

Eine Kategorisierung von Gestaltungsempfehlungen zur Visualisierung von Unsicherheit

Christina Bischof
Universität zu Lübeck
Lübeck, Deutschland
christina.bischof@student.uni-luebeck.de

Tilo Mentler
Hochschule Trier
Trier, Deutschland
mentler@hochschule-trier.de

ABSTRACT

Unsicherheit beeinflusst, wie Daten von Nutzenden interpretiert werden, sie beeinflusst ihre Handlungsauswahl und die Bestimmtheit, mit der Entscheidungen getroffen werden. Für den Umgang mit und insbesondere die Visualisierung von Unsicherheiten durch Messungenauigkeiten, Übertragungsfehler, Mehrdeutigkeiten und andere Problemstellungen wurden bereits zahlreiche Gestaltungsrichtlinien veröffentlicht. Ihre Vielfalt erschwert jedoch die Auswahl und Anwendung für eine spezifische Gestaltungsaufgabe. 89 dieser Empfehlungen wurden im Rahmen einer Card-Sorting-Studie, deren Durchführung und Ergebnisse in diesem Beitrag beschrieben werden, durch 16 Personen kategorisiert. Durch Berechnung einer Ähnlichkeitsmatrix konnten die Kategorien „Unsicherheit zeigen, um Unsicherheit zu reduzieren“, „Exploration von Unsicherheit ermöglichen“ und „Transparenz“ mit insgesamt 20 Empfehlungen zur Visualisierung von Unsicherheit als übergeordnete Konzepte identifiziert werden. Sie werden in diesem Beitrag vorgestellt und diskutiert.

CCS CONCEPTS

• Human-centered computing-Visualization • Human-centered computing-Human computer interaction (HCI)

KEYWORDS

Unsicherheit; Visualisierung; Gestaltungsempfehlungen; Card Sorting;

1 Einleitung

Für den Begriff Unsicherheit existiert keine einheitliche Definition [1], auch wenn seine Ausprägungen bzw. Dimensionen bereits in verschiedenen Domänen untersucht wurden [2,3]. Mindestens vier Aspekte von Unsicherheit lassen sich im Zusammenhang mit interaktiven Systemen in jedem Fall unterscheiden: Unsicherheit bei der Datenerfassung, Unsicherheit bei der Datenverarbeitung, Unsicherheit bei der Darstellung, sowie Unsicherheit bei der Interpretation.

Bei der Datenerfassung treten Unsicherheiten aufgrund von Messungenauigkeiten auf, die auch als Messrauschen bezeichnet werden. Da Sensoren nicht beliebig genau arbeiten können, ist Messrauschen unvermeidbar und führt dazu, dass ggf. alle weiteren Arbeitsschritte auf den verrauschten Daten ebenfalls fehlerbehaftet sind [4].

Die Unsicherheiten bei der Datenverarbeitung beinhalten sowohl die Übertragung von Daten als auch ihre Verarbeitung durch Programme [5]. Dazu zählen beispielsweise Berechnungen auf verrauschten Daten oder eine Filterung auf Basis bestimmter Schwellwerte. Da die genaue Funktionsweise von Algorithmen den Nutzenden im Regelfall unbekannt ist, sind sie darauf angewiesen, deren Ergebnisse als zuverlässig anzunehmen [6].

In einer Darstellung werden aufgrund ihres Umfangs oft nicht die Rohdaten visualisiert, sondern nur ein Teil davon [5]. Die Wahl der Darstellungsform, die Arbeitsweise von Funktionen zur Datenvisualisierung und Approximationen beim Rendern der Darstellungen sind dabei die häufigsten Ursachen von Unsicherheit [7,8].

Die Interpretation einer Darstellung kann aufgrund unterschiedlicher Erfahrungen und Erwartungen individuell verschieden sein [9]. Um Unsicherheiten bei der Interpretation möglichst gering zu halten, können Schulungen im Umgang mit einem System durchgeführt werden [10]. Norman [11] betont, es sei Aufgabe der Entwickelnden, Systeme zu entwerfen, die Nutzende beim Aufbau mentaler Modelle unterstützt.

Diese Facetten bilden das Verständnis von Unsicherheit im Rahmen dieses Beitrages. Nachfolgend wird zunächst der Stand der Forschung zu Gestaltungsempfehlungen für die Visualisierung von Unsicherheiten charakterisiert. Anschließend werden Durchführung und Ergebnisse einer Card-Sorting-Studie mit 89 existierenden Richtlinien beschrieben.

Permission to make digital or hard copies of part or all of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for third-party components of this work must be honored. For all other uses, contact the owner/author(s).

MuC'20 Workshops, Magdeburg, Deutschland

© Proceedings of the Mensch und Computer 2020 Workshop on «7. Workshop Mensch-Maschine-Interaktion in sicherheitskritischen Systemen». Copyright held by the owner/author(s). <https://doi.org/10.18420/muc2020-ws117-410>

2 Stand der Forschung

In Vorbereitung des Card Sortings (siehe Abschnitt 3) wurde eine Literaturrecherche zum Stand der Forschung hinsichtlich der Visualisierung von Unsicherheit durchgeführt. In Tabelle 1 sind das jeweilige Datum, genutzte Ressourcen sowie die genutzten Suchbegriffe zusammengefasst.

Tabelle 1: Zusammenfassung der Literaturrecherche

Datum	Ressourcen	Suchbegriffe
07.03.2019	Google & Researchgate	visualizing uncertainty, situation awareness
03.04.2019	ACM Digital Library	uncertainty visualization
12.06.2019	Katalog der Zentralen Hochschulbibliothek & Google	heuristic uncertainty visualization

Unter anderem wurden alle Suchergebnisse im Katalog der Zentralen Hochschulbibliothek inklusive deren Verweise auf Publikationen durchgesehen. Die Zusammenfassung der Rechercheergebnisse erfolgte durch handschriftliche Notizen (siehe Abbildung 1).

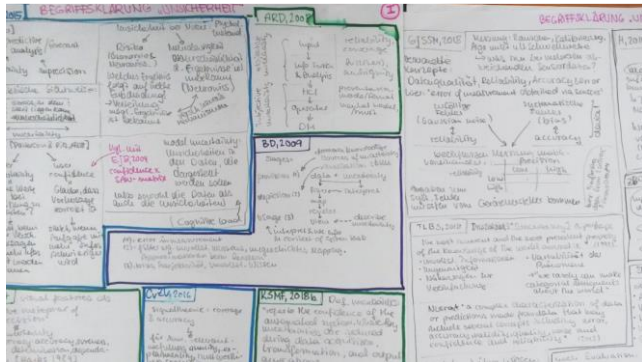


Abbildung 1: Ausschnitt der Notizen zur Zusammenfassung der Rechercheergebnisse

Es wurden alle Gestaltungsempfehlungen in die Sammlung aufgenommen, die in den jeweiligen Quellen explizit als solche oder mit ähnlichen Begriffen bezeichnet wurden. Schließlich wurden auch Richtlinien hinzugefügt, die im Fließtext identifiziert werden können, wie z.B. bei [12].

Insgesamt wurden 71 Gestaltungsempfehlungen im Zusammenhang mit der Thematik Unsicherheit ermittelt. Tabelle 2 führt exemplarisch einige der berücksichtigten Quellen sowie Beispiele im Originalwortlaut an.

Tabelle 2: Beispiele und Quellen für Empfehlungen zur Visualisierung von Unsicherheit

Beispielempfehlung	Quelle
Define the uncertainties in data (input and output data) and present the reliability and accuracy of data	[7]
Present uncertainty continuously, not only when decision has to be made	
Support assessment of confidence in composite data Support sensor reliability assessment	[10]
Ensuring that uncertainty information is well-integrated with the rest of the data. That is, it should be difficult to discount or ignore the uncertainty in a dataset	[12]
All of the information should reduce the uncertainty of the person's understanding of the situation	[13]
All of the information should build a web of the information relationships that exist within the situation state	
It should be possible to smoothly animate between the data at two successive time intervals	[14]
Provide flexible support for situation analysis	[15]
Closely integrate statistical and text descriptions into the data	[16]
Animation may enhance the communication of causality and should be used carefully if causality is not to be inferred	[17]

3 Methode

In den folgenden Abschnitten werden die Planung und die Durchführung der Card-Sorting-Studie zur Kategorisierung der zuvor identifizierten Gestaltungsempfehlungen beschrieben. Die Ergebnisse werden im darauffolgenden Abschnitt 4 vorgestellt.

3.1 Stichprobe und Design

Card Sorting, als eine Methode zur systematischen Kategorisierung von Inhalten, wird meist im Zusammenhang mit Navigationsstrukturen eingesetzt [18]. Sie kann jedoch auch im Zusammenhang mit Informationsstrukturen genutzt werden. Die Struktur wird dabei aus der Sortierung von Karten ersichtlich: Karten mit zusammenhängenden oder ähnlichen Inhalten werden in eine bestimmte Kategorie eingruppiert. Grundsätzlich können drei Arten von Card Sorting unterschieden werden:

- Bei einem geschlossenen Card Sorting sind die Namen der Kategorien fest vorgegeben.
- Beim offenen Card Sorting dagegen werden die Kategorien von den Teilnehmenden festgelegt. Ihre Anzahl und Benennung können sich je nach Person unterscheiden.
- Bei einem hybriden Card Sorting werden einige Kategorien vorgegeben. Weitere können von den Teilnehmenden hinzugefügt werden [13].

Für diese Studie wurde ein offenes Card Sorting gewählt, da ohne bestehendes Referenzsystem zur Gliederung weder ein geschlossenes noch ein hybrides Card Sorting angewandt werden kann.

Das Card Sorting wurde im Rahmen einer Vorlesung mit 16 Studierenden (8 männlich, 8 weiblich) eines Masterstudiengangs Medieninformatik an einer deutschen Universität mit den nachfolgenden beschriebenen Materialien durchgeführt.

3.2 Material

Neben den 71 Gestaltungsempfehlungen aus der zuvor beschriebenen Literaturrecherche, wurden die „8 Goldenen Regeln“ von Shneiderman [19] sowie die 10 Usability-Heuristiken von Nielsen [20] als etablierte Referenzen zur Gestaltung gebrauchstauglicher Systeme berücksichtigt. Es sollte insbesondere geprüft werden, ob einige der Empfehlungen für die Unsicherheitsdarstellung Spezialfälle von allgemeinen Richtlinien sind.

Von den 89 Gestaltungsempfehlungen wurden in einem ersten Schritt 29 ausgeschlossen. Folgende Ausschlusskriterien wurden genutzt:

- Doppelungen von Empfehlungen (z.B., weil die gleiche Quelle zitiert wurde);
- Empfehlungen, die nicht primär auf die Gestaltung von Benutzungsschnittstellen bzw. Mensch-Technik-Interaktion abzielen z.B. „Design technology support that is, ideally, deployable anywhere“ [15];
- Empfehlungen, die als Grundlagen der Gestaltung von Mensch-Computer-Schnittstellen vorausgesetzt werden, z.B. „Consider people with color blindness“ [21];
- Empfehlungen, die eher Hypothesen darstellen, z.B. „Note that the decision makers can both interpret and generate linguistic expressions of probability values differently“ [7];
- Empfehlungen, die für Personen ohne Kenntnis der Quellen nicht verständlich sind, z.B. „The visualization system should also produce the artifacts that may assist introspection on the cognitive process“ [17].

Für die Karten wurde eine Vorlage entworfen, die doppelseitig ausgedruckt wird. Auf der Vorderseite stehen die Empfehlungen, auf der Rückseite die zugehörige Nummerierung in der Tabelle, um nach dem Abschluss des Card Sortings nur die diese zur Auswertung notieren zu müssen (siehe Abbildung 2).



Abbildung 2: Kartenmaterial für das Card Sorting

3.3 Ablauf

Für den Pilottest wurde das Card Sorting mit 3 männlichen Bachelor-Studierenden im sechsten Fachsemester eines Medieninformatik-Studiengangs durchgeführt. Dabei sollten die benötigte Zeit ermittelt und eventuelle Verständnisschwierigkeiten in Bezug auf die Empfehlungen und die Durchführung geklärt werden.

Da die so gewonnenen Erkenntnisse potenziell zu Anpassungen am Studiendesign hätten führen können, wurden die eigentlichen Arbeitsergebnisse von vornherein nicht für die weitere Auswertung einbezogen.

Die drei Teilnehmer führten das Card Sorting gemeinsam durch und benötigten dafür ca. 20 Minuten, allerdings ohne eine Beschriftung der Oberkategorien. Für diese wurden bei der zusätzlichen zehn Minuten veranschlagt.

Im Anschluss an den Pilottest wurden die Teilnehmer gebeten, Fragen und Schwierigkeiten in Bezug auf das Vorgehen mitzuteilen. Sie nannten als Probleme die große Anzahl der Karten, die einen Überblick über die bisherige Sortierung erschwerte, sowie die englischen Formulierungen bzw. deren Länge. Soweit dies möglich war, hätten sie daher vor allem Empfehlungen in gleiche Kategorien sortiert, die dieselben Schlagwörter enthalten, etwa „error“.

In der eigentlichen Studie teilten sich die 16 Teilnehmerinnen und Teilnehmer nach einer kurzen Einleitung in das Thema „Unsicherheit“ selbstständig in Zweiergruppen auf. Sie erhielten jeweils einen Kartenstapel und leere Karten zur individuellen Beschriftung (siehe Abbildung 3). Es wurde ausdrücklich darauf hingewiesen, dass es keine „richtige“ oder „falsche“ Sortierung gibt. Durch eine Handmeldung konnten die Studierenden zu verstehen geben, dass sie eine Frage hatten.



Abbildung 3: Ausschnitt des Ergebnisses einer Gruppe

Die Teilnehmenden benötigten zwischen 30 und 45 Minuten, um das Card Sorting abzuschließen, was in etwa der Schätzung auf Grundlage des Pilottests entspricht. Die jeweiligen Gruppenmitglieder diskutierten jedoch im Gegensatz zum Pilottest miteinander.

4 Ergebnisse

Die Anzahl der identifizierten Kategorien betrug im Durchschnitt 8,63 (SD=2,79) und es wurden durchschnittlich 7,56

(SD=1,96) Karten pro Kategorie zugeordnet. Eine Gruppe verwendete vorgegebene Empfehlungen als Oberkategorien, anstatt diese selbst zu benennen. In Tabelle 3 sind drei Besonderheiten bei den Zuordnungen zusammengefasst: Karten, die ohne Zuordnung geblieben sind, die Zuordnung von Karten zu mehreren Kategorien, und die Einführung von Unterkategorien. Für Karten ohne Zuordnung sind nur diejenigen aufgeführt, die mehrfach ohne Zuordnung blieben.

Tabelle 3: Besonderheiten in der Zuordnung

Besonderheit	Häufigkeit (max. 8)	Beschreibung
Karten ohne Zuordnung	3	„Support articulation work and accountability“ [15] „Support internal locus of control“ [19]
Einführung von Unterkategorien	2	„Gestaltungsanforderungen“ → „Konsistenz“ + „Feedback“ „Consider Gestalt laws“ → „Strive for consistency“ + „Enable frequent users to use shortcuts“
Mehrfache Zuordnung von Karten	1	„When the uncertainty or its model changes, the visualisation system should continue to work correctly and reduce the introduction of errors by users“ [23] zu „Umgang mit Unsicherheit“ und „Error-handling“ zugeordnet

Durch [22] wird darauf hingewiesen, dass die erste und die dritte Besonderheit bei Card-Sorting-Studien häufiger zu beobachten sind. Den Autorinnen zufolge ist es daher nützlich, die Teilnehmenden nach dem Card Sorting zu interviewen, um zu erfahren, welche Überlegungen zu ihrer Kategorisierung geführt haben oder warum einige Karten nicht zugeordnet wurden. Dabei wurden drei Gründe für die Komplexität genannt:

- englische Formulierungen mit z.T. unbekannten Wörtern,
- lange Formulierungen aus mehreren Empfehlungen,
- die weite Spanne zwischen allgemeinen und speziellen Empfehlungen.

Zur Bestimmung von Kategorien und zentralen Empfehlungen, wurde die Anleitung zur Auswertung eines offenen Card Sortings von Salmoni genutzt [24].

Dazu werden die Ergebnisse mit einer geeigneten Anwendung, z.B. mit Microsoft Excel, aufgearbeitet. In den Zeilen stehen die Bezeichnungen der Kategorien aller Gruppen, wobei auch Unterkategorien eigene Zeilen erhalten. Die Anzahl der Spalten entspricht der Anzahl der zu sortierenden Karten.

Die Zellen der dadurch entstandenen Matrix werden mit Einsen und Nullen gefüllt, wobei eine Eins für „Empfehlung wurde in diese Kategorie einsortiert“ steht. Wurde eine Empfehlung mehreren Kategorien zugeordnet, werden dort ebenfalls Einsen geschrieben (siehe Abbildung 4).

Kategorie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Datenanalyse	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fehlerbehandlung	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
Informationsvisualisierung	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Personalisierbar	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kontext	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Consistency	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Memory load	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Handle Uncertainty	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Rest	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Feedback	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Consistency	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uncertainty	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Memory/Workload	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Data Visualization	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Error Handling	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Relevant Information	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Abbildung 4: Ausschnitt der Tabelle zur Auswertung des Card Sortings

Nach einer Überprüfung auf Korrektheit der Tabelle wurde die Arbeitsmappe als CSV-Datei exportiert. Sie wurde benötigt, um mithilfe der Statistik-Software R auszuwerten, welche Gestaltungsempfehlungen häufig zusammen gruppiert wurden und dies grafisch in einem Dendrogramm darzustellen. Dazu wird der R-Code aus Salmonis Anleitung genutzt [24].

Dem Programm wird der Pfad zur CSV-Datei sowie eine Anzahl von Clustern vorgegeben, die im Ergebnis markiert werden. Für jede Gestaltungsempfehlung wird gezählt, wie oft sie mit jeder anderen in die gleiche Kategorie einsortiert wurde. Diese Zählung wird genutzt, um eine Ähnlichkeitsmatrix aufzustellen. Aus dieser Ähnlichkeitsmatrix wird ein Dendrogramm erzeugt, das in einer Baumstruktur anschaulich zeigt, welche Empfehlungen häufig gemeinsam gruppiert wurden (siehe Abbildung 5).

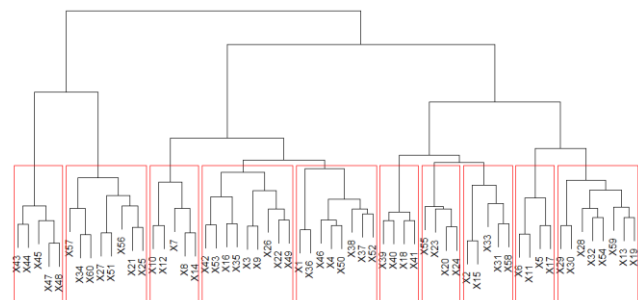


Abbildung 5: Dendrogramm mit k=10 Clustern (Abbildung zugeschnitten)

Dieses Clustering entspricht wieder einer Kategorisierung. Die entstandenen Kategorien müssen benannt werden, beispielsweise mit den Begriffen, die die Teilnehmenden im Card Sorting gewählt haben. Die Bezeichnungen lauten wie folgt:

1. **Tuftes Empfehlungen:** Empfehlungen, die weitgehend denen von Tuftes [25] zur effizienten Informationsvisualisierung entsprechen

2. **Unsicherheit zeigen, um Unsicherheit zu reduzieren:** Unsicherheit sollten zusammen mit den „eigentlichen“ Daten dargestellt werden, nicht separat
3. **Nutzerzentrierung und Workloadminimierung:** Wortwahl und Konzeption sollten zu den mentalen Modellen der Nutzenden passen, außerdem sollte ihr Arbeitsgedächtnis entlastet werden
4. **Gutes Feedback und effiziente Darstellungen:** Feedback soll jederzeit Ergebnisse von Nutzeraktionen deutlich machen, außerdem sollen Darstellungen nicht möglichst viele Daten, sondern möglichst viele Informationen zeigen.
5. **Konsistenz gewährleisten, Big Picture und Zusammenhänge zeigen:** Konsistenz soll bei allen Aspekten der Benutzungsschnittstelle gewährleistet sein, Zusammenhänge hervorgehoben werden, und es sollte ein Gesamtbild der Situation entstehen.
6. **Hilfe anbieten, Entscheidungen nachvollziehbar machen:** Hilfestellungen sollen den Nutzenden zur Verfügung stehen, und Entscheidungen sollen durch geeignete Dokumentation auch später nachvollzogen werden können.
7. **Exploration von Unsicherheiten ermöglichen:** Nutzende sollen dabei unterstützt werden, Daten aus verschiedenen Blickwinkeln zu betrachten, um ein besseres mentales Modell zu entwickeln.
8. **Interaktionen an Erfahrungsstand anpassen:** Nutzende mit viel Routine im Umgang mit dem System sollten in der Lage sein, Shortcuts zu erstellen und zu nutzen.
9. **Einfache Fehlerbehandlung:** Fehler sollen leicht erkennbar sein und das System sollte bei der Fehlerbehandlung unterstützen.
10. **Transparenz:** Unsicherheit, Inkonsistenz und fehlende Daten sollen explizit dargestellt werden, außerdem soll den Nutzenden die Arbeitsweise von Algorithmen dargestellt werden, damit sie deren Ergebnisse besser beurteilen können.

Von diesen zehn Kategorien beziehen sich nur „Unsicherheit zeigen, um Unsicherheit zu reduzieren“, „Exploration von Unsicherheiten ermöglichen“, und „Transparenz“ unmittelbar auf die Visualisierung von Unsicherheit. Folgende 20 Gestaltungsempfehlungen sind diesen drei Kategorien zugeordnet:

Unsicherheit zeigen, um Unsicherheit zu reduzieren:

1. The system should allow representations for multiple types of uncertainty modelling and visualisation techniques to be added as required.
2. Ensuring that uncertainty information is well-integrated with the rest of the data. That is, it should be difficult to discount or ignore the uncertainty in a dataset.
3. Uncertainty can be provided as secondary data not requiring immediate user attention or embedded with the primary data itself.

4. Define the uncertainties in data (input and output data) and present the reliability and accuracy of data.
5. Uncertainty in data should be visualized and if possible integrated in a manner that supports the reasoning process.
6. There should not be an artificial separation of the information and its uncertainty.
7. Use data salience in support of uncertainty.
8. All of the information should reduce the uncertainty of the person's understanding of the situation.

Exploration von Unsicherheiten ermöglichen:

9. Users should be able to easily map uncertainty information into alternative uncertainty models and visual features in order to explore the impacts of different visualisation and modelling techniques on their understanding and interpretation of data and tasks.
10. Support assessment of confidence in composite data.
11. Support sensor reliability assessment.
12. Support uncertainty management activities.

Transparenz:

13. Identify the reasoning strategy/strategies utilized by the human operator in decision making process and try to adapt the reasoning logic of the algorithm to the reasoning utilized by the human operator.
14. Find means to show the operator the logic of the algorithm and the reasoning process in a way that will be understandable to him/her.
15. Present uncertainty continuously, not only when decision has to be made.
16. Provide the conflict in data to the operator if there are any.
17. When the uncertainty or its model changes, the visualisation system should continue to work correctly and reduce the introduction of errors by users.
18. The system should provide consistent ways to identify relevant parameters to represent and map to visual elements, and to learn how uncertainty affects information analysis and decision making.
19. Either eliminate error-prone conditions or check for them and present users with a confirmation option before they commit to the action.
20. Explicitly identify missing information.

Diese Gestaltungsempfehlungen sind weder verbindliche Regeln noch gibt es beim offenen Card Sorting eine streng objektive Auswertung. Um die Ergebnisse des Card Sortings bewerten zu können, werden sie im folgenden Abschnitt diskutiert.

5 Diskussion & Fazit

Nach der zuvor erläuterten Auswertung des Card Sortings wurden 20 Empfehlungen identifiziert worden, die sich auf die Darstellung von Unsicherheiten beziehen. In diesem Abschnitt

werden die Anmerkungen der Teilnehmenden nach dem Card Sorting zusammengefasst und die Ergebnisse zu diskutieren.

Alle acht Gruppen äußerten sich dazu, dass die Komplexität der Beschreibungen das Card Sorting erschwert habe. Dabei wurden die zuvor erwähnten drei Gründe genannt: englische Formulierungen mit z.T. unbekannten Wörtern, lange Formulierungen aus mehreren Empfehlungen, und die weite Spanne zwischen allgemeinen und speziellen Empfehlungen.

Wie bereits im Pilottest tendierten auch die Teilnehmenden des Card Sortings dazu, Empfehlungen mit Schlagworten wie „error“ zusammen zu gruppieren. Dies hat möglicherweise bewirkt, dass solche mit dem Begriff „uncertainty“ eher aufgrund dieser Gemeinsamkeit in die gleiche Kategorie einsortiert wurden und weniger wegen ihrer ähnlichen Bedeutung.

Alle acht Gruppen merkten an, dass die große Anzahl der Karten ihnen Schwierigkeiten bereitet habe. Die Inhalte der Karten mussten erfasst, interpretiert und in Beziehung zur bisherigen Struktur der Sortierung gesetzt werden. Es sei schwierig gewesen, einen Überblick über die Kategorien zu behalten und zu entscheiden, wohin eine Richtlinie am besten passt.

Wie zuvor erwähnt wird Card Sorting häufig genutzt, um die Struktur einer Website an die Erwartungen von Nutzenden anzupassen. Gängige Beschreibungen der Methodik schließen allerdings nicht aus, dass ein Card Sorting allgemein zur Klassifikation von Information genutzt werden kann. Es wurde hier eingesetzt, um komplexe Informationen in Form von Gestaltungsempfehlungen zu kategorisieren. Das vorgestellte Ergebnis zeigt, dass die Methodik auch bei solchen komplexen Informationen zu einer sinnvollen Kategorisierung führen kann. Es bildet ein mentales Modell von Personen ab, die diese Empfehlungen bei der Systemgestaltung anwenden könnten, und ist daher trotz der Subjektivität der Zuordnungen eine wertvolle Erkenntnis.

Bei der Auswertung des offenen Card Sortings mag die Wahl von zehn Meta-Kategorien trotz der statistischen Auswertung willkürlich erscheinen, zumal dies über der durchschnittlichen Anzahl an Kategorien der Gruppen liegt. Laut [22] erfordert die Analyse eines offenen Card Sortings aber sowohl ein Statistikprogramm als auch Kreativität - das Statistikprogramm zur Analyse der Daten, um aus den Einzelergebnissen eine Meta-Kategorisierung zu bestimmen, und die Kreativität, um der Subjektivität der Methodik gerecht zu werden und die Erkenntnisse in praktische Entwürfe einzubringen. In der Beschreibung zur Auswertung eines offenen oder hybriden Card Sortings mit der Software OptimalSort heißt es: „It's all about going through the data and shaking it to see what ideas, patterns and insights fall out.“ [26].

Das Dendrogramm und die darauf aufbauenden Schlussfolgerungen bieten einen guten Ausgangspunkt für die Weiterarbeit mit den Ergebnissen. Einerseits könnte ein geschlossenes bzw. hybrides Card Sorting auf Grundlage der zehn identifizierten Kategorien wertvolle Erkenntnisse bringen. Andererseits sind Gestaltungsempfehlungen bei der Realisierung von sicherheitskritischen Benutzungsschnittstellen praktisch

anzuwenden und Erfahrungen im Umgang mit ihnen zu sammeln.

In diesem Zusammenhang wäre auch der Einfluss des fachlichen Hintergrunds der an am Card Sorting beteiligten Studierenden in der Medieninformatik auf die hier vorgestellten Ergebnisse zu untersuchen. Hierzu könnte mit Fachleuten sicherheitsrelevanter Disziplinen die Herleitung der Gestaltungsempfehlungen wiederholt sowie ihre Anwendbarkeit und Nützlichkeit geprüft werden.

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Myklich, K., & Burov, E. (2016). Uncertainty in situational awareness systems. In: 2016 13th International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET) doi:10.1109/TCSET.2016.7452165
- [2] Thomson, J., Hetzler, B., MacEachren, A., Gahegan, M., & Pavel, M. (März 2005). A Typology for Visualizing Uncertainty. Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering. doi:10.1117/12.587254
- [3] Arshad, S. Z., Zhou, J., Bridon, C., Chen, F., & Wang, Y. (2015). Investigating User Confidence for Uncertainty Presentation in Predictive Decision Making. Proceedings of the Annual Meeting of the Australian Special Interest Group for Computer Human Interaction (S. 352-360). New York: ACM. doi:10.1145/2838739.2838753
- [4] Greis, M., Joshi, A., Singer, K., Schmidt, A., & Machulla, T. (2018). Uncertainty Visualization Influences How Humans Aggregate Discrepant Information. Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (S. 505:1-505:12). New York: ACM. doi:10.1145/3173574.3174079
- [5] Kunze, A., Summerskill, S. J., Marshall, R., & Filtiness, A. J. (2018). Evaluation of Variables for the Communication of Uncertainties Using Peripheral Awareness Displays. Adjunct Proceedings of the 10th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications (S. 147-153). New York: ACM. doi:10.1145/3239092.3265958
- [6] Zhou, J., Bridon, C., Chen, F., Khawaji, A., & Wang, Y. (2015). Be Informed and Be Involved: Effects of Uncertainty and Correlation on User's Confidence in Decision Making. Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, S. 923-928. doi:10.1145/2702613.2732769
- [7] Atoyan, H., Robert, J.-M., & Duquet, J.-R. (2008). Presentation of Uncertain Information in User Interfaces to Support Decision Making in Complex Military Systems. Proceedings of the 20th Conference on L'Interaction Homme-Machine (S. 41-48). New York: ACM. doi:10.1145/1512714.1512723
- [8] Boukhelifa, N., & Duke, D. J. (2009). Uncertainty Visualization: Why Might It Fail? CHI '09 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (S. 4051-4056). New York: ACM. doi:10.1145/1520340.1520616
- [9] Norman, D. A. (1983). Some Observations on Mental Models. In D. Gentner, & A. L. Stevens (Hrsg.), *Mental Models*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- [10] Endsley, M., Bolté, B., & Jones, D. (2003). *Designing for Situation Awareness. A User-Centered Approach*. London: Taylor & Francis.
- [11] Norman, D. A. (2011). *Living with Complexity*. Cambridge, London: The MIT Press.
- [12] Correll, M., Moritz, D., & Heer, J. (2018). Value-Suppressing Uncertainty Palettes. Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (S. 642:1-642:11). New York: ACM. doi:10.1145/3173574.3174216
- [13] Albers, M. J. (2012). Communication As Reducing Uncertainty. Proceedings of the 30th ACM International Conference on Design of Communication, (S. 1-8). New York. doi:10.1145/2379057.2379059
- [14] Ferreira, N., Fisher, D., & König, A. C. (2014). Sample-oriented Task-driven Visualizations: Allowing Users to Make Better, More Confident Decisions. Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (S. 571-580). New York: ACM. doi:10.1145/2556288.2557131
- [15] Fischer, J. E., Reeves, S., Rodden, T., Reece, S., Ramchurn, S. D., & Jones, D. (2015). Building a Birds Eye View: Collaborative Work in Disaster Response. Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (S. 4103-4112). New York: ACM. doi:10.1145/2702123.2702313
- [16] Riveiro, M. (2007). Cognitive Evaluation of Uncertainty Visualization Methods for Decision Making. Proceedings of the 4th Symposium on Applied Perception in Graphics and Visualization (S. 133-133). ACM. doi:10.1145/1272582.1272610
- [17] Zuk, T., & Carpendale, S. (2007). Visualization of Uncertainty and Reasoning. In A. Butz, B. Fisher, A. Krüger, P. Olivier, & S. Owada (Hrsg.), *Smart*

- Graphics. 8th International Symposium, Proceedings (S. 164-177). Berlin, Heidelberg: Springer. doi:10.1007/978-3-540-73214-3
- [18] Cooper, A., Reinmann, R., & Cronin, D. (2007). About Face 3. The Essentials of Interaction Design. Indianapolis: Wiley Publishing.
 - [19] Shneiderman, B. (1998). Designing the User Interface. Strategies for Effective Human-Computer Interaction (3. Ausg.). Reading, Massachusetts: Addison-Wesley.
 - [20] Nielsen, J. (1993). Usability Engineering. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers.
 - [21] Zuk, T., & Carpendale, S. (2006). Theoretical analysis of uncertainty visualizations. In R. F. Erbacher (Hrsg.), Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering 6060.
 - [22] Chaparro, B. S., & Hinkle, V. D. (2008). Card Sorting: What You Need to Know about Analyzing and Interpreting Card Sorting Results. Usability News, 10(2).
 - [23] Pham, B., Streit, A., & Brown, R. (2009). Visualization of Information Uncertainty: Progress and Challenges. In R. Liere, T. Adriaansen, & E. Zudilova-Seinstra (Hrsg.), Trends in Interactive Visualization. State-of-the-Art Survey.
 - [24] Salmoni, A. (2012). Open Card Sort Analysis 101. Abgerufen am 09. August 2019 von UXBooth.com: <https://www.uxbooth.com/articles/open-card-sort-analysis-101/>
 - [25] Tufte, E. R. (1997). The visual display of quantitative information. Cheshire: Graphics Press.
 - [26] McKay, A. (2018). How to interpret your card sort results Part 1: open and hybrid card sorts. Abgerufen am 9. August 2019 von <https://blog.optimalworkshop.com/how-to-interpret-your-card-sort-results-part-1-open-and-hybrid-card-sorts/>