Soziales    |
| BYOD ..... | Bring Your Own Device                        |
| CSP.....   | Content Service Provider                     |
| DGS.....   | Deutsche Gebärdensprache                     |
| DOT.....   | Department of Transportation                 |
| EAA .....  | European Accessibility Act                   |
| EN .....   | Europäische Norm                             |
| GS.....    | Gebärdensprache                              |
| GUI.....   | Graphical User Interface                     |
| IFE.....   | Inflight Entertainment                       |
| KI.....    | Künstliche Intelligenz                       |
| PED.....   | Personal Electronic Device                   |
| SDH.....   | Subtitles for the Deaf and Hard of Hearing   |
| SPI .....  | Safran Passenger Innovations                 |
| STT .....  | Speech-to-Text                               |
| TTS .....  | Text-to-Speech                               |
| UI .....   | User Interface                               |
| UT .....   | Untertitel                                   |
| VDI .....  | Verein Deutscher Ingenieure                  |
| W3C .....  | World Wide Web Consortium                    |
| WAI .....  | Web Accessibility Initiative                 |
| WAP.....   | Wireless Access Points                       |
| WCAG ..... | Web Content Accessibility Guidelines         |
| WHO.....   | World Health Organization                    |

# 1 Einleitung

Flugzeuge stellen ein häufig genutztes Fortbewegungsmittel unter Reisenden dar. Allein in der Europäischen Union wurden im Jahr 2023 rund 973 Millionen Flugpassagiere verzeichnet (Eurostat 2024). Um die Reisezeit angenehmer zu gestalten und die Zufriedenheit der Passagiere zu erhöhen, stellen Airlines Inflight Entertainment (IFE) an Bord bereit (Leader 2024). Insbesondere Langstreckenflüge können bei Passagieren Unbehagen und Stress hervorrufen. Das IFE kann diese Symptome reduzieren und für mehr Komfort sorgen (Liu und Rauterberg 2007). Die Bereitstellung von IFE wird von Passagieren wertgeschätzt und trägt zu einem besseren Service sowie Image der Airline bei (Alamdari 1999).

Das elektronische Unterhaltungs- sowie Informationssystem hat sich seit der Einführung erheblich weiterentwickelt. Die Entwicklung des IFE erstreckte sich von der Film- ausstrahlung über Projektoren auf großen Leinwänden, über ein begrenztes Angebot linearer Kanäle an jedem Passagiersitz, bis hin zu Sitzbildschirmen mit Audio- und Video-on-Demand (AVOD) (Munoz-Talcott 2021). Durch den kontinuierlichen technologischen Fortschritt entstehen neue Entwicklungen auf dem Gebiet des IFE. Im Vordergrund stehen Trends wie die Personalisierung des IFE, das Streaming über drahtlose Netzwerke auf persönliche Endgeräte und cloudbasierte Lösungen für die Bereitstellung von Inhalten. (Siska 2025; Rosen Aviation 2025; Netskrt 2023)

Allerdings ist das Nutzungserlebnis und der Zugang zu IFE nicht allen Passagieren gleichermaßen gegeben (HMG Aerospace 2025). Laut der World Health Organization (WHO) leben weltweit rund 1,3 Milliarden Menschen mit einer Behinderung, was etwa 16% der Gesamtbevölkerung entspricht (WHO 2022). Die Nutzung von IFE-Systemen ist für Menschen mit Beeinträchtigungen mit beträchtlichen Barrieren verbunden. Exemplarisch seien die eingeschränkte Bedienbarkeit des Touchscreens durch seh- oder motorisch beeinträchtigte Passagiere und das Fehlen von Untertiteln in Videoinhalten für hörbeeinträchtigte und gehörlose Passagiere anzuführen (HMG Aerospace 2025; Huffman 2008).

Während andere digitale Bereiche bzw. elektronische Systeme, wie Smartphones, Smart-TVs oder insbesondere das World Wide Web, das bereits durch die WCAG standardisiert ist, eine höhere Barrierefreiheit aufweisen, unterliegen IFE-Systeme bisher keinen verbindlichen Richtlinien (W3C 2024; Kirby 2024c). Gleichwohl steigt das

Bewusstsein für Barrierefreiheit in der Luftfahrt und speziell im IFE-Kontext (Panasonic Avionics 2025). IFE-Hersteller und Airlines stehen in der Verantwortung, IFE-Systeme und deren Inhalte barrierefrei zu gestalten (HMG Aerospace 2025). Im Rahmen dieser Arbeit werden die Barrierefreiheit von IFE-Systemen eingehend untersucht und Lösungsansätze formuliert.

## 1.1 Zielsetzung und Inhalt der Arbeit

Das Ziel dieser Arbeit besteht darin, IFE-Systeme in Bezug auf die Barrierefreiheit zu analysieren sowie Lösungsansätze für barrierefreies IFE zu definieren. Nach der Darlegung der methodischen Vorgehensweise, die ebenfalls diesem **einleitenden Kapitel** zuzuordnen ist, werden im **Kapitel 2** theoretische Grundlagen zu den Themen IFE und Barrierefreiheit elektronischer Systeme erläutert. Darüber hinaus werden relevante Standards sowie Assistive Technologien vorgestellt und verschiedene Arten von Beeinträchtigungen differenziert. Abgeschlossen wird das Grundlagenkapitel durch die Betrachtung wesentlicher Elemente einer grafischen Benutzeroberfläche.

Schwerpunkt des **dritten Kapitels** bildet die Untersuchung von drei exemplarisch auf dem Markt verfügbaren IFE-Systemen. Die IFE-Systeme werden anhand definierter Prüfkriterien analysiert, um bestehende Barrieren sowie Potenziale aufzuzeigen. Zudem wird ein Diskurs zu neuen barrierefreien Entwicklungen elektronischer Systeme im Hinblick auf eine weltweite Luftfahrtanwendung geführt. Basierend auf den vorherigen Analysen werden in **Kapitel 4** Anforderungen an ein barrierefreies IFE-System abgeleitet und in einem Anforderungskatalog dokumentiert.

Aus den gewonnenen Erkenntnissen der vorangegangenen Kapitel werden im **fünften Kapitel** praxisrelevante Lösungsansätze definiert. In **Kapitel 6** erfolgt die Bewertung der Lösungsansätze anhand zuvor definierter Kriterien. Abschließend fasst **Kapitel 7** die wesentlichen Ergebnisse zusammen und gibt einen Ausblick zur Barrierefreiheit von IFE-Systemen.

## 1.2 Methodik der Arbeit

Die methodische Vorgehensweise der Arbeit ist an dem typischen Produktentwicklungsprozess nach VDI-Richtlinie 2221 „Entwicklung technischer Produkte und Systeme“ angelehnt und an die Arbeit angepasst. Die Richtlinie des Verein Deutscher Ingenieure (VDI) fungiert als methodischer Leitfaden und ermöglicht ein systematisches sowie bewährtes ingenieurtechnisches Vorgehen (VDI 2025).

Der Produktentwicklungsprozess gliedert sich in die vier Phasen: *Klären der Aufgabe*, *Konzipieren*, *Entwerfen* und *Ausarbeiten* (Abbildung 1; Bender und Gericke 2021). Dabei sind die Übergänge zwischen den Phasen nicht streng voneinander trennbar. Zu berücksichtigen ist, dass die vorliegende Arbeit sich hauptsächlich auf die Phasen *Klären der Aufgabe* und *Konzipieren* konzentriert (siehe rote Markierung in Abbildung 1):

### 1. Phase: Klären der Aufgabe

Zunächst werden in Phase 1 die Aufgabenstellung, die Randbedingungen und die Grundlagen detailliert geklärt (Bender und Gericke 2021; Fleischer 2019). Darauf aufbauend erfolgen eine umfassende Bestandsaufnahme sowie Analyse aktueller Systeme. Mithilfe festgelegter Kriterien werden die Systeme geprüft und gegenübergestellt. Vor diesem Hintergrund werden der Stand der Technik erfasst und Schwächen sowie Optimierungspotenziale identifiziert. Folglich wird der Soll-Zustand in Form von Anforderungen definiert und in einem Anforderungskatalog nachvollziehbar dokumentiert. Während des gesamten Produktentwicklungsprozesses sind Anforderungen zu prüfen und anzupassen (Fleischer 2019; Bender und Gericke 2021).

### 2. Phase: Konzipieren

Die zweite Phase befasst sich mit der Entwicklung von Lösungsansätzen. Gewonnene Erkenntnisse aus der ersten Phase fließen in die Konzeptionsphase ein und werden zu praxisnahen Lösungsansätzen kombiniert. Um die geeignetsten Lösungen zu bestimmen, werden die Lösungsansätze bewertet. Für die Bewertung wird die Nutzwertanalyse herangezogen (Fleischer 2019).

Die Phasen *Entwerfen* und *Ausarbeiten* umfassen den Entwurf und die konstruktive Ausarbeitung der gewählten Lösung. Hierbei werden Berechnungen sowie iterative Optimierungen durchgeführt und die endgültigen Fertigungsunterlagen erstellt. Abschließend wird die Lösung zur Produktion freigegeben (Fleischer 2019).

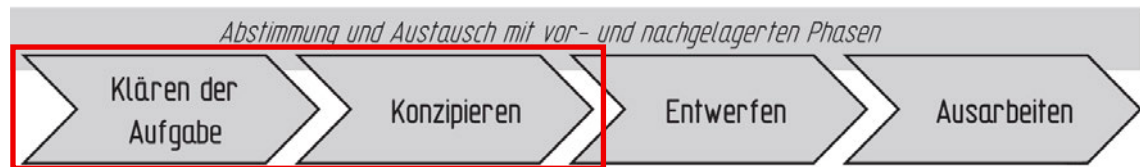


Abbildung 1: Phasen des Produktentwicklungsprozesses (Auszug aus und verändert nach Bender und Gericke 2021)

Zu Beginn des entsprechenden Kapitels dieser Arbeit werden die eingesetzten methodischen Werkzeuge, darunter der Anforderungskatalog und die Nutzwertanalyse, eingehend erläutert. Die vorliegende Arbeit verfolgt einen theoretischen Ansatz und basiert auf relevanten Standards, Best Practices sowie der systematischen Analyse aktueller IFE-Systeme. Sie beinhaltet keine empirischen Untersuchungen, wie Umfragen oder Interviews.

In der Arbeit wurde aus Gründen der Lesbarkeit auf Genderformen verzichtet. Das generische Maskulinum schließt weibliche, männliche sowie weitere Geschlechtsidentitäten in gleichem Maße ein.

## 2 Theoretische Grundlagen

In diesem Kapitel werden die Grundlagen der Themen IFE und Barrierefreiheit von elektronischen Systemen behandelt. Zudem werden relevante Barrierefreiheitsstandards vorgestellt, unterschiedliche Arten von Beeinträchtigungen differenziert und relevante Assistive Technologien dargestellt. Abschließend werden zentrale Elemente einer grafischen Benutzeroberfläche erklärt.

### 2.1 Inflight Entertainment

IFE-Systeme bezeichnen elektronische Unterhaltungs- sowie Informationssysteme in der Flugzeugkabine. Airlines stellen diesen Service insbesondere auf Langstreckenflügen als festen Bestandteil bereit (Alamdari 1999).

In Abbildung 2 sind ein klassischer IFE-Bildschirm (Seatback Screen) und eine Fernbedienung (Remote Control Unit) einer Economy-Class veranschaulicht. Die IFE-Komponenten sind in die Sitzlehnen der Passagiersitze eingebettet. Jeder Sitz verfügt über einen persönlichen Bildschirm, der über den Touchscreen oder eine Fernbedienung bedient werden kann (Mangad 2019). Einzelne Funktionen sind mit den Tasten am Bildschirm bedienbar, wobei nicht alle IFE-Systeme anderer Hersteller derartige Bedienelemente besitzen. Zusätzliche IFE-Komponenten am Bildschirm oder Sitz können Kopfhöreranschlüsse oder Schnittstellen zum Aufladen persönlicher Endgeräte (Personal Electronic Devices, PED) darstellen. Modernere Systeme implementieren zunehmend Bluetooth-Funktionen, die eine Verbindung von PED und Kopfhörer mit dem IFE zulassen (Trueman 2024).



Abbildung 2: IFE-Bildschirm und Fernbedienung in der Economy-Class am Beispiel von Turkish Airlines (eigene Aufnahme 2023)

Die Passagiere können aus unterschiedlichen Unterhaltungsangeboten wählen (Abbildung 3). Zur Auswahl stehen aktuelle sowie klassische Filme und Serien, Podcasts, Musik, Nachrichten und Spiele. Weiterhin gibt es einen Bereich und Inhalte für Kinder (Leigh 2025). In der Regel zeichnen sich die Inhalte durch eine große Auswahl und Vielfalt aus. Darüber hinaus bieten vereinzelte Airlines den Zugang zu Internet (In-flight Connectivity) an, der allerdings überwiegend kostenpflichtig ist (Emirates 2025). Wie bereits erwähnt, dient das IFE zusätzlich als Informationssystem. Die Passagiere erhalten Informationen über die verbleibende Flugdauer, den Ankunftsort und mitunter die Mahlzeiten während des Flugs. Über eine Flugkarte, die Flight Map, können Echtzeitinformationen, wie der aktuelle Standort, die Flugroute, -geschwindigkeit und -höhe abgerufen werden (Leigh 2025; Emirates 2025). Weiterhin übernimmt das IFE die Aufgabe, die Sicherheitsunterweisung vor dem Abflug im Videoformat auf dem IFE-Bildschirm wiederzugeben (Abbildung 2).

Das Layout des IFE ist an das spezifische Design und die Farben der Airline angepasst. Damit unterscheiden sich die Benutzeroberflächen der Airlines erheblich. Beim klassischen IFE-System lassen sich Anpassungen nur begrenzt vornehmen. Die Passagiere können die Sprache, die Bildschirmhelligkeit und die Lautstärke einstellen (Interactive Digital Display 2024; Frankfurtflyer 2022).

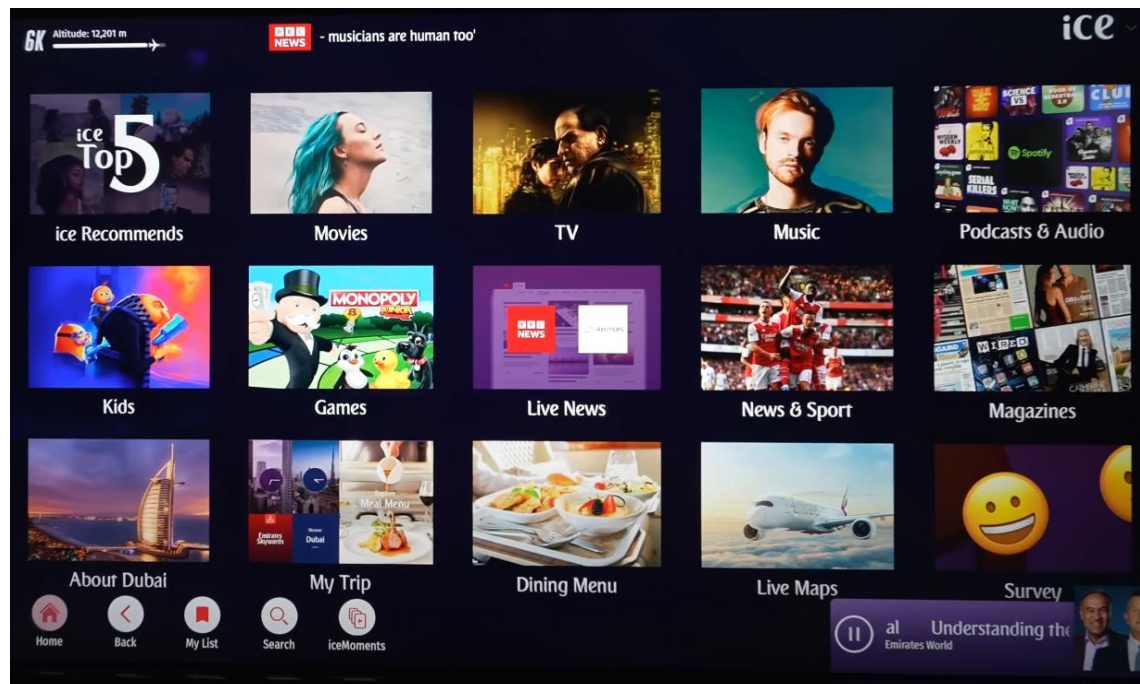


Abbildung 3: IFE-Angebote am Beispiel von Emirates' „ice“-System (Leigh 2025)

Die IFE-Bildschirme werden gemeinsam mit den Sitzreihen ins Flugzeug montiert (Singh und Pande 2023). Zentraler Bestandteil der Flugzeugkabine ist das IFE-Center, das Head-End-Geräte beherbergt und die Datenverteilung übernimmt. Head-End-Geräte bezeichnen Server und Speicher, die die IFE-Inhalte enthalten (Mangad 2019). Vom IFE-Center führen Verkabelungen durch das gesamte Flugzeug, versteckt in der Kabinenverkleidung, zu den IFE-Bildschirmen an jedem Passagiersitz. Sie versorgen die IFE-Bildschirme und -Komponenten mit Daten und Strom (Singh und Pande 2023). Wählt ein Passagier einen bestimmten Medieninhalt auf dem Bildschirm aus, lädt das IFE-Center diesen und zeigt ihn an.

IFE-Systeme sind mit hohen Anschaffungskosten verbunden, zumal die IFE-Bildschirme zwischen 5.000 und 14.000 Dollar pro Sitz kosten. Damit entstehen für ein gesamtes Flugzeug Kosten in Höhe von einer bis drei Millionen Dollar. Grundsätzlich verbleiben diese zehn bis zwölf Jahre im Flugzeug (Childers 2019).

Nachdem Airlines ein IFE-System ausgewählt haben, erwerben sie es beim IFE-Hersteller. Traditionelle IFE-Systeme sind proprietär, was eine Anbindung an spezielle Hersteller bedeutet. Aufgrund dieser starken Anbindung und Abhängigkeit der Airlines können Anpassungen an Funktionen oder Aktualisierungen von Inhalten nicht ohne Weiteres vorgenommen werden (Jordan 2025b).

Bevor Medieninhalte ins Flugzeug gelangen, werden sie sorgfältig selektiert und aufbereitet. In diesem Zusammenhang werden Inhalte, wie z.B. Gewaltszenen oder Flugzeugabstürze gezielt entfernt oder zensiert. Um die Kompatibilität auf unterschiedlichen IFE-Systemen sicherzustellen, muss ein einzelner Film in mehrere Videoformate, wie MPEG-2 oder MPEG-4, überführt werden (Simply Aviation 2024). Obwohl Filme in hohen Auflösungen wie 4K oder Full-HD produziert werden, müssen sie in niedrigere Auflösungen wie SD oder Low-HD konvertiert werden. Grund hierfür ist die hohe Anzahl an IFE-Systemen, die nur diese Formate verarbeiten können. Daraus entstehen hohe Kosten für die Anschaffung sowie Aufbereitung von Inhalten, die von den Airlines getragen werden müssen (Simply Aviation 2024; Childers 2019). Content Service Provider (CSP) übernehmen wesentliche Aufgaben, darunter Aufbereitung, Verwaltung, Lizenzierung und Lieferung der IFE-Inhalte (Stellar Entertainment 2024; Childers 2019).

## 2.2 Barrierefreiheit von elektronischen Systemen

Der Begriff „Barrierefreiheit“ ist im Behindertengleichstellungsgesetz (BGG) definiert. Im § 4 des BGG heißt es:

„Barrierefrei sind bauliche und sonstige Anlagen, Verkehrsmittel, technische Gebrauchsgegenstände, Systeme der Informationsverarbeitung, akustische und visuelle Informationsquellen und Kommunikationseinrichtungen sowie andere gestaltete Lebensbereiche, wenn sie für Menschen mit Behinderungen in der allgemein üblichen Weise, ohne besondere Erschwernis und grundsätzlich ohne fremde Hilfe auffindbar, zugänglich und nutzbar sind. Hierbei ist die Nutzung behinderungsbedingt notwendiger Hilfsmittel zulässig.“ (BMJV 2022)

Nach der Definition wird Barrierefreiheit beispielsweise dadurch realisiert, dass Menschen mit Beeinträchtigungen ein elektronisches System gleichberechtigt nutzen können wie Menschen ohne Beeinträchtigungen.

Eine nähere Betrachtung des Begriffs „Barrierefreiheit“ suggeriert aufgrund des Wortbestands „Freiheit“, ein System ohne jegliche Barrieren (Wilkens et al. 2024). Praktisch lässt sich diese Annahme weder umsetzen noch erreichen, da Menschen unter-

schiedliche Bedürfnisse haben und eine „universelle, vollkommene“ Lösung nicht existiert. Während eine barrierefreie Lösung für eine Nutzergruppe sehr gut geeignet sein kann, erweist sie sich für eine andere als unbrauchbar. Zum einen kann die Sprachsteuerung für motorisch beeinträchtigte Menschen, die ihre Hände nicht nutzen können, vorteilhaft sein, zum anderen stellt sie für Menschen mit einer Sprechbeeinträchtigung keine Option dar. Darüber hinaus besitzen Systeme wirtschaftliche und technische Grenzen, die eine vollständige Barrierefreiheit zusätzlich erschweren.

Alternativ existiert der Begriff „Barrierearmut“, der ein System beschreibt, bei dem bereits Barrieren reduziert wurden. Allerdings erhebt sie nicht den Anspruch, vollständig frei von Barrieren zu sein (Wilkens et al. 2024). Werden beispielsweise für eine Serie Untertitel in Französisch bereitgestellt, gilt das System barriereärmer als zuvor. Dennoch fehlen Untertitel in weiteren Sprachen. An dieser Stelle verdeutlicht sich die Problematik, dass durch die fehlende Messbarkeit und Beurteilbarkeit der Barrierearmut Schlupflöcher entstehen können (Wilkens et al. 2024). Um dem entgegenzuwirken und der Fragestellung nachzukommen, wann ein System als barrierefrei gilt, wurden Standards und Richtlinien eingeführt. Standards, wie die WCAG (siehe Kapitel 2.3) legen Kriterien fest, deren Erfüllung ein System als barrierefrei deklariert. Obwohl existierende Standards nicht vollständig ausgereift sind, stellen sie sicher, dass die Barrierefreiheit von elektronischen Systemen prüfbar und transparent werden (BMI 2025c). Hinzu kommt der Begriff „Zugänglichkeit“ (engl. Accessibility), der als Synonym für Barrierefreiheit verwendet wird (Wilkens et al. 2024). Zugänglichkeit beschreibt den Zugang von Menschen zu beispielsweise Inhalten, Informationen oder Systemen. Im Rahmen der Arbeit wird primär der Begriff Barrierefreiheit verwendet.

Darüber hinaus wird Barrierefreiheit häufig zunächst nur mit Menschen mit Behinderungen assoziiert. Dabei schließt der Begriff auch Barrieren, die Menschen ohne Behinderungen bzw. Beeinträchtigungen erfahren können. Beispiele hierfür sind schlechte Lichtverhältnisse beim Betrachten eines Bildschirms, gesperrte Gehwege oder Sprachbarrieren (Aktion Mensch 2021). Wenn von Barrierefreiheit die Rede ist, gilt das Augenmerk der analogen Welt, wie Treppen, unzugänglichen Sanitäreinrichtungen oder Wegsperrungen (Wilkens et al. 2024). Allerdings ist die digitale und elektronische Welt in ähnlichem Maße betroffen. Diese Form wird als digitale Barrierefreiheit bezeichnet und umfasst beispielsweise fehlende Textalternativen für Abbildungen, fehlende Untertitel für Videoinhalte, unzureichende Kontraste oder unbeschriftete Schaltflächen (Aydin 2025; Thesmann 2016).

Die Barrierefreiheit elektronischer Systeme und digitaler Inhalte ist von erheblicher Bedeutung, zumal ca. 1,3 Milliarden Menschen weltweit davon betroffen ist (WHO 2022). Barrierefreie Systeme erleichtern die Nutzung für alle Menschen, auch ohne Beeinträchtigungen. Zudem steigern sie das Ansehen eines Unternehmens sowie die Kundenzufriedenheit und -bindung (Alamdari 1999). Zu beachten ist, dass die digitale Barrierefreiheit in zahlreichen Bereichen gesetzlich verankert ist und sich in Zukunft auf weitere Bereiche ausweiten wird (GSA 2025).

## **2.3 Standards und Richtlinien**

Bisher existieren keine spezifischen Standards für die Barrierefreiheit von IFE-Systemen (Kirby 2024c). Nichtsdestotrotz lassen sich Gesetze und Richtlinien zur digitalen Barrierefreiheit in weiten Teilen auf das IFE anwenden. Nachfolgend wird ein Überblick über relevante Regelungen zur Barrierefreiheit gegeben. In dieser Arbeit wird primär die WCAG herangezogen, da sie den internationalen Standard repräsentiert und regelmäßig referenziert wird (HMG Aerospace 2025).

### **14 CFR Part 382**

Das U.S. Department of Transportation (DOT) hat mit dem 14 CFR Part 382 eine Verordnung zur Nichtdiskriminierung von Passagieren mit Behinderungen im Luftverkehr eingeführt (CFR 2008). Sie deckt zahlreiche Bereiche ab, darunter die Barrierefreiheit an Flughäfen, Unterstützung beim Boarding, barrierefreie Webseiten der Airlines und barrierefreie Bordtoiletten. Hinsichtlich IFE-Systemen legt die Verordnung in § 382.69 beispielsweise fest, dass Sicherheitsunterweisungen im Videoformat für hörbeeinträchtigte Passagiere über Untertitel oder Gebärdensprache verfügen müssen. Dieses Beispiel zeigt, dass vereinzelte Anforderungen das IFE-System direkt adressieren. Zu beachten ist jedoch, dass diese sicherheitsrelevante Inhalte betreffen und nicht andere Inhalte des IFE. Ziel der Verordnung 14 CFR Part 382 ist die Umsetzung des Air Carrier Access Act (ACAA). Der ACAA ist ein Gesetz in den USA, das die Gleichberechtigung von Menschen mit Behinderungen im Luftverkehr gewährleistet (CFR 2008).

### **EAA**

Der European Accessibility Act (EAA) ist eine EU-Richtlinie für barrierefreie Produkte und Dienstleistungen (EU 2019). Ziel der Richtlinie sind einheitliche Regelungen zur Barrierefreiheit innerhalb der EU. Sie umfasst Barrierefreiheitsanforderungen für Pro-

dukte und Dienstleistungen, wie Computer, Smartphones, Ticketautomaten, TV-Geräte oder Transportmittel. Das Barrierefreiheitsstärkungsgesetz (BFSG) setzt die EAA in Deutschland um (BMI 2025a). Es trat am 28. Juni 2025 in Kraft und gilt für Produkte und Dienstleistungen, die ab diesem Zeitpunkt auf dem Markt verfügbar sind (EU 2019).

### **EN 301 549**

Auf europäischer Ebene existiert weiterhin die EN 301 549. Die europäische Norm definiert Barrierefreiheitsanforderungen für Informations- und Kommunikationstechnologie-Produkten und -Dienstleistungen. Sie umfasst beispielsweise die Bereiche Webanwendungen, Videoinhalte, Hardware und Software, Dokumente. Mehrere Kapitel der Norm verweisen auf die WCAG (ETSI 2021).

### **BITV 2.0**

Die Barrierefreie-Informationstechnik-Verordnung (BITV) des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales (BMAS) basiert auf dem BGG (BMI 2025b). Ihr Ziel ist die barrierefreie Gestaltung von Informations- und Kommunikationstechnik auf Bundesebene. Die Anwendungsbereiche der Verordnung sind unter anderem Webseiten, mobile Anwendungen, elektronische Vorgänge in der Verwaltung und grafische Programmoberflächen. Sie verweist auf die europäische Norm EN 301 549 (BMI 2025b).

### **WCAG**

Das World Wide Web Consortium (W3C) ist ein internationales Gremium für die Standardisierung im Web. Zu den Themenfelder gehören Barrierefreiheit, Datenschutz, Internationalisierung und Sicherheit des World Wide Web (W3C 2025a). Der Teilbereich Web Accessibility Initiative (WAI) des W3C entwickelte die Web Content Accessibility Guidelines (WCAG), die als internationaler Maßstab für digitale Barrierefreiheit dienen (W3C 2025b; BMI 2025c). Die aktuelle Version WCAG 2.2 stammt aus dem Jahr 2024. Die WCAG folgt den vier Prinzipien: *Wahrnehmbar*, *Bedienbar*, *Verständlich* und *Robust* (Tabelle 1). Die Prinzipien sind in 13 Richtlinien unterteilt und die Richtlinien wiederum in 86 Erfolgskriterien (W3C 2024).

Darüber hinaus sind die Erfolgskriterien in die Kategorien A, AA und AAA eingestuft. Sie werden als Konformitätsstufen bezeichnet, wobei A die niedrigste, AA die mittlere und AAA die höchste Stufe darstellt. In der EU setzt die Einhaltung der Stufen A und AA den Standard für digitale Barrierefreiheit (BMI 2025c).

Wenngleich die WCAG für Webinhalte konzipiert wurden, eignen sie sich als internationaler Standard ebenfalls für elektronische Systeme, insbesondere für IFE-Systeme (HMG Aerospace 2025). Nachfolgende Tabelle bildet die Prinzipien und Richtlinien der WCAG ab.

Tabelle 1: Einteilung der WCAG in die vier Prinzipien für Barrierefreiheit (nach W3C 2024; Heinecke und Gerken 2024)

| <b>Übersicht der WCAG-Prinzipien und -Richtlinien</b> |                                    |
|-------------------------------------------------------|------------------------------------|
| <b>Prinzip 1: Wahrnehmbar</b>                         |                                    |
| 1.1                                                   | Text-Alternativen                  |
| 1.2                                                   | Zeitbasierte Medien                |
| 1.3                                                   | Anpassbar                          |
| 1.4                                                   | Unterscheidbar                     |
| <b>Prinzip 2: Bedienbar</b>                           |                                    |
| 2.1                                                   | Tastaturbedienbar                  |
| 2.2                                                   | Ausreichend Zeit                   |
| 2.3                                                   | Anfälle und körperliche Reaktionen |
| 2.4                                                   | Navigierbar                        |
| 2.5                                                   | Eingabemodalitäten                 |
| <b>Prinzip 3: Verständlich</b>                        |                                    |
| 3.1                                                   | Lesbar                             |
| 3.2                                                   | Vorhersehbar                       |
| 3.3                                                   | Eingabeunterstützung               |
| <b>Prinzip 4: Robust</b>                              |                                    |
| 4.1                                                   | Kompatibel                         |

Für das IFE relevante Richtlinien und Erfolgskriterien werden im Verlauf der Arbeit, insbesondere in Kapitel 2.4 und Kapitel 4 angeführt.

Exemplarisch stellt die Abbildung 4 das Prinzip 2 *Bedienbar* sowie die Richtlinien 2.1 „Tastaturbedienbar“ und das Erfolgskriterium 2.1.1 „Tastatur“ in der Stufe A dar. Darin

müssen alle Funktionalitäten mithilfe einer Tastatur und ohne Zeitbegrenzungen für Tastenanschläge bedienbar sein (W3C 2024).

## 2. Operable

User interface components and navigation must be operable.

### Guideline 2.1 Keyboard Accessible

Make all functionality available from a keyboard.

[Understanding Keyboard Accessible](#)  
[How to Meet Keyboard Accessible](#)

#### Success Criterion 2.1.1 Keyboard

(Level A)

All [functionality](#) of the content is operable through a [keyboard interface](#) without requiring specific timings for individual keystrokes, except where the underlying function requires input that depends on the path of the user's movement and not just the endpoints.

[Understanding Keyboard](#)  
[How to Meet Keyboard](#)

Abbildung 4: Auszug aus der WCAG-Version 2.2 (W3C 2024)

### Prinzip 1: Wahrnehmbar

Das erste Prinzip besagt, dass Informationen und Elemente der Benutzeroberfläche für alle Nutzer wahrnehmbar dargestellt werden müssen. Zum Beispiel werden die Bereitstellung barrierefreier Alternativen für Medieninhalte oder die Anpassbarkeit der Darstellungsform der Benutzeroberfläche genannt (W3C 2024).

### Prinzip 2: Bedienbar

Prinzip 2 fordert die barrierefreie Bedienbarkeit der Oberflächenelemente und der Navigation. Als Beispiele sind die vollständige Bedienung der Benutzeroberfläche über Tasten und ausreichend Zeit zur Nutzung und Bedienung von Inhalten zu erwähnen (W3C 2024).

### Prinzip 3: Verständlich

Gemäß dem dritten Prinzip sind Informationen, Inhalte und die Nutzung der Benutzeroberfläche verständlich zu gestalten. Zu berücksichtigen sind Erfolgskriterien, wie die Lesbarkeit von Textinhalten oder die Unterstützung der Nutzer bei der Eingabe und Fehlervermeidung (W3C 2024).

**Prinzip 4: Robust**

Das vierte Prinzip beschreibt die Kompatibilität und die Robustheit der Inhalte, sodass sie von verschiedenen Geräten und Technologien erfasst werden können (W3C 2024).

**2.4 Arten von Beeinträchtigungen**

Menschliche Beeinträchtigungen werden in vier Arten unterteilt. Hierzu zählen visuelle, auditive, motorische und kognitive Beeinträchtigungen (Abbildung 5; Kohlbrandt 2022). Hervorzuheben ist, dass Beeinträchtigungen individuell unterschiedlich ausgeprägt sein und Kombinationen von Beeinträchtigungen gleichzeitig auftreten können (Heinecke und Gerken 2024). Im Folgenden werden die unterschiedlichen Arten und bewährte Maßnahmen beschrieben.



Abbildung 5: Beeinträchtigungen menschlicher Fähigkeiten (Kohlbrandt 2022)

## Visuelle Beeinträchtigungen

Visuelle Beeinträchtigungen betreffen die Sehfähigkeit und treten in zahlreichen Formen auf. Sehbeeinträchtigungen umfassen leichte Sehschwächen, die durch eine Brille oder Kontaktlinsen korrigiert werden können, sowie schwere Sehbeeinträchtigungen, bei denen eine Korrektur nur eingeschränkt möglich ist (Thesmann 2016). Zudem gibt es blinde Menschen, die entweder seit der Geburt blind sind oder im Verlauf ihres Lebens aufgrund eines Unfalls oder einer Krankheit erblindet sind. Häufig sind Augenkrankheiten oder genetische Voraussetzungen die Ursache. Darüber hinaus kommen Farbfehlsichtigkeiten, wie eine Rot/Grün-Schwäche oder verschiedene Formen von Farbenblindheiten vor (Thesmann 2016).

Personen mit visuellen Beeinträchtigungen haben Schwierigkeiten, Bildschirminhalte zu erkennen. Nicht selten liegt dies an zu kleinen Texten, Abbildungen oder Symbolen. Aus diesem Grund ist es von Bedeutung, dass Texte vergrößert werden können (WCAG 1.4.4; W3C 2024). Die Farbgestaltung der Benutzeroberflächen ist ebenfalls häufig kontrastarm gewählt, wie z.B. weißer Text auf hellem Hintergrund (Frankfurtflyer 2022). Nach dem Erfolgskriterium 1.4.3 der WCAG müssen Texte ein Kontrastverhältnis von mindestens 4,5:1 zum Hintergrund aufweisen (W3C 2024). Zudem weisen die Oberflächen häufig eine hohe Informationsdichte auf und erschweren den Überblick sowie die Orientierung. Darüber hinaus ergeben sich für visuell beeinträchtigte Nutzer Schwierigkeiten bei der Bedienung über den Touchscreen, da sie nicht Elemente und Inhalte lokalisieren können (Kane et al. 2025).

Neben großen Bildschirmelementen und kontrastreichen Farben sind für visuell beeinträchtigte Nutzer akustische Lösungen erforderlich. Um Bildschirminhalte vorlesen zu lassen, eignen sich eine Sprachausgabe und Screenreader-Software (siehe Kapitel 2.5 Assistive Technologien; Thesmann 2016). Videoinhalte, wie Filme und Serien, sind für sie hauptsächlich über Audiodeskriptionen zugänglich (WCAG 1.2.5 und 1.2.7; W3C 2024). Des Weiteren ermöglichen Vergrößerungssoftware Menschen mit mittelschweren Sehbeeinträchtigungen, den Bildschirm zu vergrößern (Thesmann 2016). Nicht-Text-Inhalte wie Abbildungen, Fotos oder Symbole sind durch Textalternativen bzw. Alternativtexte zu beschreiben (WCAG 1.1.1; W3C 2024). In Abbildung 6 zeigt sich, dass Alternativtexte, wie „Image 381“ oder „Frau“ visuell beeinträchtigten Nutzern keine hinreichenden Informationen über das Foto geben, während der Alternativtext „Rollstuhlfahrerin mit Helm auf Skate Rampe“ eine präzise Bildbeschreibung bietet. Über Assistive Technologien wie Screenreader sind diese Textalternativen erfassbar, wodurch ein Informationsverlust verhindert wird (Thesmann 2016).



Sehr schlecht: Image 381

Schlecht: Frau

Gut: Frau auf Skate Rampe

Sehr gut: Rollstuhlfahrerin mit Helm auf Skate Rampe

Abbildung 6: Beispiel schlechter und guter Textalternativen (Lagfa Bayern 2025)

Außerdem ist es wichtig, dass Informationen, Anweisungen oder Rückmeldungen nicht ausschließlich in visueller Form, beispielsweise nur durch Farbe, vermittelt werden (WCAG 1.4.1; W3C 2024). Die Informationsvermittlung über mindestens zwei Wege stellt ein zuverlässiges Empfangen sicher (Abbildung 7).

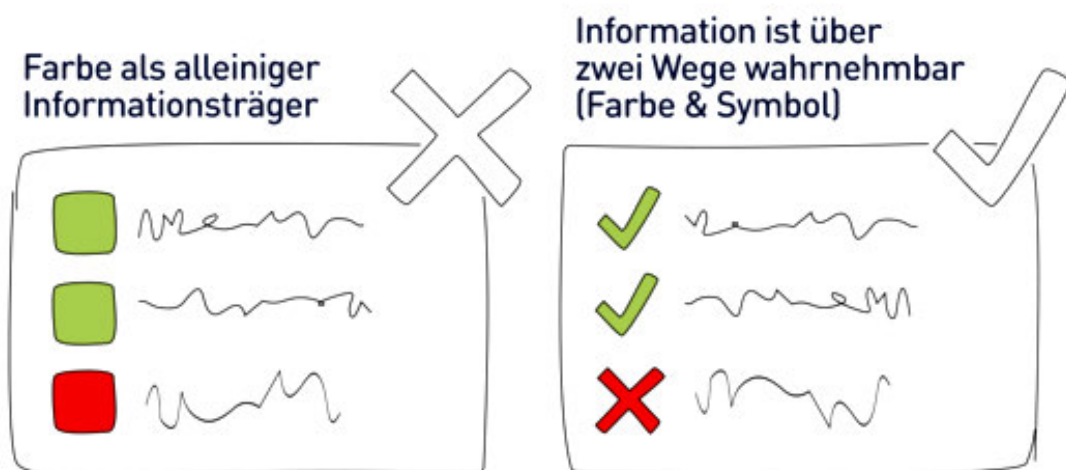


Abbildung 7: Informationsvermittlung über einen oder zwei Wege (DH.NRW 2025)

### Auditive Beeinträchtigungen

Beeinträchtigungen, die den Hörsinn beeinflussen, werden als auditive Beeinträchtigungen bezeichnet. Grundsätzlich wird zwischen Menschen mit Schwerhörigkeit und Gehörlosigkeit unterschieden. Schwerhörige nehmen akustische Informationen nur eingeschränkt wahr und gehörlose Menschen nehmen diese nicht wahr. Abhängig vom Grad der Hörbeeinträchtigung können Hilfsmittel, wie Hörgeräte eingesetzt werden (Thesmann 2016).

Hörbeeinträchtigten Menschen müssen Informationen und Inhalte visuell zugänglich gemacht werden (Heinecke und Gerken 2024). Medieninhalte wie Filme und Serien werden beispielsweise in IFE-Systemen häufig ohne Untertitel bereitgestellt. Selbst wenn Untertitel verfügbar sind, weisen sie Qualitätsdefizite auf, die durch Unvollständigkeit oder fehlerhafte Formatierung geprägt sind (Novic 2020).

Zusätzlich zu Untertiteln (WCAG 1.2.2) stellen Inhalte in Gebärdensprache (WCAG 1.2.6) eine Lösungsmaßnahme dar (siehe Kapitel 2.5; Horcher 2024). Für Live-Durchsagen des Piloten oder der Crew in der Kabine, die hörbeeinträchtigte Passagiere schwer wahrnehmen, bietet sich Live-Untertitelung an (WCAG 1.2.4). Unter Verwendung von Technologien wie Speech-to-Text (STT) können die Durchsagen in Echtzeit auf den Sitzbildschirmen angezeigt werden (Hocher 2024). Neben wichtigen Durchsagen sind die Untertitelung und Gebärdensprachfunktion von Sicherheitsanweisungsvideos unerlässlich (CFR 2008). Ein weiterer Aspekt betrifft die Qualität der im Flugzeug ausgegebenen Kopfhörer. Die Lautstärke des Tons ist häufig selbst für Passagiere ohne Beeinträchtigungen zu gering, auch bedingt durch die Kabinengeräusche im Flug. Modernere Hörgeräte lassen sich über Bluetooth mit elektronischen Systemen verbinden, sodass Audiospuren darüber empfangen werden können (Guthrie 2024).

### **Motorische Beeinträchtigungen**

Unter motorischen Beeinträchtigungen werden Beeinträchtigungen der Bewegungsfähigkeit oder auch Körperbehinderungen verstanden. Dazu zählen unter anderem fehlende Gliedmaßen, Lähmungen, Zittern, Muskelschwäche, Spastik und Koordinationsstörungen. Ebenso kann ein gebrochener Arm, eine Zerrung oder andere physische Verletzungen die Betroffenen temporär einschränken (Hocher 2024; Thesmann 2016).

Motorisch beeinträchtigte Personen haben insbesondere Schwierigkeiten bei der Bedienung elektronischer Systeme (Hocher 2024). Die übliche Bedienung des IFE-Bildschirms erfolgt über den Touchscreen (Mangad 2019). Touchscreens besitzen in der Regel kleine Touchziele und setzen exakte Fingerbewegungen voraus. Deshalb fordert die WCAG in Richtlinie 2.5.5 eine Mindestgröße von 44 x 44 CSS-Pixel für Touch-Ziele (W3C 2024). Ferner erfordern einzelne Interaktionen die Nutzung mehrerer Finger oder Wischgesten. Dem begegnet die WCAG damit, dass alle Interaktionen auch mithilfe eines Fingers erfolgen können (WCAG 2.5.1 und 2.5.7; W3C 2024). Falls im IFE-System integriert, kann eine Fernbedienung mit Tasten genutzt werden (Man-

gad 2019). Für Passagiere mit beeinträchtigter Feinmotorik sind diese Tasten jedoch häufig zu klein. Weiterhin kann die Distanz zum Bildschirm zu groß sein, sodass Betroffene den Touchscreen oder Bildschirmtasten schwer erreichen.

Die naheliegendste Maßnahme zur Bedienung ist die Sprachsteuerung (siehe Kapitel 2.5 Assistive Technologien). Betroffene können das IFE-System ausschließlich über ihre Stimme und ohne körperliche Bewegungen bedienen (Horcher 2024). Andererseits ist diese Lösung nicht von Menschen mit Sprechbeeinträchtigungen nutzbar (Heinecke und Gerken 2024). Des Weiteren muss eine vollständige Bedienbarkeit über Tasten sichergestellt sein (WCAG 2.1.1). Neben großen Tasten ist zu beachten, dass Nutzer bei keinem Element in eine Tastenfalle geraten (WCAG 2.1.2; W3C 2024). Auch hier sollen gleichzeitige Tastenanschläge sowie Zeitangaben (WCAG 2.1.3) beim Betätigen der Tasten vermieden werden. Unbeabsichtigte Eingaben sind durch ausreichende Abstände zwischen den Elementen zu vermeiden (WCAG 2.5.8; W3C 2024). Eine weitere Maßnahme stellt die Nutzung angepasster Eingabegeräte, wie beispielsweise Tastaturen oder Fernbedienungen mit reduzierter Tastenanzahl, größerer Tasten oder einhändiger Bedienbarkeit. Zusätzlich müssen Elemente und Schaltflächen der IFE-Benutzeroberfläche größer gestaltet werden. Darüber hinaus kann die Erreichbarkeit des Bildschirms optimiert werden, beispielsweise durch die Ausgabe von Tablets oder die Nutzung des IFE auf PEDs. Weitere Steuerungsoptionen bilden Augen-, Mund- oder Gestensteuerungen (Horcher 2024).

### **Kognitive Beeinträchtigungen**

Kognitive Beeinträchtigungen beschreiben eine Vielzahl an geistigen Beeinträchtigungen. Beispiele hierfür sind Beeinträchtigungen der Lernfähigkeit, Aufmerksamkeit, Konzentration, Sprache, des Lesevermögens oder des Gedächtnisses. Sie treten häufig bei Erkrankungen wie Alzheimer, ADHS oder Demenz auf (Horcher 2024).

Wesentlich ist, dass Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen nicht überfordert werden. Eine geeignete Lösungsmaßnahme bietet eine einfache und minimalistische Gestaltung der Benutzeroberfläche (Heinecke und Gerken 2024; Horcher 2024). Weniger Elemente verringern die zu verarbeitende Informationsmenge. Die sprachliche Darstellung sollte klar, durch kurze und verständliche Sätze gekennzeichnet sein. Hierbei bietet sich eine Variante in „Leichter Sprache“ an (Horcher 2024). Zudem sind elektronische Systeme und die Benutzeroberflächen in mehreren Sprachen bereitzustellen, damit kognitiv beeinträchtigte Nutzer die Sprache wählen können, in der sie

sich sicher fühlen (WCAG 3.1.1; W3C 2024). Darüber hinaus sollte den Nutzern Sicherheit im Umgang mit den Systemen gegeben werden. Dies gelingt über Rückmeldungen, die den Nutzern vermittelt, dass Eingaben registriert wurden und bearbeitet werden oder Fehler aufgetreten sind (WCAG 1.3.3 und 3.3.1; W3C 2024). Fehler müssen verständlich beschrieben und Lösungen sowie Hilfe angeboten werden. Des Weiteren müssen Nutzer erkennen, wo sie sich auf einem Bildschirm befinden und welches Element aktuell aktiv ist (WCAG 2.4.7; W3C 2024).

Die Bedienung durch die Benutzeroberfläche sollte intuitiv und einfach gestaltet sein. Die Nutzer dürfen bei der Bedienung nicht durch Zeitbegrenzungen unter Druck gesetzt werden. Interaktive Elemente müssen eindeutig mit ihrem Zweck beschriftet sein und dürfen nicht ausschließlich durch Symbole dargestellt werden (WCAG 2.4.6 und 3.3.2; W3C 2024). Zudem erleichtern eine klare und konsistente Menüstruktur und verständliche Bedienelemente die Orientierung (Horcher 2024). Zur Unterstützung der Nutzer können integrierte Assistenten oder Hilfsfunktionen eingesetzt werden (WCAG 3.2.6). Außerdem sind Animationen und blinkende oder flackernde Lichtverhältnisse, die unerwünschte Reaktionen hervorrufen könnten, zu vermeiden (WCAG 2.3.3 und 2.3; W3C 2024).

## **2.5 Assistive Technologien und barrierefreie Hilfsmittel**

Damit Menschen mit Beeinträchtigungen elektronische Systeme einfacher nutzen können, werden Assistive Technologien (AT) eingesetzt. Assistive Technologien sind unterstützende Hilfsmittel bestehend aus Hardware- und Softwarelösungen (Heinecke und Gerken 2024). Sie sind wesentlicher Bestandteil der Barrierefreiheit und finden in verschiedenen Bereichen, wie beispielsweise der Medizin, Anwendung. Unter AT im Allgemeinen werden auch nicht-elektronische Hilfsmittel wie Rollstühle oder Gehhilfen verstanden (Anisimova et al. 2025).

Im Folgenden werden ausgewählte, für die Arbeit relevante, AT und barrierefreie Hilfsmittel beschrieben. Da Untertitel, Audiodeskriptionen und Gebärdensprachen nicht zu den AT zählen, werden sie hier unter der Bezeichnung barrierefreie Hilfsmittel behandelt.

## Screenreader

Screenreader sind Bildschirmleseprogramme, die Menschen mit Sehbeeinträchtigungen Inhalte und Informationen vom Bildschirm über eine Sprachausgabe vorlesen oder über eine Braille-Zeile ausgeben (Thesmann 2016). Die Software hinter einem Screenreader ist häufig komplex, zumal sie nicht nur alles Abgebildete auf dem Bildschirm abliest (Horcher 2024). Der Screenreader muss dekorative und unwichtige Informationen für das Verständnis und die Interaktion bewusst weglassen. Vor diesem Hintergrund sind nach dem WCAG-Standard Benutzeroberflächen zugänglich für Screenreader zu gestalten, z.B. durch Textalternativen für Abbildungen und maschinenlesbar strukturierte Inhalte (W3C 2024). Die Screenreadersoftware gibt relevante Bildschirminhalte über eine Sprachsynthese, Text-to-Speech (TTS), aus (Horcher 2024). Während TTS lediglich den Text vorliest, führt und navigiert der Screenreader die Nutzer durch das Menü (Horcher 2024; Thesmann 2016). Alternativ können die Bildschirminhalte mithilfe einer Übersetzungssoftware in Braille ausgegeben werden (Abbildung 8). Die Brailleschrift ist die Blindenschrift, bei der visuell beeinträchtigte Menschen einzelne Zeichen mit ihren Fingerkuppen ertasten.

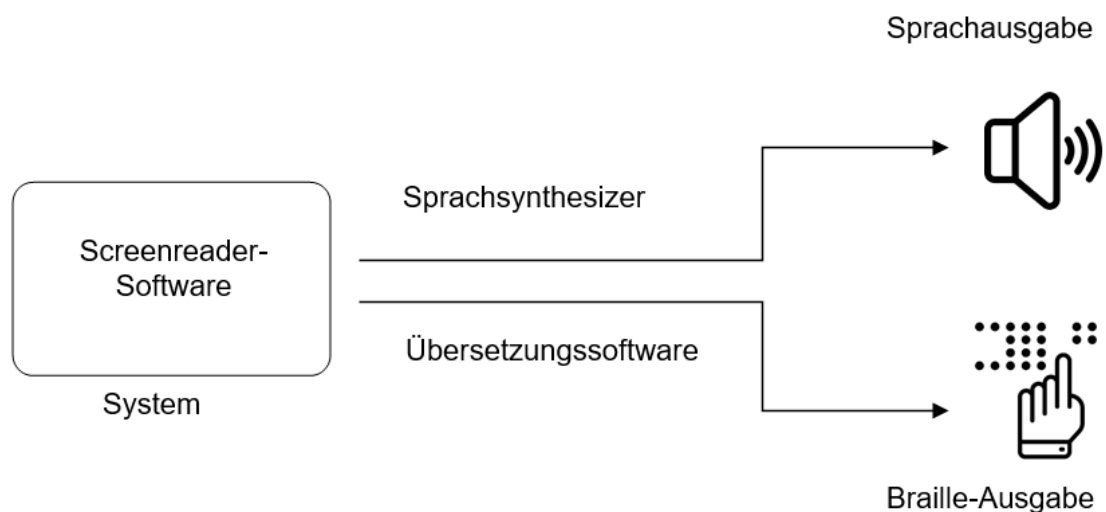


Abbildung 8: Prinzip der Ausgabe bei Screenreadern (eigene Darstellung nach Gebhardt 2024)

Screenreader sind entweder als zusätzliche Software verfügbar oder bereits fest im System integriert (Thesmann 2016). Sie finden vermehrt in Smartphones, Tablets und Computern Anwendung. Bekannte Screenreader sind VoiceOver von Apple, TalkBack von Android sowie JAWS und NVDA für Windows-Geräte (BMI 2025d).

### **Vergrößerungssoftware**

Eine Vergrößerungssoftware, auch Bildschirmvergrößerung bezeichnet, unterstützt sehbeeinträchtigte Nutzer, indem sie die gesamte Benutzeroberfläche oder einzelne Teile vergrößert (Thesmann 2016). Vergrößerungsmöglichkeiten sind bereits gängige Funktionen in elektronischen Systemen, wie in Computern und Smartphones. Zu den Softwareanwendungen zählen die Bildschirmlupe von Windows oder die integrierte Zoomfunktion in den Bedienungshilfen von Apple. Zu beachten ist jedoch, dass Vergrößerungen häufig zu Darstellungsproblemen führen können, wie abgeschnittene Texte oder verschobene Bildelemente (Thesmann 2016).

### **Sprachsteuerung und -erkennung**

Die Sprachsteuerung stellt eine alternative Bedienmöglichkeit zur Touch- und Tastaturbedienung dar. Eine Spracherkennungssoftware erkennt die Stimme und das Steuerungssystem setzt die Spracheingabe um (Horcher 2024). Die Spracherkennung muss zuverlässig funktionieren und dabei unterschiedliche Sprachen, Akzente, Dialekte sowie undeutliche Eingaben erkennen (Thesmann 2016). Die Sprachsteuerung ermöglicht es den Nutzern das elektronische System ausschließlich über ihre Stimme zu bedienen. Sie eignet sich besonders für Menschen mit motorischen oder visuellen Beeinträchtigungen, die Schwierigkeiten bei der Nutzung von Maus, Tastatur oder Touchscreen haben. Sprachsteuerung ist bereits Bestandteil des Alltags vieler Menschen, auch bei Menschen ohne Beeinträchtigungen, beispielsweise aus Gründen der Bequemlichkeit oder zur Unterhaltung. Sprachassistenten wie Alexa für zuhause oder Siri für Apple-Produkte werden beispielsweise verwendet, um Musik abzuspielen, Nachrichten zu verfassen oder Anrufe zu tätigen. Insbesondere blinde oder visuell beeinträchtigte Menschen nutzen verstärkt die Sprachfunktion zur Interaktion mit Smartphones oder Smart-TVs (Horcher 2024).

### **Tastatur**

Menschen mit visuellen oder motorischen Beeinträchtigungen können Touchscreens oder eine Maus häufig nicht bedienen, da sie weder die Position auf dem Bildschirm wahrnehmen noch gezielte Aktionen ausführen können. Hilfestellungen verschaffen Tastaturen oder Eingabegeräte mit Tasten, die individuell an die persönlichen Bedürfnisse angepasst sind (Heinecke und Gerken 2024). Neben den Pfeiltasten stellt die Tabulator-Taste eine zentrale Funktion der Tastatur dar, da sie ein Springen zwischen verschiedenen Feldern bzw. Elementen ermöglicht (Thesmann 2016).

**Untertitel**

Untertitel (UT) werden unterschieden zwischen sprachlichen Untertiteln und Untertitel für Schwerhörige bzw. Gehörlose (Subtitles for the Deaf and Hard of Hearing, SDH) (Bohn 2025). Sprachliche Untertitel geben die gesprochene Sprache in Textform wieder. Sie werden vorwiegend für eine Fremdsprache angewandt, um das Gesprochene in einer anderen Sprache wiederzugeben. Beispielsweise wird ein englischer Film mit deutschen Untertiteln versehen. Untertitel für Schwerhörige bzw. Gehörlose umfassen neben der gesprochenen Sprache auch Musik, Geräusche und die Sprecher. Fehlen diese zusätzlichen Informationen, gehen wesentliche Informationen verloren, was das Verständnis beeinträchtigt (Bohn 2025).

**Audiodeskription**

Die Audiodeskription (AD) ist eine weitere Audiospur in Filmen, Serien und Videos, die zusätzlich zum Dialog visuelle Inhalte und Informationen vermittelt. Im Detail sind Orte, Personen, Bewegungen, Gestik und Mimik gemeint, die sehbeeinträchtigte und blinde Menschen nicht wahrnehmen würden (Thesmann 2016). Werden Audiodeskriptionen in den Pausen zwischen Szenen oder Dialogen eingefügt, wird von erweiterten AD gesprochen (BMI 2025e). Die Audiodeskription erfolgt objektiv, ohne Interpretation und muss von elektronischen Systemen wie dem IFE abspielbar sein (Bohn 2025).

**Gebärdensprache**

Die Gebärdensprache (GS) ist eine Sprache, die vor allem aus Handzeichen (Gebärden) sowie aus Körperhaltung und Mimik besteht. Gehörlose Menschen beherrschen sie wie eine Muttersprache (Heinecke und Gerken 2024). Gebärdensprachen unterscheiden sich wie gesprochene Sprachen. Beispielsweise existieren die Deutsche Gebärdensprache (DGS) oder die American Sign Language (ASL) (Hochschule Fresenius 2017). Besonders wird die Gebärdensprache in der alltäglichen, physischen Kommunikation oder auch in Videoinhalten, wie Nachrichtenvideos verwendet. Gehörlose Menschen sind mit der Schriftsprache häufig nicht vertraut und müssen sie erlernen (Horcher 2024).

## 2.6 Grafische Benutzeroberfläche

Die grafische Benutzeroberfläche (Graphical User Interface, GUI) setzt sich aus unterschiedlichen Elementen zusammen (Heinecke und Gerken 2024; Thesmann 2016). Zentrale Elemente, die in der vorliegenden Arbeit wiederholt zu lesen sind, werden definiert (Tabelle 2). Abbildung 9 visualisiert exemplarisch eine grafische Benutzeroberfläche sowie ihre Elemente.

Tabelle 2: Zentrale Elemente einer grafischen Benutzeroberfläche (eigene Darstellung nach Heinecke und Gerken 2024; Thesmann 2016)

| Elemente                           | Beschreibung                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Schaltfläche                       | Klickbares Element, das eine Aktion auslöst.<br>Beispiel: „Home“-Schaltfläche, um zum Startbildschirm zu gelangen.                                                                                                 |
| Symbol                             | Kleines grafisches Element, das Aktionen oder Anwendungen repräsentiert.<br>Beispiel: Zahnradsymbol für Einstellungen.                                                                                             |
| Textfeld                           | Eingabefeld, in das Nutzer Text eingeben können.<br>Beispiel: Suchfeld, um bestimmten Film zu suchen.                                                                                                              |
| Scrollleiste und Navigationspfeile | Elemente zum Bewegen der Inhalte innerhalb der Benutzeroberfläche.                                                                                                                                                 |
| Menüleiste                         | Bereich mit Menüpunkten, der beim Betätigen weitere Inhalte anzeigt.<br>Beispiel: Beim Klicken auf den Menüpunkt „Filme“ werden verfügbare Filminhalte angezeigt.                                                  |
| Symbolleiste                       | Bereich mit wichtigen Symbolen bzw. Schaltflächen.<br>Beispiel: Schaltflächen für Startbildschirm oder Einstellungen                                                                                               |
| Text                               | Informationen und Inhalte in Textform innerhalb der Benutzeroberfläche.<br>Beispiel: Filminformationen zu einem Filmtitel.                                                                                         |
| Abbildung                          | Foto oder Grafik zur Visualisierung von Inhalten.<br>Beispiel: Titelbild eines Films.                                                                                                                              |
| Beschriftung                       | Kurze Bezeichnung oder kurzer Text zur Beschreibung des Zwecks eines Elements bzw. einer Schaltfläche.<br>Beispiel: Die Beschriftung „Home“ beschreibt das Haussymbol und verrät dem Nutzer die Funktion dahinter. |
| Überschrift                        | Titel, der Abschnitte und Inhalte der Benutzeroberfläche strukturiert.                                                                                                                                             |

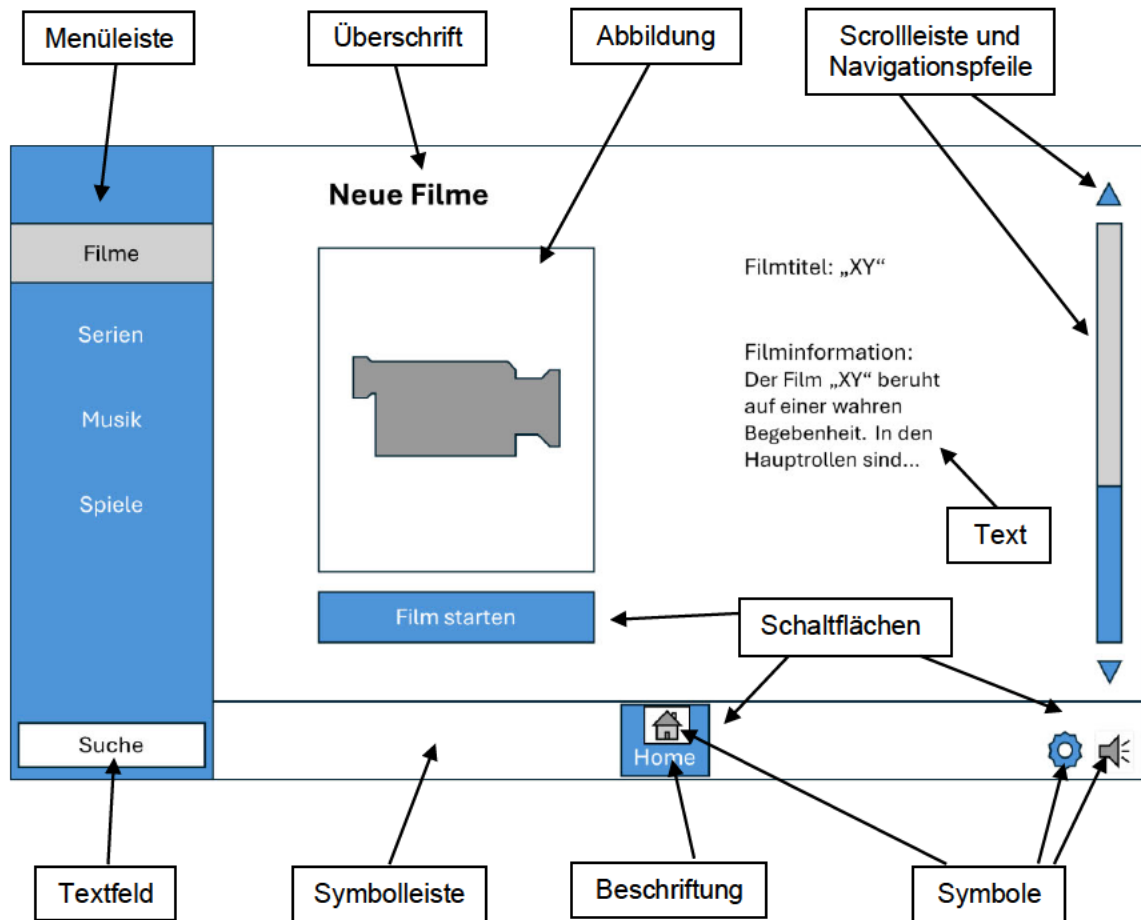


Abbildung 9: Exemplarische grafische Benutzeroberfläche mit zentralen Elementen (eigene Darstellung nach Interactive Digital Display 2024)

### **3 Analyse aktueller IFE-Systeme und zukünftiger Entwicklungen**

Das Kapitel 3 setzt sich aus zwei Teilen zusammen. Zunächst werden drei auf dem Markt befindliche IFE-Systeme bzw. -Lösungen hinsichtlich ihrer Barrierefreiheit analysiert. Im zweiten Teil erfolgt ein Diskurs bezüglich relevanter neuer Entwicklungen in der Barrierefreiheit elektronischer Systeme und ihre Anwendung auf IFE-Systeme (siehe Kapitel 3.5).

Im ersten Schritt werden die Vorgehensweise und Rahmenbedingungen der Analyse definiert. Im Rahmen der Untersuchung werden das Standard-IFE-System von Delta Airlines, der IFE-Modus „RAVE Accessible IFE“ von Safran Passenger Innovations (SPI) und Thales Avionics‘ IFE-Lösung „Accessibility UI“ analysiert. Delta Airlines‘ IFE-System repräsentiert das klassische Standard-IFE-System, das in den meisten Flugzeugen installiert ist. Die Lösungen von SPI und Thales Avionics sind barrierefreie IFE-Entwicklungen, die sich allerdings durch ihre barrierefreien Funktionen voneinander abgrenzen. Hierbei werden die öffentlich verfügbaren Informationen der IFE-Hersteller und der Airline berücksichtigt. Zur Analyse der Barrierefreiheit wurde das IFE in Teilbereiche unterteilt. Die Teilbereiche wurden auf Grundlage der WCAG sowie des Grundlagenkapitels identifiziert und sind in Tabelle 3 dargestellt. Die Analyse soll Barrieren sowie Potenziale der IFE-Systeme aufzeigen.

Tabelle 3: Einteilung des barrierefreien IFE-Systems in Teilbereiche (nach W3C 2024)

| Teilbereiche                      | Beschreibung                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Benutzeroberfläche                | Gestaltung der Benutzeroberfläche des IFE-Bildschirms, wie z.B. Layout, Texte, Symbole, Farben und Kontraste.                                                            |
| Navigation und Inhaltsauswahl     | Bewegen im IFE-Menü und Auffinden von Inhalten durch, z.B. Navigationspfeile, Suchfunktionen oder Zurück-Schaltfläche.                                                   |
| Bedienung und Eingabe             | Optionen, um das IFE-System zu bedienen und Eingaben vorzunehmen, wie z.B. über Touchscreen, Fernbedienung oder Sprachsteuerung.                                         |
| Medieninhalte und -zugänglichkeit | Barrierefreiheit von Medieninhalten mithilfe von z.B. Untertiteln, Audiodeskriptionen oder Gebärdensprache. So wie die Anzahl und Vielfalt barrierefreier Medieninhalte. |
| Assistive Technologien            | Technische Hilfsmittel, die Passagieren die Nutzung des IFE-Systems erleichtern und zugänglicher gestalten, wie z.B. Screenreader oder Sprachsteuerung.                  |
| Personalisierung und Anpassung    | Anpassung von Einstellungen an die persönlichen Bedürfnisse der Passagiere, wie z.B. Kontraste, Schriftgröße oder Bedienmethoden.                                        |
| Benutzerunterstützung             | Unterstützung der Passagiere im Rahmen des IFE-Systems durch z.B. Feedback, Hilfefunktionen, IFE-Assistenten, Anleitungen oder Unterstützung durch das Kabinenpersonal.  |
| Hardware und Ausstattung          | Physische Komponenten des IFE-Systems, wie Bildschirme, Kopfhörer, Fernbedienungen oder externe Schnittstellen für z.B. PED.                                             |

Die Teilbereiche des IFE werden in einem nächsten Schritt anhand von Prüfkriterien untersucht. Es wurde eine repräsentative Auswahl an Prüfkriterien gewählt (Tabelle 4). Die Kriterienauswahl wurde primär aus den WCAG-Kriterien und dem Grundlagenkapitel abgeleitet. Die gewählten IFE-Systeme werden zunächst dargestellt und anhand der verfügbaren Informationen sowie Prüfkriterien analysiert. Im Abschnitt des Kapitels 3.4 werden die Ergebnisse der Bewertungen in einer zusammenfassenden Tabelle festgehalten und gegenübergestellt.

Tabelle 4: Prüfkriterien zur Analyse der IFE-Systeme (nach W3C 2024)

| Prüfkriterien                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Die Benutzeroberfläche ist schlicht sowie übersichtlich gestaltet und nicht mit Informationen überfüllt.           |
| 2. Text- und Bildinhalte sind ausreichend groß dargestellt oder können vergrößert werden.                             |
| 3. Kontraste und Farben sind angemessen gewählt oder können angepasst werden.                                         |
| 4. Die Menüstruktur ist logisch aufgebaut und mit klaren Titeln beschriftet.                                          |
| 5. Symbole sind verständlich, bezeichnet und eindeutig.                                                               |
| 6. Das IFE-System unterstützt alternative Bedienmöglichkeiten, wie z.B. eine Tastatur-, Sprach- oder Gestensteuerung. |
| 7. Interaktive Elemente sind ausreichend groß und mit einem ausreichenden Abstand positioniert.                       |
| 8. Zentrale Elemente, wie die „Home“- oder „Zurück“-Schaltfläche, sind präsent und gut zu erkennen.                   |
| 9. Das IFE-System ist mit einer Screenreader-Funktion und Sprachausgabe ausgestattet.                                 |
| 10. Das IFE-System ist zugänglich für Assistive Technologien, durch z.B. Textalternativen für Screenreader.           |
| 11. Videoinhalte sind mit Untertitel und SDH ausgestattet. / Das IFE-System unterstützt UT und SDH.                   |
| 12. Videoinhalte sind mit Audiodeskription ausgestattet. / Das IFE-System unterstützt AD.                             |
| 13. Relevante Inhalte sind in Gebärdensprache verfügbar, z.B. Sicherheitsvideos. / Das IFE-System unterstützt GS.     |
| 14. Die Passagiere werden bei der Einrichtung und Nutzung des IFE-Systems geführt und unterstützt.                    |
| 15. Die Navigation innerhalb des IFE-Systems ist einfach und Inhalte sind problemlos auffindbar.                      |
| 16. Das IFE-System ist für eine Vielzahl an Beeinträchtigungen zugänglich.                                            |

### 3.1 Delta Airlines – Standard-IFE-System

Zu Beginn wird das IFE-System von Delta Airlines betrachtet, das stellvertretend für klassische Standard-IFE-Systeme in Flugzeugen steht.

Die Benutzeroberfläche des IFE-Systems orientiert sich an die Markenfarben der Airline (Frankfurtflyer 2022). Der Hintergrund ist in einem Blauton dargestellt, die Schriftfarbe ist weiß und einzelne Schaltflächen weisen einen roten Hintergrund auf (Abbildung 10). In erster Linie ist die inkonsistente Beschriftung von Symbolen zu vermerken. Während die Symbole für „Home“, „Entertainment“ und „My Flight“ auf der Symbolleiste am unteren Bildschirmrand des Startbildschirms korrekt bezeichnet sind, fehlen bei anderen Symbolen die Bezeichnung. Beispielsweise ist das Männchen-Symbol mit dem hebenden Arm, das zum Rufen des Kabinenpersonals dient, sowie das Zahnrad-Symbol, um auf Einstellungen zuzugreifen, nicht beschriftet (Frankfurtflyer 2022). Fehlende Bezeichnungen erschweren insbesondere kognitiv beeinträchtigten Passagieren die Deutung der Symbole und der Funktionen. Außerdem sind die Symbole oder auch Schaltflächen klein dargestellt, sodass Passagiere mit visuellen oder motorischen Beeinträchtigungen Schwierigkeiten beim Wahrnehmen oder Bedienen dieser Elemente aufweisen.

Die Benutzeroberfläche fällt mehrfach durch geringe Kontraste oder durch ungünstige Farbwahl auf. Exemplarisch ist hier die weiße Schrift des Startbildschirms auf dem hellen Hintergrund, dem Himmel, aufgeführt (Abbildung 10). Ein weiteres Negativbeispiel stellt die blaue Beschriftung „Flight Tracker“ am oberen Bildschirmrand auf dem blauen Hintergrund dar (Abbildung 11). Die kontrastarme Gestaltung stellt nicht nur sehbeeinträchtigte Passagiere vor Schwierigkeiten, sondern beeinträchtigt auch die Wahrnehmbarkeit für Passagiere ohne Beeinträchtigungen (Wong 2023).

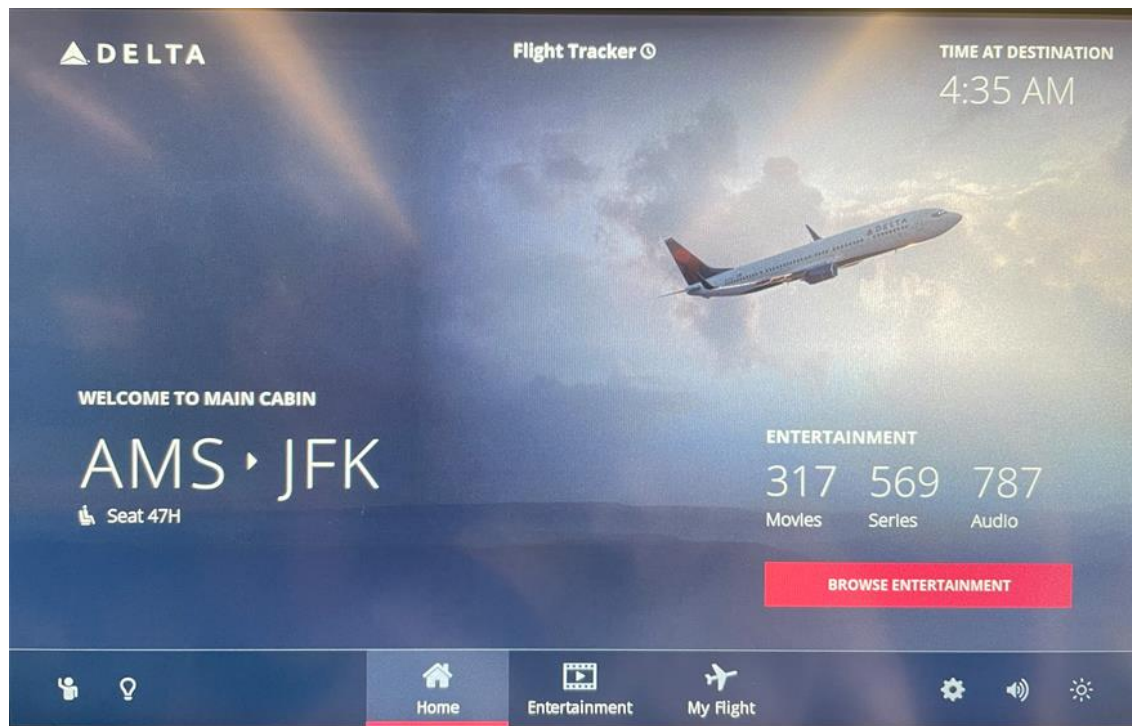


Abbildung 10: IFE-Startbildschirm von Delta Airlines (Frankfurtflyer 2022)

Der Bildschirm kann über die Touchfunktion oder je nach Ausstattung mit einer Fernbedienung bedient werden. Alternative Bedienmethoden, wie beispielsweise eine Gesten- oder Sprachsteuerung, sind nicht verfügbar. Des Weiteren sind keine Navigationspfeile vorhanden. Die Navigation erfolgt über Wischbewegungen mit dem Finger (Interactive Digital Display 2024).

In Abbildung 11 wirkt der Bildschirm überladen, da mehr als 15 Filmvorschläge auf einer Oberfläche abgebildet sind. Sowohl die Abbildungen der Filme als auch die Schrift der Filmtitel sind bedingt durch ihre kleine Größe schwer zu erkennen. Darüber hinaus sind die Schriftgrößen grundsätzlich klein gehalten, was die Bedienbarkeit weiterhin erschwert (Wong 2023).

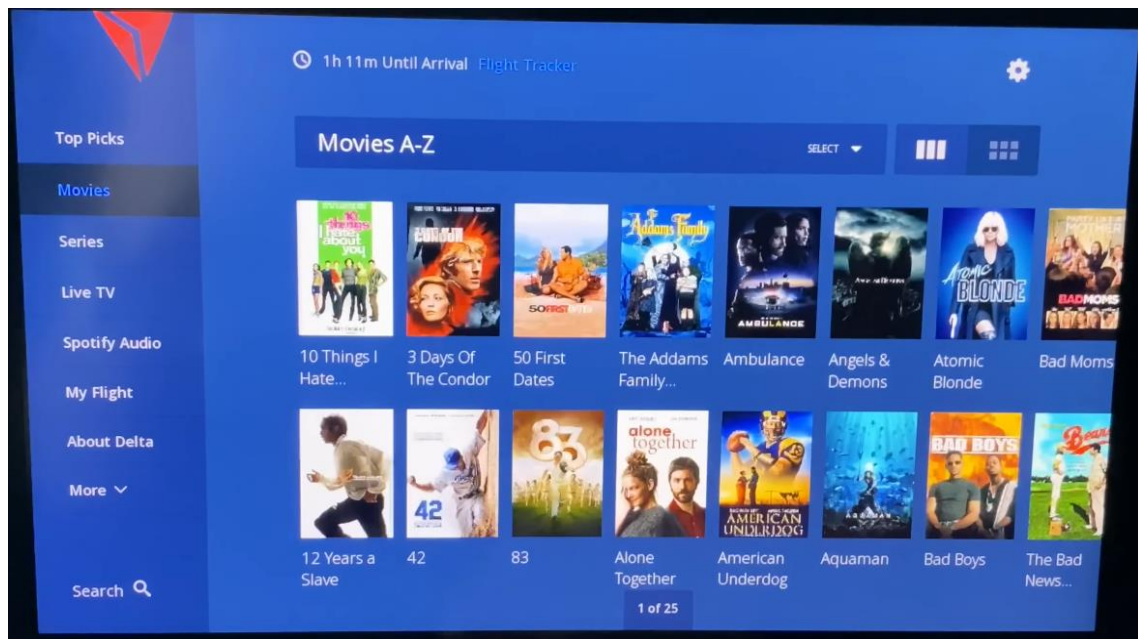


Abbildung 11: IFE-Benutzeroberfläche von Delta Airlines (Wong 2023)

In den Einstellungen lassen sich geringfügig Änderungen vornehmen. Lediglich kann die Sprache angepasst oder Einstellungen für den Kindergebrauch vorgenommen werden (Abbildung 12). Obendrein besteht die Möglichkeit die Lautstärke und die Helligkeit des Bildschirms anzupassen, wie auf dem Startbildschirm dargestellt. Anpassungen der Benutzeroberfläche, wie Änderungen der Farben, Kontraste oder Schriftgrößen sind nicht möglich. Zudem verfügt das IFE-System über keine barrierefreien Funktionen, wie z.B. Screenreader oder Vergrößerungsmöglichkeiten (Interactive Digital Display 2024). Das Einstellungsmenü wird über der vorherigen Oberfläche eingeblendet, sodass diese weiterhin sichtbar bleibt und einen störenden Eindruck vermittelt.

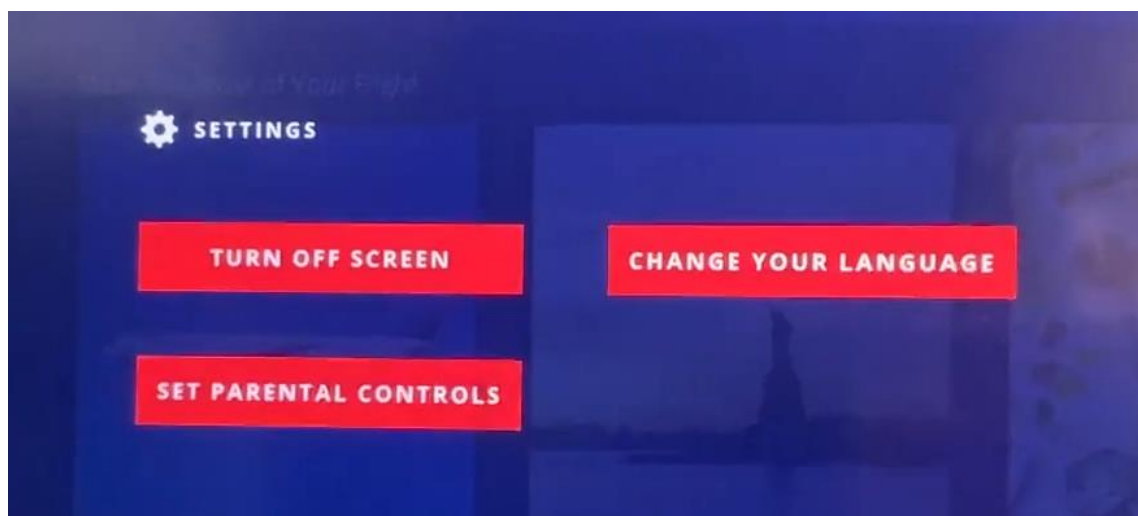


Abbildung 12: Einstellungsbereich im IFE-System von Delta Airlines (Interactive Digital Display 2024)

In der Vergangenheit gab es zahlreiche Beschwerdefälle zu unzugänglichen Medieninhalten in Delta Airlines IFE-Systemen (Novic 2020). Laut Delta Airlines sollen inzwischen alle Filme und Serien mit Untertiteln ausgestattet sein. Ebenso soll die Anzahl an Medien mit Audiodeskriptionen erhöht worden sein (Delta 2025). Dies stellt einen bedeutenden Fortschritt im Sinne der Barrierefreiheit dar, da zahlreiche Standard-IFE-Systeme allenfalls eine geringe Auswahl an Medien mit Untertiteln und kaum mit Audiodeskriptionen enthalten (Novic 2020). Es ist anzumerken, dass das IFE-System von Delta Airlines in diesem Aspekt klassische Standard-IFE-Systeme nicht angemessen repräsentiert. Abgesehen von den barrierefreien Medieninhalten weisen die Teilbereiche des IFE-Systems erhebliche Barrieren auf. Die Bereiche Benutzeroberfläche, Bedienung, Navigation sowie auch Assistive Technologien zeigen deutlichen Optimierungsbedarf (Interactive Digital Display 2024).

Durchsagen an Bord unterbrechen das IFE aller Sitzplätze, wobei auf den Bildschirmen die Aufschrift „PA in progress. Please remove your headphones.“ erscheint (Boarding-GroupOne 2025). Dadurch soll die Aufmerksamkeit der Passagiere auf die Durchsage gelenkt werden, damit die Passagiere diese wichtigen Informationen erhalten. In diesem Fall sind hörbeeinträchtigte Passagiere im Nachteil, da sie keine alternative Informationsvermittlung, z.B. über Live-Untertitel, erhalten.

### 3.2 SPI – RAVE Accessible IFE

Safran Passenger Innovations (SPI) ist ein Global Player in der IFE-Industrie. Der IFE-Hersteller ist mit seinem aktuellen IFE-System RAVE in einer Vielzahl von Flugzeugkabinen vertreten (Safran 2025b). Im Augenmerk dieser Betrachtung steht der von Grund auf neue Accessible IFE Modus von RAVE. Dieser steht den Passagieren im Startbildschirm neben dem Standard- und Kinder-Modus zur Auswahl (Abbildung 13). Die IFE-Lösung ist für Menschen mit visuellen, auditiven, motorischen sowie kognitiven Beeinträchtigungen ausgelegt (Safran 2025a).

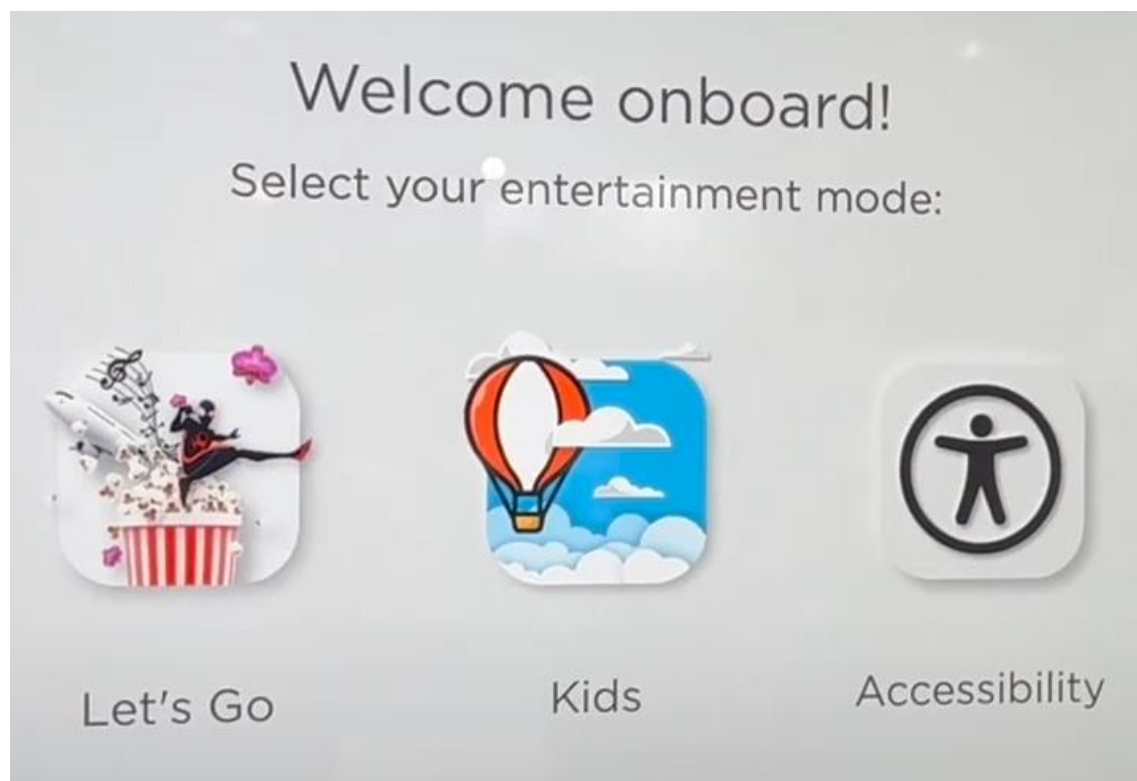


Abbildung 13: Auswahlmenü der IFE-Modi von RAVE (Kirby 2024a)

Nach der Auswahl des Accessibility-Modus erfolgt die Einrichtung des Systems, die die Passagiere schrittweise durch eine Reihe von Voreinstellungen führt (Kirby 2024a). Ohne diese Hilfestellung müssten Passagiere eigenständig durch das IFE-Menü bis zu den Einstellungen navigieren. Im ersten Schritt wählen Passagiere die Sprache aus. Anschließend kann ein Screenreader eingeschaltet werden, der die Bildschirminhalte über Kopfhörer vorliest und vor allem sehbeeinträchtigten Passagieren die Nutzung erleichtert. Darüber hinaus können Medieninhalte nach verfügbaren Audiodeskriptionen gefiltert werden (Abbildung 14). Im vierten Schritt wählen Passagiere die Farben der Benutzeroberfläche aus bestehenden Farbthemen aus. Insbesondere Passagiere

mit Sehbeeinträchtigungen und Farbschwächen profitieren von einem individuell angepassten Kontrast (Kirby 2024a).

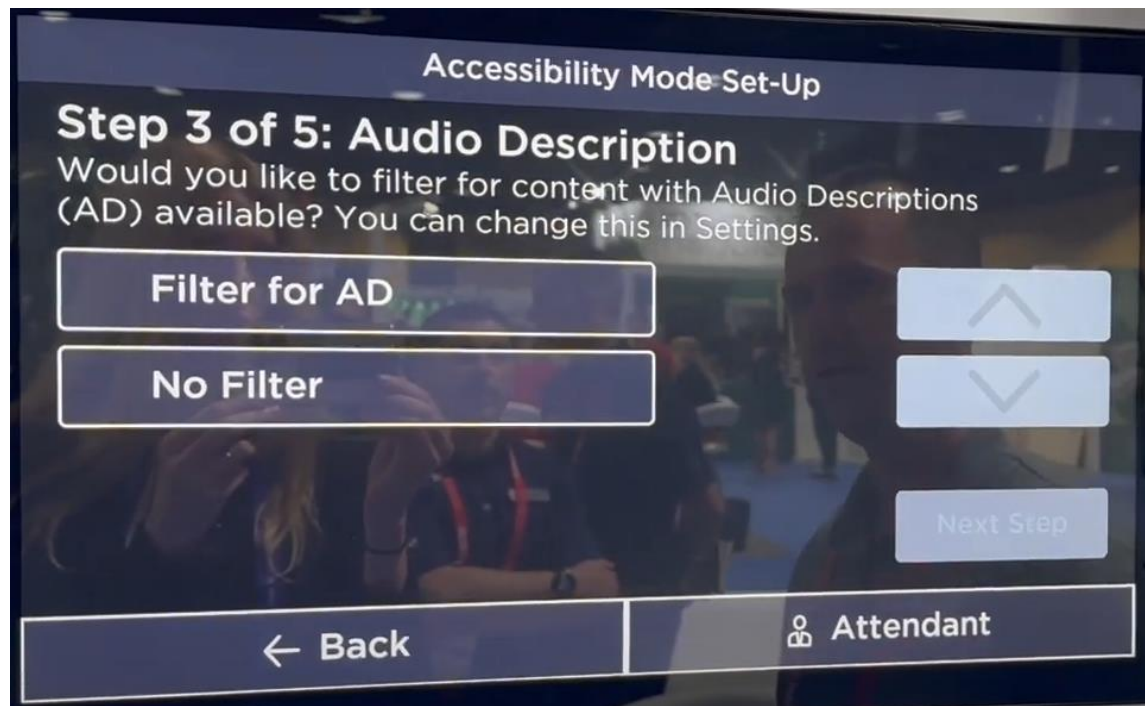


Abbildung 14: Auswahl an Voreinstellungen am Beispiel der Audiodeskription (Kirby 2024a)

Die letzte Voreinstellung beinhaltet die Auswahl eines text- oder bildbasierten Layouts (Abbildung 15). Das textbasierte Layout verzichtet auf Abbildungen und stellt Inhalte mit großen Titeln als Liste dar. Hingegen nutzt das bildbasierte Layout große Abbildungen für die Inhalte. Die Passagiere erhalten die Entscheidungsfreiheit, welche Variante für sie zugänglicher ist. Diese Darstellungsoptionen stellen eine Besonderheit der IFE-Lösung dar. Andererseits ist anzumerken, dass in den Voreinstellungen keine sprachlichen Untertitel oder SDH aktiviert werden können (Kirby 2024a).

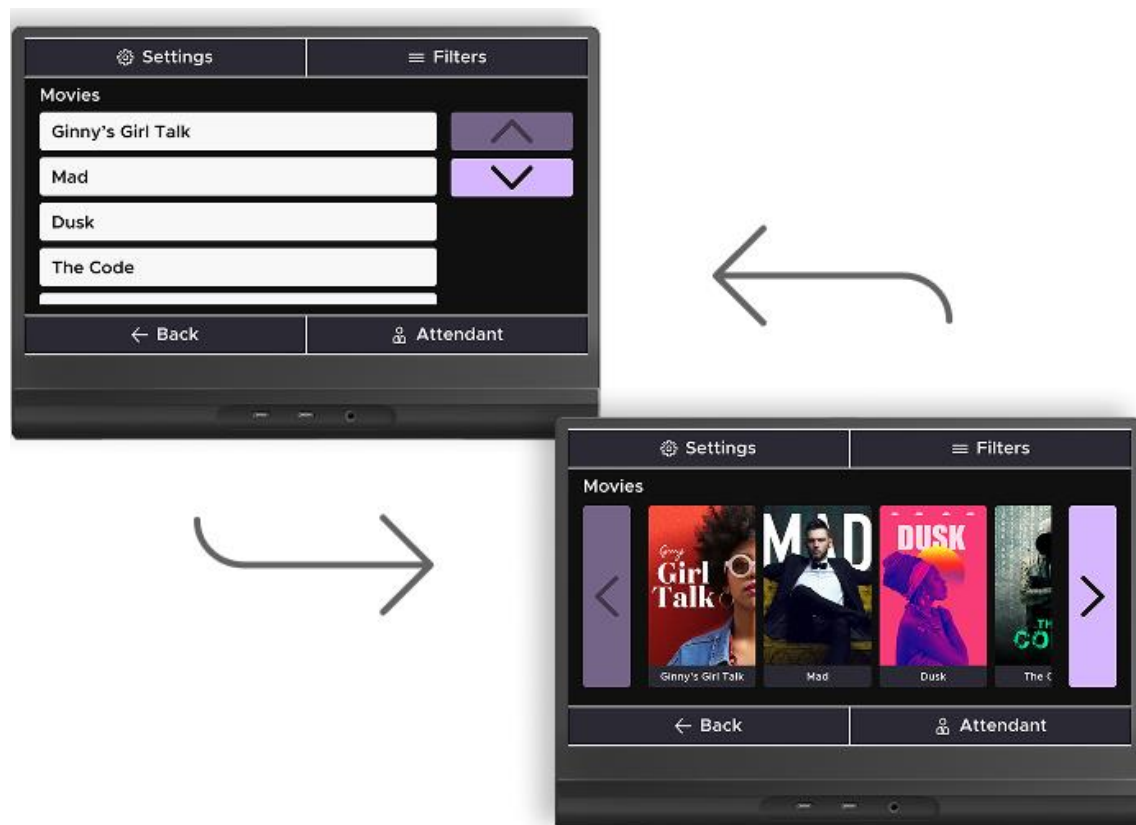


Abbildung 15: Text- oder bildbasiertes Layout der IFE-Benutzeroberfläche (Safran 2025a)

Das RAVE Accessible IFE ist minimalistisch und übersichtlich gestaltet. Die Benutzeroberfläche ist auf die wesentlichen Elemente und Funktionen reduziert und konsistent (Abbildung 16). Texte, Abbildungen, Symbole und Schaltflächen sind groß dargestellt und erleichtern sowohl Lesbarkeit als auch Bedienbarkeit (Kirby 2024b). Des Weiteren ist jedes Menü betitelt. Dadurch gelangen die Passagiere unkompliziert und über kurze Klickpfade zu den gewünschten Inhalten (Gavine 2023).

Am oberen Rand der Benutzeroberfläche können auf die Einstellungen und auf Filtermöglichkeiten zugegriffen werden. Am unteren Rand sind die Schaltflächen zum Zurücknavigieren und zum Rufen von Flugpersonal platziert. Damit verfügt die Benutzeroberfläche über zwei separate Symbolleisten. Dadurch sind wesentlichen Elemente ständig sichtbar, erreichbar und fest verortet. Zudem sind sie nicht nur durch Symbole dargestellt, sondern auch eindeutig beschriftet. Zum einen verstehen kognitiv beeinträchtigte Passagiere die Symbole besser, zum anderen ist die Bezeichnung zweckdienlich für das Erkennen und Lesen durch Screenreader. Über die „Attendant“-Schaltfläche können die Passagiere das Kabinenpersonal stets um Unterstützung bitten. Die Benutzeroberfläche ist durch Scrollbewegungen oder über große Navigations-

pfeile navigierbar, wodurch motorisch- oder visuell beeinträchtigte Passagiere das IFE-System besser bedienen können (Kirby 2024b).

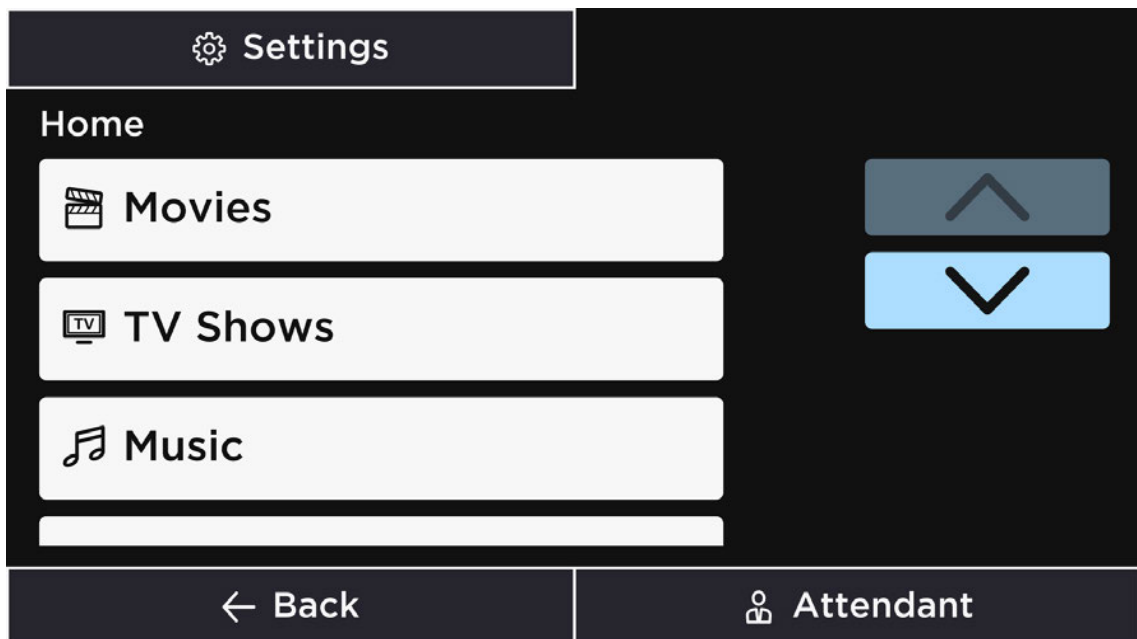


Abbildung 16: IFE-Benutzeroberfläche von SPIs RAVE Accessible Mode (Kirby 2024b)

Das Kontrastverhältnis von Text zu Hintergrund ist bis auf wenige Ausnahmen hoch, beispielsweise durch weiße Schrift auf schwarzem Hintergrund oder umgekehrt. Eine Ausnahme stellt der Startbildschirm zur Auswahl der Modi dar, auf dem die Farben kontrastarm erscheinen (Abbildung 13).

SPI verspricht eine intuitive sowie leicht erlernbare IFE-Nutzung und den Zugriff auf die gleichen Medieninhalte wie beim Standard-Modus von RAVE (Safran 2025a). Zudem ist RAVE ausgestattet mit Bluetooth, was das Koppeln von eigenen Kopfhörern mit dem System ermöglicht. SPIs IFE-Lösung soll sowohl für festintegrierte IFE-Systeme als auch für die Bereitstellung über PED realisierbar sein (Kirby 2024b). Ein Schwachpunkt der Lösung ist, dass keine alternativen Bedienmöglichkeiten erwähnt werden. Auch das Bestehen eines Screenreaders ist kein Beleg dafür, dass beispielsweise eine Sprachsteuerung integriert sein muss. Es ist davon auszugehen, dass das IFE-System abhängig von Flugzeug und Airline in der Regel mit einer Fernbedienung ausgestattet ist. Fernbedienungen besitzen jedoch eine Vielzahl an kleinen, dicht platzierten Tasten, die insbesondere motorisch beeinträchtigten Passagieren vor Problemen stellen.

### 3.3 Thales Avionics – Accessibility UI

Im Jahr 2024 gewann Thales' barrierefreie IFE-Lösung den Crystal Cabin Award in der Kategorie "Best Customer Journey Experience" auf der APEX/IFSA. Die Accessibility User Interface (UI) ist hauptsächlich für Menschen mit Seh- und Hörbeeinträchtigungen konzipiert. Kennzeichnend für ihren Erfolg sind die einfache Benutzeroberfläche, die Gestensteuerung sowie ein Gebärdensprach-Avatar (Thales 2024). Die Lösung wird bereits in zwei Airlines eingesetzt und getestet (Hamburg Aviation 2024) .

Im Vergleich zu klassischen IFE-Bildschirmen ist die Benutzeroberfläche schlicht und übersichtlich gehalten (Abbildung 17). Sie ist kontrastreich sowie mehrheitlich in Schwarz und Weiß gehalten. Die Benutzeroberfläche ist mit eindeutigen Überschriften und die Menüpunkte mit ausreichend großen Symbolen und Beschriftungen versehen. Die Symbolleiste ist am linken Bildschirmrand positioniert. Zentrale Schaltflächen, wie die „Home“- , „Zurück“- , „Call an Attendant“- , „Einstellungen“- und „Hilfe“-Schaltfläche sind hier zu verorten. Allerdings sind nur die entsprechenden Symbole ohne Beschriftungen dargestellt. Dies stellt einen Nachteil zu SPIs Lösung dar, da die Funktion hinter den Symbolen nicht für alle Passagiere, insbesondere für kognitiven Beeinträchtigte, nachvollziehbar ist. Weiterhin wird die verbleibende Flugdauer angezeigt, wobei die Überschrift in einer sehr kleinen Schriftgröße dargestellt ist und dadurch für sehbeeinträchtigte Passagiere kaum lesbar ist (Thales Aerospace 2025).

Auf der oberen, rechten Ecke der Benutzeroberfläche befindet sich eine Schaltfläche mit der Bezeichnung „PRESS AND HOLD TO EXIT“. Sie erfordert ein Betätigen und Halten, um das Menü zu verlassen. Längeres Betätigen und Halten stellt motorisch beeinträchtigte Passagiere, die Muskelschwäche, Zittern oder Koordinationsstörungen aufweisen, vor erheblichen Schwierigkeiten. Am rechten Bildschirmrand sind zusätzlich eine schmale Scrolleiste und kleine Navigationspfeile zu finden, die ebenfalls die Bedienung und Interaktion für motorisch oder visuell beeinträchtigte Passagiere erschweren (Thales Aerospace 2025). Im Vergleich dazu bietet das RAVE Accessible IFE eine zugänglichere Lösung mit großen Navigationspfeilen.

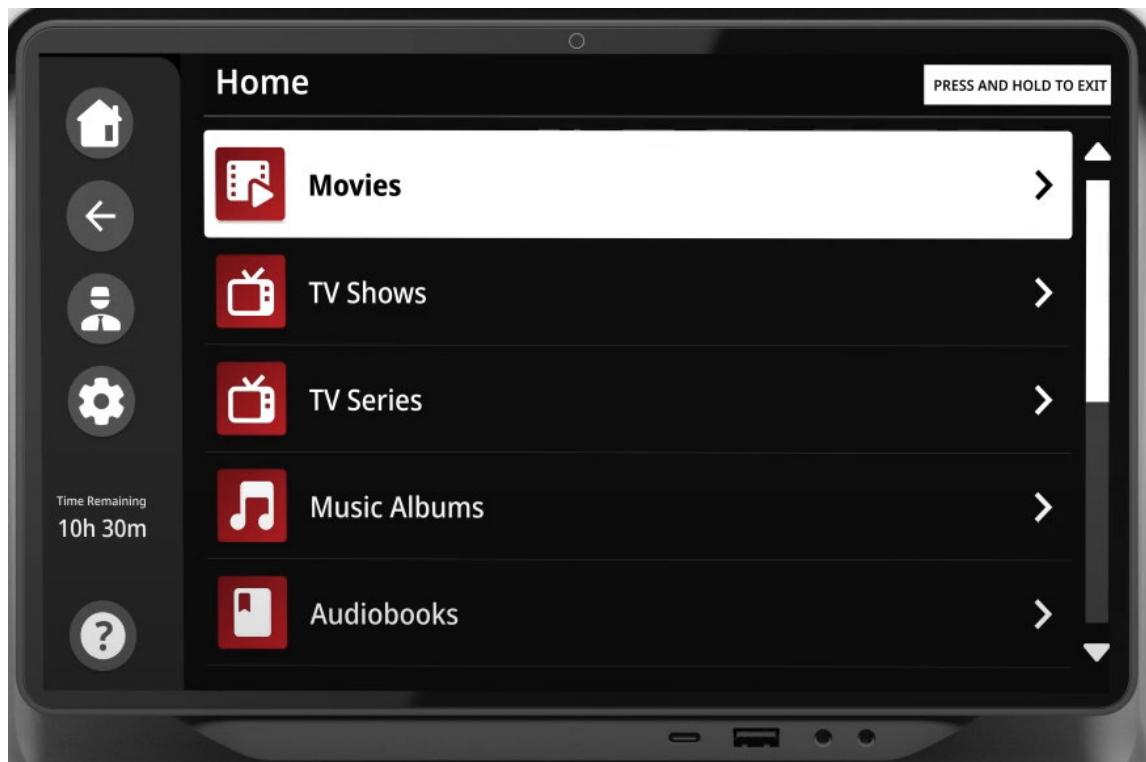


Abbildung 17: IFE-Benutzeroberfläche von Thales' Accessibility UI (Thales Aerospace 2025)

Thales' Accessibility UI ermöglicht es den Passagieren individuelle Anpassungen vorzunehmen. In den Einstellungen sind Textkontraste und Farben des Bildschirms einstellbar. Zur Auswahl stehen Graustufen, Farbumkehrungen und Farbfilter für beispielsweise Rot/Grün-Schwächen. Des Weiteren ist die Schriftgröße von Text einstellbar und eine Bildschirmlupe nutzbar, die einen ausgewählten Bereich größer darstellt (Thales Aerospace 2025). Sollten Passagiere Schwierigkeiten bei der Nutzung haben, begleitet sie das IFE-System selbstständig (Trueman 2025).

Assistive Technologien, wie Screenreader und TTS werden auch unterstützt. Die Lesegeschwindigkeit dieser Hilfsmittel lässt sich an die Bedürfnisse der Passagiere anpassen (Thales Aerospace 2025). Zudem werden Untertitel sowie SDH und Audiodeskriptionen für Videoinhalte unterstützt (Thales 2025).

Eine weitere Besonderheit an Thales' IFE-Lösung ist die integrierte Gestensteuerung (Abbildung 18). 13 intuitive Touch-Gesten sind nach dem Vorbild bekannter und bewährter elektronischer Systeme aus dem Alltag wie Smartphones und Tablets einprogrammiert. Ein Wischen nach links mit einem Finger beispielsweise navigiert zum vorherigen Element, während ein Doppeltippen die Auswahl bestätigt (Thales Aerospace 2025). Entsprechende Nutzer, die mit dieser Art der Steuerung vertraut sind,

können sich einfacher durch das Menü bewegen, andere benötigen eine Anleitung. Insbesondere Sehbeeinträchtigte profitieren von der Gestensteuerung in Kombination mit einer Sprachausgabe. Doch auch motorisch Beeinträchtigte oder Passagiere ohne jegliche Beeinträchtigung können davon Nutzen ziehen.

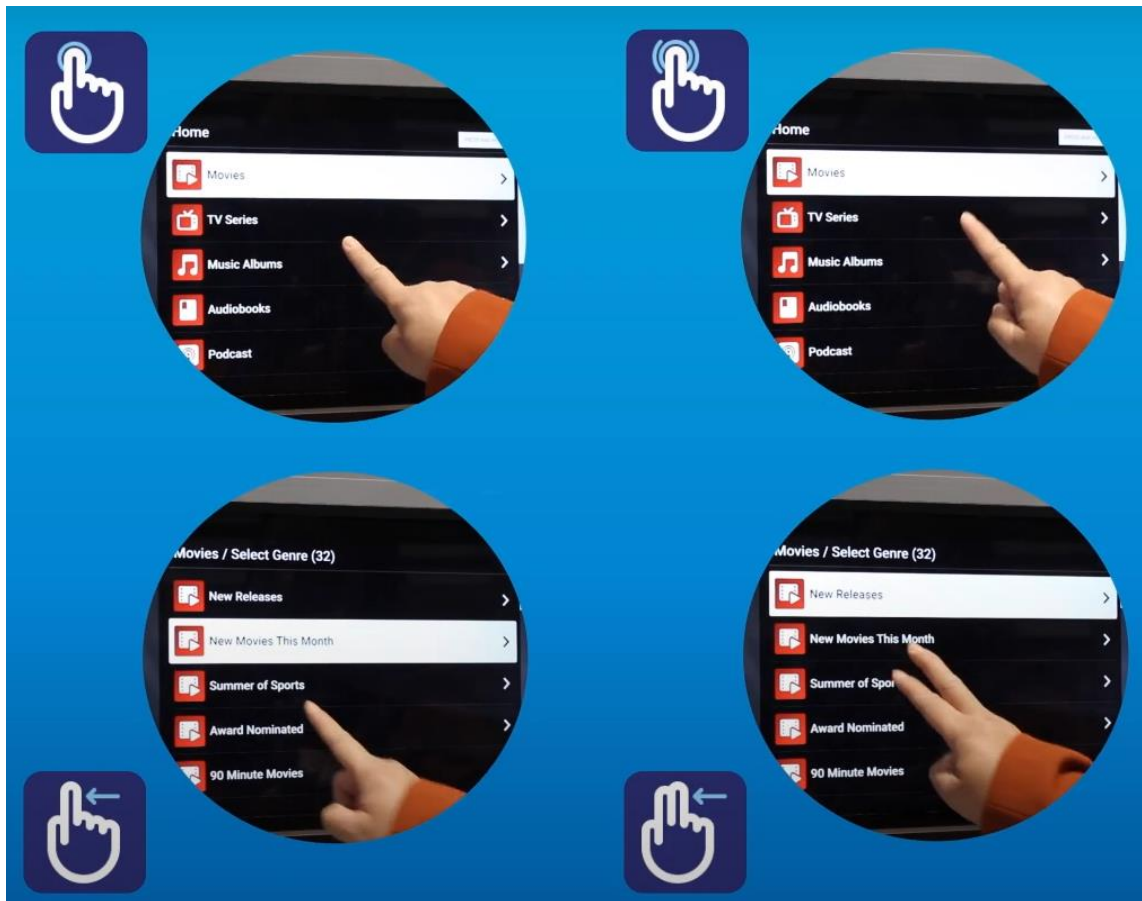


Abbildung 18: Steuerung der Benutzeroberfläche über Touch-Gesten (Ausschnitt aus Thales Aerospace 2025)

Die Gebärdensprachfunktion ist ein zusätzliches, einzigartiges Merkmal von Thales' Accessibility UI. Ein Avatar soll hörbbeeinträchtigten Menschen mithilfe verschiedener Gebärdensprachen die Inhalte zugänglich machen (Abbildung 19). Außerdem sollen auf diese Weise Mitteilungen und Ankündigungen aus der Kabine den Nutzern über den Bildschirm bereitgestellt werden (Hamburg Aviation 2024; Thales 2025).

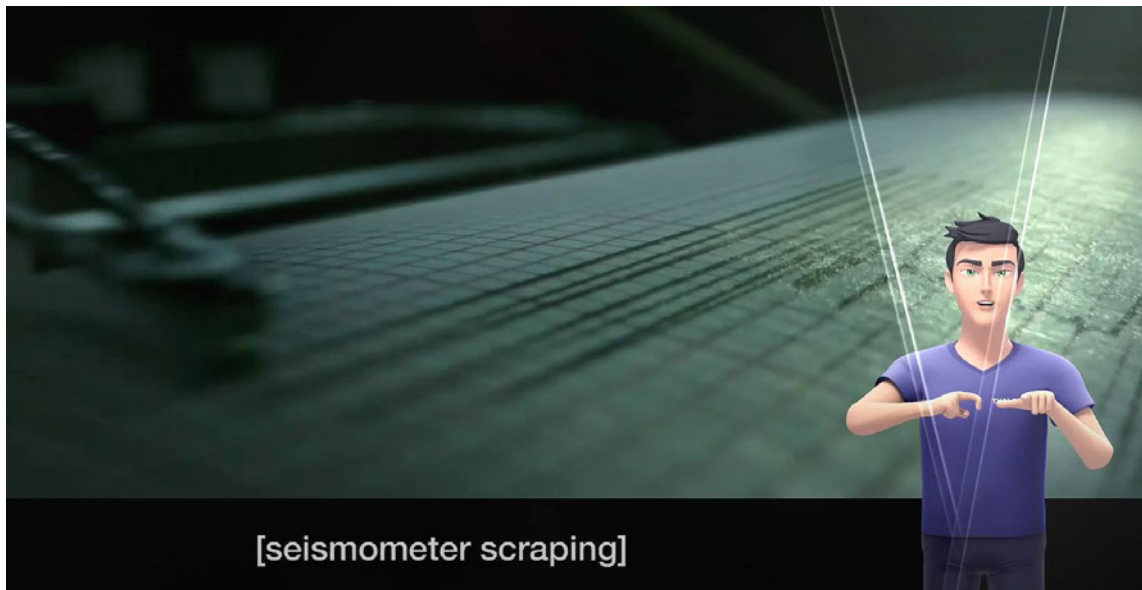


Abbildung 19: Avatar von Thales mit integrierter Gebärdensprachfunktion (Hamburg Aviation 2024)

Sowohl die Touch-Gestensteuerung als auch die Gebärdensprachfunktion kennzeichnen zwei zentrale Funktionen, die sich von SPIs barrierefreier IFE-Lösung deutlich abgrenzen.

### 3.4 Ergebnisse der Analyse

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der Analyse und der Prüfkriterien zusammenfassend dargestellt. Das Ziel der Analyse bestand darin, die Barrieren und Potenziale der IFE-Lösungen aufzuzeigen. Vor diesem Hintergrund geht es deshalb nicht darum, das „beste“ System zu bestimmen, sondern zu erkennen, welche Bereiche und Kriterien wie gut erfüllt wurden, um gezielt mit Verbesserungsmaßnahmen anzusetzen. Aufgrund dessen wurde auf eine Gewichtung der Prüfkriterien verzichtet. Die IFE-Lösungen erhalten anhand der Prüfkriterien eine Wertung. Die einzelnen Prüfkriterien werden dabei mit einer Wertung von - für „nicht erfüllt“ bis ++ für „vollständig erfüllt“ versehen (Tabelle 5).

Tabelle 5: Bewertungsskala der Prüfkriterien

| Wert | Bedeutung             |
|------|-----------------------|
| -    | nicht erfüllt         |
| o    | teilweise erfüllt     |
| +    | weitestgehend erfüllt |
| ++   | vollständig erfüllt   |

Die Analyse hat gezeigt, dass das Standard-IFE-System von Delta Airlines im Vergleich zu den beiden anderen Lösungen erhebliche Barrieren aufweisen. Das spiegelt sich auch in der Bewertung der Prüfkriterien wider (Abbildung 6). Delta Airlines' IFE-System repräsentiert die Defizite bestehender IFE-Systeme weltweit. Sie reichen von fehlenden Assistiven Technologien und Anpassungsmöglichkeiten bis hin zu geringen Kontrasten und kleinen Schriftgrößen. Einzige hervorstechende Ausnahme ist die Bereitstellung einer Vielzahl an Medien mit Untertiteln und Audiodeskriptionen, die Delta Airlines erst in den letzten Jahren erweitert hat.

SPIs Lösung weist Defizite in der Bereitstellung und Unterstützung von Gebärdensprache und alternativen Bedienmöglichkeiten auf. Zusätzlich werden Untertitel nicht konkret erwähnt und sind auch nicht in den Voreinstellungen berücksichtigt. Ansonsten überzeugt die Lösung in sämtlichen Bereichen, insbesondere durch die schlichte Benutzeroberfläche, die benutzerfreundliche Einrichtung mithilfe der Voreinstellungen und die großen, relevanten Schaltflächen.

Thales' Lösung erfüllt die Prüfkriterien ebenfalls gut. Sie überzeugt vor allem mit der Gebärdensprachfunktion, den vielen Anpassungsmöglichkeiten und den Hilfstechnologien. Geringfügige Schwachpunkte der Lösung sind die unbeschrifteten Symbole und weitere Bedienmöglichkeiten, wie z.B. eine spezielle barrierefreie Fernbedienung.

Tabelle 6: Bewertungsergebnisse der untersuchten IFE-Systeme

| Prüfkriterien                                                                                                         | Delta Airlines – Standard-IFE | SPI – RAVE Accessible IFE | Thales – Accessibility UI |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1. Die Benutzeroberfläche ist schlicht sowie übersichtlich gestaltet und nicht mit Informationen überfüllt.           | o                             | ++                        | ++                        |
| 2. Text- und Bildinhalte sind ausreichend groß dargestellt oder können vergrößert werden.                             | -                             | ++                        | +                         |
| 3. Kontraste und Farben sind angemessen gewählt oder können angepasst werden.                                         | -                             | +                         | ++                        |
| 4. Die Menüstruktur ist logisch aufgebaut und mit klaren Titeln beschriftet.                                          | +                             | ++                        | ++                        |
| 5. Symbole sind verständlich, bezeichnet und eindeutig.                                                               | o                             | ++                        | o                         |
| 6. Das IFE-System unterstützt alternative Bedienmöglichkeiten, wie z.B. eine Tastatur-, Sprach- oder Gestensteuerung. | -                             | -                         | o                         |
| 7. Interaktive Elemente sind ausreichend groß und mit einem ausreichenden Abstand positioniert.                       | o                             | ++                        | +                         |
| 8. Zentrale Elemente, wie die „Home“- oder „Zurück“-Schaltfläche, sind präsent und gut zu erkennen.                   | o                             | ++                        | +                         |
| 9. Das IFE-System ist mit einer Screenreader-Funktion und Sprachausgabe ausgestattet.                                 | -                             | +                         | +                         |
| 10. Das IFE-System ist zugänglich für Assistive Technologien, durch z.B. Textalternativen für Screenreader.           | o                             | ++                        | +                         |
| 11. Videoinhalte sind mit Untertitel und SDH ausgestattet. / Das IFE-System unterstützt UT und SDH.                   | ++                            | o                         | +                         |
| 12. Videoinhalte sind mit Audiodeskription ausgestattet. / Das IFE-System unterstützt AD.                             | +                             | +                         | +                         |
| 13. Relevante Inhalte sind in Gebärdensprache verfügbar, z.B. Sicherheitsvideos. / Das IFE-System unterstützt GS.     | -                             | -                         | ++                        |
| 14. Die Passagiere werden bei der Einrichtung und Nutzung des IFE-Systems geführt und unterstützt.                    | -                             | ++                        | +                         |
| 15. Die Navigation innerhalb des IFE-Systems ist einfach und Inhalte sind problemlos auffindbar.                      | o                             | ++                        | +                         |
| 16. Das IFE-System ist für eine Vielzahl an Beeinträchtigungen zugänglich.                                            | -                             | +                         | +                         |

Nachstehend sind die identifizierten Barrieren zusammengefasst dargestellt. Das Augenmerk liegt auf das Standard-IFE-System, zumal die barrierefreien Lösungen viele Kriterien und Ansätze gut umsetzen.

### **Zusammenfassung der identifizierten Barrieren**

- Kleine Schriftgrößen
- Kontrastarme Farben
- Kleine Abbildungen
- Kleine Symbole und Schaltfläche
- Fehlende Anpassungsmöglichkeiten von Farben, Kontrasten und Größen von Schrift oder Schaltflächen
- Unbeschriftete Symbole
- Unübersichtliche und überladene Benutzeroberflächen
- Fehlende alternative Bedienmöglichkeiten
- Fehlende Vergrößerungsfunktionen
- Fehlende Screenreaderfunktion und Sprachausgabe
- Fehlende Verfügbarkeit und Unterstützung von Untertitel und SDH (Delta Airlines' IFE-System stellt eine Ausnahme dar)
- Fehlende Verfügbarkeit und Unterstützung von Audiodeskriptionen
- Fehlende Verfügbarkeit und Unterstützung von Gebärdensprache
- Fehlende Präsenz zentraler Schaltflächen
- Fehlende Zugänglichkeit für Assistive Technologien

## **3.5 Aktuelle Entwicklungen zur Barrierefreiheit elektronischer Systeme**

Die digitale Welt bietet zahlreiche neue Trends im Bereich der Barrierefreiheit. Dieser Abschnitt diskutiert aktuelle Entwicklungen auf ihre weltweite Luftfahrtanwendung in IFE-Systemen. Aus einer Vielzahl an Entwicklungen wird die folgende relevante Auswahl behandelt (Panasonic Avionics 2025):

- Personalisierung und adaptive Benutzeroberflächen
- KI-Unterstützung
- Bring Your Own Device
- Alternative Bedienmethoden, wie die Sprach- oder Gestensteuerung

### **Personalisierung und adaptive Benutzeroberflächen**

Die ersten neuen Entwicklungen stellen die Personalisierung sowie die adaptive Benutzeroberfläche elektronischer Systeme dar (Rosen Aviation 2024). Beide Ansätze befassen sich mit Anpassungen des Systems und seiner Inhalte an die Nutzerbedürfnisse. Bei der Personalisierung erfolgt die Anpassung über das Vornehmen von Einstellungen oder vorgefertigte Benutzerprofile (Siska 2025). Wird beispielsweise das Benutzerprofil eines sehbeeinträchtigten Nutzers gewählt, wird ein angepasstes Set an Einstellungen wie große Texte, hoher Kontrast und die Screenreaderfunktion aktiviert. Personalisierung beschränkt sich nicht nur auf die Benutzeroberfläche, sondern weitet sich ebenfalls auf bevorzugte Inhalte aus. Die adaptive Benutzeroberfläche geht über die Personalisierung hinaus. Dahinter verbirgt sich die Idee, dass das elektronische System mithilfe von Künstlicher Intelligenz (KI) eigenständig Anpassungen an der Benutzeroberfläche vornimmt (Rosen Aviation 2024). Anhand der Nutzungsweise und möglichen Schwierigkeiten adaptiert sich das System und die Benutzeroberfläche in Echtzeit dynamisch an die Nutzerbedürfnisse. Wenn der Nutzer eine bestimmte Schaltfläche aufgrund ihrer Größe wiederholt verfehlt, dann wird sie automatisch vergrößert.

Personalisierung kann in Airline-Programmen, im Buchungsprozess oder durch vorgefertigte Profile im IFE-System eingesetzt werden (Siska 2025). Ihre Vorteile bestehen darin, dass Einstellungen nicht manuell und nicht bei jedem Flug erneut vorgenommen werden müssen. Andererseits sind Beeinträchtigungen unterschiedlich. Ein bestimmter Farbkontrast aus dem Benutzerprofil, der für eine visuell beeinträchtigte Person gut funktioniert, kann für eine andere ungeeignet sein. Ein intelligentes adaptives System würde dies erkennen und die Benutzeroberfläche automatisch anpassen. Die Speicherung der Daten stellt ein Datenschutzproblem dar, da nicht alle Passagiere etwas über ihre Gesundheit oder Präferenzen preisgeben wollen (HCI 2023). Beide Trends liefern einen Nutzen für die Barrierefreiheit von IFE-Systemen. Durch rasante Entwicklung der Künstlichen Intelligenz und die steigende Konnektivität der Flugzeuge sind diese Ansätze zukunftsorientiert. Personalisierte Nutzerprofile können flottenweit genutzt werden. Daten können zur Verbesserung von Barrierefreiheitsfunktionen und Systemen genutzt werden oder um bessere Inhalte vorschlagen zu können. Andererseits muss jedoch Datenschutz gewährleistet werden (Mangad 2019). Zudem verwenden zahlreiche Flugzeuge proprietäre oder ältere Systeme, wodurch die Frage der Umsetzbarkeit und Kompatibilität dieser Funktionen hervorkommt.

### **KI-Unterstützung**

Künstliche Intelligenz ist eine stark wachsende Entwicklung in der digitalen Welt und kann für die Barrierefreiheit von elektronischen Systemen von hoher Bedeutung sein (Rosen Aviation 2024). Sie ist in der Lage relevante Aufgaben zu übernehmen, darunter die automatische Generierung von Untertiteln, Audiodeskriptionen, Personalisierung, adaptive Benutzeroberflächen oder automatische Spracherkennung (Bohn 2025; Rosen Aviation 2024).

KI-generierte Untertitel in unterschiedlichen Sprachen sind von Plattformen wie YouTube bekannt (Bohn 2025). Netflix nutzt KI für die Erstellung von Audiodeskriptionen (Schinke 2025). Zahlreiche Medieninhalte in Flugzeugen sind nicht mit Untertiteln ausgestattet, sodass KI eine zentrale Rolle bei der Erstellung einnehmen kann. Weiterhin eignet sie sich für Live-Inhalte. Im Rahmen der Personalisierung erkennt die KI bevorzugte Inhalte sowie Einstellungen und passt diese zukünftig an (Rosen Aviation 2024). Auch bei der Spracherkennung kann KI von Nutzen sein, da KI-basierte Systeme mit umfassenden Sprachdaten, wie verschiedene Sprachen, Akzenten, Dialekten, Wortfolgen, gespeist und trainiert wurden. Sie erkennen dadurch erheblich mehr als Sprachsysteme mit einprogrammierten Sprachbefehlen (Nuance 2021).

KI besitzt großes Potential, um wichtige Funktionen und Aufgaben in der Luftfahrtanwendung zu übernehmen (Rosen Aviation 2024). Jedoch sind die Kapazitäten und Ressourcen, wie Speicher und Leistung, im Flugzeug nur begrenzt vorhanden. Folglich sind nur wenige KI-Funktionen umsetzbar. Ein weiteres Augenmerk gilt der Zertifizierung und luftfahrtspezifischen Anforderungen, insbesondere im Bereich der Sicherheit. Dabei sind Themen wie Datenschutz, Sicherheit, Zuverlässigkeit und Zulassungsverfahren zu beachten (EASA 2023). In Zukunft können erweiterte KI-Funktionen mithilfe cloudbasierter Lösungen realisiert werden.

### **BYOD**

Der Bring Your Own Device - Ansatz stellt eine praxisnahe sowie verbreitete Lösung dar. (Panasonic Avionics 2025). Der Ansatz basiert, wie der Name vermuten lässt, auf die Mitnahme und Nutzung eines eigenen PEDs. Der Ansatz eignet sich besonders, da die meisten Passagiere heutzutage ohnehin mit einem PED ausgestattet sind, was auch für Passagiere mit Beeinträchtigungen gilt (Axiom 2020). Das IFE wird über WLAN auf dem PED genutzt und über eine Web- oder Applikation bereitgestellt (Ac-

cess Armada 2021). Der BYOD-Ansatz und seine Umsetzung im IFE-System werden im Kapitel 5.3 als Lösungsansatz näher betrachtet.

Wesentlicher Vorteil dieses Ansatzes besteht darin, dass Passagiere die bereits barrierefreien Funktionen und Programme ihrer PEDs nutzen können. Ihr PED ist individuell auf ihre Bedürfnisse angepasst und obendrein sind sie damit vertraut. Beispiele hierfür sind Technologien wie Screenreader, Sprachsteuerungen und angepasste Benutzeroberflächen mit optimierten Farben sowie Schriftgrößen (Access Armada 2021). Darüber hinaus erschließt der BYOD-Ansatz eine Möglichkeit zur Bereitstellung von IFE für Flugzeuge, die kein fest integriertes IFE-System an Bord haben. Der BYOD-Ansatz wird von IFE-Herstellern zum Erwerb angeboten und ist bereits in Flugzeugen im Einsatz (Inflight Dublin 2025). Zusätzliche Nutzen sind Einsparungen von Hardware, Verkabelung und folglich Gewicht sowie Kosten. (Childers 2019)

Herausfordernd ist die Kompatibilität mit unterschiedlichen PEDs und Betriebssystemen (Axinom 2020). Außerdem verfügt nicht jeder Passagier über ein geeignetes PED oder möchte es im Flug nutzen. Ferner sind die Passagiersitze mit Lademöglichkeiten und ausreichend Strom zu versorgen. Der Ansatz offenbart ebenfalls Datenschutz- und Sicherheitsbedenken durch das offene Bordnetz, mögliche Hackerangriffe oder den Diebstahl von Inhalten (Axinom 2020). Daher setzt der Ansatz ein zuverlässiges sowie sicheres Bordnetz voraus (Eden 2018).

### **Sprach- und Gestensteuerung**

Alternative Bedien- und Steuerungsmethoden ergänzen konventionelle Tastatur- und Touchbedienungen (Panasonic Avionics 2025). Hierzu zählen unter anderem die Sprach- oder Gestensteuerung. Im Rahmen der Gestensteuerung werden bestimmte Handbewegungen verwendet, die über Kameras oder Sensoren erkannt werden. Sie wird in Bereichen wie dem Smart Home, bei Spielkonsolen oder in der Medizin eingesetzt (Schmitz 2025).

Die Sprachsteuerung wird in Kapitel 5.2 als Lösungsansatz näher umgesetzt.

Alternative Bedienmöglichkeiten zukunftsorientiert, bringen im Luftfahrtumfeld jedoch Herausforderungen mit sich. Die Erkennung dieser neuen Alternativen kann sich unter den spezifischen Flugbedingungen als Problem erweisen. Einerseits muss die Stimme der Passagiere trotz lauten Kabinengeräuschen erfasst werden, andererseits muss das System unterschiedliche Sprachen und unpräzise Sprachbefehle erkennen (Rosen

Aviation 2024). Die Gestensteuerung erfordert eine hohe Präzision und Reaktionsfähigkeit. Versehentliche Bewegungen sind von bewussten zu unterscheiden (Schmitz 2025). Darüber hinaus kann die Gestenerkennung durch Lichtverhältnisse in der Kabine oder Turbulenzen des Flugzeugs beeinflusst werden. Ähnlich zu den anderen Entwicklungen kommen Fragen zur Kompatibilität und zum Datenschutz auf (Schaber et al. 2019). Vor diesem Hintergrund müssen Kameras und Mikrofone zugelassen werden und der Schutz von Passagierdaten sichergestellt werden. Die nachzurüstenden Technologien für Gesten- und Sprachsteuerungen sind für Airlines mit beträchtlichen Kosten verbunden. Im Gegensatz zur Economy-Class ist eine Integration in höheren Sitzklassen realistischer.

## 4 Anforderungskatalog

Um barrierefreie IFE-Systeme zu entwickeln, müssen zunächst Anforderungen definiert werden. In diesem Kapitel werden Anforderungen mit speziellem Fokus auf die Barrierefreiheit von IFE-Systemen ausgearbeitet und in einem Anforderungskatalog dokumentiert. Die Anforderungen basieren auf dem WCAG-Standard und sind durch bisherige Erkenntnisse ergänzt.

Die Anforderungen werden zur Übersichtlichkeit und eindeutigen Zuordnung nummeriert. Weiterhin sind sie nach Oberthemen sortiert und orientieren sich unter anderem an die in Kapitel 3 definierten Teilbereiche. Darüber hinaus werden Anforderungen zwischen Forderungen und Wünschen differenziert. Forderungen sind in jedem Fall zu erfüllen, wobei die Erfüllung von Wünschen wichtig und erstrebenswert ist. Im Anforderungskatalog sind die Forderungen mit F und Wünsche mit W abgekürzt (Naefe 2018).

Laut der ISO/IEC/IEEE 29148 „Systems and software engineering – Life cycle processes – Requirements engineering“ müssen Anforderungen bestimmte Qualitätskriterien einhalten (ISO/IEC/IEEE 2018; ISO/IEC/IEEE 2011):

|                           |                                                                                                                    |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Notwendigkeit:</i>     | Anforderungen müssen notwendig sein. Das Fehlen dieser Anforderung würde einen Mangel darstellen.                  |
| <i>Eindeutigkeit:</i>     | Anforderungen müssen eindeutig sein und keinen Spielraum für Interpretationen zulassen.                            |
| <i>Umsetzbarkeit:</i>     | Anforderungen müssen wirtschaftlich, zeitlich und technisch umsetzbar sein.                                        |
| <i>Vollständigkeit:</i>   | Anforderungen müssen vollständig sein mit allen relevanten Informationen und Bedingungen.                          |
| <i>Korrektheit:</i>       | Anforderungen müssen inhaltlich korrekt sein.                                                                      |
| <i>Verifizierbarkeit:</i> | Anforderungen müssen durch z.B. Tests, Versuche oder Messungen überprüfbar sein.                                   |
| <i>Singularität:</i>      | Anforderungen dürfen nur eine einzelne Aussage beinhalten.                                                         |
| <i>Eignung:</i>           | Anforderungen müssen angemessen sein und sollen nicht mit unwichtigen und überflüssigen Bedingungen versehen sein. |

- Konformität:* Anforderungen müssen Standards und Vorgaben entsprechen.
- Rückverfolgbarkeit:* Anforderungen müssen rückverfolgbar und nachweisbar sein (ISO/IEC/IEEE 2011).
- Konsistenz:* Anforderungen dürfen nicht im Widerspruch zu anderen Anforderungen stehen (ISO/IEC/IEEE 2011).

Zudem sind bei der Formulierung von Anforderungen Schlüsselbegriffe zu beachten. Verpflichtende Forderungen enthalten häufig das Wort „muss“ („shall“). Für Wünsche und Ziele, deren Erfüllung empfohlen sind, werden „soll“ („should“) verwendet. Die Begriffe „darf“ („may“) und „kann“ („can“) stellen eine weitere Abschwächung zu „soll“ dar und sind ein Bonus oder zulässig (ISO/IEC/IEEE 2018).

Der nachstehende Anforderungskatalog stellt eine gute Basis dar. Er hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Im weiteren Entwicklungsprozess müsste er detaillierter in Zusammenarbeit mit interdisziplinären Experten ausgearbeitet werden. Aufgrund der hohen Anzahl an Anforderungen ist der Anforderungskatalog auf mehrere Tabellen verteilt (Tabelle 7 bis Tabelle 16). Er ist in Anlehnung an Naefe 2018 sowie Bender und Gericke 2021 gestaltet.

Tabelle 7: Anforderungskatalog für barrierefreies IFE - Teil 1

|  |            | <b>Anforderungskatalog</b><br>für barrierefreies Inflight Entertainment                                                                                            | Ersteller: Eider Bashiri<br>Datum: 21.06.2025<br>Seite 1 von 10 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| F / W                                                                             | Nr.        | Anforderungen                                                                                                                                                      | Quelle                                                          |
|                                                                                   | <b>1</b>   | <b>Benutzeroberfläche</b>                                                                                                                                          |                                                                 |
| <b>F</b>                                                                          | <b>1.1</b> | <b>Die Gestaltung der IFE-Benutzeroberfläche muss strukturiert und zugänglich sein.</b>                                                                            | WCAG 3                                                          |
| F                                                                                 | 1.1.1      | - Die Benutzeroberfläche muss minimalistisch gestaltet sein, sodass nur für die Nutzung relevante Elemente, Informationen und Funktionen dargestellt werden.       | Kap. 3.2                                                        |
| F                                                                                 | 1.1.2      | - Die Benutzeroberfläche des IFE-Systems muss in mehreren Sprachen verfügbar sein.                                                                                 | Abl. aus WCAG 3.1.1                                             |
| F                                                                                 | 1.1.3      | - Alle Menüs der Benutzeroberfläche müssen mit klaren, beschreibenden Titeln versehen sein.                                                                        | WCAG 2.4.2                                                      |
| F                                                                                 | 1.1.4      | - Die Benutzeroberfläche und Inhalte müssen durch eindeutige Abschnittsüberschriften strukturiert sein.                                                            | WCAG 2.4.10                                                     |
| F                                                                                 | 1.1.5      | - Die Benutzeroberfläche muss standardisierte und verständliche Symbole verwenden.                                                                                 | Kap. 3                                                          |
| W                                                                                 | 1.1.6      | - Die Benutzeroberfläche soll in einem text- und bildbasierten Layout verfügbar sein.                                                                              | Kap. 3.2                                                        |
| <b>F</b>                                                                          | <b>1.2</b> | <b>Interaktive Elemente der IFE-Benutzeroberfläche müssen wahrnehm- und bedienbar sein.</b>                                                                        | Abl. WCAG 1 und 2                                               |
| F                                                                                 | 1.2.1      | - Alle interaktiven Elemente der Benutzeroberfläche müssen eindeutig beschriftet sein.                                                                             | WCAG 2.4.6 und 3.3.2                                            |
| F                                                                                 | 1.2.2      | - Aktive Elemente müssen eine sichtbare Fokusanzeige erhalten.                                                                                                     | Abl. aus WCAG 2.4.7                                             |
| F                                                                                 | 1.2.3      | - Interaktive Elemente müssen mindestens 44 x 44 CSS-Pixel groß sein.                                                                                              | Abl. aus WCAG 2.5.5                                             |
| F                                                                                 | 1.2.4      | - Benachbarte interaktive Elemente müssen so angeordnet sein, dass unbeabsichtigte Aktivierungen vermieden werden.                                                 | Abl. aus WCAG 2.5.8                                             |
| F                                                                                 | 1.2.5      | - Die Benutzeroberfläche soll permanent eine Schaltfläche zum Ändern der Einstellungen bereitstellen. Bemerkung: Ausgenommen bei der Wiedergabe von Medieninhalten | Abl. aus WCAG 3.2.6                                             |
| W                                                                                 | 1.2.6      | - Die Benutzeroberfläche soll im Menü permanent eine Schaltfläche zum Anfordern von Flugpersonal bereitstellen.                                                    | Abl. aus WCAG 3.2.6                                             |

Tabelle 8: Anforderungskatalog für barrierefreies IFE - Teil 2

|  |            | <b>Anforderungskatalog</b><br>für barrierefreies Inflight Entertainment                                                                                       | Ersteller: Eider Bashiri<br>Datum: 21.06.2025<br>Seite 2 von 10 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| F / W                                                                             | Nr.        | Anforderungen                                                                                                                                                 | Quelle                                                          |
|                                                                                   | <b>1</b>   | <b>Benutzeroberfläche</b>                                                                                                                                     |                                                                 |
| <b>F</b>                                                                          | <b>1.3</b> | <b>Die Texte der IFE-Benutzeroberfläche müssen lesbar, verständlich und anpassbar sein.</b>                                                                   | WCAG 1.4                                                        |
| F                                                                                 | 1.3.1      | - Texte dürfen nur als maschinenlesbarer Text und nicht als Teil eines Bildes vorliegen.<br>Hinweis: Ausgenommen sind Dekorationen oder Logos                 | WCAG 1.4.5                                                      |
| F                                                                                 | 1.3.2      | - Texte (Schriftgrößen bis 18 Punkt) müssen ein Kontrastverhältnis von mind. 4,5:1 zum Hintergrund aufweisen.                                                 | WCAG 1.4.3                                                      |
| W                                                                                 | 1.3.3      | - Texte sollen ein Kontrastverhältnis von mind. 7:1 zum Hintergrund aufweisen.                                                                                | WCAG 1.4.6                                                      |
| F                                                                                 | 1.3.4      | - Großer Text (Schriftgrößen ab 18 Punkt) muss ein Kontrastverhältnis von mind. 3:1 aufweisen.                                                                | WCAG 1.4.3                                                      |
| W                                                                                 | 1.3.5      | - Großer Text soll ein Kontrastverhältnis von mind. 4,5:1 zum Hintergrund aufweisen.                                                                          | WCAG 1.4.6                                                      |
| F                                                                                 | 1.3.6      | - Die Standard-Schriftgröße der Benutzeroberfläche muss mindestens 14 Punkt betragen.                                                                         | Abl. aus WCAG 1.4                                               |
| F                                                                                 | 1.3.7      | - Texte müssen ohne AT bis zu 200% vergrößert werden können.<br>Hinweis: Informationen, Struktur und Funktionalität dürfen nicht verloren gehen.              | WCAG 1.4.4                                                      |
| W                                                                                 | 1.3.8      | - Texte sollen in einer Sprache verfasst sein, die dem Sprachniveau der niedrigen, sekundären Schulbildung (in Deutschland: Schulklassen 7 bis 9) entspricht. | WCAG 3.1.5                                                      |
| F                                                                                 | 1.3.9      | - Wenn Texte nicht dem Sprachniveau der niedrigen, sekundären Schulbildung entsprechen, muss eine Option in „Leichter Sprache“ bereitgestellt werden.         | WCAG 3.1.5                                                      |
| F                                                                                 | 1.3.10     | - Die Textbreite darf 80 Zeichen pro Zeile nicht überschreiten.                                                                                               | WCAG 1.4.8                                                      |
| F                                                                                 | 1.3.11     | - Texte müssen links- oder rechtsbündig ausgerichtet sein.<br>Bemerkung: Blocksatz erzeugt unregelmäßige Wortabstände für Passagiere und Screenreader.        | WCAG 1.4.8                                                      |
| F                                                                                 | 1.3.12     | - Alle Abkürzungen im Text müssen erläutert oder ausgeschrieben werden.                                                                                       | Abl. aus WCAG 3.1.4                                             |

Tabelle 9: Anforderungskatalog für barrierefreies IFE - Teil 3

|  |            | <b>Anforderungskatalog</b><br>für barrierefreies Inflight Entertainment                                                                                             | Ersteller: Eider Bashiri<br>Datum: 21.06.2025<br>Seite 3 von 10 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| F / W                                                                             | Nr.        | Anforderungen                                                                                                                                                       | Quelle                                                          |
|                                                                                   | <b>1</b>   | <b>Benutzeroberfläche</b>                                                                                                                                           |                                                                 |
| <b>F</b>                                                                          | <b>1.4</b> | <b>Die Farben und Kontraste der IFE-Benutzeroberfläche müssen für die Passagiere wahrnehmbar und anpassbar sein.</b>                                                | <b>WCAG 1.4</b>                                                 |
| F                                                                                 | 1.4.1      | - Text- und Hintergrundfarben der Benutzeroberfläche müssen anpassbar sein.                                                                                         | WCAG 1.4.8                                                      |
| F                                                                                 | 1.4.2      | - Die Passagiere müssen zwischen verschiedenen Darstellungsoptionen der Benutzeroberfläche wählen können.<br>Beispiele: Farbthemen, Dunkelmodus oder Hoher Kontrast | Kap. 3.3                                                        |
| F                                                                                 | 1.4.3      | - Angrenzende Farben der Benutzeroberfläche müssen ein Farbkontrastverhältnis von mindestens 3:1 einhalten.                                                         | WCAG 1.4.11                                                     |
| F                                                                                 | 1.4.4      | - Die Helligkeit des Bildschirms muss einstellbar sein.                                                                                                             | Kap. 3.1                                                        |
| <b>F</b>                                                                          | <b>1.5</b> | <b>Die Abbildungen der IFE-Benutzeroberfläche müssen wahrnehmbar und anpassbar sein.</b>                                                                            | <b>Abl. aus WCAG 1.4</b>                                        |
| F                                                                                 | 1.5.1      | - Abbildungen müssen so groß dargestellt sein, dass sie ohne Vergrößerung wahrnehmbar sind.                                                                         | Abl. aus WCAG 1.4                                               |
| F                                                                                 | 1.5.2      | - Abbildungen müssen zusätzlich ohne AT bis zu 200% vergrößert werden können.                                                                                       | Abl. aus WCAG 1.4.4                                             |
| F                                                                                 | 1.5.3      | - Alle Nicht-Text-Inhalte, wie Abbildungen, müssen eine Textalternative besitzen.                                                                                   | WCAG 1.1.1                                                      |

Tabelle 10: Anforderungskatalog für barrierefreies IFE - Teil 4

|  |            | <b>Anforderungskatalog</b><br>für barrierefreies Inflight Entertainment                                                                                          | Ersteller: Eider Bashiri<br>Datum: 21.06.2025<br>Seite 4 von 10 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| F / W                                                                             | Nr.        | Anforderungen                                                                                                                                                    | Quelle                                                          |
|                                                                                   | <b>2</b>   | <b>Navigation und Inhaltsauswahl</b>                                                                                                                             |                                                                 |
| <b>F</b>                                                                          | <b>2.1</b> | <b>Die Navigation und die Inhaltsauswahl im IFE-System müssen einfach und zugänglich sein.</b>                                                                   | <b>WCAG 2.4</b>                                                 |
| F                                                                                 | 2.1.1      | - Das IFE-System muss mit wenigen Menüebenen gestaltet sein, um eine einfache und effiziente Navigation zu gewährleisten.                                        | Kap. 3.2                                                        |
| W                                                                                 | 2.1.2      | - Zu Nutzungsbeginn soll eine Auswahl an wesentlichen Einstellungen zur Personalisierung des IFE vorgenommen werden.                                             | Kap. 3.2                                                        |
| F                                                                                 | 2.1.3      | - Inhalte müssen über mehrere Wege erreichbar sein.<br>Beispiele: Über Suchfunktion, Seitenübersicht, Navigationsmenü                                            | WCAG 2.4.5                                                      |
| F                                                                                 | 2.1.4      | - Animationen müssen vermieden werden, insbesondere bei Übergängen.                                                                                              | WCAG 2.3.3                                                      |
| <b>F</b>                                                                          | <b>2.2</b> | <b>Die Navigationselemente des IFE-System müssen wahrnehmbar und verständlich sein.</b>                                                                          | <b>WCAG 2.4</b>                                                 |
| F                                                                                 | 2.2.1      | - Navigations- und Auswahlelemente müssen eine klare und beschreibende Beschriftung besitzen.                                                                    | WCAG 1.1.1                                                      |
| F                                                                                 | 2.2.2      | - Zur Navigation müssen große Navigationspfeile bereitgestellt werden.                                                                                           | Kap. 3.2                                                        |
| F                                                                                 | 2.2.3      | - Navigationselemente müssen einheitlich und konsistent gestaltet sein.                                                                                          | WCAG 3.2.3 und 3.2.4                                            |
| F                                                                                 | 2.2.4      | - Zentrale Navigationselemente müssen vorhanden und erkennbar sein.<br>Bemerkung: Zentrale Navigationselemente sind z.B. die „Home“- und „Zurück“-Schaltflächen. | Kap. 3                                                          |
| F                                                                                 | 2.2.5      | - Zentrale Navigationselemente müssen immer an derselben Position zu verorten sein.                                                                              | Abl. aus WCAG 3.2.3                                             |
|                                                                                   | 2.2.6      | - Navigationselemente müssen im sichtbaren Bereich der Benutzeroberfläche liegen und ohne Scrollen erreichbar sein.                                              | Abl. aus WCAG 1.4.10                                            |
| W                                                                                 | 2.2.7      | - Scrollen soll vermieden werden. Wenn Scrollen erforderlich ist, muss es eindimensional erfolgen.<br>Ausnahme: Angebote, wie die Flight Map.                    | Abl. aus WCAG 1.4.10                                            |

Tabelle 11: Anforderungskatalog für barrierefreies IFE - Teil 5

|  |         | <b>Anforderungskatalog</b><br>für barrierefreies Inflight Entertainment                                                                | Ersteller: Eider Bashiri<br>Datum: 21.06.2025<br>Seite 5 von 10 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| F / W                                                                             | Nr.     | Anforderungen                                                                                                                          | Quelle                                                          |
|                                                                                   | 3       | <b>Bedienung und Eingabe</b>                                                                                                           |                                                                 |
| F                                                                                 | 3.1     | <b>Das IFE-System muss alternative Bedienmöglichkeiten bereitstellen.</b>                                                              | <b>WCAG 2.5.6</b>                                               |
| F                                                                                 | 3.1.1   | - Das IFE-System muss vollständig über physische Tasten bedienbar sein.<br>Bemerkung: Zum Beispiel in Form einer Fernbedienung         | WCAG 2.1.1                                                      |
| F                                                                                 | 3.1.1.1 | - Die Tasten müssen ausreichend groß sein.                                                                                             | Abl. aus WCAG 2.5.5                                             |
| F                                                                                 | 3.1.1.2 | - Die Anzahl der Tasten muss auf ein notwendiges Minimum beschränkt sein.                                                              | Abl. aus WCAG 2.1.1                                             |
| F                                                                                 | 3.1.1.3 | - Die Tastenbedienung muss so umgesetzt werden, dass keine Tastenfalle vorkommt.                                                       | WCAG 2.1.2                                                      |
| W                                                                                 | 3.1.2   | - Das IFE-System soll vollständig über Sprachsteuerung bedienbar sein.                                                                 | Kap 3.5                                                         |
| F                                                                                 | 3.1.2.1 | - Die Sprachsteuerung des IFE-Systems muss über mehrere Sprachen verfügbar sein.                                                       | Kap 3.5                                                         |
| F                                                                                 | 3.1.2.2 | - Die Spracherkennung der Sprachsteuerung muss bei üblichen Kabinengeräuschen zuverlässig funktionieren.                               | Kap 3.5                                                         |
| W                                                                                 | 3.1.2.3 | - Die Sprachsteuerung soll verschiedene Dialekte, Akzente und Aussprachen erkennen.                                                    | Kap 3.5                                                         |
| W                                                                                 | 3.1.3   | - Das IFE-System soll über Gestensteuerung bedienbar sein.                                                                             | Kap 3.5                                                         |
| W                                                                                 | 3.1.4   | - Das IFE-System soll über PED bedient werden können.                                                                                  | Kap 3.5                                                         |
| F                                                                                 | 3.2     | <b>Das IFE-System muss selbstständig, ohne außenstehende Hilfe, von Passagieren mit Beeinträchtigungen bedient und genutzt werden.</b> | -                                                               |
| F                                                                                 | 3.3     | <b>Die Bedienung des IFE-Systems darf nicht durch Zeitvorgaben begrenzt sein.</b>                                                      | <b>WCAG 2.1.3</b>                                               |
| F                                                                                 | 3.4     | <b>Alle Interaktionen müssen über eine Fingerberührung möglich sein</b>                                                                | <b>WCAG 2.5.1</b>                                               |

Tabelle 12: Anforderungskatalog für barrierefreies IFE - Teil 6

|  |            | <b>Anforderungskatalog</b><br>für barrierefreies Inflight Entertainment                                                                    | Ersteller: Eider Bashiri<br>Datum: 21.06.2025<br>Seite 6 von 10 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| F / W                                                                             | Nr.        | Anforderungen                                                                                                                              | Quelle                                                          |
|                                                                                   | <b>4</b>   | <b>Medieninhalte und -zugänglichkeit</b>                                                                                                   |                                                                 |
| <b>F</b>                                                                          | <b>4.1</b> | <b>Alle Videoinhalte im IFE-System müssen barrierefrei zugänglich und nutzbar sein.</b>                                                    | <b>WCAG 1.2</b>                                                 |
| F                                                                                 | 4.1.1      | - Alle Videoinhalte müssen mit sprachlichen Untertiteln und SDH ausgestattet sein.                                                         | WCAG 1.2.2                                                      |
| F                                                                                 | 4.1.1.1    | - <i>Sprachliche Untertitel und SDH müssen in mehreren Sprachen bereitgestellt werden.</i>                                                 | <i>Abl. aus WCAG 1.2.2</i>                                      |
| F                                                                                 | 4.1.1.2    | - <i>Sprachliche Untertitel und SDH dürfen keine inhaltlichen und sprachlichen Fehler enthalten.</i>                                       | <i>Abl. aus WCAG 1.2.2</i>                                      |
| F                                                                                 | 4.1.1.3    | - <i>Sprachliche Untertitel und SDH müssen anpassbar sein.</i><br><i>Beispiele: Anpassbarkeit von Farben, Kontrast, Größe und Position</i> | <i>Abl. aus WCAG 1.2.2</i>                                      |
| F                                                                                 | 4.1.2      | - Alle Videoinhalte müssen mit Audiodeskriptionen bzw. erweiterten Audiodeskriptionen ausgestattet sein.                                   | WCAG 1.2.5 und 1.2.7                                            |
| F                                                                                 | 4.1.2.1    | - <i>Audiodeskriptionen müssen in mehreren Sprachen bereitgestellt werden.</i>                                                             | <i>Abl. aus WCAG 1.2.5</i>                                      |
| F                                                                                 | 4.1.2.2    | - <i>Audiodeskriptionen dürfen keine inhaltlichen und sprachlichen Fehler enthalten.</i>                                                   | <i>Abl. aus WCAG 1.2.5</i>                                      |
| W                                                                                 | 4.1.2.3    | - <i>Audiodeskriptionen sollen anpassbar sein.</i><br><i>Beispiele: Anpassbarkeit von Geschwindigkeit und Lautstärke</i>                   | <i>Abl. aus WCAG 1.2.5</i>                                      |
| F                                                                                 | 4.1.3      | - Für wesentliche Inhalte, wie Videos zu Sicherheitsanweisungen, muss eine Übersetzung in Gebärdensprache bereitgestellt werden.           | Abl. aus WCAG 1.2.6                                             |
| W                                                                                 | 4.1.4      | - Die Wiedergabegeschwindigkeit von Videoinhalten soll anpassbar sein.                                                                     | -                                                               |
| F                                                                                 | 4.1.5      | - Videoinhalte dürfen nicht automatisch abgespielt werden.                                                                                 | Abl. aus WCAG 1.4.2                                             |

Tabelle 13: Anforderungskatalog für barrierefreies IFE - Teil 7

|  |            | <b>Anforderungskatalog</b><br>für barrierefreies Inflight Entertainment                                                                    | Ersteller: Eider Bashiri<br>Datum: 21.06.2025<br>Seite 7 von 10 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| F / W                                                                             | Nr.        | Anforderungen                                                                                                                              | Quelle                                                          |
|                                                                                   | <b>4</b>   | <b>Medieninhalte und -zugänglichkeit</b>                                                                                                   |                                                                 |
| <b>F</b>                                                                          | <b>4.2</b> | <b>Alle Audioinhalte im IFE-System müssen barrierefrei zugänglich und nutzbar sein.</b>                                                    | <b>WCAG 1.2.1</b>                                               |
| F                                                                                 | 4.2.1      | - Für Audioinhalte, wie Podcasts oder Nachrichten, müssen eine textbasierte Alternative bereitgestellt werden.<br>Bemerkung: Transkription | WCAG 1.2.1                                                      |
| W                                                                                 | 4.2.2      | - Die Wiedergabegeschwindigkeit von Audioinhalten soll anpassbar sein.                                                                     | -                                                               |
| F                                                                                 | 4.2.3      | - Audioinhalte dürfen nicht automatisch abgespielt werden.                                                                                 | Abl. aus WCAG 1.4.2                                             |
| <b>F</b>                                                                          | <b>4.3</b> | <b>Das IFE-System muss eine große und vielfältige Auswahl an barrierefreien Inhalten bereitstellen.</b>                                    | <b>Kap. 3</b>                                                   |
| <b>F</b>                                                                          | <b>4.4</b> | <b>Barrierefreie Medieninhalte müssen gekennzeichnet sein.</b><br><b>Beispiel: Film mit SDH</b>                                            | <b>Kap. 3</b>                                                   |
| <b>F</b>                                                                          | <b>4.5</b> | <b>Barrierefreie Medieninhalte müssen durch Filterfunktionen auffindbar sein.</b>                                                          | <b>Kap. 3</b>                                                   |

Tabelle 14: Anforderungskatalog für barrierefreies IFE - Teil 8

|  |            | <b>Anforderungskatalog</b><br>für barrierefreies Inflight Entertainment                                                                                                                                  | Ersteller: Eider Bashiri<br>Datum: 21.06.2025<br>Seite 8 von 10 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| F / W                                                                             | Nr.        | Anforderungen                                                                                                                                                                                            | Quelle                                                          |
|                                                                                   | <b>5</b>   | <b>Assistive Technologien und Hardware</b>                                                                                                                                                               |                                                                 |
| <b>F</b>                                                                          | <b>5.1</b> | <b>Das IFE-System muss mit Assistiven Technologien und anderen Hilfstechnologien ausgestattet und für diese zugänglich sein.</b>                                                                         | <b>Kap. 2.5</b>                                                 |
| F                                                                                 | 5.1.1      | - Das IFE-System muss mit einem Screenreader ausgestattet sein.                                                                                                                                          | Kap. 2.5                                                        |
| F                                                                                 | 5.1.2      | - Das IFE-System muss mit einer Vergrößerungssoftware ausgestattet sein.                                                                                                                                 | Kap. 2.5                                                        |
| F                                                                                 | 5.1.3      | - Das IFE-System und die Benutzeroberfläche müssen so gestaltet sein, dass alle Elemente, Inhalte, Strukturen und Beziehungen vollständig von Assistiven Technologien erfasst und gelesen werden können. | WCAG 1.3.1 und 1.3.2                                            |
| <b>W</b>                                                                          | <b>5.2</b> | <b>Das IFE-System soll die Verbindung mit persönlichen Geräten sicherstellen.</b>                                                                                                                        | <b>Kap. 3.5</b>                                                 |
| W                                                                                 | 5.2.1      | - Das IFE-System soll das Streamen von IFE-Inhalten über PED bereitstellen.                                                                                                                              | Kap. 3.5                                                        |
| W                                                                                 | 5.2.3      | - Moderne Hörgeräte mit Bluetooth-Funktion sollen mit dem IFE-System verbunden und genutzt werden können.                                                                                                | Kap. 2.4                                                        |

Tabelle 15: Anforderungskatalog für barrierefreies IFE - Teil 9

|  |            | <b>Anforderungskatalog</b><br>für barrierefreies Inflight Entertainment                                                                                                                          | Ersteller: Eider Bashiri<br>Datum: 21.06.2025<br>Seite 9 von 10 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| F / W                                                                             | Nr.        | Anforderungen                                                                                                                                                                                    | Quelle                                                          |
|                                                                                   | <b>6</b>   | <b>Benutzerunterstützung</b>                                                                                                                                                                     |                                                                 |
| <b>F</b>                                                                          | <b>6.1</b> | <b>Das IFE-System muss den Passagieren bei Interaktionen Rückmeldungen über den Status der Aktion geben.</b>                                                                                     | <b>Abl. aus WCAG 1.3.3, 3.3.1 und 4.1.3</b>                     |
| F                                                                                 | 6.1.1      | - Rückmeldungen des IFE-Systems müssen in visueller und auditiver Form erfolgen.<br>Beispiele: visuell (Statusanzeige, Farbe, Animation), auditiv (Sprachausgabe, Ton)                           | WCAG 1.3.3 und 1.4.1                                            |
| W                                                                                 | 6.1.2      | - Rückmeldungen des IFE-Systems sollen in haptischer Form erfolgen.                                                                                                                              | Abl. aus WCAG 1.3.3                                             |
| F                                                                                 | 6.1.3      | - Rückmeldungen und Anweisungen dürfen nicht ausschließlich durch Farbe, Form oder Ton vermittelt werden.                                                                                        | WCAG 1.3.3 und 1.4.1                                            |
| F                                                                                 | 6.1.1      | - Das IFE-System muss den Passagieren vermitteln, an welcher Position und in welcher Menüebene sie sich befinden.                                                                                | WCAG 2.4.8                                                      |
| <b>W</b>                                                                          | <b>6.2</b> | <b>Das IFE-System soll ein integriertes Assistenzsystem bereitstellen, das Passagieren bei der Nutzung unterstützt.</b>                                                                          | <b>Abl. aus WCAG 3</b>                                          |
| W                                                                                 | 6.2.1      | - Das Assistenzsystem soll die Passagiere durch das IFE-Menü führen können.                                                                                                                      | Abl. aus WCAG 3                                                 |
| W                                                                                 | 6.2.2      | - Das Assistenzsystem soll die Passagiere bei der Auswahl von Inhalten unterstützen.                                                                                                             | Abl. aus WCAG 3                                                 |
| <b>F</b>                                                                          | <b>6.3</b> | <b>Das Kabinenpersonal muss in der Lage sein, Passagiere bei der Konfiguration und Nutzung barrierefreier Funktionen des IFEs zu unterstützen.</b><br><b>Bemerkung: Kabinenpersonal schulen.</b> | <b>Abl. aus WCAG 3</b>                                          |
| <b>W</b>                                                                          | <b>6.4</b> | <b>Durchsagen des Kabinenpersonals und der Piloten sollen den Passagieren über das IFE-System zugänglich gemacht werden.</b>                                                                     | <b>Kap. 3.1</b>                                                 |

Tabelle 16: Anforderungskatalog für barrierefreies IFE - Teil 10

|  |      | <b>Anforderungskatalog</b><br>für barrierefreies Inflight Entertainment                                                     | Ersteller: Eider Bashiri<br>Datum: 21.06.2025<br>Seite 10 von 10 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| F / W                                                                             | Nr.  | Anforderungen                                                                                                               | Quelle                                                           |
|                                                                                   | 7    | Weitere allgemeine Anforderungen                                                                                            |                                                                  |
| F                                                                                 | 7.1  | Das IFE-System muss für Passagiere mit visuellen, auditiven, motorischen und kognitiven Beeinträchtigungen zugänglich sein. | Kap. 2.4                                                         |
| F                                                                                 | 7.2  | Die Nutzung des barrierefreien IFE-Systems darf das IFE-Erlebnis anderer Passagiere nicht beeinträchtigen.                  | -                                                                |
| F                                                                                 | 7.3  | Alle barrierefreien Funktionen des IFE-Systems müssen zuverlässig funktionieren.                                            | -                                                                |
| F                                                                                 | 7.4  | Das barrierefreie IFE-System und -angebot muss innerhalb einer Airline identisch sein.                                      | -                                                                |
| F                                                                                 | 7.5  | Das barrierefreie IFE-System muss mit Barrierefreiheitsstandards konform sein.                                              | WCAG; Kap. 2.3                                                   |
| F                                                                                 | 7.6  | Barrierefreie Funktionen und Inhalte müssen mit unterschiedlichen IFE-Systemen kompatibel sein.                             | -                                                                |
| W                                                                                 | 7.7  | Das barrierefreie IFE-System kann als alternativer Modus zum Standardmodus bereitgestellt werden.                           | Kap. 3.2                                                         |
| F                                                                                 | 7.8  | Das barrierefreie IFE-System darf kein höheres Gewicht als das derzeitige IFE-System aufweisen.                             | -                                                                |
| F                                                                                 | 7.9  | Der Wartungsaufwand des barrierefreien IFE-Systems soll nicht höher als beim derzeitigen IFE-System.                        | -                                                                |
| W                                                                                 | 7.10 | Die Anschaffungs- und Entwicklungskosten des barrierefreien IFEs sollen nicht höher sein als beim derzeitigen IFE-System.   | Kap. 3.5                                                         |
| W                                                                                 | 7.11 | Die Betriebskosten des barrierefreien IFEs sollen nicht höher sein als beim derzeitigen IFE-System.                         | -                                                                |
| F                                                                                 | 7.12 | Das barrierefreie IFE-System muss Passagierdaten schützen.                                                                  | Kap. 3.5                                                         |

## 5 Lösungsansätze für barrierefreies IFE

Nachdem aktuelle IFE-Systeme untersucht, neue Entwicklungen diskutiert und Anforderungen an barrierefreie IFE-Systeme definiert wurden, widmet sich dieses Kapitel Lösungsansätzen für barrierefreies IFE. Sie leiten sich aus den vorangegangenen Erkenntnissen und Potenzialen ab. Die Lösungsvorschläge sind als sinnvolle und praxisnahe Ansätze zu verstehen. Sie stellen keine umfassenden Lösungskonzepte dar und erheben keinen Anspruch auf vollständige Barrierefreiheit. Das Ziel besteht darin, die Nutzung des IFE für beeinträchtigte Passagiere zugänglicher gestalten.

Im vorliegenden Kapitel werden die vier Lösungsansätze „Anpassbare und reduzierte Benutzeroberfläche“, „Sprachgesteuertes IFE“, „Bring Your Own Device - Ansatz“ und „Barrierefreie Medieninhalte“ vorgestellt. Die Auswahl deckt unterschiedliche Bereiche des IFE ab. Sowohl die Benutzeroberfläche sowie die Bedienung als auch die Medieninhalte selbst und ein generischer Trend werden berücksichtigt. Zwischen den alternativen Bedienmöglichkeiten Tasten- und Sprachsteuerung wurde Letztere gewählt, da sie eine modernere Entwicklung darstellt.

### 5.1 Lösungsansatz 1: Anpassbare und reduzierte Benutzeroberfläche

Ein zentraler Lösungsansatz zur barrierefreien Gestaltung von IFE-Systemen ist eine anpassbare sowie reduzierte Benutzeroberfläche. Der Ansatz richtet sich an eine breite Zielgruppe einschließlich visuell, kognitiv und motorisch beeinträchtigter Passagiere. Wie im Einleitungskapitel thematisiert wurde, kann Fliegen Stress und Unbehagen verursachen (Liu und Rauterberg 2007). Dies soll nicht durch eine komplizierte Benutzeroberfläche verstärkt werden.

Der Lösungsansatz wirkt starren und komplexen Benutzeroberflächen entgegen, wie sie in den aktuell integrierten Standard-IFE-Systemen in der Regel vorkommen (Interactive Digital Display 2024). Die Benutzeroberfläche wird von Grund auf schlicht und minimalistisch gestaltet. Sie wird auf die essenziellen Funktionen, Elemente und Schaltflächen für die Nutzung des IFE reduziert und vermeidet eine Überfüllung. Zu den zentralen Schaltflächen zählen beispielsweise die Einstellungen, eine Schaltfläche

zum Zurücknavigieren, eine zum Rufen von Flugpersonal und eine Suchfunktion. Die Elemente sind an festen Positionen innerhalb der Benutzeroberfläche angeordnet und dadurch unmittelbar zugänglich. Wesentliche Funktionen umfassen die Medieninhalte, Fluginformationen und Einstellungsmöglichkeiten.

Weniger Oberflächenelemente schaffen Übersicht sowie Ordnung und vermeiden Ablenkungen bei der Nutzung. Als weitere Konsequenz können die Elemente größer dargestellt werden, was Wahrnehmbarkeit und Lesbarkeit erhöht. Die reduzierte Benutzeroberfläche ist durch große Texte, Symbole sowie Schaltflächen und hohe Farbkontraste gekennzeichnet. Einheitliche, bezeichnete Symbole und eine konsistente Struktur der Benutzeroberfläche erleichtern die Navigation und bewirken eine intuitivere Bedienung. Zudem wird dies durch große Navigationspfeile unterstützt. Die Benutzeroberfläche verzichtet auf spezielle Hintergrunddesigns, Dekorationen, viele Farben und dynamische Effekte. Darüber hinaus wird die Menütiefe flach gehalten und beschränkt sich auf maximal zwei bis drei Ebenen, um einen schnelleren Inhaltszugriff sicherzustellen.

Die Benutzeroberfläche der Lösung von SPI aus Kapitel 3.2 entspricht dem Ansatz der reduzierten Benutzeroberfläche in hohem Maße. Daher wird sie an dieser Stelle zur Visualisierung des Lösungsansatzes herangezogen (Abbildung 20). Beim Endprodukt können die Anordnungen der Elemente, die Farben und das Layout variieren. Ferner könnte SPIs Benutzeroberfläche durch eine Suchfunktion und eine große, lesbare Anzeige der verbleibenden Flugdauer ergänzt werden. Ergänzend zu der minimalistischen Gestaltung der Benutzeroberfläche steht ihre Anpassungsfähigkeit im Vordergrund des Lösungsansatzes. Da Passagiere je nach Präferenz unterschiedliche Darstellungsarten bevorzugen, kann das Layout der Benutzeroberfläche flexibel zwischen einer text- oder bildbasierten Darstellung gewählt werden, ähnlich zur RAVE-Lösung. Über das Einstellungsmenü können bei diesem Ansatz erweiterte Anpassungen der Benutzeroberfläche vorgenommen werden. Die Schriftgröße lässt sich verändern, Farben sowie Kontraste können individuell angepasst und Symbole vergrößert werden.

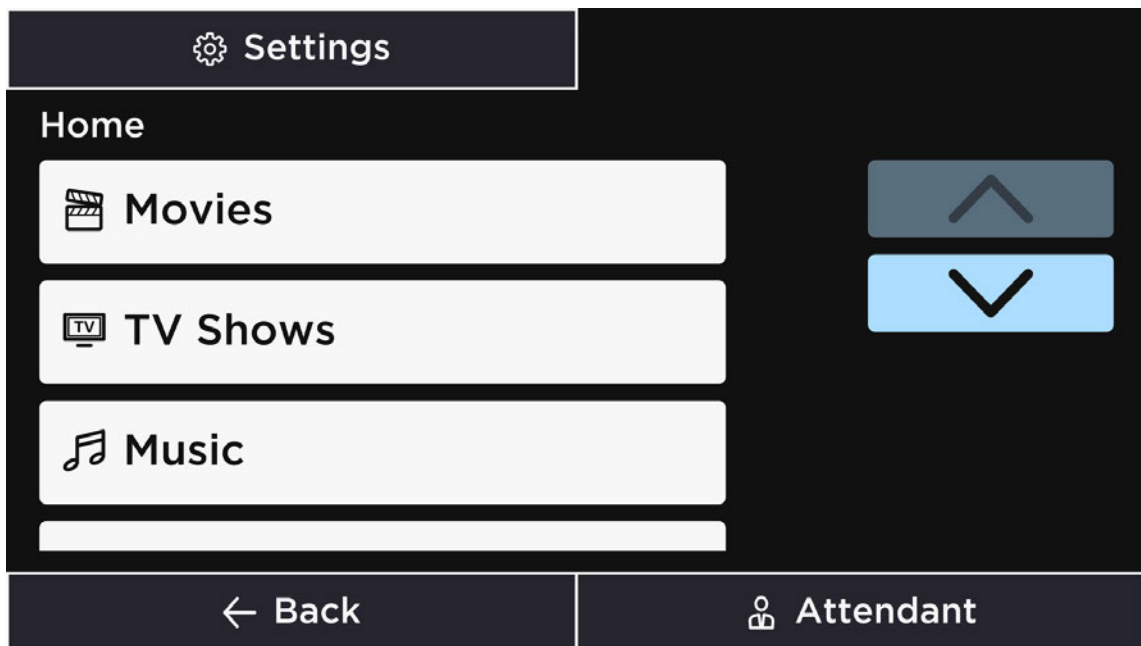


Abbildung 20: IFE-Benutzeroberfläche der SPI-Lösung im Rahmen des Lösungsansatzes 1 (Kirby 2024b)

Umsetzen lässt sich dieser Ansatz beispielsweise als Alternative zum Standardmodus, ähnlich der Lösung von SPIs RAVE Accessible IFE. Andernfalls kann eine einheitliche reduzierte Benutzeroberfläche für alle konzipiert werden. Ein Nachteil bestünde darin, dass der Ansatz einer reduzierten Benutzeroberfläche der Identität der Airline widersprechen könnte und keine umfangreichen Funktionen sowie Designs zulässt.

## 5.2 Lösungsansatz 2: Sprachgesteuertes IFE

Das Ziel des Lösungsansatzes „Sprachgesteuertes IFE“ ist die Bereitstellung einer alternativen Bedienmöglichkeit zur Touchbedienung. Die Grundlagen der Sprachsteuerung wurden in den Kapiteln 2.5 und 3.5 behandelt. Der Lösungsansatz unterstützt sowohl visuell als auch motorisch beeinträchtigte Passagiere.

Zur Umsetzung werden die bestehenden IFE-Systeme mit entsprechender Hard- und Software nachgerüstet. Es ist anzunehmen, dass die entsprechenden technischen Ressourcen, unter anderem Speicherkapazitäten und Rechenleistung, in bestehenden Systemen fehlen (Voit 2006). In diesem Zusammenhang müssen sich die Airlines zunächst den Kostenfaktor vergegenwärtigen. Ein Spracherkennungssystem wird in die IFE-Software integriert. Die Spracherkennung muss die Sprache automatisch erkennen können und dabei eine Vielzahl an Sprachen unterstützen. Außerdem sollten die

Spracherkennung und -steuerung ohne Internetverbindung funktionieren. Für die Spracheingabe werden hochwertige Mikrofone ins IFE-System integriert (Wingerath und Gebauer 2021). Dafür eignen sich der Bildschirm oder Kopfhörer. Zudem müssen die Mikrofone Kabinen- und Umgebungsgeräusche, wie die aus den Triebwerken, unterdrücken, damit die Spracherkennung ungestört bleibt (Rosen Aviation 2024).

Der Passagier spricht einen Sprachbefehl in das Mikrofon ein (Abbildung 21; Horcher 2024). Das IFE-System muss wie andere elektronische Systeme durch einfache und bekannte Sprachbefehle, z.B. „Video abspielen“ oder „Lautstärke verringern“ gesteuert werden. Die Spracherkennungssoftware empfängt die Audioinformation vom Mikrofon und wandelt diese in maschinenlesbaren Text um (Horchner 2024). Anschließend wird die Information verarbeitet und interpretiert (Wingerath und Gebauer 2021). Das Steuerungssystem hat den Befehl verstanden und löst die entsprechende Aktion aus. Wenn beispielsweise ein Film angefordert wurde, wird der Film vom IFE-Server, der die Inhalte speichert, geladen und gestartet. Abschließend wird der Inhalt über den Bildschirm und die Kopfhörer ausgegeben. Der Passagier erhält zudem die Rückmeldung, dass der gewünschte Inhalt aktiviert wurde. Rückmeldungen wie „Der Film wird geladen“ sind wichtig, um dem Passagier über den Status der Aktionen zu informieren und ihm Sicherheit bei der Bedienung zu geben (Vontobel et al. 2014). Analog zur Spracheingabe erfolgt auch die Ausgabe in Sprache.

Sind Sprachbefehle unklar formuliert, wird der Passagier um eine erneute Eingabe gebeten (Vontobel et al. 2014). Die Aktivierung des Systems kann durch den Sprachbefehl „Hallo IFE“ oder über die Einstellungen erfolgen. Vor diesem Hintergrund ist es ratsam, dass die Airlines eine Anleitung oder einen digitalen Assistenten zur Funktionsweise sowie Sprachbefehlen zur Verfügung stellen. Eine weitere Funktion, die das Sprachsystem in Kombination mit einem Screenreader bieten kann, ist die Führung durch das IFE-System. In Zukunft wäre der Einsatz von Künstlicher Intelligenz denkbar, wodurch die Spracherkennung effektiver und natürliche Spracheingaben über Sprachbefehle hinaus realisierbar wären (Rosen Aviation 2024). Um Datenschutzbedenken zu reduzieren, dürfen Daten ausschließlich temporär gespeichert und genutzt werden (Schaber et al. 2019).

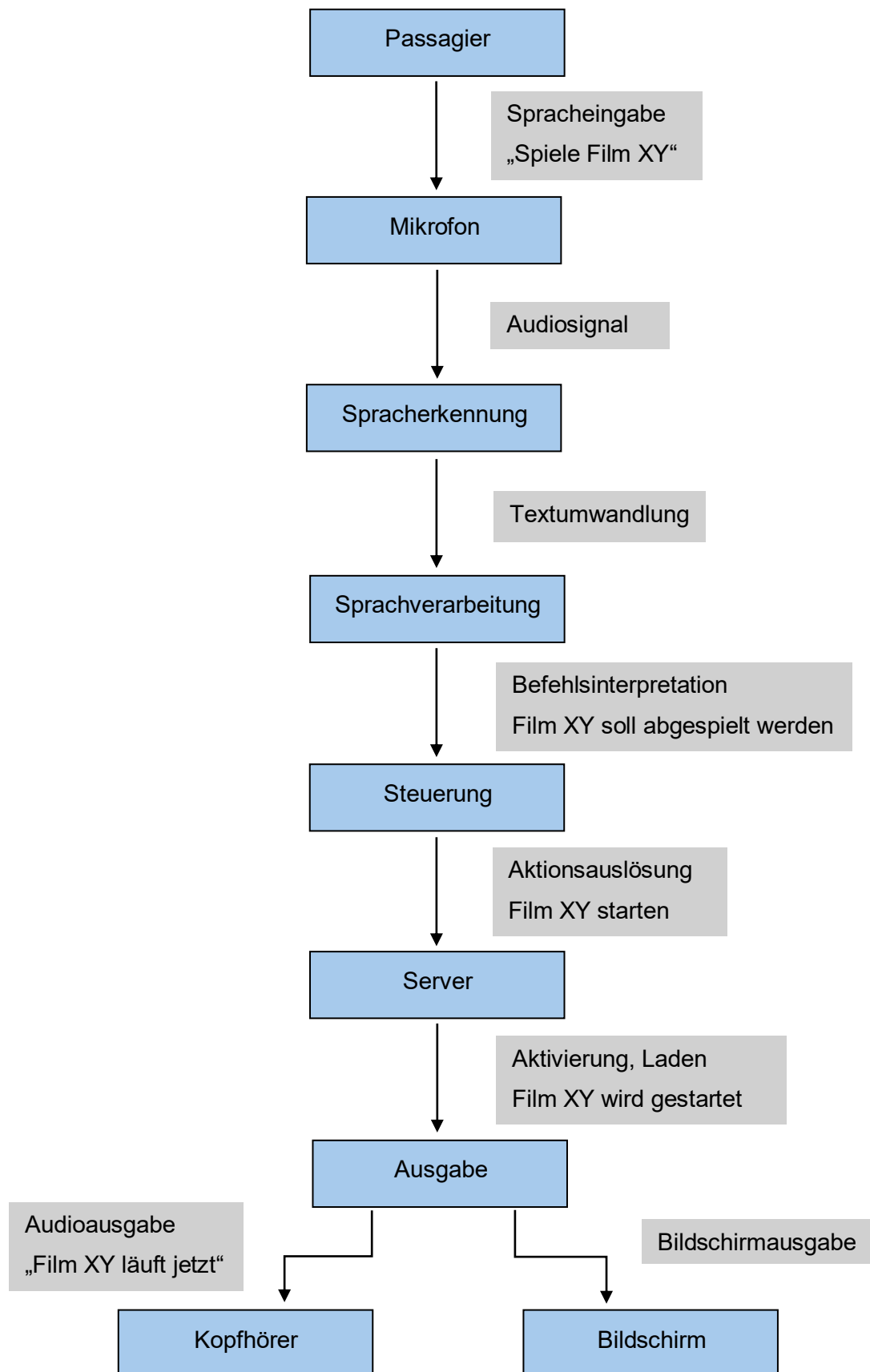


Abbildung 21: Ablaufdiagramm und Verarbeitungsfluss des sprachgesteuerten IFE am Beispiel einer Filmauswahl (eigene Darstellung nach Horcher 2024; Vontobel et al. 2014; Schaber et al. 2019)

### 5.3 Lösungsansatz 3: Bring Your Own Device - Ansatz

Der „Bring Your Own Device“ – Ansatz, der schon in Kapitel 3.5 beschrieben und diskutiert wurde, wird in diesem Abschnitt als Lösung umgesetzt. Die generische Lösung ist ein Trend mit hohem Potenzial und wird bereits in einigen Flugzeugen eingesetzt. Da PEDs unterschiedliche Funktionen und Technologien zur Barrierefreiheit unterstützen, profitieren verschiedenste Personengruppen mit Beeinträchtigungen davon (Access Armada 2021).

Das IFE wird über eine App oder Webanwendung im lokalen Bordnetz des Flugzeugs bereitgestellt. Für die Lösung ist ein stabiles und zuverlässiges Bordnetz sicherzustellen. Jeder Passagiersitz wird über Wireless Access Points (WAP) mit ausreichenden Datenmengen, auch Bandbreite genannt, versorgt (Jordan 2025a; DOT 2024). Der WAP verteilt die Bandbreite des IFE-Servers in der Kabine. Sie verfügen über eine bestimmte Reichweite und versorgen ca. 50 Sitze mit Daten. Entsprechend der Kabinengröße werden mehrere WAPs über die Kabine verteilt eingesetzt (DOT 2024). In Flugzeugen mit fest integrierten IFE-Systemen erfolgt der Zugriff der PEDs über das IFE-Center, wie bei den Sitzbildschirmen auch. Dabei können die WAPs in den IFE-Komponenten des Sitzes, z.B. in der Seat Electronic Box, integriert oder an einem geeigneten Ort versteckt in der Kabinenverkleidung platziert sein (Eden 2018). Im Gegensatz dazu sind in Flugzeugen ohne IFE-Systemen portable IFE-Server erforderlich (Inflight Dublin 2025). Dieser IFE-Server könnte beispielsweise in den Gepäckfächern verbaut sein (Bluebox 2024).

Am Sitz erhalten die Passagiere die Möglichkeit sich beispielsweise über einen QR-Code oder manuell über die WLAN-Einstellungen des PEDs ins Bordnetz einzuwählen (Abbildung 22). Das Streamen der Inhalte erfordert keine Internetverbindung, da die Inhalte auf lokalen Servern gespeichert sind. Nach erfolgreicher Verbindung wird das IFE-Angebot über ein Webportal oder eine airline-spezifische App aufgerufen. Die Airline entscheidet sich entweder für eine Web- oder Applösung, deren Gestaltung sich an dem WCAG-Standard richtet (Access Armada 2021). Als Nächstes wird die IFE-Anwendung eingerichtet, d.h. Barrierefreiheitsfunktionen werden aktiviert und die Anwendung wird an die eigenen Bedürfnisse angepasst. Die Passagiere können ihre eigenen vertrauten Hilfstechnologien, wie Screenreader oder Vergrößerungsfunktionen nutzen (Access Armada 2021). Anschließend können Medieninhalte ausgewählt wer-

den, die vom IFE-Center oder dem portablen IFE-Server abgerufen und auf dem PED gestreamt werden.

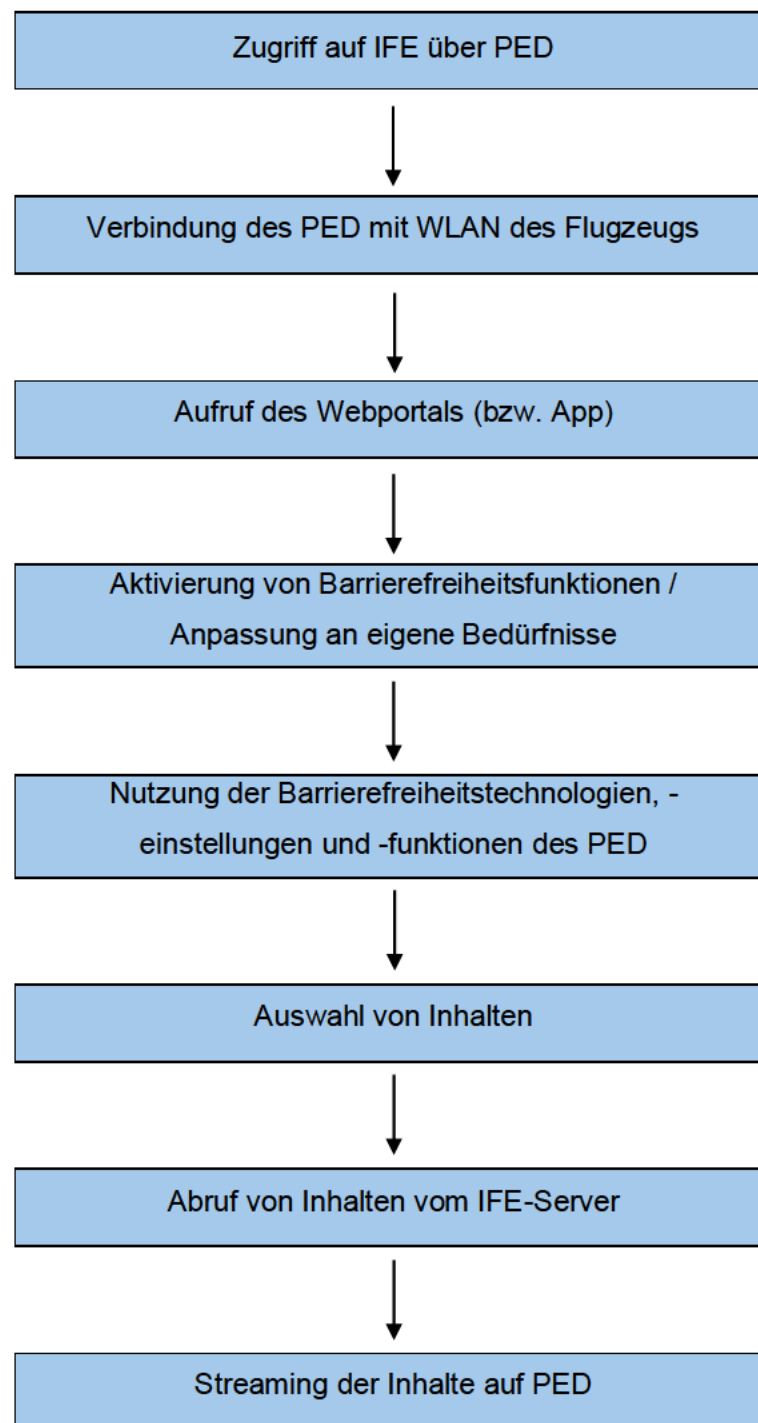


Abbildung 22: Zugriffs- und Nutzungsprozess des IFE über PED (eigene Darstellung nach Childers 2019; Eden 2018; Access Armada 2021)

Die Webanwendung und die App müssen kompatibel und zugänglich sein für die barrierefreien Funktionen sowie Technologien der PEDs. Das Augenmerk der Barrierefrei-

heit verschiebt sich vom IFE-System zur Weblösung bzw. App. Die Plattform selbst und die bereitgestellten Inhalte sind barrierefrei zu gestalten (Access Armada 2021). Des Weiteren wird die Unterstützung der gängigen Betriebssysteme, wie z.B. iOS oder Android, vorausgesetzt. Außerdem sind die Verbindung, die Einrichtung, der Zugang und gegebenenfalls die Installation einer App benutzerfreundlich zu gestalten. Zu beachten ist zusätzlich, dass nicht alle Passagiere ein eigenes oder aktuelles PED besitzen. Weiterhin können PEDs Probleme in der Funktionsweise oder einen plötzlichen Defekt aufweisen. Hierbei wäre es hilfreich, wenn Airlines beispielsweise eigene Tablets ausgeben. Darüber hinaus sind Schnittstellen zum Aufladen dieser Geräte bereitzustellen (Eden 2018). Da PEDs nicht nur Smartphones, sondern auch Tablets und Notebooks beinhalten, ist die Kompatibilität auch auf diese Geräte und Bildschirmgrößen zu gewährleisten.

## 5.4 Lösungsansatz 4: Barrierefreie Medieninhalte

Sämtliche Maßnahmen zur Barrierefreiheit sind nur dann nützlich, wenn die Medieninhalte des IFE barrierefrei sind. Aus diesem Grund ist der Lösungsansatz „Barrierefreie Medien“ essenziell.

Der Lösungsansatz umfasst hauptsächlich (nach Bohn 2025):

- Die Bereitstellung und Anpassung von sprachlichen Untertiteln und SDH für Filme, Serien und weitere Videoinhalte.
- Die Bereitstellung und Anpassung von Audiodeskription und erweiterter Audio-deskription für Filme, Serien und weitere Videoinhalte.
- Die Bereitstellung von Gebärdensprache für Videoinhalte, wie Nachrichten, Sicherheitsvideos, aber auch vermehrt Filme sowie Serien.

Die Grundlagen der UT, AD und GS wurden im Kapitel 2.5 näher beleuchtet.

Der Lösungsansatz sollte zukünftig ergänzt werden durch (nach Leigh 2025):

- Die Bereitstellung von Live-Untertiteln für Live-Videoinhalte, wie Sportevents.
- Die Bereitstellung von Transkripten für reine Audioinhalte, wie Podcasts.
- Eine barrierefreie Flight Map.
- Barrierefreie digitale Zeitschriften.
- Barrierefreie Spielangebote.

Sprachliche Untertitel sowie SDH werden in mehreren unterschiedlichen Sprachen bereitgestellt. Für diese Datenmengen wird lokaler Speicher benötigt. In der Zukunft können dafür cloudbasierte Lösungen genutzt werden (Childers 2019). Des Weiteren können Farben, Größe und Position der Untertitel angepasst werden (Bohn 2025). Nach Auswahl der Untertitel wird die Untertitelspur zusammen mit dem Inhalt geladen. SDH enthalten erweiterte Informationen zu beispielsweise Sprecherwechseln oder Hintergrundgeräuschen und sind entsprechend durch z.B. eckige Klammern gekennzeichnet. Weiterhin werden die Inhalte mit Audiodeskriptionen sowie erweiterten AD ausgestattet. Ähnlich wie bei der Untertitelspur, handelt es sich um eine zusätzliche Tonspur zum Hauptton für ergänzende Beschreibungen (Bohn 2025). Sie können in der Lautstärke und Geschwindigkeit angepasst werden. Überdies werden für eine gewisse Anzahl an Medieninhalten, wie Filme und Nachrichten, und für sicherheitsrelevante Inhalte Gebärdensprachvideos bereitgestellt. Die zusätzlich Videospur auf dem Originalvideo kann bezüglich der Position und Größe eingestellt werden, jedoch in einem begrenzten Maße. Audiodeskriptionen sowie Gebärdendolmetscher werden in mehreren Sprachen angeboten. All diese Funktionen sind sowohl mit enormen Speicherverbrauch als auch einem erheblichen Entwicklungsaufwand verbunden, zumal jedes Gebärdensprachvideo abgefilmt und jede Audiodeskription eingesprochen sowie synchronisiert werden muss.

Ein weiterer wesentlicher Aspekt ist die Kennzeichnung der barrierefreien Inhalte mit eindeutigen Metadaten. Zum Beispiel kann hinter einem Filmtitel die Abkürzung „mit SDH“ in Klammern gesetzt werden. Mithilfe dieser Metadaten sind die Passagiere sowie Technologien in der Lage die barrierefreien Versionen zu erkennen (Bohn 2025). Zudem können damit barrierefreie Inhalte über eigene Menüpunkte oder Filterfunktionen gezielt gesucht werden. Zusätzlich werden die Passagiere durch Hilfestellungen bei der Aktivierung dieser Funktionen unterstützt. Im Rahmen von barrierefreien Medieninhalten sind z.B. zugehörige Filminformationen sowie -beschreibungen in einfacher Sprache und maschinenlesbar zu gestalten (Bohn 2025).

Medienproduzenten wie Filmstudios, Airlines und Content Service Provider, die die Medieninhalte aufbereiten und für die Airlines liefern, müssen sich abstimmen und eng zusammenarbeiten (Childers 2019). Medienproduzenten sind zunehmend in der Verantwortung diese Funktionen von Beginn an mitzuerstellen. Gleichmaßen ist es ratsam, dass Airlines beim Kauf von Medieninhalten auch barrierefreie Versionen erwerben. Sind diese nicht verfügbar kann die Eigenproduktion sehr kostspielig werden. Die Airlines müssen sich dann um Rechte und Lizenzen für UT und AD kümmern (Childers

2019). Außerdem sind regelmäßige und unkomplizierte Updates der barrierefreien Inhalte und Hilfsmittel sicherzustellen. Dies ist ein kontinuierlicher Prozess, da Inhalte aktuell bleiben müssen (Childers 2019). Airlines können bei der Produktion eigener Inhalte, wie z.B. digitale Magazine oder Sicherheitsvideos, entsprechende Hilfsmittel berücksichtigen. Auch wenn die Bereitstellung aller Medieninhalte mit vollständigen barrierefreien Funktionen ein langfristiges Ziel darstellt, sollte in naher Zukunft ein akzeptables Mindestmaß dieser in allen Flugzeugen angeboten werden.

## 6 Bewertung der Lösungsansätze

Nachdem die erarbeiteten Lösungsansätze vorgestellt wurden, werden sie in diesem Kapitel bewertet. Die einzelnen Lösungsansätze betreffen verschiedene Bereiche des IFEs. Deshalb werden die Ansätze nicht konkurrierend verglichen und es wird nicht darauf abgezielt „den besten Ansatz“ zu küren. Vielmehr wird jeder Ansatz für sich betrachtet. Die Bewertung erfolgt unter den Gesichtspunkten, welchen Nutzen und Beitrag zur Barrierefreiheit der Ansatz leistet, wie gut die Umsetzbarkeit beim IFE-System ist und wie zukunftsorientiert die Lösung ist.

Im Folgenden sind zunächst die Bewertungskriterien definiert. Anschließend werden die Lösungsansätze mithilfe der Nutzwertanalyse bewertet.

### 6.1 Bewertungskriterien

Für die Bewertung wurden übergreifende und entscheidende Bewertungskriterien gewählt. Die Anzahl der Kriterien ist aus Gründen der Übersichtlichkeit, Lesbarkeit und Vermeidung von unnötiger Komplexität bewusst auf das Wesentliche reduziert. Sie werden im nächsten Schritt dargestellt und gewichtet. Die Bewertungskriterien stammen mehrheitlich aus den Quellen W3C 2024 sowie Knappschaft Bahn See 2025 und wurden durch eigene Überlegungen ergänzt.

#### **Bewertungskriterien**

##### Beitrag zur Barrierefreiheit

Das Kriterium bewertet, in welchem Maß der Lösungsansatz zur Barrierefreiheit des IFE beiträgt.

##### Abdeckung von Beeinträchtigungen

Der Lösungsansatz berücksichtigt unterschiedliche Arten und eine große Breite von Beeinträchtigungen.

##### Bedienbarkeit

Das Kriterium bewertet, ob und wie gut der Lösungsansatz durch Passagiere mit unterschiedlichen Beeinträchtigungen bedienbar ist.

Anpassbarkeit

Der Lösungsansatz ist an die Bedürfnisse der Passagiere individuell anpassbar.

Vertrautheit/Akzeptanz

Die Passagiere sind mit in dem Lösungsansatz vorkommenden Technologien vertraut und bereit diese zu nutzen.

Technische Umsetzbarkeit

Der Lösungsansatz ist in bestehenden IFE-Systemen technisch und ressourcenschonend umsetzbar.

Kompatibilität / Skalierbarkeit

Der Lösungsansatz ist kompatibel mit dem IFE-System und auf verschiedene IFE-Systeme, Flugzeugtypen und Sitzklassen anwendbar.

Datenschutz

Der Lösungsansatz erfüllt personenbezogene Datenschutzbedingungen und verarbeitet Daten sicher.

Konformität mit Standards und Anforderungen

Der Lösungsansatz ist konform mit geltenden Standards und erfüllt die Anforderungen.

Kosten

Das Kriterium bewertet, Anschaffungs-, Entwicklungs-, Anpassungs- und laufende Betriebskosten, die mit der Umsetzung des Lösungsansatzes anfallen?

Zukunftsfähigkeit

Der Lösungsansatz ist langfristig einsatzfähig und nutzbar. Sie ist mit neuen Technologien sowie Veränderungen kompatibel.

**Gewichtung der Bewertungskriterien**

Bevor die Bewertung der Lösungsansätze erfolgt, sind die Bewertungskriterien nach ihrer Relevanz zu gewichten. Sie erhalten eine Wertung zwischen 1 („unwichtig“) und 4 („sehr wichtig“) (Tabelle 17).

Tabelle 17: Wertskala zur Gewichtung der Bewertungskriterien (Fleischer 2019)

| Wert | Bedeutung       |
|------|-----------------|
| 1    | unwichtig       |
| 2    | weniger wichtig |
| 3    | wichtig         |
| 4    | sehr wichtig    |

In Tabelle 18 sind die Bewertungskriterien gewichtet. Festzustellen ist, dass sie mit einer Gewichtung von 3 oder 4 versehen wurden. Grund hierfür ist die gezielte Auswahl zentraler Kriterien. Nichtsdestotrotz kann auch die feine Unterscheidung einen entscheidenden Einfluss in der Bewertung haben.

Tabelle 18: Gewichtung der Bewertungskriterien

| Bewertungskriterien                         | Gewichtung |
|---------------------------------------------|------------|
| Beitrag zur Barrierefreiheit                | 4          |
| Abdeckung von Beeinträchtigungen            | 3          |
| Bedienbarkeit                               | 4          |
| Anpassbarkeit                               | 4          |
| Vertrautheit und Akzeptanz                  | 3          |
| Technische Umsetzbarkeit                    | 4          |
| Kompatibilität und Skalierbarkeit           | 3          |
| Datenschutz                                 | 3          |
| Konformität mit Standards und Anforderungen | 4          |
| Kosten                                      | 4          |
| Zukunftsfähigkeit                           | 3          |

## 6.2 Nutzwertanalyse

Zur Bewertung der Lösungsansätze wird die Nutzwertanalyse zugrunde gelegt. Dafür werden zunächst die Lösungsansätze im Hinblick auf die Bewertungskriterien nach der VDI 2225 auf einer Skala zwischen 0 („unbefriedigende“ Lösung) und 4 („sehr gute“ Lösung) bewertet (Abbildung 23; Naefe 2018).

| Wertskala       |                                               |                     |                     |
|-----------------|-----------------------------------------------|---------------------|---------------------|
| Nutzwertanalyse |                                               | Richtlinie VDI 2225 |                     |
| Pkt.            | Bedeutung                                     | Pkt.                | Bedeutung           |
| 0               | absolut unbrauchbare Lösung                   | 0                   | unbefriedigend      |
| 1               | sehr mangelhafte Lösung                       |                     |                     |
| 2               | schwache Lösung                               |                     |                     |
| 3               | tragbare Lösung                               | 1                   | gerade noch tragbar |
| 4               | ausreichende Lösung                           |                     |                     |
| 5               | befriedigende Lösung                          | 2                   | ausreichend         |
| 6               | gute Lösung mit geringen Mängeln              |                     |                     |
| 7               | gute Lösung                                   | 3                   | gut                 |
| 8               | sehr gute Lösung                              |                     |                     |
| 9               | über die Zielvorstellung hinausgehende Lösung | 4                   | sehr gut (ideal)    |
| 10              | Ideallösung                                   |                     |                     |

Abbildung 23: Wertskala der Nutzwertanalyse (Naefe 2018)

**Beitrag zur Barrierefreiheit**Lösungsansatz 1 (Anpassbare und reduzierte Benutzeroberfläche): 4 Punkte

Lösungsansatz 1 trägt durch die reduzierte und individuell anpassbare Benutzeroberfläche maßgeblich zur Barrierefreiheit bei. Ein wesentlicher Aspekt der Barrierefreiheit ist der Fokus auf die wesentlichen Funktionen, um den Passagieren die Nutzung zu erleichtern. Außerdem ist die Anpassbarkeit an die persönlichen Bedürfnisse zentral, da Passagiere unterschiedliche Bedürfnisse haben.

Lösungsansatz 2 (Sprachgesteuertes IFE): 3 Punkte

Lösungsansatz 2 unterstützt insbesondere visuell und motorisch beeinträchtigte Passagiere, indem er ihnen eine alternative, zugängliche Bedienmöglichkeit zur Touchbedienung bereitstellt.

Lösungsansatz 3 (Bring Your Own Device - Ansatz): 3 Punkte

Der BYOD-Ansatz trägt im Vergleich zu traditionellen IFE-Systemen, durch die individuellen Barrierefreiheitsfunktionen der PED, erheblich zur Barrierefreiheit bei. Die Bereitstellung über eine Webanwendung oder App verschiebt den Fokus der Barrierefreiheit vom IFE-System selbst auf das PED. Einschränkungen ergeben sich, wenn die Web- bzw. Appanwendung oder das PED nicht barrierefrei sind.

Lösungsansatz 4 (Barrierefreie Medieninhalte): 4 Punkte

Lösungsansatz 4 ist eine Kernvoraussetzung für die Barrierefreiheit des IFE. Jegliche Technologien und Anpassungen des IFE-Systems sind wirkungslos, wenn schließlich die bereitgestellten Inhalte selbst nicht barrierefrei sind.

**Abdeckung von Beeinträchtigungen**Lösungsansatz 1 (Anpassbare und reduzierte Benutzeroberfläche): 4 Punkte

Lösungsansatz 1 unterstützt visuell, kognitiv und motorisch beeinträchtigte Passagiere. Auch wenn auditiv beeinträchtigte Passagiere nicht direkt betroffen sind, vereinfacht eine reduzierte Benutzeroberfläche allen Passagieren die Nutzung des IFE.

Lösungsansatz 2 (Sprachgesteuertes IFE): 3 Punkte

Lösungsansatz 2 deckt zwei wesentliche Arten von Beeinträchtigungen ab. Passagiere mit auditiven, kognitiven oder Sprachbeeinträchtigungen profitieren allerdings nicht von der Sprachsteuerung.

Lösungsansatz 3 (Bring Your Own Device - Ansatz): 4 Punkte

Die Airline hat keinen direkten Einfluss auf die PEDs, sondern kann nur sicherstellen, dass die Web- bzw. Applösung für entsprechende Assistive Technologien zugänglich ist. PEDs sind in der Regel mit unterschiedlichen Barrierefreiheitsfunktionen ausgestattet, sodass zahlreiche Beeinträchtigungen abgedeckt sind.

Lösungsansatz 4 (Barrierefreie Medieninhalte): 4 Punkte

Barrierefreie Funktionen wie Untertitel, Audiodeskriptionen und Gebärdensprache ermöglichen hör- oder sehbeeinträchtigten Passagieren erst den Zugang zu den Inhalten. Diese Funktionen unterstützen auch kognitiv beeinträchtigte Passagiere, indem beispielsweise Untertitel zum besseren Verständnis und zur Verarbeitung des Gehörten dienen.

**Bedienbarkeit**Lösungsansatz 1 (Anpassbare und reduzierte Benutzeroberfläche): 4 Punkte

Das Streichen unwichtiger Elemente und Funktionen stellt eine intuitivere und vereinfachte Bedienung sicher. Die Passagiere werden nicht mit einer hohen Informationsdichte überfordert.

Lösungsansatz 2 (Sprachgesteuertes IFE): 3 Punkte

Lösungsansatz 2 erleichtert die Bedienbarkeit. Dennoch kann es erforderlich sein, Sprachbefehle zu erlernen. Außerdem muss die Spracherkennung zuverlässig funktionieren.

Lösungsansatz 3 (Bring Your Own Device - Ansatz): 4 Punkte

Die Vertrautheit mit dem eigenen PED trägt zu einer hohen Bedienbarkeit bei. Die Benutzeroberfläche und Bedienungsoptionen sind optimal auf die persönlichen Bedürfnisse angepasst. Die Einstiegshürde wie bei einem fremden IFE-System entfällt.

Lösungsansatz 4 (Barrierefreie Medieninhalte): 3 Punkte

Barrierefreie Inhalte haben keinen direkten Bezug zur Bedienbarkeit. Dennoch müssen barrierefreie Funktionen auffindbar, erkennbar und einschaltbar sein, durch beispielsweise präsente Schaltflächen. Außerdem sind die Inhalte gekennzeichnet und durch Filterfunktionen direkt zu finden.

**Anpassbarkeit**Lösungsansatz 1 (Anpassbare und reduzierte Benutzeroberfläche): 4 Punkte

Lösungsansatz 1 ermöglicht es innerhalb der Benutzeroberfläche wesentliche Änderungen wie von Kontrasten oder Schriftgrößen vorzunehmen, um die Wahrnehmbarkeit zu erhöhen.

Lösungsansatz 2 (Sprachgesteuertes IFE): 2 Punkte

Lösungsansatz 2 bietet eine geringfügige Möglichkeit der Anpassung, wie beispielsweise die Einstellung der Sprache. Sprachbefehle sind in der Regel vorgegeben.

Lösungsansatz 3 (Bring Your Own Device - Ansatz): 4 Punkte

Durch eigene PED-Einstellungen ist der Lösungsansatz 3 besonders gut anpassbar. Darüber hinaus ist es von Bedeutung, dass auch die Web- bzw. Applösung diese Anpassungen unterstützt.

Lösungsansatz 4 (Barrierefreie Medieninhalte): 3 Punkte

Lösungsansatz 4 umfasst ebenfalls die Anpassbarkeit der barrierefreien Funktionen, die die Medieninhalte direkt betreffen. Anpassungsmöglichkeiten reichen von Farben und Größe der Untertitel, Lautstärke der AD-Spur bis zur Größe des Gebärdendolmetschers. Die Größe von Untertiteln oder des Gebärdendolmetschers können jedoch nicht beliebig gewählt werden, damit sie nicht das Originalbild des Medieninhalts stören.

**Vertrautheit und Akzeptanz**Lösungsansatz 1 (Anpassbare und reduzierte Benutzeroberfläche): 4 Punkte

Wenn Passagiere bereits mit komplexeren Benutzeroberflächen in einem gewissen Maße zurechtkommen, dann ist die Nutzung unter dem reduzierten Design zugänglicher. Viele elektronische Systeme aus dem Alltag besitzen ähnliche anpassbare und reduzierte Benutzeroberflächen, sodass die Vertrautheit und Akzeptanz durch Passagiere mit Beeinträchtigungen gegeben ist.

Lösungsansatz 2 (Sprachgesteuertes IFE): 2 Punkte

Die Sprachsteuerung ist eine moderne und teilweise vertraute Bedienmethode. Passagiere mit visuellen oder motorischen Beeinträchtigungen nutzen sie im Alltag, z.B. beim Smartphone. Alternativ wird auch die Tastatursteuerung verwendet. Auch wenn der Ansatz bekannt ist, können Vertrautheit und vor allem Akzeptanz fehlen. Weiterhin

kann die Nutzung einer Sprachsteuerung für Passagiere in der Öffentlichkeit unkomfortabel sein.

#### Lösungsansatz 3 (Bring Your Own Device - Ansatz): 4 Punkte

Passagiere sind mit ihren PEDs besonders vertraut, zumindest jedoch vertrauter als mit einem IFE-System. Entsprechend ist die Akzeptanz hoch. Die Einrichtung und Nutzung der Weblösung bzw. App erfordert Zeit und Eingewöhnung.

#### Lösungsansatz 4 (Barrierefreie Medieninhalte): 4 Punkte

Untertitel sind nicht nur bei auditiv beeinträchtigten Nutzern vertraut und akzeptiert, sondern werden auch bei fremdsprachigen Videoinhalten verwendet. Ähnliches gilt für Audiodeskriptionen und Gebärdensprachen, die beide an Bedeutung gewinnen.

### **Technische Umsetzbarkeit**

#### Lösungsansatz 1 (Anpassbare und reduzierte Benutzeroberfläche): 3 Punkte

Lösungsansatz 1 ist in vielen moderneren IFE-Systemen technisch umsetzbar. Ältere IFE-Systeme unterstützen möglicherweise keine anpassungs- und reaktionsfähigen Designs und müssten aktualisiert oder ersetzt werden.

#### Lösungsansatz 2 (Sprachgesteuertes IFE): 2 Punkte

Die Umsetzbarkeit von Lösungsansatz 2 stellt eine Herausforderung dar. Die Spracherkennung muss bei Kabinenlärm und speziellen Sprachakzenten zuverlässig funktionieren. Dafür sind qualitative Mikrofone anzubringen. Außerdem muss das IFE-System mit der entsprechenden Software für die Sprachsteuerung ausgestattet werden.

#### Lösungsansatz 3 (Bring Your Own Device - Ansatz): 3 Punkte

Der BYOD-Ansatz ist über ein stabiles Bordnetzwerk technisch gut umsetzbar. Eine Web- oder Applösung muss erarbeitet und bereitgestellt werden. Herausforderungen entstehen bei der Kompatibilität mit den PEDs und beim zuverlässigen Streamen. Der BYOD-Ansatz ist sehr aktuell und weit verbreitet und wird bereits in Flugzeugen eingesetzt. Für die PEDs sind ebenfalls Möglichkeiten zum Aufladen durch entsprechende Schnittstellen sicherzustellen.

#### Lösungsansatz 4 (Barrierefreie Medieninhalte): 3 Punkte

Barriere Versionen von Medieninhalten sind technisch gut umsetzbar. Bestehende IFE-Systeme besitzen teilweise Inhalte mit Untertitel und seltener mit Audiodeskriptionen.

Die Qualität dieser barrierefreien Fassungen ist teilweise suboptimal. Umso bedeutsamer ist es, dass die Anzahl qualitativ hochwertiger und fehlerfreier barrierefreier Medieninhalte erheblich zunimmt. Des Weiteren sind, wie in Lösungsansatz 4 beschrieben, Anpassungen von z.B. Farben oder Schriftgrößen von Untertiteln umzusetzen.

### **Kompatibilität und Skalierbarkeit**

#### Lösungsansatz 1 (Anpassbare und reduzierte Benutzeroberfläche): 3 Punkte

Anpassungen der Benutzeroberfläche sind softwareseitig einfach mit unterschiedlichen IFE-Systemen kompatibel. Eine Ausnahme könnten besonders alte Systeme darstellen. Außerdem ist eine Skalierung über viele Flugzeugtypen möglich.

#### Lösungsansatz 2 (Sprachgesteuertes IFE): 2 Punkte

Lösungsansatz 2 ist mit einer Vielzahl an bestehenden IFE-Systemen inkompatibel, da ihre technischen Möglichkeiten limitiert sind. Die Systeme müssten für eine Sprachsteuerung überholt und neu ausgerüstet werden.

#### Lösungsansatz 3 (Bring Your Own Device - Ansatz): 3 Punkte

Beim BYOD-Ansatz ist die Kompatibilität mit unterschiedlichen Geräten und Betriebssystemen herausfordernder. Der Ansatz ist allerdings sehr skalierbar, insbesondere für Flugzeuge ohne fest integriertes IFE-System, da die Passagiere die Hardware für das IFE bereits mit sich führen.

#### Lösungsansatz 4 (Barrierefreie Medieninhalte): 3 Punkte

Die Kompatibilität und Skalierbarkeit des Lösungsansatzes 4 ist weitflächig gegeben, sofern die barrierefreie Version des Inhalts existiert und das IFE-System diese abspielen kann. Anpassungsfunktionen sind in moderneren IFE-Systemen höchstwahrscheinlich verfügbar.

### **Datenschutz**

#### Lösungsansatz 1 (Anpassbare und reduzierte Benutzeroberfläche): 3 Punkte

Lösungsansatz 1 erfordert keine persönlichen Daten der Passagiere. Vorgenommene Einstellungen sind anonym und werden in der Regel nach einem Flug gelöscht. Es könnte jedoch sein, dass Airlines diese Daten für die Analyse oder Personalisierung zukünftiger Flüge nutzen, wenn z.B. Passagiere mit einem Vielfliegerprogramm verbunden sind.

Lösungsansatz 2 (Sprachgesteuertes IFE): 2 Punkte

Im Fall von Lösungsansatz 2 werden Spracheingaben vom IFE-System empfangen und möglicherweise gespeichert, für z.B. Verbesserungszwecke oder zur Personalisierung. Auch wenn das System in der Regel keine personenbezogenen Daten abfragt, werden Sprach- und Nutzungsdaten temporär verarbeitet.

Lösungsansatz 3 (Bring Your Own Device - Ansatz): 2 Punkte

Datenschutz stellt eine Herausforderung für den BYOD-Ansatz dar, da die Webanwendung oder App Zugriff auf persönliche Daten einholen könnte. Weiterhin entstehen Sicherheitsbedenken, wie beispielsweise Cyberangriffe, durch eine Verbindung mit dem IFE-System des Flugzeugs. Andererseits existieren bereits BYOD-Ansätze und eine Kopplung mit PED, die erfolgreich funktionieren.

Lösungsansatz 4 (Barrierefreie Medieninhalte): 4 Punkte

Lösungsansatz 4 betrifft die persönlichen Daten der Passagiere nicht. Die Airlines müssen sich Lizenzen für die barrierefreien Versionen der Medieninhalte beschaffen.

**Konformität mit Standards und Anforderungen**Lösungsansatz 1 (Anpassbare und reduzierte Benutzeroberfläche): 4 Punkte

Lösungsansatz 1 erfüllt die Anforderungen in einem hohen Maße. Die Lösung setzt eine Vielzahl an Vorgaben der Standards um.

Lösungsansatz 2 (Sprachgesteuertes IFE): 3 Punkte

Lösungsansatz 2 erfüllt die Anforderung der alternativen Bedienmöglichkeit im Anforderungskatalog, ist allerdings beispielsweise nicht explizit in dem internationalen Standard der WCAG aufgeführt.

Lösungsansatz 3 (Bring Your Own Device - Ansatz): 3 Punkte

Der WCAG-Standard ist auf die Web- bzw. Applösung zugeschnitten. Standards und Richtlinien sind für diese Anwendungen ausgereifter und die Umsetzung der Anforderungen einfacher. Spezifische Anforderungen, die beispielsweise den Datenschutz betreffen, müssten genauer untersucht werden.

Lösungsansatz 4 (Barrierefreie Medieninhalte): 4 Punkte

Lösungsansatz 4 erfüllt, wie Lösungsansatz 1, zentrale Anforderungen der Standards der Barrierefreiheit.

**Kosten**Lösungsansatz 1 (Anpassbare und reduzierte Benutzeroberfläche): 3 Punkte

Für Lösungsansatz 1 fallen keine weiteren Hardwarekosten an. Es entstehen Kosten für die Entwicklung und Systemtests, die jedoch überschaubar sind. Der Aufwand ist zu Beginn höher durch die Entwicklung der neuen Benutzeroberfläche und der Variation an Anpassungsmöglichkeiten.

Lösungsansatz 2 (Sprachgesteuertes IFE): 1 Punkt

Die Integration und Anschaffung der Softwarekomponenten für das gesamte Sprachsteuerungssystem sind aufwendig und kostspielig. Gleiches gilt für qualitative Mikrofone. Zudem bedeuten mehr Komponenten auch gleichzeitig einen höheren Wartungsaufwand.

Lösungsansatz 3 (Bring Your Own Device - Ansatz): 4 Punkte

Der BYOD-Ansatz ist eine kostengünstigere Alternative zum fest integrierten IFE-System. Flugzeuge, die vorher kein IFE besaßen, könnten IFE bereitstellen und Hardwarekosten sparen. Geldressourcen können in ein stabileres Bordnetzwerk fließen.

Lösungsansatz 4 (Barrierefreie Medieninhalte): 2 Punkte

Die Anschaffung und der Betrieb von IFE-Inhalten wie Filme oder Serien sind sehr kostspielig. Die Produktion bzw. der Erwerb barrierefreier Fassungen erhöhen diese Kosten. Durch die fortlaufende Aktualisierung von Inhalten entstehen wiederkehrende Kosten.

**Zukunftsfähigkeit**Lösungsansatz 1 (Anpassbare und reduzierte Benutzeroberfläche): 4 Punkte

Lösungsansatz 1 ist infolge der steigenden Relevanz der Barrierefreiheit besonders zukunftsfähig. IFE-Hersteller und Airlines werden spätestens durch gesetzliche Regelungen zu zugänglichen Benutzeroberflächen verpflichtet. Durch das Angebot der barrierefreien Benutzeroberfläche als zusätzlichen Modus zum Standard-IFE können Benutzeroberflächen auch unabhängig voneinander Innovation erlauben.

Lösungsansatz 2 (Sprachgesteuertes IFE): 3 Punkte

Die Sprachsteuerung ist eine zukunftsorientierte Lösung, die sich im IFE-Umfeld bewähren muss. Aus Aufwands- und Kostengründen wäre zunächst die Ausstattung der IFE-Systeme in höheren Sitzklassen denkbar. Optimierte KI-Lösungen können Problemen der Spracherkennung entgegenwirken.

Lösungsansatz 3 (Bring Your Own Device - Ansatz): 4 Punkte

Der BYOD-Ansatz ist im Gegensatz zum proprietären, klassischen IFE eine generische und zukunftsorientierte Lösung. Die Idee ist sehr populär im IFE-Umfeld. Der Ansatz kann für zukünftige Technologien sehr flexibel eingesetzt werden.

Lösungsansatz 4 (Barrierefreie Medieninhalte): 4 Punkte

Da barrierefreie Inhalte in gesetzlichen Regelungen verankert sind, sind zukünftige Änderungen eine Frage der Zeit. Aktuell ist die Anzahl an barrierefreien Inhalten gering. In Zukunft sollen alle Medieninhalte vollständig barrierefrei gestaltet werden.

Zur Nutzwertanalyse werden die Wertungen der Lösungsansätze in Tabelle 19 eingepflegt. Anschließend werden die einzelnen Wertungen mit der entsprechenden Gewichtung multipliziert und aufsummiert. Als Ergebnis ergibt sich der Nutzwert (Naefe 2018).

Tabelle 19: Nutzwertanalyse der barrierefreien Lösungsansätze (nach Naefe 2018)

| Bewertungskriterien                                       | Gewichtung | Anpassbare und reduzierte Benutzeroberfläche | Sprachgesteuertes IFE | BYOD-Ansatz  | Barrierefreie Medien |
|-----------------------------------------------------------|------------|----------------------------------------------|-----------------------|--------------|----------------------|
| Beitrag zur Barrierefreiheit                              | 4          | 4                                            | 3                     | 3            | 4                    |
| Abdeckung von Beeinträchtigungen                          | 3          | 4                                            | 3                     | 4            | 4                    |
| Bedienbarkeit                                             | 4          | 4                                            | 3                     | 4            | 3                    |
| Anpassbarkeit                                             | 4          | 4                                            | 2                     | 4            | 3                    |
| Vertrautheit und Akzeptanz                                | 3          | 4                                            | 2                     | 4            | 4                    |
| Technische Umsetzbarkeit                                  | 4          | 3                                            | 2                     | 3            | 3                    |
| Kompatibilität und Skalierbarkeit                         | 3          | 3                                            | 2                     | 3            | 3                    |
| Datenschutz                                               | 3          | 3                                            | 2                     | 2            | 4                    |
| Konformität mit Standards und Anforderungen               | 4          | 4                                            | 3                     | 3            | 4                    |
| Kosten                                                    | 4          | 3                                            | 1                     | 4            | 2                    |
| Zukunftsfähigkeit                                         | 3          | 4                                            | 3                     | 4            | 4                    |
| <b>Ergebnis mit Gewichtung<br/>(von max. 156 Punkten)</b> |            | <b>142</b>                                   | <b>92</b>             | <b>135</b>   | <b>133</b>           |
| <b>Ergebnis in Prozent</b>                                |            | <b>91,0%</b>                                 | <b>59,0%</b>          | <b>86,5%</b> | <b>85,3%</b>         |

Die Lösungsansätze 1 (Anpassbare und reduzierte Benutzeroberfläche), 3 (Bring Your Own Device-Ansatz) und 4 (Barrierefreie Medieninhalte) erzielten hohe Punktzahlen. Hingegen weist der Lösungsansatz 2 (Sprachgesteuertes IFE) viele Schwächen auf. Die höchste Wertung erhielt der Lösungsansatz 1 mit 142 Punkten von maximal 156 zu erreichenden Punkten, dicht gefolgt von dem Lösungsansatz 3 mit 135 Punkten und dem Lösungsansatz 4 mit 133 Punkten. Der Lösungsansatz Sprachgesteuertes IFE erzielte lediglich 92 Punkte.

Bis auf geringe Abzüge, beispielsweise bei den anfänglichen Entwicklungskosten oder der technischen Umsetzbarkeit in unterschiedlichen IFE-Systemen durch die Anforderung eines anpassungs- und reaktionsfähigen Designs, trägt der Lösungsansatz 1 erheblich zur Barrierefreiheit bei. Der Lösungsansatz überzeugt durch die Bedienbarkeit, die Anpassbarkeit der Benutzeroberfläche an persönliche Bedürfnisse, die Konformität mit Standards und der Zukunftsfähigkeit. Der Lösungsansatz 3 ist sehr zukunftsorientiert und liefert einen vielversprechenden Beitrag zur Barrierefreiheit. Er bietet ein hohes Potenzial zur Kostenreduktion und eine Gelegenheit für Airlines ihre Flugzeuge mit IFE auszustatten. Probleme könnten im Bereich des Datenschutzes und einer zuverlässigen WLAN-Verbindung auftreten. Lösungsansatz 4 weist Schwächen im Bereich der Kosten für barrierefreie Versionen von Medieninhalten auf. Andererseits ist die Erfüllung eine Grundvoraussetzung für die anderen Ansätze. Es sind Maßnahmen erforderlich, die Anschaffung, Bereitstellung und Kompatibilität vereinfachen. Lösungsansatz 2 zeigt Schwächen in mehreren Feldern, darunter die Umsetzbarkeit, Kompatibilität oder auch der Kostenfaktor. Die zukunftsorientierte Lösung konnte in keinem Bereich die volle Punktzahl erreichen. Ein Einsatz im IFE-System, zumindest in der Economy-Class, sollte in naher Zukunft schwieriger sein.

Die Lösungsansätze 1, 3 und 4 tragen erheblich zu einem barrierefreien IFE-System bei und eignen sich sehr zur Erfüllung der Anforderungen. Sie bilden essenzielle Bestandteile für ein barrierefreies IFE.

## 7 Fazit und Ausblick

Ziel dieser Arbeit war es, bestehende IFE-Systeme im Hinblick auf ihre Barrierefreiheit zu untersuchen und geeignete Lösungsansätze zu entwickeln, um Menschen mit Beeinträchtigungen den barrierefreien Zugang zu IFE-Systemen zu ermöglichen. Im Anschluss an das Grundlagenkapitel wurden drei IFE-Systeme vorgestellt und anhand definierter Prüfkriterien untersucht. Zudem wurden neue Trends und Entwicklungen in Bezug auf eine Luftfahrtanwendung diskutiert. Basierend auf den Analysen wurde ein Anforderungskatalog für barrierefreies IFE erstellt. Anschließend wurden Lösungsansätze konzipiert und bewertet.

Aus der Analyse der IFE-Systeme ging hervor, welche Barrieren die Mehrheit der IFE-Systeme aufweist. Delta Airlines, die repräsentativ für das klassische Standard-IFE-System gewählt wurde, wies in unzähligen Bereichen Schwächen hinsichtlich der Barrierefreiheit auf. Die barrierefreien Lösungsansätze der IFE-Hersteller erwiesen Potenzial und zeigten, welche Anpassungen in Bezug auf die Barrierefreiheit vorgenommen werden müssen. Die Ansätze befinden sich jedoch in der Anfangsphase und werden in vereinzelt Flugzeugen erprobt. Beide Lösungen dienen als Alternativen zum Standardmodus. Es stellt sich die Frage, inwiefern eine einzige, gemeinsame Benutzeroberfläche, die Modernität, Funktionalität und Barrierefreiheit vereint, realisierbar ist.

Die Arbeit liefert wertvolle Erkenntnisse, die für die weitere Entwicklung zu berücksichtigen ist. Barrierefreie IFE-Systeme sollten über eine minimalistische Benutzeroberfläche verfügen, die auf wesentliche Elemente und Funktionen beschränkt ist. Weiterhin ist sie anpassbar zu gestalten, sodass Passagiere Änderungen zur besseren Wahrnehmbarkeit und Bedienung vornehmen können. Zudem sind die Benutzeroberfläche sowie ihre Inhalte für Assistive Technologien zugänglich zu gestalten. Unvermeidlich ist es, dass Medieninhalte in barrierefreien Fassungen vorliegen und IFE-Systeme diese abspielen können. In den letzten Jahren konnte Delta Airlines mit ihrem Standard-IFE-System in der Hinsicht erhebliche Fortschritte erzielen. Die meisten IFE-Systeme bieten nur eine begrenzte Anzahl barrierefreier Medieninhalte an. Darüber hinaus eröffnen die PEDs der Passagiere Airlines neue Wege, um IFE bereitzustellen. Der BYOD-Ansatz kann durch Wirtschaftlichkeit, die Vertrautheit der Passagiere mit ihren PEDs sowie die bereits integrierten barrierefreien Technologien überzeugen. Des Weiteren sind alternative Bedienmethoden bereitzustellen, auch wenn der erarbeitete Lösungsansatz des sprachgesteuerten IFEs aktuell nicht hinreichend realisierbar ist. Alternativ

kann die Fernbedienung für motorisch oder visuell beeinträchtigte Passagiere barrierefrei gestaltet werden.

Derzeit fehlen ausgereifte und verbindliche Standards für die Barrierefreiheit von IFE-Systemen. Daher wurden die WCAG, die ursprünglich für Webseiten definiert wurden, herangezogen. Die darin dokumentierten Anforderungen sind direkt oder nach minimalen Anpassungen auf das IFE übertragbar. In Zukunft sind einheitliche und standardisierte Richtlinien notwendig. Standards für die weltweite Luftfahrt vereinfachen die Nutzbarkeit für beeinträchtigte Passagiere.

Die in dieser Arbeit erarbeiteten Lösungsansätze stellen einzeln betrachtet keine umfassenden und vollständigen Konzepte dar. Erst die Kombination dieser und weiterer Lösungen führt zu einem barrierefreien IFE-System. Nichtsdestotrotz ist eine vollständige Barrierefreiheit, die alle Nutzergruppen gleichermaßen zufriedenstellt, nicht umsetzbar. Dennoch sind die Lösungsansätze „Anpassbare und reduzierte Benutzeroberfläche“, „Bring Your Own Device - Ansatz“ und „Barrierefreie Medieninhalte“ praktisch umsetzbare und wirkungsvolle Maßnahmen. Die Ansätze müssen im nächsten Schritt detaillierter ausgearbeitet werden. Außerdem sind Fragen zu Zulassung, Zertifizierung und Datenschutz zu klären. In Zukunft wird die Künstliche Intelligenz mit Sicherheit eine bedeutsame Rolle beim IFE einnehmen. Zusätzlich ist zu beachten, dass aufwändigere Maßnahmen zur Barrierefreiheit, darunter die Sprach- oder Gestensteuerung, besonders aus wirtschaftlichen, technischen sowie aus Gewichtsgründen nicht implementiert werden.

Zur Förderung barrierefreier IFE-Systeme müssen Airlines und IFE-Hersteller eng mit Betroffenen sowie Barrierefreiheitsorganisationen zusammenarbeiten. Hierbei sind zeit- und kostenintensive Forschungsarbeiten und Usability-Tests durchzuführen. Es ist nur eine Frage der Zeit, bis rechtliche Verbindlichkeiten in Kraft treten und Airlines sowie IFE-Hersteller zur Umsetzung verpflichtet werden.

## 8 Literaturverzeichnis

- Aktion Mensch 2021** Aktion Mensch e.V.: „*Barrieren im Alltag – wer sie wahrnimmt und wen sie behindern: Ergebnisse einer bundesweiten Umfrage*“, 2021.  
URL: [https://bestellservice.aktion-mensch.de/assets/files/AM-Studie\\_Barrieren-im-Alltag\\_wer-sie-wahrnimmt\\_wen-sie-behindern\\_1728371940\\_2024-10-08-071900\\_rwto.pdf](https://bestellservice.aktion-mensch.de/assets/files/AM-Studie_Barrieren-im-Alltag_wer-sie-wahrnimmt_wen-sie-behindern_1728371940_2024-10-08-071900_rwto.pdf) (Zugriff am 27.10.2025)
- Access Armada 2021** ACCESS ARMADA: „*Digital accessibility in the air: it's not just websites*“, 2021.  
URL: <https://www.accessarmada.com/blog/digital-accessibility-in-the-air-its-not-just-websites/> (Zugriff am 01.11.2025)
- Alamdari 1999** Alamdari F.: „*Airline in-flight entertainment: the passengers' perspective*“, 1999.  
URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0969699799000149?via%3Dihub> (Zugriff am 01.11.2025)
- Anisimova et al. 2025** Anisimova N., Grzeschik P., Neugebauer C.: „*BARRIEREFREIE PDF-DOKUMENTE ERSTELLEN - Handreichung*“, 2025.  
URL: <https://www.hfoed.bayern.de/mam/auB/barrierefreier-handreichung.pdf> (Zugriff am 20.09.2025)
- Axinom 2020** Axinom: In-flight entertainment: „*Bring your own device trend surges*“, 2020.  
URL: <https://www.axinom.com/article/inflight-entertainment-byod> (Zugriff am 30.10.2025)
- Aydin 2025** Aydin T.: „*Digitale Barrierefreiheit: Ein Leitfaden für zugänglichere digitale Angebote*“, 2025.  
URL: [https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/user\\_upload/Digitale\\_Barrierefreiheit\\_-\\_Ein\\_Leitfaden\\_fuer\\_zugaenglichere\\_digitale\\_Angebote.pdf](https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/user_upload/Digitale_Barrierefreiheit_-_Ein_Leitfaden_fuer_zugaenglichere_digitale_Angebote.pdf) (Zugriff am 20.08.2025)
- Bender und Gericke 2021** Bender B., Gericke K.: „*Pahl/Beitz Konstruktionslehre\_ Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung*“, 9. Auflage. Springer-Verlag GmbH Deutschland, 2021.
- Bluebox 2024** Bluebox Aviation Systems: „*Wow by name, wow by nature*“, 2024.  
URL: <https://blueboxaviation.com/solutions/bluebox-wow/> (Zugriff am 26.10.2025)
- BMI 2025a** Bundesministerium des Innern: „*Barrierefreiheitsstärkungsgesetz (BFSG)*“, 2025.  
URL: <https://www.barrierefreiheit-dienstekonsolidierung.bund.de/Web/PB/DE/gesetze-und-richtlinien/barrierefreiheitsstaerkungsgesetz/barrierefreiheitsstaerkungsgesetz-node.html> (Zugriff am 27.10.2025)
- BMI 2025b** Bundesministerium des Innern: „*Barrierefreie-Informationstechnik-Verordnung (BITV 2.0)*“, 2025.  
URL: <https://www.barrierefreiheit-dienstekonsolidierung.bund.de/Web/PB/DE/gesetze-und-richtlinien/bitv2-0/bitv2-0-node.html> (Zugriff am 28.10.2025)

- BMI 2025c** Bundesministerium des Innern: „*Web Content Accessibility Guidelines 2.1 (WCAG 2.1)*“, 2025.  
URL: <https://www.barrierefreiheit-dienstekonsolidierung.bund.de/Webs/PB/DE/gesetze-und-richtlinien/wcag/wcag-artikel.html> (Zugriff am 28.10.2025)
- BMI 2025d** Bundesministerium des Innern: „*Screenreader-Test mit NVDA*“, 2025.  
URL: [https://www.barrierefreiheit-dienstekonsolidierung.bund.de/Webs/PB/DE/barrierefreie\\_it/pruefen/produktorientierter-test/screenreader/screenreader-test-node.html](https://www.barrierefreiheit-dienstekonsolidierung.bund.de/Webs/PB/DE/barrierefreie_it/pruefen/produktorientierter-test/screenreader/screenreader-test-node.html) (Zugriff am 29.10.2025)
- BMI 2025e** Bundesministerium des Innern: „*Barrierefreie Videos*“, 2025.  
URL: [https://www.barrierefreiheit-dienstekonsolidierung.bund.de/Webs/PB/DE/umsetzungshilfen/Barrierefreie\\_Videos/Barrierefreie\\_Videos-node.html](https://www.barrierefreiheit-dienstekonsolidierung.bund.de/Webs/PB/DE/umsetzungshilfen/Barrierefreie_Videos/Barrierefreie_Videos-node.html) (Zugriff am 29.10.2025)
- BMJV 2022** Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz: „*Gesetz zur Gleichstellung von Menschen mit Behinderungen (Behindertengleichstellungsgesetz - BGG)*“, 2022.  
URL: <https://www.gesetze-im-internet.de/bgg/BJNR146800002.html> (Zugriff am 10.09.2025)
- Boarding-GroupOne 2025** BoardingGroup.One: „*Delta Business Class Suite A330 London to New York JFK Review*“, 2025.  
URL: <https://boardinggroup.one/review/flights/business-class/delta-business-class-suite-a330-london-to-new-york-jfk-review/> (Zugriff am 01.11.2025)
- Bohn 2025** Bohn A.: „*Barrierefreies Hören und Sehen: Zur Rolle audiovisueller Ressourcen für die kulturelle und gesellschaftliche Teilhabe*“, 2025.  
URL: <https://doi.org/10.1515/9783111206943-034> (Zugriff am 08.11.2025)
- CFR 2008** Code of Federal Regulations: „*PART 382-NONDISCRIMINATION ON THE BASIS OF DISABILITY IN AIR TRAVEL*“, 2008.  
URL: <https://www.ecfr.gov/current/title-14/chapter-II/subchapter-D/part-382> (Zugriff am 28.10.2025)
- Childers 2019** Childers M.: „*How Airlines are Embracing Content Industry Ecosystems in Inflight Entertainment by Michael Childers*“, 2019.  
URL: <https://www.mile-high.video/past-event-mhv-19> (Zugriff am 21.09.2025)
- Delta 2025** Delta Air Lines, Inc.: „*Delta's history of making travel accessible for all*“, 2025.  
URL: <https://news.delta.com/deltas-history-making-travel-accessible-all> (Zugriff am 30.09.2025)
- DOT 2024** Department of Transportation: „*Glossary of Terms*“, 2024.  
URL: [https://www.transportation.gov/sites/dot.gov/files/docs/P2.IFE\\_Glossary.pdf](https://www.transportation.gov/sites/dot.gov/files/docs/P2.IFE_Glossary.pdf) (Zugriff am 23.10.2025)
- DH.NRW 2025** Digitale Hochschule NRW (DH.NRW): „*Gestaltung digitaler Ressourcen-Allgemeine Grundregeln für alle Medienformate*“, 2025.  
URL: <https://barrierefreiheit.dh.nrw/materialien/checklisten-barrierefreiheit-in-der-digitalen-lehre/universal-design-for-learning-udl> (Zugriff am 03.11.2025)

- EASA 2023** European Union Aviation Safety Agency EASA: „*ARTIFICIAL INTELLIGENCE ROADMAP 2.0: Human-centric approach to AI in aviation*“, 2023.  
URL: <https://www.easa.europa.eu/en/downloads/137919/en> (Zugriff am 03.11.2025)
- Eden 2018** Eden, P.: Power trip: „*The major drains of modern aircraft cabin electrical power*“, 2018.  
URL: <https://www.aviationbusinessnews.com/cabin/aircraft-cabin-ife-connectivity/> (Zugriff am 05.11.2025)
- Emirates 2025** Emirates: „*Emirates ice Magazine October 2025*“, 2025.  
URL: <https://c.ekstatic.net/ecl/documents/inflight-entertainment/ice-magazine-october-2025.pdf> (Zugriff am 27.10.2025)
- ETSI 2021** European Telecommunications Standards Institute ETSI: „*Accessibility requirements for ICT products and services*“, 2021.  
URL: [https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_en/301500\\_301599/301549/03.02.01\\_60/en\\_301549v030201p.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/301500_301599/301549/03.02.01_60/en_301549v030201p.pdf) (Zugriff am 27.10.2025)
- Eurostat 2024** Europäische Kommission, Eurostat: „*Number of air passengers up almost a quarter in 2023*“, 2024.  
URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/de/web/products-eurostat-news/w/ddn-20241206-1> (Zugriff am 26.10.2025)
- EU 2019** Europäische Union: „*RICHTLINIE (EU) 2019/882 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 17. April 2019 über die Barrierefreiheitsanforderungen für Produkte und Dienstleistungen*“, 2019.  
URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L0882> (Zugriff am 27.10.2025)
- Fleischer 2019** Fleischer B.: „*Methodisches Konstruieren in Ausbildung und Beruf – Praxisorientierte Konstruktionsentwicklung und rechnergestützte Optimierung*“. Springer Vieweg, Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2019
- Frankfurtflyer 2022** Frankfurtflyer: Review: „*Delta A330-900neo Economy Class Amsterdam nach New York JFK*“, 2022.  
URL: <https://frankfurtflyer.de/review-delta-a330-900neo-economy-class-amsterdam-nach-new-york-jfk/> (Zugriff am 26.07.2025)
- Gavine 2023** Gavine A.: „*Safran Passenger Innovations (SPI) develops accessible IFE interfaces*“, 2023.  
URL: <https://www.aircraftinteriorsinternational.com/news/inflight-entertainment/safran-passenger-innovations-spi-develops-accessible-ife-interfaces.html> (Zugriff am 05.09.2025)
- Gebhardt 2024** Gebhardt M.: „*Screenreader Technologie Funktion 4.2 Vorlesung digitale Medien & Technologien*“, 2024.  
URL: <https://www.youtube.com/watch?v=rRiJdImNdO0> (Zugriff am 25.10.2025)
- GSA 2025** General Services Administration GSA: „*Policy & Management Practical: Reasons for Digital Accessibility: The benefits of digital accessibility and the risks and drawbacks of inaccessible content*“, 2025.  
URL: <https://www.section508.gov/manage/benefits-of-accessibility/> (Zugriff am 06.11.2025)

- Guthrie 2024** Guthrie G.: „Wearing hearing aids on an airline flight can present issues“, 2024.  
URL: <https://www.consumeraffairs.com/news/wearing-hearing-aids-on-an-airline-flight-can-present-issues-061424.html> (Zugriff am 01.09.2025)
- Hamburg Aviation 2024** Hamburg Aviation: „Crystal Cabin Award 2024: Finalists Best Customer Journey Experience“, 2024.  
URL: <https://www.youtube.com/watch?v=fKSz9g2cAqM> (Zugriff am 27.08.2025)
- HCI 2023** Association of Human-Computer Interaction: „Designing Adaptive User Interfaces: Leveraging Machine Learning and User Modeling“, 2023.  
URL: <https://www.hci.org.uk/article/designing-adaptive-user-interfaces-leveraging-machine-learning-and-user-modeling/> (Zugriff am 02.11.2025)
- Heinecke und Gerken 2024** HEINECKE A., GERKEN J.: „Mensch-Computer-Interaktion: Basiswissen für Entwickler und Gestalter“, 3. Auflage. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2024.
- HMG Aerospace 2025** HMG Aerospace: „CabinSpace Live 2025 | Accessibility in the aircraft: Ensuring equal in-flight entertainment for all“, 2025.  
URL: <https://www.youtube.com/watch?v=jZ5hZ6SzdHA> (Zugriff am 25.10.2025)
- Hochschule Fresenius 2017** Hochschule Fresenius: „Die internationalen Unterschiede der Gebärdensprache – ein Interview mit Hochschuldozentin Liona Paulus“, 2017.  
URL: <https://www.hs-fresenius.de/blog/wissen/die-internationalen-unterschiede-der-gebaerdensprache-ein-interview-mit-hochschuldozentin-liona-paulus/> (Zugriff am 13.09.2025)
- Horcher 2024** Horcher G.: „Barrierefrei kommunizieren für Unternehmen: Wie Sie die Anforderungen des Barrierefreiheitsstärkungsgesetzes effizient umsetzen“, Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2024.
- Huffman 2008** Huffman L.: „The Sky's the Limit: Accessible In-flight Entertainment and Information Systems May Be on the Way“, 2008.  
URL: <https://www.afb.org/aw/9/4/14241> (Zugriff am 25.10.2025)
- Inflight Dublin 2025** Inflight Dublin: „Hardware - Software - Content Everhub™ Wireless IFE is a one-stop-shop for all your inflight entertainment needs.“, 2025.  
URL: <https://www.inflightdublin.com/services/wireless/> (Zugriff am 02.11.2025)
- ISO/IEC/IEEE 2018** International Standard ISO/IEC/IEEE: „Systems and software engineering – Life cycle processes - Requirements engineering“, 2018.  
URL: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8559686> (Zugriff am 02.10.2025)
- ISO/IEC/IEEE 2011** International Standard ISO/IEC/IEEE: „Systems and software engineering – Life cycle processes - Requirements engineering“, 2011.  
URL: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6146379> (Zugriff am 02.10.2025)
- Jordan 2025a** Jordan D.: Connectivity 101: „How the Internet Works“, 2025.  
URL: <https://www.panasonic.aero/blog/blog-post/connectivity-101> (Zugriff am 27.10.2025)

- Jordan 2025b** Jordan D.: „*New Horizons for In-flight Entertainment: How Docker and Kubernetes Unlock New Digital Opportunities*“, 2025.  
URL: <https://www.panasonic.aero/blog/blog-post/new-horizons-for-in-flight-entertainment> (Zugriff am 03.11.2025)
- Kane et al. 2025** Kane S., Bigham J., Wobbrock J.: „*FULLY ACCESSIBLE TOUCH SCREENS FOR THE BLIND AND VISUALLY IMPAIRED*“, 2025.  
URL: <https://faculty.washington.edu/wobbrock/pubs/nish-09.01.pdf> (Zugriff am 02.11.2025)
- Knappschaft Bahn See 2025** Knappschaft Bahn See - Bundesfachstelle Barrierefreiheit: „*Bewertungskriterien des Bundesteilhabepreises 2025*“, 2025.  
URL: [https://www.bundesfachstelle-barrierefreiheit.de/DE/Initiative-Sozialraum-Inklusiv/Bundesteilhabepreis/Bundesteilhabepreis-2025/Kriterien/bewertungskriterien\\_node.html](https://www.bundesfachstelle-barrierefreiheit.de/DE/Initiative-Sozialraum-Inklusiv/Bundesteilhabepreis/Bundesteilhabepreis-2025/Kriterien/bewertungskriterien_node.html) (Zugriff am 03.11.2025)
- Kohlbrandt 2022** Kohlbrandt H.: „*Barrierefreiheit und UX – Inwiefern sind die Gestaltungsgesetze barrierefrei?*“, 2022.  
URL: <https://www.usabilityblog.de/barrierefreiheit-und-ux-inwiefern-sind-die-gestaltungsgesetze-barrierefrei/> (Zugriff am 23.08.2025)
- Kirby 2024a** Kirby M.: „*Video: Safran Passenger Innovations reveals accessible IFE*“, 2024.  
URL: <https://runwaygirlnetwork.com/2024/01/video-safran-passenger-innovations-reveals-accessible-ife/> (Zugriff am 03.08.2025)
- Kirby 2024b** Kirby M.: „*Safran Passenger Innovations offers IFE Accessible Mode for free*“, 2024.  
URL: <https://runwaygirlnetwork.com/2024/06/safran-passenger-innovations-offers-ife-accessible-mode-for-free/> (Zugriff am 21.10.2025)
- Kirby 2024c** Kirby M.: „*When will the U.S. enact negotiated rulemaking for accessible IFE?*“, 2024.  
URL: <https://runwaygirlnetwork.com/2024/10/when-will-the-u-s-enact-negotiated-rulemaking-for-accessible-ife/> (Zugriff am 26.10.2025)
- Lagfa Bayern 2025** Landesarbeitsgemeinschaft der Freiwilligenagenturen/-Zentren und Koordinierungszentren Bürgerschaftlichen Engagements in Bayern (lagfa bayern e.V.): „*Projekt: digital vereint(t): Digitale Teilhabe: Barrierefrei informieren, austauschen und gestalten*“, 2025.  
URL: <https://digital-vereint.de/wp-content/uploads/2025/04/12-Handbuch-Digitale-Teilhabe.pdf> (Zugriff am 29.10.2025)
- Leader 2024** Leader J.: „*Airlines Soar with Embedded IFE: The Key to Profit and Passenger Satisfaction*“, 2024.  
URL: <https://apex.aero/articles/embedded-ife-key-to-profit-and-passenger-satisfaction/> (Zugriff am 03.09.2025)
- Leigh 2025** Leigh G.: „*Flying the BRAND NEW Emirates A350*“, 2025.  
URL: <https://www.youtube.com/watch?v=f9zGHsDUAJk&t=445s> (Zugriff am 20.07.2025)
- Liu und Rauterberg 2007** Liu H., Rauterberg M.: „*Context-aware In-flight Entertainment System*“, 2007.  
URL: <https://rauterberg.employee.id.tue.nl/publications/HCI2007-poster.pdf> (Zugriff am 03.09.2025)

- Mangad 2019** Mangad A.: „IFE Software in Modern Aviation: Challenges, Solutions, and Emerging Technologies“, 2019.  
URL: <https://www.ijfmr.com/papers/2019/3/40669.pdf> (Zugriff am 26.10.2025)
- Munoz-Talcott 2021** Munoz-Talcott, M.: „100 Years in the making: The evolution of inflight entertainment“, 2021.  
URL: <https://www.viasat.com/perspectives/aviation/2021/100-years-in-the-making-the-evolution-of-inflight-entertainment/> (Zugriff am 26.10.2025)
- Naefe 2018** Naefe, P.: „Methodisches Konstruieren: Auf den Punkt gebracht“, 3., überarbeitete Auflage. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2018
- Netskrt 2023** Netskrt Systems: „Netskrt Edge CDN for Air“, 2023.  
URL: <https://info.netskrt.io/hubfs/Solutions-Sheet-Netskrt-eCDN-Air.pdf> (Zugriff am 26.10.2025)
- Novic 2020** Novic, S.: „The Frustrating Fight for Closed Captions on In-Flight Entertainment“, 2020.  
URL: <https://www.cntraveler.com/story/the-frustrating-fight-for-closed-captions-on-in-flight-entertainment> (Zugriff am 26.10.2025)
- Nuance 2021** Nuance: „Spracherkennung im professionellen Einsatz.: New Work: Wie KI und Cloud-Anwendungen die Arbeitswelt revolutionieren.“, 2021.  
URL: [https://www.nuance.com/asset/de\\_de/collateral/dragon/white-paper/wp-dragon-professional-voice-recognition-de-de.pdf?srltid=AfmBOoqNV1xfQMTg7T7y39CerqISiE9Gb4jXzPnruMQJDW36MhXHtQoI](https://www.nuance.com/asset/de_de/collateral/dragon/white-paper/wp-dragon-professional-voice-recognition-de-de.pdf?srltid=AfmBOoqNV1xfQMTg7T7y39CerqISiE9Gb4jXzPnruMQJDW36MhXHtQoI) (Zugriff am 11.10.2025)
- Interactive Digital Display 2024** Interactive Digital Display: „Delta In flight Entertainment 2024“, 2024.  
URL: <https://www.youtube.com/watch?v=uh24M47Ohnc> (Zugriff am 09.07.2025)
- Panasonic Avionics 2025** Panasonic Avionics Corporation: „Increasing in-flight engagement for passengers of all abilities“, 2025.  
URL: <https://www.panasonic.aero/blog/blog-post/increasing-in-flight-engagement-for-passengers-of-all-abilities> (Zugriff am 24.10.2025)
- Rosen Aviation 2025** Rosen Aviation: „The Evolution of In-Flight Entertainment: From Seatback Screens to Wireless IFE Solutions“, 2025.  
URL: <https://www.rosenaviation.com/blog/the-evolution-of-in-flight-entertainment-from-seatback-screens-to-wireless-ife-solutions/> (Zugriff am 26.10.2025)
- Rosen Aviation 2024** Rosen Aviation: „The Role of AI in Modern In-Flight Entertainment Systems: A New Era of Personalized Travel“, 2024.  
URL: <https://www.rosenaviation.com/blog/the-role-of-ai-in-modern-in-flight-entertainment-systems-a-new-era-of-personalized-travel/> (Zugriff am 18.10.2025)
- Safran 2025a** Safran: „Accessible IFE“, 2025.  
URL: <https://www.safran-group.com/products-services/rave-accessible-ife> (Zugriff am 26.08.2025)
- Safran 2025b** Safran: „Creating Connected Inflight Experiences for Today and the Future“, 2025.  
URL: <https://www.safran-group.com/companies/safran-passenger-innovations> (07.11.2025)

- Schaber et al. 2019** Schaber f., Krieger-Lamina J., Peissl W.: „DIGITALE ASSISTENTEN“, 2019.  
URL: [https://www.arbeiterkammer.at/beratung/konsument/Datenschutz/Studie\\_Alexa\\_Sprachassistenten\\_2019.pdf](https://www.arbeiterkammer.at/beratung/konsument/Datenschutz/Studie_Alexa_Sprachassistenten_2019.pdf) (Zugriff am 19.10.2025)
- Schinke 2025** Schinke C.: „KI und Barrierefreiheit: Wie künstliche Intelligenz neue Zugänge schafft“, 2025.  
URL: <https://mediennetzwerk-bayern.de/ki-und-barrierefreiheit-wie-kuenstliche-intelligenz-neue-zugaenge-schafft/> (Zugriff am 03.11.2025)
- Schmitz 2025** Schmitz J.: „Gestensteuerung als Zukunftschance für Mensch und Medizin: Erfahre, wie Gestensteuerungsschnittstellen das Leben von Menschen mit körperlichen Behinderungen verbessern können“, 2025.  
URL: <https://justinschmitz.de/blog/accessibility-gesture/> (Zugriff am 06.11.2025)
- Simply Aviation 2024** Simply Aviation: „The secrets of Inflight Entertainment you never asked about...“, 2024.  
URL: [https://www.youtube.com/watch?v=VrqbMA\\_hACk](https://www.youtube.com/watch?v=VrqbMA_hACk) (Zugriff am 26.10.2025)
- Singh und Pande 2023** Singh S., Pande P.: „How Do In Flight Entertainment Systems Work?“, 2023.  
URL: <https://simpleflying.com/in-flight-entertainment-systems/> (Zugriff am 26.10.2025)
- Siska 2025** Siska J.: „Guest column: Inflight entertainment—a passenger-centric evolution“, 2025.  
URL: <https://www.pax-intl.com/ife-connectivity/inflight-entertainment/2025/07/31/guest-column-inflight-entertainment%E2%80%93a-passenger-centric-evolution/> (Zugriff am 26.10.2025)
- Stellar Entertainment 2024** Stellar Entertainment: „EVA Selects Stellar Entertainment as Hollywood IFE Partner“, 2024.  
URL: <https://stellargroup.com/eva-selects-stellar-entertainment-as-hollywood-ife-partner/> (Zugriff am 07.11.2025)
- Thales 2025** Thales: „Building the Future of Inclusive Flying with Suite of Accessibility Solutions“, 2025.  
URL: <https://onboard.thalesgroup.com/building-the-future-of-inclusive-flying-with-suite-of-accessibility-solutions/> (Zugriff am 27.08.2025)
- Thales Aerospace 2025** Thales Aerospace: „The most progressive user interface (UI) for low vision or blindness, flying now with Thales IFE“, 2025.  
URL: <https://www.youtube.com/watch?v=ucijJKudV3M> (Zugriff am 27.08.2025)
- Thales 2024** Thales: „Thales’ Suite of IFE Accessibility Solutions Wins Prestigious Crystal Cabin Award“, 2024.  
URL: [https://www.thalesgroup.com/en/worldwide/aerospace/press\\_release/thales-suite-ife-accessibility-solutionswins-prestigious-crystal](https://www.thalesgroup.com/en/worldwide/aerospace/press_release/thales-suite-ife-accessibility-solutionswins-prestigious-crystal) (Zugriff am 21.09.2025)
- Thesmann 2016** Thesmann S.: „Interface Design: Usability, User Experience und Accessibility im Web gestalten“, 2., aktualisierte und erweiterte Auflage. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2016

- Trueman 2025** Trueman R.: „*Thales curates cabin innovations of the future at Irvine facility*“, 2025.  
URL: <https://www.pax-intl.com/ife-connectivity/inflight-entertainment/2025/10/03/thales-curates-cabin-innovations-of-the-future-at-irvine-facility/> (Zugriff am 06.11.2025)
- Trueman 2024** Trueman R.: „*Panasonic Avionics unveils IFE and connectivity services for JAL*“, 2024.  
URL: <https://www.pax-intl.com/ife-connectivity/inflight-entertainment/2024/02/21/panasonic-avionics-unveils-ife-and-connectivity-services-for-jal/> (Zugriff am 27.10.2025)
- VDI 2025** VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V.: „*VDI 2221 „Entwicklung technischer Produkte und Systeme“*“, 2025.  
URL: <https://www.vdi.de/richtlinien/programme-zu-vdi-richtlinien/vdi-2221> (Zugriff am 02.09.2025)
- Voit 2006** Voit C. (ELVjournal): „*Spracherkennungsgrundlagen*“, 2006.  
URL: <https://media.elv.com/file/spracherkennung.pdf> (Zugriff am 19.10.2025)
- Vontobel et al. 2014** Vontobel M., Rust M., Lenhart P.: „*Sprachsteuerung, eine alternative Bedienungsart im Umgang mit Automatisierung*“, 2014.  
URL: <https://www.dgflr.de/publikationen/2014/53901024.pdf> (Zugriff am 19.09.2025)
- W3C 2025a** World Wide Web Consortium (W3C): „*Making the web work*“, 2025.  
URL: <https://www.w3.org/> (Zugriff am 26.10.2025)
- W3C 2025b** World Wide Web Consortium (W3C): „*Accessibility*“, 2025.  
URL: <https://www.w3.org/mission/accessibility/> (Zugriff am 26.10.2025)
- W3C 2024** World Wide Web Consortium (W3C): „*Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.2*“, 2024.  
URL: <https://www.w3.org/TR/WCAG22/> (Zugriff am 13.09.2025)
- WHO 2022** World Health Organization: „*Global report on health equity for persons with disabilities*“, 2022.  
URL: [https://ifa.ngo/wp-content/uploads/2022/12/Global\\_Report-Health\\_Equity-Disability.pdf](https://ifa.ngo/wp-content/uploads/2022/12/Global_Report-Health_Equity-Disability.pdf) (Zugriff am 06.07.2025)
- Wilkens et al. 2024** Wilkens L., Maskut N., Lueg M.: „*Barrierefrei, zugänglich oder doch barrierearm? Eine Argumentation für den Begriff Barrierefreiheit*“, 2024  
URL: <https://eldorado.tu-dortmund.de/server/api/core/bitstreams/3fc90b37-9a64-4306-b4a1-81802f6c9ae7/content> (Zugriff am 27.10.2025)
- Wingerath und Gebauer 2021** Wingerath W., Gebauer M.: „*Softwareentwicklung ohne Maus und Tastatur: Sprechen ist das neue Klicken*“, 2021.  
URL: <https://vsis-www.informatik.uni-hamburg.de/getDoc.php/publications/642/2021-ix-wingerath-handsfree-coding.pdf> (Zugriff am 15.09.2025)
- Wong 2023** Jayden Wong: „*I LOVE DELTA (Watch This Video to See Why)*“, 2023.  
URL: <https://www.youtube.com/watch?v=9adb676JjNA> (Zugriff am 21.10.2025)