

Bedienbarkeit versus Expertenfunktionalität – Ein Bericht über die Usability von ArcGIS

Pierre Karrasch¹, Christin Henzen¹,

Professur für Geoinformatik, TU Dresden¹

Pierre.Karrasch@tu-dresden.de, Christin.Henzen@tu-dresden.de,

Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht beschreibt den Aufbau sowie erste Ergebnisse einer Usability-Studie für die Software ArcGIS, wie Sie im Rahmen eines studentischen Seminars an der TU Dresden im Bachelorstudiengang Geographie durchgeführt worden ist. Die Ergebnisse zeigen, dass trotz grundlegender Kenntnisse der Probanden im Umgang mit ArcGIS ein wesentlicher Teil der Bearbeitungszeit dafür benötigt wurde, die erforderlichen Funktionen in der Software zu finden und entsprechend der Aufgabenstellung anzuwenden. Der Bericht enthält zusammenfassend die Erkenntnisse der Studie und macht Vorschläge, in welcher Form die Usability von ArcGIS verbessert werden kann.

1 Einleitung

ArcGIS stellt im Bereich der Verarbeitung von Geodaten eines der wichtigsten Werkzeuge dar. Die Komplexität dieses Expertenwerkzeugs steht im Spannungsfeld zu dessen Usability und stellt besondere Anforderungen an die universitäre Ausbildung. Neben theoretischen Kenntnissen aus dem Bereich der Geoinformatik, die sich in Klausuren abfragen lassen, sollen praktische Fähigkeiten im Umgang mit ArcGIS vermittelt werden.

Die Usability von Anwendungen in der Geoinformatik (GI), zu denen auch ArcGIS zählt, ist oft so verschieden wie ihre Nutzergruppen. Funktionale Schwerpunkte der GI-Anwendungen liegen u. a. in der Verarbeitung (Geoprozessierung), Darstellung oder Suche von Geoinformationen. Usability-Probleme treten in all diesen Schwerpunkten auf und können sowohl fachspezifisch als auch unabhängig sein (Henzen und Bernard 2013, Resch und Zimmer 2013, Haklay und Tobon 2003; Haklay und Zafiri 2008; Komarkova et al. 2009; Lathrop et al. 2014, Bulens et al. 2013, He et al. 2012, Henzen 2018). Insbesondere die Nutzererwartungen an die

Usability von Visualisierungssoftware und deren Funktionalität sind stark geprägt durch bekannte Anwendungen aus dem Web, wie z. B. Google Maps oder Bing Maps (vgl. Henzen und Bernard 2013). Im Spezialfall der studentischen ArcGIS-Nutzung sind robuste und nutzerfreundliche User-Interfaces von besonderer Bedeutung.

Der sichere Umgang mit der Software ArcGIS und die Nutzbarkeit dieses Werkzeugs wurden im Sommersemester 2018 an der TU Dresden mit Hilfe einer Usability-Studie überprüft. Die Eyetracking-Studie sollte Aufschluss darüber geben, welche Fähigkeiten die Studierenden im Umgang mit ArcGIS haben und wo Schwierigkeiten in der Nutzung von ArcGIS liegen. Die Ergebnisse der Studie beziehen sich auf den Nutzungskontext von ArcGIS in der studentischen Ausbildung. In anderen Arbeitsfeldern, insbesondere der Nutzung im professionellen Geschäftsbereich, können hier identifizierte Usability-Probleme andere Auswirkungen auf die Nutzung haben.

2 Studiendesign

Die Ausbildung im Fach Geoinformatik an der Technischen Universität Dresden erfolgt für die teilnehmenden Studierenden im dritten und vierten Fachsemester. Die Probanden sind Studierende im vierten Fachsemester des Bachelorstudiengangs Geographie. Sie verfügen über grundlegende theoretische Kenntnisse der Geoinformatik aus ihrem dritten Studiensemester und haben an einem Grundlagenseminar (EDV-Übung) teilgenommen, in dem sie die wesentlichen Möglichkeiten der Arbeit mit der Software ArcGIS kennengelernt haben. Die im Rahmen der Usability-Studie durchgeführten Aufgaben nutzen den Studierenden bereits bekannte Werkzeuge von ArcGIS und behandeln thematisch zum Seminar ähnliche Fragestellungen (Tabelle 1).

Aufgabe: Das wesentliche Ziel der durchzuführenden Aufgabe war es, verschiedene Berechnungen (Interpolationen, Abweichungen) auf einem Punktdatensatz (mittlere Lufttemperatur in Deutschland) durchzuführen und das Ergebnis als Karte im PDF-Format zu speichern.

Teilaufgabe	Beschreibung
TA0 Daten einladen	Die Aufgabe der Studierenden bestand darin, einen vorliegenden Datensatz (Punkt-Shapefile in einer File-Geodatabase) in einem Arc-Map-Projekt zu öffnen.
TA1 Visualisierung anpassen	Das Attribut der Lufttemperatur sollte anschließend durch eine geeignete Farbpalette (Colorramp) visualisiert werden.
TA2 Daten analysieren	Im Anschluss wurde der Umgang mit der Attributtabelle evaluiert, in dem die Studierenden eine konkrete Messstation entsprechend ihrer

	Messwerte ($T_{\max}$) identifizieren und ein einfaches statistisches Diagramm (Histogrammverteilung) erstellen sollten.
TA3 Daten verarbeiten und Ergebnisse interpretieren	Die Studierenden führten dann zwei Interpolationen (Inverse-Distance-Weighting) mit verschiedener Parametrisierung und unter Nutzung eines vorgegebenen Wizard-Menüs (Geostatistical Wizard) durch.
TA4 Interpolationsergebnis zuschneiden	Die Ergebnisse dieser Interpolationen sollten visuell erweitert und beschnitten werden (Extent).
TA5 Datenkonvertierung, -verarbeitung und Interpretation	In einem weiteren Arbeitsschritt sollte im Anschluss an eine Datenkonvertierung (Rasterung der Interpolationsergebnisse) die Abweichung zwischen den beiden Interpolationsergebnissen bestimmt werden. Hierfür sollte ein Werkzeug einer bestimmten Werkzeugsammlung (z. B. Raster Calculator der Toolbox Spatial Analyst) verwendet werden. Eine Interpretation der Ergebniskarte sollte Aufschluss darüber geben, wie hoch das methodische Verständnis für diese Berechnung bei den Studierenden ist.
TA6 Print-Karte erstellen	Den Abschluss bildete die Gestaltung einer einfachen Karte des zuvor erstellten Differenzbildes in einem vorgegebenen Maßstab mit zusätzlichen Kartenelementen (Titel, Legende, Maßstabsbalken). Final sollte dieses Resultat als PDF-Dokument exportiert und gespeichert werden.

Tabelle 1: Beschreibung der Aufgabe in der Usability-Studie

Die Studierenden wurde schrittweise verbal durch die Aufgaben geführt, hatten aber auch ein entsprechendes Aufgabenblatt zur Verfügung. Sie wurden darauf hingewiesen, bei Schwierigkeiten in der Aufgabenbearbeitung die Hilfe der Software nutzen zu können. Andere Hilfestellungen (z. B. die Google-Suche) waren nicht zugelassen. An definierten Stellen wurden bei Bedarf zusätzlich mündliche Hilfestellungen (keine Beschreibung des Lösungsweges, sondern Rückfragen über Methodik) gegeben. Den Probanden stand eine Zeit von maximal 45 Minuten zur Verfügung. Der benötigte Aufwand für einen ArcGIS-Experten lag bei ca. 7 Minuten. Insgesamt nahmen 36 Probanden an der Studie teil. Bei zwei der Probanden wurde der Test vorzeitig abgebrochen, weil die individuellen Fähigkeiten nicht ausreichend waren, um die Aufgabe (auch mit Hilfestellungen) zu bearbeiten.

Während der Bearbeitung der Aufgaben wurden die Augenbewegungen, d. h. die Blicksprünge (Sakkaden) und die Fokussierungen (Fixationen) der Probanden (Länge und Anzahl), sowie die Mausklicks und die Bearbeitungsdauer aufgezeichnet. Die Messungen der Augenbewe-

gungen gaben u. a. Aufschluss darüber, welche Bereiche in der Software ArcGIS nicht betrachtet wurden. Dazu gehören z. B. Schaltflächen in der Attributtabelle oder Hilfetexte in der Werkzeugsammlung (Toolbox). Weiterhin konnte daraus ermittelt werden, welche Bereiche sukzessiv abgescannt wurden, um passende Informationen oder Menüs zu finden, z. B. die Einstellung zu definierten Intervallen zur Einfärbung von Punkten (Abbildung 2), und welche Menüs bzw. Informationen zielgerichtet angesteuert wurden. Darüber hinaus können aus der Analyse der Bearbeitungsdauer und der Anzahl durchgeführter Mausklicks in Relation zu mindestens benötigten Mausklicks, abgeleitet werden, welche Teilaufgaben besonders aufwendig zu bearbeiten waren.

Für die Aufzeichnung der Blickbewegungsdaten wurde der stationäre Eyetracker Tobii Pro X2-60 zusammen mit der Software Tobii Pro Studio verwendet. Gleichzeitig wurden die Probanden gebeten ihre Arbeit zu kommentieren (Methode des „Lauten Denkens“), um die Intentionen des Probanden mit seinem Verhalten in Verbindung setzen zu können. Wesentliche Kommentare, insbesondere bei Schwierigkeiten in der Bearbeitung der Aufgaben wurden durch den Studienleiter / die Studienleiterin schriftlich notiert und standen ebenfalls für die Auswertung zur Verfügung.

3 Ergebnisse

ArcGIS ist eine umfangreiche Expertensoftware mit zahlreichen Datenverarbeitungs- und Visualisierungsoptionen, die in verschiedenen Modi und teils geschachtelten Menüs parametrisiert und ausgeführt werden können. Tabelle 2 strukturiert die Informationen, Interaktionen und Visualisierungsformen, die für die Probanden wenig intuitiv nutzbar waren und beschreibt die zugehörigen Usability-Probleme (UP).

Kategorie des Problems	Usability-Problem [betrachtete Messgröße(n)]
Informationen [INF] fehlen oder sind an, im Workflow bzw. in der GUI, falschen Positionen verfügbar gemacht	UP1) Unpassende Suche in der Hilfe als Informationsquelle und Link zu Werkzeugen fehlt [Sakkadenlänge und -häufigkeit] UP2) Hinweise und Fehlermeldungen sind uneindeutig [Bearbeitungsdauer, Fixationen in AOI] UP3) Statusanzeige der Verarbeitung fehlt [Anzahl Fixationen und Sakkaden]
Interaktionen [IA] sind unpassend, fehlen oder sollen in einer unpassenden Reihenfolge ausgeführt werden	UP4) Definieren von Datenverzeichnissen (Folder Connection) [Bearbeitungsdauer, Anzahl von Fixationen] UP5) Navigation in tief verschachtelten Menüs [Anzahl Fixationen und Sakkaden] UP6) (De-)Aktivieren von Funktions-Erweiterungen (Extensions) [Bearbeitungsdauer, Anzahl und Länge Fixationen]

	UP7) Werkzeugsammlung (Toolbox) als interaktiver Baum nur auf vorstrukturierten Pfaden navigierbar [Bearbeitungsdauer, Anzahl Fixationen] UP8) Trennung von Daten- und Layout-Bearbeitungsmodus (Data und Layout View) [Fixationen in AOI, Sakkadenlänge]
Visualisierungen [VIS] der Informationen fehlen oder sind unpassend	UP9) Anzeige des Datenverarbeitungsstatus und der Fertigstellung von Daten ungünstig platziert [Länge der Sakkaden, Fixationen in AOI] UP10) Strukturierung der Werkzeuge nur nach vordefinierter Sortierung vorhanden [Bearbeitungsdauer, Anzahl und Verteilung der Fixationen]

Tabelle 2: Usability-Probleme (UP) in ArcGIS

Dabei ist herauszustellen, dass die Software ArcGIS über Mechanismen und Inhalte verfügt, die für Anfänger bzw. Nutzer mit geringem oder wenig gefestigtem Grundwissen hinsichtlich der ArcGIS-Nutzung wenig intuitiv sind, die von erfahrenen Nutzern hingegen präzise verwendet werden. Dies spiegelt sich u. a. in der benötigten Bearbeitungszeit der oben aufgeführten Aufgaben wider. Der schnellste Proband (Erfahrung aus anderen Seminaren und gezielte Vorbereitung auf die Studie) konnte in 12 Minuten die Aufgaben beenden. In Einzelfällen genügten dafür die maximal vorgesehenen 45 Minuten nicht.

Die langen Bearbeitungszeiten entstanden u. a. durch die Suche nach Informationen und Einstellungen (Tabelle 2, [INF]), durch Probleme hinsichtlich der Interaktion mit der Software (Tabelle 2, [IA]) und durch unpassende Visualisierungen (Tabelle 2, [VIS]). Usability-Probleme, die das Auffinden von Informationen behandeln bzw. thematisieren sind u. a. die Hilfe, Hinweise und Fehlermeldungen sowie Statusanzeigen von Verarbeitungen (UP1-3).

Ein Grund für eine lange Bearbeitungsdauer war die Nutzung der Hilfe (Tabelle 2, UP1). Die Nutzung der Suche in der Hilfe war für viele Studierende nicht selbstverständlich. Sie gaben an, bisher Google anstelle der internen Hilfe mit Suchfunktion verwendet zu haben. Die Analysen zeigen, dass die Probanden einige Zeit brauchten, um den Aufbau der Hilfe zu verstehen und bspw. die nicht sofort angezeigte Suchbox zu finden. Die Hilfe-Texte wurden vorwiegend gescannt statt gelesen. Die Probanden waren eher auf der Suche nach einem direkten Link zu dem gesuchten Tool, der im konkreten Fall nicht vorhanden war. Die in einigen Menüs ausklappbaren Direkthilfen wurden dagegen gar nicht wahrgenommen. Die vorliegenden Teilaufgaben waren so konstruiert, dass an einigen Stellen Fehlermeldungen von ArcMap provoziert wurden (Tabelle 2, UP2). Das betraf vor allem die im Ausgangszustand der Software ausgeschalteten Erweiterungen der Software (Extensions). Die Probanden mussten erkennen, dass es sich um ein Problem der nicht aktivierten Extension handelte, obwohl der Hinweis auf ein Lizenzproblem deutete („Unable to execute selected tool. You do not have the necessary license to execute the selected tool. ...“). Dies ist ein typisches Usability-Problem, welches durch Erlernen der Handhabung nach dieser Meldung korrekt interpretiert und dann behoben

werden kann, bei Anfängern aber große Probleme und im Zweifel sogar den Abbruch der Aufgabe auslöst. Die Probanden wünschten sich eine aussagekräftigere Meldung. Vor allem die durchzuführenden Berechnungen mit den Rasterdaten benötigten einige Sekunden Zeit bevor das Ergebnis bzw. eine Meldung über die erfolgreiche Berechnung angezeigt werden (Abbildung 1).

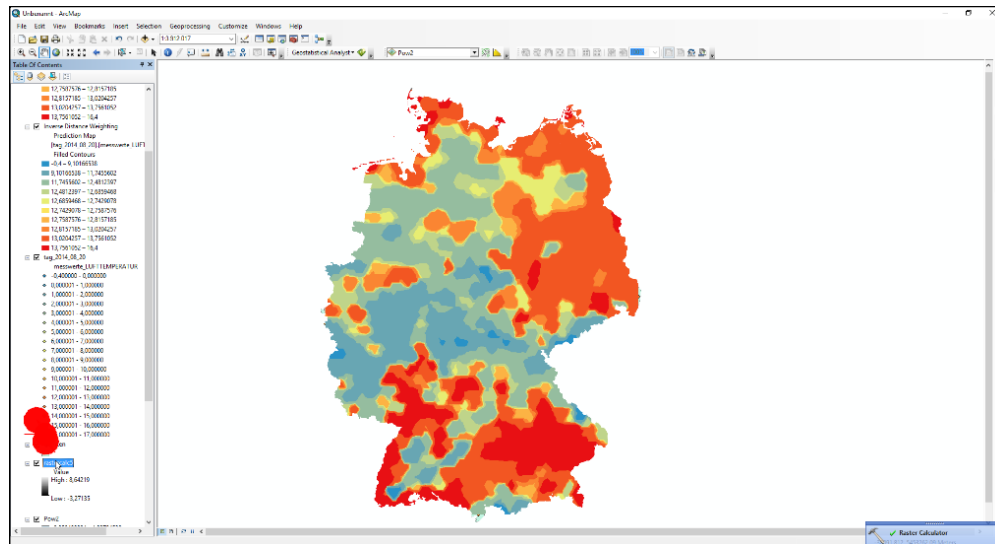


Abbildung 1: Screenshot der Software ArcMap mit Hinweis-Fenster über eine abgeschlossene Berechnung (rechts unten) und Fixationen eines Probanden auf das Ergebnis einer Datenverarbeitung (Rasterung, rote Kreise, links unten) in der Liste der verfügbaren Datenlayer

Da der Status dieses Prozesses jedoch nicht immer angezeigt wird, führt das zu Verwirrungen bei den Probanden, denen nicht bewusst ist, dass eine entsprechende Berechnung tatsächlich läuft (Tabelle 2, UP3). Ein, wie bereits 1995 von Nielsen geforderter sichtbarer Systemstatus (Nielsen 1995), z. B. wie in anderen Softwareprodukten üblicher, Statusbalken (bei jeder Berechnung) fehlt.

Über die Usability-Probleme zu unpassenden Informationen hinaus, verfügt ArcGIS auch über solche, die Interaktionen mit der Software behandeln, z. B. zum Einladen von Daten, innerhalb der Werkzeugsammlung (Toolbox), generell in verschiedenen Bearbeitungsmodi oder stark verschachtelten Menüs (Tabelle 2, UP4-9).

Der modulare Charakter von ArcGIS, mit seiner teilweisen Trennung von ArcMap (als Software zur Bearbeitung und Visualisierung von Daten) und ArcCatalog (als Software zur Verwaltung der Daten), wurde von den Probanden unterschiedlich genutzt. In ArcMap können Daten nur aus einem Ordner mit einer zuvor gesetzten Verbindung (Folder Connection) eingeladen werden (Tabelle 2, UP4). Das Definieren einer solchen Verbindung ist innerhalb von ArcMap über zwei verschiedene Menüs und außerhalb von ArcMap über den ArcCatalog möglich.

Es ist deutlich geworden, dass die meisten Probanden wussten, dass eine solche Folder Connection hergestellt werden muss. Dennoch versuchte der überwiegende Teil der Probanden intuitiv, sich durch eine klassische Ordnerstruktur zu den zu verwendenden Daten zu navigieren. Erst als das nicht funktionierte, wurde eine nötige Folder Connection eingerichtet. Die intuitive Nutzung steht hier also ebenfalls im Spannungsfeld mit der Erlernbarkeit der Softwarenutzung. Aus programmieretechnischer Sicht sollte das Entfernen der zwingend erforderlichen Folder Connection unproblematisch sein und das Usability-Problem schnell beheben.

Auf Grund der Vorkenntnisse der Probanden erfolgten viele der Arbeitsschritte intuitiv, soweit mit der Aufgabenstellung ein möglicher Lösungsweg bekannt war. Anders verhält es sich, wenn methodisch klar war, was zu tun ist, aber der Aufruf der passenden Funktionen (Menü, Pfad dorthin) nicht bekannt war. Das Verhalten der Probanden änderte sich in ein unstrukturiertes Suchen auf dem Bildschirm (hohe Anzahl an Such-Sakkaden). Von den Probanden wurde überwiegend auf ein Entdecken als auf Auffinden spekuliert. Dies konnte durch Nachbesprechungen der Aufgabe mit den Probanden bestätigt werden.

Dabei wirkten sich insbesondere die hohe Anzahl der Menüs sowie die tiefen Verschachtelungsebenen und zahlreichen Optionen negativ auf das Auffinden aus (Tabelle 2, UP5). Zum Neueinfärben der Karte (Tabelle 1, TA1) müssen bspw. neun Menüpunkte ausgewählt werden (Layer -> Properties -> Symbology -> Quantities -> Graduated Symbols -> Attribut wählen -> Classify -> Defined Interval -> Interval Size). Solche komplexen Arbeitsabfolgen erfordern ein hohes Erinnerungsvermögen bzw. eine häufige Wiederholung, um die entsprechenden Pfade sicher zu kennen (im Gegensatz zu Recognition rather than recall, vgl. Nielsen (1995)). Alternativ dazu müssen vielen Oberflächen nach passenden Optionen abgesucht werden (Abbildung 2).



Abbildung 2: Unterstes Menü zum Einfärben der Karte und Scanpfad eines Probanden im sicheren (links) und weniger sicherem (rechts) Umgang mit den Funktionen (Fixationen als nummerierte Kreise)

Die größten Schwierigkeiten bereitete der Umgang mit der Werkzeugsammlung (Toolbox) (Tabelle 2, UP7). Vielen Probanden war, wie durch das Laute Denken mitgeteilt, bewusst, welche Funktionalität sie aus methodischer Sicht suchten. Die wenigstens waren aber in der

Lage zielgerichtet zu einem der entsprechenden Werkzeuge (Tools) zu navigieren (z. B. zum Raster Calculator). Die baumstrukturierte Anordnung der Werkzeuge (Tools) erlaubt dabei nur Interaktionen auf den vorgegebenen (hierarchischen) Pfaden (Toolsets). Eine Navigation über Toolsets hinaus innerhalb einer Detailebene ist nicht möglich, wodurch die Suche nach einem Werkzeug den ständigen Wechsel in den Ebenen erzwingt.

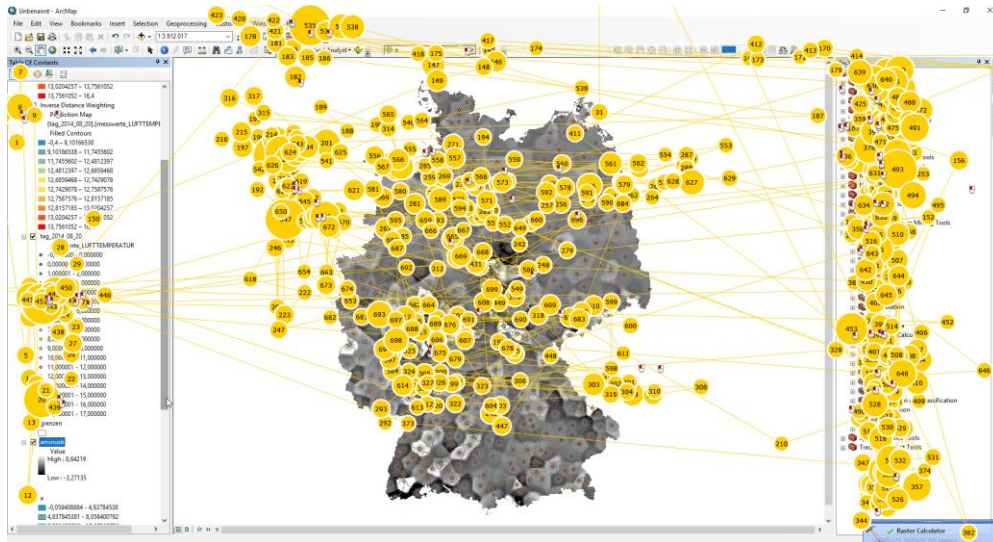


Abbildung 3: Auswahl eines Werkzeuges aus der Toolbox (rechts) und Betrachtung des Ergebnisses in der Layerübersicht (links) und auf der Karte eines Probanden

ArcGIS bietet verschiedene Bearbeitungsmodi, wie den Editiermodus, den Daten- und den Layoutmodus an (Tabelle 2, UP8). Erste Auswertungen der Fixationen in den Modi-Wechsel-Buttons als AOI zeigten, dass diese nur dann fixiert und entsprechend genutzt werden, wenn deren Existenz und Position bekannt sind. Ein Auffinden bei Nichtwissen konnte während der Studie nicht festgestellt werden. Die Probanden hatten zum Teil große Schwierigkeiten, ihre Arbeiten zwischen dem Bearbeitungsmodus und Layoutmodus von ArcMap zu koordinieren. Die Notwendigkeit einer Unterscheidung schien ihnen nicht plausibel zu sein.

Die Visualisierungsform von Informationen ist zum Teil essentiell für deren sinnvolle Nutzung. Beispielhaft dafür ist die fehlende Anzeige eines Berechnungsstatus zusammen mit dem final nur unten rechts dargestellten Hinweis über die Fertigstellung. Die Probanden arbeiteten entweder 1) sofort weiter und suchten die Ergebniskarte, 2) fokussierten während der Berechnung durch ArcGIS im Wechsel Layerübersicht (TOC) (links in der GUI) und Einblendposition des Ergebnishinweis (unten rechts in der GUI) oder 3) beachteten den Hinweis zur Fertigstellung bewusst nicht und interpretierten die Anzeige der Ergebniskarte in der Layerübersicht als Hinweis für das Ende der Berechnung. Alle drei Vorgehensweisen verdeutlichen, dass eine dauerhaft sichtbare Statusanzeige, möglichst in der Nähe der Layerübersicht platziert werden sollte.

Die hierarchische Strukturierung der Werkzeugsammlung (Toolbox) bietet nicht nur aus interaktiven Gründen Verbesserungspotenzial, sondern auch hinsichtlich des Verständnisses über Zusammenhänge von Werkzeugen (Abbildung 3). In der Praxis werden so vielfältige Problemstellungen mit der Anwendung ArcGIS bearbeitet, dass verschiedene thematische Zugänge zu den Werkzeugen sinnvoll wären. In der Usability-Studie war bspw. ein Problem der Probanden, dass selbst nach der erfolgreichen Ermittlung eines passenden Werkzeugnamens der Weg zum Aufrufen des Werkzeuges nicht klar war. Eine Anordnung der Werkzeuge als Netz, wie in Brauners (2015) Concept Map zu Geooperatoren (Abbildung 12, S. 102) würde sowohl die Interaktionspfade verkürzen als auch das Verstehen von Zusammenhängen zwischen den Werkzeugen und den verschiedenartigen Zugängen zu diesen ermöglichen.

Grundsätzlich zeigt sich, dass die Probanden, die wie bereits beschrieben, grundlegende Kenntnisse im Umgang mit ArcGIS haben, sehr viel Zeit dafür aufwenden die notwendige Methodik (die sie kennen), in ArcGIS umzusetzen. Der zeitliche Aufwand der für das Suchen der Tools benötigt wird, überschreitet dabei meist den Aufwand, der für die eigentliche Bearbeitung der Aufgaben benötigt wird.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen, in welcher Form Studierende im Bachelorstudiengang Geographie eine gegebene Aufgabe mit Hilfe von ArcGIS bearbeiten. ArcGIS bietet einen Funktionsumfang wie kein anderes derzeit verfügbares Geoinformationssystem und verfügt daher hinsichtlich seiner Usability über verschiedene Stärken, wie das Bereitstellen von Funktionen über verschiedene Wege, und über Schwächen, z. B. in der Nutzung durch unerfahrene bzw. wenig erfahrene Nutzer. In der Bewertung der Ergebnisse kann nicht nur hinsichtlich Problemart (Information, Visualisierung und Interaktion) unterschieden werden, sondern auch hinsichtlich der Schwere des Problems. So kann beispielsweise Usability-Problemen zu komplexen Navigationswegen durch Erlernen der Wege entgegengewirkt werden (z. B. Tabelle 2, UP4-8). Eine teilweise überschneidende Menge an Usability-Problemen, die vermutlich aus dem sukzessiven Ausbau der Software über einen langen Zeitraum entstanden ist, kann durch Rückbau entgegengewirkt werden, wie z. B. die unnötige Definition von Folder Connections (UP4), die nutzergetriebene Aktivierung von Extensions (UP4) oder das Umschalten zwischen den Bearbeitungsmodi (UP8). Andere Typen von Usability-Problemen, wie z. B. die Visualisierung des Systemstatus und der Zusammenhänge zwischen Werkzeugen sollten durch neuartige User-Interface-Konzepte, z. B. etablierte Konzepte anderer Fachdomänen, optimiert werden.

Die durchgeführte Usability-Studie soll den Beginn einer Langzeitstudie bilden, die einerseits die gleichen Studierenden im späteren Verlauf ihres Studiums erneut hinsichtlich der ArcGIS-Nutzung überprüft und um die Ergebnisse zukünftiger Jahrgänge ergänzt. Letztendlich ist es das Ziel der Usability-Studie, die Weiterentwicklung von ArcGIS als eines der wichtigsten Werkzeuge der Geodatenverarbeitung zu unterstützen.

Literaturverzeichnis

- Brauner, J. (2015). *Formalizations for geoperators - geoprocessing in Spatial Data Infrastructures*, Dissertation, Technische Universität Dresden.
- Bulens, J., Vullings, W., Houtkamp, J., Vanmeulebrouk, B. (2013) *Usability of Discovery Portals*. AG-ILE, Leuven, Belgium.
- Haklay M. & Tobon C (2003). *Usability evaluation for web based GIS: ensuring that portals are useful*. Web presentation.
- Haklay, M. & Zafiri A (2008). *Usability Engineering for GIS: Learning from a Screenshot*. The Cartographic Journal, Vol: 45, S. 87–97, DOI: 10.1179/174327708X305085, 2.
- He, X., Persson, H., Östman, A. (2012). *Geoportal usability evaluation*. International Journal of Spatial Data Infrastructures Research, DOI: 10.2902/1725-0463.2012.07.art5.
- Henzen, C. (2018). *Usability von Webanwendungen in Geodateninfrastrukturen*. gis.SCIENCE.
- Henzen, C. & Bernard, L. (2013). *Usability für Geoportale am Beispiel der Konzeption des Geoportal Sachsen*. Kartographische Nachrichten, Nr. 5.
- Komarkova, J., Jakoubek, K., Hub, M. (2009). *Usability Evaluation of Web-based GIS – Case Study*. iiWAS, S. 557–561.
- Lathrop, R., Auermuller, L., Trimble, J., Bogner, J. (2014). *The Application of WebGIS Tools for Visualizing Coastal Flooding Vulnerability and Planning for Resiliency: The New Jersey Experience*. IJGI, Vol: 3, S. 408–429, DOI: 10.3390/ijgi3020408, 2.
- Nielsen, J. (1995). *10 Usability Heuristics for User Interface Design*, <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>, abgerufen am: 2018-07-09.
- Resch, B., Zimmer, B. (2013). *User Experience Design in Professional Map-Based Geo-Portals*. IJGI, Vol: 2, S. 1015–1037, DOI: 10.3390/ijgi2041015, 4.