

USABILITY VON WEBANWENDUNGEN IN GEODATENINFRASTRUKTUREN

Christin Henzen

Zusammenfassung: Die Anforderungen an die Usability von Webanwendungen in Geodateninfrastrukturen (GI-Webanwendungen) wachsen mit der Vielzahl und Heterogenität der Nutzer, die solche Anwendungen über das Web aufrufen und verwenden können. Obwohl die Bedeutung der Usability in der GI-Domäne bereits in der Wirtschaft und der Wissenschaft bekannt ist, finden sich derzeit immer noch GI-Webanwendungen mit vielen oder großen Usability-Problemen im Web. In diesem Beitrag wird zunächst als Ergebnis einer Literaturrecherche dargestellt, welche Arten von Usability-Studien bisher durchgeführt wurden, um GI-Usability-Probleme zu ermitteln. Darüber hinaus werden am Beispiel zweier Studien die Durchführungen und die Ergebnisse von Expertenmethoden beschrieben, die es erlauben, ohne aufwendige Nutzerbefragungen oder -beobachtungen komplexe Usability-Probleme aufzudecken. Die Zusammenfassung der Recherche und der selbst durchgeführten Studien bildet eine Sammlung von Usability-Problemen, die in verschiedenen GI-Webanwendungen auftreten können. Außerdem wird auf diese Weise gezeigt, dass einige Probleme mehrfach auftreten, zugleich aber auch Lösungen existieren, um diese Probleme zu vermeiden.

Schlüsselwörter: Usability, Usability-Studie, Expertenevaluierung, Geodateninfrastruktur, GI-Webanwendung, Geoportal, Kartenwebseiten

USABILITY OF WEB APPLICATIONS IN GEODATA INFRASTRUCTURES

Abstract: Usability of GI Web applications is already known as an important factor for the acceptance of those applications and their related geodata infrastructure. However, there are still GI Web applications, such as geoportals or Web map sites with many or considerable usability problems. In this paper, we start with a detailed overview of performed usability evaluations and show which kind of usability studies should be used to discover complex usability problems. We perform two expert evaluations, so called usability inspections, based on a Google feature list btw. a typical search user task, as performed in scientific or governmental GI Web applications. We provide a summary of the investigation and performed usability inspections as functionally structured list with typical btw. recurring usability problems, which can be used to avoid these problems when developing new GI Web applications.

Keywords: Usability, usability evaluation, inspections, spatial data infrastructure, GI Web application, geoportals, Web map application

Autorin

Dr.-Ing. Christin Henzen
Technische Universität Dresden
Professur für Geoinformatik
Helmholtzstraße 10
D-01069 Dresden
E: christin.henzen@tu-dresden.de

1 EINLEITUNG/MOTIVATION

Ein Geowissenschaftler sucht Geodaten über Landwirtschaft und möchte sich über deren Entstehung informieren. Ein solches oder ähnliches Szenario über die Recherche von Geodaten findet sich derzeit in vielen Forschungsprojekten, z.B. in dem Projekt GLUES (Global Assessment of Land Use Dynamics, Greenhouse Gas Emissions and Ecosystem Services) zum nachhaltigen Landmanagement, wieder. Daher lassen sich auch Aussagen über die Erwartungshaltungen solcher Wissenschaftler machen, die für die Entwicklung bzw. Überarbeitung von Webanwendungen in Geodateninfrastrukturen (GI-Webanwendungen), z.B. Geoportale oder Kartenwebseiten, von Bedeutung sind. So fordern beispielsweise nicht nur Wissenschaftler, sondern auch Mitarbeiter von Behörden oder interessierte Bürger einen einfachen, Google-ähnlichen Zugang zu Geodaten – eine einfache Suchmaske, eine strukturierte Trefferliste und passende Filter, falls die Trefferliste sehr umfangreich ist (Abbildung 1). Im Gegensatz dazu finden diese Nutzer allerdings oft komplexe Benutzeroberflächen (User-Interfaces) mit zahlreichen Eingabe-, Filter- oder Bearbeitungsmöglichkeiten sowie nicht autoplausible, technische Begriffe ohne Hilfestellungen (Abbildung 2) (Bulens 2013, Henzen & Bernard 2013, Larson et al. 2006).

Warum können also GI-Webanwendungen nicht einfach wie weitverbreitete Such-User-Interfaces, z.B. Google, aufgebaut werden, um deren Usability zu verbessern? Studien zeigten, dass Nutzer Geodaten so einfach wie bei Google suchen wollen, das heißt, sie wollen bekannte User-Interfaces oder Interaktionen der bekannten Suchmaschine in GI-Webanwendungen wiederfinden. Dies bedeutet auch, dass bestehende, praxistaugliche Lösungen nachgenutzt werden können und sollten (Henzen & Bernard 2013, Resch & Zimmer 2013). Google stellt aber keine Universallösung dar. Es gibt Funktionen oder Visualisierungen, die für die Geo-Domäne nützlich sind, aber von Google nicht implementiert werden, z.B. das Visualisieren von Daten, die über einen Dienst bereitgestellt werden oder das eingangs beschriebene Darstellen der Historie von Daten.

GI-Webanwendungen sind bezüglich ihrer Softwarearchitektur oder Nutzungsanforderungen mitunter sehr umfangreich,

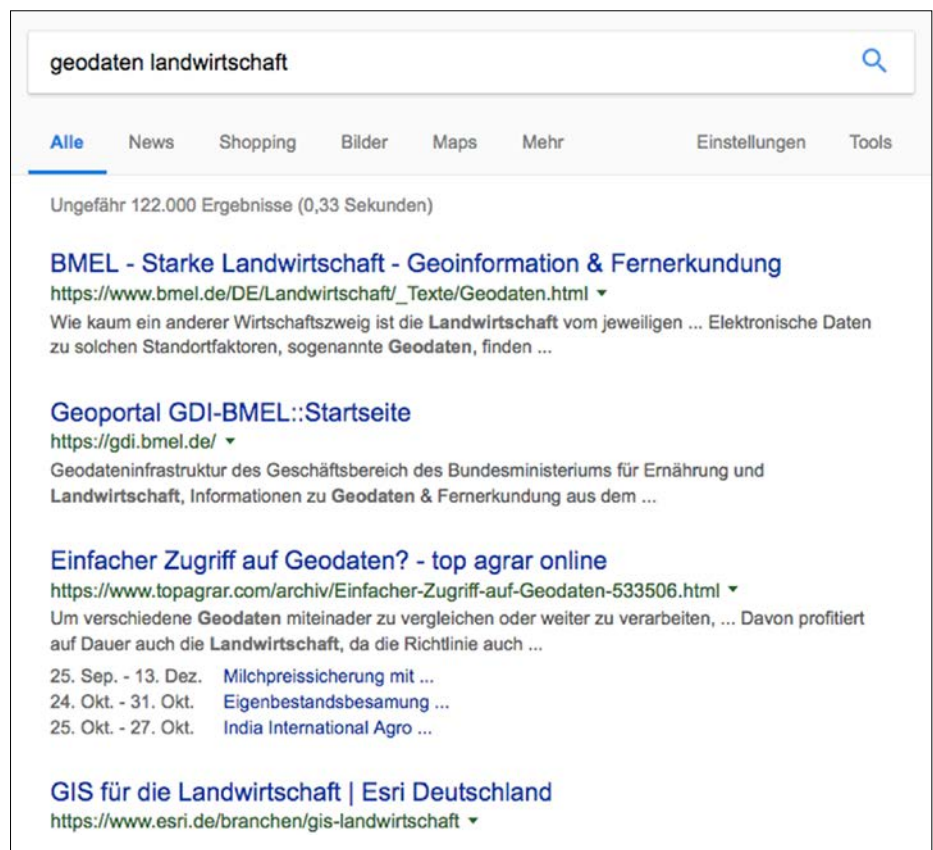


Abbildung 1: Suche nach Geodaten zum Thema Landwirtschaft mittels Google

wodurch komplexe Usability-Probleme entstehen können. Dieser Beitrag betrachtet zunächst bereits durchgeführte Usability-Studien und dabei ermittelte Probleme. Methoden zur Erkennung der komplexen Usability-Probleme, wie sie beispielsweise in anderen Fachgebieten eingesetzt werden, fehlen meist für GI-Webanwendungen. Es wird daher überprüft, ob diese bisher wenig genutzten Evaluierungsmethoden, wie Expertentests, eingesetzt werden können, um Usability-Probleme in GI-Webanwendungen zu ermitteln und ob die so gewonnenen Erkenntnisse bisherige Untersuchungen untermauern. Es wird auch gezeigt, welche typischen Google-Merkmale als Grundfunktionen einer Suche in den GI-Webanwendungen fehlen, bevor später GI-spezifische Funktionen analysiert werden.

Die funktionale Ähnlichkeit einiger derzeit verfügbarer GI-Webanwendungen lässt vermuten, dass auch die Umsetzungen und damit die auftretenden Usability-Probleme ähnlich sind. Es wird daher untersucht, ob es mehrfach auftretende Usability-Probleme gibt, für die eine genauere Betrachtung und Sammlung in einer zentralen Wissensbasis sinnvoll ist.

2 VERWANDTE ARBEITEN ZUR USABILITY IN GI-WEBANWENDUNGEN

Die Usability einer Software beschreibt die Qualität der Nutzung ebendieser. Dabei bewirkt eine gute Usability eine effektive, effiziente, subjektiv wie objektiv zufriedenstellende und im besten Fall begeisterte Nutzung einer Anwendung. In der GI-Domäne kann, wie in manch anderen Fachdomänen, die Usability aufgrund der Heterogenität der Nutzer für eine Anwendung verschieden bewertet werden.

Das Konzept der Usability kann metaphorisch als Eisberg verbildlicht werden (Abbildung 3). In diesem Fall ist die Usability einer Anwendung als sichtbarer aus der Wasseroberfläche herausragender Teil zu betrachten. Einflussfaktoren auf die Usability sind vielschichtig und entstehen aus Problemen in Metadaten und Daten (GI- und Daten-Usability), z.B. durch fehlende Metadaten oder Datenlücken, aus technischen Problemen, wie fehlerhafte Schnittstellenimplementierungen oder nicht verfügbare Dienste oder aus Programmierfehlern bzw. fehlenden Funktionen im User Interface.

Eine unzureichende Usability führt oft zu einer ineffizienten oder gar falschen Nutzung einer Anwendung und reduziert

Prozess		
Beschreibung	Name des Prozessors	Bezeichner der Verarbeitung
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Bezeichner der Quelle	Bezeichner der Dokumentation	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Kategorisierung		
Art der Ressource	Thematik	Art des Dienstes
Anwendung Attributart Datensatz Datenserie Dienst	Atmosphäre Bauwerke Binnengewässer Biologie Geowissenschaften	ESRI ArcGIS Geocoding Service ESRI ArcGIS Geodata Service ESRI ArcGIS Geoprocessing Service ESRI ArcGIS Globe Service ESRI ArcGIS Mapping Service
Schlagwort	Zugangsbeschränkung	Zugangskonditionen
<input type="text"/>	---	<input type="checkbox"/> vorhanden
Beschreibung		
Titel	Zusammenfassung	Name der Organisation
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Sprache (Ressource)	Herkunft	Geographischer Bezeichner
---	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Beschriebener Zeitraum		
von <input type="text"/>		
bis <input type="text"/>		
Ressource		
<input type="text"/> Datumstyp wählen	<input type="text"/> Operator wählen	<input type="text"/>

Abbildung 2: Ausschnitt aus der erweiterten Suche eines Metadatenkatalogs für die Suche nach Geodaten

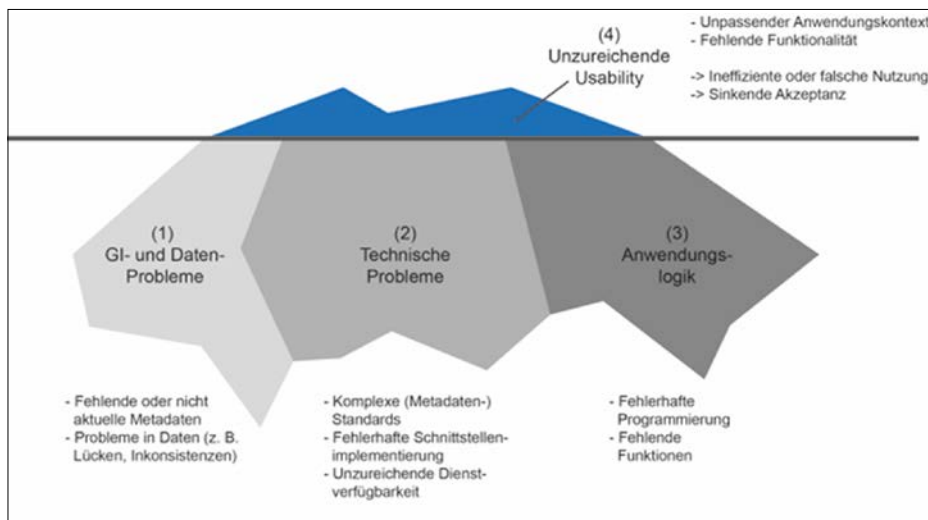


Abbildung 3: Einflüsse auf die Usability von GI-Webanwendungen

damit deren Akzeptanz. Im ungünstigsten Fall hat sie sogar Auswirkungen auf die Akzeptanz der eingebundenen Daten und Dienste und damit der gesamten Geodateninfrastruktur, in der die Anwendung bereitgestellt wird.

Bereits seit den 1990er-Jahren ist die Usability mit der GI-Domäne in Verbindung gebracht worden. Erste Untersuchungen thematisierten die Nutzerunfreundlichkeit und Komplexität von Geoinformationssystemen (GIS) (Traynor & Williams 1995). Die

GI-Webanwendungen, die sich zum Teil aus den GIS weiterentwickelt haben, weisen teilweise gleiche oder ähnliche Usability-Probleme auf. Typische Probleme umfassen unter anderem die Darstellung von Fehlermeldungen oder Sonderzeichen, die Strukturierung von Inhalten oder Auswahl-elementen sowie deren geeignete Anwendung und die Verfügbarkeit von Interaktionen im passenden Kontext (Fernandez-Wytenbach et al. 2008, Henzen & Bernard 2013, Resch & Zimmer 2013).

Mit der Anzahl der verfügbaren GI-Webanwendungen steigt derzeit auch die Bedeutung der Usability. Dies wird unter anderem durch die Vielzahl durchgeführter Untersuchungen bestätigt. Erste Forschungsarbeiten und Usability-Tests untersuchen kartenbezogene Aufgaben und Darstellungen in GIS und zeigen im Wesentlichen, dass die Systeme für Experten implementiert wurden und aufgrund teils verwirrender bzw. komplexer User-Interfaces stark verbesserungswürdig sind (Traynor & Williams 1995, Slocum et al. 2001, Haklay & Tobon 2002). Usability-Frameworks und nutzerzentrierte Designansätze untermauern die Komplexität der GI-Domäne und den damit verbundenen Einfluss auf die Usability (Koua & Kraak 2004, Marsh 2007, Haklay & Tobon 2003, Ellis et al. 2007, Wachowicz et al. 2005).

Die ersten Usability-Tests wurden zu Beginn des 21. Jahrhunderts entwickelt und durchgeführt. Für die Evaluierung von GIS bzw. später Web-GIS und Kartenwebseiten wurden überwiegend Fragebögen genutzt. Diese konnten mit anderen Methoden kombiniert werden, wie der kognitive Walkthrough, bei dem Experten eine Aufgabe so erfüllen, als ob sie einer zuvor bestimmten Nutzergruppe (z. B. Laien) angehören, oder dem „lauten Denken“, bei dem die Probanden ihr Handeln und ihre Gedanken erklären. Unkonventionelle Tests, wie eine Screenshot-Analyse (Haklay & Zafiri 2008), oder Langzeitstudien (Marsh 2007) erfolgten hingegen selten. Die Tests für Web-GIS bzw. Kartenwebseiten waren oftmals umfangreicher (mehr Probanden und detailliertere Auswertung) als Tests mit Geoportalen, die oft die Suche nach Geodaten fokussierten (siehe Tabelle 1). Probleme, die darin aufgezeigt wurden, treten teilweise immer noch in aktuellen GI-Webanwendungen auf und beziehen sich insbesondere auf das Design des User-Interfaces, z. B. fehlende Klarheit in der Strukturierung des User-Interfaces, fehlende Gruppierung von Interface-Elementen, unzureichende Kartengrößen und Interaktionen, z. B. fehlende Kartenfunktionen und unstrukturierte Toolbars, sowie inkonsistente Terminologien (Haklay & Tobon 2003, Haklay & Zafiri 2008, Komarkova et al. 2009, Lathrop et al. 2014, He et al. 2012, Bulens et al. 2013, Resch & Zimmer 2013, Henzen & Bernard 2013).

GI-Webanwendung	Usability-Test- bzw. Inspektions-Methoden [Anzahl evaluierter Systeme/Probanden]
Kartenwebseite	Fragetechniken (Joshi et al. 2014) [2/20] + Kognitiver Walkthrough (Çöltekin et al. 2009) [2/30] + Lautes Denken (Nivala et al. 2008) [4 (1)/24 (8)] + Workshops (Skarlatidou & Haklay 2005) [7/20+10] Heuristiken (Komarkova et al. 2007) [14/1]
Web-GIS	Fragetechniken (Komarkova et al. 2009) [7/165] + Gruppentests (Lathrop et al. 2014) [5,1/12,21,26,68] + Workshops (Haklay & Tobon 2003) [1/14,9,9] Screenshot-Analyse (Haklay & Zafiri 2008) [3/-]
Geoportal	Fragetechniken (He et al. 2012) [1/14], (Bulens et al. 2013) [3/5], (Resch & Zimmer 2013) [-/105], (Henzen & Bernard 2013) [1/22]

Tabelle 1: Überblick über durchgeführte Usability-Test- und Inspektions-Methoden in Kartenwebseiten, Web-GIS und Geoportalen

Grundsätzlich lässt sich feststellen, dass die Durchführung der Tests und die Bewertung der Ergebnisse für die verschiedenen GI-Webanwendungen deutlich variieren. Usability-Tests für Geoportale deckten beispielsweise die wesentlichen Usability-Probleme auf, waren aber nicht so vielschichtig wie die Tests zu Kartenwebseiten und Web-GIS. Im Gegensatz zu früheren Kartenwebseitentests (Nivala et al. 2008, Çöltekin et al. 2009) wurde oft nicht gezeigt, wie gemessene Werte in die Evaluierung und damit in die Erarbeitung von Empfehlungen für die Entwicklung neuer GI-Webanwendungen einfließen.

Tests an Geoportalen bestanden aus nutzerzentrierten Befragungen mit Fragebögen, die zu teilweise subjektiven Testergebnissen führten. Aus einer objektiven Expertensicht durchgeführte Inspektionen (z.B. Komarkova et al. 2007) wurden insgesamt nur selten bzw. mangelhaft (z.B. Herleitung und Zusammenstellung von Heuristiken nicht erkennbar) durchgeführt, obwohl diese das Potenzial für die Wiederverwendbarkeit des Inspektionsaufbaus und damit für die Vergleichbarkeit über einzelne Evaluierungen hinaus zeigen.

Es wurden bisher kaum vollständige Nutzeraufgaben, wie komplexe Such- und Visualisierungsprozesse (Bulens et al. 2013), sondern nur einzelne Aspekte oder Aufgabenteile analysiert (He et al. 2012). Dadurch blieben bisher Usability-Probleme bei komplexen Nutzerinteraktionen und hinsichtlich konsistenter Navigationskonzepte unerkannt. Auch den Kontext von Funktionalitäten, wo und wie eine Funktion bereitsteht, untersuchten nur wenige Tests.

Weiterhin fehlt es an Vergleichen zu etablierten Webanwendungen anderer Fachbereiche. Hinsichtlich der Suche stellen beispielsweise die Probanden der Tests selbst solche Vergleiche an, z. B. zu Google oder Amazon, systematische Analysen von Experten fehlen jedoch bisher. Infolgedessen ist das Suchen in GI-Webanwendungen bisher oft noch komplizierter als in anderen domänenspezifischen Webanwendungen, die nutzerzentrierte Suchunterstützungen, wie Suchempfehlungen, Informationen für vorherige Suchen und Funktionalitäten für die Personalisierung von User-Interfaces für die Suche unterstützen.

Derzeit werden bereits entwickelte Methoden für Usability-Inspektionen (Expertentests) und Usability-Tests (Nutzerstudien) sowie deren Ergebnisse für die Entwicklung von GI-Webanwendungen selten wiederverwendet, wodurch einerseits Usability-Probleme wiederholt auftreten und andererseits Ergebnisse mehrerer Tests nicht miteinander verglichen werden können. Es fehlt also nicht nur an einheitlichen und effizienten User-Interface- und Interaktionsdesigns, sondern zunächst auch oft an standardisierten, wiederverwendbaren und vergleichbaren Evaluierungsmethoden, wie beispielsweise GI-spezifischen Heuristiken, die an entsprechende Anwendungsfälle oder (funktionale) Ausrichtungen neuer Anwendungen leicht adaptierbar sind.

3 USABILITY-INSPEKTIONEN FÜR GI-WEBANWENDUNGEN

Bislang durchgeführte Usability-Studien für GI-Webanwendungen wenden vorwie-

gend nutzerzentrierte Evaluierungsmethoden an (He et al. 2012, Bulens et al. 2013, Resch & Zimmer 2013). In anderen Anwendungsdomänen wurden dagegen schon mehrere Usability-Inspektionen (u. a. verschiedenen Typs) durchgeführt, beispielsweise für Spiele (Desurvire et al. 2004) oder Onlinebibliotheken (Hartson et al. 2004), und positiv gegenüber anderen (Test-)Methoden bewertet (Desurvire et al. 2004).

In diesem Abschnitt werden exemplarisch Methodik und Ergebnisse zweier Usability-Inspektionen für GI-Webanwendungen beschrieben. Die Inspektionen wurden problemzentriert entwickelt und kombinieren Inspektionsmethoden und zu inspizierende GI-Webanwendungen derart, dass eine möglichst umfangreiche Sammlung von Usability-Problemen entsteht. Sie nutzen eine Methodik, die auch auf andere Anwendungen, zum Teil mit Anpassungen, angewendet werden und decken auch Usability-Probleme auf, die nicht nur in GI-Webanwendungen, sondern auch in anderen, z. B. nicht webbasierten, Anwendungen auftreten.

In der ersten Inspektion wird auf Basis einer Checkliste die Verfügbarkeit von Google-Merkmalen geprüft. Diese entsprechend nicht GI-spezifische Studie fokussiert die Suche. Die zweite Inspektion nutzt einen kognitiven Walkthrough, bei dem ein Experte Geodaten sucht und visualisieren lässt, also ein GI-Bezug vorhanden ist.

Die überprüften GI-Webanwendungen wurden so gewählt, dass sie sowohl technologisch (z. B. auf Basis von GeoNetwork, Esri, MapBender oder smart.finder

SDI entwickelt) als auch hinsichtlich der Zielgruppen (z. B. GLUES Metadatenkatalog überwiegend für Wissenschaftler, INSPIRE-Geoportal größtenteils für Behörden, Geoportal Deutschland unter anderem für Behörden, interessierte Bürger oder Wirtschaftsunternehmen) eine Vielfalt abbilden. Um dennoch eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse gewährleisten zu können, wurde in beiden Inspektionen das Geoportal Deutschland untersucht (siehe Tabelle 2 und Tabelle 3).

3.1 INSPEKTION VON MERKMALEN EINES SUCH-USER-INTERFACES

Die erste Studie basiert auf den Merkmalen des Google-User-Interfaces, die als (De-facto-)Standard-Elemente eines Such-User-Interfaces angenommen werden. Die 14 Merkmale des Google User-Interfaces lassen sich in die Kategorien gruppieren – Eingabe, Steuerung, Informationen und Personalisierung (Abbildung 4). Die Eingabemerkmale erlauben den Nutzern auszudrücken, wonach sie suchen. Nachdem eine Suche

abgesetzt wurde, können mithilfe der Steuerungsmerkmale Nutzereingaben modifiziert, z. B. verfeinert, werden. Informationsmerkmale zeigen verschiedene Informationen, z. B. zu den durchsuchbaren Datenbeständen oder Suchergebnissen an, und unterstützen Nutzer daher ebenso in allen Schritten des Suchprozesses wie die Personalisierungsmerkmale. Personalisierungen können sowohl für User-Interface-Elemente (z. B. Anpassen der Darstellung von Suchergebnissen) als auch für Interakti-



Abbildung 4: 14 kategorisierte Merkmale des Google-User-Interfaces. Kategorien: Eingabe (rot), Steuerung (grün), Informationen (blau) und Personalisierung (gelb).

onen (z.B. Anpassen von Werkzeugleisten) erfolgen.

Die Inspektion basiert auf einer Checkliste mit den 14 Merkmalen der Suche und überprüft zusätzlich zur Existenz auch den Kontext des Merkmals. Der Kontext beschreibt neben der Position eines User-Interface-Elements in Bezug zu anderen Elementen des User-Interface auch die Verfügbarkeit des Elements zum passenden Zeitpunkt im Interaktionsprozess (Workflow des Nutzers). Letzteres basiert auf der Annahme, dass User-Interface-Elemente, die nicht verfügbar sind, wenn sie benötigt werden, genauso hilfreich sind wie nicht implementierte User-Interface-Elemente.

Wesentliche Erkenntnis der Untersuchung ist die Heterogenität der Anwendungen, die zwar zumeist die gleichen Merkmale umsetzen, dies allerdings auf verschiedene Weise tun (siehe Tabelle 2). Weiterhin sind Eingabe- und Informationsmerkmale in den betrachteten Anwendungen fast vollständig wie in Google implementiert, Steuerungs- und Personalisierungsmerkmale hingegen nie vollständig. Die Probleme betreffen die erweiterte Suche, die Relevanzsortierung von Treffern und Hinweise über Fehler an den Nutzer. Zusätzlich führen Anordnungen im User-Interface zu Problemen, wie im GEOSS-Portal, in dem die einfache und die erweiterte Suche visuell nicht klar getrennt sind und scheinbar kombiniert nutzbar sind.

Zur Steuerung der Suche fehlen laut der Inspektion dynamische und feste Filter, die sich an die Datengrundlage bzw. Nutzerauswahl anpassen oder fest vorgegeben sind. Feste Filter sind zwar in einigen Anwendungen vorhanden, stehen aber im falschen Kontext, d.h. in versteckten Submenüs zur Verfügung. Anpassungsmöglichkeiten der Ergebnislisten, z. B. je nach Anzahl oder Heterogenität der Ergebnisse bzw. Nutzerbedürfnissen, konnten nur in einer Anwendung gefunden werden. Im EnerGEO-Knowledge-Portal kann der Nutzer entscheiden, ob die Ergebnisse nur durch Titel oder mit Titel und Beschreibung gelistet werden soll, eine individuelle Anpassung der Ergebnisliste ist allerdings nicht möglich.

Funktionen, wie das Vorschlagen verwandter Suchbegriffe oder das Darstellen ähnlicher Ergebnisse, fehlen in allen untersuchten Anwendungen, obwohl sie den Nutzer aus unerwünschten Sackgassen füh-

ren können. Lediglich das EnerGEO-Knowledge-Portal zeigt an, welche Ressourcen sich Nutzer ebenfalls angesehen haben.

Schließlich fehlen oftmals Personalisierungen, die Nutzern insbesondere bei wiederkehrenden Aufgaben Zeit ersparen, z. B. durch das Aufrufen abgespeicherter Suchanfragen oder durch Vorkonfiguration von Filtern. Im EnerGEO-Knowledge-Portal und im GLUES-Metadatenkatalog können Nutzer Suchabfragen speichern, Anpassungen des User-Interfaces oder andere Personalisierung sind allerdings nicht möglich.

3.2 AUFGABENORIENTIERTE INSPEKTION DER SUCHE

In der zweiten Usability-Studie wird eine komplexe Suchaufgabe mithilfe der Walkthrough-Methode evaluiert. Die Suchaufgabe umfasst eine Komplexität, wie sie bei der Recherche nach Daten für die Forschung auftritt (z. B. im Projekt GLUES). Der Nutzer führt dabei verschiedene Schritte der Suche aus und entscheidet individuell, ob die Suche über thematische, räumliche oder zeitliche Merkmale begonnen werden soll. Durch die Komplexität der Aufgabe kann eine vielschichtige Aussage über die Usability der jeweiligen Anwendung getroffen werden. Außerdem spiegelt sie typische Anwendungsfälle zur Recherche wissenschaftlicher bzw. behördlicher Geodaten (vgl. Mäs et al. 2014, Henzen & Kadner 2013) wieder.

Aufgabenstellung: Ein Nutzer sucht eine topographische Karte der Stadt Neustadt (in Sachsen, Deutschland) aus dem Jahr 1978. Bevor der Nutzer den entsprechenden Datensatz in seinem Desktop-GIS verwendet, möchte er zunächst überprüfen, ob der Datensatz seinen Anforderungen entspricht und evaluiert deshalb die verfügbaren Metadaten oder (falls vorhanden) andere Dokumentationen.

Idealer Lösungsweg: 1. Finden des Datensatzes zur topographischen Karte, 2. Positives Evaluieren der Metadaten, 3. Aufrufen einer Karte mit dem gefundenen Datensatz, 4. Schließen der Karte und Zurückkehren zum Metadateneintrag, um Downloadinformationen zu erhalten, 5. Downloaden des Datensatzes.

Die Aufgabenstellung wurde nacheinander in jeder Webanwendung durchgeführt. Wesentliche Schritte bzw. Eingaben sowie Reaktionen der Anwendung wurden dokumentiert (vgl. Tabelle 3).

Die Studie zeigte, dass GI-Webanwendungen verschiedene User-Interfaces bzw. Interaktionen anbieten, um Nutzer bei der Visualisierung oder Suche von Geodaten zu unterstützen (Tabelle 3). Es unterscheiden sich auch die Anzahlen benötigter Schritte zur Erreichung des vorgegebenen Ziels, wobei die Anzahl der Schritte nicht proportional zur Anzahl an Usability-Problemen ist.

Kernprobleme der untersuchten Anwendungen treten während der Interaktion auf. Sie treten oft bei der Navigation zwischen Ergebnisliste, Detailansicht eines Ergebnisses und dessen Visualisierung auf der Karte auf. Suchergebnisse werden zurückgesetzt (z. B. im GEOSS-Portal und Geoportal Deutschland), Navigationspfade fehlen, z. B. ein Zurück-Button oder Verlinkungen zwischen logisch verknüpften Ergebnissen. Letzteres betrifft besonders die in GI-Webanwendungen häufig gesuchten Daten und verknüpften Dienste, zwischen deren Beschreibungen ein Nutzer leicht navigieren möchte.

Auch bei der Suche nach raum-zeitvarianten Daten ist die Usability der untersuchten Anwendungen verbesserungswürdig. So sind zum Beispiel die User-Interface-Elemente für das Auswählen von Zeitpunkten, Zeitspannen oder räumlichen Ausschnitten schwer benutzbar. Denn die Menüs sind nicht an die von der Anwendung bereitgestellten Daten und Dienste angepasst und beispielsweise erlauben Kalendermenüs kein monats- oder jahresscharfes Definieren eines Datums und gängige Datumsformate werden nicht unterstützt. Für die ortsbezogene Suche, z. B. nach Gemeinden, fehlen passende User-Interface-Elemente, da das allgemeine Suchfeld die Ortsinformation zumeist nicht gesondert auswertet und Suchen mittels Karte oftmals nicht mit Suchen über das Suchfeld kombiniert werden können. Darüber hinaus werden den Nutzern oft keine Hinweise über fehlerhafte Eingaben, beispielsweise der Raum- oder Zeitinformation, bzw. Korrekturvorschläge angeboten. Typische Meldungen weisen lediglich darauf hin, dass ein Fehler aufgetreten sei bzw. der Administrator verständigt werden sollte.

Letztlich könnten intelligentere User-Interfaces die Usability und damit die Zufriedenheit, Effizienz bzw. Effektivität der Nutzer verbessern. Dies umfasst zum Beispiel das Verstecken oder Schließen lee-

Kategorie	Nummer	Merkmale des User-Interfaces für die Suche	GEOSS-Portal ¹	INSPIRE-Geoportal ²	Geoportal Deutschland ³	EnerGEO-Knowledge-Geoportal ⁴	GeoNetwork ⁵	GLUES Metadaten-katalog ⁶
Eingabe	1	Suchbox	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	8	Erweiterte Suche	(✓)	✓	(✓)	✓	✓	✓
Informationen	2	Ergebnisliste nach Relevanz sortiert	✓	✓	✓	✓	✓	–
	3	Seiten navigationsmenü	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	10	Indikator über gefundene Trefferzahl	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	11	Information über Fehler	–	–	(✓)	–	✓	–
Steuerung	4	(Feste Menge an) Filteroptionen	(✓)	✓	✓	(✓)	(✓)	(✓)
	5	Dynamische Menge relevanter Filter	–	(✓)	✓	–	✓	–
	6	Ergebnisbereich zum Einschränken	–	(✓)	✓	–	–	–
	7	Veränderbare Darstellungsformen	–	–	–	✓	–	–
	9	Empfehlungen für verwandte Anfragen	–	–	–	(✓)	–	–
Personalisierung	14	Personalisierbare Merkmale	–	–	–	(✓)	–	(✓)
	13	Personalisierung: Einstellungsmöglichkeiten	–	–	–	–	–	–
	12	Information über (eigene) vorherige Suchanfragen	–	–	–	–	–	–
		Umgesetzte Merkmale (Umgesetzte Merkmale im falschen Kontext) ⁷	6 (2)	8 (2)	9 (2)	9 (3)	8 (1)	6 (2)

Tabelle 2: Evaluierung von Suchmerkmalen in sechs GI-Webanwendungen (vorhandene Merkmale sind mit ✓ markiert, vorhandene Merkmale im falschen Kontext mit (✓); Merkmale sind blau hervorgehoben, wenn sie in allen GI-Webanwendungen vorhanden sind)

¹ Global Earth Observation System of Systems; <http://www.geoportal.org>

² Infrastructure for Spatial Information in the European Community; <http://inspire-geoportal.ec.europa.eu>

³ Teil der nationalen Geodateninfrastruktur von Deutschland; <http://www.geoportal.de>

⁴ Teil des EU FP7 EnerGEO Projekts; <http://energeo.researchstudio.at/energeo>

⁵ Für die Inspektion wurde der GeoNetwork Katalog in der Version 2.6.4 verwendet.

⁶ Metadatenkatalog des Forschungsprojekts GLUES; <http://catalog-glues.ufz.de/terraCatalog>

⁷ Merkmale, die in einem unpassenden Kontext angeboten werden, können durch den Nutzer für eine bestimmte Aufgabe nicht genutzt werden, weil sie in tiefen Untermenüs versteckt sind oder nur einen Teil der gewünschten Funktionalität anbieten.

rer Tabs in strukturierten Ergebnislisten oder auch das Anpassen der Suchlogik an die verfügbaren Ressourcen (z. B. nur sinnvolle Filter anbieten), wie es die Nutzer von Webplattformen anderer Domänen kennen.

4 DISKUSSION DER ERGEBNISSE

Es existieren bereits viele Usability-Evaluierungsmethoden, die zur Bewertung der GI-Webanwendungen hinsichtlich ihrer Usability einsetzbar sind. Eine Literaturrecherche zeigte, dass bisherige Studien überwiegend Fragebögen nutzten und zusätzlich Nutzerinteraktionen oder Bemerkungen mithilfe einer Software aufzeichneten. Usabili-

ty-Inspektionen, die Evaluierungen durch Experten, werden für die Bewertung von GI-Webanwendungen nur selten eingesetzt, obwohl sie das Potenzial haben, auch komplexere Usability-Probleme (kostengünstig) ohne große nutzergetriebene Studie aufzudecken. Bisher durchgeführte Studien thematisieren oft Visualisierungen oder Interaktionen mit Karten anstelle der Suche von GI-Ressourcen. Dies lässt sich auf die spätere Entwicklung von Daten- bzw. Metadatenkatalogen und anderen Suchsystemen zurückführen.

Sowohl die recherchierten als auch die hier vorgestellten Studien untermauern die Veränderung der Anwendungsziele von GI-

Webanwendungen. Die zunächst mit umfangreicher Funktionalität ausgestatteten Geoinformationssysteme (GIS) galten als Expertenwerkzeuge, werden heute im Zeitalter der Geodateninfrastrukturen jedoch teilweise durch thematisch bzw. nutzerfokussierte Anwendungen und Apps zur Informationsgewinnung abgelöst.

Die Heterogenität der Nutzergruppen wird im Web durch Personalisierungsmöglichkeiten für die Benutzeroberfläche, deren Inhalte oder Funktionen abgebildet. Unter den GI-Webanwendungen finden sich auch bereits erste Implementierungen für das Erstellen, Speichern und Abrufen personalisierter Kartenzusammenstellungen,

GeoMIS Sachsen ⁸	GEOSS-Portal	Geoportal Deutschland
1) Formuliere Suchanfrage "tk25 neustadt 1978"		
Keine Suchergebnisse vorhanden. Anmerkung: <i>Suchbegriffe wurden nicht automatisch vervollständigt Es wurden keine Vorschläge zur Verbesserung der Suche oder zur Suche ähnlicher Daten angeboten</i>		3 Ergebnisse in Trefferliste Anmerkung: <i>Ergebnisliste ist strukturiert in drei Tabs – Karten, Geodaten und Webseite. Das nach der Suche zuerst dargestellte Tab Karten enthält keine Ergebnisse.</i>
2) Formuliere Suchanfrage "tk25 neustadt" um		
8 Ergebnisse, nicht für das Jahr 1978 Anmerkung: <i>Suchbegriff wird auf der Trefferseite nicht angezeigt</i>	0 Suchergebnisse Anmerkung: <i>Vorheriger Suchbegriff wird beim Klicken in die Suchmaske automatisch gelöscht Suche kann nicht über die Enter-Taste gestartet werden, sondern nur über einen Button</i>	
3) Erweiterte Suche nutzen		
Suchbegriff: leer Ort: Neustadt i. Sachsen Zeitspanne: 1978-01-01 bis 1978-12-31 Anmerkung: <i>Ort "Neustadt i. Sachsen" wird automatisch während der Eingabe von „Neustadt“ vorgeschlagen. Kalendermenü bietet nur Jahre 2004-2014 zur Auswahl an. Eingabe des Jahres 1978 führt zu einer Fehlermeldung („Allgemeiner Fehler: Invalid format: "1978" is malformed at "78""). -> Eingabe der obigen Zeitspanne anstelle Auswahl im Kalender</i>	Suchbegriff: Neustadt Land: Germany Zeitspanne: 1978-01-01 bis 1978-12-31 Anmerkung: <i>Es gibt keine Möglichkeit, einen Stadtnamen einzugeben, sondern nur ein Land auszuwählen. Alternativ dazu wurde der Stadtname Neustadt als Suchbegriff eingegeben. Kalendermenü erlaubt nur monatliche Navigation (nicht jährlich). Eingabe des Jahres (ohne Angabe von Tag und Monat) führt zu einer Fehlermeldung ("SRG Portlet is temporarily unavailable.").</i>	

Tabelle 3: Schritte und Zwischenergebnisse (grau markiert) des kognitiven Walkthroughs (blau: Schritt in allen Anwendungen gleich, gelb: Schritt in zwei der drei Anwendungen gleich)

⁸ Metadatenkatalog der Suchmaschine für Geodaten und Geodatendienste in Sachsen; <http://www.geomis.sachsen.de>

z. B. im Geoportal Sachsenatlas, das Potenzial solcher Personalisierungen wird bisher allerdings in keiner betrachteten Anwendung ausgeschöpft.

In der folgenden Zusammenstellung werden die wesentlichen ermittelten Usability-Probleme in GI-Webanwendungen strukturiert dargestellt.

Allgemeines

1. Kontext angebotener Funktionalität ist nicht passend.

2. Personalisierbare Oberflächen fehlen, z. B. Kartenzusammenstellungen oder häufig benutzte Suchfilter.
3. Speichern von Sucheinstellungen fehlt.
4. Überhöhter Einsatz visueller Designelemente.
5. Nicht eindeutig interpretierbare Icons, z. B. in Kartentoolboxen.

Browsen, Filtern und Sucheinstellungen

6. Suchfilter und -optionen sowie hilfreiche Informationen werden nicht dargestellt.

7. Filter- und Sortierfunktionen, z. B. räumliche Filter nach Städten, Regionen oder Ländern, in der Ergebnisliste fehlen.
8. Dynamische Filter (angepasst an Ergebnisse) fehlen.
9. Funktionen zur Konfiguration von Zeitparametern fehlen (z. B. Kalender), auch in Abhängigkeit der verfügbaren Daten und Dienste.
10. Browsen des Datenbestands kann optimiert werden.

GeoMIS Sachsen ⁸	GEOSS-Portal	Geoportal Deutschland
2 Ergebnisse	3 Ergebnisse	
4) Wähle Datensatz "Topographische Karte 1:25000 (TK25AV), 1210-34/1, Neustadt i. Sachsen (1978)" und schaue Metadaten-Details an		
5) Nutze "verknüpfte Dienste anzeigen" Button um verknüpften Dienst für die Visualisierung zu finden	5) Gebe den WMS-Titel ein "WMS GeoGreif TK25AV um 1978" Anmerkung: <i>Es gibt keine Option, die Metadaten eines verknüpften Dienstes via Buttons zu erreichen.</i> <i>Der Titel des verknüpften Dienstes wurde aus den Metadaten des Datensatzes ermittelt.</i>	
1 Ergebnis	Keine Suchergebnisse	1 Ergebnis in "Karten" 356 Ergebnisse in "Geodaten"
6) Nutze "im Kartenviewer öffnen" Button um die Kartenanwendung zu starten	6) Gehe zurück zur Datensatzbeschreibung und nutze die dort dargestellte WMS-URL direkt Anmerkung: <i>Es gibt keine Option von der Metadaten-Detailansicht zur Trefferliste zurückzukehren, ohne Browser-Funktionen zu nutzen.</i> <i>Theoretisch kann ein verfügbarer WMS-Dienst im Portal über eine eingebettete Kartenanwendung visualisiert werden.</i>	6) Nutze "In Karte anzeigen"-Button um die Kartenanwendung zu starten
7) Schließe Tab der Kartenanwendung im Browser		7) Kehre via Browser-Funktion zur Trefferliste zurück Anmerkung: <i>Anstelle der Trefferliste mit dem WMS-Eintrag wird die vorherige Trefferliste mit Einträgen für Datensätze angezeigt</i>
8) Gehe zurück zur Trefferliste der Metadaten für den Datensatz via Link "Zurück zur Suche"		
9) Lade Daten herunter via "Download der Geodaten"-Button	9) Metadaten-Details des Datensatzes anschauen, Download-Link suchen und drücken	9) Lade Daten herunter via "Download der Geodaten"-Button

11. Anzeige aktiver Suchkriterien und -begriffe fehlt.

Hinweise

- Labels sind nicht verständlich (z. B. technische Namen oder Bezeichner aus OGC- oder ISO-Metadatenstandards).
- Inkonsistente Terminologie.
- Beschreibung zu passenden Datenformaten fehlen.
- Hinweise wie zeitliche oder räumliche Anfragen, die in ihrer Notation korrigiert werden müssen, fehlen.

Ergebnisdarstellungen

- Ergebnislisten werden verschiedenartig strukturiert, Tabs und Menüs sind anders benannt.
- Modifizierbare Repräsentationen der Ergebnisse fehlen.
- Anzeige relevanter Metadaten nicht immer gewährleistet, z. B. Titel des verknüpften Dienstes.
- Anzeige eines leeren Tabs nach Absetzen der Suche anstelle Aufblenden eines gefüllten Tabs.

Suchassistentz

- Globale Omni-Such-Box mit Autovervollständigung fehlt.
- Informationen über vorherige Suchen fehlen.
- Räumliche Suchfunktion fehlt.
- Empfehlungen für Suchergebnisse fehlen, z. B. Geodaten mit ähnlichem Thema oder Raumausschnitt.
- Durchsuchen von Layern nicht möglich.
- Ähnlichkeitssuche nicht vorhanden.
- Automatische Schreibkorrektur fehlt.
- Suchbegriffe werden nicht intelligent interpretiert, z. B. simpler Zeichenvergleich, der bei vertauschten Buchstaben oder Begriffen im Plural keine Ergebnisse liefert.

Kartenvisualisierungen

- Unzureichende Kartengröße.
- Unstrukturierte Toolbars mit Kartenfunktionen.
- Detailinformationen zu Objekten nicht abrufbar.
- Aufrufen der Karte mit (gefundenen) WMS-Links nicht möglich oder zu kompliziert.

Navigation

- Fehlende Links zwischen Seiten der GI-Webanwendung.
- Links von Datensatzbeschreibungen zu verknüpften Dienstbeschreibungen fehlen.
- Navigation zu vorherigen Ergebnissen nicht möglich.
- Navigation zwischen Ergebnisliste und Karte ist manchmal zu kompliziert. Die Suche in GI-Webanwendungen wird in den aktuellen Usability-Studien sehr kritisch diskutiert. Die Probanden nennen Google oft als gewünschten Standard oder Leitbild für nutzerfreundliche Such-User-Interfaces. Sie wünschen eine simple Oberfläche mit einer einfachen, sogenannten Omni-Suchbox, in die sowohl thematische, räumliche oder zeitliche Begriffe eingegeben werden können (Henzen & Bernard 2013), die in einer Google-ähnlichen, intelligenten (semantischen) Suche (Resch & Zimmer 2013) einen Google-ähnlichen Zugang zu den Ressourcen ermöglichen (He et al. 2012) (siehe Probleme 14-19). Zusätzlich zur Kritik an zu komplexen Oberflächen und mangelnder Verarbeitungslogik

konnte ermittelt werden, dass Hinweise sowie sinnvolle Filter- und Sortierfunktionen fehlen, die zur Vermeidung leerer Ergebnislisten führen und den Nutzer bei Bedarf in der Strukturierung großer Listen unterstützen (Probleme 4-13).

Außerdem müssen künftig Usability-Probleme bearbeitet werden, die nicht nur das Aussehen bzw. Verhalten einer Anwendung, sondern mehrerer Anwendungen gleichzeitig betrachten. Derzeit fehlt es beispielsweise an einer einheitlichen Begriffsbasis, sowohl innerhalb einer als auch in mehreren Anwendungen. Eine solche vereinheitlichte Basis würde (neue) Nutzer in der Arbeit mit (neuen) GI-Webanwendungen unterstützen, in dem sie erlerntes Wissen übertragen.

Darüber hinaus finden sich in einigen Anwendungen inkonsistente Interaktions- bzw. User-Interface-Konzepte. GI-Webanwendungen werden oft modular entwickelt, das heißt bestehende Komponenten, wie die Katalogsuche oder der Kartenclient, werden teilweise nur durch einfache Verbindungen rudimentär verknüpft. Ein strukturiertes Navigationskonzept, in dem der Nutzer in möglichst wenige Sackgassen gelangt, fehlt. Zwischen den genannten Komponenten der Suche und der Karte fehlt oft der Link von der Karte zurück zur Ergebnisliste. Nutzer müssen die Browserfunktion als Ersatz verwenden, wodurch zu meist die zuvor gesetzten Einstellungen, z. B. Suchparameter oder Kartenzusammenstellungen, zurückgesetzt werden. Zusätzlich zu den fehlenden oder inkonsistenten Interaktionen unterscheiden sich auch die User-Interfaces der Teilkomponenten. Das Resultat sind Usability-Probleme, wie sie bereits lange aus anderen Anwendungsbereichen bekannt sind: uneinheitliche Layouts und Farbgestaltungen, Nutzung unbekannter bzw. unverständlicher Begriffe (ohne ergänzende Erläuterung) und Platzierung von Elementen, Informationen und Interaktionen im falschen Kontext.

5 AUSBLICK

Das Thema der Usability von GI-Webanwendungen wird in den kommenden Jahren durch die Weiterentwicklung der Soft- und Hardware weiter an Bedeutung gewinnen. Die Bearbeitung der folgenden Themen kann dazu genutzt werden, die Usability nachhaltig(er) zu verbessern: 1) Es sollte eine Wissenssammlung zu Usability-Proble-

men und -Lösungen aufgebaut werden. 2) Zur Unterstützung des Softwareentwicklungsprozesses sollte ein Usability-Methoden-Framework konzipiert und bereitgestellt werden.

In GI-Webanwendungen existieren mitunter einfach erkennbare Usability-Probleme. Diese werden bisher nur wenig bzw. schwer nachvollziehbar erfasst. Einige ermittelte Usability-Probleme treten mehrfach auf, sodass der Aufbau einer Wissenssammlung sinnvoll erscheint.

Durch die Vielzahl verfügbarer Webanwendungen besteht ein großes Potenzial darin, dass eine der verfügbaren Anwendungen eine Lösung für das in einer anderen Anwendung auftretende Usability-Problem realisiert. Eine Wissenssammlung mit Usability-Problemen und -Lösungen würde Softwareentwickler und Konzepter darin unterstützen, Probleme frühzeitig zu vermeiden und effizienter zu arbeiten, in dem sie auf einen Pool von Lösungsstrategien zurückgreifen können, anstelle eigene Lösungen zu entwickeln. Die Nutzer würden eine solche Wissenssammlung dahingehend bereichern, dass sie bekannte Lösungsmuster in verschiedenen Anwendungen wiederfinden und somit leichter deren Umgang erlernen.

Bisher wurde allerdings das Wissen zu den Problemen und Lösungen für GI-Webanwendungen nicht verknüpft abgelegt. In anderen Fachbereichen, wie in der Informatik, existieren bereits Konzepte, Usability-Probleme und -Lösungen zusammen und strukturiert zu erfassen. Zukünftige Forschungsarbeiten sollten überprüfen, ob diese auf den Kontext von GI-Webanwendungen übertragbar und zum Erstellen einer möglichst globalen Wissenssammlung geeignet sind. Die Wissenssammlung selbst könnte dann in einem transparenten Prozess durch Softwareentwickler aber auch Endnutzer gemeinsam gefüllt werden.

Die recherchierten und letztlich auch selbstdurchgeführten Studien haben gezeigt, dass Expertentests umfangreiche Usability-Probleme aufdecken. Dennoch wurden solche Tests bisher kaum angewendet. Usability-Probleme in GI-Webanwendungen werden teilweise erst nach Fertigstellung der Software durch die Endnutzer oder durch spätes Testen während der Softwareentwicklung identifiziert. Die Behebung dieser Probleme ist dann meist zeit- und kostenintensiv. Da der Soft-

wareentwicklungsprozess typischerweise aus verschiedenen Phasen besteht, sollten Usability-Probleme bereits in den frühen Phasen entdeckt bzw. vermieden werden.

Ein Usability-Methoden-Framework strukturiert verfügbare Evaluierungsmethoden nach vorgegebenen Merkmalen. Es erleichtert die Auswahl geeigneter Usability-Evaluierungsformen, das heißt, Softwareentwickler werden darin unterstützt, für einen Anwendungstyp und eine Phase im Softwareentwicklungsprozess eine passende Evaluierungsform auszuwählen.

In künftigen Forschungsarbeiten ist daher zu überprüfen, welche Methoden aus welchen Gründen besonders zur formalen Prüfung von z. B. bestehenden oder kombinierten Lösungsansätzen genutzt werden. Entsprechend müssen zukünftige Arbeiten ermitteln, welche wesentlichen Merkmale von Usability-Problemen bzw. -Lösungen in welcher Form (semi-)formal strukturierbar sind.

ANMERKUNG

Diese Arbeit wurde im Rahmen des GLUES-Projekts (Global Assessment of Land Use Dynamics, Greenhouse Gas Emissions and Ecosystem Services) erstellt. GLUES ist ein wissenschaftliches Koordinations- und Syntheseprojekt, eingebettet in die Fördermaßnahme 'Nachhaltiges Landmanagement' im Rahmenprogramm „Forschung für Nachhaltige Entwicklungen (FONA)“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) [Förderkennzeichen: 01LL0901A].

Literatur

- Bulens, J.; Vullings, W.; Houtkamp, J.; Vanmeulebrouk, B. (2013): Usability of Discovery Portals. In: Proc. 16th AGILE Conference on Geographic Information Science, May 14-17, 2013, Leuven, Belgium, S. 1-5.
- Çöltekin, A.; Heil, B.; Garlandini, S. (2009): Evaluating the effectiveness of interactive map interface designs: a case study integrating usability metrics with eye-movement analysis. In: Cartography and Geographic Information Science, 36, S. 5-17. DOI: 10.1559/152304009787340197, 1.
- Desurvire, H.; Caplan, M.; Toth, J. A. (2004): Using heuristics to evaluate the playability of games. In: CHI Extended Abstracts, New York, USA, S. 1509-1512. DOI: 10.1145/985921.986102.
- Ellis, C. D.; Quiroga, C.; Shin, S.-Y.; Pina, R. J. (2007): GIS and Human-centered Systems Design: Using Ethnographic Data Collection and Analysis Methods to Design a Utility Permitting Support System. In: Urban and Regional Information Systems Association (URISA) Journal, 15 (2), S. 5-22.
- Fernandez-Wytenbach, A.; Moya-Honduvilla, J.; Alvarez, M.; Bernabe-Poveda, M. (2008): First approaches to the usability of digital map libraries. In: e-Perimeter, 3, S. 63-76.
- Hartson, H. R.; Shivakumar, P.; Pérez-Quiriones, M. A. (2004): Usability inspection of digital libraries: a case study. In: International Journal on Digital Libraries, 4, S. 108-123. DOI: 10.1007/s00799-003-0074-4, 2.
- Haklay, M.; Tobon, C. (2002): Usability Engineering and PPGIS: Towards a Learning-improving Cycle. In: 1st Annual Public Participation GIS Conference, July 21-23, 2002, Rutgers University, New Brunswick, USA, S. 1-18.
- Haklay, M.; Tobon, C. (2003): Usability evaluation for web based GIS: ensuring that portals are useful. In: Proceedings Geographical Information Portals, September 18-19, 2003, London, UK.
- Haklay, M.; Zafiri, A. (2008): Usability Engineering for GIS: Learning from a Screenshot. In: The Cartographic Journal, 45, S. 87-97. DOI: 10.1179/174327708X305085, 2.
- He, X.; Persson, H.; Östman, A. (2012): Geoportal usability evaluation. In: International Journal of Spatial Data Infrastructures Research, 7, S. 88-106. DOI: 10.2902/1725-0463.2012.07.art5.
- Henzen, C.; Bernard, L. (2013): Usability für Geoportale am Beispiel der Konzeption des Geoportal Sachsen. In: Kartographische Nachrichten, 5/2018, S. 262-269.
- Henzen, C.; Kadner, D. (2013): GeoMetaFacet – Ein Facetten-Browser für geographische Metadaten. Tagungsbeitrag „Geoinformatik 2013“, 13.-15.03.2013, Heidelberg.
- Komarkova, J.; Jakoubek, K.; Hub, M. (2009): Usability Evaluation of Web-based GIS – Case Study. In: iiWAS '09, Proceedings of the 11th International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services, December 14-16, 2009, Kuala Lumpur, Malaysia, S. 557-561.
- Koua, E. L.; Kraak, M. J. (2004): A usability framework for the design and evaluation of an exploratory geovisualization environment. In: Proceedings of the 8th international conference on information visualization, July 14-16, 2004, London, UK, S. 153-158.
- Larson, J.; Siliceo, M. A. O.; Santos Silva dos, M. P.; Klien, E.; Schade, S. (2006): Are Geospatial Catalogues Reaching their Goals? In: Data Science Journal, 8, S. 162-181.
- Lathrop, R.; Auermuller, L.; Trimble, J.; Bognar, J. (2014): The Application of WebGIS Tools for Visualizing Coastal Flooding Vulnerability and Planning for Resiliency: The New Jersey Experience. In: ISPRS International Journal of Geo-Information, 3, S. 408-429. DOI: 10.3390/ijgi3020408, 2.
- Marsh, S. L. (2007): Using and Evaluating HCI Techniques in Geovisualization: Applying Standard and Adapted Methods in Research and Education. Dissertation, University of London.
- Mäs, S.; Henzen, C.; Müller, M.; Bernard, L. (2014): GLUES GDI: eine Geodateninfrastruktur für wissenschaftliche Umweltdaten. In: gis.Science, 4/2014, S. 129-137.
- Nivala, A.-M.; Brewster, S.; Sarjakoski, T. L. (2008): Usability Evaluation of Web Mapping Sites. In: The Cartographic Journal, 45, S. 129-138. DOI: 10.1179/174327708X305120, 2.
- Resch, B.; Zimmer, B. (2013): User Experience Design in Professional Map-Based Geo-Portals. In: ISPRS International Journal of Geo-Information, 2, S. 1015-1037. DOI: 10.3390/ijgi2041015, 4.
- Slocum, T. A.; Blok, C.; Jiang, B.; Koussoulakou, A.; Montello, D. R.; Fuhrmann, S.; Hedley, N. R. (2001): Cognitive and Usability Issues in Geovisualization. In: Cartography and Geographic Information Science, 28, S. 61-75. DOI: 10.1559/152304001782173998, 1.
- Traynor, C.; Williams, M. G. (1995): Why are geographic information systems hard to use? In: Proceedings CHI '95 Conference Companion on Human Factors in Computing Systems, May 07-11, 1995, Denver, Colorado, USA, S. 288-289. DOI: 10.1145/223355.223678.
- Wachowicz, M.; Vullings, W.; Bulens, J. D.; de Groot, H. L. E.; van den Broek, M. (2005): Uncovering the main elements of geo-web usability. In: AGILE 2005, 8th conference on geographic information science, Lisboa, Portugal, S. 317-332. http://library.wur.nl/file/wurpubs/LUWPUBRD_00349019_A502_001.pdf.