



# **Entwicklung einer barrierefreien Webanwendung zum Bereitstellen von Ressourcen einer Online- Gruppenbibliothek**

**Bachelorarbeit**

im Studiengang

Mobile Medien

vorgelegt von

**Yannik Simon**

Matr.-Nr.: 36596

am 13. Dezember 2023

an der Hochschule der Medien Stuttgart

zur Erlangung des akademischen Grades eines

**Bachelor of Science**

Erstprüfer/in: Prof. Dr. Gottfried Zimmermann

Zweitprüfer/in: Pirmin Gersbacher

## I. Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit versichere ich, Yannik Simon, ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit mit dem Titel: „Entwicklung einer barrierefreien Webanwendung zum Bereitstellen von Ressourcen einer Online-Gruppenbibliothek“ selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Die Stellen der Arbeit, die dem Wortlaut oder dem Sinn nach anderen Werken entnommen wurden, sind in jedem Fall unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht. Zur Formulierung der Texte als Schreibhilfe für elegantere Ausdrucksweisen und zur Überprüfung auf korrekte Rechtschreibung und Interpunktion wurde das generative KI-System ChatGPT von OpenAI unter Verwendung des Large Language Models GPT-3.5 eingesetzt. Die Nutzung des KI-Systems wurde mit den Prüfern der Arbeit abgestimmt und genehmigt. Um die Nachvollziehbarkeit der generierten Texte sicherzustellen, wurden die Konversationen mit ChatGPT im Anhang aufgeführt. Die Arbeit ist noch nicht veröffentlicht oder in anderer Form als Prüfungsleistung vorgelegt worden.

Ich habe die Bedeutung der ehrenwörtlichen Versicherung und die prüfungsrechtlichen Folgen (§ 24 Abs. 2 Bachelor-SPO, § 23 Abs. 2 Master-SPO (Vollzeit)) einer unrichtigen oder unvollständigen ehrenwörtlichen Versicherung zur Kenntnis genommen.



Yannik Simon

Stuttgart, 13. Dezember 2023

## II. Kurzfassung

Das Kompetenzzentrum für digitale Barrierefreiheit an der Hochschule der Medien Stuttgart pflegt eine Sammlung an Ressourcen zu digitaler Barrierefreiheit. Diese wird durch Verwendung der Online Gruppenbibliothek Zotero verwaltet und Interessenten bereitgestellt. Da Zotero selbst nicht barrierefrei ist, soll eine Webanwendung entwickelt werden, welche die Ressourcen barrierefrei zur Verfügung stellt.

In der Arbeit wird untersucht, ob und wie eine barrierefreie Webanwendung entwickelt werden kann, die den Anforderungen der Nutzer und des Auftraggebers entspricht und dabei den Vorgänger übertrifft.

Die vorliegende Arbeit stützt sich auf die Erfahrungen eines Projektteams, deren Projektbericht als vorab angefertigte Anforderungsanalyse dient und eine Analyse der Vorgängeranwendung beinhaltet. Die gewonnenen Erkenntnisse sowie der entstandene Prototyp bilden die Grundlage für diese Arbeit.

Es erfolgt eine umfassende Evaluierung der entwickelten Anwendung durch einen Nutzertest und die Anwendung des User Experience Questionnaires zur quantitativen Analyse im Vergleich zum Vorgänger. Zudem wird die Barrierefreiheit der Seite geprüft. Durch ein Expertenreview mithilfe des BIK BITV-Prüfverfahrens und Nutzertests wird nachgewiesen, dass eine ansprechendere und barrierefreie Anwendung entwickelt wurde. Iterative Implementierungen tragen dazu bei, dass die neue Anwendung den Vorgänger nachweislich übertrifft.

**Schlagwörter:** Trainomat, Zotero, React.js, Webanwendung, Entwicklung, Nutzertest, BITV, Barrierefreiheit, Bachelorarbeit

### III. Abstract

The Competence Center for Digital Accessibility at the Media University Stuttgart maintains a collection of resources on digital accessibility. This collection is managed and provided to interested parties using the online group library Zotero. Since Zotero itself is not accessible, a web application is to be developed to make the resources accessible.

The thesis investigates whether and how an accessible web application can be developed, meeting the requirements of users and the client while surpassing its predecessor.

This work relies on the experiences of a project team, serving as a pre-made requirements analysis, including an analysis of the predecessor application. The insights gained and the resulting prototype form the foundation of this work.

A comprehensive evaluation of the developed application is conducted through user testing and the application of the User Experience Questionnaire for quantitative analysis compared to the predecessor. Additionally, the accessibility of the site is examined. Through an expert review using the BIK BITV testing procedure and user tests, it is demonstrated that a more appealing and accessible application has been developed. Iterative implementations contributed to the new application demonstrably surpassing its predecessor.

**Keywords:** Trainomat, Zotero, React.js, web application, development, user test, BITV, accessibility, bachelor thesis

## IV. Inhaltsverzeichnis

<b>I.</b>	<b>Ehrenwörtliche Erklärung</b> .....	<b>II</b>
<b>II.</b>	<b>Kurzfassung</b> .....	<b>III</b>
<b>III.</b>	<b>Abstract</b> .....	<b>IV</b>
<b>IV.</b>	<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>V</b>
<b>V.</b>	<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>VIII</b>
<b>VI.</b>	<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>VIII</b>
<b>VII.</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>X</b>
<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1	Motivation .....	1
1.2	Zielsetzung .....	1
1.3	Verwendung von KI-basierten Schreibwerkzeugen.....	2
1.4	Bezeichnungen .....	2
<b>2</b>	<b>Methodik</b> .....	<b>3</b>
2.1	Vorbereitung .....	3
2.2	Implementierung .....	3
2.3	Validierung .....	4
2.3.1	Nutzertest zur Bestimmung der Nutzererfahrung .....	4
2.3.2	Prüfung auf Barrierefreiheit.....	4
<b>3</b>	<b>Theoretische Grundlagen</b> .....	<b>5</b>
3.1	TRAINomat .....	5
3.2	Projektbericht zum TRAINomat 2 .....	6
3.3	Zotero .....	6
3.3.1	Barrierefreiheit .....	6
3.3.2	Programmierschnittstelle .....	7
3.4	Webentwicklung mit React.js.....	8
3.4.1	Barrierefreiheit in der Webentwicklung .....	9
<b>4</b>	<b>Anforderungen</b> .....	<b>10</b>
4.1	Nicht-Anforderungen.....	11
4.1.1	Anforderungen im Falle einer Masterthesis .....	11
<b>5</b>	<b>Implementierung</b> .....	<b>12</b>
5.1	Prototyp .....	12
5.1.1	Der Prototyp des UE Projektberichts .....	12
5.1.2	Prototyp für die zu entwickelnde Anwendung.....	14
5.2	Seiten.....	16

5.2.1	Seitenstruktur.....	16
5.2.2	Startseite.....	17
5.2.3	Detailansicht .....	18
5.2.4	Info-Seite .....	19
5.3	Technologien .....	19
5.3.1	React-Router .....	19
5.3.2	React-Select .....	20
5.3.3	React-Query .....	20
5.4	Komponenten .....	21
5.4.1	Hauptnavigationsleiste.....	21
5.4.2	Suchformular .....	23
5.4.3	Suchergebnisse .....	25
5.4.4	Sortieren .....	26
5.4.5	Tags.....	27
5.5	Datenabfrage .....	29
5.5.1	Tags.....	29
<b>6</b>	<b>Nutzertest .....</b>	<b>30</b>
6.1	Probanden .....	30
6.1.1	Rekrutierung .....	30
6.1.2	Eigenschaften .....	30
6.2	Aufbau des Nutzertests .....	30
6.3	Auswertung Fragebogen 1 .....	31
6.3.1	Vorerfahrungen der Probanden .....	31
6.3.2	Erwartungen der Probanden an eine Webanwendung.....	31
6.4	Auswertung der Use-Cases.....	32
6.4.1	Aufgabenteil 1.....	32
6.4.2	Aufgabenteil 2.....	32
6.4.3	Aufgabenteil 3.....	32
6.4.4	Aufgabenteil 4.....	33
6.5	Auswertung Fragebogen 2 .....	33
6.5.1	Positive Anmerkungen zum TRAINomat 3 .....	33
6.5.2	Negative Anmerkungen zum TRAINomat 3.....	34
6.5.3	Positive Anmerkungen zu Zotero.....	35
6.5.4	Negative Anmerkungen zu Zotero .....	35
6.5.5	Verbesserungsvorschläge zum TRAINomat 3.....	36
6.5.6	Verbesserungsvorschläge zu Zotero .....	36
6.5.7	Empfehlungswürdigkeit der Anwendungen .....	36
6.6	Ermittlung der Benutzererfahrung durch den UEQ.....	37
6.6.1	Einführung in den UEQ.....	37
6.6.2	Auswertung.....	38
6.7	Ergebnis des Nutzertests.....	47
6.7.1	Kritik am Test.....	48

<b>7</b>	<b>Prüfung auf Barrierefreiheit durch das BIK BITV Prüfverfahren.....</b>	<b>49</b>
7.1	Nicht anwendbare Prüfschritte.....	49
7.2	Anmerkungen zu einer Auswahl an Prüfschritten.....	50
7.2.1	9.2.4.5 Alternative Zugangswege .....	50
7.2.2	9.3.1.2. Anderssprachige Wörter und Abschnitte ausgezeichnet .....	50
7.2.3	9.3.2.2 Keine unerwartete Kontextänderung bei Eingabe .....	50
7.2.4	9.3.3.2. Beschriftungen von Formularelementen vorhanden.....	51
7.2.5	9.4.1.3. Statusmeldungen programmatisch verfügbar.....	51
7.3	Ergebnis.....	51
<b>8</b>	<b>Fazit.....</b>	<b>53</b>
<b>9</b>	<b>Ausblick.....</b>	<b>55</b>
<b>VIII.</b>	<b>Anhänge .....</b>	<b>56</b>
A.	TRAINomat 3 .....	56
B.	Repository.....	56
C.	ChatGPT .....	56
D.	BIK BITV-Test.....	56
E.	Figma Prototyp .....	56
F.	Nutzertest .....	57
1)	Prüfplan .....	57
2)	Informationsblatt und Einverständniserklärung.....	60
3)	Begrüßung und Vorstellung .....	62
4)	Ablauf.....	62
5)	Personenbezogene Daten .....	63
6)	Fragebogen 1 .....	63
7)	Aufgaben .....	63
8)	Fragebogen 2 .....	66
9)	UEQ .....	66
<b>IX.</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>68</b>

## V. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Screenshot des TRAINomat 2, der auf der Zotero Webanwendung basiert .....	5
Abbildung 2: Startseite Prototyp Trainomat UE Projekt.....	12
Abbildung 3: Suchergebnisse und Tag-Auswahlfeld Prototyp TRAINomat UE Projekt .....	13
Abbildung 4: Detailansicht Prototyp TRAINomat UE Projekt.....	13
Abbildung 5: Prototyp TRAINomat 3 Startseite .....	14
Abbildung 6: Prototyp TRAINomat 3 Detailansicht .....	15
Abbildung 7: Seitenstruktur.....	16
Abbildung 8: Screenshot der Startseite .....	17
Abbildung 9: Screenshot der Detailansicht.....	18
Abbildung 10: Screenshot der Info-Seite .....	19
Abbildung 11: Screenshot Hauptnavigationsleiste .....	21
Abbildung 12: Root.jsx mit AppBar und Outlet .....	22
Abbildung 13: Anordnungsstruktur der Komponenten.....	22
Abbildung 14: Screenshot Suchformular .....	23
Abbildung 15: React-Select Tag-Auswahlbox, JSX Code Snippet .....	24
Abbildung 16: Screenshot Suchergebnisse .....	25
Abbildung 17: Generieren der Listeneinträge durch die JavaScript Map-Funktion	25
Abbildung 18: Tabelleneintrag des Datums innerhalb des ListItem-Elements .....	26
Abbildung 19: Bedienelement zum Sortieren der Suchergebnisse .....	26
Abbildung 20: Funktion zum Navigieren mit React-Router mit Suchparametern ..	27
Abbildung 21: URL des TRAINomat 3 mit Suchparametern für den Suchbegriff, Tags und Sortierung.....	27
Abbildung 22: Screenshot Tags.....	27
Abbildung 23: Tag-Element .....	28
Abbildung 24: Suchanfrage an die Zotero API mit React-Query zum Laden der Tags .....	29

## VI. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ergebnis Aufgabenteil 1 .....	32
Tabelle 2: Ergebnis Aufgabenteil 2.....	32
Tabelle 3: Ergebnis Aufgabenteil 3.....	32
Tabelle 4: Ergebnis Aufgabenteil 4 .....	33
Tabelle 5: Ergebnis Fragebogen 2 - Positive Anmerkungen TRAINomat 3 .....	33
Tabelle 6: Ergebnis Fragebogen 2 - Negative Anmerkungen TRAINomat 3.....	34
Tabelle 7: Ergebnis Fragebogen 2 – Positive Anmerkungen Zotero .....	35
Tabelle 8: Ergebnis Fragebogen 2 - Negative Anmerkungen Zotero .....	35
Tabelle 9: Ausgesprochene Empfehlung für die jeweilige Anwendung .....	36
Tabelle 10: Mittelwerte der Wortpaare - TRAINomat 3.....	39
Tabelle 11: Mittelwerte der Kategorien - TRAINomat 3 .....	39



---

Tabelle 12: Statistische Werte – TRAINomat 3 .....	40
Tabelle 13: Vergleich mit Benchmark-Daten: Einordnung der gemessenen Skalenmittelwerte und Konfidenzintervall - TRAINomat 3 .....	41
Tabelle 14: Mittelwerte der Wortpaare - Zotero .....	42
Tabelle 15: Mittelwerte der Kategorien - Zotero .....	42
Tabelle 16: Statistische Werte – Zotero.....	43
Tabelle 17: Verteilung der Antworten - Zotero.....	44
Tabelle 18: Verteilung der Antworten - TRAINomat 3 .....	45
Tabelle 19: Vergleich mit Benchmark-Daten: Einordnung der gemessenen Skalenmittelwerte und Konfidenzintervall - Zotero.....	45
Tabelle 20: Direkter Vergleich der Mittelwerte und Konfidenzintervalle vom TRAINomat 3 (Blau) und Zotero (Rot) .....	46
Tabelle 21: Zweiseitiger T-Test mit ungleichen Varianzen zur Überprüfung von signifikanten Unterschieden zwischen TRAINomat 3 und Zotero .....	46

## VII. Abkürzungsverzeichnis

API	Application Programming Interface
ARIA	Accessible Rich Internet Applications
BIK	barrierefrei informieren und kommunizieren
BITV	Barrierefreie-Informationstechnik-Verordnung
CSS	Cascading Style Sheet
DOM	Document Object Model
EN	Europäische Norm
HdM	Hochschule der Medien
HTML	HyperText Markup Language
HTTP	HyperText Transfer Protocol
JS	JavaScript
JSON	JavaScript Object Notation
KfdB	Kompetenzzentrum für digitale Barrierefreiheit
KI	Künstliche Intelligenz
UE	Usability Engineering
UEQ	User Experience Questionnaire
URL	Uniform Resource Locator
WCAG	Web Content Accessibility Guidelines

# 1 Einleitung

## 1.1 Motivation

Das Kompetenzzentrum für digitale Barrierefreiheit (KfdB) nutzt die Online-Gruppenbibliothek Zotero, um eine Sammlung an Ressourcen zu digitaler Barrierefreiheit bereitzustellen. Barrierefreiheit beschreibt die uneingeschränkte Zugänglichkeit eines Produkts, einer Dienstleistung oder einer Einrichtung. (*Bedeutung von Barrierefreiheit*, o. J.) Diese Sammlung wird unter anderem von Studierenden genutzt, welche sich im Rahmen von Vorlesungen mit Barrierefreiheit beschäftigen, sowie von Teilnehmern, welche an Workshops, die das Kompetenzzentrum zum Thema veranstaltet, genutzt.

Zotero bietet ein umfangreiches Angebot zum Pflegen und Sichern von wissenschaftlichen Arbeiten, allerdings weist die Webanwendung, mit der man die Ressourcen im Browser durchsuchen kann, Barrieren auf und ist somit nicht ideal auf die Verwendung von Menschen mit einer Behinderung ausgerichtet. (Müller et al., 2023)

Das Internet sollte für alle Menschen zugänglich sein, unabhängig von einer eventuellen Behinderung. Das Internet hilft dabei, Hürden der Kommunikation und Interaktion der physischen Welt zu überwinden. Dabei sollen keine neuen Barrieren erschaffen werden. (Initiative (WAI), o. J.-a)

Nicht nur Menschen mit Behinderungen profitieren von einem barrierefreien Internet, sondern auch Menschen ohne Behinderung. Eine barrierefreie Webanwendung bietet grundsätzlich eine verbesserte Nutzererfahrung. Darüber hinaus ist sie in Situationen hilfreich, in denen das Hörvermögen durch Lärm beeinträchtigt wird, auf Geräten mit kleinem Bildschirm, bei schlechter Internetverbindung oder im Fall von älteren Menschen. (Initiative (WAI), o. J.-a)

Die Umsetzung von Barrierefreiheit ist wichtig für Organisationen, da sich eine gute Benutzerfreundlichkeit positiv auf die Wahrnehmung auswirkt. (Initiative (WAI), o. J.-a) Besonders für das KfdB ist dies von Interesse, da sie sich mit ihrem umfangreichen Dienstleistungsangebot auf diesem Gebiet spezialisiert haben.

Im Rahmen dieser Abschlussarbeit wird daher eine Webanwendung entwickelt welche als vertrauenswürdige Quelle zum Bereitstellen von relevanten Medien genutzt werden kann.

## 1.2 Zielsetzung

Das Ziel vorliegender Abschlussarbeit besteht darin, eine barrierefreie Anwendung zu entwickeln, welche die Daten der Zotero-Bibliothek zugänglich macht. Durch Nutzereingaben soll es möglich sein, gezielt nach Daten zu suchen. Die Anwendung soll dabei

den Anforderungen der Barrierefreie-Informationstechnik-Verordnung 2.0 (BITV 2.0) gerecht werden. Die Anwendung zielt darauf ab, Nutzern allgemeine Informationen zu Ressourcen für digitale Barrierefreiheit zur Verfügung zu stellen und es ihnen zu ermöglichen, spezifisch nach Bedarf zu suchen. Insbesondere soll die Anwendung den Anforderungen des Kf dB dienen, indem sie eine interne Sammlung von Ressourcen verwaltet und diese auch interessierten Nutzern zugänglich macht.

Zur weiteren Verbesserung der Anwendung ist eine Validierung durch Nutzertests vorgesehen. Hierbei sollen die Anwendungen miteinander verglichen werden, um mögliche Verbesserungen an der neu entwickelten Anwendung zu identifizieren. Dieser Vergleich soll es ermöglichen, gezielt auf die Bedürfnisse der Nutzer einzugehen und die Anwendung entsprechend zu optimieren. Durch diesen umfassenden Ansatz soll gewährleistet werden, dass die entwickelte Anwendung nicht nur den technischen Anforderungen entspricht, sondern auch eine hohe Benutzerzufriedenheit und Barrierefreiheit aufweist.

### **1.3 Verwendung von KI-basierten Schreibwerkzeugen**

Zur Formulierung der Texte als Schreibhilfe für elegantere Ausdrucksweisen und zur Überprüfung auf korrekte Rechtschreibung und Interpunktion wurde das generative KI-System ChatGPT von OpenAI unter Verwendung des Large Language Models GPT-3.5 eingesetzt. Die Nutzung des KI-Systems wurde mit den Prüfern der Arbeit abgestimmt und genehmigt. Um die Nachvollziehbarkeit der generierten Texte sicherzustellen, wurden die Konversationen mit ChatGPT im Anhang aufgeführt.

### **1.4 Bezeichnungen**

In der Arbeit werden verschiedene Bezeichnungen für die beiden Anwendungen verwendet. Die neu entwickelte Anwendung wird als „die Anwendung“, „Trainomat“, „TRAINomat“, „TRAINomat 3“ oder „der Nachfolger“ bezeichnet. Der Vorgänger wird als „TRAINomat 2“, „der Vorgänger“, „Zotero“ und „die Zotero-Anwendung“ bezeichnet wird.

## 2 Methodik

### 2.1 Vorbereitung

Für die Vorbereitung wurde ein Vorlauf gewährt, um die Umsetzbarkeit des Projekts zu prüfen. In dieser Phase haben wir uns intensiv mit der Funktionalität des Vorgängers auseinandergesetzt, ein eigenes Verständnis von der Anwendung entwickelt und dabei sowohl identifizierte Probleme als auch benötigte Funktionalitäten berücksichtigt. Darüber hinaus wurden umfangreiche Recherchen zur Zotero-Bibliothek und deren Angebot der Programmierschnittstelle (API) durchgeführt. Der bereits erstellte Projektbericht zur Vorgängeranwendung lieferte dabei wichtige Einblicke in die Usability-Probleme des Vorgängers. (Müller et al., 2023) Im Verlauf des Vorlaufs konnten wir eine Anwendung entwickeln, die die grundlegende Funktionalität beinhaltet. Somit konnten wir verifizieren, dass die technische Umsetzung des Projekts möglich ist.

### 2.2 Implementierung

Die zu entwickelnde Anwendung soll möglichst vielen Menschen zur Verfügung stehen, und nicht an spezifische Betriebssysteme oder Endgeräte gebunden sein. Ebenso wie der Vorgänger soll die neue Anwendung daher über einen Webbrowser nutzbar sein. Somit kann die Anwendung ohne Installieren einer App auch auf dem Smartphone genutzt werden.

Um die Webanwendung zu entwickeln, haben wir uns für React.js entschieden. Dieses Framework wurde von Meta (ehemals Facebook) entwickelt und profitiert von einer großen Community, die eine Fülle von Bibliotheken für verschiedene Anwendungsfälle bereitstellt. Dank einer umfangreichen Dokumentation und der aktiven Community können unerwartete Probleme bei der Fehlersuche effizient gelöst werden. React.js ist die beliebteste Front-End-Framework, was langfristige Unterstützung garantiert. (Krotzoff, o. J.) Zudem ermöglicht die weite Verbreitung, dass potenzielle zukünftige Entwickler sich schnell im Code zurechtfinden können, um die Anwendung weiterzuentwickeln oder Fehler zu beheben.

Durch regelmäßige Meetings mit den Prüfern haben wir sichergestellt, dass das Projekt nach Plan verläuft und die gestellten Anforderungen an die Anwendung umgesetzt wurden. Probleme konnten somit kontinuierlich identifiziert und verbessert werden. Die regelmäßigen Abstimmungen haben es uns auch ermöglicht, den Kontext, in dem die Anwendung genutzt werden sollte, sowie die Bedürfnisse der Nutzer besser zu verstehen und entsprechende Anpassungen vorzunehmen.

## 2.3 Validierung

### 2.3.1 Nutzertest zur Bestimmung der Nutzererfahrung

Um unsere Forschungsfragen zu beantworten, ob wir eine Anwendung entwickeln können, die den Vorgänger übertrifft, haben wir einen Nutzertest veranstaltet. Um rechtliche Probleme bei der Durchführung zu vermeiden, wurde der Nutzertest vorab einer Ethikprüfung unterzogen.

Es wurde eine Einverständniserklärung, mit angefügtem Informationsschreiben, entworfen, die die Zustimmung der Probanden zur Verwendung ihrer Daten einholt. Darin wurde auch festgehalten, wie die Daten gespeichert werden.

Um die demographischen Eigenschaften der Probanden bestimmen zu können, wurden personenbezogene Daten abgefragt. Zur Bestimmung der Ausgangslagen wurden vorherige Erfahrungen und Anforderungen im Bezug auf Webanwendungen abgefragt. Im Nutzertest wurden den Probanden Aufgaben gestellt, die darauf ausgerichtet waren, den tatsächlichen Anwendungszweck zu testen.

Die Probanden füllten zu beiden Anwendungen ein UEQ (User Experience Questionnaire) zur quantitativen Datenerhebung aus, um die Anwendungen durch statistische Verfahren vergleichen zu können. Zusätzlich wurden die Probanden in einem Interview nach ihrer Meinung zu beiden Anwendungen befragt. Dadurch konnten Probleme in der Bedienbarkeit der Anwendung nachträglich behoben werden, um ein anspruchsvolles Ergebnis zu liefern.

### 2.3.2 Prüfung auf Barrierefreiheit

Um sicherzustellen, dass die Anwendung barrierefrei ist und somit von Menschen mit Behinderungen genutzt werden kann, testen wir die Anwendung abschließend durch den BIK-BITV Test. Das Prüfverfahren basiert auf der Barrierefreie-Informationstechnik-Verordnung 2.0 (BITV 2.0) sowie der Europäischen Norm (EN) 301 549 und stellt somit ein umfangreiches Prüfverfahren dar, um die Barrierefreiheit zu gewährleisten. Das Verfahren besteht aus 98 prüfschritten. Die EN 301 549 verpflichtet EU-weit alle öffentlichen Stellen zu Barrierefreiheit. Die Umsetzung der Richtlinie ist in Deutschland im behindertengleichstellungsgesetz, der BITV 2.0 geregelt. (BITV 2.0, o. J.; *RICHTLINIE (EU) 2016/ 2102 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES - vom 26. Oktober 2016 - über den barrierefreien Zugang zu den Websites und mobilen Anwendungen öffentlicher Stellen*, 2016, S. 301; BITV-Test, o. J.-a)

## 3 Theoretische Grundlagen

### 3.1 TRAINomat

Der TRAINomat ist ein Angebot des Kompetenzzentrums für digitale Barrierefreiheit (Kf dB), das dazu dient, Ressourcen zur digitalen Barrierefreiheit bereitzustellen. Dabei wird eine öffentliche Zotero-Gruppenbibliothek genutzt, zu der ausgewählte Ressourcen hinzugefügt werden. Diese Ressourcen können sich beispielsweise mit der Erstellung barrierefreier Word-Dokumente oder mit Richtlinien zur barrierefreien Entwicklung befassen.

Die Sammlung wird intern verwendet, um einen umfassenden Überblick über relevante Literatur zu erhalten und nach Bedarf zu nutzen. Zusätzlich steht die Sammlung Studierenden sowie Teilnehmern von Workshops, die vom Kf dB veranstaltet werden, zur Verfügung. Ressourcen werden durch die Zuweisung eines „Typs“ kategorisiert, darunter fallen Ressourcen der Kategorien Website, Dokument, Blog-Posts, Zeitungsartikel. (TRAINomat2 | Zotero, o. J.)

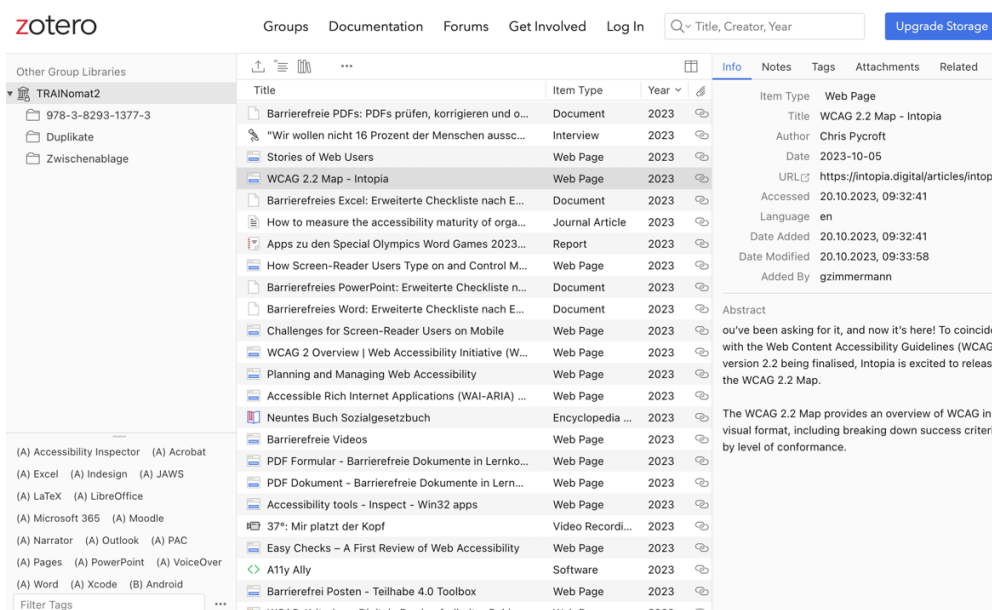


Abbildung 1: Screenshot des TRAINomat 2, der auf der Zotero Webanwendung basiert

Die Ressourcen, die über die Gruppenbibliothek von Zotero im TRAINomat gesammelt sind, werden mit Tags versehen. Diese Tags dienen der Kategorisierung der Ressourcen und sind selbst wiederum in Kategorien geordnet. Zum Beispiel sind Ressourcen, die sich mit der Erstellung barrierefreier PDF-Dokumente in Word befassen, mit den Tags (A) Word und (T) PDF versehen. Dabei steht A für Anwendung und T für Technologie. (TRAINomat 2 — Kompetenzzentrum Digitale Barrierefreiheit, o. J.)

Der Vorgänger des TRAINomat 2 ist der TRAINomat Alpha. Beide basieren auf einer Zotero-Gruppenbibliothek. Der TRAINomat 2 implementiert lediglich eine überarbeitete

Vorgehensweise beim Einarbeiten von Ressourcen in Form einer strukturierteren Annotation. (*TRAINomat — Kompetenzzentrum Digitale Barrierefreiheit*, o. J.)

## 3.2 Projektbericht zum TRAINomat 2

Im Rahmen der Vorlesungsveranstaltung "Usability Engineering Projekt" unter der Leitung von Prof. Dr. Zimmermann wurde eine Nutzerstudie durchgeführt, die sich intensiv mit dem TRAINomat 2 auseinandersetzt. Der Fokus der Studie lag darauf, Usability-Defizite des TRAINomat 2 zu identifizieren. Der als Prüfungsleistung erstellte Projektbericht dient als Anforderungsanalyse für diese Abschlussarbeit. Vom Projektteam wurde ein Nutzertest durchgeführt, in dem die Benutzerfreundlichkeit getestet wurde. Im Projektbericht wird der Nutzertest und dessen Auswertung beschrieben. Dabei wurde festgestellt, dass Nutzer den TRAINomat 2 zum Recherchieren wertvoll finden, es allerdings Verbesserungspotential gibt, um die Anwendung verständnisvoller zu gestalten. Speziell wurde festgestellt, dass es beim Benutzen der Zotero Anwendung häufig viele Klicks benötigt, um den TRAINomat 2 zu bedienen. Unter anderem wurde auch fehlende farbliche Kontraste bemängelt. Ebenso wurde eine bessere Erklärung zum TRAINomat 2 selbst gefordert, welche auf Zotero nicht geliefert werden kann. Besonders zur Mechanik der Tags, welche unintuitiv ist, da Bedienelemente auf der Benutzeroberfläche auf Zotero verwirrend angeordnet sind. Der Projektbericht beinhaltet auch die Ausarbeitung eines Prototypen, der beschreibt, wie eine neue Version des Projekts aussehen könnte. Der Prototyp implementiert die Ergebnisse des Nutzertests. (Müller et al., 2023)

## 3.3 Zotero

Zotero ist eine kostenlose Open Source Software, welche verwendet wird, um digitale Quellen und Bibliografien zu organisieren. Forschungsquellen können gesammelt, organisiert, zitiert und durch Verwendung von Gruppen-Bibliotheken geteilt werden. Der Verwendungszweck kann beispielsweise das Verfassen von Abschlussarbeiten oder anderen wissenschaftlichen Texten sein. (*Groups [Zotero Documentation]*, o. J.; Idri, 2015)

Durch die Nutzung einer Gruppenbibliothek können Bibliotheken gemeinsam mit anderen Personen gepflegt werden, um in der Forschung zu kollaborieren. Zotero bietet ein umfangreiches Angebot an Funktionen, insbesondere das Browser-Addon. Mit dem Browser-Addon können Ressourcen auf unkomplizierte Weise der Bibliothek hinzugefügt werden. Durch eine Vielzahl von Plugins lässt sich Zotero mit anderen Tools verknüpfen, um sich an die Bedürfnisse der Nutzer anzupassen und sich somit für verschiedene Anwendungsfälle nutzbar zu machen. (*plugins [Zotero Documentation]*, o. J.)

### 3.3.1 Barrierefreiheit

Barrierefreiheit beschreibt „die uneingeschränkte Zugänglichkeit eines Produktes, einer Dienstleistung oder einer Einrichtung, unabhängig von einer möglichen Behinderung



oder Erkrankung, beschrieben. Gleichbedeutend steht [...] der englischsprachige Begriff «accessibility».“ (*Bedeutung von Barrierefreiheit*, o. J.)

Auch das Internet und seine Webseiten und Webanwendungen soll unabhängig von Hardware Software, Standort, oder Fähigkeiten für alle Menschen funktionieren. Durch das Internet können Restriktionen in der Kommunikation und Interaktion aus der physischen Welt überwunden werden. „Allerdings können schlecht gestaltete Websites, Anwendungen, Technologien oder Tools Barrieren schaffen, die Menschen davon ausschließen, das Internet zu nutzen.“ (Initiative (WAI), o. J.-a) Alle Menschen sollen das Internet wahrnehmen, verstehen, navigieren und damit agieren können. Berücksichtigt sollen alle Beeinträchtigungen, die den Zugang zum Internet beeinträchtigen, einschließlich auditiver kognitiver neurologischer physischer sprachlicher und visueller Beeinträchtigungen. (Initiative (WAI), o. J.-a)

Der Bericht des Projektteams zum TRAINomat 2 zeigt, dass die Webanwendung von Zotero, auf der der TRAINomat 2 basiert, Barrieren aufweist. Die Zotero-Webanwendung ist besonders für unerfahrene Anwender schwer verständlich, da die Elemente nicht logisch angeordnet sind und somit für Menschen mit kognitiven Problemen problematisch sind. Das Layout der Anwendung wurde von den Probanden kritisiert, da Suchelemente an verschiedenen Positionen des Bildschirms angeordnet sind. Probanden hatten Schwierigkeiten, die kleine Schrift zu lesen, und aufgrund fehlender Kontraste konnten wichtige Informationen nicht deutlich gemacht werden. Die Probanden konnten die Tag-Suche nicht von der Freitextsuche nach Autor, Titel und Jahr unterscheiden, da der Sinn nicht klar wurde. Die Bedienelemente sind zu klein. Die Icons die den Typ einer Ressource anzeigen konnten auch nicht verstanden werden. Aufgrund der abstrakten Anordnung ist es auch für blinde Personen schwierig, mit einem Screenreader zu navigieren. (Müller et al., 2023) Screenreader werden dafür genutzt sich den Inhalt einer Website vorlesen zu lassen. (Apple, o. J.)

### 3.3.2 Programmierschnittstelle

Zotero ermöglicht die Bereitstellung von Daten aus Bibliotheken über eine Programmierschnittstelle (API), die über HTTPS-Requests (HyperText Transfer Protocol Secure) kommunizieren kann. Somit wird das Auslesen und Verändern von Daten durch von Entwicklern erstellte Anwendungen ermöglicht. Die Zotero API (Application Programming Interface) ist unter der URL (Uniform Resource Locator) <https://api.zotero.org> erreichbar. Einträge einer Bibliothek erhält man durch die Identifikationsnummer der Bibliothek [groups/4624031/items](https://api.zotero.org/groups/4624031/items). Durch Anhängen von Parametern kann nach bestimmten Einträgen gesucht werden, beispielsweise [/items?tag=tag1&q=suchbegriff&sort=title](https://api.zotero.org/items?tag=tag1&q=suchbegriff&sort=title). (*Zotero Developer Documentation*, o. J.)

Im Beispiel wird über den URL-Pfad "[items](#)" nach Einträgen in der Bibliothek gesucht. Auf den Parameter "[q](#)" folgt der Suchbegriff. Durch den Parameter "[tag](#)" können Tags spezifiziert werden, die in den Ressourcen enthalten sein sollen. Der Parameter "[sort](#)" ermöglicht es, festzulegen, wie die Ressourcen sortiert sein sollen. Dabei können statt

"title" auch andere Werte wie "dateAdded", "publisher", oder "language" verwendet werden. Durch den zusätzlichen Parameter "direction" kann durch die Verwendung der Werte "asc" für aufsteigend und "desc" für absteigend die Richtung verändert werden. (*Zotero Developer Documentation*, o. J.)

Durch die Veränderung des URL-Pfads zu `groups/4624031/tags` können auch alle Tags einer Bibliothek geladen werden. Standardmäßig werden die Daten im JSON-Format (JavaScript Object Notation) zurückgeschickt. Für Private Bibliotheken wird eine Authentifizierung benötigt, welche im HTTP-Header der Anfrage, oder als URL Parameter, angehängt werden kann. Für öffentliche Bibliotheken wird dies nicht benötigt. (*Zotero Developer Documentation*, o. J.)

### 3.4 Webentwicklung mit React.js

React.js ist ein Frontend-JavaScript-Framework, das die Entwicklung von Benutzeroberflächen für Webanwendungen ermöglicht. Die Grundlagen der Webentwicklung umfassen HTML (HyperText Markup Language) für die Erstellung von Elementen, CSS (Cascading Style Sheets) zur Gestaltung dieser Elemente und JavaScript für die Funktionalität.

Frontend-Frameworks bieten die Möglichkeit, interaktive Anwendungen zu entwickeln, indem Funktionalitäten für erstellte Komponenten entwickelt werden. Die Interaktion mit einem Element führt zu Veränderungen im Document Object Model (DOM), das den Aufbau der Elemente auf einer Webseite festlegt. (*Virtuelles DOM Und Interna – React*, o. J.)

React erstellt ein virtuelles DOM, wodurch der Seitenaufbau ohne erneutes Laden der gesamten Seite verändert werden kann. Anwendungen, die mit einem JavaScript-Framework für das Frontend entwickelt werden, werden als Single-Page-Applications bezeichnet. Durch ein Build-Tool werden jeweils eine Datei für HTML, CSS und JS (JavaScript) kompiliert, was eine schnelle Benutzererfahrung ermöglicht. (*Vite*, o. J.)

Das Austauschen von Komponenten geschieht ohne Verzögerung durch HTTP-Anfragen, im Gegensatz zum Laden einer gesamten Seite. Das Navigieren durch Veränderung des Pfades ist zwar nicht mehr möglich, kann jedoch durch die Verwendung einer Routing-Library imitiert werden. Die Navigation funktioniert somit weiterhin ohne Verzögerung, und der Zustand der Anwendung kann in der URL festgehalten werden, um die nativen Navigationsmechanismen eines Browsers, wie Vor- und Zurücknavigieren, zu erhalten.

Frontend-Frameworks bauen auf den ursprünglichen Webtechnologien HTML, CSS und JavaScript auf. Vor dem Aufstieg von JavaScript-Frontend-Frameworks wurde das DOM mit aufwändigen JavaScript-Operationen manipuliert. JQuery ist eine Library, die erste Abhilfe schaffte und diese Operationen vereinfachte. (Tornqvist, 2023)

Eine Library ist eine Sammlung von vorgefertigtem Code, den man in sein Projekt importieren kann, um gewünschte Funktionalität zu ermöglichen, ohne sie selbst

entwickeln zu müssen. React und andere Frameworks können dabei als Libraries betrachtet werden, wobei Frameworks eher umfangreiche Blaupausen für Anwendungen darstellen und Libraries spezifische Funktionalitäten anbieten. (Classic, 2022)

React ermöglicht die modulare Entwicklung von Anwendungen durch die Verwendung von Komponenten, die im Projekt wiederverwendet werden können, wodurch Zeit im Entwicklungsprozess gespart werden kann.

### 3.4.1 Barrierefreiheit in der Webentwicklung

Barrierefreiheit beschreibt die uneingeschränkte Zugänglichkeit eines Produkts, einer Dienstleistung oder einer Einrichtung. (*Bedeutung von Barrierefreiheit*, o. J.) Im Kontext des Internets strebt Barrierefreiheit an, dass Webseiten, Tools und Technologien von Menschen mit Behinderungen genutzt werden können. Das Ziel besteht darin, sicherzustellen, dass das Internet von allen wahrgenommen, verstanden, navigiert und interagiert werden kann, unabhängig von Einschränkungen im Hörvermögen, kognitiven Fähigkeiten sowie neurologischen, körperlichen, sprachlichen und visuellen Einschränkungen. (Initiative (WAI), o. J.-a)

Barrierefreiheit im Internet kommt nicht nur Menschen mit Behinderungen zugute, sondern auch anderen Gruppen. Dazu gehören ältere Menschen mit nachlassenden Fähigkeiten, Personen mit temporären Einschränkungen wie einem gebrochenen Arm, situative Beeinträchtigungen wie grelles Sonnenlicht oder laute Umgebungen, die das Hörvermögen beeinträchtigen, sowie Personen mit einer langsamen Internetverbindung. (Initiative (WAI), o. J.-a)

Da der mit React erstellte Code zu den grundlegenden Technologien transformiert wird, gelten – mit der Ausnahme von angepasster Syntax – dieselben Prinzipien der barrierefreien Entwicklung für Webanwendungen. In React sind somit gängige Accessibility-Praktiken nutzbar. (*Accessibility – React*, o. J.)

Wichtig sind Best Practices bei der Benutzung von semantischen HTML-Elementen wie `<aside>`, `<nav>` und `<section>` zum Strukturieren der Anwendung. Diese Elemente werden als semantische HTML-Elemente bezeichnet. Durch die Semantik wird die Bedeutung des Elements beschrieben. (Initiative (WAI), o. J.-b; *Semantics - MDN Web Docs Glossary*, 2023)

Bei der Entwicklung von Webanwendungen durch JavaScript-Frameworks können Probleme in der Barrierefreiheit von entwickelten Komponenten auftreten. Abhilfe schaffen hierbei ARIA-Tags (Accessible Rich Internet Application), mit denen man HTML-Elementen Rollen und Attribute hinzufügen kann. Diese werden von assistiver Technologie wie Screenreadern genutzt, um zu erkennen, um welche Art von Element es sich handelt und so die Zugänglichkeit für Personen mit Einschränkungen zu erhöhen. (*ARIA - Accessibility | MDN*, 2023)

## 4 Anforderungen

Die Anforderungen für das Projekt entnehmen wir zum einen aus der Aufgabenstellung aus der Ausschreibung für die Bachelorthesis (Gottfried, Zimmermann, 2023). Ebenso entnehmen wir die Erkenntnisse aus dem Projektbericht durch die Studierenden des Projektteams aus der Vorlesungsveranstaltung zu „Usability Engineering Projekt“ welcher als vorabdurchgeführten Anforderungsanalyse dient (Müller et al., 2023). Zusätzlich lassen wir unsere eigenen Erfahrungen miteinfließen.

Im Rahmen der Entwicklung einer Webanwendung zur Anzeige von in Zotero gespeicherten Ressourcen stehen verschiedene Anforderungen im Fokus. Ein inkrementeller Filter, der auf den Einträgen und ihren Tags basiert, ermöglicht eine gezielte Suche mittels Suchfeldes und Auswahlfeld für Tags. Die Integration einer Funktion zur Freitext-Suche sowie eines Auswahlfelds für Tags bildet den zentralen Fokus der Anwendung. Hierbei ist besonders darauf zu achten, dass die Benutzerfreundlichkeit im Vordergrund steht, und die Anwendung einfach zu bedienen ist.

Ein weiterer Fokus liegt darauf, die Elemente Tag-Auswahl und Suche näher beieinander zu platzieren, um die Auffindbarkeit und Nutzung zu verbessern. Gleichzeitig sollen unnötig komplexe Funktionen reduziert werden, um Verwirrung bei den Nutzern zu minimieren. Durch diese gezielte Umsetzung der Anforderungen wird eine effiziente und benutzerfreundliche Webanwendung realisiert.

Zur weiteren Verbesserung der Anwendererfahrung sollen erklärende Informationen zum TRAINomat beigefügt werden. Diese sollen den Umgang mit Tags erläutern und zusätzlich das Konzept des TRAINomat sowie allgemeine Informationen des Kf dB vermitteln.

Des Weiteren ist Barrierefreiheit gemäß BITV 2.0 ein essenzielles Anforderungskriterium für die Webanwendung. Hierfür muss die Anwendung für alle Nutzer, unabhängig von individuellen Einschränkungen, zugänglich und bedienbar sein. (BITV 2.0, o. J.)

Die Webanwendung muss somit barrierefrei gestaltet sein und die Nutzung mit Screenreadern ermöglichen. Die Benutzeroberfläche sollte eindeutig strukturiert und verständlich sein, um klar aufzuzeigen, welche Aktionen auf der Seite durchgeführt werden können. Die klare Struktur gewährleistet eine gute Verwendbarkeit mit Screenreadern, die Anwendung soll über die Tastatur bedienbar sein, um alle Funktionen mithilfe der Tab-Taste ausführen zu können.

Es ist wichtig, dass die verschiedenen Regionen der Anwendung klar eingeteilt sind, um eine effiziente Navigation auf der Seite zu ermöglichen. Die Anwendung soll sich auf die wesentlichen Funktionen konzentrieren, die für den Use-Case relevant sind. Im Falle von Zotero, das eine Vielzahl von Funktionen bietet, soll die Anwendung lediglich das Bereitstellen und Durchsuchen ermöglichen.

Zusätzlich soll die Anwendung die Möglichkeit bieten, eine Sitzung über die URL zu teilen. Dies ermöglicht es, vorab ausgewählte Tags zu bestimmten Themen bereitzustellen,

um die Nutzererfahrung zu optimieren und gezielte Informationen leicht zugänglich zu machen.

## **4.1 Nicht-Anforderungen**

Das Einpflegen und Bearbeiten von Ressourcen soll weiterhin über Zotero erfolgen. Der TRAINomat 3 soll die Ressourcen ausschließlich zum Lesen zur Verfügung stellen. Die Zotero Gruppenbibliothek soll weiterhin als Datenquelle dienen. Die Anwendung soll nur auf Deutsch sein, eine Übersetzung ins Englische ist nicht gefordert. Das Hosting der Anwendung auf internen Servern der Hochschule der Medien (HdM) liegt im Aufgabenbereich des KfdB.

### **4.1.1 Anforderungen im Falle einer Masterthesis**

Die Aufgabenstellung der Arbeit wurde ebenfalls für eine Masterthesis verfasst. In diesem Fall würden die geforderten Funktionen zusätzlich eine attraktive Präsentation eines personalisierten Lernplans, sowie einer Bewertungsmöglichkeit der Einträge durch Nutzende und eine darauf basierende KI-gestützte Empfehlung für Lernpläne umfassen.

## 5 Implementierung

Zur Implementierung verwenden wir React.js. Das Frontend-Framework ermöglicht uns die Entwicklung einer funktionalen Anwendung mit einer guten Benutzererfahrung. Zur Unterstützung bei der Entwicklung greifen wir auf bewährte Libraries zurück. Während der Konzeptionsphase ist aufgefallen, dass es für die Bedienelemente sinnvoll ist, ein vorgefertigtes Element zur Auswahl der Tags zu verwenden. Für das Laden der Daten wird eine Library benötigt; hier nutzen wir React-Query, die nützlich ist, um die große Menge an Daten ressourcenschonend inkrementell zu laden, wobei Caching verhindert, dass Daten ständig neu geladen werden müssen. Die in der Analyse als Anforderung identifizierten Icons der Ressourcentypen beziehen wir aus der Icon-Library FontAwesome. Für das Erstellen unserer ersten Entwürfe der Website nutzen wir Figma, um einen Prototyp nach Inspiration des UE-Projektteams zu erstellen.

### 5.1 Prototyp

Wir erstellen einen Low-Fidelity-Prototypen. Dieser hilft beim Gestalten der Website, indem wir Elemente zunächst ohne Funktionalität aus einfachen Formen erstellen und im Laufe der Entwicklung die Gestaltung, Anordnung und den Inhalt laufend anpassen. Auf diese Weise wird Zeit während des Entwicklungsprozesses gespart, indem Konzepte vor der Implementierung getestet werden können.

Der Prototyp aus dem UE-Projektbericht dient als erste Inspiration. Wir verändern jedoch den Aufbau und ermöglichen es, die Suchergebnisse direkt auf der Startseite anzuzeigen, sodass wir eine Seite einsparen. Die Anordnung der Formularelemente zur Suche platzieren wir prägnant in der Mitte.

#### 5.1.1 Der Prototyp des UE Projektberichts

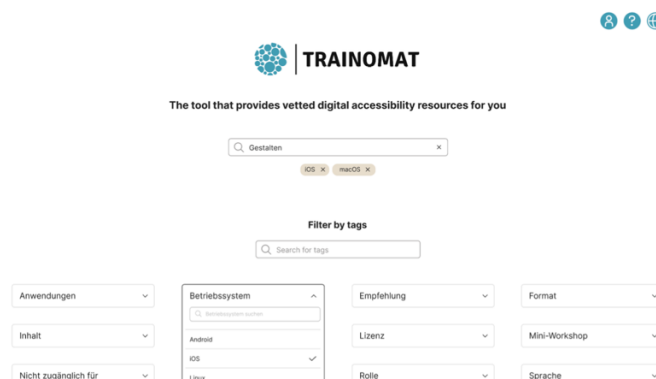


Abbildung 2: Startseite Prototyp Trainomat UE Projekt

Die Startseite des Prototyps aus dem Projektbericht bietet die Funktionalität, nach Ressourcen über eine Freitext-Suche sowie über eine Auswahl von Tags zu suchen. Zu sehen sind ausgewählte Tags unter dem Freitext-Suche-Feld. Tags können durch ein separates Suchelement durchsucht werden. Für jede Tag-Kategorie gibt es ein Dropdown-Menü, in dem die jeweiligen Tags zur Auswahl stehen. Suchergebnisse werden nicht angezeigt.

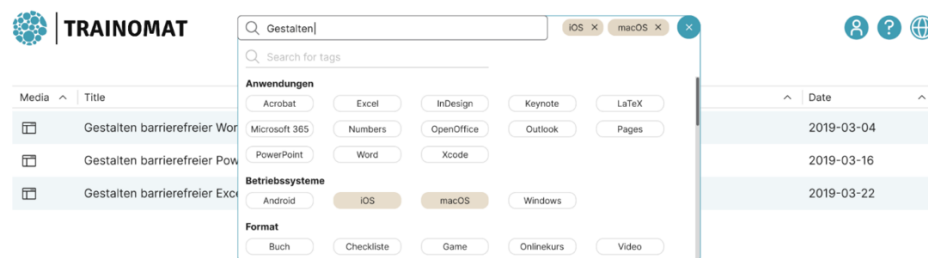


Abbildung 3: Suchergebnisse und Tag-Auswahlfeld Prototyp TRAINomat UE Projekt

Die Seite der Suchergebnisse zeigt das ausgeklappte Suchelement mit Freitext-Suche und Tag-Auswahl. Das Element befindet sich zwischen dem Logo und einer Anreihung von Buttons für verschiedene Funktionen. Ausgewählte Tags werden über einen braunen Hintergrund visualisiert. Im Hintergrund befindet sich eine Tabelle der aufgelisteten Suchergebnissen, mit einem Icon für den Typ der Ressource, den Titel, sowie das Datum. Die Funktion des Sortierens wird über Chevron-Grafikelemente im Tabellenkopf angedeutet.

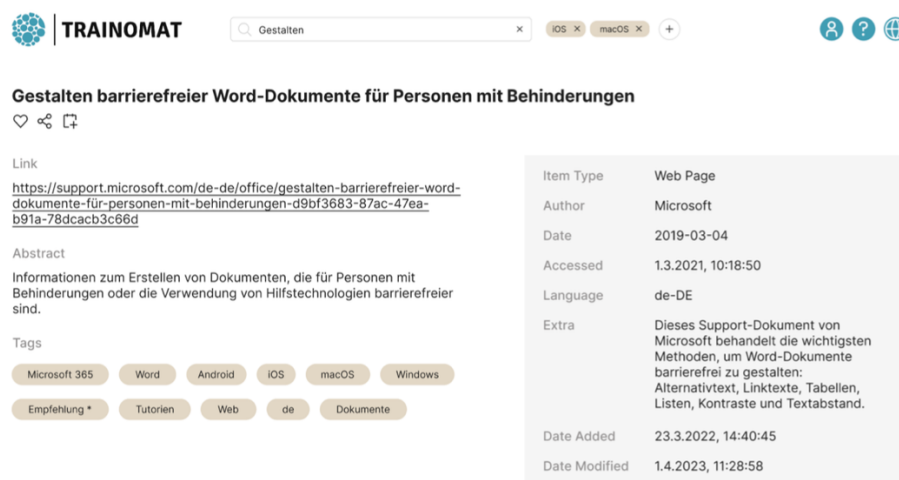


Abbildung 4: Detailansicht Prototyp TRAINomat UE Projekt

Nach der Auswahl einer Ressource öffnet sich die Detailansicht. Unterhalb der Überschrift, mit dazugehörigen Buttons zum Merken und Teilen der Ressource befindet sich ein zweidimensionales Layout, indem Informationen zur Ressource angezeigt werden. Die besonders relevanten Informationen befinden sich links. Angezeigt werden Link,

Abstract und eine Liste an Tags. Das Element zum Suchen befindet sich weiterhin auf der Seite, um Änderungen an der Suchanfrage zu tätigen.

### 5.1.2 Prototyp für die zu entwickelnde Anwendung

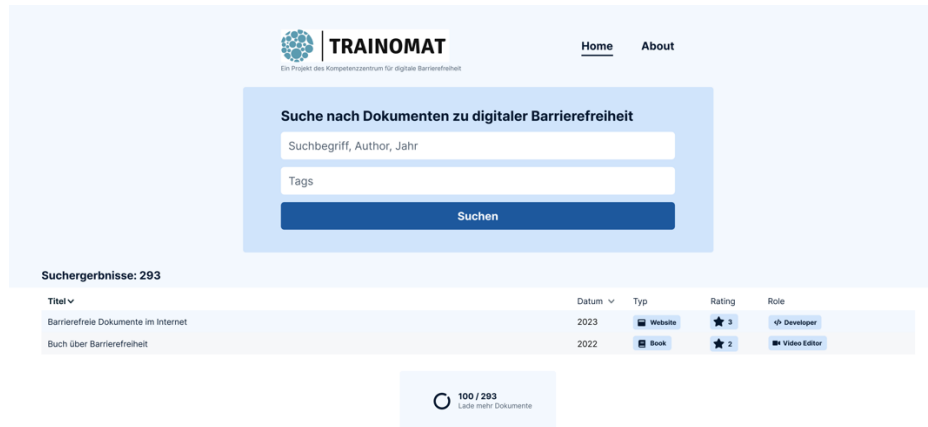


Abbildung 5: Prototyp TRAINomat 3 Startseite

Die finale Version der Startseite des Prototyps ist das Ergebnis mehrerer Iterationen in der Gestaltung. Sie dient als Vorlage für die Anwendung und wurde im Prozess der Implementierung kontinuierlich weiterentwickelt. Einheitlich wurde auf die Farbe Blau gesetzt, um das Gefühl einer zuverlässigen, technologisch hochwertigen Anwendung zu vermitteln.

Im Zentrum befindet sich deutlich und prägnant eine übersichtliche Überschrift, gefolgt von einem Suchelement mit Freitext-Suche und Tag-Auswahlfeld sowie einem Button mit der Aufschrift „Suchen“, um die verfügbare Aktion auf der Seite deutlich darzustellen. Darüber sind die Bild- und Schriftmarke der Anwendung sowie die Hauptnavigation für Startseite und Info-Seite platziert.

Die Suchergebnisse und die Sortierfunktion orientieren sich am Prototypen des Projektteams, wurden jedoch in der tatsächlichen Anwendung, aufgrund von Aussagen aus dem Nutzertest, anders umgesetzt. Das Element unter den Suchergebnissen zeigt den Indikator für das Laden von neuen Ressourcen an, der angezeigt wird, wenn das Ende der angezeigten Ressourcen erreicht wurde.



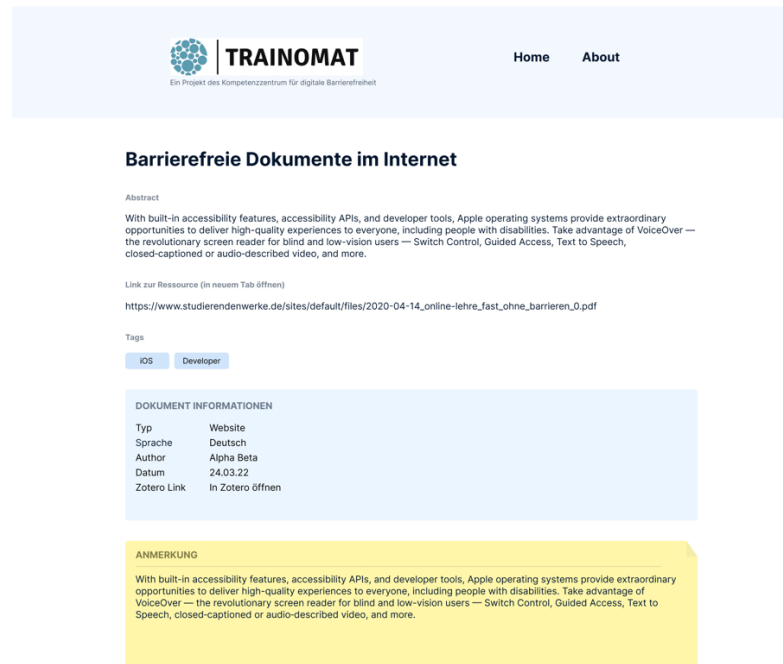


Abbildung 6: Prototyp TRAINomat 3 Detailansicht

Die Vor-Nutzertest-Version der Detailansicht des Prototyps, bevor finale Gestaltungsite-rationen durchgeführt wurden, weicht vom Prototyp des Projektteams ab, da die Infor-mationen eindimensional angeordnet sind. Wir haben zwar mit einer zweidimensionalen Anordnung der Elemente experimentiert, diese jedoch verworfen, um die Komplexität der Seite möglichst gering zu halten und Probleme für Nutzer von Screenreadern prophylaktisch zu vermeiden.

Für die übrige Gestaltung orientieren wir uns weiterhin am vorherigen Prototyp. Zusätz-lich integrieren wir ein Element zum Anzeigen von Anmerkungen zur Ressource. Dieses kann vom KfdB verwendet werden, um ein Kommentar zu den Ressourcen anzufügen. Der Link zum gesamten Prototyp in Figma ist im Anhang verfügbar.

## 5.2 Seiten

### 5.2.1 Seitenstruktur

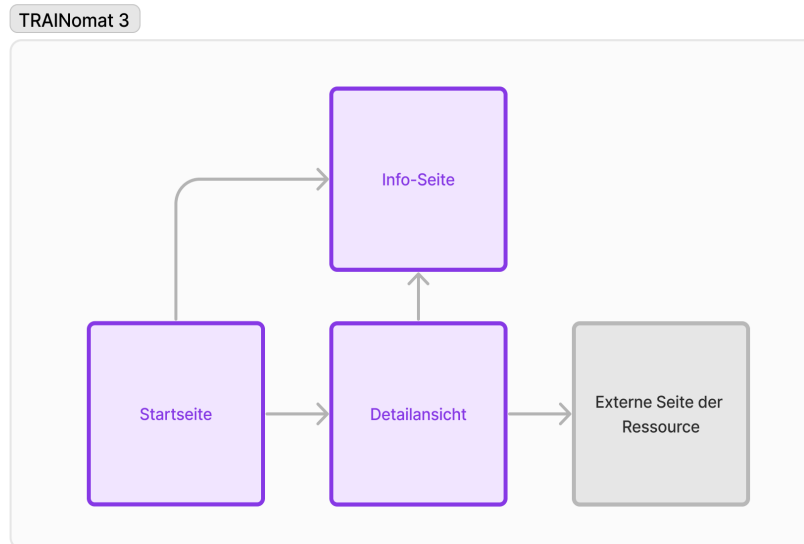


Abbildung 7: Seitenstruktur

Die Anwendung besteht aus drei Seiten. Die Startseite stellt dem Namen entsprechend den Ausgangspunkt der Anwendung dar. Von dieser kann man die Detailansicht einer Ressource öffnen, woraufhin man auf die eigentliche Ressource navigieren kann – diese öffnet sich in einem neuen Tab. Die Info-Seite ist von allen Seiten der Anwendung aus erreichbar, sodass bei Problemen jederzeit darauf zugegriffen werden kann.

## 5.2.2 Startseite



The screenshot shows the TRAINOMAT website homepage. At the top left is the TRAINOMAT logo with the tagline 'Eine Sammlung an Ressourcen zu digitaler Barrierefreiheit'. To the right are navigation links for 'Startseite' and 'Info'. The main content area features a search box titled 'Suche nach Ressourcen zu digitaler Barrierefreiheit' with a search input field, a 'Tags auswählen' dropdown, and a 'Suchen' button. Below the search box, it displays '477 Suchergebnisse' and a 'Sortieren' dropdown menu set to 'Neueste zuerst'. A table lists search results with columns for Titel, Datum, Autor, and Typ.

Titel	Datum	Autor	Typ
"Wir wollen nicht 16 Prozent der Menschen ausschließen": Apple-...	2023-11-26	Sarah Herrlinger	Interview
Stories of Web Users	2023-11-14	W3C Web Accessibility Initiativ...	Webpage
WCAG 2.2 Map - Intopia	2023-10-05	Chris Pycroft	Webpage
Barrierefreies Excel: Erweiterte Checkliste nach EN 301 549 — Ko...	2023-09-13	Christin Stormer, Gottfried Zim...	Document

Abbildung 8: Screenshot der Startseite

Die Startseite bildet den zentralen Punkt der Anwendung. Standardmäßig werden alle Ressourcen angezeigt. Durch die Eingabe von Suchbegriffen und/oder die Auswahl von einem oder mehreren Tags kann die Suche spezifiziert werden. Die Hauptnavigationselemente mit Navigationselementen zur Startseite und Info-Seite ist permanent in der Anwendung sichtbar. Das Logo dient zusätzlich als Navigationselement zur Startseite. Es besteht die Möglichkeit, die Ergebnisse nach Veröffentlichungsdatum der Ressource, Titel, Typ und dem Datum des Hinzufügens durch das KfB zu sortieren. Hierfür steht ein weiteres Dropdown-Menü zur Verfügung. Die Anzahl der Suchergebnisse wird in der dazugehörigen Überschrift angegeben. Die Suchergebnisse sind in einer Tabelle aufgeführt und zeigen Titel, Datum, Autor und Typ der Ressource an.

### 5.2.3 Detailansicht

The screenshot shows the detail view for the resource 'A11y Ally' in the TRAINOMAT application. At the top, the TRAINOMAT logo and tagline 'Eine Sammlung an Ressourcen zu digitaler Barrierefreiheit' are visible, along with navigation links for 'Startseite' and 'Info'. A back arrow labeled 'Zurück' is in the top left. The resource title 'A11y Ally' is prominently displayed. Below it is a blue button labeled 'Ressource öffnen' with the URL 'https://github.com/quittle/a11y-ally' and an external link icon. The 'Beschreibung' section states: 'A collection of tools to aid developers observe, verify, and test the accessibility of Android applications.' The 'Tags' section lists: '(B) Android', '(F) Webseite', '(I) Mobile Apps', '(I) Werkzeuge zur Barrierefreiheit', '(M) Easy-App-Check', '(S) en', and '(W1) Mobile-Apps'. A yellow note box contains an 'Anmerkung' (Note) stating: 'A11y Ally ist ein Hilfsmittel und Analyse Tool um Android Apps auf mögliche Barrieren zu untersuchen. Die App ist ein Open Source Projekt unter der Apache-2.0 Lizenz und kann ebenfalls kostenlos im Google Play Store heruntergeladen werden.' At the bottom, a 'Dokument Informationen' (Document Information) section lists: 'Typ: computerProgram', 'Sprache', 'Autor', 'Datum: 2023-01-14T20:43:54Z', and 'Zotero: In Zotero öffnen' with an external link icon.

Abbildung 9: Screenshot der Detailansicht

Die Detailansicht wird durch das Auswählen einer Ressource erreicht und zeigt alle relevanten Informationen an. Eine prägnante Überschrift und ein deutlich erkennbarer Button ermöglichen das Öffnen der Ressource. Die Beschreibung der Ressource sowie die zugehörigen Tags werden aufgeführt. Tags fungieren als Buttons, wodurch nach Ressourcen zu diesem Tag gesucht werden kann. Zwei Info-Boxen informieren über Anmerkungen, und tabellarisch werden allgemeine Informationen zur Ressource aufgeführt. Über das lokale Navigations-Element "Zurück" am oberen Teil der Anwendung kann zur vorherigen Seite zurücknavigiert werden, wobei die Sucheingaben beibehalten werden.

## 5.2.4 Info-Seite



**TRAINOMAT**  
Eine Sammlung an Ressourcen zu digitaler Barrierefreiheit

Startseite Info

### TRAINomat

Der TRAINomat ist ein Angebot des [Kompetenzzentrums für Digitale Barrierefreiheit](#) der Hochschule der Medien Stuttgart. In der Zotero-Bibliothek sind Ressourcen (Webseiten und Dokumente) verlinkt, die zur Weiterbildung in verschiedenen Bereichen der Digitalen Barrierefreiheit dienen. Man kann den TRAINomat über die Auswahl von Tags so einstellen, dass er nur Ressourcen für ganz bestimmte Anwendungsbereiche anzeigt.

### Tags

Jeder Eintrag im TRAINomat ist mit einem oder mehreren Tags versehen, die den Inhalt des Eintrags beschreiben. Durch Auswahl eines Tags werden nur die Dokumente, die mit diesem Tag versehen sind, angezeigt. Ein ausgewähltes Tag kann jederzeit wieder abgewählt werden. Durch die Auswahl mehrerer Tags kann die Auswahl weiter präzisiert werden. Beispiel: Mit den Tags (T) PDF und (Q) Einstieg werden Einträge zum Thema PDF angezeigt, die für Unerfahrene geeignet sind.

Einträge, die mit dem Tag (E) \* versehen sind, sind eine Empfehlung des Kompetenzzentrums.

Die Tags sind in verschiedene Kategorien unterteilt. Die Kategorie eines Tags wird durch seine Anfangsbuchstaben angezeigt:

Kategorie	Beschreibung
A	Anwendungen
B	Betriebssystem
E	Empfehlung
F	Format
I	Inhalt
K	Kosten

Abbildung 10: Screenshot der Info-Seite

Auf der Infoseite werden allgemeine Informationen über den TRAINomat und dessen Verwendung präsentiert. Der Fokus liegt darauf, die Tags und deren Kategorisierung verständlich zu machen. Die Tags werden basierend auf ihrer Kategorie in Tabellen gelistet. Ausgewählte Tags sind mit Beschreibungen versehen. Die Texte wurden dem Erklärungsschreiben des TRAINomat 2 entnommen.

## 5.3 Technologien

### 5.3.1 React-Router

Um die Navigation in Single-Page-Webanwendungen zu ermöglichen, wird eine Bibliothek benötigt. Dabei wird der Zustand der Anwendung in der URL simuliert und ermöglicht es, diesen zu speichern. Dies ist nützlich, um den Zustand der Anwendung (ausgewählte Tags) beizubehalten. Ebenso können wir die Parameter aus der URL nutzen, um die Datenabfragen an Zotero zu spezifizieren.

Die Komponenten in der Anwendung werden basierend auf dem aktuellen Pfad ausgetauscht, wodurch zwischen den verschiedenen Seiten der Anwendung gewechselt werden kann. In der Datei `Root.jsx` wird ein Outlet definiert, das verschiedene Komponenten basierend auf dem aktuellen Pfad anzeigt. Dies ermöglicht es, die AppBar permanent anzuzeigen, während die Unterseiten (Startseite, Detailansicht und Info-Seite) ausgetauscht werden können. (*Outlet - React Router*, o. J.)

Um zu einer anderen Seite zu navigieren, wird ein Link verwendet, der ähnlich wie ein `<a>` zum Navigieren genutzt wird. Ebenso kann eine `useNavigate`-Hook genutzt werden, um manuell zu navigieren. Das `NavLink`-Objekt kann verwendet werden, um Navigationsmenüs zu erstellen. Es bietet zusätzliche Funktionen, im Vergleich zum `Link`-Objekt, wodurch indiziert werden kann, ob ein Link in der AppBar aktuell ausgewählt ist. Basierend darauf kann eine passende CSS-Klasse aktiviert werden. Für das Übertragen von Daten eines Formulars wird die Funktionalität der `useSubmit`-Hook genutzt. (*useNavigate - React Router*, o. J.; *useSubmit - React Router*, o. J.)

### 5.3.2 React-Select

Um den Nutzern das Anzeigen und Auswählen von Tags zu ermöglichen, verwenden wir die Library `React-Select`. Mit dieser können wir die Tags im Auswahlfeld zweidimensional anzeigen. Dies entspricht dem Gestaltungsvorschlag aus dem Projektbericht. Da eine Vielzahl an Tags zur Auswahl stehen, können so mehr Tags auf einmal angezeigt werden. Die Library bietet Möglichkeiten, ein Auswahlfeld zu erstellen, das genau den Ansprüchen entspricht. Ein Nachteil ist, dass die Sprache bei der Verwendung eines Screenreaders nur auf Englisch wiedergegeben wird. Die Accessibility-Einstellungen sind begrenzt. Die Navigation funktioniert auch nur eindimensional und wird durch die Pfeiltasten Hoch/Runter genutzt, statt Auf/Ab, wie es sich durch das Anwenden von CSS auf das Element umgesetzt ist. Die Library stellt ein `<Select>` Element zur Verfügung, das mit Attributen ausgestattet werden kann. So definieren wir die Auswahl-Optionen und wie sie kategorisiert werden. Die Daten laden wir mit `React Query`. Mit einem `onChange`-Objekt lösen wir die Funktion aus, die ein Navigations-Event startet und auf die Startseite mit einer veränderten URL mit dem Tag navigiert. (*React-Select*, o. J.)

### 5.3.3 React-Query

Um Daten über die Zotero API zu beziehen, verwenden wir die Library `React-Query`. Die Verwendung einer externen Library ist mit `React` nicht zwingend notwendig, da Datenabfragen auch durch die Verwendung von `React-Lifecycle-Hooks` und der JavaScript nativen `Fetch API` möglich sind. (*AJAX and APIs – React*, o. J.; *Using the Fetch API - Web APIs | MDN*, 2023) Die Verwendung von `React-Query` ermöglicht uns allerdings Funktionalität, welche die Benutzererfahrung der Anwendung verbessern kann.

`React-Query` ermöglicht das Zwischenspeichern (Caching) von Daten. Beim Navigieren auf den Unterseiten werden Daten somit erhalten und müssen nicht vor dem Öffnen der Seite geladen sein. Bereits geladene Daten werden angezeigt. Im Hintergrund wird eine neue Suchanfrage gestartet, und sobald diese beendet ist, werden die aktuellsten Daten angezeigt. Die Anwendung fühlt sich damit deutlich schneller an, da nicht auf das Laden der Daten gewartet werden muss. Daten, die bereits geladen wurden, sind sofort verfügbar. Das Laden der aktuellsten Daten wird automatisch durchgeführt. (*Caching Examples | TanStack Query Docs*, o. J.)

Wir machen Gebrauch von der `useInfiniteQuery`-Funktion von React-Query. Die in der Sammlung des TRAINomat 3 gespeicherten Ressourcen übertreffen eine Anzahl von mehreren Hunderten. Diese möchten wir nicht alle auf einmal laden, da sie gegebenenfalls gar nicht alle benötigt werden. Auch Zotero selbst erlaubt es nicht, pro Suchanfrage mehr als 100 Ressourcen abzufragen. Das Abfragen von Daten geschieht im TRAINomat 3 für die Tags und für die Ressourcen. Neue Ressourcen werden geladen, sobald das Ende der Tabelle erreicht wurde. Daraufhin sollen weitere Ressourcen geladen und angezeigt werden. Die `useInfiniteQuery`-Funktion ermöglicht die Definition eines Startparameters, der bei der Datenabfrage mitgeschickt wird und sich nach Ausführung der Anfrage erhöht, um bei der nächsten Abfrage den nächsten Teil der Daten abzufragen. (*useInfiniteQuery | TanStack Query Docs, o. J.*)

Die `useInfiniteQuery`-Funktion stellt einen Statusparameter bereit, der sich basierend auf dem aktuellen Zustand verändert. Bei einer aktuellen Suchanfrage gibt der Status die Variable "`loading`" zurück. Diese verwenden wir im TRAINomat 3, um eine Animation im Such-Button anzuzeigen und darauf hinzuweisen, dass aktuell nach Daten gesucht wird. (*useInfiniteQuery | TanStack Query Docs, o. J.*)

Auch im Entwicklungsprozess unterstützt React-Query. Die Library bietet eine Benutzeroberfläche, die unter anderem dazu genutzt werden kann, um sich die Dateistruktur der Suchanfragen anzusehen. Beim Suchen nach Fehlern ist dies hilfreich. Es unterstützt dabei, die Datenstruktur der Antwort einer Suchanfrage von Zotero besser zu verstehen. (*Devtools | TanStack Query Docs, o. J.*)

## 5.4 Komponenten

### 5.4.1 Hauptnavigationsleiste

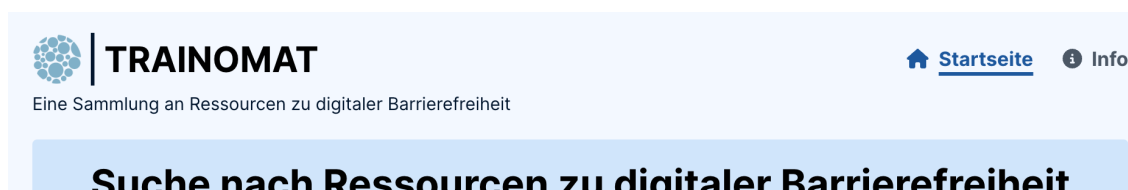


Abbildung 11: Screenshot Hauptnavigationsleiste

Die Hauptnavigationsleiste befindet sich permanent auf jeder Seite. Sie ist in zwei Teile aufgebaut: Links befindet sich das Logo der Anwendung, das zusätzlich als Bedienelement zur Startseite dient. Rechts ist die Hauptnavigation mit Links zur Startseite und zur Infoseite.

```
<>
  <AppBar />
  <Outlet />
</>
```

Abbildung 12: Root.jsx mit AppBar und Outlet

Um die Funktionalität umzusetzen, dass die Leiste permanent zu sehen ist, definieren wir in der Ausgangsdatei `Root.jsx` ein Outlet, das durch React-Router zur Verfügung gestellt wird. Somit ist die AppBar permanent zu sehen, und nur die Unterseiten im Outlet werden angepasst.

```
const router = createBrowserRouter([
  {
    path: "/",
    element: <Root />,
    children: [
      {
        path: "/",
        element: <Home />,
      },
      {
        path: "items/:itemId",
        element: <ItemDetail />,
      },
      {
        path: "/info",
        element: <Info />,
      },
    ],
  },
]);
```

Abbildung 13: Anordnungsstruktur der Komponenten

Die Unterseiten, die im Outlet angezeigt werden können, sind in der darüber liegenden Datei `main.jsx` über die `createBrowserRouter`-Funktion von React-Router definiert. Das Element `<Root>` beinhaltet das Outlet, darunter liegen die Komponenten der Unterseiten.



## 5.4.2 Suchformular

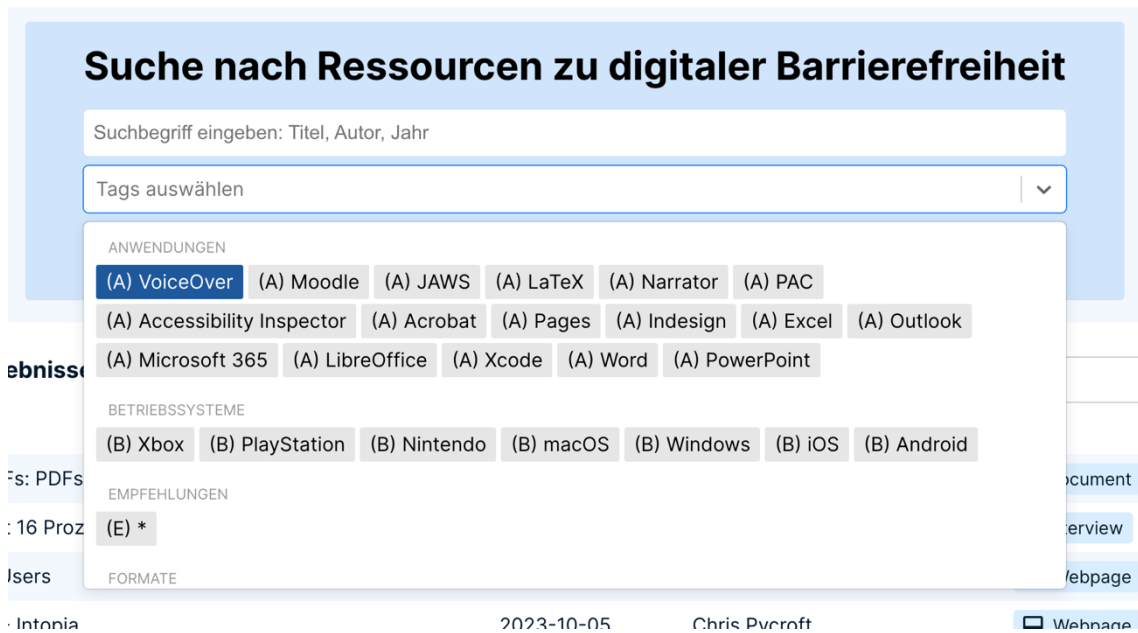


Abbildung 14: Screenshot Suchformular

Die Möglichkeit, nach Ressourcen zu suchen, wird über das Suchformular realisiert. Das Formular befindet sich auf der Startseite. Es ist aufgebaut durch eine Überschrift, ein Suchfeld, eine Tag-Auswahlbox und einen Button. Die Überschrift vermittelt dem Nutzer, welche Aktion getätigt werden kann. Das Suchfeld für die Freitextsuche ist durch ein HTML-Input-Element umgesetzt, und die Tag-Auswahlbox ist durch die Verwendung der React-Select Library realisiert.

```
<Select
  name="tags"
  options={groupedTags}
  isMulti
  placeholder="Tags auswählen"
  closeMenuOnSelect={true}
  value={selectedTags}
  hideSelectedOptions={false}
  onChange={(selectedValue, action) => {
    const tagString =
      selectedValue.length > 0
        ? selectedValue.reduce((acc, tag) => {
            return `${acc}&tags=${tag.value}`;
          }, "")
        : "";
    setSelectedTags(selectedValue);
    submit(`?q=${inputValue}${tagString}`);
  }}
  styles={{
    control: (baseStyles, state) => ({
      ...baseStyles,
      border: "none",
    }),
  }},
```

Abbildung 15: React-Select Tag-Auswahlbox, JSX Code Snippet

Die React-Select Library stellt das `<Select>` Element zur Verfügung. Die Auswahl-Optionen werden über den Parameter `options` bereitgestellt. Der Parameter `isMulti` gibt an, dass mehrere Optionen ausgewählt werden können. Der Parameter `closeMenuOnSelect` ist auf `true` gesetzt, sodass sich das Auswahlfeld schließt, sobald eine Option gewählt wurde. Der Parameter `hideSelectedOptions` ist auf `false` gesetzt, sodass ausgewählte Optionen in der Auswahlbox weiterhin sichtbar sind. Beim Auswählen eines Tags wird durch den `onChange`-Parameter automatisch eine Suchanfrage abgeschickt, sodass die Einträge möglichst schnell verfügbar sind. Auf diese Weise muss der Nutzer nicht den Suchen-Button betätigen. Die Library bietet umfangreiche Möglichkeiten, die einzelnen Teile der Komponente mit CSS-Stilen zu personalisieren.

### 5.4.3 Suchergebnisse

13 Suchergebnisse				Sortieren
Titel	Datum	Autor	Typ	Neueste zuerst
Barrierefreies PowerPoint: Erweiterte Checkliste nach EN 301 549 ...	2023-05-15	Christin Stormer, Gottfried Zim...	Document	
Kontraste und Farben	2023	Landeskompetenzzentrum für b...	Webpage	
Quick Guide: barrierefreie PowerPoint-Folien	2022	agnes@work / DVBS	Document	
Checkliste Barrierefreie Präsentationen	2021	Christophe Strobbe	Webpage	
Creating accessible content in Office 365	2020-10-28	Microsoft (MSFTEnable)	Video Recording	
Barrierefreie Dokumente erstellen mit Office 365/Microsoft 365	29. Januar.	Heike Hofert	Webpage	

Abbildung 16: Screenshot Suchergebnisse

Die Suchergebnisse werden auf der Startseite unterhalb des Suchformulars in einer Tabelle angezeigt. Sie werden von einer Überschrift mit der Anzahl der gefundenen Ergebnisse und einem Dropdown-Menü zur Sortierung begleitet. Das Dropdown-Menü ist erneut durch die React-Select Library umgesetzt, um eine konsistente Gestaltung der Anwendung zu realisieren. Sobald das Ende der Tabelle erreicht wurde, werden neue Suchergebnisse geladen.

```

<tbody>
  {items.pages.map((page) => {
    return (
      <React.Fragment key={page.nextId}>
        {page.data.map((item, index) => {
          return <ListItem item={item} index={index} key={index} />;
        })}
      </React.Fragment>
    );
  })}
</tbody>

```

Abbildung 17: Generieren der Listeneinträge durch die JavaScript Map-Funktion

Die Suchergebnisse werden über die Daten der API mithilfe einer Map-Funktion innerhalb des `tbody` der Tabelle angezeigt. Im Body der Tabelle befinden sich die eigentlichen Daten, die angezeigt werden sollen. Da die Daten über die React-Query-Library geladen werden und die Funktion `useInfiniteQuery` verwendet wird, sind die Daten in Seiten strukturiert. (`useInfiniteQuery` | *TanStack Query Docs*, o. J.) Da alle Daten angezeigt werden sollen, wird die erste Map-Funktion verwendet. Für jeden Eintrag aus allen Seiten soll ein Listenelement angezeigt werden. Dies wird durch die zweite Map-Funktion realisiert. Um keine unnötigen HTML-Elemente zu erzeugen, wird ein Fragment-Element

von React verwendet. Dadurch wird gewährleistet, dass es beim Auslesen der Daten mit einem Screenreader nicht zu Barrieren kommt. (*Fragments – React*, o. J.)

```
<td className={styles.date}>
  <span>
    {item.data.date && isMobile
      ? item.data.date?.slice(0, 4)
      : item.data.date?.slice(0, 10)}
  </span>
</td>
```

Abbildung 18: Tabelleneintrag des Datums innerhalb des ListItem-Elements

Schließlich sollen die Informationen angezeigt werden. Die Informationen zum Datum einer Ressource befinden sich in der Datenstruktur `item.data.date`. In diesem Beispiel gibt es zwei Varianten, das Datum anzuzeigen. Mit `isMobile` wurde eine eigene React-Hook erstellt, der überprüft, ob die Anwendung auf einem Gerät mit geringer Bildschirmbreite genutzt wird. Sollte dies der Fall sein, wird das Datum verkürzt angezeigt, um Platz zu sparen. Dabei werden nur die ersten 4 Ziffern durch die `slice`-Operation von JavaScript angezeigt.

#### 5.4.4 Sortieren

Die Suchergebnisse können über ein Dropdown-Menü sortiert werden.

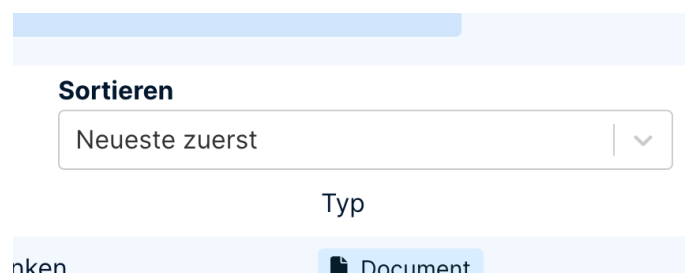


Abbildung 19: Bedienelement zum Sortieren der Suchergebnisse

Als Bedienelement dient ein `<Select>` Element von React-Select. Ressourcen können nach Titel, Datum, Datum des Hinzufügens und Typ sortiert werden um die Ergebnisse benutzerdefiniert anzeigen zu lassen. Ursprünglich wurde die Bedienung der Sortierfunktion über Anklicken der Tabellen Überschriften ausgeführt. Nach geäußerter Kritik während des Nutzertests wurde die Umsetzung der Funktion durch das Menü geändert.

```
function handleSort(sortParam) {  
  navigate(  
    `?q=${q}&tags=${tags}&sort=${sortParam.zoteroValue}  
    &direction=${sortParam.direction}`  
  );  
}
```

Abbildung 20: Funktion zum Navigieren mit React-Router mit Suchparametern

Durch das Verfolgen des Zustands in der URL können wir Nutzereingaben zwischen Navigationsschritten beibehalten. Außerdem kann die URL an Interessenten gesendet werden. Durch Auswählen einer Option zum Sortieren wird ein Navigationselement gestartet. In der URL sind die Parameter enthalten, welche beim erfolgreichen Navigieren auf die Startseite in der Suchanfrage über React-Query an die Zotero API übermittelt werden.

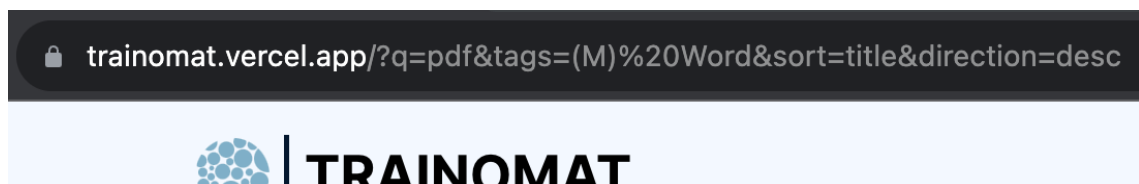


Abbildung 21: URL des TRAINomat 3 mit Suchparametern für den Suchbegriff, Tags und Sortierung

In der URL der Anwendung befinden sich Suchbegriff, ausgewählte Tags und die Parameter zum Sortieren. So können Tags vorab ausgewählt werden und zu bestimmten Themen mit Interessenten geteilt werden.

### 5.4.5 Tags

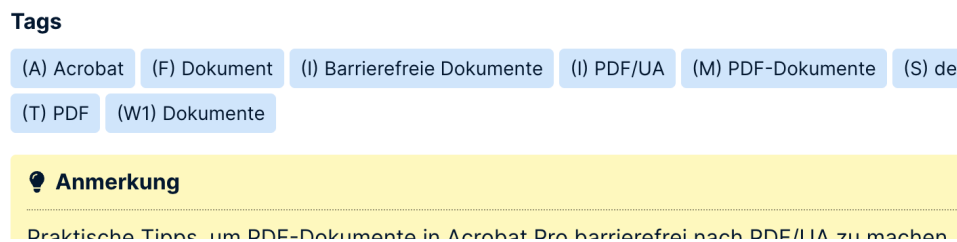


Abbildung 22: Screenshot Tags

Die Tags werden in der Detailansicht aufgelistet und navigieren nach einem Klick zu den Suchergebnissen für alle Ressourcen des Tags.

```
<span
  role="button"
  tabIndex={0}
  onKeyDown={(e) => {
    if (e.key === "Enter") {
      navigate(`/tags=${tag}`);
    }
  }}
  onClick={() => navigate(`/tags=${tag}`)}
  className={styles.tag}
  aria-label={`Filtern nach Tag: ${tag}`}
>
  {tag}
</span>
```

Abbildung 23: Tag-Element

Die Funktion zum Navigieren zu den Suchergebnissen für den bestimmten Tag wird im `onClick`-Parameter festgelegt. Hier wird die `navigate`-Funktion von React-Router genutzt, um programmatisch einen Seitenwechsel zu machen. Um das Element auch ohne Maus, mit der Tastatur und somit anderen Eingabemöglichkeiten zu ermöglichen, definieren wir 0 als `tabIndex`, um das Element auswählen zu können. Anschließend definieren wir die Funktionalität des Elements beim Auslösen der Enter-Taste. Die Funktionalität für Klicken und Auswählen über Enter ist dieselbe.

## 5.5 Datenabfrage

### 5.5.1 Tags

```
const { data, isLoading, fetchNextPage, hasNextPage } = useInfiniteQuery({
  queryKey: ["tags"],
  queryFn: async ({ pageParam = 0 }) => {
    const url = new URL(`https://api.zotero.org/groups/4624031/tags`);
    url.searchParams.append("limit", 100);
    url.searchParams.append("start", pageParam);

    const response = await fetch(url);

    const linkHeader = response.headers.get("Link");
    const nextPageLink =
      linkHeader && linkHeader.match(/<([^\>]+)>; rel="next"/);
    const nextCursorFromLink =
      nextPageLink && new URL(nextPageLink[1]).searchParams.get("start");

    return {
      data: await response.json(),
      nextId: nextCursorFromLink || null,
    };
  },
  getNextPageParam: (lastPage, pages) => lastPage.nextId,
});

// useEffect verwenden, um fetchNextPage nach dem ersten Laden aufzurufen
useEffect(() => {
  if (!isLoading && hasNextPage) {
    fetchNextPage();
  }
}, [isLoading]);
```

Abbildung 24: Suchanfrage an die Zotero API mit React-Query zum Laden der Tags

Die Tags der Zotero-Gruppenbibliothek werden mithilfe der React-Query Library abgefragt, um sie in der SearchBar-Komponente im Auswahlfeld anzuzeigen. Da Zotero maximal 100 Einträge pro Datenabfrage zurücksendet, während jedoch alle Einträge benötigt werden, kommt die `useInfiniteQuery`-Funktion von React-Query zum Einsatz. Beim Öffnen der Startseite wird die Suchanfrage zum Laden der Tags automatisch initiiert. Ein React Hook wird verwendet, um Änderungen des `isLoading`-Parameters zu überwachen. Unter der Voraussetzung, dass es mehr als 100 Tags gibt, werden so lange weitere Suchanfragen gestartet, bis alle Tags geladen wurden. Aus dem Header der erfolgreichen Suchanfragen wird der Parameter der zuletzt geladenen Ressource identifiziert.

## 6 Nutzertest

Im Rahmen der Evaluierung des TRAINomat 3 erfolgt neben dem BIK BITV Test, einem analytischen Verfahren zur Überprüfung vorgegebener Richtlinien, zusätzlich ein empirisches Verfahren durch Nutzertests. Dabei werden der TRAINomat 3 und sein Vorgänger, der TRAINomat 2 (welcher die Zotero Webanwendung nutzt), verglichen. Durch die Durchführung des Nutzertests, der anonym durchgeführt wird, und die Anwendung des User Experience Questionnaires wird untersucht, ob die neu entwickelte Anwendung den Nutzern besser gefällt. Der Fokus liegt dabei auf der Identifikation von Usability-Problemen, sowie der Benutzerfreundlichkeit des TRAINomat 3 im Vergleich zu Zotero.

### 6.1 Probanden

#### 6.1.1 Rekrutierung

Probanden wurden einerseits über die von Prof. Dr. Zimmermann veranstaltete Vorlesung "Usability Engineering" rekrutiert, in der sie verpflichtet waren, an mindestens einem Nutzertest teilzunehmen. Zusätzlich wurde durch Prof. Dr. Zimmermann ein blinder Proband rekrutiert, der als Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Kompetenzzentrum für digitale Barrierefreiheit tätig ist. Die restlichen fünf der neun Probanden wurden aus dem persönlichen Umfeld des Studienleiters gewonnen.

#### 6.1.2 Eigenschaften

Durch die Erhebung von personenbezogenen Daten ergibt sich, dass die Probanden im Alter von 21 bis 55 Jahren sind. Alle Probanden sind entweder berufstätig, studieren oder befinden sich in einer Berufsausbildung. Assistive Technologie zum Benutzen von Browsern wird von einem der Probanden genutzt.

### 6.2 Aufbau des Nutzertests

Zu Beginn des Nutzertests wurden die Probanden begrüßt, erhielten eine Einleitung in das Thema und wurden über den Ablauf des Tests informiert. Des Weiteren wurde den Probanden der Zweck des Nutzertests erläutert, und die Fachbegriffe "Barrierefreiheit", "Webanwendung" und "User Experience Questionnaire" erklärt. Den Probanden wurde eine Einverständniserklärung vorgelegt, die sie über die Studie informiert und eine Genehmigung zur Nutzung ihrer Daten einholt.

Eingeleitet wurde der Nutzertest mit dem Fragebogen 1, der die Vorerfahrung der Probanden sowie deren Erwartungen an eine Webanwendung abfragt.

Der Hauptteil des Nutzertests besteht aus zwei Blöcken mit jeweils drei Teilen, die für beide getesteten Anwendungen identisch sind. Die Anwendungen wurden durch das Ausführen von Aufgaben getestet. Dabei wurde die Think-Aloud-Methode angewendet, bei der die Probanden gebeten wurden, ihre Gedanken und ihr Vorgehen zur Erledigung



der Aufgaben laut auszusprechen. Im Anschluss an die Aufgaben für die jeweilige Anwendung wurde ein UEQ in Langform ausgefüllt. Anschließend wurde mit den Probanden der Fragebogen 2 durchgeführt, in dem sie nach ihren Erfahrungen zur Anwendung befragt wurden. Die Reihenfolge der Anwendungen wurde mit jedem Probanden getauscht, um mögliche Einflüsse dieser Reihenfolge auf die Ergebnisse zu minimieren und somit die Validität der Testergebnisse zu gewährleisten.

Der Nutzertest wurde sowohl in den Räumlichkeiten des Kompetenzzentrums in der Nobelstraße 5 in einem speziell dafür vorgesehenen Raum als auch in der privaten Wohnung des Studienleiters durchgeführt. Dementsprechend erfolgte lediglich ein Standortwechsel, und die Testbedingungen blieben nach bestem Gewissen unverändert.

Die Bearbeitung der Aufgaben durch die Probanden wurden mit Screenrecording und Audioaufnahmen festgehalten, um die Möglichkeit zu haben, darauf zurückzugreifen. Metriken wie Klicks, oder Zeit wurden nicht gemessen.

## **6.3 Auswertung Fragebogen 1**

### **6.3.1 Vorerfahrungen der Probanden**

Ausreichende Vorerfahrung für das Bewältigen der Tests ist gegeben, da alle Probanden im zuvor durchgeführten Fragebogen 1 angegeben haben, mindestens einmal täglich einen Webbrowser zu verwenden.

Von den neun Probanden haben vier angegeben, in der Vergangenheit bereits nach Ressourcen zur digitalen Barrierefreiheit gesucht zu haben. Dies geschah entweder im Rahmen einer Vorlesung oder aus beruflichen Gründen. Die Vorgehensweise dabei war in allen Fällen sehr ähnlich. Es wurde angegeben, dass entweder Quellen vorhanden waren, in denen man Ressourcen finden kann, oder dass man sich durch eine klassische Internetrecherche gearbeitet hat.

### **6.3.2 Erwartungen der Probanden an eine Webanwendung**

Die Probanden äußerten alle ähnliche Erwartungen an eine Webanwendung. Für sie ist eine klare und verständliche Struktur der Website wichtig, um ihre Ziele schnell zu erreichen. Ebenso legen sie Wert darauf, dass der Zustand von Benutzereingaben durch Navigieren auf der Website nicht überraschend verschwindet. Die Probanden betonen, dass die Geschwindigkeit der Webanwendung von großer Bedeutung ist, und grelle und aufdringliche Farben vermieden werden sollten.

## 6.4 Auswertung der Use-Cases

### 6.4.1 Aufgabenteil 1

Tabelle 1: Ergebnis Aufgabenteil 1

Aufgabe	Erfolgreich für TRAINomat 3	Erfolgreich für Zotero
1.1	9/9	9/9
1.2	9/9	9/9

Aufgabenteil 1 wurde möglichst einfach gestaltet. Die Probanden sollten die Anwendung öffnen und erhielten eine Minute Zeit, um sich damit vertraut zu machen. Beide Aufgaben konnten von allen Probanden erfolgreich ausgeführt werden.

### 6.4.2 Aufgabenteil 2

Tabelle 2: Ergebnis Aufgabenteil 2

Aufgabe	Erfolgreich für TRAINomat 3	Erfolgreich für Zotero
2.1	9/9	7/9
2.2	9/9	9/9

In Aufgabenteil 2 wurde die Suchfunktion getestet. Zwei der neun Probanden konnten die Aufgabenstellung zur Suche mit dem Suchbegriff "pdf" in der Zotero-Anwendung nicht erfolgreich durchführen, da sie den Suchbegriff im Feld für die Suche nach Tags unten links eingaben, anstatt im Suchfeld oben rechts zu suchen.

### 6.4.3 Aufgabenteil 3

Tabelle 3: Ergebnis Aufgabenteil 3

Aufgabe	Erfolgreich für TRAINomat 3	Erfolgreich für Zotero
3.1	9/9	6/9
3.2	9/9	7/9
3.3	9/9	9/9
3.4	9/9	9/9
3.5	9/9	9/9
3.6	9/9	9/9
3.7	8/9	9/9
3.8	9/9	9/9
3.9	9/9	8/9

Aufgabenteil 3 testet die Tag-Suche, die Sortier-Funktion über den Titel, sowie die Info-Ansicht mit Informationen zur Ressource. Dabei hatten Probanden vor allem bei der Zotero-Anwendung Probleme, über die Tag-Suche nach Ressourcen zu suchen. Auch das Sortieren bereitete Probleme. Für den TRAINomat hatte ein Proband Schwierigkeiten, auf der Detailansicht die richtige URL zu finden.

#### 6.4.4 Aufgabenteil 4

Tabelle 4: Ergebnis Aufgabenteil 4

Aufgabe	Erfolgreich für TRAINomat 3	Erfolgreich für Zotero
4.1	9/9	8/9
4.2	9/9	9/9
4.3	9/9	9/9
4.4	9/9	9/9
4.5	9/9	9/9
4.6	9/9	6/9
4.7	9/9	9/9

Aufgabenteil 4 testet eine Kombination von Aufgaben. Probanden sollten über Freitext- und Tag-Suche nach Ressourcen suchen, diese basierend auf dem Datum sortieren und anschließend über die Tag-Suche nach ähnlichen Ressourcen suchen. Dabei hatten die Probanden bei Zotero das Problem, nicht zu erkennen, welche Tags noch aktiv sind.

## 6.5 Auswertung Fragebogen 2

Die Fragen des Fragebogens 2 wurden jeweils für beide Anwendungen nach den Use-Cases gestellt. Da die Fragen sehr offen formuliert wurden und sich die Antworten nicht durch die Fragestellungen kategorisieren lassen, fassen wir die Aussagen der Probanden in jeweils zwei Tabellen für beide Anwendungen zusammen. Wir listen positive sowie negative Aussagen für die beiden Anwendungen auf, ebenso wie die Verbesserungsvorschläge. Abschließend betrachten wir den Vergleich, welche Anwendungen die Probanden empfehlen würden.

### 6.5.1 Positive Anmerkungen zum TRAINomat 3

Tabelle 5: Ergebnis Fragebogen 2 - Positive Anmerkungen TRAINomat 3

Kategorie	Häufigkeit	Aussagen
Übersichtliches / intuitives Layout	9	„Suchfeld und Tagauswahl sind nebeneinander“, „Alles ist klar strukturiert“, „Es ist einfach“

<b>Filter-Funktion</b>	4	„Schnell finden, was man braucht“, „Das Löschen von Tags ist einfach“
<b>Icons</b>	3	„Die Icons sind, besonders durch die Beschriftung, klar zu erkennen“
<b>Neue Seite</b>	2	„Gut, dass sich für die Infos eine neue Seite öffnet“,
<b>Umfangreich</b>	1	„Ich finde, die Anwendung ist umfangreich“
<b>Farben</b>	1	„Mir gefallen die Farben“

Alle Probanden haben in verschiedenen Varianten geäußert, dass sie die Anwendung übersichtlich finden und ihnen das Layout gut gefällt. Es gab ebenso positive Rückmeldungen zu den Icons, die durch eine zusätzliche Beschriftung den Typ der Ressource kennzeichnen. Einigen Probanden hat gefallen, dass sich eine neue Seite öffnet, auf der die Informationen zur Ressource angezeigt werden. Die Farbgebung wurde von einem Probanden ebenfalls positiv kommentiert.

### 6.5.2 Negative Anmerkungen zum TRAINomat 3

Tabelle 6: Ergebnis Fragebogen 2 - Negative Anmerkungen TRAINomat 3

Kategorie	Häufigkeit	Aussagen
<b>Detailansicht</b>	5	„fühlt sich leer an“, „Der Link zur Ressource ist nicht erkennbar“
<b>Sortieren</b>	3	„zu kompliziert“, „sollte ein Drop-Down Menü sein“
<b>Logo nicht klickbar</b>	3	„Ich möchte das Logo klicken, um zur Startseite zu gelangen“
<b>Tag Kategorien</b>	2	„Umsetzung von (A) ist nicht gut“
<b>Tags</b>	1	„Ich verstehe nicht wie die Tags funktionieren“
<b>Whitespace</b>	1	„Platz könnte effektiver genutzt werden“
<b>Alphabetische Gruppierung</b>	1	„Gruppierung alphabetisch sortierter Suchergebnisse fehlt“
<b>Hauptnavigation Sprache</b>	1	„Die Navigationselemente ‚Home‘ und ‚About‘ sollten auf deutsch sein“
<b>Verwirrende Notiz in Detailansicht</b>	1	„Kann ich hier meine eigenen Notizen anlegen?“
<b>Fehlende Bookmark Funktion</b>	1	„Ich würde Ressourcen gerne für später Speichern“
<b>Öffnen neuer Seite</b>	1	„Ich mag es nicht, dass sich eine neue Seite für die Infos zu einer Ressource öffnet“

Es wurden einige negative Aspekte des TRAINomat genannt. Dabei sticht vor allem die Detailansicht heraus, auf der die Probanden Probleme hatten, die URL zur Ressource zu finden. Auch wurde die Erscheinung der gesamten Seite bemängelt. Ebenso gab es

Kritik an der Sortier-Funktion. Mehrere Probanden äußerten den Wunsch, über das Logo zur Startseite navigieren zu wollen. Die Einteilung der Tags in Kategorien durch die in Klammern gesetzten Anfangsbuchstaben war für einige Probanden nicht verständlich.

### 6.5.3 Positive Anmerkungen zu Zotero

Tabelle 7: Ergebnis Fragebogen 2 – Positive Anmerkungen Zotero

Kategorie	Häufigkeit	Aussagen
<b>Umfangreich</b>	7	„Viele Informationen zu den Ressourcen“, „Viele Informationen zu Zotero selbst“, „Umfangreiches Angebot an Funktionen“
<b>Tags</b>	2	„schnell auswählen und durch Scrollen“
<b>Leichte, intuitive Bedienbarkeit</b>	1	„Ich finde die Anwendung ist leicht zu bedienen“
<b>Icons</b>	1	„Durch die Icons erkenne ich, was sich hinter der Ressource versteckt“
<b>Filterfunktion</b>	1	„Durch die Filter kann ich meine Suchkriterien genau spezifizieren“
<b>Suchfunktion</b>	1	„Die komplexe Suchfunktion ermöglicht es mir genau die Ressourcen zu finden, die ich suche“

Den Probanden hat gefallen, dass es zur Anwendung selbst sowie zu den Ressourcen deutlich mehr Informationen gab. Auch ist ihnen aufgefallen, dass Zotero deutlich mehr Funktionalität bietet. Die Tags haben den Probanden gefallen. Vereinzelt wurde die intuitive Bedienbarkeit gelobt, die Icons zur Ressource sowie die Filter- und Suchfunktion.

### 6.5.4 Negative Anmerkungen zu Zotero

Tabelle 8: Ergebnis Fragebogen 2 - Negative Anmerkungen Zotero

Kategorie	Häufigkeit	Aussagen
<b>Layout</b>	5	„es ist unübersichtlich“
<b>Anordnung Tagauswahl</b>	5	„Tagauswahl und Suchleiste sind zu weiter voneinander entfernt“
<b>Tags Kategorien</b>	2	„Ich verstehe die Kategorien nicht“
<b>Icons</b>	2	„Ich verstehe nicht was die Icons bedeuten“
<b>Sortierfunktion</b>	1	„Es ist schwer zu erkennen, wie man Sortiert“
<b>Steile Lernkurve</b>	1	„Die Anwendung benötigt Übung“
<b>Kontrast, Farben</b>	1	„Alles ist Grau, der Kontrast ist zu niedrig“
<b>Screenreader</b>	1	„Mit einem Screenreader kann ich die Anwendung nicht nutzen“
<b>Alphabetische Gruppierung</b>	1	„Titel mit unterschiedlichen Anfangsbuchstaben sollten voneinander getrennt sein.“

Die Mehrheit der Probanden hat geäußert, die Anwendung als unübersichtlich zu empfinden. Die Anordnung des Tagauswahl-Elements wurde ebenfalls bemängelt. Auch in der Zotero-Anwendung wurde die Kategorisierung der Tags nicht verstanden. Unter anderem wurden auch die Icons kritisiert, ebenso die graue und kontrastarme Gestaltung.

### 6.5.5 Verbesserungsvorschläge zum TRAINomat 3

Folgende Verbesserungsvorschläge wurden zum TRAINomat 3 geäußert:

- Bild- und Schriftmarke als Navigationselement zur Startseite
- Link zur Ressource deutlicher hervorheben
- Sortieren nach Titel und Datum als Dropdown Menü anzeigen
- Erhalten neuer Suchergebnisse sollte deutlicher sein
- Übersetzen der Hauptnavigationselemente von englisch auf deutsch
- Implementierung der Info-Seite
- Notiz-Element weniger verwirrend
- Funktion zum Versehen von Einträgen mit einem „Lesezeichen“
- Entfernung des Suchen-Buttons
- Ansprechendere Gestaltung der Detailansicht
- Die Darstellung aller Informationen zur Ressource soll ohne Seitenwechsel stattfinden

### 6.5.6 Verbesserungsvorschläge zu Zotero

Folgende Verbesserungsvorschläge wurden zu Zotero 3 geäußert:

- Seitenleiste nur anzeigen, wenn eine Ressource ausgewählt ist
- Tagauswahl und Sucheingabe näher zusammenrücken
- Weniger Infos auf einmal anzeigen
- Kategorisierung der Tags intuitiver gestalten
- Kontrast erhöhen
- Zugänglichkeit für Screenreader sicherstellen
- Anordnung der Bereiche ändern
- Funktion zum Versehen von Einträgen mit einem „Lesezeichen“
- Icons tauschen, um sie universell erkennbar zu machen
- Zurücksetzen aller Suchparameter mit einem Klick
- Aktivierte Tags deutlicher darstellen

### 6.5.7 Empfehlungswürdigkeit der Anwendungen

Tabelle 9: Ausgesprochene Empfehlung für die jeweilige Anwendung

Anwendung	Empfehlung	Anzahl der Probanden
TRAINomat 3	Uneingeschränkt	9/9
TRAINomat 3	Eingeschränkt	0/9

<b>TRAINomat 3</b>	Keine Empfehlung	0/9
<b>Zotero</b>	Uneingeschränkt	2/9
<b>Zotero</b>	Eingeschränkt	6/9
<b>Zotero</b>	Keine Empfehlung	1/9

Die Probanden wurden gefragt, ob sie die jeweilige Anwendung anderen zur Nutzung empfehlen würden. Der TRAINomat wurde von allen Probanden ohne Einschränkung empfohlen. Nur zwei der neun Probanden würden die Zotero-Anwendung uneingeschränkt empfehlen. Sechs von neun Probanden hatten angemerkt, die Zotero-Anwendung nur bedingt empfehlen zu wollen. Sie würden die Anwendung lediglich an erfahrene Nutzer empfehlen. Ein Proband äußerte, die Zotero-Anwendung nicht empfehlen zu wollen.

## 6.6 Ermittlung der Benutzererfahrung durch den UEQ

Um den TRAINomat 3 mit dem TRAINomat 2 zu vergleichen, nutzen wir User Experience Questionnaire (UEQ). Der UEQ dient als quantitatives Testverfahren, das es uns ermöglicht, die Benutzererfahrung der beiden Anwendungen zu bestimmen.

Der UEQ wurde den Probanden direkt im Anschluss an die Aufgaben gestellt, um die Testergebnisse nicht durch das Gespräch zu verfälschen. Zum Ausfüllen des UEQ erhielten die Probanden ein gedrucktes Exemplar des Fragebogens, den sie mit einem Stift ausfüllen konnten.

### 6.6.1 Einführung in den UEQ

Der UEQ ist sowohl in einer kurzen als auch in einer langen Version verfügbar. Die kurze Version wird bevorzugt genutzt, um sie über das Internet zu verschicken und von Probanden ausfüllen zu lassen, die möglichst wenig Zeit investieren möchten. Wir verwenden die Langform des UEQ, da diese detailliertere Auswertungen und präzisere Informationen über die Anwendererfahrung liefert. Durch die physische Anwesenheit beim Ausfüllen des Fragebogens durch die Probanden können wir eine gewissenhafte Bearbeitung des Fragebogens sicherstellen. (Schrepp, 2023)

Der UEQ besteht aus 26 Wortpaaren, die in Form eines semantischen Differentials gestaltet sind. Jedes dieser Wortpaare repräsentiert ein Element in der Bewertungsskala und besteht aus zwei Begriffen mit entgegengesetzten Bedeutungen. Die Reihenfolge der Begriffe wurde pro Element zufällig angeordnet, wobei die Hälfte der Elemente einer Skala mit dem positiven Begriff beginnt und die andere Hälfte mit dem negativen Begriff, um einseitiges Auswählen durch höheren kognitiven Aufwand zu verhindern. (Schrepp, 2023)

Die Bewertung erfolgt auf einer siebenstufigen Skala, die dabei helfen soll, die Neigung der Nutzer zu verhindern, alle Fragen in der Mitte zu beantworten. Auf dieser Skala

repräsentiert -3 die negativste Antwort, 0 eine neutrale Antwort und +3 die positivste Antwort. (Schrepp, 2023)

Die 26 Wortpaare sind in 6 Kategorien eingeordnet. Dabei gibt es für die Kategorie "Attraktivität" 6 Wortpaare, für die Kategorien "Durchschaubarkeit", "Effizienz", "Steuerbarkeit", "Stimulation" und "Originalität" jeweils 4 Wortpaare. (Schrepp, 2023)

Die Wortpaare zur Attraktivität messen dabei den allgemeinen Eindruck zum Produkt. Die Wortpaare zur Durchschaubarkeit messen, wie einfach es ist, sich mit dem Produkt vertraut zu machen. Die Wortpaare zur Effizienz messen, ob Nutzer ihre Aufgaben ohne unnötigen Aufwand erledigen können. Bei der Steuerbarkeit wird gemessen, ob sich die Nutzer in Kontrolle der Interaktion fühlen. In der Kategorie der Stimulation wird gemessen, wie aufregend und motivierend die Nutzung des Produkts ist. Die Originalität misst, wie innovativ und kreativ die Nutzer das Produkt bewerten. (Schrepp, 2023)

Diese Kategorien können wiederum selbst kategorisiert werden. So sind Durchschaubarkeit, Effizienz und Steuerbarkeit pragmatische Qualitätsaspekte, die beschreiben, wie gut etwas seinen Zweck erfüllt. Stimulation und Originalität sind hedonische Qualitätsaspekte, die beschreiben, wie interessant oder aufregend etwas ist. Die Kategorie der Attraktivität steht eigenständig und verkörpert eine Valenzdimension, die darauf hinweist, ob etwas als positiv oder negativ wahrgenommen wird. (Schrepp, 2023)

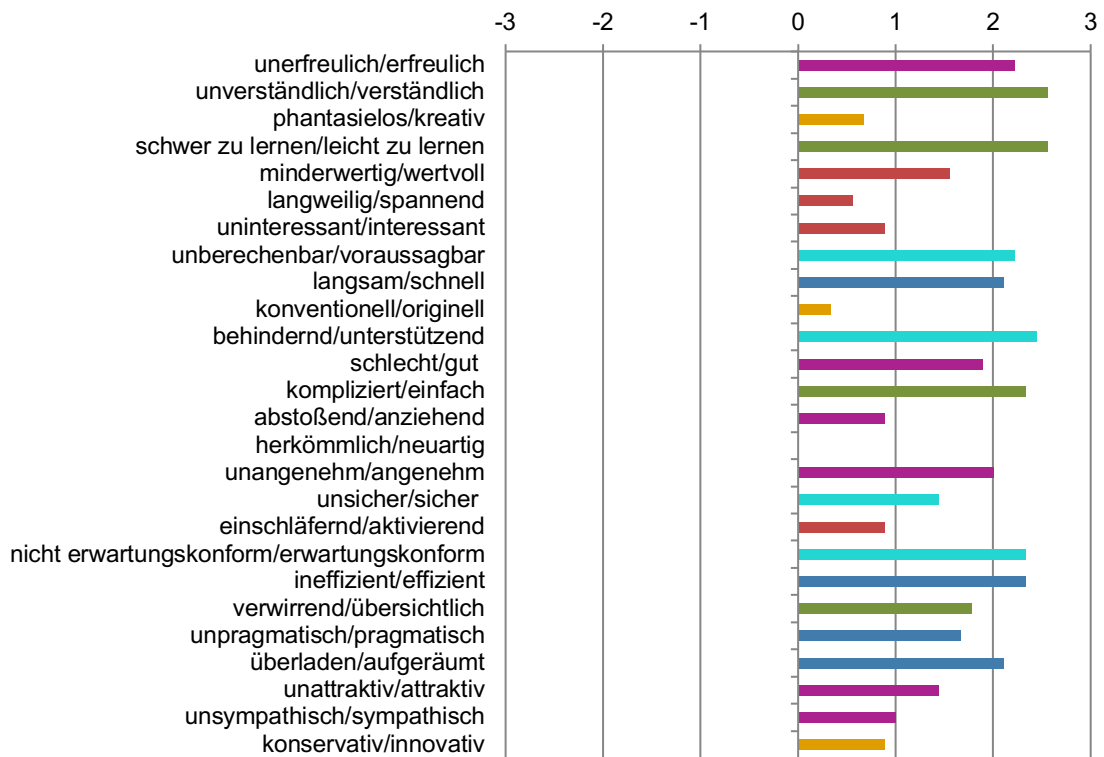
### **6.6.2 Auswertung**

Zur Auswertung des UEQ nutzen wir die offiziell bereitgestellten Excel-Dateien, welche von den Erstellern des UEQ rund um Dr. Martin Schrepp zur Verfügung gestellt werden. Diese sind auf der offiziellen Website des UEQ ([ueq-online.org](http://ueq-online.org)) zu finden. Wir nutzen die beiden Excel-Dateien zur Auswertung des UEQ in Langform. Eine der beiden Dateien wird verwendet, um zwei Produkte miteinander zu vergleichen, die andere Excel-Datei wird genutzt, um die generelle Nutzererfahrung eines Produkts zu überprüfen. Diese verwenden wir jeweils für den TRAINomat 3 und die Zotero-Anwendung. Dabei wird auch ermöglicht, die Anwendungen mit einer großen Menge an Daten zu vergleichen, die über Informationen von 21.175 Personen aus 468 Studien zu verschiedenen Produkten (Business-Software, Webseiten, Onlineshops, soziale Netzwerke) verfügen. So lässt sich beurteilen, wie die Anwendung im Vergleich mit anderen, ähnlichen Anwendungen abschneidet. (Schrepp, o. J.-a)



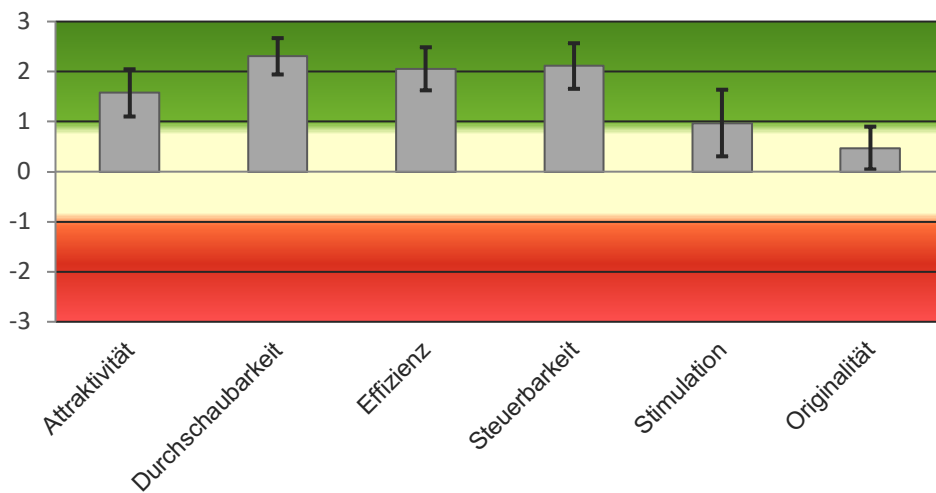
6.6.2.1 TRAINomat 3

Tabelle 10: Mittelwerte der Wortpaare - TRAINomat 3



Die Abbildung zeigt den Mittelwert aller Wortpaare. Werte zwischen -0,8 und 0,8 entsprechen einer neutralen Bewertung. Werte über 0,8 entsprechen einer positiven, Werte unter -0,8 einer negativen Bewertung. (Schrepp, o. J.-b) Die Werte für den TRAINomat 3 befinden sich fast ausschließlich im positiven Bereich. Kein Wortpaar wurde negativ bewertet.

Tabelle 11: Mittelwerte der Kategorien - TRAINomat 3



In Tabelle 11 ist die Zusammenfassung der einzelnen Werte in ihren Kategorien sowie deren Konfidenzintervall dargestellt. Auffällig ist, dass die ersten vier Kategorien außergewöhnlich positiv bewertet wurden, während Stimulation und Originalität eher neutral ausfallen. Die Kategorien Durchschaubarkeit, Effizienz und Steuerbarkeit wurden mit Werten von über 2,0 als außergewöhnlich gut bewertet.

Die Probanden empfinden die Anwendung demnach als allgemein ansprechend und leicht zu erlernen. Es fällt den Nutzern leicht, den TRAINomat 3 zu bedienen, und sie haben sich jederzeit in Kontrolle der Anwendung gefühlt. Allerdings finden sie die Anwendung nicht besonders aufregend oder gar neuartig.

Tabelle 12: Statistische Werte – TRAINomat 3

Kategorie	Mittelwert	Varianz	Normalverteilung	N	Konfidenz	Konfidenzintervall	
<b>Attraktivität</b>	1,574	0,52	0,722	9	0,472	1,102	2,046
<b>Durchschaubarkeit</b>	2,306	0,31	0,556	9	0,363	1,942	2,669
<b>Effizienz</b>	2,056	0,43	0,659	9	0,430	1,625	2,486
<b>Steuerbarkeit</b>	2,111	0,49	0,697	9	0,456	1,656	2,567
<b>Stimulation</b>	0,972	1,04	1,019	9	0,666	0,307	1,638
<b>Originalität</b>	0,472	0,43	0,655	9	0,428	0,044	0,900

Die Varianz gibt an, wie weit die Ergebnisse um den Mittelwert verteilt sind. Hohe Ausschläge deuten auf Uneinigkeit der Probanden hin. Im Fall des TRAINomat 3 sind diese Ausschläge in der Regel gering, außer bei der Stimulation, bei der die Probanden uneinig sind.

Da wir ein quantitatives Verfahren mit einer relativ kleinen Anzahl von Probanden durchgeführt haben, betrachten wir das Konfidenzintervall, um zu analysieren, wie die Ergebnisse bei einer größeren Probandenzahl aussehen könnten. Das Konfidenzintervall gibt an, in welchem Bereich Ergebnisse mit einer 95 prozentigen Wahrscheinlichkeit erwartet werden würden, wenn das Experiment unendlich oft wiederholt würde. Die Konfidenz beträgt ungefähr 0,3 bis 0,6. Selbst bei einem potenziell schlechten Ergebnis liegt die Untergrenze immer noch in einem positiven Bereich. Dadurch erkennen wir, dass die Anzahl der Probanden ausreicht, um ein positives Ergebnis zu erzielen und dass selbst bei einer höheren Anzahl von Probanden ein positives Ergebnis wahrscheinlich ist. (Schrepp, 2023)

Tabelle 13: Vergleich mit Benchmark-Daten: Einordnung der gemessenen Skalenmittelwerte und Konfidenzintervall - TRAINomat 3

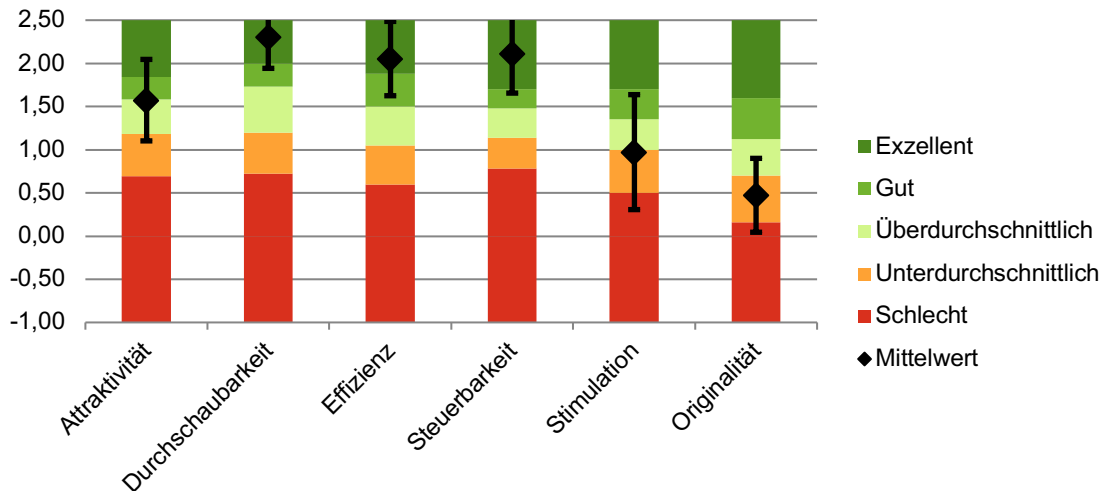


Tabelle 13 zeigt die Mittelwerte und das Konfidenzintervall des TRAINomat 3 im Benchmark-Vergleich. Das Diagramm zeigt die Mittelwerte der Kategorien sowie das Konfidenzintervall im Vergleich mit Werten einer Vielzahl an Testergebnissen, um die von uns getestete Anwendung mit anderen, ähnlichen Anwendungen zu vergleichen.

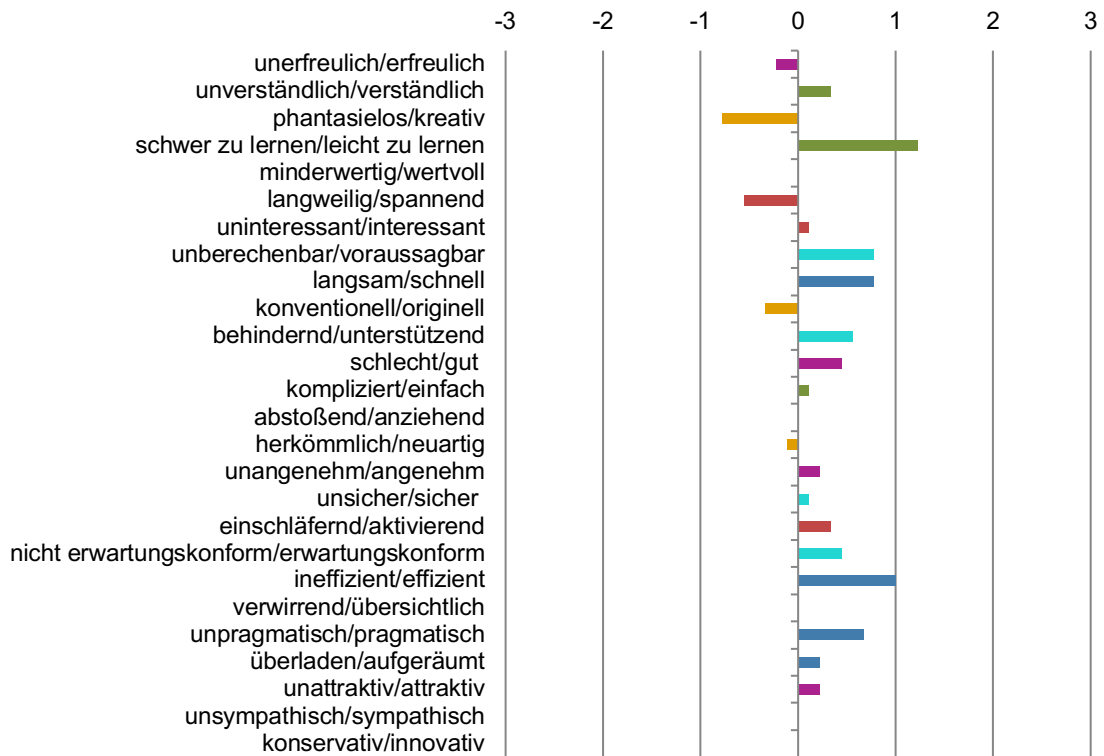
Hier wird verdeutlicht, wie außergewöhnlich positiv die Anwendung bewertet wurde. Die drei mittleren Werte sind exzellent und somit unter den Top 10 Prozent der Anwendungen des Datensatzes.

Das ist darauf zurückzuführen, dass zwar der Funktionsumfang des TRAINomat 3 begrenzt ist, jedoch die implementierte Funktionalität als sehr effektiv bewertet wird. Zusätzlich waren die Aufgaben sehr gut an die Funktionalität des TRAINomat 3 angepasst.

#### 6.6.2.2 Zotero

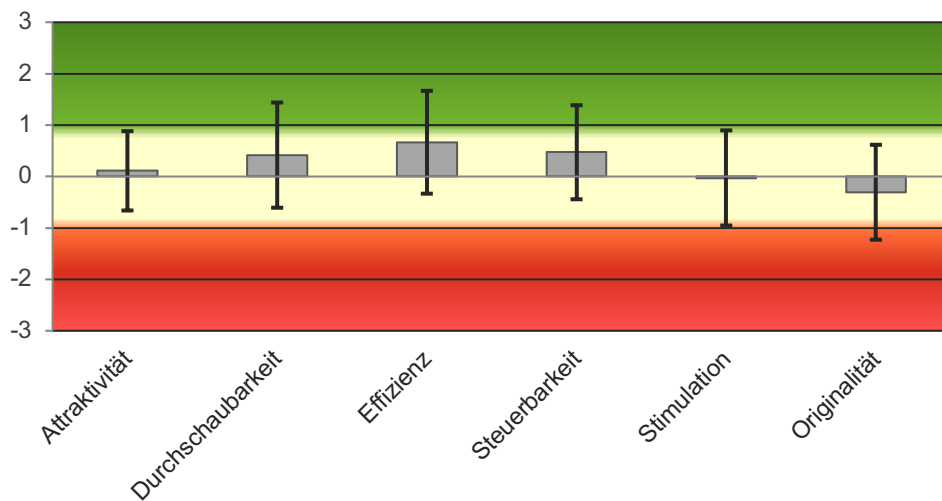
Betrachten wir nun die Auswertung des TRAINomat 2, der auf der Zotero Webanwendung basiert.

Tabelle 14: Mittelwerte der Wortpaare - Zotero



In Tabelle 14 sind die Mittelwerte der Wortpaare für Zotero aufgeführt. Die Werte liegen hauptsächlich im neutralen Bereich, mit nur wenigen Ausreißern in den positiven oder negativen Bereich. Besonders auffällig ist, dass die Probanden die Anwendung im Vergleich zu anderen Werten als leicht zu erlernen bewertet haben. Die Teilnehmer sind optimistisch, sich gut in die Anwendung einarbeiten zu können. Gleichzeitig wird die Anwendung als effizient, jedoch auch als phantasielos bewertet. Es scheint, dass die Anwendung zumindest nicht als langsam wahrgenommen wird.

Tabelle 15: Mittelwerte der Kategorien - Zotero



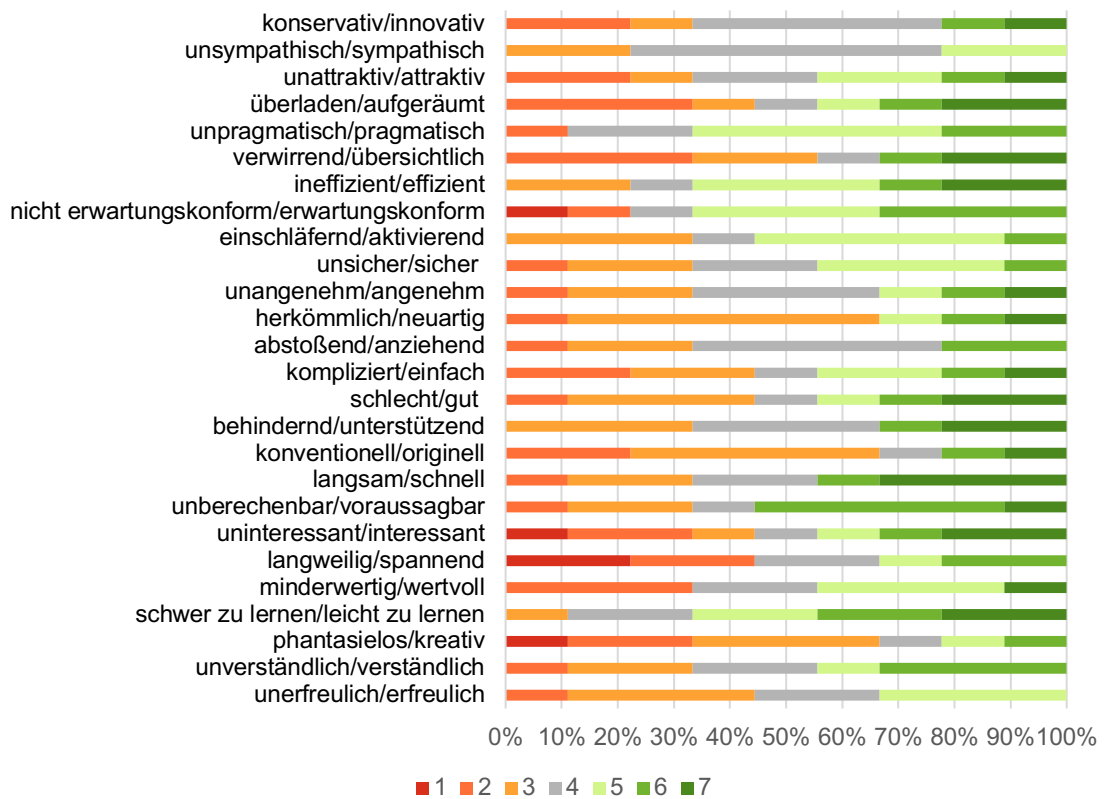
In den zusammengefassten Kategorien lässt sich erkennen, dass alle Bewertungen lediglich als neutral eingestuft werden. Die Effizienz kratzt dabei an einem leicht positiven Wert.

Tabelle 16: Statistische Werte – Zotero

Kategorie	Mittelwert	Varianz	Normalverteilung	N	Konfidenz	Konfidenzintervall	
<b>Attraktivität</b>	0,111	1,40	1,181	9	0,772	-0,661	0,883
<b>Durchschaubarkeit</b>	0,417	2,45	1,566	9	1,023	-0,607	1,440
<b>Effizienz</b>	0,667	2,34	1,531	9	1,000	-0,334	1,667
<b>Steuerbarkeit</b>	0,472	1,96	1,400	9	0,915	-0,442	1,387
<b>Stimulation</b>	-0,028	2,01	1,417	9	0,926	-0,953	0,898
<b>Originalität</b>	-0,306	2,00	1,413	9	0,923	-1,229	0,618

In der Tabelle mit den statistischen Werten fällt auch auf, dass die Varianz sehr hoch ist. Die Probanden vertreten unterschiedliche Meinungen. Auch die Konfidenz ist sehr hoch. Das Konfidenzintervall ergibt sich durch die Subtraktion bzw. Addition des Konfidenzintervalls zum Mittelwert. Es beschreibt den Bereich, in dem sich mit 95 prozentiger Wahrscheinlichkeit alle Ergebnisse befinden, wenn ein Alpha-Level von 5 Prozent angewendet wird. Die Ergebnisse für Zotero weisen daher eine geringe Validität auf. Für eine aussagekräftige Bewertung wären demnach mehr Probanden erforderlich, um ein eindeutiges Ergebnis zu erzielen. (Schrepp, o. J.-b, 2023) Nach vereinzelt Aussagen der Probanden war es schwierig, Zotero mithilfe des UEQ zu bewerten. Es ist möglich, dass die Probanden die Begriffe der Wortpaare unterschiedlich interpretiert haben.

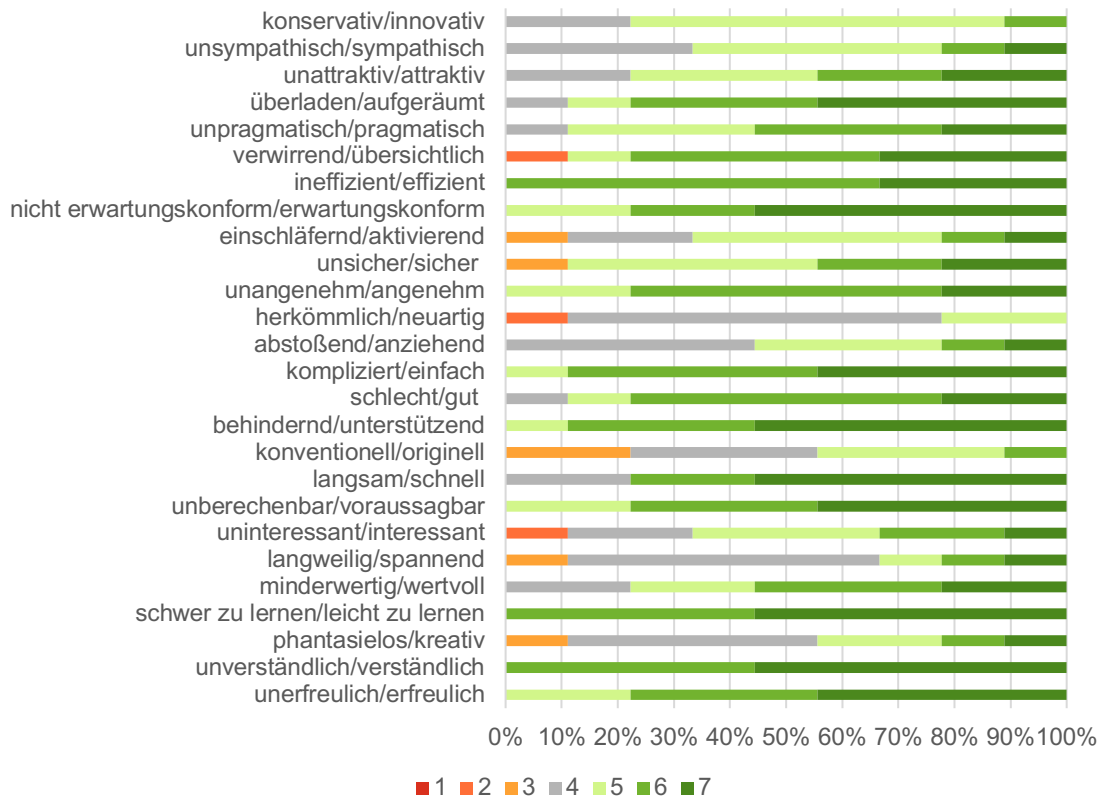
Tabelle 17: Verteilung der Antworten - Zotero



Betrachten wir hierzu die Verteilung der Antworten, sehen wir, dass die Probanden sich nicht einig sind. Zu jedem Wortpaar gibt es sowohl negative als auch positive Empfindungen. Die Meinungen sind sehr unterschiedlich. Die Aussagen widersprechen sich für fast jedes Wortpaar.

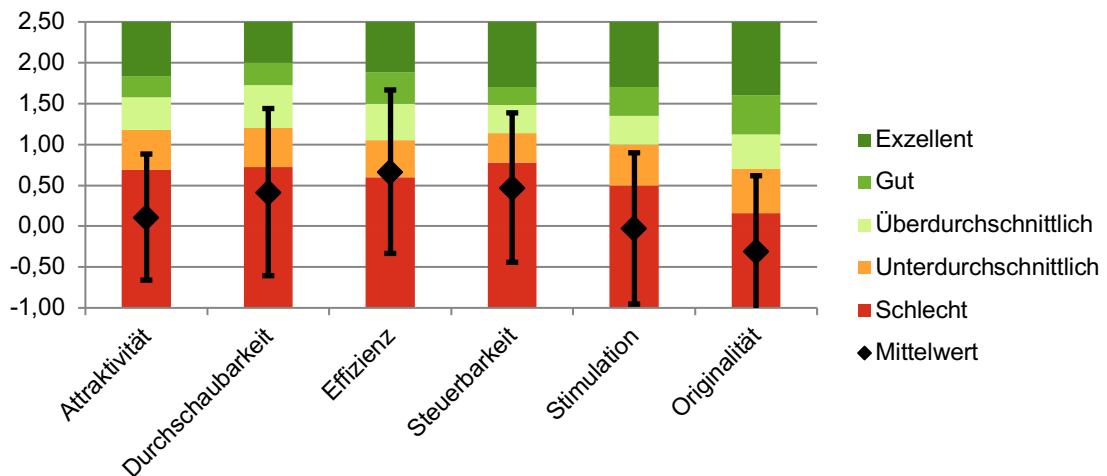
Es ist möglich, dass die Probanden teilweise nicht die Anwendung selbst, sondern das Konzept der Anwendung bewertet haben. So wurde mutmaßlich von einigen Probanden das Konzept des Bereitstellens von Ressourcen zur digitalen Barrierefreiheit als interessant bewertet, während andere die Anwendung als langweilig bewertet haben.

Tabelle 18: Verteilung der Antworten - TRAINomat 3



Zum Vergleich betrachten wir die Verteilung der Antworten für den TRAINomat 3. Die Probanden sind sich in der Bewertung weitgehend einig, und nur vereinzelt kommt es zu komplett gegensätzlichen Bewertungen. Dies ist in diesem Fall vermutlich erneut auf eine unterschiedliche Interpretation der Begriffe von einzelnen Probanden zurückzuführen.

Tabelle 19: Vergleich mit Benchmark-Daten: Einordnung der gemessenen Skalenmittelwerte und Konfidenzintervall - Zotero



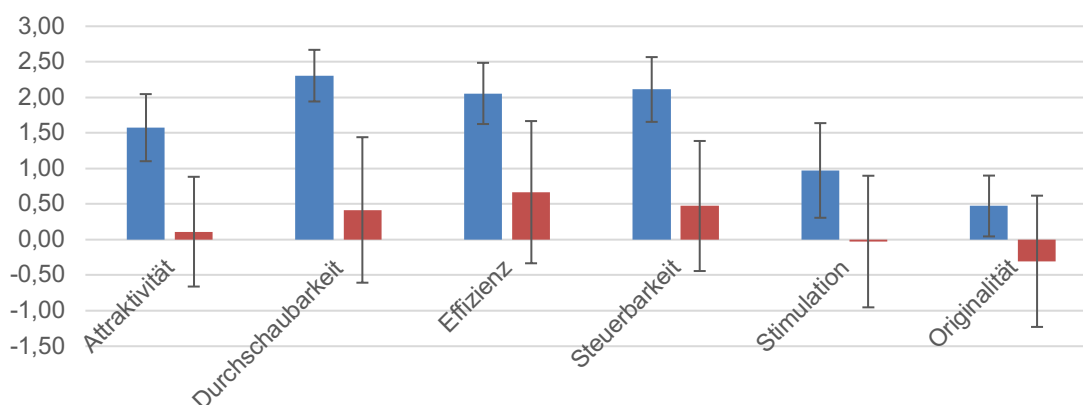
Der Benchmark-Vergleich zeigt, wie negativ die Probanden Zotero im Vergleich zu anderen Anwendungen bewertet haben. Die Bewertungen sind fast durchweg im schlechten Bereich.

Es ist wichtig zu betonen, dass nur ein kleiner Teil der Funktionalität von Zotero im Test berücksichtigt wurde. Zotero bietet ein deutlich umfangreicheres Angebot an Funktionalitäten, von denen im Nutzertest nur ein Bruchteil getestet wurde. Hätte der volle Umfang von Zotero getestet werden können, wäre das Ergebnis möglicherweise anders ausgefallen.

Es muss jedoch beachtet werden, dass die getesteten Funktionalitäten genau den Anforderungen des TRAINomat entsprechen. Obwohl Zotero in vielen Situationen ein nützliches Tool sein kann, bestätigt sich, dass Zotero nicht den spezifischen Anforderungen des Kompetenzzentrums für digitale Barrierefreiheit entspricht. Dies war im Vorfeld zu erwarten.

### 6.6.2.3 Direkter Vergleich

Tabelle 20: Direkter Vergleich der Mittelwerte und Konfidenzintervalle vom TRAINomat 3 (Blau) und Zotero (Rot)



Im direkten Vergleich sehen wir nun die Mittelwerte der beiden Anwendungen in Balken dargestellt, sowie ihre Konfidenzintervalle. Deutlich wird, dass die Probanden den TRAINomat 3 als besser empfunden haben. Der TRAINomat 3 wird von den Probanden als insgesamt sehr ansprechend bewertet. Der neuentwickelte TRAINomat 3 übertrifft den TRAINomat 2 in allen Kategorien.

Da es jedoch auch hier nicht unerheblich ist, sicherzustellen, dass die Ergebnisse trotz der geringen Anzahl an Probanden stabil sind, verwenden wir das T-Test-Verfahren, um herauszufinden, ob es einen signifikanten Unterschied in den Kategorien gibt. Durch ein Alpha-Level von 5 Prozent erhalten wir mit einer 95 Prozentigen Wahrscheinlichkeit folgende Werte:

Tabelle 21: Zweiseitiger T-Test mit ungleichen Varianzen zur Überprüfung von signifikanten Unterschieden zwischen TRAINomat 3 und Zotero

Kategorie	Ergebnis	Signifikanz
-----------	----------	-------------



<b>Attraktivität</b>	0,0072	Signifikanter Unterschied
<b>Durchschaubarkeit</b>	0,0067	Signifikanter Unterschied
<b>Effizienz</b>	0,0297	Signifikanter Unterschied
<b>Steuerbarkeit</b>	0,0087	Signifikanter Unterschied
<b>Stimulation</b>	0,1068	Kein Signifikanter Unterschied
<b>Originalität</b>	0,1615	Kein Signifikanter Unterschied

Durch das Anwenden des T-Tests können wir feststellen, dass es in den Kategorien Attraktivität, Durchschaubarkeit, Effizienz und Steuerbarkeit eine messbare Verbesserung gibt, selbst mit geringer Anzahl an Probanden. Somit ist das Ergebnis eindeutig: Der TRAINomat 3 ist besser als der TRAINomat 2. Die Werte der Stimulation und der Originalität sind allerdings noch verbesserungswürdig. Man kann jedoch argumentieren, dass der TRAINomat 3 in diesen Bereichen keinen Anspruch stellt, besonders besser zu sein.

## 6.7 Ergebnis des Nutzertests

Für die Evaluation unserer Anwendung haben wir einen Nutzertest erstellt, durchgeführt und anschließend ausführlich ausgewertet. Die Ergebnisse belegen, dass eine verbesserte Anwendung entwickelt wurde. Während des Durchführens der Aufgaben im Rahmen des TRAINomat 3 traten bei den Probanden kaum Probleme auf. Hingegen gab es bei der Nutzung der Zotero-Anwendung vereinzelt Schwierigkeiten, insbesondere im Hinblick auf das Layout und die Tag-Funktionalität. Diese Herausforderungen konnten in der neuen Anwendung erfolgreich behoben werden.

Der TRAINomat 3 schnitt auch bei der Anwendung des User Experience Questionnaire (UEQ) hervorragend ab. Die verschiedenen Kategorien erhielten außergewöhnlich gute Bewertungen. Im Vergleich mit anderen Anwendungen erzielte er ein sehr positives Ergebnis, was auf moderne Webentwicklungstechnologien, ein durchdachtes Konzept und die erfolgreiche Umsetzung klarer Anforderungen zurückzuführen ist. Die Anwendung zeichnet sich durch ihre Spezialisierung, klare Verständlichkeit und attraktive Nutzerführung aus.

Im Gegensatz dazu erhielt Zotero beim UEQ eine sehr schlechte Bewertung, und den Probanden gefiel die Anwendung nicht. Durch einen direkten Vergleich und die Anwendung des T-Test-Verfahrens konnten wir die Validität der Ergebnisse feststellen und im Anschluss validieren.

Die Rückmeldungen der Probanden zu den Verbesserungsvorschlägen waren äußerst wertvoll. Aufgrund der gut formulierten Anregungen konnten wir die Anwendung weiter optimieren, auch wenn diese Verbesserungen nicht im Rahmen des Tests getestet wurden.

Es ist wichtig anzumerken, dass der Funktionsumfang von Zotero deutlich größer ist und es vielseitig verwendet werden kann, auch von vielen Menschen zum Speichern von

wissenschaftlichen Ressourcen genutzt wird. Mit den Nutzertests konnten wir feststellen, dass die entwickelte Anwendung genau den Ansprüchen entspricht, Nutzer mit dieser Lösung gut umgehen können und sie diese positiv bewerten.

### **6.7.1 Kritik am Test**

Beim Durchführen der Nutzertests und beim Auswerten ist aufgefallen, dass sich einige Aufgaben im Test selbst ähnlich waren. Dies war erforderlich, um den vollen Umfang des TRAINomat zu testen. Dieser Teil hätte etwas kompakter gestaltet werden können. Auch der Fragebogen war nicht ideal. Einige Fragen hätten zusammengefasst werden können, um die Auswertung zu erleichtern.

Es wurde vereinzelt erwähnt, dass der UEQ in Bezug auf Zotero als verwirrend empfunden wurde. Die Aufgaben waren nicht besonders komplex, und es wurde die Funktionalität getestet, die der TRAINomat umsetzen soll, jedoch nicht so gut von Zotero umgesetzt wird. Daher schnitt Zotero in diesem Zusammenhang sehr schlecht ab.

Die Probanden haben alle positives Feedback zum Nutzertest selbst gegeben. Dem Anschein nach hatten alle Spaß beim Mitmachen. Danke an die Probanden für die Unterstützung.

## 7 Prüfung auf Barrierefreiheit durch das BIK BITV Prüfverfahren

Um die Anwendung auf Barrierefreiheit zu testen, nutzen wir das BIK BITV Prüfverfahren. Das Prüfverfahren wurde insgesamt zweimal durchgeführt, um verbesserte Mängel zu Prüfen. Der finale Prüfbericht zu allen Prüfschritten befindet sich im Anhang.

Der BIK BITV-Test ist ein von der Organisation BIK (Barrierefrei informieren und kommunizieren) entwickeltes Testverfahren, mit dem Websites und Webanwendungen auf Barrierefreiheit geprüft werden können. Mit dem Verfahren wird die Konformität nach BITV 2.0 ermittelt, die sich auf die Europäische Norm EN 301 549 bezieht. Die EN 301 549 enthält wiederum Kriterien der WCAG 2.1 (Web Content Accessibility Guidelines 2.1). Um die Konformität zu ermitteln, werden 98 Prüfschritte angewendet, die in Kategorien sortiert sind. Die Prüfschritte werden mit einem fünfstufigen Bewertungsschema (erfüllt / eher erfüllt / teilweise erfüllt / eher nicht erfüllt / nicht erfüllt) bewertet. Um die Konformität zu erreichen, müssen alle Prüfschritte mit mindestens "eher erfüllt" bewertet werden. (BITV-Test, o. J.-a)

Zu jedem Prüfschritt wird eine ausführliche Erklärung geliefert, die dabei hilft zu verstehen, was, warum und wie geprüft wird, und nach welchen Kriterien das Bewertungsschema anzuwenden ist. Zur Prüfung steht eine Werkzeugliste zur Verfügung, die hilfreiche Werkzeuge zum Durchführen der Prüfschritte bereitstellt. (BITV-Test, o. J.-b)

Für umfangreiche Webangebote ist keine vollständige Untersuchung aller Unterseiten möglich, daher wird die zu überprüfende Seitenanzahl durch eine repräsentative Auswahl beschränkt. (BITV-Test, o. J.-a)

Der BITV-Test kann auch in der Selbstbewertung durchgeführt werden. Die Selbstbewertung hilft bei der Entwicklung, um sich an den Vorgaben des BITV-Tests zu orientieren. Die Selbstbewertung kann jedoch nicht mit der Bewertung von ausgewählten Experten gleichgesetzt werden. Im Gegensatz zum Expertentest ist die Auswahl und Analyse einer repräsentativen Seitenwahl nicht vorgesehen. Für die Prüfung des TRAINomat 3 haben wir alle Seiten getestet. Die Selbstbewertung hängt vom Wissensstand und der Sorgfalt der bewertenden Person ab, daher ist die Aussagekraft der Selbstbewertung beschränkt. Der Prüfbericht der Selbstbewertung darf nicht als Nachweis der Barrierefreiheit genutzt werden. (BIK, o. J.)

### 7.1 Nicht anwendbare Prüfschritte

Einige Prüfschritte des Prüfverfahrens sind nicht auf die Anwendung anwendbar, da keine entsprechende Funktionalität vorhanden ist. Dies betrifft die Prüfschritte der folgenden Kategorien:

- 5 Allgemeine Anforderungen
- 6 Zwei-Wege-Sprachkommunikation
- 7 Videofähigkeit

- 9.1.2 Zeitbasierte Medien
- 11.8 Autorenwerkzeuge
- 12 Dokumentation und Support

## 7.2 Anmerkungen zu einer Auswahl an Prüfschritten

### 7.2.1 9.2.4.5 Alternative Zugangswege

Der Prüfschritt fordert mindestens zwei unterschiedliche Zugangswege, um zum Inhalt des Angebots zu gelangen. Dafür wird ein hierarchisches Navigationsmenü, ein Inhaltsverzeichnis (Sitemap) oder eine Suchfunktion empfohlen, um auf die entsprechenden Unterseiten zu gelangen. „Bei kleinen Angeboten mit nur wenigen Seiten, die alle von der Startseite verlinkt sind, gilt diese gleichzeitig als Sitemap, sofern auf allen Unterseiten des Angebotes deutlich ein Link auf die Startseite angeboten wird.“ (*Prüfschritt 9.2.4.5 Alternative Zugangswege*, o. J.) Dies trifft auf den TRAINomat 3 zu. Ein hierarchisches Navigationsmenü ist in Form des „Zurück“-Buttons auf der Detailansicht implementiert. (*Prüfschritte BITV-Test*, o. J.)

### 7.2.2 9.3.1.2. Anderssprachige Wörter und Abschnitte ausgezeichnet

„Wenn innerhalb einer Seite Wörter und Textabschnitte in einer anderen Sprache vorkommen, müssen diese mithilfe des `lang`-Attributs ausgezeichnet werden.“ (*Prüfschritte BITV-Test*, o. J.) Einige der Ressourcen weisen englische Titel und Beschreibungen auf. Um diese Eigenschaft festzustellen, verwenden wir den in der Datenstruktur verfügbaren Sprachparameter. Dieser gibt an, in welcher Sprache die Ressource verfasst ist. Durch die Verwendung des `lang`-Attributs versehen wir die Links in der Tabelle der Suchergebnisse sowie die Überschrift und die Beschreibung in der Detailansicht mit dem oben genannten Attribut. Dabei fügen wir die Sprache ("de", "en", "en-US", "en-GB") als Parameter ein.

### 7.2.3 9.3.2.2 Keine unerwartete Kontextänderung bei Eingabe

Hier wird gefordert, dass Nutzereingaben in Formularen keine unerwarteten Kontextänderungen verursachen sollen. Alle Änderungen am Kontext sollen unterhalb des auslösenden Elements erfolgen und nachvollziehbar sein, ohne den Fokus zu verschieben. Dies ist wichtig, da unvorhergesehene Änderungen die Orientierung des Nutzers beeinträchtigen können. Es wird darauf hingewiesen, dass solche Änderungen durch automatisch durchgeführte Suchanfragen ausgelöst werden können. Genau diese Funktionalität ist im TRAINomat 3 vorhanden. (*Prüfschritte BITV-Test*, o. J.)

Um Verwirrung vorzubeugen, nutzt die Anwendung beim automatischen Ausführen einer Suchanfrage nach Eingabe in das Suchformular einen mit dem Attribut `deactivated` versehenen Button. Dieser tauscht dynamisch die CSS-Klasse aus, wodurch die Hintergrundfarbe auf Grau geändert wird. Zusätzlich wird ein Ladeindikator in Form eines sich

drehenden offenen Kreises angezeigt. Auch werden die Listeneinträge in der Tabelle durch ein graues Lade-Skelett ausgetauscht, um visuell zu signalisieren, dass die Suche automatisch und ohne Betätigung des Buttons durchgeführt wird.

Durch diese Bemühungen soll dem Verlust der Orientierung vorgebeugt werden. Es ist jedoch wichtig zu betonen, dass trotz dieser Maßnahmen die Gefahr nicht vollständig eliminiert ist und es dennoch zu Verwirrungen kommen kann.

#### **7.2.4 9.3.3.2. Beschriftungen von Formularelementen vorhanden**

Es wird gefordert, dass für Formularelemente mit einer Beschriftung versehen sind. Der Prüfschritt ist anwendbar, wenn die Seite Formularelemente enthält, von denen es im TRAINomat 3 zwei Stück, in Form der Suche, sowie der Sortierfunktion, gibt. (*Prüfschritte BITV-Test*, o. J.) Die Sortierfunktion ist mittels einer Überschrift gekennzeichnet. Das Formular für die Suchfunktion, bestehend aus Texteingabefeld und Tagauswahlfeld ist nur teilweise beschriftet. Die Überschrift dient als Beschriftung für die Freitextsuche, die Tagauswahl ist lediglich mit einem Platzhalter beschriftet. Dementsprechend ist der Prüfschritt, nach den Vorgaben, nur teilweise erfüllt. Allerdings kann argumentiert werden, dass der Platzhalter bei Eingabe in das Eingabefeld zwar verschwindet, allerdings das Dropdown-Menü für die Auswahl zu sehen ist, und somit dem Nutzer klar macht welche Aktion gefordert ist. Zudem wird das Element beim Verwenden von Screenreadern akustisch korrekt beschrieben.

#### **7.2.5 9.4.1.3. Statusmeldungen programmatisch verfügbar**

Es wird geprüft ob Statusmeldungen, die durch Kontextänderungen hervorgerufen werden, von einem Screenreader vorgelesen werden. (*Prüfschritte BITV-Test*, o. J.) Eine solche Statusmeldung stellt im TRAINomat 3 die Überschrift über den Suchergebnissen mit der Anzahl der gefundenen Ressourcen dar. Durch die Verwendung des `aria-live`-Attributs mit dem Parameter `polite` (*ARIA Live Regions - Accessibility | MDN, 2023*) wird diese Überschrift vom Screenreader nach der Kontextänderung durch die Suchanfrage vorgelesen.

### **7.3 Ergebnis**

Durch die zweifache Durchführung des BIK BITV-Tests (Web) in der Selbstbewertung konnten wir Barrieren der Anwendung beseitigen und die Anwendung auf ein gesteigertes Qualitätsniveau heben.

Durch die Bewertung der Prüfschritte mit der Bewertung von "eher erfüllt" oder besser erzielen wir ein Prüfergebnis, das uns die Konformität nach WCAG, BITV 2.0 und EN 301 549 bestätigt.

Durch die zweifache Anwendung des Verfahrens konnten Barrieren entfernt werden.

Es ist darauf hinzuweisen, dass die Aussagekraft der BITV-Prüfverfahrensdurchführung im Selbsttest von dem Wissenstand und der Sorgfalt der bewertenden Person abhängig ist. Es ist möglich, dass sich noch Barrieren in der Anwendung befinden, die nicht gefunden werden konnten.

Das Siegel für eine barrierefreie Webseite darf nicht vergeben werden, da dies ausschließlich von ausgewählten BIK BITV-Test-Prüfstellen erfolgen darf. (BIK, o. J.)

## 8 Fazit

Im Rahmen der dreimonatigen Bachelorarbeit wurde eine Anwendung entwickelt, die Probleme in der Bedienbarkeit des Vorgängers behebt und den Anforderungen der Aufgabenstellung gerecht wird. Nutzer können den TRAINomat 3 verwenden, um sich über Ressourcen zur digitalen Barrierefreiheit zu informieren. Durch die Suchfunktion der Freitextsuche sowie der Tag-Auswahl können Ressourcen inkrementell gefiltert und anschließend durch die Sortierfunktion den Bedürfnissen entsprechend angezeigt werden. Über die Info-Seite können sich Nutzer über die Funktionsweise des TRAINomat 3 informieren. Auch wenn die Erstellung individualisierter Lernpläne mit der Anwendung nicht möglich ist, können Ressourcen in Tags für Workshops gesammelt und dann bereitgestellt werden.

Der TRAINomat 3 wurde mithilfe von React umgesetzt, was durch die ausgewählten Libraries eine positive Benutzererfahrung ermöglicht. Die Anwendung wirkt durch ihre schnelle Reaktionszeit hochwertig und modern. Der klare und gut strukturierte Aufbau erleichtert die Bedienung, und durch die Umsetzung der Anwendung mit Webtechnologien kann sie auch auf Smartphones verwendet werden.

Durch den Nutzertest wurde festgestellt, dass Nutzer die neu entwickelte Anwendung dem Vorgänger bevorzugen. Mithilfe der Aussagen der Probanden konnte der TRAINomat 3 im Anschluss an den Nutzertest weiter verbessert werden. Aussagen zur Zotero-Anwendung waren im Nutzertest größtenteils bereits als korrekt implementiert bewertet worden. Somit ist festzustellen, dass auch der Projektbericht, der als vorab durchgeführte Anforderungsanalyse diente, erfolgreich aufgebaut werden konnte. Der Bericht hat durch seine Forschung zu einem erfolgreichen Ergebnis beigetragen. Im Laufe der Implementierungsphase konnten wir den Prototyp aus dem Bericht anpassen und verbessern, um die Erkenntnisse in der tatsächlichen Anwendung korrekt umzusetzen.

Durch den UEQ konnte für den TRAINomat 3 ein fast durchweg positives Ergebnis ermittelt werden. Die Probanden waren von der Attraktivität, Durchschaubarkeit, Effizienz, Steuerbarkeit und Stimulation sehr überzeugt. Lediglich die Originalität wurde nur als neutral bewertet, wobei die Anwendung in dieser Kategorie nicht anstrebt, deutlich besser zu sein. Durch das Questionnaire konnten wir die Anwendungen miteinander vergleichen und eine Verbesserung für die neu entwickelte Anwendung verzeichnen. Den Probanden hat die neue Anwendung nachweislich besser gefallen. Auffällig war bei der Bewertung der Zotero-Anwendung die ausgefallene schlechte Bewertung sowie die hohe Varianz der Ergebnisse. Die Probanden waren sich in der Bewertung uneinig. Die Anzahl an Probanden war nicht ausreichend, um die Zotero-Anwendung angemessen zu bewerten. Durch die Durchführung des T-Tests konnten wir allerdings trotzdem feststellen, dass die neu entwickelte Anwendung im Vergleich trotz geringer Anzahl an Probanden in den Kategorien Attraktivität, Durchschaubarkeit, Effizienz und Steuerbarkeit einen signifikanten Unterschied aufweist und somit eine Verbesserung stattgefunden hat.

Durch das doppelte Anwenden des BIK BITV-Prüfverfahrens konnten wir verifizieren, dass der TRAINomat 3 frei von schwerwiegenden Barrieren ist und somit von Menschen

mit Behinderungen verwendet werden kann. Wichtig ist anzumerken, dass durch die Anwendung des Verfahrens im Selbsttest Fehler durch unzureichende Erfahrung unterliegen können. Die Möglichkeit besteht, dass nicht alle Barrieren identifiziert wurden. Zudem ist es möglich, dass durch mangelnde Erfahrung Prüfschritte als fehlerhaft positiv bewertet wurden. Durch die Durchführung des Prüfverfahrens im Selbsttest darf kein offizielles Prüfsiegel vergeben werden. Durch das Verfahren konnten wir die Anwendung trotzdem verbessern. Einige Barrieren konnten behoben werden, und somit kann sichergestellt werden, dass die Anwendung auch von Menschen mit Behinderungen genutzt werden kann.

Demnach konnte die Forschungsfrage, ob es möglich ist, eine Anwendung zu entwickeln, die den Vorgänger ablöst und Ressourcen zur digitalen Barrierefreiheit mit verbesserter Benutzerfreundlichkeit anzeigt, erfolgreich beantwortet werden. Der TRAINomat 3 kann in Zukunft anstelle des Vorgängers verwendet werden, um interessierten Personen Ressourcen zur Verfügung zu stellen. Die Anwendung kann allgemein genutzt werden, um sich einen Überblick über das Themengebiet zu verschaffen. Zudem ermöglicht sie eine gezielte Suche nach Ressourcen.



## 9 Ausblick

Die Sammlung des TRAINomat 2 kann weiterhin wie gewohnt gepflegt werden. Die Zotero Gruppen-Bibliothek dient als Datenquelle für den neu entwickelten TRAINomat 3. Neue Ressourcen und neue Tags werden automatisch geladen. Die Erklärung zu den Tags muss beim Hinzufügen von neuen Tags auf der Info-Seite im Programmcode laufend angepasst werden. Dies geschieht über ein JavaScript-Objekt in der Datei Info.jsx.

Die Umsetzung der Anwendung folgt bewährten Praktiken der aktuellen Webentwicklung für Single-Page-Applications, wobei das React.js-Framework verwendet wird. Für die Anpassung der Anwendung sind Fähigkeiten in der Webentwicklung mit JavaScript-Frontend-Frameworks, insbesondere React.js, erforderlich.

Das Projekt wurde über Vercel gehostet und nutzt Vite.js als Build-Tool zum Kompilieren des React-Codes. Es wurde auf GitLab für das KfDB zugänglich gemacht (siehe Anhang). Eine MIT-Lizenz wurde dem Projekt hinzugefügt, die kommerzielle Nutzung, Modifikation, Verteilung und private Nutzung genehmigt. Haftung und Garantie sind ausgeschlossen (*The MIT License*, 2006). Das Hosting der Anwendung auf internen Servern der HdM liegt im Aufgabenbereich des KfDB.

Es wird empfohlen, ungenutzte Ressourcen ohne Titel zu löschen. Durch Sortieren der Ressourcen nach "älteste zuerst" können mehrere Einträge vom Typ "Attachment" und "Note" erscheinen, die gegebenenfalls gelöscht werden sollten.

Eine Erweiterung der Anwendung mit KI-gestützten Lernplänen ist möglich. Hierzu müsste die Speicherung von Benutzerdaten ermöglicht werden, damit Nutzer darauf zurückgreifen können. Zur Umsetzung wäre eine Datenbank erforderlich. Diese wiederum benötigt einen Server, der auch dazu genutzt werden kann, die Lernpläne zu erstellen. Anpassungen am Frontend des TRAINomat 3 müssten vorgenommen werden.

Neue Ressourcen werden laufend vom KfDB dem TRAINomat 3 hinzugefügt. In diesem Prozess kann es vorkommen, dass neue Ressourcentypen definiert werden. Ein neuer Ressourcentyp wird standardmäßig mit einem „Dokument“-Icon dargestellt. Die Daten, die von Zotero geliefert werden, können beispielsweise als „computerProgram“ vorliegen, werden jedoch in „Computer Programm“ umkodiert. Wenn es gewünscht ist, dass ein anderes Icon und eine bestimmte Bezeichnung angezeigt werden, müssen neue Begriffe manuell im Code eingefügt werden.

Die Optionen zum Sortieren können angepasst und erweitert werden. Aktuell erfolgt die Sortierung nach Datum, Titel, Typ und dem Datum des Hinzufügens. Anpassungen können durch die Modifikation des JavaScript-Objekts vorgenommen werden.

## VIII. Anhänge

### A. TRAINomat 3

Link: <https://trainomat.vercel.app>

### B. Repository

GitHub Link: <https://github.com/Yannik195/trainomat>

GitLab Link: <https://gitlab.mi.hdm-stuttgart.de/ys024/trainomat-3>

### C. ChatGPT

Link: <https://chat.openai.com/share/508b628a-fd42-43a1-8bf1-63e3aa59ea5f>

Link: <https://chat.openai.com/share/5df6f17a-7a86-462e-b117-3827a89d66b5>

Link: <https://chat.openai.com/share/80cf681e-1985-4a02-a37f-e8a054e34af9>

Link: <https://chat.openai.com/share/7ae08ea3-673a-4bac-abff-466bd59cbd04>

### D. BIK BITV-Test

Link: <https://report.bitvtest.de/285327a3-35f8-4209-acb2-942ee04f5ba9.html>

Passwort: qj7=3>xkfBLy

### E. Figma Prototyp

Link: <https://www.figma.com/file/EpjXXc0Z2H2zdKtl0EqdW2/TRAINomat?type=design&node-id=0%3A1&mode=design&t=XNlxLKvur8R2tgPQ-1>

## F. Nutzertest

### 1) Prüfplan

#### Prüfplan für die Ethikprüfung der Studie

*Entwicklung einer barrierefreien  
Webanwendung zum Bereitstellen von  
Ressourcen einer Online-  
Gruppenbibliothek*

Stand: 12.11.23 – Version 2

Durchgeführt von: Bachelor-Thesis, Yannik Simon

Studienleiter: Prof. Gottfried Zimmermann

Student: Yannik Simon, ys024

Ansprechpartner: Yannik Simon, Augustenstraße 37 70178 Stuttgart,  
+49 15119639286

**1) Liste der im Prüfplan verwendeten Abkürzungen**

UEQ – Usability Engineering Questionnaire  
ULab – Usability Lab

**2) Grundlagen (Stand der Wissenschaft), Zusammenfassende Beschreibung und kurzgefasste Begründung der Studie mit Literaturangaben**

Im Rahmen einer Abschlussarbeit wurde eine Webanwendung entwickelt, die die Nutzerfreundlichkeit verbessern und Barrieren für blinde Nutzer, die Screenreader verwenden, reduzieren soll. Um die Anwendungen vergleichen zu können, um unterschiede, Probleme, sowie Verbesserungen festzustellen, soll ein Nutzertest stattfinden.

**3) Auftraggeber und Finanzierung der Studie**

Die Studie wird im Rahmen einer Abschlussprüfung eines Bachelorstudiengangs in Zusammenarbeit mit dem Kompetenzzentrum für Digitale Barrierefreiheit durchgeführt. Die Studie erhält keine Finanzierung.

**4) Ziele der Studie**

Die Studie soll ermitteln, ob die entwickelte Anwendung im Rahmen der Abschlussarbeit eine Verbesserung gegenüber der bisher verwendeten Bibliothekssoftware Zotero darstellt, zudem soll die Verwendung die Anwendung in Kombination mit einem Screenreader getestet werden.

**5) Studiendauer**

Die Dauer pro Probanden beträgt 60 Minuten. Die gesamten Nutzertests werden innerhalb von zwei Tagen im ULab an der Nobelstraße 5 durchgeführt.

**6) Studienpopulation**

Die Probanden sollen volljährig und einwilligungsfähig sein.

Die Probanden sprechen fließend Deutsch.

Die Probanden sollten mit der Verwendung eines Computers, sowie eines Webbrowsers vertraut sein. Erfahrungen mit der Verwendung von Bibliothekssoftware wird nicht benötigt.

Die Probanden werden durch einen Einladungstext rekrutiert, der an die Studierenden des Kurses „Usability Engineering“ (durchgeführt von Prof. Dr. Zimmermann) gerichtet ist. Zusätzlich wird eine Person mit Sehbehinderung rekrutiert, welche am Kompetenzzentrum für Digitale Barrierefreiheit beschäftigt ist.

Es werden mindestens 5 Probanden benötigt.

**7) Studienablauf und Untersuchungsmethoden**

Begrüßung, Einverständniserklärung, Abfragen von personenbezogenen Daten, Fragebogen 1, Nutzertest Anwendung 1, UEQ für Anwendung 1, Fragebogen 2, Nutzertest Anwendung 2, UEQ für Anwendung 2, Fragebogen 2, Verabschiedung.

**8) Risiken und Nebenwirkungen**

Um das Risiko einer möglichen Covid-Ansteckung zu minimieren, werden die von den Probanden verwendeten Geräte nach jedem Testdurchlauf desinfiziert und es wird regelmäßig gelüftet. Es ist mit keinen weiteren Risiken und Nebenwirkungen zu rechnen.

**9) Zielkriterien und statistische Auswertung**

Vor den Aufgaben gibt es einen Fragebogen. Im Anschluss eines Tests für eine jeweilige Anwendung wird ein UEQ in Langform aufgefüllt, zudem wird ein Fragebogen vorgelegt. Zusätzlich werden Notizen zur Durchführung gemacht, ebenso wird die Zeit gestoppt.

**10) Datenschutz**

Die Daten der Testpersonen werden anonymisiert gespeichert.

Folgende personenbezogene Daten werden erhoben:

- Name
- Alter
- Beschäftigungsstatus
- Die Angabe, ob spezielle Hilfsmittel oder Unterstützung genutzt werden, um auf digitale Dienste oder Produkte zuzugreifen

Es werden keine Foto- oder Videoaufnahmen angefertigt.

Es wird eine Bildschirmaufnahme sowie Audioaufnahme angefertigt.

Die beim Nutzertest erhobenen Daten an die Hochschule der Medien in Form einer Abschlussarbeit weitergeleitet.

Die Abschlussarbeit wird auf dem ePub Portal der Hochschule der Medien einsichtbar sein.

**11) Wegeunfallversicherung**

Studienteilnehmer, die an der HdM als Student(in) eingeschrieben sind und den Benutzertest im Rahmen einer Lehrveranstaltung in den Räumen der HdM besuchen (z.B. um sich einen Bonuspunkt zu erwerben), stehen (für Personenschäden) unter dem Schutz der gesetzlichen Unfallversicherung (Unfallkasse Baden-Württemberg).

Für alle anderen Studienteilnehmer besteht keine Unfall- und Wegeversicherung. Für Schädigungen während des Benutzertests, die ihnen aus verschuldeten studienbedingten Handlungen erwachsen, ist die Haftung über das Land Baden-Württemberg abgedeckt. Eine weitere, verschuldensunabhängige Versicherung existiert nicht.

**12) Aufklärungstext und Text der Einverständniserklärung für die Studienteilnehmer**

Die Teilnehmerinformationen und Einwilligungserklärung liegen bei.

## 2) Informationsblatt und Einverständniserklärung

Studienleiter: Prof. Dr. Gottfried Zimmermann, Hochschule der Medien, Nobelstr. 10, Stuttgart  
gzimmermann@hdm-stuttgart.de, Tel. +49 711 8923-2751  
Durchführende: Yannik Simon ys024  
Studie: Entwicklung einer barrierefreien Webanwendung zum Bereitstellen von  
Ressourcen einer Online-Gruppenbibliothek

### Information zur Studie und zum Datenschutz

Sehr geehrte Dame, sehr geehrter Herr,

Sie haben heute die Möglichkeit, an einer wissenschaftlichen Untersuchung teilzunehmen.

- Ziele: Vergleich zweier Webanwendungen, erkennen von Usability Problemen
- Dauer: 60 Minuten pro Probanden
- Ablauf: Begrüßung, Vorstellung des Themas, Einverständniserklärung, Abfragen von personenbezogenen Daten, Fragebogen 1, Nutzertest Anwendung 1, UEQ für Anwendung 1, Fragebogen 2, Nutzertest Anwendung 2, UEQ für Anwendung 2, Fragebogen 2, Verabschiedung.

Sie können die Untersuchung jederzeit ohne Angabe von Gründen **unterbrechen** oder **abbrechen**. Sollten Sie die Studie abbrechen, können Sie entscheiden, ob die bereits vorliegenden Daten vernichtet werden sollen oder weiterverwendet werden dürfen.

Im Rahmen dieser wissenschaftlichen Untersuchung werden wir folgende Daten über Sie erheben: Demografische Daten per Fragebogen (Alter, Name, Beschäftigungsstatus), Informationen darüber, ob Sie spezielle Hilfsmittel oder Unterstützung zur Bedienung von Browsern verwenden, Notizen zur Erledigung der Aufgaben, es wird eine Audioaufnahme, sowie eine Bildschirmaufnahme angefertigt. Diese Daten werden **vertraulich** behandelt und ausschließlich in **anonymisierter Form** (nicht rückführbar auf Ihre Person) statistisch weiterverarbeitet.

Ihre Einverständniserklärung (siehe Rückseite) werden wir für die Dauer von 10 Jahren **verschlossen aufbewahren** und danach **vernichten**.

Während der Studie werden **Audioaufnahmen** gemacht, damit der Studienverlauf später besser nachvollzogen und ausgewertet werden kann. Diese Aufnahmen werden 10 Jahre lang **verschlossen aufbewahrt** und danach **vernichtet**. Ausnahme: Wenn Sie einwilligen (siehe unten), dass die Aufnahmen in öffentlichen Präsentationen verwendet werden dürfen, werden wir sie auf unbestimmte Zeit aufbewahren.

Wir weisen Sie darauf hin, dass für die Studienteilnehmer **keine Unfall- und Wegeversicherung** besteht. Für Schädigungen während eines Benutzertests in den Räumen der Hochschule, die Ihnen aus verschuldeten studienbedingten Handlungen erwachsen, ist die Haftung über das Land Baden-Württemberg abgedeckt. Eine weitere, verschuldensunabhängige Versicherung existiert nicht. **Ausnahme:** Wenn Sie an der HdM als Student(in) eingeschrieben sind und den Benutzertest im Rahmen einer Lehrveranstaltung in den Räumen der HdM besuchen (z.B. um sich

einen Bonuspunkt zu erwerben), stehen Sie (für Personenschäden) unter dem Schutz der gesetzlichen Unfallversicherung (Unfallkasse Baden-Württemberg).

Wir bitten Sie im Folgenden, Ihr Einverständnis an der Studie zu bestätigen. Sollten Sie jetzt oder später noch Fragen haben, dürfen Sie sich gerne an den Studienleiter (siehe oben) wenden.

#### **Einwilligungserklärung**

**Über die Ziele der Studie und meine Aufgaben bei der Untersuchung wurde ich informiert. Ich erkläre meine freiwillige Teilnahme an der Studie und erkläre mich insbesondere mit der Verwendung der im Rahmen der Studie „*Entwicklung einer barrierefreien Webanwendung zum Bereitstellen von Ressourcen einer Online-Gruppenbibliothek*“ erhobenen Daten in der oben beschriebenen Weise einverstanden.**

**Alle Fragen zur Studie wurden zu meiner Zufriedenheit beantwortet. Eine Kopie des Informationsblattes habe ich erhalten.**

**Hiermit genehmige ich freiwillig die Verwendung der Bildschirm- und Tonaufnahmen (ggf. auch in veränderter Form) in öffentlichen Präsentationen und Veröffentlichungen.**       ja       nein

Stuttgart, den \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Unterschrift

\_\_\_\_\_  
Name des Teilnehmers in  
Blockschrift

\_\_\_\_\_  
Unterschrift

\_\_\_\_\_  
Name der verantwortlichen  
Studenten in Blockschrift

### 3) Begrüßung und Vorstellung

## Begrüßung und Vorstellung des Themas

Hallo und herzlich Willkommen zum heutigen Nutzeretest, vielen Dank dass Sie erschienen sind.

In Rahmen meiner Bachelorarbeit wurde eine Webanwendung entwickelt, die dazu dient, Ressourcen zur digitalen Barrierefreiheit bereitzustellen. Ziel ist es, Usability-Probleme der zuvor verwendeten Webanwendung zu überwinden. Die neu entwickelte Anwendung soll die bestehende Webplattform ersetzen und eine verbesserte Benutzererfahrung bieten.

Im Rahmen dieses Vorhabens führen wir heute einen Usertest durch, um die Anwendungen zu vergleichen und Usability-Probleme der neuen Anwendung aufzudecken. Ein besonderes Augenmerk liegt zudem darauf, die Anwendung barrierefrei zu gestalten, damit sie auch von Personen genutzt werden kann, die auf assistive Technologien zur Bedienung von Websites angewiesen sind.

Vorstellen des Ablaufs

Fachbegriffe:

Barrierefreiheit  
Webanwendung  
UEQ

### 4) Ablauf

## Ablauf

Begrüßung  
Vorstellung des Themas  
Einverständniserklärung  
Abfragen von personenbezogenen Daten

Fragebogen 1

Nutzertest Anwendung 1  
UEQ für Anwendung 1  
Fragebogen 2

Nutzertest Anwendung 2  
UEQ für Anwendung 2  
Fragebogen 2

Verabschiedung



## 5) Personenbezogene Daten

### Personenbezogene Daten

Datum

---

Proband

---

Alter

---

Geschlecht

---

Beschäftigungsstatus

---

Nutzen von Assistive Technology

---

## 6) Fragebogen 1

### Fragebogen 1

Wird einmalig vor der Bearbeitung der Aufgaben gestellt.

#### Vorerfahrungen

Wie häufig verwenden Sie Webbrowser?

Haben Sie in der Vergangenheit schonmal nach Ressourcen gesucht, welche sich mit Barrierefreiheit von digitalen Medien befassen?

Wenn ja, wann und wie häufig? Wann zuletzt? Wie sind Sie dabei vorgegangen?

#### Erwartungen

Welche Aspekte sind Ihnen bei der Benutzung eine Webanwendung am wichtigsten?

Welche Schwierigkeiten oder Frustrationen haben Sie in der Vergangenheit bei Benutzung von Webanwendungen erlebt?

## 7) Aufgaben

## Aufgaben

### Einführung

Getestet werden zwei Webanwendungen welche dazu dienen Ressourcen zu digitaler Barrierefreiheit bereitzustellen. Zum Testen werden Ihnen vier Aufgaben mit jeweiligen Unteraufgaben gestellt. Um Ihre Vorgehensweise zu inspizieren wird die Think-Aloud Methode verwendet. Dabei sollen Sie Ihr Vorgehen und Ihre Gedanken beim Bearbeiten der Aufgaben laut, und detailliert aussprechen.

Im Anschluss an die Aufgaben wird Ihnen ein Questionnaire vorgelegt, welches Sie ausfüllen, sowie ein Fragebogen dessen Fragen Sie beantworten sollen.

### Ressourcen

Ressourcen werden verwendet um Informationen zu bestimmten Themen der Digitalen Barrierefreiheit bereitzustellen. Die Ressourcen sind mit Informationen versehen, wie z.B. einem Titel, einem beschreibenden Text, einem Typ der Ressource (Video, Artikel, etc). Elementar ist die URL die zu der Ressource führt. Auch sind Ressourcen mit Tags versehen um sie in Kategorien einzuteilen. Eine Ressource kann mit mehrere Tags versehen sein. Tags folgen dem Muster einer Überkategorie, welche abgekürzt in einer Klammer dargestellt sind, sowie der Bezeichnung des Tags. Beispiel: (S) de

### Teil 1

1.1 Die URL ist bereits in die Suchleiste eingetragen. Rufen Sie die Webanwendung durch bedienen der Enter-Taste auf.

1.2 Nehmen Sie sich bis zu einer Minute Zeit um sich mit der Webanwendung vertraut zu machen.

### Teil 2

2.1 Suchen Sie nach Ressourcen mit dem Suchbegriff "pdf"

2.2 Löschen Sie Ihre Eingabe, um auf den Ausgangszustand zurückzukehren.

### Teil 3

3.1 Suchen Sie nach Ressourcen mit dem Tag "(I) Richtlinien"

3.2 Sortieren Sie die Suchergebnisse basierend auf dem Titel in absteigender Reihenfolge (Z-A)

- 3.3 Wählen Sie die Ressource "Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1" aus.
- 3.4 Lesen Sie die ersten drei Wörter der Beschreibung der Ressource (auch "Abstract" genannt) laut vor.
- 3.5 Nennen Sie zwei Tags die der Ressource zugewiesen sind.
- 3.6 Nennen Sie einen Autor der Ressource.
- 3.7 Öffnen Sie die URL, die Sie zum Inhalt der Ressource führt.
- 3.8 Schließen Sie die eben geöffnete Seite.
- 3.9 Kehren Sie zur Ausgangssituation zurück. Es sollen alle Ressourcen angezeigt werden. Stellen Sie sicher, dass keine Tags ausgewählt sind.

#### **Teil 4**

- 4.1 Suche nach dem Ressourcen mit dem Tag "(A) Word" und dem Suchbegriff "Anleitung"
- 4.2 Sortiere die Suchergebnisse basierend auf dem Datum in aufsteigender Reihenfolge (Neu - Alt)
- 4.3 Fügen Sie den Tag "(Q) Fortgeschritten" hinzu, um Ihre Suche zu spezifizieren.
- 4.4 Wählen Sie die Ressource, die Ihnen angezeigt wird aus.
- 4.5 Identifizieren Sie die Tags die mit der Ressource verknüpft sind.
- 4.6 Lassen Sie sich alle Ressourcen anzeigen, welche dem Tag "(Q) Fortgeschritten" zugeordnet sind.
- 4.7 Wählen Sie den Tag "(Q) Fortgeschritten" ab.

## 8) Fragebogen 2

### Fragebogen 2

Wird insgesamt zwei mal, nach jeder Anwendung gefragt.

#### Usability

Nennen Sie drei positive dinge die Ihnen beim Benutzen der Anwendung aufgefallen sind.

Nennen Sie drei negative dinge die Ihnen beim Benutzen der Anwendung aufgefallen sind.

#### Aufgaben

Gab es unerwartete Probleme oder Herausforderungen bei der Zielerreichung?

#### Verbesserungsvorschläge

Welche Änderungen oder Verbesserungen würden Sie sich für diese Anwendung wünschen?

#### Fazit

Würden Sie diese Anwendung anderen empfehlen? Warum oder warum nicht?

Gab es während dem Test noch etwas, das Sie gerne mitteilen würden?

Haben Sie Kritik zum Nutzertest selbst?

## 9) UEQ

**Bitte geben Sie Ihre Beurteilung ab.**

Um das Produkt zu bewerten, füllen Sie bitte den nachfolgenden Fragebogen aus. Er besteht aus Gegensatzpaaren von Eigenschaften, die das Produkt haben kann. Abstufungen zwischen den Gegensätzen sind durch Kreise dargestellt. Durch Ankreuzen eines dieser Kreise können Sie Ihre Zustimmung zu einem Begriff äußern.

Beispiel:

attraktiv	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	unattraktiv
-----------	-----------------------	----------------------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-------------

Mit dieser Beurteilung sagen Sie aus, dass Sie das Produkt eher attraktiv als unattraktiv einschätzen.

Entscheiden Sie möglichst spontan. Es ist wichtig, dass Sie nicht lange über die Begriffe nachdenken, damit Ihre unmittelbare Einschätzung zum Tragen kommt.

Bitte kreuzen Sie immer eine Antwort an, auch wenn Sie bei der Einschätzung zu einem Begriffspaar unsicher sind oder finden, dass es nicht so gut zum Produkt passt.

Es gibt keine „richtige“ oder „falsche“ Antwort. Ihre persönliche Meinung zählt!

Bitte geben Sie nun Ihre Einschätzung des Produkts ab. Kreuzen Sie bitte nur einen Kreis pro Zeile an.

	1	2	3	4	5	6	7		
unerfreulich	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	erfreulich	1
unverständlich	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	verständlich	2
kreativ	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	phantasielos	3
leicht zu lernen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	schwer zu lernen	4
wertvoll	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	minderwertig	5
langweilig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	spannend	6
uninteressant	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	interessant	7
unberechenbar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	voraussagbar	8
schnell	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	langsam	9
originell	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	konventionell	10
behindernd	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	unterstützend	11
gut	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	schlecht	12
kompliziert	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	einfach	13
abstoßend	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	anziehend	14
herkömmlich	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	neuartig	15
unangenehm	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	angenehm	16
sicher	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	unsicher	17
aktivierend	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	einschläfernd	18
erwartungskonform	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	nicht erwartungskonform	19
ineffizient	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	effizient	20
übersichtlich	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	verwirrend	21
unpragmatisch	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	pragmatisch	22
aufgeräumt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	überladen	23
attraktiv	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	unattraktiv	24
sympathisch	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	unsympathisch	25
konservativ	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	innovativ	26

## IX. Literaturverzeichnis

*Accessibility – React.* (o. J.). Abgerufen 8. Dezember 2023, von <https://legacy.reactjs.org/docs/accessibility.html>

*AJAX and APIs – React.* (o. J.). Abgerufen 11. Dezember 2023, von <https://legacy.reactjs.org/docs/faq-ajax.html>

Apple. (o. J.). *VoiceOver*. Abgerufen 12. Dezember 2023, von [https://www.apple.com/at/voiceover/info/guide/\\_1121.html](https://www.apple.com/at/voiceover/info/guide/_1121.html)

*ARIA - Accessibility | MDN.* (2023, August 16). <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/Accessibility/ARIA>

*ARIA live regions—Accessibility | MDN.* (2023, Juli 7). [https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/Accessibility/ARIA/ARIA\\_Live\\_Regions](https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/Accessibility/ARIA/ARIA_Live_Regions)

*Bedeutung von Barrierefreiheit.* (o. J.). Abgerufen 8. Dezember 2023, von <https://www.enableme.ch/de/themen/was-bedeutet-barrierefreiheit-663>

BIK. (o. J.). *BITV-Selbstbewertung*. Abgerufen 1. Dezember 2023, von [https://www.bitv-test.de/bitv\\_test/bitv\\_test\\_selbst\\_anwenden/selbstbewertung.html](https://www.bitv-test.de/bitv_test/bitv_test_selbst_anwenden/selbstbewertung.html)

BITV 2.0. Abgerufen 28. November 2023, von [https://www.gesetze-im-internet.de/bitv\\_2\\_0/BJNR184300011.html](https://www.gesetze-im-internet.de/bitv_2_0/BJNR184300011.html)

BITV-Test, B. I. K. (o. J.-a). *BIK BITV-Test | BITV-Test*. Abgerufen 28. November 2023, von [https://www.bitvtest.de/bitv\\_test.html](https://www.bitvtest.de/bitv_test.html)

BITV-Test, B. I. K. (o. J.-b). *BIK BITV-Test | Werkzeugliste*. Abgerufen 12. Dezember 2023, von [https://www.bitvtest.de/bitv\\_test/das\\_testverfahren\\_im\\_detail/werkzeugliste.html](https://www.bitvtest.de/bitv_test/das_testverfahren_im_detail/werkzeugliste.html)

*Caching Examples | TanStack Query Docs.* (o. J.). Abgerufen 11. Dezember 2023, von <https://tanstack.com/query/v3/docs/react/guides/caching>

Classic. (2022, August 30). *Difference Between Framework Vs Library*. Sencha.Com. <https://www.sencha.com/blog/difference-between-framework-vs-library-snc/>

*Devtools | TanStack Query Docs.* (o. J.). Abgerufen 11. Dezember 2023, von <https://tanstack.com/query/v3/docs/react/devtools>

*Fragments – React.* (o. J.). Abgerufen 11. Dezember 2023, von <https://legacy.reactjs.org/docs/fragments.html>

Gottfried, Zimmermann. (2023, Juni 23). *Barrierefreie webanwendung fuer zotero*. GitLab. <https://gitlab.mi.hdm-stuttgart.de/team-zimmermann/ausschreibungen/-/wikis/barrierefreie-webanwendung-fuer-zotero>

*Groups [Zotero Documentation].* (o. J.). Abgerufen 26. November 2023, von <https://www.zotero.org/support/groups>

Idri, N. (2015). *Zotero Software: A Means of Bibliographic Research and Data Organisation; Teaching Bibliographic Research* (SSRN Scholarly Paper 2843984).

<https://doi.org/10.2139/ssrn.2843984>

Initiative (WAI), W. W. A. (o. J.-a). *Introduction to Web Accessibility*. Web Accessibility Initiative (WAI). Abgerufen 8. Dezember 2023, von <https://www.w3.org/WAI/fundamentals/accessibility-intro/>

Initiative (WAI), W. W. A. (o. J.-b). *Page Structure Tutorial*. Web Accessibility Initiative (WAI). Abgerufen 11. Dezember 2023, von <https://www.w3.org/WAI/tutorials/page-structure/>

Krotoff, T. (o. J.). *Front-end frameworks popularity*. Github. Abgerufen 11. Dezember 2023, von <https://gist.github.com/tkrotoff/b1caa4c3a185629299ec234d2314e190>

Müller, L.-A., Fas, A., & Lam, L. (2023). *Projektbericht Trainomat—Usability Engineering Projekt*.

*Outlet—React Router*. (o. J.). Abgerufen 11. Dezember 2023, von <https://reactrouter.com/en/main/components/outlet>

*Plugins [Zotero Documentation]*. (o. J.). Abgerufen 11. Dezember 2023, von <https://www.zotero.org/support/plugins>

*Prüfschritt 9.2.4.5 Alternative Zugangswege*. (o. J.). Abgerufen 12. Dezember 2023, von <https://ergebnis.bitvtest.de/pruefschritt/bitv-20-web/bitv-20-web-9-2-4-5-alternative-zugangswege>

*Prüfschritte BITV-Test*. (o. J.). Abgerufen 1. Dezember 2023, von <https://ergebnis.bitvtest.de/pruefverfahren/bitv-20-web>

*React-Select*. (o. J.). React-Select. Abgerufen 11. Dezember 2023, von <https://jedwatson.github.io/react-select>

*RICHTLINIE (EU) 2016/ 2102 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES - vom 26. Oktober 2016—Über den barrierefreien Zugang zu den Websites und mobilen Anwendungen öffentlicher Stellen*. (2016).

Schrepp, M. (o. J.-a). *UEQ\_Compare\_Products\_2.xlsx*. Abgerufen 16. November 2023, von <https://www.ueq-online.org/>

Schrepp, M. (o. J.-b). *UEQ\_Data\_Analysis\_Tool\_Version12.xlsx*. Abgerufen 16. November 2023, von <https://www.ueq-online.org/>

Schrepp, M. (2023). *User Experience Questionnaire Handbook*.

*Semantics - MDN Web Docs Glossary: Definitions of Web-related terms | MDN*. (2023, August 14). <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Glossary/Semantics>

*The MIT License*. (2006, Oktober 31). Open Source Initiative. <https://opensource.org/license/mit/>

Tornqvist, M. (2023, Juni 20). The Evolution of JavaScript Frameworks: From jQuery to React and Beyond. *Medium*. <https://medium.com/@mattias.trnqvist/the-evolution-of-javascript-frameworks-from-jquery-to-react-and-beyond-f94b34e7dae8>

*TRAINomat 2—Kompetenzzentrum Digitale Barrierefreiheit*. (o. J.). Abgerufen 26. November 2023, von <https://digitalisierung.hdm-stuttgart.de/barrierefreiheit/trainomat-2/>

*TRAINomat2* | Zotero. (o. J.). Zotero Gruppenbibliothek. Abgerufen 7. Dezember 2023, von <https://www.zotero.org/groups/4624031/trainomat2/item-list>

*TRAINomat—Kompetenzzentrum Digitale Barrierefreiheit*. (o. J.). Abgerufen 7. Dezember 2023, von <https://digitalisierung.hdm-stuttgart.de/barrierefreiheit/trainomat/>

*useInfiniteQuery* | *TanStack Query Docs*. (o. J.). Abgerufen 11. Dezember 2023, von <https://tanstack.com/query/v3/docs/react/reference/useInfiniteQuery>

*useNavigate—React Router*. (o. J.). Abgerufen 11. Dezember 2023, von <https://reactrouter.com/en/main/hooks/use-navigate>

*useSubmit—React Router*. (o. J.). Abgerufen 11. Dezember 2023, von <https://reactrouter.com/en/main/hooks/use-submit>

*Using the Fetch API - Web APIs* | MDN. (2023, August 18). [https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/Fetch\\_API/Using\\_Fetch](https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/Fetch_API/Using_Fetch)

*Virtuelles DOM und Interna – React*. (o. J.). Abgerufen 8. Dezember 2023, von <https://de.legacy.reactjs.org/docs/faq-internals.html>

*Vite*. (o. J.). Abgerufen 8. Dezember 2023, von <https://vitejs.dev>

*Zotero Developer Documentation*. (o. J.). Abgerufen 7. Dezember 2023, von [https://www.zotero.org/support/dev/web\\_api/v3/start](https://www.zotero.org/support/dev/web_api/v3/start)