

Institut für Visualisierung und Interaktive Systeme

Universität Stuttgart
Universitätsstraße 38
D-70569 Stuttgart

Bachelorarbeit Nr. 319

Erweiterung bestehender Eingabefelder zur Erfassung unsicherer Benutzereingaben

Patrick Franczak

Studiengang:	Informatik
Prüfer/in:	Prof. Dr. Albrecht Schmidt
Betreuer/in:	Dipl.-Inf. Miriam Greis, Romina Kettner, M.Sc.
Beginn am:	4. Mai 2016
Beendet am:	3. November 2016
CR-Nummer:	H.5.2

Kurzfassung

Wir leben in einer Welt voller Unsicherheiten. Täglich haben wir mit Unsicherheiten zu tun. Computer, insbesondere mobile Endgeräte, sind tägliche Begleiter geworden. Oft müssen wir bei der Bedienung Entscheidungen treffen. Nicht bei jeder Entscheidung sind wir von der eingegebenen Antwort überzeugt – es tritt Unsicherheit auf. Die zugrundeliegende Anwendung bekommt davon nichts mit, sie nimmt an, dass keine Unsicherheit existiert. Sie rechnet mit diesen unsicheren Daten weiter, wodurch die Unsicherheit im weiteren Programmverlauf propagiert wird. Doch auch bei neueren Benutzeroberflächen können wir die bei der Bedienung auftretende Unsicherheit nicht der zugrundeliegenden Anwendung mitteilen. Daher werden in dieser Arbeit Eingabefelder, die die Eingabe von Unsicherheit ermöglichen, entwickelt und evaluiert. Gängige Eingabefelder wurden erweitert, um die Eingabe von Unsicherheit zu ermöglichen. Die daraus resultierenden neuen Benutzeroberflächen wurden zunächst im Rahmen einer Vorstudie in Form eines Interviews untersucht. In dieser wurden mehrere Benutzer nach ihrer Meinung zu diesen erweiterten Eingabefeldern gefragt. Die Benutzeroberflächen, welche am besten bei den befragten Benutzern ankamen, wurden implementiert und im Rahmen einer Benutzerstudie weiter untersucht. Insgesamt wurden die neuen Benutzeroberflächen von allen teilnehmenden Benutzern positiv aufgenommen. Ergebnisse finden sich in der Zusammenfassung am Ende dieser Arbeit.

Abstract

We live in a world full of uncertainties. Every day, we are dealing with uncertainties. Computers, especially mobile devices, now take place in everyone's life. Often, when using applications on those devices one has to make decisions. We are aren't convinced with every decision made – uncertainty occurs. The application doesn't get any information about the uncertainty. It assumes, that there isn't any uncertainty. The application continues computing with the uncertain data. The uncertain data will be propagated in the further computing process. Even with newer user interfaces you cannot inform the application about the uncertainty accruing during the decision making. Hence, this thesis deals with the development and evaluation of input fields, which support input uncertainty. Common input fields were enhanced to make the input of uncertainty possible. The resulting user interfaces were taken to a pre-study, where participants could tell their opinion about them. The pre-study had the form of an interview. The user interfaces with the best results in the pre-study were implemented and took part in the final user study. Overall, the participants really liked the new presented user interfaces. You can find the results of this work in the conclusion at the end of the thesis.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Verwandte Arbeiten	3
2.1	Grundlegende Begriffe	3
2.1.1	Unsicherheit	3
2.1.2	Eingabefelder	7
2.2	Weiterführende Arbeiten	7
2.2.1	Visualisierung von Unsicherheit	7
2.2.2	Quellen der Unsicherheit	11
2.2.3	Unsicherheit in der Mensch-Computer-Interaktion	13
2.2.4	Psychologische Aspekte	13
3	Identifikation und Klassifikation von Eingabefeldern	15
3.1	Identifikation der gebräuchlichsten Eingabefelder	15
3.2	Klassifizierung der Eingabefelder	16
3.3	Methoden	19
3.3.1	Eingabe der Unsicherheit in numerischer Form	19
3.3.2	Erstellung der Liste aller in Frage kommenden Eingaben	19
3.3.3	Erstellung eines Rankings	20
3.3.4	Hinzufügen von n weiteren Antwortmöglichkeiten	20
3.3.5	feinere Granularität in Form von weiteren Checkboxen bzw. Buttons	20
4	Entwicklung und Evaluation von Prototypen	23
4.1	Vorstellung der erstellten Prototypen	23
4.1.1	Benutzeroberflächen zu Cluster 1a	24
4.1.2	Benutzeroberflächen zu Cluster 1b	28
4.1.3	Benutzeroberflächen zu Cluster 2	30
4.1.4	Benutzeroberflächen zu Cluster 3	31
4.1.5	Äquivalente Prototypen	32
4.2	Durchführung der Interviews	35
4.2.1	Ziel der Interviews	35
4.2.2	Aufbau	36
4.2.3	Teilnehmer	37
4.3	Ergebnisse der Interviews	38
4.3.1	Einführende Fragen	38

4.3.2	Fragen bezüglich der vorgestellten Prototypen	39
4.4	Implikationen aus den Ergebnissen der Interviews	43
5	Benutzerstudie	47
5.1	Ziel der Benutzerstudie	47
5.2	Aufbau der Benutzerstudie	47
5.2.1	Konzeptueller Aufbau	48
5.2.2	Technische Umsetzung	49
5.2.3	Usability Metric for User Experience (UMUX)	50
5.3	Teilnehmer	51
5.4	Ablauf	51
5.5	Ergebnisse	52
5.5.1	1. Teil der Studie	52
5.5.2	2. Teil der Studie	57
5.5.3	Eingaben der Teilnehmer	58
5.5.4	Korrelationen	61
5.6	Kommentare und Feedback der Teilnehmer	61
5.7	Interpretation und Diskussion der Ergebnisse	61
6	Zusammenfassung und Ausblick	65
7	Anhang	67
7.1	Benutzeroberflächen aus Kapitel 4	67
7.2	Screenshots aus der Benutzerstudie	68
7.3	Tabellen mit den Fragestellungen der Benutzerstudie	71
	Literaturverzeichnis	75

Abbildungsverzeichnis

2.1	Das Konstellationsdiagramm nach Gershon [Ger98]	5
2.2	Die Ontologie nach Laskey et al. [LLC+08]	6
2.3	Diese Abbildung von Gershon [Ger98] zeigt verschiedene visuelle Hinweise. Diese helfen bei der Visualisierung von Unsicherheit. (1) zeigt die Darstellung einer gestrichelten anstatt einer durchgezogenen Linie, während (2) die Dicke der Linie verändert. (3) zeigt angehängte Pfeile an einen Punkt. (4) fügt Unschärfe zu einem festen Objekt in (5) hinzu, während (6) mehrere Bilder dieses Objektes zeigt.	11
2.4	Diese Pipeline zeigt die drei Hauptschritte, die Daten durchlaufen müssen, um visualisiert zu werden. In jedem dieser Schritte kann Unsicherheit auftreten sowie propagiert werden, sodass die visualisierten Daten nicht mehr mit den ursprünglich erfassten Daten übereinstimmen [PWL97].	11
4.1	Benutzeroberfläche 1: Links zu sehen mit Dropdownbox, rechts mit zwei Radiobuttons als primäres Eingabefeld.	25
4.2	Benutzeroberfläche 2: Zu sehen sind hier die eigentlichen möglichen Benutzeroberflächen 4.2a und 4.2b mit n Entscheidungsmöglichkeiten. Die zwei weiteren Teilabbildungen dienen zur Illustration der unteren Intervallgrenze, denn hier wird der Fall $n = 4$ abgebildet. Die untere Intervallgrenze n_0 besitzt hier den Wert $n_0 = 25\%$	26
4.3	Benutzeroberfläche 3: Es sind beide möglichen Konstellationen abgebildet. Teilabbildung 4.3a zeigt die Benutzeroberfläche mit einer Dropdownbox mit n Elementen als primäres Eingabefeld, Abbildung 4.3b zeigt die Benutzeroberfläche mit n Radiobuttons als primäres Eingabefeld. Unsicherheit kann hier mittels Textbox in Prozent eingegeben werden.	27
4.4	Benutzeroberfläche 4: Es sind die zwei möglichen Konstellationen abgebildet. Teilabbildung 4.4a zeigt die Benutzeroberfläche mit einer Dropdownbox mit n Elementen als primäres Eingabefeld, Abbildung 4.4b zeigt die Benutzeroberfläche mit n Radiobuttons als primäres Eingabefeld. Eingegebene Unsicherheit kann unter dieser Benutzeroberfläche nicht quantifiziert werden.	27
4.5	Benutzeroberfläche 5: Es sind die zwei möglichen Konstellationen abgebildet. Teilabbildung 4.4a zeigt die Benutzeroberfläche mit einer Dropdownbox mit n Elementen als primäres Eingabefeld, Abbildung 4.4b zeigt die Benutzeroberfläche mit n Radiobuttons als primäres Eingabefeld. Zur Eingabe der Unsicherheit steht zusätzlich ein Kommentarfeld zur Verfügung.	28

4.6	Benutzeroberfläche 10: Hier besteht die Möglichkeit einer Mehrfachauswahl durch die Listbox als primäres Eingabefeld. Die Unsicherheit wird durch ein vom Benutzer erstelltes Ranking erfasst.	29
4.7	Benutzeroberfläche 11: Es sind die zwei möglichen Konstellationen abgebildet. Teilabbildung 4.7a zeigt die Wahrscheinlichkeitseingabe mittels Slider, Teilabbildung 4.7b zeigt die diese Eingabe mittels Textbox. Durch den Kreis unten rechts wird in beiden Teilabbildungen ein Kreisdiagramm dargestellt.	29
4.8	Benutzeroberfläche 16: Es sind die zwei möglichen Konstellationen abgebildet. Die primären Eingabefelder sind hier entweder Slider sowie Textbox. Die Unsicherheit wird immer via eines Sliders eingegeben. Das Intervall $[n, m]$ entspricht dem zulässigen Wertebereich.	30
4.9	Benutzeroberfläche 17: Durch das Aktivieren der Checkbox <i>Unsicherheit angeben</i> wird der ursprünglich 1-dimensionale Slider zu einem 2-dimensionalen Slider, welcher dann die Eingabe eines Intervalls für die Unsicherheit ermöglicht.	31
4.10	Benutzeroberfläche 18: Das primäre Eingabefeld ist hier eine Textbox. Zur Eingabe der Unsicherheit tippt der Benutzer die Intervallgrenzen direkt in entsprechend gekennzeichneten Textboxen.	31
4.11	Benutzeroberfläche 21: Hier kann der Benutzer mithilfe des »-Buttons jede Eingabe in die unten stehende Liste einfügen. Diese Liste repräsentiert aller möglichen Eingaben.	32
4.12	Benutzeroberfläche 6: Die zwei Benutzeroberflächen auf Basis eines Sliders mit einmal genau 4 Elementen und einmal n Elementen mit Checkboxes	33
4.13	Benutzeroberfläche 12 (links) sowie Benutzeroberfläche 13 (rechts)	33
4.14	Benutzeroberfläche 14: Links mit Slider, rechts mit einer numerischen Textbox als primäres Eingabefeld.	34
4.15	Benutzeroberfläche 15: Links mit Slider, rechts mit einer numerischen Textbox als primäres Eingabefeld.	34
4.16	Benutzeroberfläche 19: Eingabe der Unsicherheit ohne Quantifizierung.	35
4.17	Benutzeroberfläche 20: Quantifizierung der Unsicherheit durch Kommentarfeld möglich.	35
4.18	Dieses gestapelte Balkendiagramm visualisiert die Benutzbarkeit der einzelnen Benutzeroberflächen. Jede Teilabbildung entspricht einem (Sub-)Cluster. Die x-Achse gibt die Nummer der Benutzeroberfläche an, während die y-Achse die die Anzahl der Teilnehmer angibt, welche die jeweilige Benutzeroberfläche benutzen würden oder nicht.	42
4.19	Dieses gestapelte Balkendiagramm visualisiert das Gefallen der einzelnen Benutzeroberflächen. Jede Teilabbildung entspricht einem (Sub-)Cluster. Die x-Achse gibt die Nummer der Benutzeroberfläche an, während die y-Achse die die Anzahl der Teilnehmer angibt, welche eine bestimmte Bewertung abgegeben haben.	43

4.20	Dieses gestapelte Balkendiagramm visualisiert die Simplizität der einzelnen Benutzeroberflächen. Jede Teilabbildung entspricht einem (Sub-)Cluster. Die x-Achse gibt die Nummer der Benutzeroberfläche an, während die y-Achse die die Anzahl der Teilnehmer angibt, welche eine bestimmte Bewertung abgegeben haben.	44
5.1	Die erreichten Punktzahlen der einzelnen Benutzeroberflächen für jeden Teilnehmer im ersten Teil.	53
5.2	Das arithmetische Mittel der Punktzahlen und die dazugehörigen Standardabweichungen der einzelnen Benutzeroberflächen im ersten Teil der Benutzerstudie.	54
5.3	Die am häufigsten eingegebenen Unsicherheiten über alle Fragen des ersten Teils der Benutzerstudie.	55
5.4	Dieses Streudiagramm visualisiert die Unsicherheit (y-Achse), die die einzelnen Teilnehmer (x-Achse) eingegeben haben. Je mehr Punkte auf einer bestimmten Fläche liegen, desto öfter wurden die auf der Fläche abgebildeten Werte eingegeben.	56
5.5	Die erreichten Punktzahlen der einzelnen Benutzeroberflächen für jeden Teilnehmer.	58
5.6	Das arithmetische Mittel der Punktzahlen und die dazugehörigen Standardabweichungen der einzelnen Benutzeroberflächen im ersten Teil der Benutzerstudie.	59
5.7	Die am häufigsten eingegebenen Intervalle über alle Fragen des zweiten Teils.	59
5.8	Dieses Streudiagramm visualisiert die Unsicherheit (y-Achse), die die einzelnen Teilnehmer (x-Achse) eingegeben haben. Je mehr Punkte auf einer bestimmten Fläche liegen, desto öfter wurden die auf der Fläche abgebildeten Werte eingegeben.	60
5.9	Dieses Balkendiagramm zeigt, wie viele Teilnehmer anhand der im UMUX erreichten Punktzahl eine bestimmte Benutzeroberfläche im zweiten Teil der Studie favorisieren.	63
5.10	Dieses Balkendiagramm zeigt, wieviele Teilnehmer anhand der im UMUX erreichten Punktzahl eine bestimmte Benutzeroberfläche im ersten Teil der Studie favorisieren.	64
7.1	Benutzeroberfläche 7: Unsicherheit kann hier mithilfe einer Textbox eingegeben werden.	67
7.2	Benutzeroberfläche 8: Unsicherheit kann hier durch die Aktivierung der entsprechenden Checkbox angegeben, jedoch nicht quantifiziert werden.	67
7.3	Benutzeroberfläche 9: Durch das unten stehende Kommentarfeld kann die Unsicherheit in Worte gefasst werden.	68
7.4	Ein Screenshot aus dem ersten Teil der Studie, in dem eine Dropdownbox als primäres Eingabefeld dient. Die Unsicherheit wird hier mithilfe einer Textbox in Prozent eingegeben.	68

7.5	Ein Screenshot aus dem ersten Teil der Studie, in dem Radiobuttons als primäres Eingabefeld benutzt werden. Die Unsicherheit wird hier mithilfe eines Sliders in Prozent eingegeben.	69
7.6	Ein Screenshot aus dem zweiten Teil der Studie, in dem eine Textbox als primäres Eingabefeld dient. Die Unsicherheit wird hier mithilfe zweier Textboxen eingegeben.	69
7.7	Ein Screenshot aus dem zweiten Teil der Studie, in dem eine Textbox als primäres Eingabefeld dient. Die Unsicherheit wird hier mithilfe einem 2-dimensionalen Sliders eingegeben.	70

Tabellenverzeichnis

2.1	Klassifikation bestehender Visualisierungstechniken zur Darstellung von Unsicherheit mittels der fünf vorgestellten Charakteristiken nach Pang et al. [PWL97].	9
3.1	Die einzelnen möglichen Methoden zur Eingabe von Unsicherheit.	21
4.1	Auflistung des Alters sowie Geschlechts der acht Teilnehmer.	38
4.2	Qualitative Auswertung der durchgeführten Interviews für die Benutzeroberflächen aus Cluster 1a. Die einzelnen Werte zeigen die Anzahl der abgegebenen Antworten, die in eine bestimmte Kategorie fallen.	41
4.3	Qualitative Auswertung der durchgeführten Interviews für die Benutzeroberflächen aus Cluster 1b. Die einzelnen Werte zeigen die Anzahl der abgegebenen Antworten, die in eine bestimmte Kategorie fallen.	41
4.4	Qualitative Auswertung der durchgeführten Interviews für die Benutzeroberflächen aus Cluster 2. Die einzelnen Werte zeigen die Anzahl der abgegebenen Antworten, die in eine bestimmte Kategorie fallen.	41
4.5	Qualitative Auswertung der durchgeführten Interviews für die Benutzeroberflächen aus Cluster 3. Die einzelnen Werte zeigen die Anzahl der abgegebenen Antworten, die in eine bestimmte Kategorie fallen.	42
4.6	Die vollständige Übersicht aller in den Interviews benutzten Fragen auf Basis einer Likert-item Skala.	45
5.1	Der UMUX in seiner Originalfassung nach [Fin10]. Für die Benutzerstudie wurde [this system] durch [this graphical user interface] ersetzt. Die Graumarkierten Zeilen sind die vier Punkte des UMUX. Sie werden von den Teilnehmern durch eine Likert-item Skala von 1 bis 7 bewertet.	51
5.2	Die Liste mit den demographischen Daten der Studienteilnehmer	52
5.3	Auflistung der Anzahl falsch und korrekt beantworteter Fragen für jeden einzelnen Teilnehmer.	57
7.1	Alle Fragen des ersten Teils der Benutzerstudie mit dazugehörigen Antworten und Lösungen. Fragen und Lösungen von Kofrányi und Wirths [KW12], Konopka und Obergfell [KO80] sowie Spegg und Erfurt [SE13].	72
7.2	Alle Fragen des zweiten Teils der Benutzerstudie mit den dazugehörigen Intervallen und Lösungen. Fragen und Lösungen von Kofrányi und Wirths [KW12], Konopka und Obergfell [KO80] sowie Spegg und Erfurt [SE13].	73

1 Einleitung

Wir begegnen jeden Tag einer Form der Unsicherheit. Das geschieht bereits, wenn wir Satzkonstruktionen wie beispielsweise „Ich denke, dass...“, „wahrscheinlich ist...“ benutzen. Auftretende Unsicherheiten werden meistens in numerischer Form oder als subjektive Wahrscheinlichkeiten ausgedrückt. Füllen Menschen Entscheidungen unter Unsicherheit, so greifen sie meistens auf Heuristiken zurück. Diese können oft richtig liegen, in anderen Fällen jedoch zu systematischen Fehlern führen [Amo74]. Ein großer Teil der modernen Bevölkerung hat Schwierigkeiten bei der Interpretation mit statistischen Unsicherheiten und numerischen Problemen [GG10]. Visualisierte Unsicherheit wird von vielen Menschen nicht korrekt interpretiert. Außerdem kann derzeit Unsicherheit nicht vollständig aus Datensätzen entfernt werden. So kamen Boukhelifa und Duke [BD09] zu dem Schluss, dass bessere Methoden gebraucht werden, um Unsicherheit zu erfassen und auszuwerten.

Hier setzt diese Bachelorarbeit an. In dieser Arbeit wurden gängige Eingabefelder um die Möglichkeit der Eingabe von Unsicherheit erweitert. Die Eingabefelder wurden so erweitert, dass Benutzer angeben können, ob und wie unsicher sie sich bei einer Eingabe sind. Dafür wurden die gängigsten Eingabefelder identifiziert und Möglichkeiten zur Erweiterung der Eingabefelder entwickelt und evaluiert. Besonders geeignete Eingabefelder erhielten eine auf diese Art von Eingabefeldern zugeschnittene Erweiterung zur Eingabe der Unsicherheit. Anschließend wurde in einer Benutzerstudie untersucht, wie effektiv die Erweiterung der bestehenden Eingabefelder in der Praxis ist.

Die Arbeit ist in wie folgt gegliedert. Zunächst finden in Kapitel 2 eine thematische Eingrenzung sowie die Vorstellung verwandter Arbeiten statt. In Kapitel 3 werden die gängigsten Eingabefelder identifiziert sowie klassifiziert. Daraufhin findet in Kapitel 4 die Vorstudie statt. Dazu gehören der Aufbau dieser sowie die Ergebnisse und die daraus gewonnen Erkenntnisse. Die finale Benutzerstudie wird in Kapitel 5 erläutert und ausgewertet. Dazu gehören wie bei der Vorstudie der Aufbau und die Ergebnisse dazu. Zusätzlich werden die Ergebnisse diskutiert. In Kapitel 6 werden die Ergebnisse dieser Arbeit zusammengefasst. Außerdem werden Anregungen und Ideen für zukünftige Arbeiten auf diesem Gebiet vorgeschlagen.

2 Verwandte Arbeiten

In diesem Kapitel werden grundlegende Begriffe definiert, verwandte Arbeiten und weitere Hintergrundinformationen präsentiert. Da die präsentierten Arbeiten unterschiedliche Schwerpunkte besitzen, werden diese in den entsprechenden Unterkapiteln behandelt. Als Schwerpunkte werden die Visualisierung von Unsicherheit, die Quellen der Unsicherheit, die Unsicherheit in der Mensch-Computer-Interaktion behandelt. Zusätzlich widmet sich der letzte Abschnitt den psychologischen Aspekten. Einige der bei diesen Arbeiten entstandenen Konzepte werden im weiteren Verlauf dieser Arbeit aufgegriffen.

2.1 Grundlegende Begriffe

Diese Arbeit beschäftigt sich hauptsächlich mit den folgenden zwei Themengebieten:

- Unsicherheit (uncertainty)
- Eingabefelder (input fields)

2.1.1 Unsicherheit

In diesem Kapitel werden wir den Begriff der Unsicherheit definieren. Dazu werden eine Reihe unterschiedlicher Konzepte vorgestellt, um dem Leser einen Eindruck zu verschaffen, wie Unsicherheit in der Literatur aufgefasst wird. Durch verschiedene Interpretationen des Begriffes der Unsicherheit formuliert jeder Forschungsbereich unabhängig voneinander eigene spezifische Definitionen [MRH+05]. Unsicherheit ist sehr anwendungsspezifisch [BD09]. In der Literatur gibt es deswegen keine einheitliche Definition für den Begriff der Unsicherheit [GS06]. Eine frühe Definition aus dem Bereich der Geoinformationssysteme stammt von Hunter und Goodchild [HG93]. Sie definieren den Begriff der Unsicherheit wie folgt:

„[...] degree to which the lack of knowledge about the amount of error is responsible for hesitancy in accepting results and observations without caution [...]“

Unsicherheit beschreibt also den Grad, ab dem die Unwissenheit über die Größe des vorhandenen Fehlers so groß ist, dass ein Zögern beim Akzeptieren der Daten auftritt. Das macht diese Definition sehr universell. Eine weitere Definition stammt von Pang et al. [PWL97] aus dem Bereich der Informationsvisualisierung:

„We define uncertainty to include statistical variations or spread, errors and differences, minimum-maximum range values, noisy, or missing data.“

Pang et al. merken außerdem an, dass die Qualität von Daten invers zur Unsicherheit von Daten in Beziehung steht.

Wie durch diese Definition bereits angedeutet, wird unter dem Begriff der Unsicherheit meistens eine Zusammensetzung verschiedener Konzepte verstanden [GS06], wie beispielsweise:

- **Fehler** - Ausreißer oder Abweichung vom tatsächlichen Wert
- **Ungenauigkeit** - Die Auflösung der Werte im Datensatz ist geringer als sie benötigt wird
- **Exaktheit** - Die Größe des Intervalls, in dem ein Wert liegen kann
- **Herkunft** - Quelle der Daten, kommen sie aus erster oder zweiter Hand?
- **Subjektivität** - Grad der Subjektivität in den Daten
- **Fehlende Spezifität** - unzureichende Abgrenzung der Daten macht die Zuordnung schwer
- **Rauschen** - unerwünschte Beeinflussung der Daten im Hintergrund

Gershon [Ger98] wählt einen anderen Ansatz. Demnach ist der Begriff der Unsicherheit nur einer von vielen anderen Faktoren, welche die Aussagekraft von Daten beeinflussen. Der von Gershon beschriebene Zustand der imperfekten Information enthält zwar Unsicherheit, dabei spielt Unsicherheit nur eine untergeordnete Rolle. Andere Faktoren sind:

- **Fehlerhafte Daten und Informationen.** Entspricht fehlerhaften Daten im naturwissenschaftlichem Umfeld, beispielsweise von realen Werten abweichende Sensordaten.
- **Unvollständige Daten und Informationen** - Der am häufigsten anzutreffende Fall in der realen Welt.
- **Inkonsistenz.** - Teile der Daten sind entweder nicht konsistent untereinander oder inkonsistent mit bereits bekannten Daten.
- **Schwierigkeiten beim Verstehen** - Die präsentierte Information ist zu komplex für den Benutzer.
- **Unsicherheit** - Die Daten und Informationen sind bekannt, aber Benutzer ist sich unsicher, ob diese so existieren und valide sind. Dennoch können die Daten exakt sein.
- **Imperfekte Präsentation** - Die Daten und Informationen können exakt sein, dennoch kann bei suboptimaler Präsentation der Benutzer die Information nicht in der erwarteten Zeit verstehen oder sie doch falsch verstehen. Beispiele hierfür ist die schlechte Wahl der Farben zu Darstellung von Daten oder das Überladen von Präsentationsfolien.

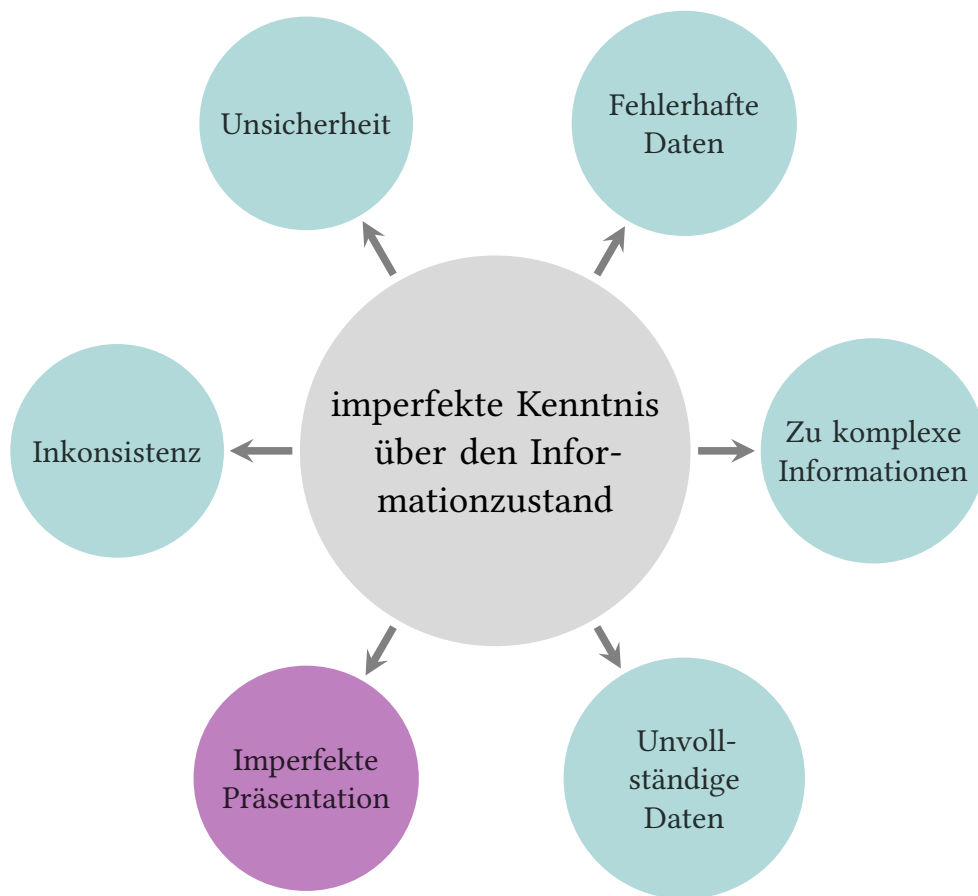


Abbildung 2.1: Das Konstellationsdiagramm nach Gershon [Ger98]

Das Konstellationsdiagramm in Abbildung 2.1 visualisiert anschaulich die oben genannten Punkte. Das besondere an dem Ansatz Gershons ist, dass er die Präsentation der Daten miteinander bezieht. Darauf wird in Kapitel 2.2.1 weiter eingegangen.

Laskey et al. [LLC+08] entwickelten eine einfache Ontologie¹, um den Begriff der Unsicherheit zu konkretisieren. Abbildung 2.2 zeigt einen Auszug dieser Ontologie. Demnach lässt sich Unsicherheit durch vier Eigenschaften charakterisieren: Die Herkunft der Unsicherheit, den Typ, das verwendete Modell und die Art der Unsicherheit. Die Art der Unsicherheit ist entweder objektiv mittels eines formalen, reproduzierbaren Prozesses oder subjektiv mittels eines Entscheidung oder Beurteilung. Unsicherheit lässt sich in die folgenden Typen unterteilen:

- Mehrdeutigkeit (Ambiguität)
- empirisch
- Zufälligkeit

¹Ein spezielles System aus einzelnen Kategorien, dass eine bestimmte Sicht der Welt wiedergibt [Gua98].

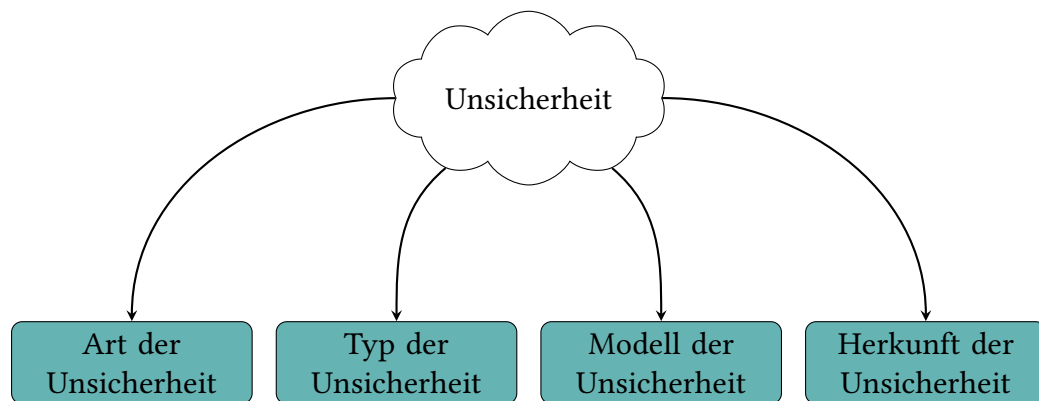


Abbildung 2.2: Die Ontologie nach Laskey et al. [LLC+08]

- Inkonsistenz
- Unvollständigkeit

Modelle, welche Unsicherheit abbilden nutzen Wahrscheinlichkeiten, Fuzzylogik, Belief-Funktionen, Grobmengentheorie und andere mathematische Modelle. Die Art der Unsicherheit wird von Laskey et. al der Konvention folgend entweder aleatorisch² oder als epistemisch³ beschrieben. Aleatorische Unsicherheit, auch als statistische Unsicherheit bezeichnet [TK94], ist bedingt durch statische und probabilistische Varianz eine inhärente Unsicherheit. Denn diese Art der Unsicherheit ist immer vorhanden, da die zugrunde liegenden Variablen zu jeder Zeit randomisiert sind [CD13]. Ein Beispiel für aleatorische Unsicherheit sind Wettervorhersagen. Durch die Unmöglichkeit einer exakten Vorhersage ist diese Unsicherheit nicht reduzierbar [Kle15]. Epistemische Unsicherheit ist die Unsicherheit, die entsteht, wenn das Wissen über das jeweilige Modell oder System nicht ausreichend ist. Diese Art von Unsicherheit kann eliminiert werden, indem mehr Wissen und Informationen über das jeweilige Modell oder System aufgetrieben werden, beispielsweise durch genauere oder häufigere Messungen [CD13].

Im weiteren Verlauf der Arbeit werden Benutzeroberflächen entwickelt, in denen der Benutzer eben diese epistemische Unsicherheit in eine oder mehrere Zahlen fassen und eingeben muss. Durch die Fülle an möglichen Definitionen für den Begriff der Unsicherheit, überrascht es nicht, dass ein signifikanter Teil der Forschungsarbeit auf diesem Gebiet dahingehend investiert wurde, die einzelnen Typen der Unsicherheit zu klassifizieren. Damit beschäftigt sich das Kapitel 2.2.1.

²„vom Zufall abhängig“, „auf Zufall beruhend“, „dem Zufall überlassen“ [Dud16a]

³„erkenntnistheoretisch“ [Dud16b]

2.1.2 Eingabefelder

Ein wichtiger Teil dieser Arbeit stellen Eingabefelder dar. Sie dienen der Interaktion zwischen dem Benutzer und des jeweiligen Systems. Mithilfe von Eingabefeldern können Benutzer Eingaben tätigen, welche das System verarbeiten kann. Eingabefelder sind Teil von Formularen und Dialogen. Preim [Pre99] definiert Formulare als Masken mit entsprechenden Feldern, die mit Informationen gefüllt werden müssen. Dialoge hingegen sind dazu geeignet, Eigenschaften eines Objektes darzustellen, wobei eventuell nur einzelne Eigenschaften verändert werden. Der Übergang von Dialogen zu Formularen ist fließend, denn für ein System ist es grundsätzlich egal, ob vorwiegend Texteingabefelder dargestellt werden oder ob Einstellungen eines Objektes dargestellt werden. Auch in der Gestaltung gelten ähnliche Grundsätze, deshalb werden sie in der Regel gemeinsam betrachtet [Pre99]. In Kapitel 3 wird auf Eingabefelder in Dialogen und Formularen eingegangen.

2.2 Weiterführende Arbeiten

In diesem Kapitel werden verwandte Arbeiten und deren Ideen sowie Konzepte vorgestellt. Der erste Abschnitt befasst sich mit der Visualisierung von Unsicherheit. Zudem werden hier Konzepte vorgestellt, die eine differenzierte Sicht auf das Thema der Unsicherheit ermöglichen. Der darauf folgende Abschnitt befasst sich mit den Quellen der Unsicherheit. Anschließend werden noch die Aspekte der Mensch-Computer-Interaktion sowie die psychologischen Aspekte beleuchtet.

2.2.1 Visualisierung von Unsicherheit

Zur Visualisierung von Unsicherheiten wurde bereits sehr viel Forschungsarbeit investiert. Pang, Wittenbrink und Lodha [PWL97] entwickelten für eine Reihe von Datentypen Charakteristiken von Methoden, um Unsicherheit zu visualisieren. Dazu wurden fünf Charakteristiken benutzt:

- Wert der Daten (value)
- Position der Daten im Raum (location)
- Wertebereich der Daten (data extent)
- Wertebereich der Visualisierung (visualization extent)
- Achsenzuordnung (axes mapping)

Wert der Daten Ein Wert repräsentiert als Skalar, Vektor, Tensor oder Multivariable erhält einen weiteren Wert zugewiesen, den der zu diesem Wert assoziierten Unsicherheit. Eine Multivariable enthält mehrere Werte von denen jeder entweder ein Skalar, Vektor oder Tensor sein kann. Mathematisch ausgedrückt kann das wie folgt aussehen:

Sei y die Variable, die m Werte enthält. Sei y von der Form $y = [y_1, y_2, \dots, y_m]$, so kann

$$U_y = [u_{y_1}, u_{y_2}, \dots, u_{y_m}]$$

benutzt werden, um m Werten je einen Wert für die entsprechende Unsicherheit zuzuweisen.

Position der Daten im Raum Diese Charakteristik wird dazu benutzt die Unsicherheit für Punkte im Raum (0D, 1D, 2D, 3D, Zeit,...) zu bestimmen. Dazu wird ermittelt wie viele unabhängige Variablen benötigt, werden um eine Position im Raum exakt zu identifizieren. Hat eine n -dimensionale Variable den Wert y , so kann y auch als $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ definiert werden, wobei ihre assoziierte Unsicherheit als

$$U_x = [u_{x_1}, u_{x_2}, \dots, u_{x_n}]$$

beschrieben werden kann.

Wertebereich der Daten Diese Charakteristik entspricht der Verteilung und dem Intervall in dem die Daten valide sind. Dazu wird ein Intervall definiert, in dem die Werte liegen müssen, um valide zu sein. Beispielsweise $\{0, \dots, 255\}$ für jeden Wert. Dann kann der mögliche Wertebereich einer Variable y mit m Werten beschrieben werden als

$$E_y = [e_{y_1}, e_{y_2}, \dots, e_{y_m}],$$

wobei jedes dieser e_{y_i} ein Intervall oder eine Verteilung über dem Wertebereich der Position im Raum $E_x = [e_{x_1}, e_{x_2}, \dots, e_{x_n}]$ definiert ist, wobei auch E_x selber ein Intervall, eine Verteilung oder eine andere komplexe mathematische Funktion sein kann.

Wertebereich der Visualisierung Der Wertebereich der Visualisierung bestimmt ob, diskrete oder stetige Daten dargestellt werden sollen. Zu den diskreten Typen gehören Punkte und Glyphen. Die stetigen Typen enthalten Kurven, Flächen sowie Volumina. Diese werden dann entsprechend ihres Typs (diskret oder stetig) gruppiert. Die Wahl der Wertebereichs der Visualisierung ist unabhängig vom Wertebereich der Daten. Dennoch können eigentlich für diskrete Daten benutzte Darstellungsformen wie Glyphen auch für stetige Daten benutzt werden. Umgekehrt können Darstellungsformen für stetige Daten, wie parallele Koordinaten auch für diskrete Daten benutzt werden [ID91].

Wert	Wertebereich der Visualisierung	
	diskret	stetig
Skalar	Fehlerbalken, Box Plots, ...	Falschfarben, Differenzbilder, side-by-side-Darstellung, Konturlinien, Blinken
Multivariable	Scatter Plots, Chernoff-Gesichter	side-by-side-Darstellung, Differenzbilder
Vektor	Glyphen	modifizierte Strömungslinien, Ribbons, Tubes, modifizierte Line Integral Convolution
Tensor	Glyphen	modifizierte Hyperstromlinien

Tabelle 2.1: Klassifikation bestehender Visualisierungstechniken zur Darstellung von Unsicherheit mittels der fünf vorgestellten Charakteristiken nach Pang et al. [PWL97].

Achsenzuordnung Unterschiedliche oder gruppierte Variablen können auf dieselben oder auf verschiedene Achsen abgebildet werden. Damit werden zwei unterschiedliche Ansätze der Visualisierung ermöglicht:

- **experiential rendering** versucht die Daten erfahrungsbezogen mittels des visualisierten Phänomens nachzuahmen.
- **abstract rendering** hingegen stellt die Daten im Gegenteil zum experiential rendering so dar, dass die gängige Achsenzuordnung der Daten missachtet wird. Damit kann ein tiefergehendes Verständnis der Daten erzeugt werden.

Beide Ansätze können dazu benutzt werden, um Unsicherheit darzustellen.

Durch diese fünf genannten Charakteristiken können nun einzelne Methoden zur Visualisierung von Unsicherheit klassifiziert werden. Tabelle 2.1 zeigt die Klassifikation von Pang et al. [PWL97] für bereits bekannte Visualisierungstechniken. Diese Klassifikation nutzt zwei Charakteristiken, nämlich *Wert der Daten* sowie den *Wertebereich der Visualisierung*. Auf die einzelnen Methoden zur Visualisierung soll hier nicht weiter eingegangen werden, dafür lohnt sich der Blick in die Literatur. Dazu eignen sich die Arbeiten von Wittenbrink, Pang und Lodha [WPL96], MacEachren et al. [MRH+05], Thomson et al. [THM+05] und zusammenfassend Potter, Rosen und Johnson [PRJ12].

Wie im vorherigen Kapitel bereits erwähnt, wählt Gershon [Ger98] einen besonderen Ansatz. Er definiert einen Zustand der imperfekten Information, wie in Abbildung 2.1 dargestellt. Dieser Zustand enthält mögliche Faktoren, die die Qualität der Daten beeinflussen. Im folgenden wird beschrieben, welche Ideen Gershon zur Visualisierung dieses Zustandes der imperfekten Information einbringt.

Um den Zustand der imperfekten Information zu visualisieren, beschreibt Gershon mehrere Methoden. Der Grad der Imperfektion eines dargestellten Objektes ist eine zusätzlich assoziierte Information. Diese zusätzliche Information kann entweder intrinsisch oder extrinsisch repräsentiert werden. Im Kontext der Darstellung von Informationen bedeutet das beispielsweise:

- Intrinsisch: Unterschiedliche Farben wie schwarz und rot können unterschiedliche Grade der Imperfektion anzeigen.
- Extrinsisch: Hinzufügen von weitere assoziierten Objekten, wie ein Flugzeugsymbol gefolgt von einem Fragezeichen, um die Existenz dieses Flugzeuges in Frage zu stellen.

Jacques Bretin [Ber83] präsentierte sieben visuelle Variablen, um Beziehungen, Ähnlichkeit, Reihenfolgen und Proportionen darzustellen. Diese sind:

- Position
- Größe
- Helligkeit
- Textur
- Farbe
- Ausrichtung
- Form

Zusätzlich können die Eigenschaften des Objektrandes verändert werden (Dicke, Farbe und Textur). Weiter nennt Gershon noch die Variablen Unschärfe, Transparenz, Animation und den Sprung in die nächsthöhere Dimension. Alle bis hier genannten Variablen sind intrinsisch.

Als extrinsisch gelten assoziierte Objekte wie eine Skala, Thermometer, Pfeile, Balken, Objekte verschiedener Form und weitere komplexe Objekte wie Kreisdiagramme Folgen von Graphen sowie Balkendiagramme zur Veranschulichung von Fehlern. Eine weitere Methode, den Zustand der Imperfektion zu visualisieren sind Metaphern sowie Hinweise. Abbildung 2.3 zeigt verschiedene dieser visuellen Hinweise. Diese sollten natürlich intuitiv sein.

Die letzte vorgestellte Methode ist das bewusste Einsetzen von Redundanz. Diese wird benötigt, wenn Metaphern und visuelle Hinweise nicht mehr ausreichend sind, den Zustand der Imperfektion ausreichend darzustellen. Mithilfe von Redundanz kann beispielsweise eine Linie im Raum, welche bereits vorhanden ist, je nach Grad ihrer Ungenauigkeit unterschiedlich dick gezeichnet werden.

Wie bereits erwähnt, kann die suboptimale Präsentation von Daten und Information dazu führen, dass Benutzer die präsentierten Daten nicht verstehen oder gar missverstehen. Manchmal sind Daten und Informationen derart komplex, dass Menschen sie innerhalb einer vorgegebenen Zeit nicht verstehen können, ohne Rücksicht auf die Präsentationsqualität.

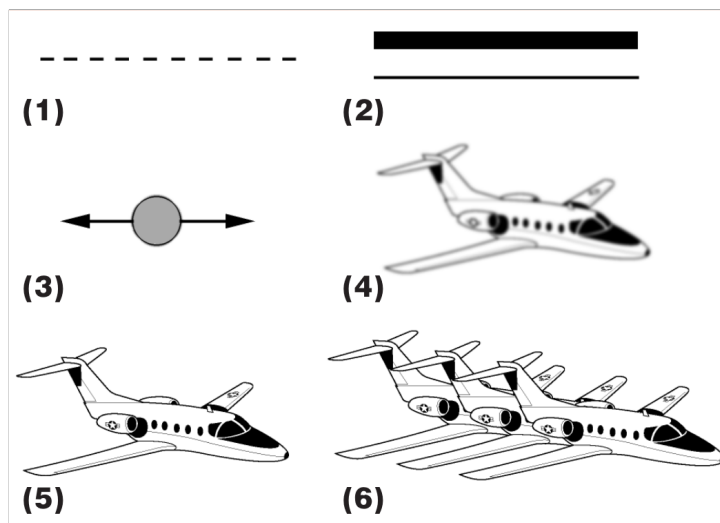


Abbildung 2.3: Diese Abbildung von Gershon [Ger98] zeigt verschiedene visuelle Hinweise. Diese helfen bei der Visualisierung von Unsicherheit. (1) zeigt die Darstellung einer gestrichelten anstatt einer durchgezogenen Linie, während (2) die Dicke der Linie verändert. (3) zeigt angehängte Pfeile an einen Punkt. (4) fügt Unschärfe zu einem festen Objekt in (5) hinzu, während (6) mehrere Bilder dieses Objektes zeigt.

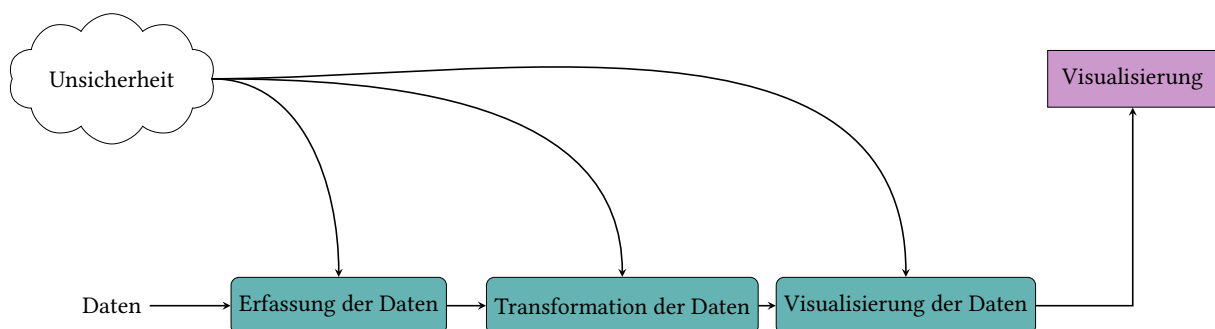


Abbildung 2.4: Diese Pipeline zeigt die drei Hauptschritte, die Daten durchlaufen müssen, um visualisiert zu werden. In jedem dieser Schritte kann Unsicherheit auftreten sowie propagiert werden, sodass die visualisierten Daten nicht mehr mit den ursprünglich erfassten Daten übereinstimmen [PWL97].

2.2.2 Quellen der Unsicherheit

Abbildung 2.4 zeigt die drei Hauptschritte, die Daten durchlaufen, bis sie visualisiert werden. In jedem dieser Schritte kann Unsicherheit hinzukommen und durch die weiteren Schritte propagiert werden. In jedem Schritt wird eine andere Form der Unsicherheit hinzugefügt, da die Daten erst erfasst, transformiert und dann visualisiert werden.

Erfassung der Daten Bei diesem Schritt ist es besonders wichtig, sich klar zu machen, dass fast jede Menge von Daten statistische (aleatorische) Unsicherheit enthält. Dabei spielt es keine Rolle, ob die Daten Messergebnisse, Ausgaben numerischer Modelle oder Benutzereingaben sind [Cha83]. Bei Messdaten spielt es zudem eine Rolle, ob die Messung von einer Maschine oder einem Menschen durchgeführt wurde. Jedoch gilt: Je öfter eine Messung wiederholt wurde, desto sicherer ist diese. Trotzdem wird auch eine oft wiederholte Messung statistische Varianz enthalten.

Bei Modellen spielt auch der Grad der Einfachheit des Modells eine Rolle. Ein simples Modell stellt die Wirklichkeit zwangsläufig nicht immer exakt dar. Hier kann Unsicherheit entstehen. Reagiert ein Modell zudem empfindlich auf die Änderung von Eingabeparametern, kann hier ebenfalls Unsicherheit entstehen.

Ein weiterer Punkt betrifft die Rechengenauigkeit von Computern und die Wahl der passenden Algorithmen. Es sollte bekannt sein, dass Computer mit begrenzter Genauigkeit rechnen [Hou81]. Durch diese begrenzte Genauigkeit können Rundungsfehler sowie Auslöschung auftreten, die sich durch die gesamte Rechnung fortpflanzen und damit die Ergebnisse eventuell unbrauchbar machen. Zudem sollten die Algorithmen so gewählt werden, dass so wenig Fehler in der Ausgabe wie möglich produziert werden [PWL97].

Transformation der Daten Meistens werden die Rohdaten nicht direkt visualisiert, sondern zuerst einer Umwandlung unterzogen. Diese Umwandlung kann eine einfache Umrechnung in andere eine andere Einheit sein, als auch eine komplexe Transformation mehrerer Daten zu einem einzigen Datenwert. Diese Transformationen können bereits bei der Erfassung der Daten erfolgen, aber auch erst im Visualisierungsschritt. Zugleich können die Daten skaliert, abgetastet oder quantifiziert werden. Dadurch, dass die Daten in ihrer originalen Form verändert werden, kann hier (weitere) Unsicherheit auftreten [PWL97].

Visualisierung der Daten Interessant und nicht unbedingt klar ist, dass auch im eigentlichen Visualisierungsprozess Unsicherheit auftreten kann. Die Hauptursache hier ist die beschränkte Rechengenauigkeit moderner Grafiksysteme. Viele der dort benutzten Algorithmen nutzen Approximationen und Interpolation, um Grafik darzustellen. Zudem gibt es unterschiedliche Ansätze und Algorithmen, die eigentlich das selbe Ziel haben, beispielsweise Volume Rendering [UH90][MMMY96] [PWL97].

Damit sollte klar sein, dass die Welt voller Unsicherheiten steckt, auch dort, wo sie nicht erwartet wird. Deswegen wird in dieser Arbeit die Entwicklung von Benutzeroberflächen angestrebt, die auf diesen Umstand Rücksicht nehmen. Diese neuen Benutzeroberflächen werden die Eingabe von Unsicherheit ermöglichen.

2.2.3 Unsicherheit in der Mensch-Computer-Interaktion

Unsicherheit hat in der Mensch-Computer-Interaktion noch einen vergleichsweise geringen Stellenwert, dem jedoch in den letzten Jahren immer mehr Aufmerksamkeit gewidmet wurde. Bei modernen Gadgets wie beispielsweise Fitnessstrackern werden viele Sensordaten ausgelesen, um die vom Benutzer gewünschten Daten zu berechnen. Aufgrund von Kosteneinsparungen sind diese Sensor nicht immer exakt, es entsteht Unsicherheit. Diese Geräte verlassen sich auf diese Daten, die Unsicherheit enthalten. Es kann also das Bedienerlebnis entscheidend beeinflussen. Kay et. al [KPK15] untersuchten, wie viel Unsicherheit noch tolerierbar ist und wann das Bedienerlebnis abnimmt. Eine andere Studie von Kay, Morris und Kientz [KMK13] untersuchte, wie es sich auswirkt, wenn das eigene Körpergewicht mit begrenzter Genauigkeit dargestellt wird. Auch im Bereich der Elektromobilität gab es Versuche, die Unsicherheit bei der Reichweitenanzeige zu berücksichtigen [JSGS15]. Eine der Hauptherausforderungen liegt dabei, die Benutzeroberflächen so verständlich wie möglich zu machen. Wird Unsicherheit dargestellt, kann das die Geschwindigkeit einer Aufgabendurchführung positiv [RHND06] als auch negativ [ASS04] beeinflussen.

2.2.4 Psychologische Aspekte

Da ein Schwerpunkt dieser Arbeit die Eingabe von Unsicherheiten ist, werden im Folgenden noch psychologische Aspekte im Zusammenhang mit Entscheidungen untersucht. Wie in Abschnitt 2.1.1 bereits beschrieben, wird in der Literatur zwischen aleatorischer und epistemischer Unsicherheit unterschieden. Während erstere praktisch immer vorhanden ist, bedingt durch statistische Varianz, ist letztere nicht immer vorhanden. Epistemische Unsicherheit entsteht, wenn das Wissen über das vorliegende Modell oder System nicht ausreichend ist. Diese Unsicherheit kann eliminiert werden, indem das benötigte Wissen zur Verfügung gestellt wird, beispielsweise die Lösung zu einer Aufgabenstellung. Im Alltag tritt epistemische Unsicherheit auf, wenn Redewendungen wie „Ich glaube, dass [...]“ oder „Es ist unwahrscheinlich, dass [...]“ benutzt werden [Amo74]. Im späteren Verlauf dieser Arbeit werden wir uns oft auf diese epistemische Unsicherheit beziehen. Sobald Menschen unter Unsicherheit Entscheidungen treffen müssen, benutzen sie Heuristiken, auf denen sie ihre Entscheidungen aufbauen [Amo74]. Zudem handeln Menschen nicht immer rational. So bewerten Menschen den Unterschied zwischen zwei Wahrscheinlichkeiten viel höher, wenn sie zur absoluten Gewissheit führen kann. Das heißt, Menschen würden viel mehr dafür tun, dass die Wahrscheinlichkeit p eines Ereignisses von $p = 0,99$ auf $p = 1$, als wenn sie von $p = 0,60$ auf $p = 0,61$ steigen würde. Dieses Phänomen wird als Sicherheitseffekt (*engl.* certainty effect) bezeichnet [Dan79].

3 Identifikation und Klassifikation von Eingabefeldern

In diesem Kapitel werden zunächst die gebräuchlichsten Eingabefelder, so wie sie in der Realität vorkommen, identifiziert und vorgestellt. Danach werden diese Eingabefelder kategorisiert und in Cluster eingeteilt. Anschließend werden Methoden vorgestellt, mit denen die Eingabe von Unsicherheit erfolgen kann.

3.1 Identifikation der gebräuchlichsten Eingabefelder

Folgende Eingabefelder werden in dieser Arbeit betrachtet:

Buttons (dt. Knöpfe) sind einzelne, isolierte Regionen auf einem Display, die vom Benutzer ausgewählt werden können, um bestimmte Aktionen auszuführen. Diese Regionen werden als Buttons bzw. Knöpfe bezeichnet, da sie die gleiche Funktion eines Knopfes auf einem Steuerpult haben. Beim Drücken des Knopfes wird eine Funktion aufgerufen. Die Bedeutung der aufgerufenen Funktion wird in der Regel mithilfe eines Symbols oder einer textuellen Beschreibung direkt auf dem Button angegeben [AJGR04].

Radiobuttons Eine Erweiterung der Buttons sind die Radiobuttons. Sie dienen dazu zwischen mehreren Zuständen zu wechseln [AJGR04]. Optisch unterscheiden sie sich von den normalen Buttons. Radiobuttons sind in Gruppen zusammengefasste kleine Kreise. Sie können entweder markiert oder unmarkiert sein, jedoch nie beides gleichzeitig. Der Benutzer markiert ein Radiobutton, indem er in den leeren Kreis klickt. Ist ein Radiobutton markiert, so erhält er einen Punkt innerhalb seines Kreises. Außerdem kann bei einer Gruppe von n Radiobuttons maximal einer markiert sein.

Checkbox Die Checkbox ist verwandt mit den Radiobuttons. Eine Checkbox besteht aus einem Kästchen sowie einem nebenstehenden Beschreibungstext, der als 'Label' bezeichnet wird. Im Gegensatz zu Radiobuttons müssen Checkboxes nicht unbedingt gruppiert werden. Das hat zur Folge, dass Checkboxes eigenständig sind. Werden sie gruppiert, können zwischen 0 und n Boxen in einer Gruppe von n Boxen markiert werden, falls es semantisch sinnvoll sein

sollte. Ein optischer Unterschied zu Radiobuttons ist die Form: Eine Checkbox hat die Form eines Kästchens. Wird eine Checkbox markiert, so erscheint im Kästchen ein Haken, der die Markierung signalisiert. Durch eine Markierung wird die hinterlegte Funktion aktiviert.

Dropdownbox Eine Dropdownbox ist eine aufklappbare Liste, bei der der Benutzer genau ein Element aus einer Liste von n Elementen auswählen kann. Sie klappt auf, sobald der Benutzer auf den rechts angeordneten Pfeil oder Punkt (je nach Implementierung) klickt.

Slider Ein Slider ist einem Zahlenstrahl nachempfunden, welcher ein endliches Intervall repräsentiert. Auf diesem kann der Benutzer mittels eines Indikators, den der Benutzer mittels gedrückter linker Maustaste und anschließender Mausbewegung nach rechts oder links, seine gewünschte Zahl auswählen.

Rating Ein Rating kann entweder durch Buttons (für jeden möglichen Wert ein Button) oder mittels eines Sliders (Intervallgrenzen entsprechen der schlechtesten und bestmöglichen Bewertung) realisiert werden.

Textbox

- Textbox (numerisch): Ein Textfeld, in das nur Zahlen eingegeben werden können.
- Textbox (String): Ein Textfeld, in das nur gültige Zeichenketten (Strings) eingegeben werden können.

Listbox Eine Listbox stellt eine Liste mit n Elementen dar. Sie dient dazu, dem Benutzer Auswahlmöglichkeiten zu geben. Hierbei werden einzelne Elemente der Listbox durch anklicken ausgewählt. Diese ausgewählten Elemente werden farbig hinterlegt, sie sind markiert. In der Regel kann der Benutzer bei einer Listbox auch mehrere Elemente gleichzeitig auswählen, das geschieht dann durch das Drücken der linken Steuerungstaste auf der Tastatur.

3.2 Klassifizierung der Eingabefelder

In diesem Kapitel werden die zuvor festgestellten Eingabefelder klassifiziert und in insgesamt 4 Cluster eingeteilt.

Cluster 1: Auswahl von m Elementen aus einer Menge von n Elementen

Dieses Cluster teilt sich in zwei Subcluster auf. Im ersten dieser zwei Subcluster wird durch den Benutzer genau ein Element aus einer n -elementigen Menge gewählt. Hierbei muss $n \geq 2$ aber auch kleiner gleich m sein, da sonst der Benutzer keine Auswahl zwischen mehreren Elementen hätte und er nicht mehr Elemente wählen kann, als in der Menge vorhanden sind. Formal lässt sich das wie folgt definieren:

Sei $M = \{I_1, I_2, \dots, I_n\}$ mit $n \geq 2$ die Menge, die alle für den Benutzer wählbaren Elemente enthält. Aus dieser Menge wählt der Benutzer eine echte Teilmenge $M_t \subsetneq M$ mit $|M_t| = 1$ aus.

Das zweite Cluster unterscheidet sich vom oberen dadurch, dass mehr als ein Element gewählt werden kann. Formal sieht das dann wie folgt aus:

Sei wie oben $M = \{I_1, I_2, \dots, I_n\}$ mit $n \geq 2$ die Menge, die alle für den Benutzer wählbaren Items enthält. Aus dieser Menge wählt der Benutzer eine Teilmenge $M_t \subseteq M$ mit $1 \leq |M_t| \leq n$ aus. Im Gegensatz zum oberen Fall ist hier der Fall $M = M_t$ explizit erlaubt. Dieser tritt ein, wenn der Benutzer jedes Element aus M auswählt.

Somit teilt sich das erste Cluster folgendermaßen auf:

- a) Auswahl genau eines Elementes aus einer Menge von n Elementen
 - Radiobutton
 - Dropdownbox
- b) Auswahl von $m \leq n$ Elementen aus einer Menge von n Elementen
 - Listbox
 - Checkbox

Cluster 2: Auswahl eines Wertes innerhalb eines Intervalls

Auch dieses Cluster teilt sich in zwei Subcluster. Bei Eingabefeldern in diesem Clustern wählt der Benutzer einen konkreten Wert n_0 in einem Intervall $[n; m]$ mit $n < m$, wobei $n \leq n_0 \leq m$, damit der Benutzer zwischen mindestens zwei Werten wählen muss. Hier sind zwei Fälle sind möglich. Im ersten Fall sind die Grenzen des Intervalls sowie die verwendete Schrittweite bereits vorgegeben, also durch den Benutzer ersichtlich. Ein Beispiel hierfür wäre das Auswählen einer Wahrscheinlichkeit durch den Benutzer, denn hier ist das Intervall von vornherein festgelegt,

nämlich $[0, 1]$. Ist zusätzlich die Schrittweite festgelegt (z.B. 0,1), dann ist der Benutzer künstlich in seiner Entscheidung, welchen Wert er nun wählt, eingeschränkt.

Im zweiten Fall sind die Intervallgrenzen unbekannt. Theoretisch ist das Intervall damit unendlich. In der Praxis können Computer aufgrund von endlichem Speicher nur endlich viele Zahlen darstellen. Das macht das Intervall in der Praxis durch diese technische Begrenzung wieder endlich. Dennoch können die eingegeben Zahlen betragsmäßig sehr groß werden. Das ist der Unterschied zum ersten Fall.

Somit teilt sich das zweite Cluster folgendermaßen auf:

a) künstlich beschränktes Intervall

- 1-dimensionaler Slider
- Rating
- Textbox (mit zuvor festgelegtem Wertebereich)

b) technisch begrenztes Intervall

- Textbox
- 1-dimensionaler Slider (Intervallgrenzen entsprechen dem technisch möglichem Maximum)

Cluster 3: Eingabe eines Strings

In diesem Cluster finden sich Eingabefelder, die es erlauben valide Strings einzugeben. Ein valider String besteht einer Konkatenation von zulässigen, druckbaren Zeichen.

Cluster 4: Auslösen einer Aktion

Durch Klicken auf einen Button bzw. einer Checkbox wird eine Aktion ausgelöst. Eine Aktion ist eine Funktion $f_j(x_1, x_2, \dots, x_n)$ mit n verschiedenen Eingabeparametern x_i . Sei $F = \{f_1, f_2, \dots, f_r\}$ die Menge, die alle Aktionen der Benutzeroberfläche enthält. Sei nun $M = \{B_1, B_2, \dots, B_m\}$ die Menge, die alle Checkboxes und Buttons einer Benutzeroberfläche enthält. Dann gibt es maximal m verschiedene Funktionen, die aufgerufen werden können. Es kann jedoch sein, dass zwei verschiedene Buttons bzw. Checkboxes dieselbe Funktion aufrufen. Ein Beispiel hierfür wäre die Funktion, die das aktuelle Fenster schließt. Standardmäßig gibt es bei fensterbasierten Benutzeroberflächen immer einen Button oberhalb des eigentlichen Fensters rechts oder links im Rahmen, welcher das Fenster schließt. Manche Anwendungen haben jedoch zusätzlich innerhalb ihrer Benutzeroberfläche einen Button, der ebenfalls das aktuelle Fenster schließt. Deswegen gilt hier $j \leq m$, also kann die Anzahl der unterschiedlichen

Funktionen nie größer sein als die Anzahl der Buttons und Checkboxes. Formal ist das Auslösen einer Aktion eine surjektive Abbildung von M nach F .

3.3 Methoden

Tabelle 3.1 zeigt die für die einzelnen Cluster verwendbaren Methoden für die Eingabe der Unsicherheit. Im Folgenden werden die einzelnen Methoden erläutert.

3.3.1 Eingabe der Unsicherheit in numerischer Form

Bei dieser Methode wird der eigentlichen Eingabe x ein weiterer Wert y hinzugefügt, der dann ebenfalls der zugrunde liegenden Anwendung mitgeteilt wird.

Als einzelner Zahlenwert

Hier gibt der Benutzer einen Zahlenwert an, beispielsweise in Prozent, welcher die eingegebene Unsicherheit repräsentiert. Denkbar sind hier 0% für nicht vorhandene Unsicherheit sowie 100% für vollkommene Unsicherheit. Diese Quantifizierung der Unsicherheit nimmt der Benutzer selber vor.

Als Intervall

Hier gibt der Benutzer ein Intervall an, in dem die richtige Antwort seiner Meinung vermutlich liegt. Je größer dieses Intervall, desto größer ist die eingegebene Unsicherheit. Die jeweiligen Intervallgrenzen entsprechen je dem kleinsten bzw. größten möglichen Wert für die konkrete Eingabe. Erwartet die zugrunde liegende Anwendung beispielsweise einen Wert in Prozent, welcher den Anteil eines Stoffes in einem bestimmten Produkt beschreiben soll, so wäre ein die untere Intervallgrenze 0% und die obere Intervallgrenze 100% .

3.3.2 Erstellung der Liste aller in Frage kommenden Eingaben

Diese Methode dient dazu, dem Benutzer eine Möglichkeit zu geben alle in Frage kommenden Eingaben der zugrundeliegenden Anwendung mitzuteilen. Soll der Benutzer beispielsweise eine E-Mail-Adresse eingeben, aber ist sich unsicher, ob das dritte Zeichen ein „a“ oder „e“ ist, so kann er beide Adressen eingeben.

3.3.3 Erstellung eines Rankings

Die Erstellung eines Rankings dient dazu, der zugrunde liegenden Anwendung mitzuteilen, in welcher Reihenfolge (absteigend oder aufsteigend) der Benutzer die Eingaben

3.3.4 Hinzufügen von n weiteren Antwortmöglichkeiten

Falls die vorliegenden Antwortmöglichkeiten nur sehr grob gehalten sind und dem Benutzer keine großartige Entscheidung bieten, so können weitere Antwortmöglichkeiten hinzugefügt werden.

3.3.5 feinere Granularität in Form von weiteren Checkboxen bzw. Buttons

Analog zum vorherigen Punkt können, falls die vorliegenden Checkboxen bzw. Buttons keine feine Auswahl bieten, Zwischenschritte eingefügt werden. Steht beispielsweise nur je ein Button für „ja“ und „nein“ zur Verfügung, so kann ein weiterer Button mit der Aufschrift „vielleicht“ hinzugefügt werden.

Einige dieser genannten Methoden finden sich in den entwickelten Benutzeroberflächen wieder, die in Kapitel 4 vorgestellt werden.

Cluster	1)	2)	3)	4)	5)	6)
1a	✓				✓	
1b						
2a		✓				
2b		(✓)				
3			✓	✓		
4						✓

Tabelle 3.1: Die einzelnen möglichen Methoden zur Eingabe von Unsicherheit.

Legende:

Methode	Beschreibung
1	Eingabe der Unsicherheit in numerischer Form als einzelner Zahlenwert
2	Eingabe der Unsicherheit in numerischer Form als Intervall
3	Erstellung der Liste aller in Frage kommenden Eingaben
4	Erstellung eines Rankings
5	Hinzufügen von n weiteren Antwortmöglichkeiten
6	Feinere Granularität in Form von weiteren Checkboxes bzw. Buttons

4 Entwicklung und Evaluation von Prototypen

4.1 Vorstellung der erstellten Prototypen

In diesem Kapitel werden die angefertigten Prototypen der Benutzeroberflächen vorgestellt. Im folgenden werden die vorgestellten Prototypen als *Benutzeroberflächen* bezeichnet. Jede dieser Benutzeroberflächen hat eine eindeutige Nummer. Die Reihenfolge ist an die des Clusterings in Kapitel 3 angelehnt. Zu Cluster 4 existieren keine Benutzeroberflächen, der Fokus in dieser Arbeit auf den ersten drei Clustern lag. Alle Benutzeroberflächen dieses Clusters haben eine Gemeinsamkeit. Sie sind modular in drei Teile aufgebaut. Diese sind:

- Die Fragestellung
- Die primäre Eingabefeld
- Die Eingabemöglichkeit zur Eingabe der Unsicherheit

Die Fragestellung wird in hier nicht behandelt, sie sollte dennoch passend zu den primären Eingabefeldern der hier vorgestellten Benutzeroberflächen sein.

Die primäre Eingabemöglichkeiten sind die in Kapitel 3 behandelten und in Clustern eingeordneten Eingabefelder. Für ein entsprechendes Cluster kann es deshalb mehrere mögliche primäre Eingabefelder geben. Die Folge ist, dass bis auf diese Eingabefelder unterschiedliche Benutzeroberflächen entstehen. Diese sind dementsprechend zusammengefasst.

Die Eingabe der Unsicherheit ist in allen im folgenden vorgestellten Benutzeroberflächen optional. Der Benutzer muss keine Unsicherheit angeben, es sei denn, er ist unsicher und möchte der entsprechenden Anwendung hinter der Benutzeroberfläche seine Unsicherheit mitteilen.

Das ist so gelöst, da der Benutzer zu nichts gezwungen werden soll, was er nicht machen möchte. Dann gibt es die folgenden zwei möglichen Implementierungen.

Wird die Checkbox *Unsicherheit angeben* aktiviert,

1. so deaktiviert sich das primäre Eingabefeld und das Frame zur Eingabe der Unsicherheit erscheint.

2. so deaktiviert sich das primäre Eingabefeld und das zuvor ausgegraute Frame zur Eingabe der Unsicherheit wird aktiviert.

Ist der Benutzer vollkommen unsicher, so kann dieser durch das Aktivieren der entsprechenden Checkbox *Antwort geraten* das der zugrunde liegenden Anwendung mitteilen. Das ist deutlich schneller als beispielsweise den Slider vollständig an den linken Rand zu schieben oder beim Vertrauen in die eigene Antwort in die entsprechende Textbox „0%“ einzugeben.

4.1.1 Benutzeroberflächen zu Cluster 1a

In diesem Cluster finden sich Benutzeroberflächen, bei denen der Benutzer eine Entscheidung treffen muss. Der Benutzer entscheidet sich hier für eine aus n Möglichkeiten.

Die Auswahl der Entscheidung findet in diesem Cluster entweder mit einer Dropdownbox, welche die einzelnen Entscheidungsmöglichkeiten enthält oder mithilfe von Radiobuttons statt. Die Zahl der Radiobuttons entspricht genau der Zahl der Entscheidungsmöglichkeiten. Die Radiobuttons sind mit den entsprechenden Entscheidungsmöglichkeiten beschriftet. Die Dropdownbox enthüllt ihre Entscheidungsmöglichkeiten durch das Klicken auf den Kreis rechts neben genau dieser.

Benutzeroberfläche 1 Die folgende Benutzeroberfläche gezeigt in Abbildung 4.1 funktioniert nur mit binären Entscheidungen. Ein Beispiel für eine binäre Entscheidung ist eine Frage, welche nur mit „ja“ oder „nein“ beantwortet werden kann. Der Benutzer wählt die Antwort aus, bei der er denkt, sie sei die passende Antwort zur gestellten Frage. Falls er sich bei der Beantwortung der Frage unsicher ist, kann dieser die entstehende Unsicherheit angeben. Diese Angabe tätigt der Benutzer dadurch, dass er die Checkbox mittels Mausclick aktiviert. Daraufhin aktiviert bzw. erscheint je nach Implementierung das Frame zur Eingabe der Unsicherheit.

Bei dieser Benutzeroberfläche wird die Unsicherheit mithilfe zweier Slider eingegeben. Der Wert des Sliders wird in Prozent angegeben. Dieser Wert gibt an, wie sehr der Benutzer seiner Antwort vertraut. Die beiden Slider sind miteinander verbunden. Das heißt: Wird ein Slider bewegt und dessen Wert geändert, so ändert der jeweils andere Slider ebenfalls seinen Wert. Beide Slider ergeben immer den Wert 100%.

Besitzt der erste Slider beispielsweise den Wert 30%, so hat der zweite Slider den Wert 70%. Wird der Wert des ersten Sliders von 30% auf 25% reduziert, so ändert sich der zweite Slider dynamisch auf den Wert 65%.

Frage: _____

..... (2 Items)

Unsicherheit angeben

Item 1: 0% 100%

Item 2: 0% 100%

Antwort geraten

Frage: _____

ja nein

Unsicherheit angeben

ja: 0% 100%

nein: 0% 100%

Antwort geraten

(a)
(b)

Abbildung 4.1: Benutzeroberfläche 1: Links zu sehen mit Dropdownbox, rechts mit zwei Radiobuttons als primäres Eingabefeld.

Benutzeroberfläche 2 Im Gegensatz zur ersten Benutzeroberfläche funktioniert diese Benutzeroberfläche (Abbildung 4.2) auch mit mehr als zwei Entscheidungsmöglichkeiten. Der Benutzer wählt hier eine aus n Möglichkeiten. Die Eingabe der Unsicherheit findet hier ebenfalls durch Slider statt. Im Gegensatz zur ersten Benutzeroberfläche gibt es hier nur einen einzigen Slider. Der Wert des Sliders in Prozent gibt die Vertrauen des Benutzers in die eigene Entscheidung an. Die untere Intervallgrenze ist abhängig von der Anzahl der Entscheidungsmöglichkeiten n . Dann berechnet sich die untere Intervallgrenze n_0 wie folgt:

$$n_0 = \frac{100}{n}\%$$

Das hat folgenden Grund: Der Benutzer sollte immer die Antwort auswählen, bei der er denkt, dass sie wohl am wahrscheinlichsten korrekt ist. Würde er weniger als $\frac{100}{n}\%$ Vertrauen in die Antwort haben, so gäbe es eine Antwort, bei der er mehr Vertrauen haben sollte. Die obere Intervallgrenze n_1 hat immer den Wert 100%, da sich ein Benutzer immer vollkommen sicher sein kann. Somit ist die untere Intervallgrenze bei vier Elementen 25%. Die Abbildungen 4.2c sowie 4.2d veranschaulichen dies.

Benutzeroberfläche 3 Das Prinzip dieser Benutzeroberfläche unterscheidet sich nicht von dem der zweiten Benutzeroberfläche. Der vorhandene Slider wurde durch eine Textbox getauscht, in die nur ganze Zahlen im Intervall $[\frac{100}{n}, 100]$ eingegeben werden können, wobei die Zahl n für die Anzahl der möglichen Entscheidungen steht, wie oben bereits beschrieben. Abbildung 4.3 zeigt diese Benutzeroberfläche.

Benutzeroberfläche 4 Bei dieser Benutzeroberfläche gibt der Benutzer nur an, ob er unsicher ist. Das geschieht durch das Aktivieren der entsprechenden Checkbox. Die

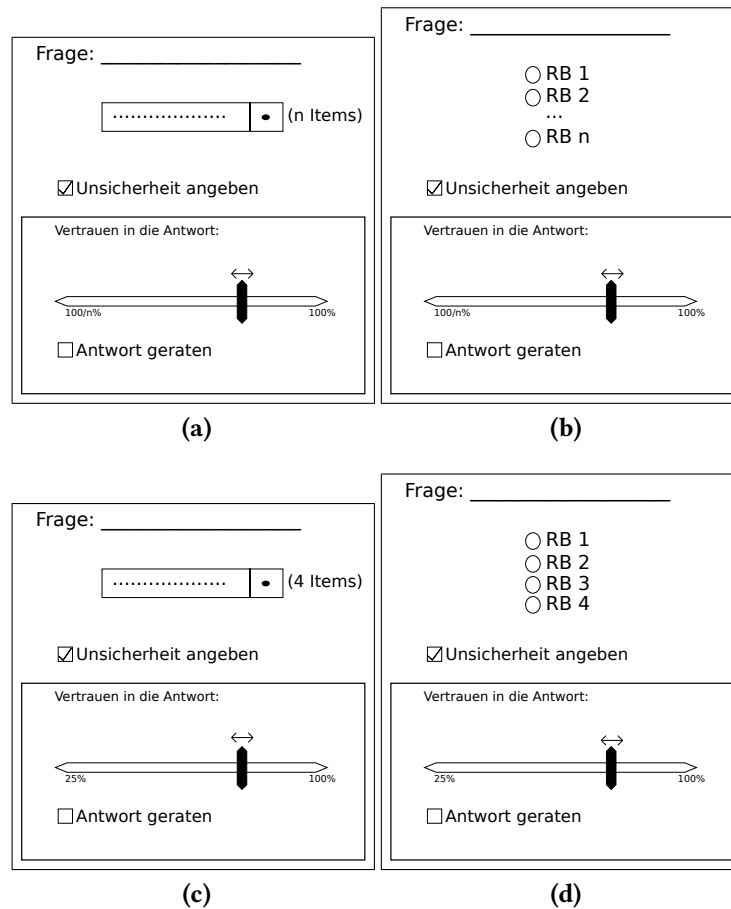


Abbildung 4.2: Benutzeroberfläche 2: Zu sehen sind hier die eigentlichen möglichen Benutzeroberflächen 4.2a und 4.2b mit n Entscheidungsmöglichkeiten. Die zwei weiteren Teilabbildungen dienen zur Illustration der unteren Intervallgrenze, denn hier wird der Fall $n = 4$ abgebildet. Die untere Intervallgrenze n_0 besitzt hier den Wert $n_0 = 25\%$.

Möglichkeit die Unsicherheit zu quantifizieren, entfällt hier. Abbildung 7.2 zeigt diese Benutzeroberfläche.

Benutzeroberfläche 5 Diese Benutzeroberfläche erweitert die vierte Benutzeroberfläche um ein zusätzliches Kommentarfeld. In dieses können Benutzer ihre Unsicherheit in Worte fassen und der zugrunde liegenden Anwendung mitteilen. Dieses Kommentarfeld ermöglicht die Quantifizierung der auftretenden Unsicherheit, was in der Benutzeroberfläche 4 nicht möglich ist.

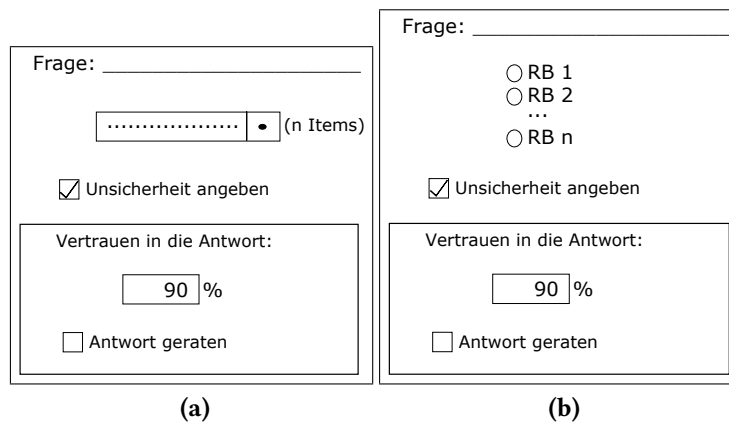


Abbildung 4.3: Benutzeroberfläche 3: Es sind beide möglichen Konstellationen abgebildet. Teilabbildung 4.3a zeigt die Benutzeroberfläche mit einer Dropdownbox mit n Elementen als primäres Eingabefeld, Abbildung 4.3b zeigt die Benutzeroberfläche mit n Radiobuttons als primäres Eingabefeld. Unsicherheit kann hier mittels Textbox in Prozent eingegeben werden.

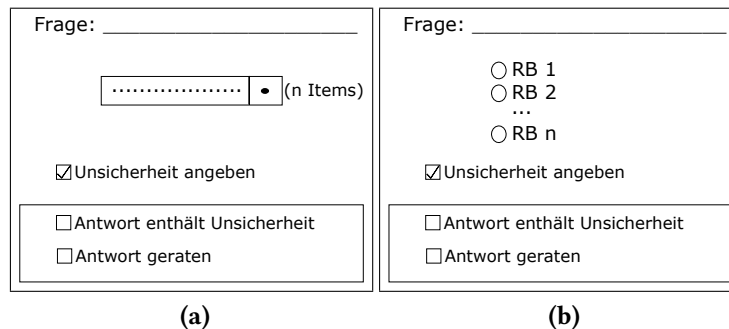


Abbildung 4.4: Benutzeroberfläche 4: Es sind die zwei möglichen Konstellationen abgebildet. Teilabbildung 4.4a zeigt die Benutzeroberfläche mit einer Dropdownbox mit n Elementen als primäres Eingabefeld, Abbildung 4.4b zeigt die Benutzeroberfläche mit n Radiobuttons als primäres Eingabefeld. Eingegebene Unsicherheit kann unter dieser Benutzeroberfläche nicht quantifiziert werden.

Abbildung 4.5 zeigt zwei Varianten einer Benutzeroberfläche für die Eingabe von Antworten auf eine Frage. Variante (a) zeigt eine Dropdownbox mit n Elementen, während Variante (b) n Radiobuttons verwendet. Beide Varianten haben eine 'Unsicherheit angeben' Checkbox und eine 'optionaler Kommentar:' Textbox.

Abbildung 4.5: Benutzeroberfläche 5: Es sind die zwei möglichen Konstellationen abgebildet. Teilabbildung 4.4a zeigt die Benutzeroberfläche mit einer Dropdownbox mit n Elementen als primäres Eingabefeld, Abbildung 4.4b zeigt die Benutzeroberfläche mit n Radiobuttons als primäres Eingabefeld. Zur Eingabe der Unsicherheit steht zusätzlich ein Kommentarfeld zur Verfügung.

4.1.2 Benutzeroberflächen zu Cluster 1b

In diesem Cluster befinden sich, wie schon im Cluster 1a, Benutzeroberflächen bei denen der Benutzer eine Entscheidung treffen muss. Mit dem Unterschied, dass der Benutzer hier m Elemente aus n Elementen wählen darf, wobei $1 \leq m \leq n$ gilt. Die dafür benutzten primären Eingabefelder sind Check- sowie Listboxen. Da die sich die folgenden Benutzeroberflächen nur in dem primären Eingabefeld unterscheiden, finden sich diese im Anhang.

Benutzeroberfläche 10 Eine weitere Möglichkeit eine Mehrfachauswahl zu implementieren bietet die Listbox. Auf einer Listbox basiert die zehnte Benutzeroberfläche, gezeigt in Abbildung 4.6. Um mehrere Elemente auszuwählen, hält der Benutzer die linke Steuerungstaste seiner Tastatur gedrückt und klickt mit der linken Maustaste auf die gewünschten Elemente. Ist der Benutzer nun unsicher, so klickt er auf die Checkbox *Ranking erstellen*. Daraufhin kann der Benutzer entweder mit den entsprechend gekennzeichneten Buttons oder mit der linken Maustaste die Elemente in der Listbox in eine bestimmte Reihenfolge schieben. Die Buttons erscheinen erst, sobald der Benutzer die Checkbox aktiviert hat. Das erste Element der Liste besitzt den höchsten Rang. Alle darauf folgenden Elemente haben einen entsprechend ihrer Position einen niedrigeren Rang. Zwei Elemente können nie denselben Rang haben, es gibt immer einen Unterschied zwischen den Elementen. Je höher der Rang eines Elementes, desto wahrscheinlicher ist es die passende Antwort auf die von der Anwendung gestellte Frage.

Abbildung 4.6: Benutzeroberfläche 10: Hier besteht die Möglichkeit einer Mehrfachauswahl durch die Listbox als primäres Eingabefeld. Die Unsicherheit wird durch ein vom Benutzer erstelltes Ranking erfasst.

Abbildung 4.7: Benutzeroberfläche 11: Es sind die zwei möglichen Konstellationen abgebildet. Teilabbildung 4.7a zeigt die Wahrscheinlichkeitseingabe mittels Slider, Teilabbildung 4.7b zeigt die diese Eingabe mittels Textbox. Durch den Kreis unten rechts wird in beiden Teilabbildungen ein Kreisdiagramm dargestellt.

Benutzeroberfläche 11 Als Erweiterung zur vorherigen Benutzeroberfläche kann der Benutzer hier für jedes ausgewählte Element in der Listbox die Wahrscheinlichkeit angeben, mit der dieser denkt, dass das ausgewählte Element die passende Antwort auf die von der Anwendung gestellte Frage ist. Die Wahrscheinlichkeit wird in Prozent angegeben, der Wertebereich liegt zwischen 0 und 100%. Alle ausgewählten Elemente haben zusammen eine Wahrscheinlichkeit von 100%. Werden mehr als drei Elemente ausgewählt, so werden die Wahrscheinlichkeiten nicht dynamisch verändert. Der Benutzer kann jedoch durch Klicken auf den *OK*-Button die eingegebene Wahrscheinlichkeit festlegen. Sind dann nur noch zwei Elemente ausgewählt, so verändert sich die Wahrscheinlichkeit des jeweils anderen Elements sobald ein Wert verändert wird. Die entstehende Verteilung der Wahrscheinlichkeiten wird hier durch ein Kreisdiagramm in der unteren rechten Ecke visualisiert. Die Eingabe eines Wertes erfolgt entweder via Textbox oder Slider, wie in Abbildung 4.7 gezeigt.

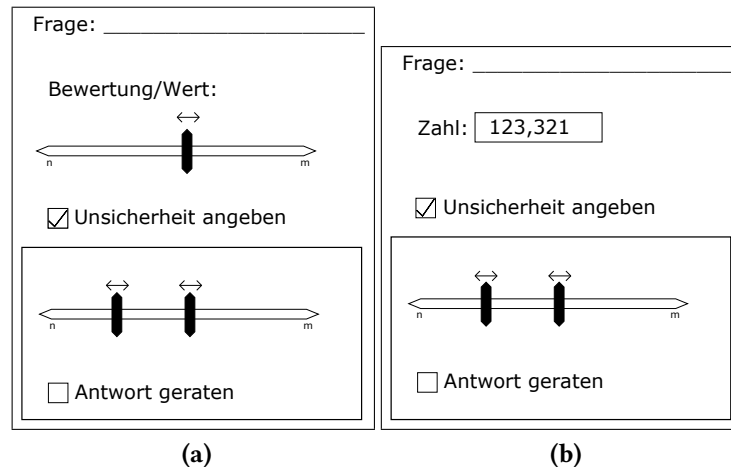


Abbildung 4.8: Benutzeroberfläche 16: Es sind die zwei möglichen Konstellationen abgebildet. Die primären Eingabefelder sind hier entweder Slider sowie Textbox. Die Unsicherheit wird immer via eines Sliders eingegeben. Das Intervall $[n, m]$ entspricht dem zulässigen Wertebereich.

4.1.3 Benutzeroberflächen zu Cluster 2

In diesem Cluster befinden sich Benutzeroberflächen, die eine Zahleneingabe als valide Antwort erwarten. Der gefragte Wert liegt in einem zuvor definierten Intervall. Als primäre Eingabefelder stehen hier der Slider sowie die numerische Textbox zur Verfügung. Zur Eingabe der Unsicherheit werden ebenfalls Slider und numerische Textboxen benutzt. Sie dienen der Eingabe eines Intervalls. Dieses Intervall repräsentiert die auftretende Unsicherheit.

Benutzeroberfläche 16 Bei dieser Benutzeroberfläche erwartet die Anwendung eine Zahleneingabe des Benutzers. Diese Eingabe erfolgt entweder mittels Slider oder Textbox. Ist der Benutzer sich nun unsicher, so aktiviert dieser die Checkbox *Unsicherheit angeben*. Dann erscheint bzw. aktiviert sich das Frame zur Eingabe der Unsicherheit. Die untere Intervallgrenze entspricht dem kleinsten möglichen Wert, die obere Intervallgrenze dem größten möglichen Wert.

Benutzeroberfläche 17 Diese Benutzeroberfläche ist etwas spezieller. Aktiviert der Benutzer die Checkbox *Unsicherheit angeben*, so verändert sich das primäre Eingabefeld hier. Der 1-dimensionale Slider wird nun zu einem 2-dimensionalen Slider. Damit wird die Eingabe des Intervalls für die Unsicherheit ermöglicht. Abbildung 4.9.

Benutzeroberfläche 18 Diese Benutzeroberfläche ist das Textbox-äquivalent zur Benutzeroberfläche 16. Hier werden die untere als auch die obere Intervallgrenze direkt in die entsprechend gekennzeichneten Textboxen getippt.

Frage: _____

Bewertung/Wert:

← n | | m →

Unsicherheit angeben

Antwort geraten

Abbildung 4.9: Benutzeroberfläche 17: Durch das Aktivieren der Checkbox *Unsicherheit angeben* wird der ursprünglich 1-dimensionale Slider zu einem 2-dimensionalen Slider, welcher dann die Eingabe eines Intervalls für die Unsicherheit ermöglicht.

Frage: _____

Zahl:

Unsicherheit angeben

Obere Grenze:

Untere Grenze:

Antwort geraten

Abbildung 4.10: Benutzeroberfläche 18: Das primäre Eingabefeld ist hier eine Textbox. Zur Eingabe der Unsicherheit tippt der Benutzer die Intervallgrenzen direkt in entsprechend gekennzeichneten Textboxen.

4.1.4 Benutzeroberflächen zu Cluster 3

Benutzeroberfläche 21: Bei dieser Benutzeroberfläche quantifiziert der Benutzer seine Unsicherheit nicht als numerischen Wert, sondern erstellt eine Liste aller möglichen Eingaben. Sobald die Checkbox *Unsicherheit angeben* aktiviert wird, kann durch den »-Button jede Eingabe in die unten stehende Liste eingefügt werden. Betätigt der Benutzer den »-Button, so wird die getätigte Eingabe aus der Textbox entfernt und in die Liste an erster Stelle kopiert. Tätigt der Benutzer mehrere Eingaben, so erhält er eine Liste mit allen seinen Eingaben. Die Anwendung interpretiert alle Eingaben als gleichwertig. Das heißt, alle getätigten Eingaben haben dieselbe Wahrscheinlichkeit, die richtige Eingabe zu sein.

The image shows a graphical user interface for a questionnaire. At the top, there is a label 'Frage:' followed by a horizontal line for text entry. Below this is an 'Eingabe:' label, a text input field containing 'String1', and a '>>' button. Underneath is a checked checkbox labeled 'Unsicherheit angeben'. The main area contains a list box with four items: 'String1' and three '...' entries. To the right of the list box is an 'OK' button. At the bottom, there is an unchecked checkbox labeled 'Antwort geraten'.

Abbildung 4.11: Benutzeroberfläche 21: Hier kann der Benutzer mithilfe des »-Buttons jede Eingabe in die unten stehende Liste einfügen. Diese Liste repräsentiert aller möglichen Eingaben.

4.1.5 Äquivalente Prototypen

Da einige Benutzeroberflächen bis auf das primäre Eingabefeld sich nicht von ihren Vorgängern unterscheiden werden sie hier gelistet. Dazu gehören vor allem die Benutzeroberflächen, die auf den Benutzeroberflächen 4 und 5 aus dem Cluster 1a basieren.

Zu Cluster 1b

- Abbildung 4.12 zeigt Benutzeroberfläche 6, das Äquivalent zu Benutzeroberfläche 2.
- Abbildung 7.1 zeigt Benutzeroberfläche 7, das Äquivalent zu Benutzeroberfläche 3.
- Abbildung 7.2 zeigt Benutzeroberfläche 8, das Äquivalent zu Benutzeroberfläche 4.
- Abbildung 7.3 zeigt Benutzeroberfläche 9, das Äquivalent zu Benutzeroberfläche 5.

Eine Ausnahme bildet hier Benutzeroberfläche 6, hier ändert sich die Berechnung der unteren Intervallgrenze. Diese ist wie auch schon bei Benutzeroberfläche 2 abhängig von der Anzahl der Entscheidungsmöglichkeiten n . Da nun aber Mehrfachauswahl möglich ist, berechnet sich die untere Intervallgrenze n_0 wie folgt:

$$n_0 = \frac{1}{2^n} \%$$

Das liegt daran, dass eine Checkbox zwei Zustände annehmen kann:

- aktiviert
- deaktiviert

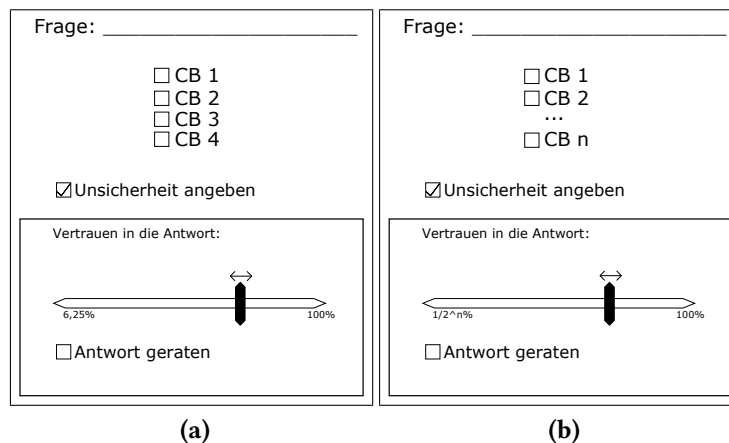


Abbildung 4.12: Benutzeroberfläche 6: Die zwei Benutzeroberflächen auf Basis eines Sliders mit einmal genau 4 Elementen und einmal n Elementen mit Checkboxes

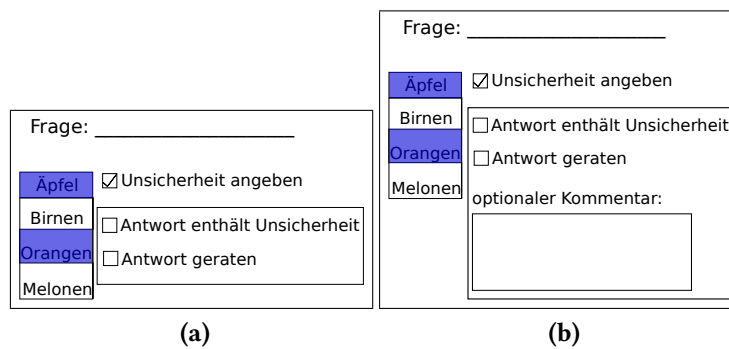


Abbildung 4.13: Benutzeroberfläche 12 (links) sowie Benutzeroberfläche 13 (rechts)

Diese Zustände kann sie jedoch nie gleichzeitig annehmen. Bei n Checkboxes entspricht das 2^n möglichen Kombinationen. Für den Fall $n = 4$ besitzt die untere Intervallgrenze n_0 den Wert 6,25%, wie in Abbildung 4.12a gezeigt.

Diese zwei Benutzeroberflächen 12 und 13 in Abbildung 4.13a sowie 4.13b basieren auf den Benutzeroberflächen 4 sowie 5. In Benutzeroberfläche 12 kann nur angegeben werden, ob Unsicherheit besteht oder nicht. Eine Quantifizierung der Unsicherheit ist hier nicht möglich. Eine Erweiterung stellt Benutzeroberfläche 13 dar. Hier ist es möglich die Unsicherheit als Kommentar zu umschreiben. Der Benutzer kann hier die Gründe für die Unsicherheit genauestens erläutern, falls gewünscht.

Zu Cluster 2 Wie auch bereits mehrere Benutzeroberflächen in Cluster 1a und 1b basieren die folgenden Benutzeroberflächen 14 (siehe Abbildung 4.14) sowie 15 (siehe Abbildung 4.15) auf den Benutzeroberflächen 4 und 5 aus Cluster 1a. Die Benutzeroberfläche 14 erlaubt nur

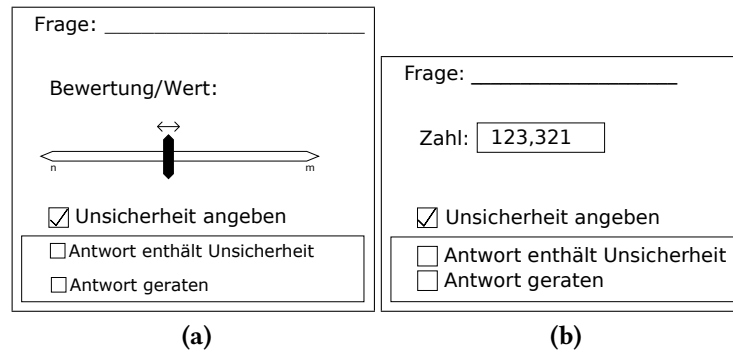


Abbildung 4.14: Benutzeroberfläche 14: Links mit Slider, rechts mit einer numerischen Textbox als primäres Eingabefeld.

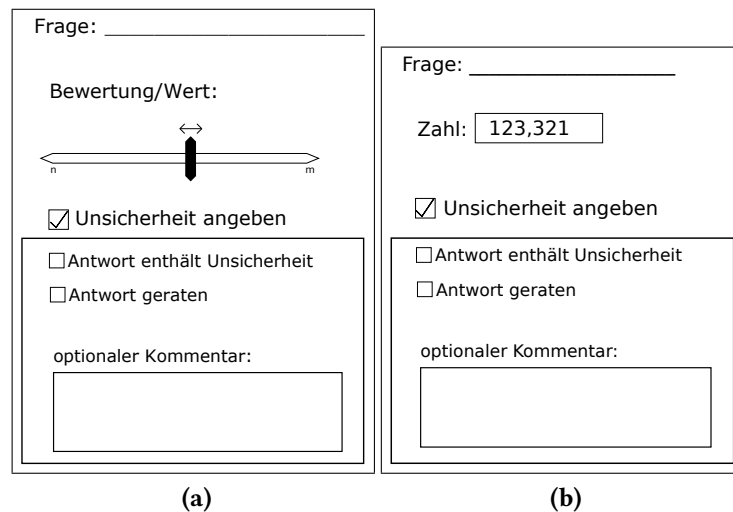


Abbildung 4.15: Benutzeroberfläche 15: Links mit Slider, rechts mit einer numerischen Textbox als primäres Eingabefeld.

die Angabe von Unsicherheit, nicht jedoch deren Quantifizierung. Die darauf aufbauende Benutzeroberfläche 15 erlaubt das Eingeben eines Kommentars. Damit kann der Benutzer, falls gewünscht, genauer auf die auftretende Unsicherheit eingehen.

- Abbildung 4.14 zeigt Benutzeroberfläche 14, das Äquivalent zu Benutzeroberfläche 4.
- Abbildung 4.15 zeigt Benutzeroberfläche 15, das Äquivalent zu Benutzeroberfläche 5.

Zu Cluster 3 Wie bereits im Cluster 1b und 2 gibt es auch im dritten Cluster Benutzeroberflächen, die sich nur im primären Eingabefeld unterscheiden. Das sind hier die Benutzeroberflächen 19 sowie 20.

- Abbildung 4.16 zeigt Benutzeroberfläche 19, das Äquivalent zu Benutzeroberfläche 4.

Frage: _____

Eingabe:

Unsicherheit angeben

Antwort enthält Unsicherheit

Antwort geraten

Abbildung 4.16: Benutzeroberfläche 19: Eingabe der Unsicherheit ohne Quantifizierung.

Frage: _____

Eingabe:

Unsicherheit angeben

Antwort enthält Unsicherheit

Antwort geraten

optionaler Kommentar:

Abbildung 4.17: Benutzeroberfläche 20: Quantifizierung der Unsicherheit durch Kommentarfeld möglich.

- Abbildung 4.17 zeigt Benutzeroberfläche 20, das Äquivalent zu Benutzeroberfläche 5.

4.2 Durchführung der Interviews

In diesem Abschnitt wird die Durchführung der als Vorstudie durchgeführten Interviews behandelt.

4.2.1 Ziel der Interviews

Das Ziel war es herauszufinden, wie Benutzer auf die entwickelten Benutzeroberflächen reagieren und diese nach vordefinierten Kriterien bewerten. Die Interviews dienten dabei als Vorstudie. Damit sollte eine Vorauswahl an relevanten Benutzeroberflächen erfolgen, die sich auf die Aussagen der Probanden stützt. Die Benutzeroberflächen, die am besten abschneiden sollten, werden für die finale Studie nochmals optimiert und anschließend implementiert.

4.2.2 Aufbau

Den Teilnehmern wurden auf einem Lenovo Thinkpad X230i alle Benutzeroberflächen präsentiert. Zu jedem dieser Benutzeroberflächen wurden den Teilnehmern dieselben Fragen gestellt.

Die Interviews hatten die folgende Struktur:

1. Einführende Fragen
2. Vorstellung des Clusterings
3. Fragen zu den einzelnen Benutzeroberflächen

Einführende Fragen Zuallererst wurden die Teilnehmer in die Themen Unsicherheit und Benutzeroberflächen eingeführt. Die Teilnehmer wurden zuerst gefragt, welche Eingabefelder sie denn bereits kennen. Danach wurden sie die folgenden Fragen gefragt:

- Inwieweit findest du es sinnvoll oder nicht sinnvoll Unsicherheit angeben zu können?
- Kannst du dir ein praktisches Szenario vorstellen, bei dem du Unsicherheit eingeben ...
 1. ... könntest?
 2. ... müsstest?
 3. ... möchtest?

Nach diesen Fragen erhielten alle Teilnehmer einen Überblick über die gängigsten Eingabefelder und das durchgeführte Clustering dieser aus Kapitel 3. Der darauf folgende Teil der Interviews war deutlich umfangreicher.

Fragen zu den einzelnen Benutzeroberflächen Für jede der vorgestellten Benutzeroberflächen wurden die Teilnehmer folgende Dinge gefragt:

1.
 - Was ist dein erster Eindruck?
 - Wie gefällt dir diese Benutzeroberfläche?
 - 1 - überhaupt nicht
 - 2 - weniger
 - 3 - mittel
 - 4 - gut
 - 5 - sehr gut
2. Würdest du die Benutzeroberfläche benutzen?

- Wenn nein, warum nicht?
3. Was gefällt dir daran?
 4. Was missfällt dir daran?
 - Wenn ja, was würdest du anders machen? Verbesserungsvorschläge?
 5. Wie simpel ist die Bedienung?
 - 1 - undurchschaubar
 - 2 - kompliziert
 - 3 - mittel
 - 4 - simpel
 - 5 - sehr simpel
 6. Ist die Eingabe der Unsicherheit praktikabel implementiert?
 7. Ist das Design selbsterklärend?
 - 1 - überhaupt nicht
 - 2 - weniger gut
 - 3 - mittel
 - 4 - gut
 - 5 - sehr gut

Alle Fragen, bei denen Werte zwischen 1 und 5 angegeben werden müssen, basieren auf einer Likert-item Skala¹. Zudem wurden die Teilnehmer nach ihrer Präferenz von Eingabefeldern innerhalb eines Clusters befragt. Das sind im ersten Cluster Radiobuttons und Dropdownboxen, sowie List- und Checkboxes. Im zweiten Cluster Slider und Textboxen.

4.2.3 Teilnehmer

Insgesamt nahmen acht Teilnehmer/innen an den Interviews teil. Von diesen acht waren sechs männlich und zwei weiblich. Durchschnittlich waren sie 21,625 Jahre alt (SA: 2,00) Jahre alt. Alle waren Studenten der Universität Stuttgart und haben damit eine gute Kenntnis über Benutzeroberflächen. Tabelle 4.1 zeigt eine genaue Übersicht der Teilnehmer.

¹Nach Rensis Likert [Lik67].

Teilnehmer	Alter	Geschlecht
1	21	männlich
2	24	männlich
3	20	weiblich
4	21	weiblich
5	25	männlich
6	19	männlich
7	22	männlich
8	21	männlich

Tabelle 4.1: Auflistung des Alters sowie Geschlechts der acht Teilnehmer.

4.3 Ergebnisse der Interviews

In diesem Abschnitt erfolgt die Vorstellung der Ergebnisse der geführten Interviews. Wie zuvor bereits beschrieben, waren die Interviews in zwei Teile unterteilt. Der erste Teil eines jeden Interviews sollte die Teilnehmer an das Thema der Unsicherheit und der Gestaltung von Benutzeroberflächen heranführen. Im eigentlichen Teil des Interviews, dem zweiten Teil, wurden jedem Teilnehmer die insgesamt 21 Benutzeroberflächen vorgestellt.

4.3.1 Einführende Fragen

Auf die Frage, welche Eingabefelder sie bereits kennen, hatten alle acht Teilnehmer eine Antwort. 7 von 8 nannten die Textbox als bekanntes Eingabefeld. Weitere 6 von 8 Teilnehmern nannten die Checkbox als Eingabefeld. Außerdem fielen den Teilnehmern die Listbox, die Radiobuttons, die Dropdownbox sowie der Slider ein. Oft kannten die Teilnehmer noch mehr Eingabefelder, konnten diese jedoch nicht beim Namen nennen. Stattdessen beschrieben sie die äußerlich und nannten ihre Funktion. Diese wurden jedoch nicht als bekannt gezählt.

Auf die zweite gestellte Frage, ob sie es sinnvoll finden würden, Unsicherheit eingeben zu können, antworteten die Teilnehmer allesamt mit einem klaren „Ja“. Vielen der Teilnehmern fiel spontan jedoch kein sinnvoller Anwendungsfall ein. Unter anderem wurden als Anwendungsfälle Web-Formulare, Schätzfrage, Quize sowie Zahleneingaben genannt.

Die dritte Frage wurde sehr unterschiedlich aufgenommen. Viele der Teilnehmer erwähnten die schon bei der zweiten Frage genannten Schätzfragen. Interessante Antworten waren die Lyric-Suche und Ernährungsapps auf Smartphones. Die Teilnehmer unterschieden nicht unbedingt zwischen der dreiteiligen Frage (könntest/müsstest/möchtest), da alle Teilnehmer zum ersten Mal mit der Eingabe der Unsicherheit konfrontiert wurden. Deshalb fiel es den Teilnehmern schwer, sich spontan passende Anwendungsfälle zu überlegen. Dennoch war die Resonanz

auf die Fragen durchweg positiv, viele Teilnehmer bedankten sich für die Vorstellung des interessanten Ansatzes, Unsicherheit in Benutzeroberflächen zu integrieren.

4.3.2 Fragen bezüglich der vorgestellten Prototypen

Nach der Meinung der Teilnehmer waren alle Benutzeroberflächen simpel aufgebaut und einfach zu bedienen. Die vier Diagramme in Abbildung 4.20 visualisieren dies. Vor allem die Benutzeroberflächen in Cluster 1a und 2 schnitten hier sehr gut ab. Durchschnittlich vergaben die Teilnehmer folgende Bewertungen für die Simplität der einzelnen Cluster:

- Cluster 1a: 4,375 (SA: 0,29).
- Cluster 1b: 3,890 (SA: 0,51).
- Cluster 2: 4,225 (SA: 0,34).
- Cluster 3: 3,833 (SA: 1,16).

Anhand der Zahlen kann man erkennen, dass das Cluster 1a am besten abgeschnitten hat, dicht gefolgt von Cluster 2.

Auch in Sachen Benutzbarkeit wurden die meisten vorgestellten Benutzeroberflächen gut angenommen. Zu sehen ist dies in Abbildung 4.18. Vor allem die Cluster 1a und 2 schnitten hier gut ab. Cluster 3 fiel sehr stark ab, die Teilnehmer vergaben hier schlechte Bewertungen. Bemerkenswert ist hier vor allem die Benutzeroberfläche 2. Allgemein sind die ersten Benutzeroberflächen in Cluster 1a sehr gut bewertet worden. Hier gaben alle Teilnehmer an, diese gerne benutzen zu wollen. Aus dem zweiten Cluster sind die Benutzeroberflächen 16, 17 und 18 gut bewertet worden.

Die Tabellen 4.2, 4.3, 4.4 sowie 4.5 zeigen die Anzahl der abgegebenen Antworten für die acht bewerteten Kategorien. Diese Kategorien sind:

- 1) Der erste Eindruck ist positiv. (positiv)
- 2) Die Eingabe der Unsicherheit ist praktikabel implementiert. (positiv)
- 3) Die Benutzeroberfläche ist intuitiv und übersichtlich gestaltet. (positiv)
- 4) Slider wird bevorzugt. (neutral)
- 5) Textbox wird bevorzugt. (neutral)
- 6) Die Checkbox *Antwort geraten* ist nicht sinnvoll. (negativ)
- 7) Der modulare Aufbau der Benutzeroberfläche gefällt. (positiv)
- 8) Das Kommentarfeld ist nützlich. (positiv)

4 Entwicklung und Evaluation von Prototypen

Die Wörter in den Klammern beziehen sich auf die Grundstimmung der einzelnen Kategorie. Es wurden nur Antworten gezählt, die dieser Grundstimmung entsprachen.

Unabhängig des Clusters erreichten die Benutzeroberflächen 4, 8, 12, 14 und 19 die schlechtesten Ergebnisse, da die Teilnehmer sich bei der Eingabe der Unsicherheit eine Möglichkeit der Quantifizierung wünschten. Teilnehmer 6 bezeichnet die Eingabe der Unsicherheit in Benutzeroberfläche 4 mit „bringt nichts“. Teilnehmer 1 meint, dass man hier „nicht viel nachdenken muss“. Die Erweiterung dieser genannten Benutzeroberflächen durch ein zusätzliches Kommentarfeld in den Benutzeroberflächen 5, 9, 13, 15, 20 erzielten bessere Ergebnisse. Dennoch würden einige der Teilnehmer nach eigenen Aussagen das Kommentarfeld nicht benutzen. Teilnehmer 2 stört hier vor allem das „auftretende Homing“. Auch der damit verbundene hohe Aufwand der Auswertung störte viele Teilnehmer, dennoch fänden die Teilnehmer ein Angebotenes Kommentarfeld sinnvoll.

Die restlichen Benutzeroberflächen schnitten deutlich besser ab. In den Benutzeroberflächen, die eine Eingabe via Tastatur benötigten, merkte Teilnehmer 2 das „auftretende Homing zwischen Maus und Tastatur“ an.

Die Verbesserungsvorschläge bezogen sich meistens auf die *Antwort geraten*-Checkbox, die einige Teilnehmer als störend und „sinnlos“ bezeichneten. Teilnehmer 1 kritisierte regelmäßig die Optik der Prototypen, da sie ihm nicht modern genug waren.

In Cluster 1a bevorzugten die Teilnehmer je nach Größe des n , also der Anzahl der Auswahlmöglichkeiten, entweder eine Dropdownbox oder n Radiobuttons. Im Mittel nannten die Teilnehmer für $n = 8, 125$ (SA: 3,44). Das heißt ab ungefähr 8 Antwortmöglichkeiten bevorzugen die Teilnehmer eine Dropdownbox. Ist $n < 8, 125$, so bevorzugen die Teilnehmer Radiobuttons.

In Cluster 1b waren sich alle Teilnehmer einig, dass Checkboxen die deutlich besser Wahl gegenüber Listboxen sind. Fünf Teilnehmer begründeten dies mit dem Argument der „Gewohntheit“. Teilnehmer 6 nannte die „simplere Auswahl ohne das Drücken der strg-Taste“.

Vier der acht Teilnehmer bevorzugten Textboxen für die Eingabe von Zahlen. Dies begründeten die meisten mit dem Argument der „Freiheit“, Teilnehmer 6 meinte, dass sich diese „genauer anfühlen“. Die zwei Teilnehmer, die Slider bevorzugten, konnten dies nicht stichhaltig begründen. Teilnehmer 3 meinte, er wäre eher der „Slider-Typ“. Teilnehmer 4 hatte keine Präferenz, für ihn war „beides gleichwertig“.

Die Benutzeroberflächen aus Cluster 3 bewerteten die Teilnehmer deutlich schlechter, als die Benutzeroberflächen aus den anderen Clustern.

Die gestapelten Balkendiagramme 4.20 sowie 4.19 zeigen jeweils genau an, wieviele Teilnehmer für eine bestimmte Wertung stimmten. Die Werte aller Likert-item Skalen finden sich in Tabelle 4.6.

Benutzeroberfläche	1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)	8)
1	8	7	8	3	0	2	0	0
2	7	4	8	2	0	1	0	0
3	5	6	8	2	6	1	1	0
4	1	1	2	1	0	0	1	0
5	3	4	8	1	0	1	0	7

Tabelle 4.2: Qualitative Auswertung der durchgeführten Interviews für die Benutzeroberflächen aus Cluster 1a. Die einzelnen Werte zeigen die Anzahl der abgegebenen Antworten, die in eine bestimmte Kategorie fallen.

Benutzeroberfläche	1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)	8)
6	2	3	5	1	0	0	1	0
7	4	5	5	1	6	0	1	0
8	1	2	8	0	0	0	1	0
9	4	5	4	1	0	0	0	7
10	0	5	1	0	0	0	0	0
11	6	6	6	2	3	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0
13	2	2	2	0	0	0	1	5

Tabelle 4.3: Qualitative Auswertung der durchgeführten Interviews für die Benutzeroberflächen aus Cluster 1b. Die einzelnen Werte zeigen die Anzahl der abgegebenen Antworten, die in eine bestimmte Kategorie fallen.

Benutzeroberfläche	1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)	8)
14	3	2	1	1	1	1	0	0
15	2	2	3	1	0	0	0	6
16	5	5	5	1	0	0	0	0
17	6	7	6	3	0	1	1	0
18	6	6	7	0	7	0	2	0

Tabelle 4.4: Qualitative Auswertung der durchgeführten Interviews für die Benutzeroberflächen aus Cluster 2. Die einzelnen Werte zeigen die Anzahl der abgegebenen Antworten, die in eine bestimmte Kategorie fallen.

Benutzeroberfläche	1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)	8)
19	2	1	2	2	1	0	1	0
20	3	2	2	0	0	0	0	2
21	3	4	6	0	0	0	0	0

Tabelle 4.5: Qualitative Auswertung der durchgeführten Interviews für die Benutzeroberflächen aus Cluster 3. Die einzelnen Werte zeigen die Anzahl der abgegebenen Antworten, die in eine bestimmte Kategorie fallen.

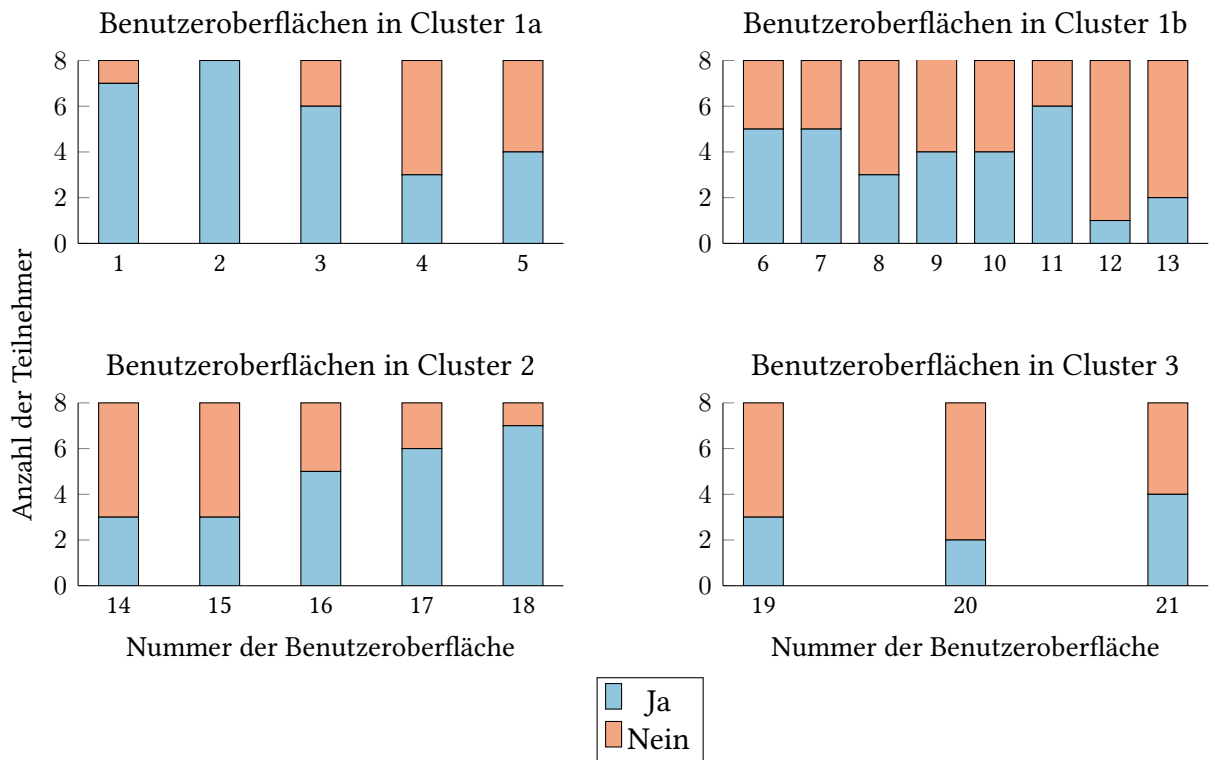


Abbildung 4.18: Dieses gestapelte Balkendiagramm visualisiert die Benutzbarkeit der einzelnen Benutzeroberflächen. Jede Teilabbildung entspricht einem (Sub-)Cluster. Die x-Achse gibt die Nummer der Benutzeroberfläche an, während die y-Achse die die Anzahl der Teilnehmer angibt, welche die jeweilige Benutzeroberfläche benutzen würden oder nicht.

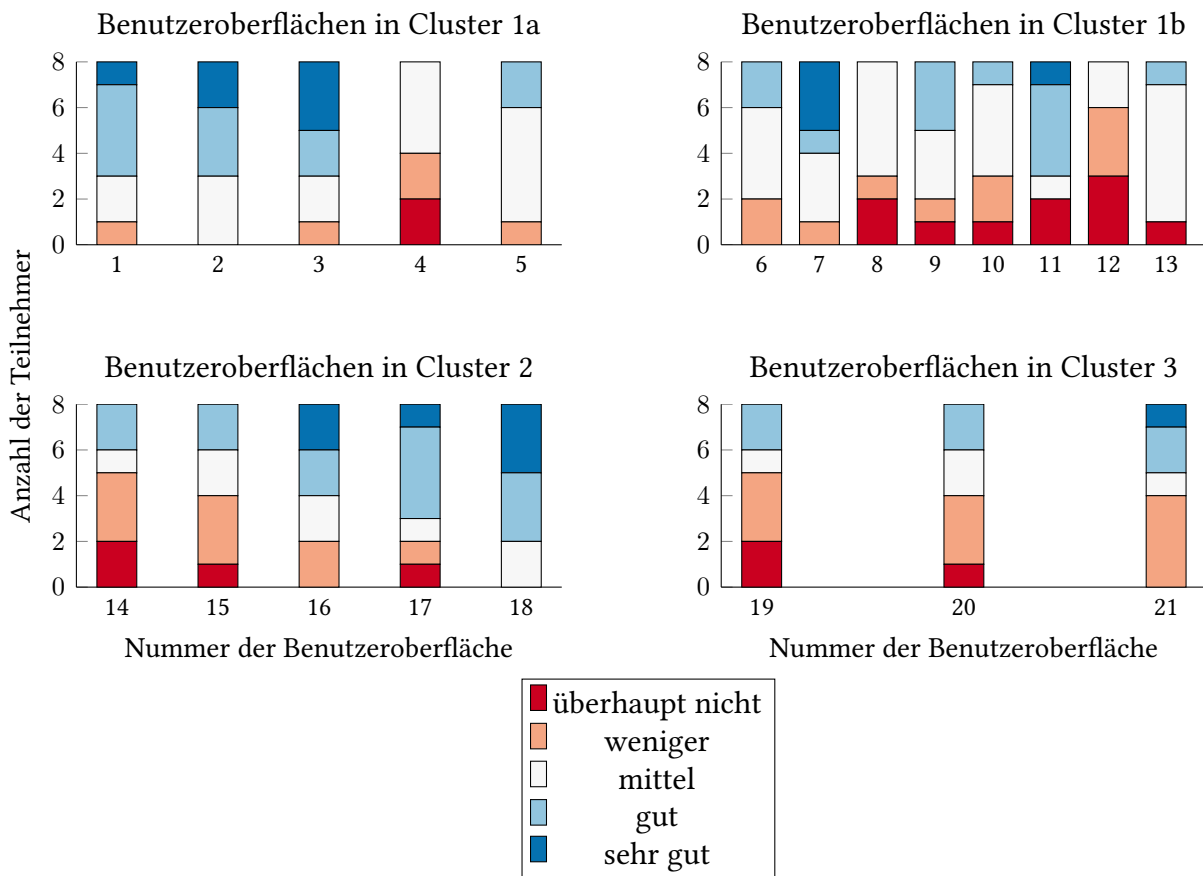


Abbildung 4.19: Dieses gestapelte Balkendiagramm visualisiert das Gefallen der einzelnen Benutzeroberflächen. Jede Teilabbildung entspricht einem (Sub-)Cluster. Die x-Achse gibt die Nummer der Benutzeroberfläche an, während die y-Achse die die Anzahl der Teilnehmer angibt, welche eine bestimmte Bewertung abgegeben haben.

4.4 Implikationen aus den Ergebnissen der Interviews

In der Studie sollten nur jene Benutzeroberflächen vorhanden sein, die auch bei den Interviews sehr gut abgeschnitten hatten. Dazu gehören folgende Benutzeroberflächen:

1. Benutzeroberfläche 2 (Abbildung 4.2) mit den folgenden Bewertungen:
 - Gefallen: \bar{x} 3,875 (SA: 0,83)
 - Simplizität: \bar{x} 4,00 (SA: 1,07)
 - Selbsterklärend: \bar{x} 4,25 (SA: 1,39)
 - Benutzen würden sie 8 von 8 Teilnehmern.

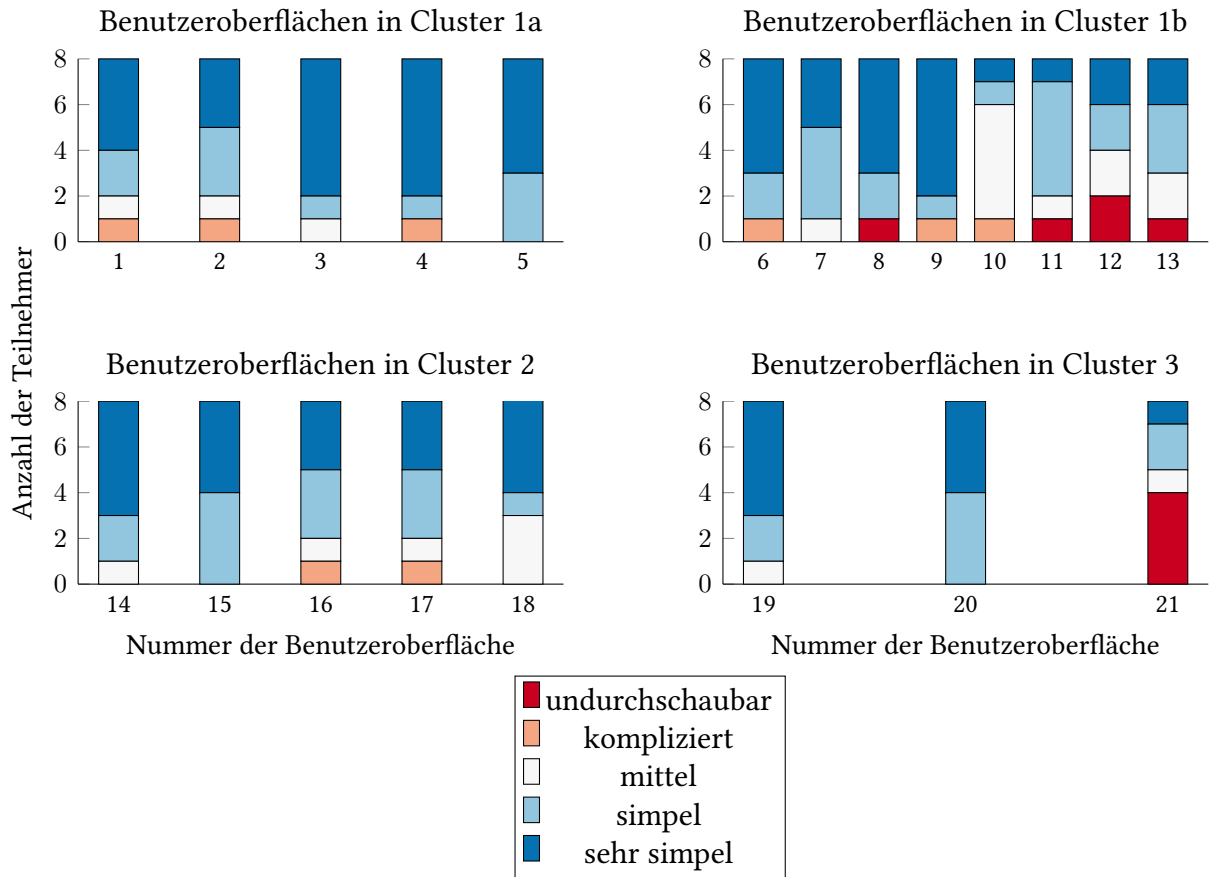


Abbildung 4.20: Dieses gestapelte Balkendiagramm visualisiert die Simplizität der einzelnen Benutzeroberflächen. Jede Teilabbildung entspricht einem (Sub-)Cluster. Die x-Achse gibt die Nummer der Benutzeroberfläche an, während die y-Achse die die Anzahl der Teilnehmer angibt, welche eine bestimmte Bewertung abgegeben haben.

2. Benutzeroberfläche 3 (Abbildung 4.3) mit den folgenden Bewertungen:

- Gefallen: \bar{x} 3,875 (SA: 1,13)
- Simplizität: \bar{x} 4,625 (SA: 0,74)
- Selbsterklärend: \bar{x} 4,5 (SA: 0,76)
- Benutzen würden sie 6 von 8 Teilnehmern.

3. Benutzeroberfläche 17 (Abbildung 4.9) mit den folgenden Bewertungen:

- Gefallen: \bar{x} 3,375 (SA: 1,30)
- Simplizität: \bar{x} 4,00 (SA: 1,07)
- Selbsterklärend: \bar{x} 3,5 (SA: 1,41)

4.4 Implikationen aus den Ergebnissen der Interviews

Benutzeroberfläche	Gefallen		Simplizität		Selbsterklärend	
	Mittelwert	SA	Mittelwert	SA	Mittelwert	SA
1	3,625	0,92	4,125	1,13	4,125	0,83
2	3,875	0,83	4,00	1,07	4,25	1,39
3	3,875	1,13	4,625	0,74	4,5	0,76
4	2,25	0,89	4,5	1,07	3,375	1,60
5	3,125	0,64	4,625	0,52	4,25	1,16
6	3,00	0,76	4,375	1,06	3,75	1,49
7	3,75	1,16	4,25	0,71	4,125	0,99
8	2,375	0,92	4,25	1,39	3,75	1,75
9	3,00	1,06	4,5	1,07	4,125	1,36
10	2,625	0,92	3,25	0,89	3,25	0,71
11	3,25	1,49	3,625	1,19	4,125	1,13
12	1,875	0,83	3,25	1,59	2,75	1,75
13	2,875	0,83	3,625	1,30	2,875	1,46
14	2,375	1,18	4,50	0,76	3,5	1,20
15	2,625	1,06	4,50	0,53	4,125	0,99
16	3,5	1,20	3,75	0,89	3,875	0,83
17	3,375	1,30	4,00	1,07	3,5	1,41
18	4,375	0,74	4,375	0,92	4,25	1,16
19	2,375	1,19	4,50	0,76	3,5	1,20
20	2,625	1,06	4,50	0,53	4,125	0,99
21	3,00	1,20	2,5	1,70	2,375	1,51

Tabelle 4.6: Die vollständige Übersicht aller in den Interviews benutzten Fragen auf Basis einer Likert-item Skala.

- Benutzen würden sie 6 von 8 Teilnehmern.
4. Benutzeroberfläche 18 (Abbildung 4.10) mit den folgenden Bewertungen:
- Gefallen: \bar{x} 4,375 (SA: 0,74)
 - Simplizität: \bar{x} 4,375 (SA: 0,92)
 - Selbsterklärend: \bar{x} 4,25 (SA: 1,16)
 - Benutzen würden sie 6 von 8 Teilnehmern.

5. Benutzeroberfläche 16 (Abbildung 4.8) mit den folgenden Bewertungen:

- Gefallen: \bar{x} 3,5 (SA: 1,20)
- Simplizität: \bar{x} 3,75 (SA: 0,89)
- Selbsterklärend: \bar{x} 3,875 (SA: 0,83)
- Benutzen würden sie 5 von 8 Teilnehmern.

Nur diese genannten Benutzeroberflächen wurden für eine Auswertung in der finalen Studie in die engere Auswahl gezogen. Das komplette dritte Cluster wurde nicht in die Benutzerstudie übernommen, da die Wertungen der Teilnehmer schlechter waren als in den beiden vorherigen Clustern. Als Maßstab wurde vor allem die Wertung auf der Gefallen-Skala und die Anzahl der Teilnehmer, die diese Benutzeroberflächen benutzen würden, herangezogen. Mit der Benutzerstudie befasst sich das anschließende Kapitel 5.

5 Benutzerstudie

In diesem Kapitel wird die Durchführung und die vollständige Auswertung der Benutzerstudie behandelt. Dabei wird zuallererst das Ziel der Studie verdeutlicht. Darauf folgt die Erläuterung des Studienaufbaus. Im Anschluss daran werden die Daten der Teilnehmer gezeigt. Zum Schluss folgt die Auswertung, Interpretation sowie Diskussion der Ergebnisse.

5.1 Ziel der Benutzerstudie

Mit dieser Benutzerstudie sollte herausgefunden werden, wie Benutzer in der Praxis auf eine Eingabemöglichkeit für Unsicherheit reagieren. Untersucht werden sollte, ob die Benutzer die Eingabe von Unsicherheiten akzeptieren, und vor allem, wie sie diese benutzen. Dazu wurden denn Teilnehmern 60 Fragen gestellt, die sie alle der Reihe nach beantworten mussten. Zu jeder Frage musste die jeweilige Unsicherheit beim Beantworten der aktuellen Frage eingegeben werden. Die Fragen wurden so gewählt, dass die Teilnehmer die Fragen zwar verstehen konnten und wussten, in welche Richtung die Antwort wohl gehen würde. Jedoch wurde es den Teilnehmern durch die Wahl der Antwortmöglichkeiten bzw. des möglichen Antwortbereichs schwer gemacht, die Fragen korrekt zu beantworten. Die Teilnehmer wurden dadurch in einen Zustand der Unsicherheit gebracht. Diese Unsicherheit, die beim Beantworten einer Frage entstand, mussten die Teilnehmer dann in das entsprechende Feld in der Benutzeroberfläche eintragen.

5.2 Aufbau der Benutzerstudie

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit dem Aufbau der durchgeführten Benutzerstudie. Zunächst wird der konzeptuelle Aufbau besprochen, darauf folgend die technische Umsetzung. Abschließend wird die Funktionsweise des benutzten Fragebogen *Usability Metric for User Experience*, kurz UMUX, erklärt.

5.2.1 Konzeptueller Aufbau

Die vier besten Benutzeroberflächen aus der Vorstudie wurden implementiert und den Teilnehmern im Rahmen eines kleinen Quiz präsentiert.

Das waren zur Erinnerung:

- Benutzeroberfläche 2 (Abbildung 4.2)
- Benutzeroberfläche 3 (Abbildung 4.3)
- Benutzeroberfläche 16 (Abbildung 4.8)
- Benutzeroberfläche 17 (Abbildung 4.9)
- Benutzeroberfläche 18 (Abbildung 4.10)

Um ein einheitliches Studiendesign zu gewährleisten, wurde Benutzeroberfläche 17 ausgeschlossen. So konnte die Benutzerstudie in zwei Teile unterteilt werden. Der erste Teil setzte auf den Benutzeroberflächen 2 sowie 3 auf, der zweite Teil basierte auf Benutzeroberfläche 16 sowie 18. Die Studienteilnehmer mussten insgesamt 60 Fragen aus dem Bereich der Ernährung und des Sports beantworten. Diese 60 Fragen teilten sich auf zu 30 Entscheidungsfragen und 30 freie Fragen. Zur Beginn der Studie wurde die Reihenfolge der Fragen randomisiert, d.h. jeder Teilnehmer bekam dieselben Fragen in einer individuellen Reihenfolge zu Gesicht. Der erste Teil der Studie setzte, wie bereits erwähnt, auf Entscheidungsfragen. Zur Beantwortung einer Frage konnten die Teilnehmer aus vier vorgefertigten Antwortmöglichkeiten wählen. Dabei war immer genau eine dieser vier Antwortmöglichkeiten korrekt.

Das Auswählen einer Antwort erfolgte hier entweder mittels einer Dropdownbox oder Radiobuttons. Durch das lateinische Quadrat wurde bestimmt, welche Eingabemethode der jeweilige Teilnehmer erhielt. Diese Eingabemethode änderte sich während des gesamten ersten Teiles der Studie nicht. Bekam ein Teilnehmer die Dropdownbox zugewiesen, so benutzte er während der gesamten Studie nie Radiobuttons und umgekehrt.

Zusätzlich dazu mussten die Teilnehmer ihre Unsicherheit entweder mithilfe einer Textbox oder eines Slider im Bereich von 0 bis 100% angeben. Zur Erläuterung:

- 0% Unsicherheit bedeuten *überhaupt nicht unsicher*
- 100% Unsicherheit bedeuten *vollkommen unsicher*

Das lateinische Quadrat bestimmte, mit welchem der beiden Eingabefelder zur Angabe der Unsicherheit der jeweilige Teilnehmer startete. Nach exakt 15 Fragen wechselte dann das Eingabefeld in das jeweils andere. Begann ein Teilnehmer beispielsweise mit dem Slider, so wechselte nach 15 Fragen der Slider zu einer Textbox. Während des Wechsels, also immer nach 15 beantworteten Fragen, wurde ein Fragebogen eingeblendet. Auf den Fragenbogen UMUX (Usability Metric for User Experience) wird in Abschnitt 5.2.3 eingegangen

Im zweiten Teil der Studie wählten die Teilnehmer nicht mehr aus vorgefertigten Antwortmöglichkeiten, sondern mussten sich ihre Antwort selbst überlegen und eingeben. Die Fragen waren frei gestellt. Als Antwort musste eine natürliche Zahl aus einem zuvor festgelegten Intervall gewählt werden. Bei 27 der 30 Fragen war das Intervall auf $[0, 100]$ festgelegt. Bei zwei der drei restlichen Fragen war das Intervall $[1, 14]$ (pH-Wert) und bei der Schätzfrage nach dem Gewicht des Apfels war das Intervall $[0, 1000]$. Eventuell benötigte Maßeinheiten wurden im Fragentext aufgeführt.

Die Wahl eines Wertes aus den zuvor festgelegten Intervallen erfolgte mittels eines Sliders oder einer Textbox. Analog zum ersten Studienteil bestimmte das lateinische Quadrat, welches Eingabefeld der jeweilige Teilnehmer benutzen sollte. Die Textbox war standardmäßig leer und erlaubte nur das Eingeben von natürlichen Zahlen, die im entsprechenden Intervall lagen. Falls der Slider zum Einsatz kam, war dieser standardmäßig auf die untere Intervallgrenze eingestellt. Bis auf zwei Ausnahmen war das 0. In den zwei anderen Fällen die 1.

Die Unsicherheit gaben die Teilnehmer durch die Angabe eines Intervalls an. Sei $[n_0, n_1] = \{x \in \mathbb{N} \mid n_0 \leq x \leq n_1\}$ mit $n_0, n_1 \in \mathbb{N}$ das zuvor festgelegte Intervall, in dem sich die Antwort befinden darf. Dann ist jedes Intervall $[n_2, n_3] = \{n_2, n_3 \in \mathbb{N} \mid n_0 \leq n_2 \leq n_3 \leq n_1\}$ ein valides Intervall zur Eingabe der Unsicherheit. Je größer das Intervall ist, desto höher ist die angegebene Unsicherheit. Gilt $n_2 = n_0$ sowie $n_3 = n_1$, so besteht vollkommene Unsicherheit. Ist $n_2 = n_3$, so besteht keine Unsicherheit.

Wie auch beim ersten Teil konnten die Teilnehmer erst zur nächsten Frage gelangen, wenn sie eine valide Antwort und Unsicherheit eingegeben haben.

Bei dem vorliegenden Studiendesign handelt es sich um ein *between-subject-design*[CGK12]. Der große Vorteil dieses Design ist die kürzere Studiendauer für den einzelnen Teilnehmer. Hinzu kommt die Reduktion von Positionseffekten. Zu diesen gehören Übungs- sowie Ermüdungseffekte. Bei diesem Design wird jeder Proband auf je eine Bedingung geprüft. In dieser Studie sieht jeder Teilnehmer nur je ein primäres Eingabefeld für den ersten sowie zweiten Teil. Also entweder Radiobuttons oder eine Dropdownbox im ersten Teil oder einen Slider oder Textbox im zweiten Teil.

Wurden alle 60 Fragen und die vier UMUX-Fragebögen beantwortet, so konnten die Teilnehmer Kommentare und Feedback in einem eigens dafür vorgesehenen Feld machen. Auf diese wird dann in Kapitel 5.6 eingegangen.

5.2.2 Technische Umsetzung

Umgesetzt wurde die Studie als Webanwendung auf Basis von HTML5 und JavaScript. Zudem wurden das Bootstrap-Framework in der Version 3.3.7 vom 25. Juli 2016 und die JavaScript-Bibliothek jQuery in der Version 1.12.4 vom 20. Mai 2016 benutzt. Bootstrap wurde für benutzt, um die Studie den heutigen Webstandards anzupassen. Dazu gehört die Gestaltung im Sinne des *responsive Webdesigns* sowie die Unterstützung von mobilen Endgeräten, wie Smartphones

oder Tablets. jQuery dagegen wurde benutzt, um mit weniger Code und damit übersichtlicher, Objekte auf der Webseite zu manipulieren. Dazu gehört vor allem der dynamische Austausch der verschiedenen Benutzeroberflächen mit den dazugehörigen Eingabefeldern. Für das Speichern der eingegebenen Daten wurde PHP benutzt.

Alle erhobenen Daten wurden bereits mittels JavaScript in einem Array in die passende Form gebracht, sodass das PHP-Skript nur die Daten auslesen, überprüfen und in csv-Dateien schreiben musste. Die Dateien zur Studie lagen während der Durchführung auf dem w3studi-Server der Universität Stuttgart. Die gespeicherten csv-Dateien wurde nach Beendigung der Studie heruntergeladen und im Statistikprogramm SPSS von IBM geöffnet. Alle zur Studie gehörenden Daten lagen während der Durchführung auf dem w3studi-Server der Universität Stuttgart. Da die Studie somit öffentlich zugänglich war, wurde das entsprechende Verzeichnis mittels .htaccess-Datei mit einem Passwort versehen, damit die Studienteilnehmer nicht im voraus die Fragen lesen konnten.

5.2.3 Usability Metric for User Experience (UMUX)

In der Studie wurde der Fragebogen UMUX benutzt. Dieser dient dazu die Usability der hier verwendeten Benutzeroberflächen zu messen und zu vergleichen. Der Cronbach- α -Wert des UMUX ist 0,94 [Fin10]. Tabelle 5.1 zeigt den kompletten Aufbau des UMUX. Dabei bewertete jeder Studienteilnehmer vier Aussagen, auch Punkte genannt, auf einer Likert-item Skala von 1 bis 7. Die Darstellung der Likert-item Skala erfolgte jeweils mittels sieben Radiobuttons. Unter jedem Radiobutton war sein aktueller Skalenwert abgebildet. Der erste und der letzte Radiobutton einer Gruppe, also die mit der Beschriftung 1 und 7 erhielten zusätzlich noch *strongly disagree* (für die 1) und *strongly disagree* (für die 7) als Beschriftung. Diese vier eingegebenen Zahlen werden dann zu einem UMUX-Score, also der erreichten Punktzahl im UMUX, verrechnet. Die Auswertung des UMUX gestaltet sich wie folgt: Die Punkte 1 und 3 sowie die Punkte 2 und 3 werden gesondert behandelt. Sei s die vom Studienteilnehmer eingegebene Punktzahl und seien $p_1 \dots p_4$ die einzelnen Punkte, in Tabelle 5.1 grau eingefärbt. Dann berechnet sich die Gewichtung der einzelnen Punkte wie folgt:

$$p_1 = (s - 1)$$

$$p_2 = (7 - s)$$

$$p_3 = (s - 1)$$

$$p_4 = (7 - s)$$

Die erreichte Punktzahl p_e berechnet sich mittels dieses Ausdrucks:

$$p_e = \left(\frac{p_1 + p_2 + p_3 + p_4}{24} \right) \cdot 100$$

Diese erreichte Punktzahl p_e ist für jeden einzelnen Teilnehmer in Abbildung 5.1 und 5.5 abgebildet. Das arithmetische Mittel für jede in der Studie genutzte Studie findet sich in Abbildung 5.2 sowie 5.6.

[This system's] capabilities meet my requirements.						
1	2	3	4	5	6	7
strongly agree						strongly disagree
Using [this system] is a frustrating experience.						
1	2	3	4	5	6	7
strongly agree						strongly disagree
[This system] is easy to use.						
1	2	3	4	5	6	7
strongly agree						strongly disagree
I have to spend too much time correcting things with[this system].						
1	2	3	4	5	6	7
strongly agree						strongly disagree

Tabelle 5.1: Der UMUX in seiner Originalfassung nach [Fin10]. Für die Benutzerstudie wurde [this system] durch [this graphical user interface] ersetzt. Die Grau markierten Zeilen sind die vier Punkte des UMUX. Sie werden von den Teilnehmern durch eine Likert-item Skala von 1 bis 7 bewertet.

5.3 Teilnehmer

Die Studienteilnehmer waren alle Studenten im Bereich der Informatik oder Softwaretechnik der Universität Stuttgart. Von den 16 Teilnehmern sind 5 weiblich und 11 männlich. Das Durchschnittsalter beträgt 22,94 Jahre (SA: 2,542). Tabelle 5.2 zeigt eine genaue Auflistung der demographischen Daten der Studienteilnehmer. Als Aufwandsentschädigung erhielten die Teilnehmer 5€.

5.4 Ablauf

Die Studie fand für alle 16 Teilnehmer/innen im selben Seminarraum an der Universität Stuttgart statt. Zu dieser Zeit waren keine weiteren Person im Raum. Jeder Teilnehmer absolvierte die Studie selbstständig auf demselben Lenovo Thinkpad x230i. Die Durchführungsdauer betrug in etwa 30 Minuten pro Teilnehmer.

Teilnehmer	Daten der Studienteilnehmer		
	Alter	Geschlecht	Berufliche Tätigkeit
1	20	männlich	Student
2	22	weiblich	Student
3	22	männlich	Student
4	24	männlich	Student
5	26	männlich	Student
6	22	männlich	Student
7	22	männlich	Student
8	24	männlich	Student
9	22	männlich	Student
10	25	weiblich	Student
11	26	weiblich	Student
12	22	weiblich	Student
13	20	männlich	Student
14	29	weiblich	Student
15	20	männlich	Student
16	21	männlich	Student

Tabelle 5.2: Die Liste mit den demographischen Daten der Studienteilnehmer

5.5 Ergebnisse

Im folgenden werden die aufbereiteten Ergebnisse der durchgeführten Benutzerstudie vorgestellt. Die Auswertung erfolgt in zwei Teilen, welche sich am Studiendesign orientieren. Der erste Teil beschäftigt sich mit den Entscheidungsfragen und den dazugehörigen Benutzeroberflächen, während sich der zweite Teil mit dem freien Fragen und den dazugehörigen Benutzeroberflächen beschäftigt. In jedem der zwei Teile wird zuerst der UMUX ausgewertet. Anschließend folgt die Auswertung der eingegebenen Daten mittels deskriptiver Statistik. Zuallerletzt werden eventuell vorhandene Zusammenhänge aufgedeckt und analysiert.

5.5.1 1. Teil der Studie

In diesem Abschnitt wird der erste Teil der Studie ausgewertet. Im ersten Teil der Studie konnten die Teilnehmer mithilfe einer Dropdownbox oder Radiobuttons genau eine aus vier vorgefertigten Antwortmöglichkeiten wählen. Zusätzlich mussten diese ihre Unsicherheit auf

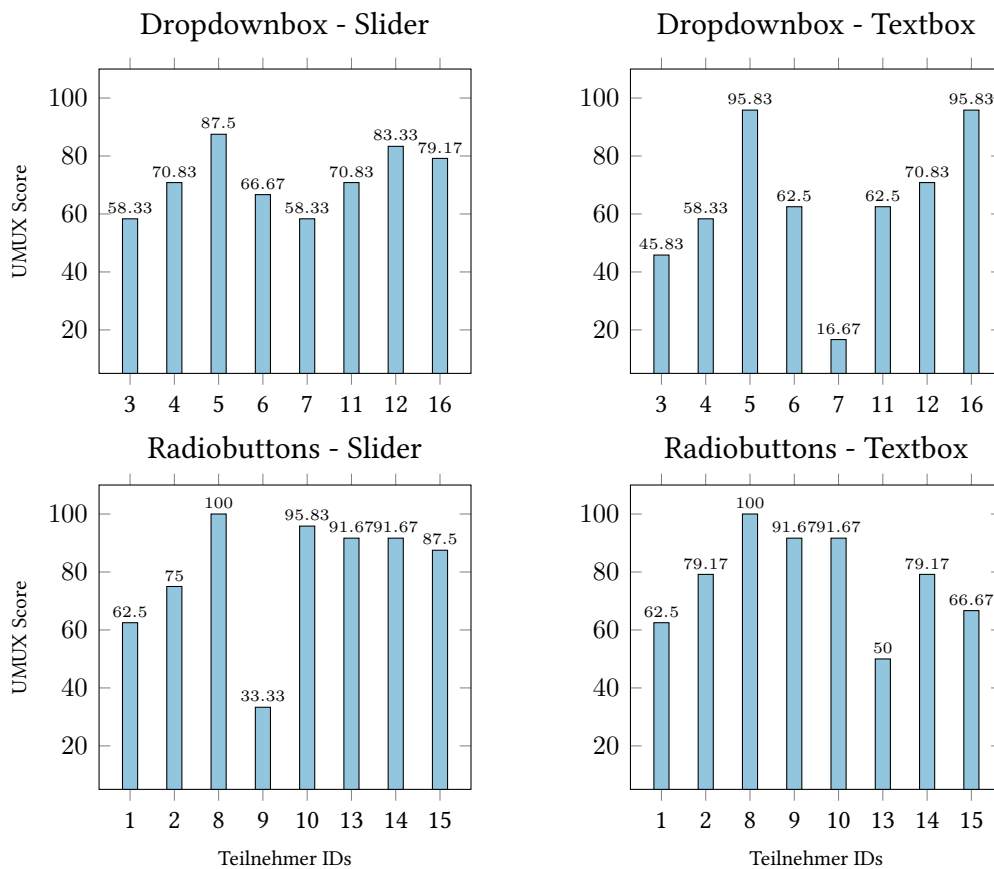


Abbildung 5.1: Die erreichten Punktzahlen der einzelnen Benutzeroberflächen für jeden Teilnehmer im ersten Teil.

einer Skala von 0 bis 100% eingeben. Diese Eingabe erfolgte entweder mittels einer Textbox oder eines Sliders.

Auswertung des UMUX

Abbildung 5.1 zeigt für jeden einzelnen Teilnehmer die erreichten Punktzahlen des UMUX. Dabei fällt auf, dass die Benutzeroberflächen in der Regel eine Punktzahl höher als 50 aufweisen. Jedoch gibt es drei Ausreißer, bei denen es nicht so ist. Durchschnittlich erreichten die vier verwendeten Benutzeroberflächen eine Punktzahl von 77,18 (SA: 7,22). Abbildung 5.2 visualisiert die Durchschnittswerte und Standardabweichungen für die einzelnen Benutzeroberflächen. Wie aus den Daten abzulesen ist, erreichten die Benutzeroberflächen mit Radiobuttons eine höhere Punktzahl als die Benutzeroberflächen mit einer Dropdownbox als Eingabefeld. Zudem erhielten die Benutzeroberflächen mit einem Slider zu Eingabe der Unsicherheit leicht höhere Punktzahlen als Benutzeroberflächen mit einer Textbox zur Eingabe der Unsicherheit.

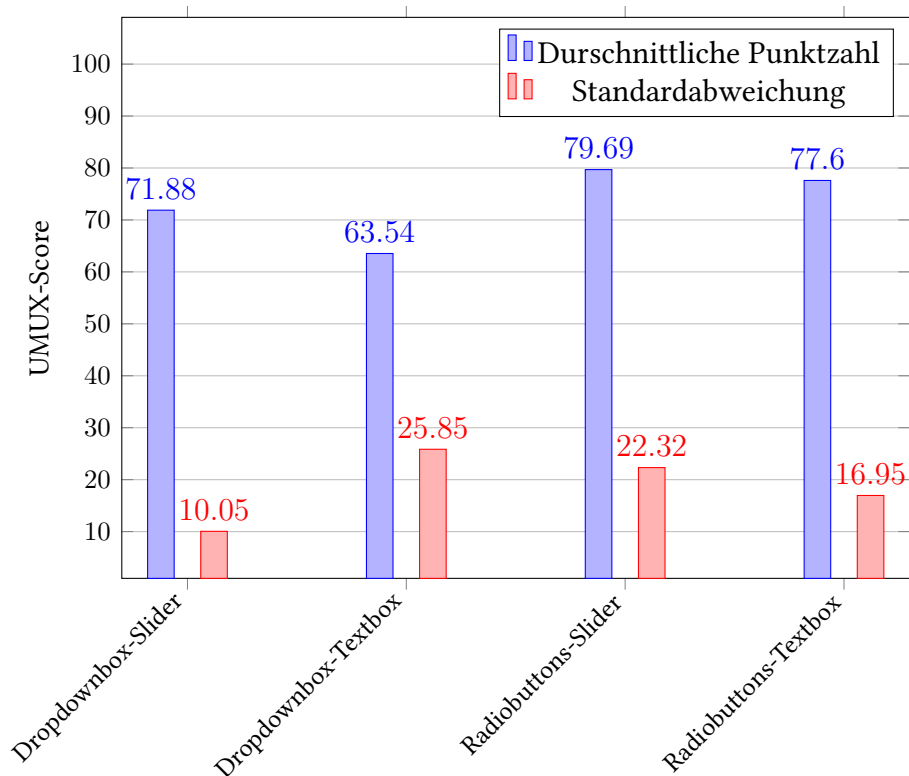


Abbildung 5.2: Das arithmetische Mittel der Punktzahlen und die dazugehörigen Standardabweichungen der einzelnen Benutzeroberflächen im ersten Teil der Benutzerstudie.

Auswertung der eingegebenen Daten

Auffällig ist, dass von allen 480 Datensätzen, die eingegebene Unsicherheit bei 272 Datensätzen ohne Rest durch 10 teilbar ist. Das entspricht 56,7% aller eingegebenen Unsicherheiten. Weiter auffallend ist auch die Teilbarkeit durch 5 und durch 2. 337 eingegebene Unsicherheiten lassen sich restlos durch 5 teilen, sowie 341 eingegebene Unsicherheiten lassen sich restlos durch 2 teilen. Damit stellen wir folgendes fest:

- 71% aller eingegebenen Unsicherheiten sind gerade.
- 70,2% aller eingegebenen Unsicherheiten sind Vielfache der Zahl 5.
- 56,7% aller eingegebenen Unsicherheiten sind Vielfache der Zahl 10.

Die Studienteilnehmer präferierten bestimmte Werte für die Eingabe der Unsicherheit. Abbildung 5.3 zeigt die sechs am häufigsten eingegebenen Unsicherheiten. Alle sechs Werte sind Vielfache von 10, fünf (die 0 ausgeschlossen) davon sogar echte Vielfache. Diese sechs Werte machen fast die Hälfte aller eingegebenen Unsicherheiten aus, nämlich 47,2%.

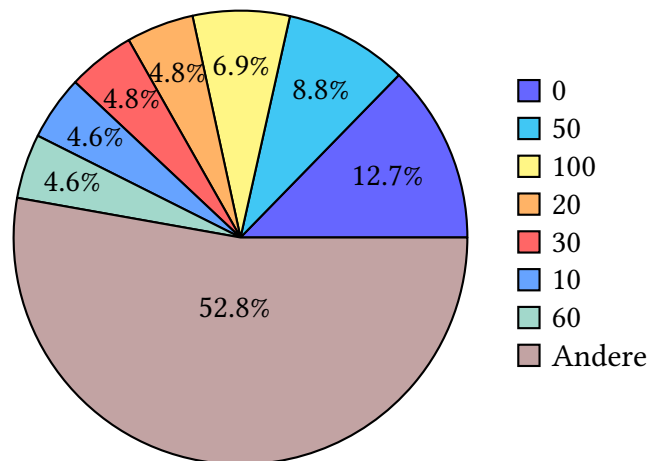


Abbildung 5.3: Die am häufigsten eingegebenen Unsicherheiten über alle Fragen des ersten Teils der Benutzerstudie.

Abbildung 5.4 zeigt die jeden eingegebenen Wert für die Unsicherheit jedes Teilnehmers. Aber nicht alle Teilnehmer deckten bei der Eingabe der Unsicherheit den ganzen Bereich von 0 bis 100% ab. Das ist gut zu sehen bei den Teilnehmern 3 und 14. Bei Teilnehmer 3 beträgt die höchste eingegebene Unsicherheit 35%, bei Teilnehmer 14 beträgt diese 41%. Obwohl Teilnehmer 3 immer eine Unsicherheit unter 35% eingegeben hat, beantwortete er dennoch 22 Fragen falsch und erreichte damit das zweitschlechteste Ergebnis. Ganz im Gegenteil zu Teilnehmer 14. Dieser beantwortete unter allen 16 Teilnehmern die meisten Fragen korrekt. Teilnehmer 1 benutzte bis auf zwei Ausnahmen nur Vielfache von 10 für seine Eingabe der Unsicherheit. Im Gegenteil dazu benutzte Teilnehmer 6 sehr viele ungerade Zahlen. Teilnehmer 6 war sich laut seinen Eingaben immer unsicher, da er nie 0% angab. Teilnehmer 7 benutzte auffällig viele beieinander liegende Werte. Zusätzlich listet Tabelle 5.3 auf, wie viele Fragen die einzelnen Teilnehmer korrekt und falsch beantwortet haben. Insgesamt betrachtet sind die Eingaben der Teilnehmer dennoch sehr unterschiedlich, wie das Streudiagramm in Abbildung 5.4 zeigt.

Die Teilnehmer beantworteten insgesamt 37,1% der Fragen richtig. Durchschnittlich waren die Teilnehmer sich zu 38,99% (SA: 30,993) unsicher.

Korrelationen

Beim Design der Studie wurde viel Wert darauf gelegt, eventuelle Zusammenhänge aufdecken zu können. Nach der Durchführung der Studie wurden die folgenden Korrelationskoeffizienten nach Pearson für Intervallskalierte Daten berechnet:

- $r_{\text{Unsicherheit, Korrektheit}} = -0,267^{**}$ mit $p < 0,000$.
- $r_{\text{Unsicherheit, benötigte Zeit}} = 0,017$ mit $p = 0,704$.

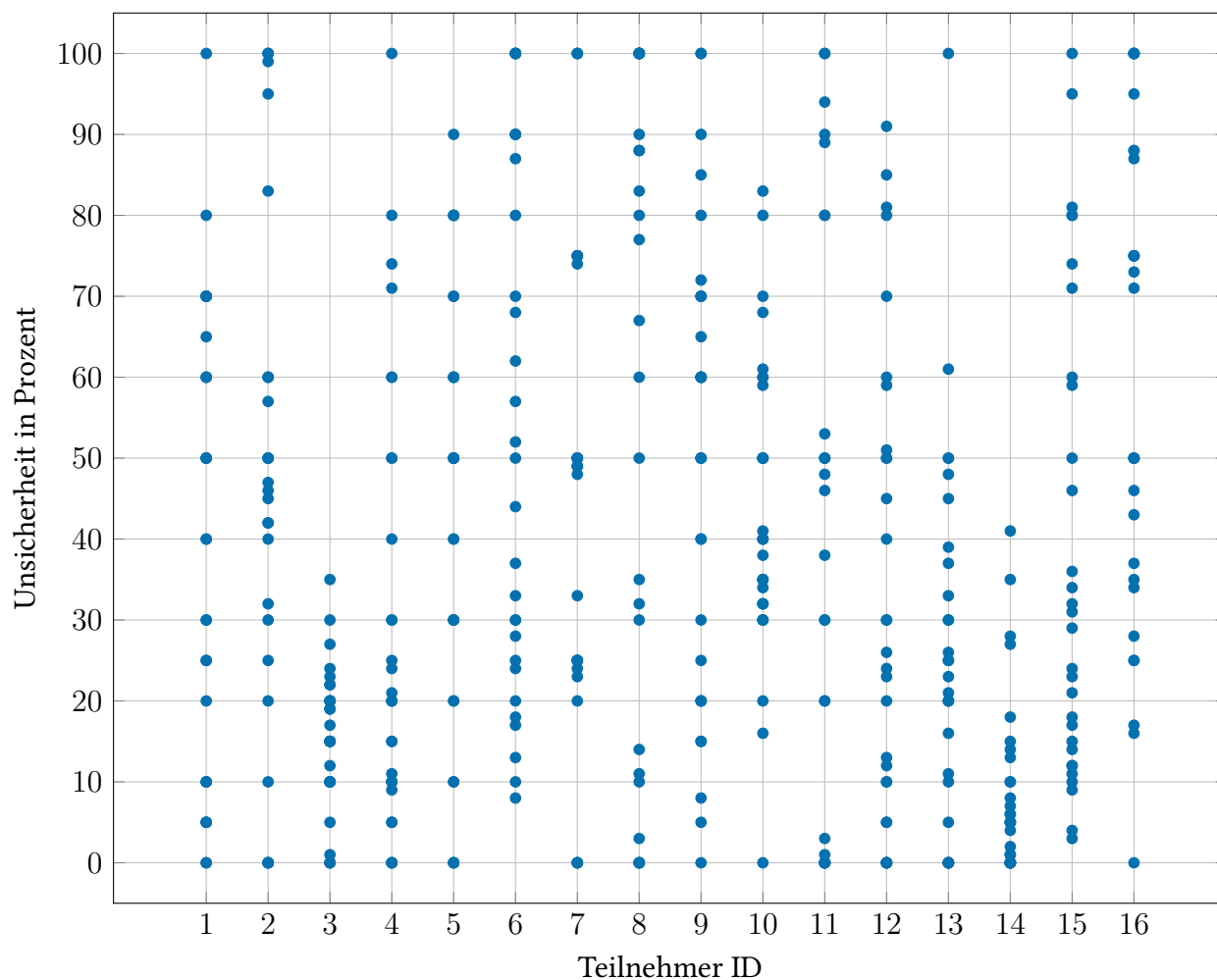


Abbildung 5.4: Dieses Streudiagramm visualisiert die Unsicherheit (y-Achse), die die einzelnen Teilnehmer (x-Achse) eingegeben haben. Je mehr Punkte auf einer bestimmten Fläche liegen, desto öfter wurden die auf der Fläche abgebildeten Werte eingegeben.

- $r_{\text{benötigte Zeit, Korrektheit}} = -0,015$ mit $p = 0,749$.

Statistisch signifikante Werte sind entweder mit ** ($p < 0,01$) oder * ($p < 0,05$) gekennzeichnet. Der einzige hier ermittelte signifikante Korrelationskoeffizient ist $r_{\text{Unsicherheit, Korrektheit}}$. Mit einem Wert von $-0,267$ gilt der Zusammenhang als schwach, da $|0,267| < 0,3$. Somit besteht also ein Zusammenhang zwischen der eingegebenen Unsicherheit und der korrekten Beantwortung der Frage.

Teilnehmer	falsch beantwortet	korrekt beantwortet
1	22	8
2	21	9
3	22	8
4	20	10
5	17	13
6	19	11
7	23	7
8	19	11
9	21	9
10	20	10
11	16	14
12	15	15
13	20	10
14	13	17
15	14	16
16	20	10

Tabelle 5.3: Auflistung der Anzahl falsch und korrekt beantworteter Fragen für jeden einzelnen Teilnehmer.

5.5.2 2. Teil der Studie

In diesem Abschnitt wird der zweite Teil der Studie ausgewertet. Im zweiten Studienteil war die Aufgabe der Teilnehmer, die gestellten Fragen durch die Eingabe einer Zahl zu beantworten. Zusätzlich musste ein Intervall eingegeben werden, in dem laut der Einschätzung der Teilnehmer, die korrekte Antwort vermutlich liegt.

Auswertung des UMUX

Die Abbildung 5.5 zeigt die erreichte Punktzahl im UMUX im zweiten Studienteil. Vergleicht man diese mit den Ergebnissen des ersten Teils, so stellt man fest, dass die Punktzahlen im zweiten Teil allesamt niedriger ausfallen. Durchschnittlich erreichten alle Benutzeroberflächen im zweiten Teil eine Punktzahl von 67,71 (SA: 23,54). Das ist eine Differenz von 9,47 Punkten zum ersten Teil. Bemerkenswert ist, dass die Ausreißer hier im zweiten Teil deutlich gravierender sind als im ersten Teil. Als Beispiel sei hier Teilnehmer 8 bei der Textbox - Intervallslider

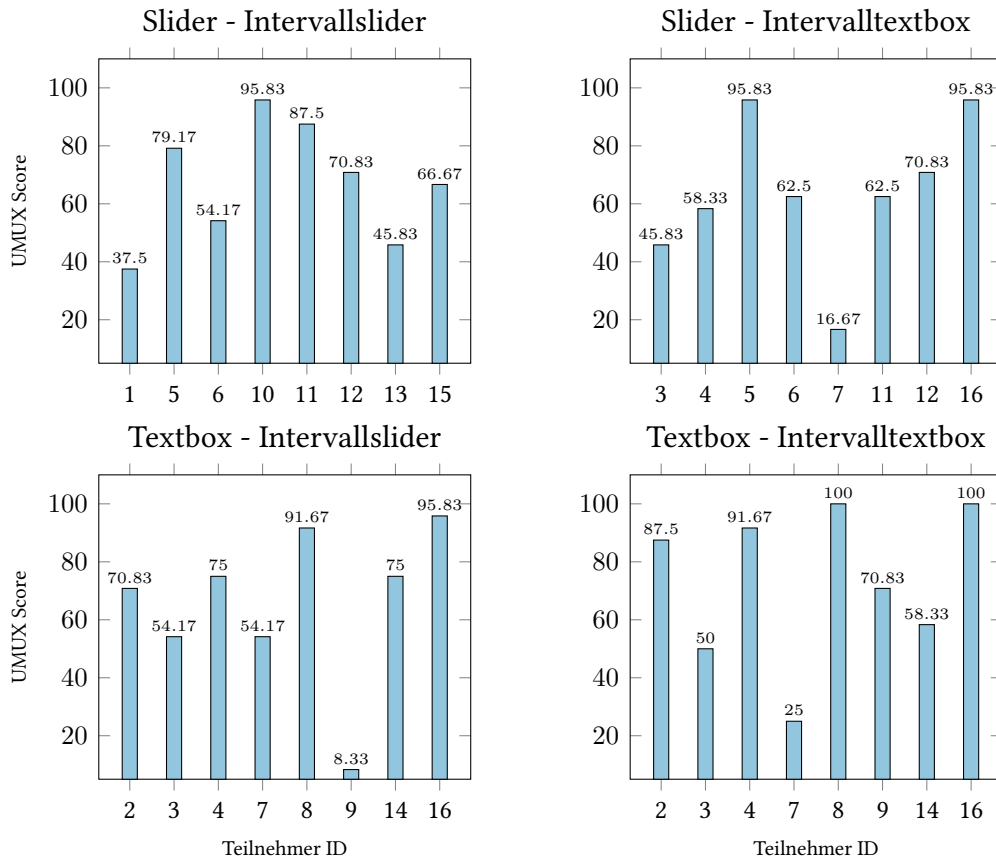


Abbildung 5.5: Die erreichten Punktzahlen der einzelnen Benutzeroberflächen für jeden Teilnehmer.

Benutzeroberfläche genannt (Punktzahl: 8,33). Abbildung 5.6 visualisiert die Durchschnittswerte und Standardabweichung für die einzelnen Benutzeroberflächen.

Die Standardabweichungen sind hier alle deutlich höher als noch bei den Benutzeroberflächen des ersten Teils. Die ersten drei Benutzeroberflächen liegen sehr nahe beieinander, die letzte Benutzeroberfläche Textbox - Intervalltextbox kann sich leicht nach oben absetzen.

5.5.3 Eingaben der Teilnehmer

Wie auch im ersten Teil bei den eingegebenen Unsicherheiten, ergibt sich hier ein ähnliches Bild mit den eingegeben Intervallen. Abbildung 5.7 zeigt die sieben am häufigsten eingegeben Intervallgrößen. Die Intervallgröße berechnet sich aus den gesammelten Daten, indem die untere Intervallgrenze von der oberen subtrahiert wird. Auffällig dabei ist, dass sechs der sieben abgebildeten Intervalle ein Vielfaches der Zahl 10 sind. Von allen 480 eingegebenen Intervallgrößen sind 233, also 48,5% restlos durch 10 teilbar. Weiter sind 289 (60,2%) restlos durch 5 teilbar. Die größte Menge stellt die, der geraden Intervallgrößen dar. Insgesamt sind

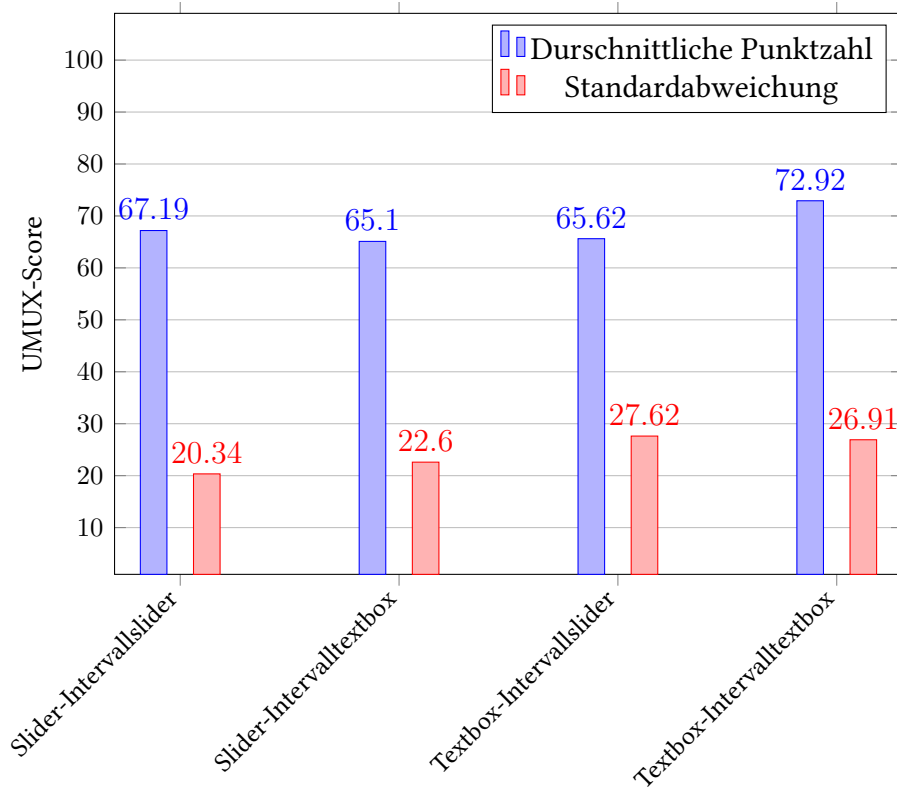


Abbildung 5.6: Das arithmetische Mittel der Punktzahlen und die dazugehörigen Standardabweichungen der einzelnen Benutzeroberflächen im ersten Teil der Benutzerstudie.

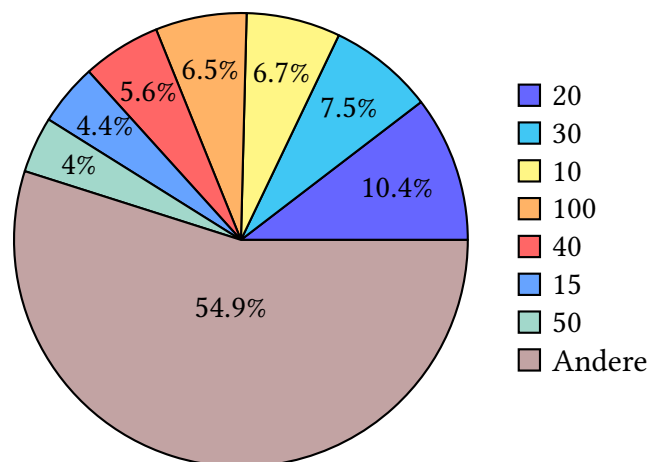


Abbildung 5.7: Die am häufigsten eingegebenen Intervalle über alle Fragen des zweiten Teils.

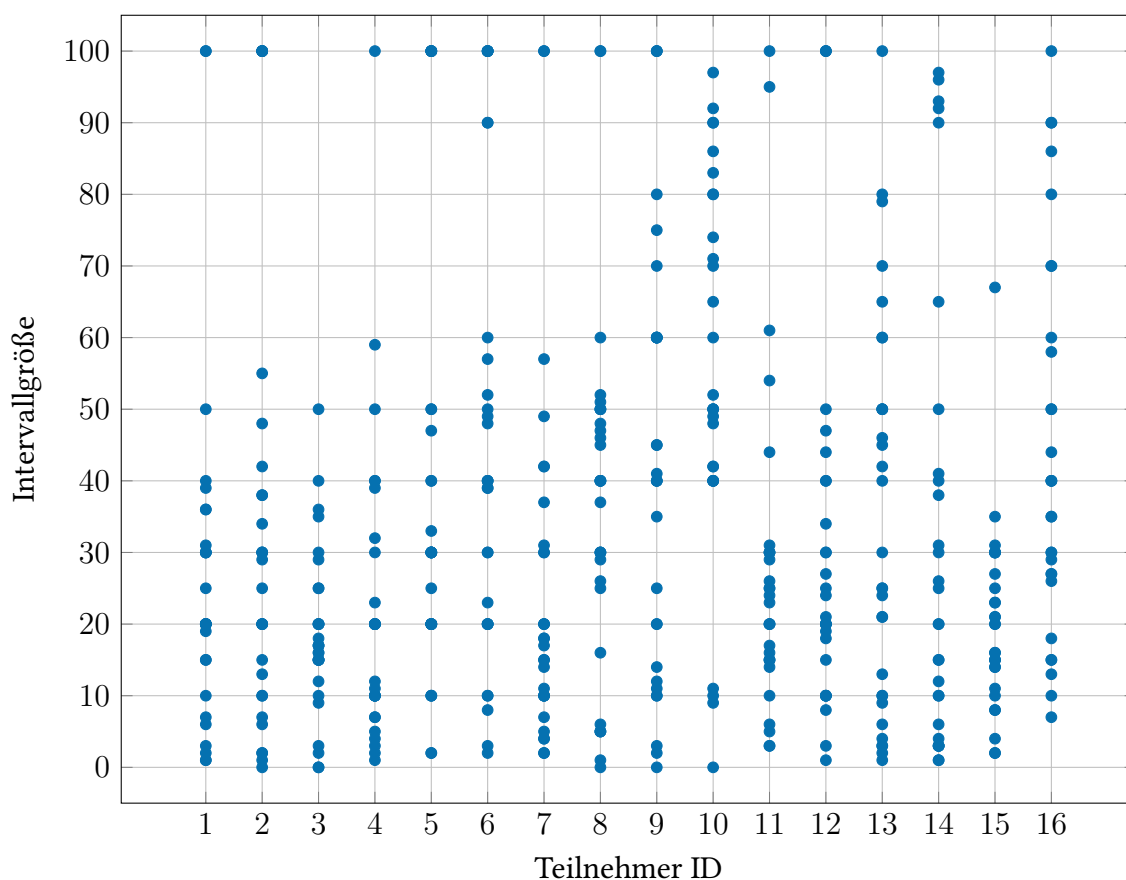


Abbildung 5.8: Dieses Streudiagramm visualisiert die Unsicherheit (y-Achse), die die einzelnen Teilnehmer (x-Achse) eingegeben haben. Je mehr Punkte auf einer bestimmten Fläche liegen, desto öfter wurden die auf der Fläche abgebildeten Werte eingegeben.

326 (67,9%) durch 2 ohne Rest teilbar. Durchschnittlich war ein Intervall 36,62 groß (SA: 52,259) groß. Um trotz der hohen Standardabweichung von 52,259 einen Eindruck der eingegebenen Intervalle zu erhalten, visualisiert Abbildung 5.8 diese als Streudiagramm.

Insgesamt haben die Teilnehmer im zweiten Teil 4,6% der Fragen korrekt beantwortet und 45% der korrekten Antworten lagen im eingegebenen Intervall.

Die Entfernung der korrekten Antwort zur nächsten Intervallgrenze lag durchschnittlich bei 11,87 (SA: 19,39). Durchschnittlich benötigten die Teilnehmer 26,84 Sekunden pro Frage (SA: 20,38).

5.5.4 Korrelationen

Wie auch beim ersten Studienteil wurden einige Zusammenhänge geprüft. Folgende Korrelationskoeffizienten nach Pearson wurden dabei berechnet:

- $r_{\text{Intervallgröße, benötigte Zeit}} = -0,035$ mit $p = 0,446$.
- $r_{\text{Intervallgröße, Korrektheit}} = 0,197^{**}$ mit $p < 0,000$.
- $r_{\text{benötigte Zeit, Korrektheit}} = -0,059$ mit $p = 0,197$.
- $r_{\text{Intervallgröße, Differenz zur korrekten Antwort}} = -0,117^*$ mit $p = 0,01$

Statistisch signifikante Werte sind entweder mit ****** ($p < 0,01$) oder ***** ($p < 0,05$) gekennzeichnet. Demnach sind nur $r_{\text{Intervallgröße, Korrektheit}}$ sowie $r_{\text{Intervallgröße, Differenz zur korrekten Antwort}}$ signifikant. Dennoch besteht hier nur ein schwacher Zusammenhang, da $|0,117| < 0,197 < 0,3$.

5.6 Kommentare und Feedback der Teilnehmer

Alle Teilnehmer gaben überwiegend positives Feedback ab. Als störend empfanden die Teilnehmer die zum Teil für ihren Geschmack zu schweren Fragen. Für positiv befunden wurde vor allem das aufgeräumte, simple und einfach zu bedienende Design befunden. Außerdem teilten die einzelnen Teilnehmer in ihren Kommentaren ihre persönliche Präferenz bezüglich Slider oder Textbox mit. Wie durch die Daten belegbar, gibt es hier nicht die eindeutig bessere Benutzeroberfläche. Jeder der einzelnen Teilnehmer hat seine eigenen Vorlieben. Zudem gibt es extreme Verfechter beider Lager. Diese bemängelten einzelne typische Eigenschaften einer Benutzeroberfläche, während andere Teilnehmer diese als gut bewerteten. Dazu gehört beispielsweise die Möglichkeit des Sliders, diesen nur mithilfe der Maus zu bedienen.

5.7 Interpretation und Diskussion der Ergebnisse

In dieser Studie konnten einige neue Zusammenhänge entdeckt werden. Den Punktzahlen des UMUX zufolge gibt es nicht die eine beste Benutzeroberfläche. Abbildung 5.10 zeigt die Anzahl der Teilnehmer, welche eine bestimmte Kombination von Eingabefeldern im ersten Teil der Studie bevorzugten. Diese Einordnung basiert auf den erreichten Punktzahlen in den jeweiligen UMUX-Fragebögen. Zu erkennen ist, dass es kein eindeutiges Ergebnis gibt. Dennoch favorisieren die meisten Teilnehmer im ersten Teil einen Slider zur Eingabe von Unsicherheit, vorallem mit Radiobuttons als Eingabemethode. Trotzdem gibt es Teilnehmer, welche die Textbox als Eingabefeld bevorzugen.

Ein möglicher Grund für das gute Abschneiden der Kombination Radiobuttons - Slider könnte sein, dass beim Benutzen dieser beiden Eingabefelder die Arbeitsgeschwindigkeit sehr hoch

ist. Für das Auswählen einer Antwort muss nur die Maus auf den Kreis des Radiobuttons geführt und ein Klick getätigt werden. Während der Mausbewegung kann der Benutzer seine Antwort auswählen, denn alle Antwortmöglichkeiten sind sofort und ohne vorherige Interaktion direkt sichtbar. Ganz im Gegenteil zur Dropdownbox. Hier muss der Benutzer erst einmal mit dieser interagieren, bis er alle Antwortmöglichkeiten zu Gesicht bekommt. Erst dann kann er mittels Mausklick seine Antwort auswählen. Die Radiobuttons teilen sich diese Eigenschaft mit dem Slider. Hier muss ebenfalls nur die Maus auf den Slider bewegt werden und mittels Mausklick oder gedrückter Maustaste der gewünschte Wert gewählt werden. Auch das Ändern eines Wertes geht schnell vonstatten. Die Textbox verlangt das Wechseln von der Maus zur Tastatur, was die Arbeitsgeschwindigkeit merklich verringert. In der Mensch-Computer-Interaktion wird dieser Wechsel *Homing* genannt [CMN80]. Möchte der Benutzer später seine Eingabe ändern und er hat seine Hände nicht (mehr) an der Tastatur, so kostet das deutlich mehr Zeit als bei einem Slider. Das könnte dazu geführt haben, dass die Kombination Radiobuttons - Slider hier am besten abgeschnitten hat.

Abbildung 5.9 zeigt die Anzahl der Teilnehmer, welche eine bestimmte Kombination von Eingabefeldern im zweiten Teil der Studie bevorzugten. Hier zeigt sich ein weniger deutliches Bild als noch im ersten Teil. Wurde der Slider als Eingabemethode benutzt, so war es den Teilnehmern nach der Punktzahl des UMUX gleichgültig, ob die Unsicherheit nun via Textbox oder Slider eingegeben wurde. War die Textbox das primäre Eingabefeld, so wurde insgesamt die Textbox zur Eingabe des Intervalls bevorzugt.

Auffällig ist, dass die Teilnehmer insgesamt für die Eingabe der Unsicherheit dieselbe Art von Eingabefeld bevorzugen, mit dem sie die Antwort eingeben. Daraus lässt sich schließen, dass für die Teilnehmer die Konsistenz der Benutzeroberfläche wichtig war. Aus diesem Grund kann es sein, dass viele Teilnehmer diese Kombination bevorzugten. Abbildung 5.9 zeigt diesen Sachverhalt.

Eine mögliche Erklärung für die leichte Präferenz der Textbox könnte sein, dass die Teilnehmer die Freiheit der Textbox eben jeden möglichen Wert direkt eingeben zu können, schätzen. Dadurch kann der gewünschte Wert direkt und ohne Umwege eingegeben werden. Bei einem Slider ist das nicht ohne Umwege machbar.

Der Mittelwert der erreichten Punktzahl im UMUX lag im ersten Studienteil durchschnittlich 9,47 Punkte höher. Das kann mehrere Ursachen haben. Die Teilnehmer mussten im zweiten Teil der Studie eine zusätzliche Eingabe tätigen, falls die Intervalleingabe mittels Textboxen erfolgte. Das kostet Zeit und kann im Endeffekt einer der Gründe sein, warum der zweite Teil der Studie im Mittel schlechter abgeschnitten hat. Ein anderer Grund könnte gewesen sein, dass die Intervalleingabe nicht unbedingt für jeden Teilnehmer intuitiv war und die Teilnehmer deshalb den zweiten Teil insgesamt schlechter bewerteten.

Im zweiten Teil der Studie zeigt sich ein zum ersten Teil vergleichbares Bild bei der Eingabe der Unsicherheit. Nicht jeder Teilnehmer nutzte den kompletten, ihm zu Verfügung stehenden Bereich aus, um seine Unsicherheit anzugeben. Die Teilnehmer neigten dazu, die Intervalle klein zu wählen. 85% aller Intervalle waren kleiner als 60.

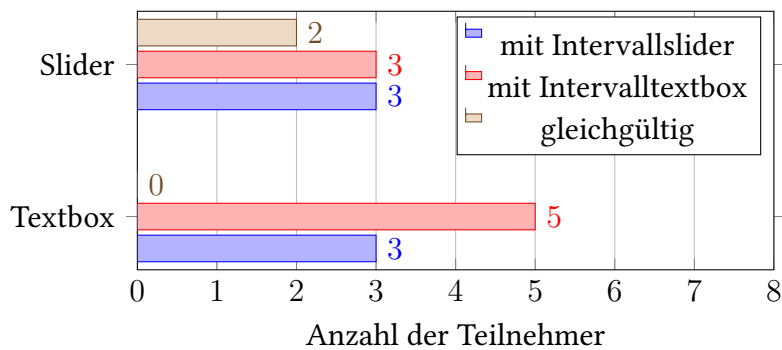


Abbildung 5.9: Dieses Balkendiagramm zeigt, wie viele Teilnehmer anhand der im UMUX erreichten Punktzahl eine bestimmte Benutzeroberfläche im zweiten Teil der Studie favorisieren.

Eine erstaunliche Erkenntnis ergab sich während der Auswertung der Daten: Von den fünf weiblichen Teilnehmerinnen, bevorzugten vier Teilnehmerinnen die prozentuale Eingabe der Unsicherheit mittels Slider. Ebenfalls vier von fünf Frauen bevorzugten den Slider zur Intervalleingabe. Der fünften Frau war es gleichgültig, ob die Intervalleingabe via Slider oder Textbox stattfand. Bei den Männern gab sich ein nicht ganz so eindeutiges Bild. Sechs von elf männlichen Teilnehmern bevorzugten den Slider zur prozentualen Eingabe der Unsicherheit. Von den diesen elf männlichen Teilnehmern war es zwei Teilnehmern gleichgültig, ob ihnen einen Slider oder eine Textbox zur Verfügung steht. Zur Eingabe des Intervalls bevorzugten acht der elf männlichen Teilnehmer die Textbox. Hier lässt sich ein Trend erkennen, der aufgrund der kleinen Stichprobe von nur 16 Teilnehmern leider nicht belegt lässt. Frauen bevorzugten demnach eher Slider zur Eingabe von Zahlen, während Männer eher zur Textbox tendieren.

Die erreichten Punktzahlen des UMUX wurden mithilfe von t-Tests auf statistische Signifikanz überprüft. Dabei wurde keine Signifikanz festgestellt, was möglicherweise der kleinen Stichprobe zuzuschreiben ist. Blickt man auf die in Abbildung 5.1 sowie die in Abbildung 5.5 visualisierten Ergebnisse, so stellt man fast, dass die Punktzahlen nicht statistisch signifikant werden können. Jeder Teilnehmer hat einen anderen Eindruck der jeweiligen Benutzeroberflächen, dadurch ist auch die auftretende Standardabweichung sehr hoch, wie in Abbildung 5.2 sowie Abbildung 5.6 gezeigt.

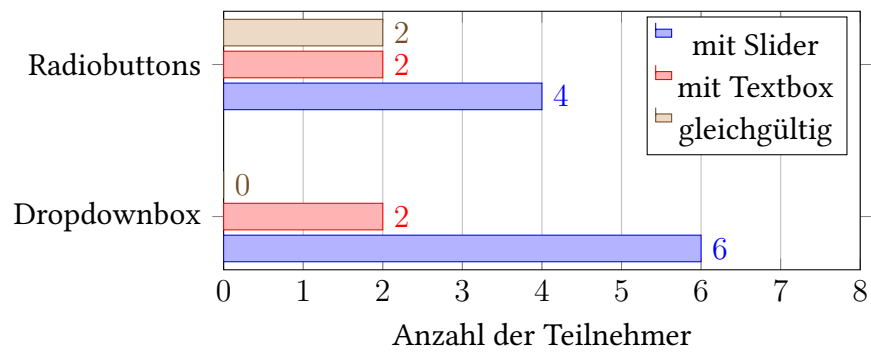


Abbildung 5.10: Dieses Balkendiagramm zeigt, wieviele Teilnehmer anhand der im UMUX erreichten Punktzahl eine bestimmte Benutzeroberfläche im ersten Teil der Studie favorisieren.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Obwohl unsere Welt voller Unsicherheit ist, ermöglichen moderne Benutzeroberflächen nicht die Eingabe von Unsicherheit. Diese Arbeit entwickelte und evaluierte Benutzeroberflächen, die die Eingabe von Unsicherheit ermöglichen. Zu Beginn wurden die gängigsten Eingabefelder gesammelt und in verschiedene Cluster eingeteilt. Diese Cluster wurden definiert, um die Funktionsweise mehrerer Eingabefelder zu kategorisieren. Die Kategorisierung legte den Grundstein für die Entwicklung neuer Benutzeroberflächen auf Basis von bereits bekannten Eingabefeldern. Die neu entwickelten Benutzeroberflächen wurden in Kapitel 4 vorgestellt. Im selben Kapitel wurde die durchgeführte Vorstudie präsentiert und ausgewertet. Die Vorstudie hatte die Form eines Expertenterviews. Während dieser Interviews wurden die Teilnehmer nach ihrer Meinung zu den entwickelten Benutzeroberflächen gefragt. Das Feedback fiel überwiegend positiv aus, einige Benutzeroberflächen wurden dennoch vergleichsweise schlecht bewertet. Die Benutzeroberflächen mit der besten Resonanz und Bewertung wurden weiter entwickelt und als Webanwendung, basierend auf HTML5 sowie JavaScript implementiert. In der Benutzerstudie anschließend untersucht, wie Benutzer auf die Eingabe von Unsicherheit unter realen Bedingungen reagieren. Die getätigten Eingaben der Studienteilnehmer wurden mittels deskriptiver Statistik und unter Benutzung der Pearson-Korrelation untersucht.

Die Ergebnisse waren zum Teil ein wenig überraschend. Die Studienteilnehmer bewerteten die einzelnen Benutzeroberfläche alle unterschiedlich, es gab keinen eindeutigen Gewinner. Dadurch wurden die Ergebnisse des UMUX zu keiner Zeit statistisch signifikant, was auch an der kleinen Stichprobe von insgesamt 16 Teilnehmern liegen könnte. Sobald die Benutzer Zahlenwerte für die Unsicherheit eingeben mussten, gab ein Großteil der Teilnehmer gerade, sowie durch fünf und durch zehn teilbare Zahlen an. Eine interessante Erkenntnis bezog sich auf das Geschlecht der einzelnen Teilnehmer. Es könnte die Hypothese aufgestellt werden, dass Frauen einen Slider zur Eingabe von Zahlen und Männer eine Textbox dafür bevorzugen. Um das zu überprüfen, müsste die Stichprobe deutlich größer als die hier insgesamt 16 Teilnehmer sein. Außerdem sollten die Anzahl der Teilnehmer für jedes Geschlecht ausgeglichen sein, um die Aussagekräftigkeit der Ergebnisse nicht zu gefährden.

Es sollte untersucht werden, wie effektiv diese neuen Benutzeroberflächen in der Praxis sind. Im ersten Teil der Benutzerstudie beantworteten 37,1% der aller Fragen falsch. Im Mittel waren sie sich dabei 38,99% unsicher, was aussagt, dass die Teilnehmer definitiv Gebrauch von der Benutzeroberflächen machten und ihre Unsicherheit eingaben.

Im zweiten Teil der Benutzerstudie beantworteten die Teilnehmer 95,4% aller Fragen falsch. Jedoch lagen exakt 45% der der korrekten Antworten in den von den Benutzern eingegebenen

Intervallen. Das ist eine deutliche Verbesserung gegenüber den Benutzeroberflächen, die nicht die Möglichkeit bieten Unsicherheit einzugeben.

Die implementierten Benutzeroberflächen wurden von den Teilnehmer größtenteils sehr positiv bewertet, die Mittelwerte der Punktzahlen im UMUX lagen für jede Benutzeroberfläche immer über 60. Die Akzeptanz dieser Benutzeroberflächen ist demnach vorhanden.

Ausblick

Diese Arbeit bietet einige Anknüpfungspunkte. Wie schon im letzten Abschnitt beschrieben, könnte die Präferenz zwischen den einzelnen Geschlechtern untersucht werden. Dabei wäre vor allem interessant, welches Geschlecht ein bestimmtes Eingabefeld zur Eingabe von Zahlen bevorzugt. Konkret wäre das der Vergleich zwischen Slidern und Textboxen.

Zudem wäre es interessant, die einzelnen eingegeben Werte zwischen verschiedenen Eingabefeldern zu untersuchen. Dabei soll untersucht werden, ob das Eingabefeld einen Einfluss auf die eingegeben Werte hat.

Außerdem wären Methoden der Messung der Unsicherheit für das in Kapitel 3 vorgestellte Cluster 4 interessant. Da bei den vorgestellten Methoden zur Erfassung der Unsicherheit der Benutzer nicht davon erfährt, ob er Unsicherheit angibt, wurde der Fokus bei dieser Arbeit auf die entwickelten Benutzeroberflächen gesetzt.

All diese genannten Punkte bieten genügend Ansätze, um eine eigene Arbeit zu füllen.

7 Anhang

7.1 Benutzeroberflächen aus Kapitel 4

Frage: _____

CB 1
 CB 2
...
 CB n

Unsicherheit angeben

Vertrauen in die Antwort:
 %

Antwort geraten

Abbildung 7.1: Benutzeroberfläche 7: Unsicherheit kann hier mithilfe einer Textbox eingegeben werden.

Frage: _____

CB 1
 CB 2
...
 CB n

Unsicherheit angeben

Antwort enthält Unsicherheit
 Antwort geraten

Abbildung 7.2: Benutzeroberfläche 8: Unsicherheit kann hier durch die Aktivierung der entsprechenden Checkbox angegeben, jedoch nicht quantifiziert werden.

Frage: _____

CB 1
 CB 2
...
 CB n

Unsicherheit angeben

Antwort enthält Unsicherheit
 Antwort geraten

optionaler Kommentar:

Abbildung 7.3: Benutzeroberfläche 9: Durch das unten stehende Kommentarfeld kann die Unsicherheit in Worte gefasst werden.

7.2 Screenshots aus der Benutzerstudie

Welche der folgenden Nährstoffe sind essenziell?

Antwort:

Bitte wählen Sie eine Antwortmöglichkeit aus.

Geben Sie hier ihre Unsicherheit ein:

Bitte geben Sie im untenstehenden Feld die Unsicherheit (in %) an, mit der Sie die oben stehende Frage beantwortet haben.

Die Unsicherheit beim Beantworten der Frage (in %)

0% Unsicherheit bedeutet: 'überhaupt nicht unsicher', 100% Unsicherheit bedeutet: 'vollkommen unsicher'.

Übernehmen und zur nächsten Frage

Abbildung 7.4: Ein Screenshot aus dem ersten Teil der Studie, in dem eine Dropdownbox als primäres Eingabefeld dient. Die Unsicherheit wird hier mithilfe einer Textbox in Prozent eingegeben.

Mit welcher Formel wird der BMI (Body-Mass-Index) berechnet?

Antwort:

Bitte wählen Sie eine Antwortmöglichkeit aus.

Geben Sie hier ihre Unsicherheit ein:

Bitte geben Sie im untenstehenden Slider die Unsicherheit (in %) an, mit der Sie die oben stehende Frage beantwortet haben.

Aktuell angegebene Unsicherheit: 0%

0% Unsicherheit bedeutet: 'überhaupt nicht unsicher', 100% Unsicherheit bedeutet: 'vollkommen unsicher'.

Übernehmen und zur nächsten Frage

Abbildung 7.5: Ein Screenshot aus dem ersten Teil der Studie, in dem Radiobuttons als primäres Eingabefeld benutzt werden. Die Unsicherheit wird hier mithilfe eines Sliders in Prozent eingegeben.

Was ist der pH-Wert von Bier?

Antwort:

Bitte geben Sie hier ihre Antwort ein (zwischen 1 und 14)

Geben Sie hier ihre Unsicherheit ein:

Bitte geben Sie in die untenstehenden Felder das Intervall ein, in dem sich Ihrer Meinung nach die richtige Antwort befindet.

Untere Intervallgrenze (minimal möglicher Wert: 1)

Obere Intervallgrenze (maximal möglicher Wert: 14)

Anmerkung: Die untere Intervallgrenze muss kleiner gleich der oberen Intervallgrenze sein.

Übernehmen und zur nächsten Frage

Abbildung 7.6: Ein Screenshot aus dem zweiten Teil der Studie, in dem eine Textbox als primäres Eingabefeld dient. Die Unsicherheit wird hier mithilfe zweier Textboxen eingegeben.

Was ist der pH-Wert von Bier?

Antwort:

Bitte geben Sie hier ihre Antwort ein (zwischen 1 und 14)

Geben Sie hier ihre Unsicherheit ein.

Bitte geben Sie in den untenstehenden Slider das Intervall ein, in dem sich Ihrer Meinung nach die richtige Antwort befindet.

untere Intervallgrenze 4:10 obere Intervallgrenze Aktuell angegebenes Intervall: 4 bis 10

Übernehmen und zur nächsten Frage

Abbildung 7.7: Ein Screenshot aus dem zweiten Teil der Studie, in dem eine Textbox als primäres Eingabefeld dient. Die Unsicherheit wird hier mithilfe einem 2-dimensionalen Sliders eingegeben.

7.3 Tabellen mit den Fragestellungen der Benutzerstudie

Frage	Fragekontext	Antwortmöglichkeiten	Korrekte Antwort
1	Bei welchen der folgenden Stoffwechselprozesse im menschlichen Körper ist Magnesium involviert?	A Bestandteile der Schilddrüsenhormone B Sauerstofftransport C Energiestoffwechsel D Erregungsübertragung der Muskulatur	D
2	Was ist eine Funktion von Eisen im menschlichen Körper?	A Ist an der Bildung der roten Blutkörperchen beteiligt B Hat antioxidative Wirkung C Sauerstofftransport D Magnesium	C
3	Mit welchem Mittel werden Typ-1-Diabetiker behandelt?	A Insulin B Vitamin A C Glukose D Magnesium	A
4	Wieviel Prozent der Gesamtenergiezufuhr nehmen Kinder und Jugendliche nach dem Forschungsinstitut für Kinderernährung in Dortmund mittels Fast Food auf?	A 5% B 15% C 20% D 25%	C
5	Welches Land besitzt die höchste mittlere Lebenserwartung?	A Deutschland B Schweiz C Japan D China	C
6	Welche mittlere Lebenserwartung haben Männer in Deutschland?	A 74,1 Jahre B 1410kcal C 1400kcal D 145kcal	A
7	Wie hoch ist der durchschnittliche tägliche Grundumsatz einer über 65 Jahre alten Frau?	A 1400kcal B Limonade C Nachtschlaf D Tomatensalt	B
8	Welches der folgenden Getränke ist nicht hypoton?	A Fruchtsaft B Skorbut C Pelagra D Risse der Mundwinkel	D
9	Was ist eine Mangelerscheinung von Vitamin A?	A Skorbut B 600 mg C 800 mg D 1000 mg	C
10	Wie hoch ist die empfohlene Tageszufuhr von Phosphor?	A 850 mg B 870 mg C 900 mg D 990 mg	D
11	Mit welcher Formel wird der BMI (Body-Mass-Index) berechnet?	A BMI = (Körpergewicht in kg)/(Körperlänge in m) ² B BMI = (Körpergewicht in kg) ² /(Körperlänge in m) ² C BMI = (Körpergewicht in kg)/(Körperlänge in m) ² D BMI = (Körpergewicht in kg)/(Körperlänge in cm)	A
12	Wie hoch ist der Körperanteil bei einem normalgewichtigen 70kg schweren männlichen Erwachsenen?	A 12% B 18% C 14% D 17%	D
13	Welches der folgenden Lebensmittel enthält am meisten Fruchtzucker?	A Banane B Sauerkirsche C Weintraube D Apfel	C
14	Welche der folgenden Obstsorten besitzt den höchsten Vitamin-C-Gehalt?	A Birne B Zitrone C Kiwi D Himbeere	B
15	Wie hoch ist der Anteil der Weltbevölkerung, der keinen Zugang zu sauberem Wasser hat?	A 1/4 B 1/5 C 1/6 D 1/7	C
16	Welche der folgenden Obstsorten besitzt den höchsten Wassergehalt?	A Kiwi B Grapefruit C Pflaume D Banane	B
17	Wieviel Flüssigkeit verliert ein gesunder Erwachsener in 24h?	A 1,5 l B 2 l C 3 l D 3,1 l	C
18	Bis zu welcher Temperatur ist Vitamin D hitzestabil?	A 100°C B 120°C C 130°C D 180°C	D
19	Welche der folgenden Nährstoffe sind essenziell?	A Vitamine B Ballaststoffe C Kohlenhydrate D Aromastoffe	A
20	Welcher der folgenden Stoffe ist im Trinkwasser unerwünscht?	A Calcium B Nitrat C Magnesium D Natrium	B
21	Wieviele Erwachsene in Deutschland sind übergewichtig?	A etwa 37 Millionen B etwa eine halbe Million C etwa 23 Millionen D etwa 40 Millionen	A
22	Welches der nachfolgenden Lebensmittel besitzt den höchsten Gehalt an verwertbaren Kohlenhydraten?	A Kartoffeln B Brotkrumen C Marmelade D Reis	D
23	Wie hoch ist der Gehalt verwertbarer Kohlenhydrate in Zucker?	A 100% B 90% C 50% D 20%	A
24	Wie viele kcal pro Tag benötigt eine schwangere Frau zusätzlich zur sonst erforderlichen Energiezufuhr?	A 200 kcal B 300 kcal C 400 kcal D 450 kcal	A
25	Wie viele kcal pro Tag benötigt eine stillende Frau zusätzlich zur sonst erforderlichen Energiezufuhr?	A 600 kcal B 620 kcal C 650 kcal D 700 kcal	C
26	Wie viele kcal sind 1 Joule?	A 0,231 kcal B 0,239 kcal C 0,249 kcal D 0,339 kcal	B
27	Wie viele kcal pro Tag benötigt ein 3 Monate alter männlicher Säugling?	A 500 kcal B 550 kcal C 600 kcal D 650 kcal	B
28	Wie lang ist der Dickdarm eines erwachsenen Menschen?	A 1,5 m B 2,5 m C 3 m D 5 m	A
29	Welches der folgenden Lebensmittel hat den prozentual höchsten Fettanteil?	A Buttermisch B Kartoffeln C Leberkäse D Hering	A
30			C

Tabelle 7.1: Alle Fragen des ersten Teils der Benutzerstudie mit dazugehörigen Antworten und Lösungen. Fragen und Lösungen von Kofrányi und Wirths [KW12], Konopka und Oberfell [KO80] sowie Spegg und Erfurt [SE13].

7.3 Tabellen mit den Fragestellungen der Benutzerstudie

Frage	Fragentext	Intervall	Korrekte Antwort
1	Was ist der pH-Wert von Cola?	[1,14]	7
2	Was ist der pH-Wert von Bier?	[1,14]	5
3	Wie hoch ist der Calciumgehalt eines Apfels (in mg/100g)?	[0,100]	6
4	Wie hoch ist der Calciumgehalt von Feldsalat (in mg/100g)?	[0,100]	35
5	Wie hoch ist der Calciumgehalt einer Möhre (in mg/100g)?	[0,100]	94
6	Wie hoch ist der Vitamin-C-Gehalt eines Apfels (in mg/100g)?	[0,100]	12
7	Wie hoch ist der Vitamin-C-Gehalt einer Banane (in mg/100g)?	[0,100]	12
8	Wie hoch ist der Vitamin-C-Gehalt von Orangen (in mg/100g)?	[0,100]	49
9	Wie hoch ist der Eiweißgehalt von Käse (in %)?	[0,100]	25
10	Wieviel Prozent der Erde sind mit Wasser bedeckt?	[0,100]	70
11	Wie viele kcal besitzen 100g Kuhmilch (3,5%)?	[0,100]	65
12	Wie hoch ist der Wassergehalt (in g. roher verzehrbare Anteil) eines 100g schweren Apfels?	[0,100]	85
13	Wie viele kcal besitzt eine 100g schwere Banane (roher verzehrbare Anteil)?	[0,100]	54
14	Wieviel Gramm Alkohol pro Liter dürfen alkoholische Erfrischungsgetränke in Deutschland maximal enthalten?	[0,100]	2
15	Wieviel Liter Wasser verbraucht ein in Afrika lebender Mensch durchschnittlich pro Tag?	[0,100]	47
16	Was ist die gesetzlich vorgeschriebene Höchstmenge von Taurin in Energydrinks in Deutschland (in g/l)?	[0,100]	4
17	In wie vielen Tagen sollte man ein geöffnete Flasche Mineralwasser verbrauchen?	[0,100]	3
18	Wie hoch ist der Magnesiumgehalt einer Mango (100g) in mg?	[0,100]	20
19	Auf welche Temperatur wird rohe Milch nach dem Melken heruntergekühlt (in °C)?	[0,100]	8
20	Was ist der Mittelwert des physiologischen Brennwertes von 1g Kohlenhydraten (in kJ)?	[0,100]	17
21	Wie hoch ist der tägliche Zinkbedarf einer Frau (in mg)?	[0,100]	7
22	Wie hoch ist der tägliche Zinkbedarf eines Mannes (in mg)?	[0,100]	10
23	Wie hoch ist die Mindestmenge an Kohlenhydraten im Verhältnis zur Gesamtenergiezufuhr (in %)?	[0,100]	10
24	Wie hoch ist der Fettgehalt von Marzipan (in %)?	[0,100]	20
25	Wieviel Gramm Eiweiß ist in 100g Haselnüssen enthalten?	[0,100]	14
26	Wie hoch ist die biologische Wertigkeit von Milch (in %)	[0,100]	86
27	Wie schwer ist dieser Apfel (in g)	[0,1000]	16
28	Wie schwer ist dieser Schokoriegel (in g)?	[0,100]	18
29	Wie viele kcal besitzt dieser Schokoriegel?	[0,100]	87
30	Wie schwer ist diese Praline (in g)?	[0,100]	13

Tabelle 7.2: Alle Fragen des zweiten Teils der Benutzerstudie mit den dazugehörigen Intervallen und Lösungen. Fragen und Lösungen von Kofrányi und Wirths [KW12], Konopka und Oberfell [KO80] sowie Spegg und Erfurt [SE13].

Literaturverzeichnis

- [AJGR04] D. Alan, F. Janet, A. Gregory, B. Russell. *Human-computer interaction*. 2004 (zitiert auf S. 15).
- [Amo74] D. K. Amos Tversky. „Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases“. In: *Science* 185.4157 (1974), S. 1124–1131. URL: <http://www.jstor.org/stable/1738360> (zitiert auf S. 1, 13).
- [ASS04] S. Antifakos, A. Schwaninger, B. Schiele. „Evaluating the effects of displaying uncertainty in context-aware applications“. In: *International Conference on Ubiquitous Computing*. Springer. 2004, S. 54–69 (zitiert auf S. 13).
- [BD09] N. Boukhelifa, D. J. Duke. „Uncertainty Visualization: Why Might It Fail?“ In: *CHI '09 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*. CHI EA '09. Boston, MA, USA: ACM, 2009, S. 4051–4056. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/1520340.1520616> (zitiert auf S. 1, 3).
- [Ber83] J. Bertin. „Semiology of graphics: diagrams, networks, maps“. In: *Madison, WI: The University of Wisconsin Press, Ltd* (1983) (zitiert auf S. 10).
- [CD13] K. Chowdhary, P. Dupuis. „Distinguishing and integrating aleatoric and epistemic variation in uncertainty quantification“. In: *ESAIM: Mathematical Modelling and Numerical Analysis* 47.3 (2013), S. 635–662 (zitiert auf S. 6).
- [CGK12] G. Charness, U. Gneezy, M. A. Kuhn. „Experimental methods: Between-subject and within-subject design“. In: *Journal of Economic Behavior & Organization* 81.1 (2012), S. 1–8 (zitiert auf S. 49).
- [Cha83] C. Chatfield. *Statistics for technology: a course in applied statistics*. Bd. 3. CRC Press, 1983 (zitiert auf S. 12).
- [CMN80] S. K. Card, T. P. Moran, A. Newell. „The Keystroke-level Model for User Performance Time with Interactive Systems“. In: *Commun. ACM* 23.7 (Juli 1980), S. 396–410. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/358886.358895> (zitiert auf S. 62).
- [Dan79] A. T. Daniel Kahneman. „Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk“. In: *Econometrica* 47.2 (1979), S. 263–291. URL: <http://www.jstor.org/stable/1914185> (zitiert auf S. 13).
- [Dud16a] Duden.de. *Duden | aleatorisch | Rechtschreibung, Bedeutung, Definition, Synonyme, Herkunft*. Okt. 2016. URL: <http://www.duden.de/node/650792/revisions/1617177/view> (zitiert auf S. 6).

- [Dud16b] Duden.de. *Duden | epistemologisch | Rechtschreibung, Bedeutung, Definition, Synonyme, Herkunft*. Okt. 2016. URL: <http://www.duden.de/node/664655/revisions/1127119/view> (zitiert auf S. 6).
- [Fin10] K. Finstad. „The usability metric for user experience“. In: *Interacting with Computers* 22.5 (2010), S. 323–327 (zitiert auf S. 50, 51).
- [Ger98] N. Gershon. „Visualization of an imperfect world“. In: *Computer Graphics and Applications, IEEE* 18.4 (1998), S. 43–45 (zitiert auf S. 4, 5, 9, 11).
- [GG10] M. Galesic, R. Garcia-Retamero. „Statistical numeracy for health: a cross-cultural comparison with probabilistic national samples“. In: *Archives of internal medicine* 170.5 (März 2010), S. 462–468. URL: <http://dx.doi.org/10.1001/archinternmed.2009.481> (zitiert auf S. 1).
- [GS06] H. Griethe, H. Schumann. „The Visualization of Uncertain Data: Methods and Problems.“ In: *SimVis*. 2006, S. 143–156 (zitiert auf S. 3, 4).
- [Gua98] N. Guarino. „Formal ontology and information systems“. In: *Proceedings of FOIS*. Bd. 98. 1998. 1998, S. 81–97 (zitiert auf S. 5).
- [HG93] G. J. Hunter, M. F. Goodchild. „Managing uncertainty in spatial databases: Putting theory into practice“. In: *Journal of Urban and Regional Information Systems Association* 5(2) (1993), S. 55–62 (zitiert auf S. 3).
- [Hou81] D. Hough. „Applications of the Proposed IEEE 754 Standard for Floating-Point Arithmetic“. In: *Computer* 14.3 (März 1981), S. 70–74 (zitiert auf S. 12).
- [ID91] A. Inselberg, B. Dimsdale. „Parallel coordinates“. In: *Human-Machine Interactive Systems*. Springer, 1991, S. 199–233 (zitiert auf S. 8).
- [JSGS15] M. F. Jung, D. Sirkin, T. M. Gür, M. Steinert. „Displayed Uncertainty Improves Driving Experience and Behavior: The Case of Range Anxiety in an Electric Car“. In: *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*. CHI '15. Seoul, Republic of Korea: ACM, 2015, S. 2201–2210. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/2702123.2702479> (zitiert auf S. 13).
- [Kle15] M. Kleiner. „Developing and Evaluating Input Methods for Uncertain Data“. Magisterarb. University of Stuttgart, 2015 (zitiert auf S. 6).
- [KMK13] M. Kay, D. Morris, J. A. Kientz. „There’s No Such Thing As Gaining a Pound: Reconsidering the Bathroom Scale User Interface“. In: *Proceedings of the 2013 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing*. UbiComp '13. Zurich, Switzerland: ACM, 2013, S. 401–410. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/2493432.2493456> (zitiert auf S. 13).
- [KO80] P. Konopka, W. Obergfell. *Die gesunde Ernährung des Sportlers: Leistungsförderung durch Integration der Ernährung in den Trainingsprozess; Rezeptteil mit abwechslungsreichen Menüvorschlägen und erfolgreichen Ernährungslehreungsrezepten für alle Sporttreibenden*. 1. Aufl. Stuttgart: CD-Verl.ges., 1980, 278 S. URL: <http://swbplus.bsz-bw.de/bsz009380566inh.htm> (zitiert auf S. 72, 73).

- [KPK15] M. Kay, S. N. Patel, J. A. Kientz. „How Good is 85%? A Survey Tool to Connect Classifier Evaluation to Acceptability of Accuracy“. In: *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*. CHI '15. Seoul, Republic of Korea: ACM, 2015, S. 347–356. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/2702123.2702603> (zitiert auf S. 13).
- [KW12] E. Kofrányi, W. Wirths. *Einführung in die Ernährungslehre*. Umschau Verlag, 2012 (zitiert auf S. 72, 73).
- [Lik67] R. Likert. „The method of constructing and attitude scale“. In: *Methods and Techniques in Business Research* (1967), S. 54 (zitiert auf S. 37).
- [LLC+08] K. J. Laskey, K. B. Laskey, P. C. Costa, M. M. Kokar, T. Martin, T. Lukasiewicz. „Uncertainty reasoning for the world wide web“. In: *W3C Incubator Group Report 31* (2008) (zitiert auf S. 5, 6).
- [MMMY96] T. Möller, R. Machiraju, K. Mueller, R. Yagel. „Classification and local error estimation of interpolation and derivative filters for volume rendering“. In: *Proceedings of the 1996 symposium on Volume visualization*. IEEE Press. 1996, 71–ff (zitiert auf S. 12).
- [MRH+05] A. M. MacEachren, A. Robinson, S. Hopper, S. Gardner, R. Murray, M. Gahegan, E. Hetzler. „Visualizing geospatial information uncertainty: What we know and what we need to know“. In: *Cartography and Geographic Information Science* 32.3 (2005), S. 139–160 (zitiert auf S. 3, 9).
- [Pre99] B. Preim. *Entwicklung interaktiver Systeme: Grundlagen, Fallbeispiele und innovative Anwendungsfelder; mit 20 Tabellen*. Berlin: Springer, 1999, XXII, 557 S. URL: <http://swbplus.bsz-bw.de/bsz075787601cov.htm> (zitiert auf S. 7).
- [PRJ12] K. Potter, P. Rosen, C. R. Johnson. „From quantification to visualization: A taxonomy of uncertainty visualization approaches“. In: *Uncertainty Quantification in Scientific Computing*. Springer, 2012, S. 226–249 (zitiert auf S. 9).
- [PWL97] A. T. Pang, C. M. Wittenbrink, S. K. Lodha. „Approaches to uncertainty visualization“. In: *The Visual Computer* 13.8 (1997), S. 370–390 (zitiert auf S. 3, 7, 9, 11, 12).
- [RHND06] E. Rukzio, J. Hamard, C. Noda, A. De Luca. „Visualization of Uncertainty in Context Aware Mobile Applications“. In: *Proceedings of the 8th Conference on Human-computer Interaction with Mobile Devices and Services*. MobileHCI '06. Helsinki, Finland: ACM, 2006, S. 247–250. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/1152215.1152267> (zitiert auf S. 13).
- [SE13] H. Spegg, D. Erfurt. *Ernährungslehre und Diätetik: mit ... 50 Tab.* 10., ¼berarb. Aufl. Stuttgart: Dt. Apotheker-Verl., 2013, X, 247 S. URL: <http://d-nb.info/1028632630/04> (zitiert auf S. 72, 73).

- [THM+05] J. Thomson, E. Hetzler, A. MacEachren, M. Gahegan, M. Pavel. „A typology for visualizing uncertainty“. In: *Electronic Imaging 2005*. International Society for Optics und Photonics. 2005, S. 146–157 (zitiert auf S. 9).
- [TK94] B. Taylor, C. Kuyatt. „NIST Technical Note 1279: Guidelines for evaluating and expressing the uncertainty of NIST measurements results“. In: *National Institute of Standards and Technology, Washington DC* (1994) (zitiert auf S. 6).
- [UH90] J. K. Udupa, H.-M. Hung. „Surface versus volume rendering: a comparative assessment“. In: *Visualization in Biomedical Computing, 1990., Proceedings of the First Conference on*. IEEE. 1990, S. 83–91 (zitiert auf S. 12).
- [WPL96] C. M. Wittenbrink, A. T. Pang, S. K. Lodha. „Glyphs for visualizing uncertainty in vector fields“. In: *Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on* 2.3 (1996), S. 266–279 (zitiert auf S. 9).

Alle URLs wurden zuletzt am 30. 10. 2016 geprüft.

Erklärung

Ich versichere, diese Arbeit selbstständig verfasst zu haben. Ich habe keine anderen als die angegebenen Quellen benutzt und alle wörtlich oder sinngemäß aus anderen Werken übernommene Aussagen als solche gekennzeichnet. Weder diese Arbeit noch wesentliche Teile daraus waren bisher Gegenstand eines anderen Prüfungsverfahrens. Ich habe diese Arbeit bisher weder teilweise noch vollständig veröffentlicht. Das elektronische Exemplar stimmt mit allen eingereichten Exemplaren überein.

Ort, Datum, Unterschrift