



GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT
GÖTTINGEN

Vergleich der GIS-Werkzeuge ArcGIS und QGIS anhand ausgewählter Arbeitsabläufe

Bachelorarbeit

Von Niels Lakämper

Bachelorarbeit an der Fakultät für Forstwissenschaften und
Waldökologie der Georg-August-Universität Göttingen

Themensteller: Prof. Dr. Winfried Kurth

Göttingen, 2017

Englischer Titel:

**Comparison of the GIS-tools ArcGIS and QGIS
using selected workflows**

Eingereicht von Niels Lakämper

Matrikelnummer: 21153562

Inhaltsverzeichnis

Abstract.....	iv
Kurzfassung.....	v
Abkürzungsverzeichnis.....	vi
1. Einleitung.....	1
1.1 Motivation.....	1
1.2 Ziel.....	1
2. Material und Methoden.....	2
2.1 GIS-Software.....	2
2.1.1 Testsysteme.....	2
2.1.2 Programmoberflächen.....	3
2.2 Arbeitsabläufe.....	4
2.2.1 GPS-Daten.....	5
2.2.2 Georeferenzierung.....	5
2.2.3 WebGIS.....	6
2.2.4 Attributtabellen.....	7
2.2.5 Geoverarbeitungswerkzeuge.....	8
2.2.6 Interpolation.....	8
2.2.7 Kartenlayout.....	9
2.3 Vorgehensweise bei der Bewertung.....	9
2.3.1 Bewertungsschlüssel.....	10
3. Ergebnisse.....	14
3.1 GPS-Daten.....	14
3.2 Georeferenzierung.....	15
3.3 WebGIS.....	16
3.4 Attributtabellen.....	17
3.5 Interpolation.....	18
3.6 Geoverarbeitungswerkzeuge.....	20
3.7 Kartenlayout.....	21
3.8 Gesamtergebnis.....	22
3.9 Zusammenstellung der gefundenen Mängel von QGIS.....	24
4. Diskussion.....	25
4.1 Kritische Begutachtung der Bewertung.....	25
4.2 Interpretation der eigenen Ergebnisse.....	25
4.3 Die Kosten.....	26
4.4 Die Zukunft von QGIS.....	27
Literaturverzeichnis.....	29

Abstract

Geographic information systems are used in a wide range of companies and administrations. The proprietary GIS software from ESRI, ArcGIS, is one of the most widespread programs in this field. Founded in 1969, ESRI has continued to improve its software over the years. For this reason it is suitable for a comparison with the relatively young open-source alternative QGIS. QGIS has been developed since 2002 and is available for download with an open source code under the "GNU General Public License".

The objective of this survey is to evaluate the development of QGIS. In addition, deficiencies found in the comparison are to be listed for QGIS. Finally, the result shall help to facilitate a transition from ArcGIS to QGIS and to improve QGIS.

The evaluation was based on typical workflows covering all areas of the basic tasks of the GIS software. The quality characteristics for evaluating these workflows are taken from ISO 25010. In addition to the most important criterion of user friendliness, the compatibility, functionality, reliability and compatibility were selected. The evaluation scheme was created for each evaluation criterion using the Goal-Question-Metric method. Each negative assessment and its reason is recorded to create a list of found deficiencies.

Present result of the work is that the investigated basic functions for a geographical information system of both ArcGIS and QGIS are met. To achieve the goal, ArcGIS needs less functions in some cases than QGIS. In usability, QGIS has a worse rating than ArcGIS because of the frequent lack of help in the program. It has better access to functions and parts of the operability, but could not convince in the categories of handling and understandability to get a better overall evaluation. Only the compatibility with other formats is a clear advantage of the software.

The results show that QGIS is capable of improvement, especially to be competitive to ArcGIS. In comparison to ArcGIS the poor integration of help must be emphasized. In addition, QGIS provides so many options for the user to lose track of their features. Despite all this, QGIS appears to be on the right track. This is also shown by the high number of supporters and a growing number of users.

Kurzfassung

Mit Geografischen Informationssystemen wird in den unterschiedlichsten Unternehmen und Verwaltungen gearbeitet. Die proprietäre GIS-Software der Firma ESRI, ArcGIS, ist eines der am weitesten verbreiteten Programme aus diesem Bereich. ESRI wurde 1969 gegründet und hat im Laufe der Jahre seine Software immer weiter verbessert. Daher eignet sie sich für einen Vergleich mit der relativ jungen Open-Source Alternative QGIS. QGIS wird seit 2002 entwickelt und ist mit einem offenen Quellcode unter der „GNU General Public License“ frei erhältlich.

Das Ziel dieser Arbeit ist es, den Entwicklungsstand von QGIS zu bewerten. Zudem werden im Laufe des Vergleichs gefundene Mängel für QGIS aufgelistet. Das Ergebnis soll letztendlich dazu beitragen, einen Umstieg von ArcGIS zu QGIS zu vereinfachen und zu der Verbesserung von QGIS dienen.

Bewertet wurde anhand von typischen Arbeitsabläufen, die alle Bereiche der Grundaufgaben der GIS-Software abdecken sollten. Die Qualitätsmerkmale zur Bewertung dieser Arbeitsabläufe stammen aus der ISO 25010. Neben dem wichtigsten Kriterium Benutzerfreundlichkeit wurden die Ersetzbarkeit, der Funktionsumfang, die Zuverlässigkeit sowie die Kompatibilität ausgewählt. Das Evaluationsschema wurde für jedes Bewertungskriterium mithilfe der Goal-Question-Metric Methode erstellt. Zu jeder negativen Bewertung wird außerdem eine Begründung festgehalten, um im Nachhinein eine Liste für gefundene Mängel zu erstellen.

Das vorliegende Ergebnis der Arbeit ist, dass die untersuchten Grundfunktionen für ein Geografisches Informationssystem sowohl von ArcGIS als auch QGIS erfüllt werden. Zur Zielerreichung benötigt ArcGIS in manchen Fällen weniger Funktionen und schneidet besser als QGIS ab. In der Benutzerfreundlichkeit hat QGIS, wegen häufig fehlender Hilfestellung im Programm, eine schlechtere Bewertung als ArcGIS. Es schneidet besser bei dem Zugriff auf Funktionen und in Teilen der Handhabung ab, konnte in den Kategorien Bedienung und Verständlichkeit aber nicht ausreichend überzeugen, um eine bessere Gesamtwertung zu erhalten. Lediglich bei der Kompatibilität mit anderen Formaten ist ein eindeutiger Vorteil von QGIS zu erkennen.

Die Ergebnisse lassen erkennen, dass QGIS verbesserungsfähig ist, besonders um konkurrenzfähig zu ArcGIS zu sein. Hervorzuheben ist die im Vergleich zu ArcGIS schlechte Integration der Hilfe. Außerdem bietet QGIS in manchen Funktionen so viele Optionen an, dass der Nutzer die Übersicht verliert. Trotzdem erscheint QGIS auf dem richtigen Weg. Dies wird auch anhand der hohen Anzahl von Unterstützern und einer steigenden Nutzerzahl deutlich.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: ArcMap 10.2 Programmoberfläche.....	3
Abbildung 2: QGIS 2.14.10 Programmoberfläche.....	4
Abbildung 3: EVAP.....	5
Abbildung 4: Softwareproduktqualität nach der ISO 25010.....	10
Abbildung 5: Ergebnisse zu den GPS-Daten.....	14
Abbildung 6: Ergebnisse zur Georeferenzierung.....	15
Abbildung 7: Ergebnisse zu WebGIS.....	16
Abbildung 8: Ergebnisse zur Attributtabelle.....	17
Abbildung 9: Ergebnisse zur Interpolation.....	18
Abbildung 10: Ergebnisse zu den Geoverarbeitungswerkzeugen.....	20
Abbildung 11: Ergebnisse zum Kartenlayout.....	21
Abbildung 12: Gesamtergebnis des Vergleichs von ArcGIS und QGIS.....	22
Abbildung 13: Google Suchanfragen zu "QGIS".....	27

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zusammenstellung gefundener Mängel von QGIS.....	24
---	----

Abkürzungsverzeichnis

ESRI	Environmental Systems Research Institute
GIS	Geografisches Informationssystem
GPL	General Public License
GPS	Global Positioning System
GQM	Goual Question Metric
GRASS	Geographic Resources Analysis Support System
ISO	International Organization for Standardization
JPEG	Joint Photographic Experts Group, Bildkompressionsverfahren
LTR	Long term release
OGC	Open Geospatial Consortium
TOC	Table of Contents

1. Einleitung

1.1 Motivation

GIS-Werkzeuge nehmen einen immer höheren Stellenwert in der heutigen Zeit ein. Sie erlauben, die Bearbeitung großer Datenmengen und komplexe Berechnungen schnell und effizient durchzuführen. Als ein alltägliches Verwendungsgebiet kann der Einsatz von Navigationsgeräten angeführt werden, welche die schnellste Strecke zwischen zwei Punkten über unterschiedlichen Straßentypen berechnen.

In dem Bachelorstudiengang Forstwissenschaften an der Universität Göttingen wird das Modul „Raumbezogene Informationssysteme“ angeboten, in dem die Studenten die Handhabung von GIS-Software anhand des Programms ArcGIS von ESRI lernen. ArcGIS ist die marktführende Software in diesem Bereich und kann eine große Anzahl an Aufgaben erfüllen, insbesondere solche der Raumplanung. Raumplanung ist eines der großen Themen, die in der Zukunft die Menschheit vor große Herausforderungen stellen könnte. Gründe dafür sind zum Beispiel die wachsende Population, immer komplexer werdende Städte und der Klimawandel, welche immer neue Anpassungen und eine effektivere Raumplanung erfordern.

ArcGIS ist aber nicht die einzige GIS-Software, die zur Verfügung steht. Es gibt auf dem Markt eine große Auswahl an kommerziellen und freien Programmen, die unter die Kategorie GIS-Software fallen. Eine umfassende Auflistung findet sich im GIS-Report von Harzer (2015). Aus dem Open Source Bereich ist QGIS eines der am häufigsten genutzten und im Internet am besten bewerteten GIS-Werkzeuge. QGIS könnte wegen der Kostenersparnis eine Alternative zum etablierten ArcGIS sein und soll in dieser Arbeit mit ArcGIS verglichen werden.

Der Vergleich wird anhand typischer Arbeitsabläufe vorgenommen. Beide Programme werden einander gegenübergestellt, um eventuelle Schwächen und Mängel der Open-Source Software zu erkennen und festzuhalten. Deshalb soll sich in dieser Arbeit auf die Grundfunktionen von ArcGIS und QGIS konzentriert werden, die anhand der Aufgaben von GIS-Software - Erfassung, Visualisierung, Analyse, Präsentation (EVAP) - ausgewählt werden.

1.2 Ziel

Das Ziel dieser Arbeit ist ein aktueller Vergleich der sich schnell entwickelnden Open-Source Alternative QGIS mit dem weit verbreiteten ArcGIS zu erstellen und das Auflisten gefundener Mängel. Die Defizite sollen in einer Liste zusammengestellt werden, die auch in einem möglichen Folgeprojekt zur Verbesserung von QGIS nutzbar sein kann. Sowohl Um- als auch Neueinsteigern könnte dadurch der Umgang mit QGIS leichter gestaltet werden.

2. Material und Methoden

2.1 GIS-Software

Die GIS-Software ArcGIS wird vom Environmental Systems Research (ESRI) entwickelt. Sie wird den Forstwissenschaftsstudenten der Universität Göttingen in der Version 10.2 zur Verfügung gestellt. Diese enthält alle für ArcGIS zur Auswahl stehenden Lizenzstufen, welche sich in „Basic“, „Standard“ und „Advanced“ aufteilen, sowie alle Zusatzlizenzen. ArcGIS 10.2 wurde am 30.7.2013 von ESRI veröffentlicht und ist seit Dezember 2016 bereits in der Version 10.5 erhältlich.

QGIS ist mit dem „Standalone Installer“ in der Version 2.14.10 „Essen“ (64 Bit) installiert. Hierbei handelt es sich um die neueste „Long term release“ Version von QGIS, welche über einen längeren Zeitraum unterstützt wird und deswegen mehr Sicherheit bietet. Die LTR-Versionen sind deshalb besonders für Unternehmen und andere Nutzer interessant, die eine höhere Stabilität benötigen. Es werden nicht die neuesten Features eingespielt, sondern nur stabilitätsrelevante Updates durchgeführt. Die Entwicklung der Software wird von den Mitgliedern des Projektsteuerungskomitees (PSC) gesteuert und vorangetrieben. Die aktuellste Version von QGIS ist 2.18 „Las Palmas“ vom 24.3.2017 und ist, wie die anderen auch, unter der „General Public License v3.0“ erhältlich. Diese Lizenz erlaubt es jedem, die Software zu verteilen, anzupassen und kommerziell zu nutzen, solange die Veränderungen an der Software selbst unter der gleichen Lizenz bereitgestellt werden [GNU 2017].

2.1.1 Testsysteme

Die GIS-Software wurde auf zwei unterschiedlichen Computern getestet, weil ArcGIS zu Beginn der Tests nur in den Computerräumen der Universität zur Verfügung stand. Auf diesen konnte QGIS in der Version 2.14.10 wegen fehlender Administratorrechte nicht installiert werden.

ArcGIS-System:

- Betriebssystem: Windows 7 Enterprise, Service Pack 1, 64 Bit
- Hardware: Prozessor, Intel i5-4570 @ 3,2 GHz / Arbeitsspeicher, 8,00 GB / Monitor, 24-Zoll, Dell

QGIS-System:

- Betriebssystem: Windows 7 Professional, Service Pack 1, 64 Bit
- Hardware: Prozessor, Intel i7-2600 @ 3,40 GHz / Arbeitsspeicher 8,00 GB / Monitor, 24-Zoll, LG

Beide Systeme sollten so schnell sein, dass es bei den verwendeten Datensätzen keine großen Leistungsunterschiede gibt. Um einen subjektiven Unterschied für das Laden und Speichern von Dateien und eine unterschiedliche Ordnerstruktur zu verhindern, wurden sämtliche Projekte auf einem 64 GB 3.0 USB-Stick von ScanDisk bearbeitet.

2.1.2 Programmoberflächen

Ein Großteil der Bearbeitung von Kartenmaterial erfolgt in beiden Programmen über die Kartenansicht. In den nachstehenden Abbildungen wird die Programmoberfläche von ArcMap (Abbildung 1) sowie QGIS (Abbildung 2) gezeigt, wie sie zur Bewertung konfiguriert wurde. Es wurden größtenteils die Standardeinstellungen beibehalten. Bei QGIS wurde die Toolbar am rechten Rand aktiviert und das Fenster „Shortest Path“ deaktiviert.

Beide Oberflächen sind ähnlich aufgebaut: mit einer Menüleiste im oberen linken Rand des Bildschirms (1) und einer Toolbar darunter, die sich bei QGIS noch über den linken Rand erstreckt (2). Zur Vermeidung von Doppelbezeichnungen wird die ursprünglich als "Layers Panel" bezeichnete Anzeige von QGIS im Folgenden mit TOC oder „Table of Contents“ wie bei ArcGIS benannt (3). In beiden Programmen übernimmt diese die tabellarische Darstellung des Inhalts. Das gleiche gilt für die Toolbox (4), welche die umfangreiche Auswahl an Werkzeugen zusammenfasst und in ArcGIS „ArcToolbox“, bzw. QGIS „Processing Toolbox“ heißt. Im Zentrum der Oberfläche befindet sich die Kartenansicht (5), in der das im TOC aktivierte Kartenmaterial angezeigt wird. Der einzige Unterschied zwischen beiden Programmen ist das „Browser Panel“ in QGIS (6), über welches auf die Ordnerstruktur und die darin enthaltenen Daten zugegriffen werden kann.

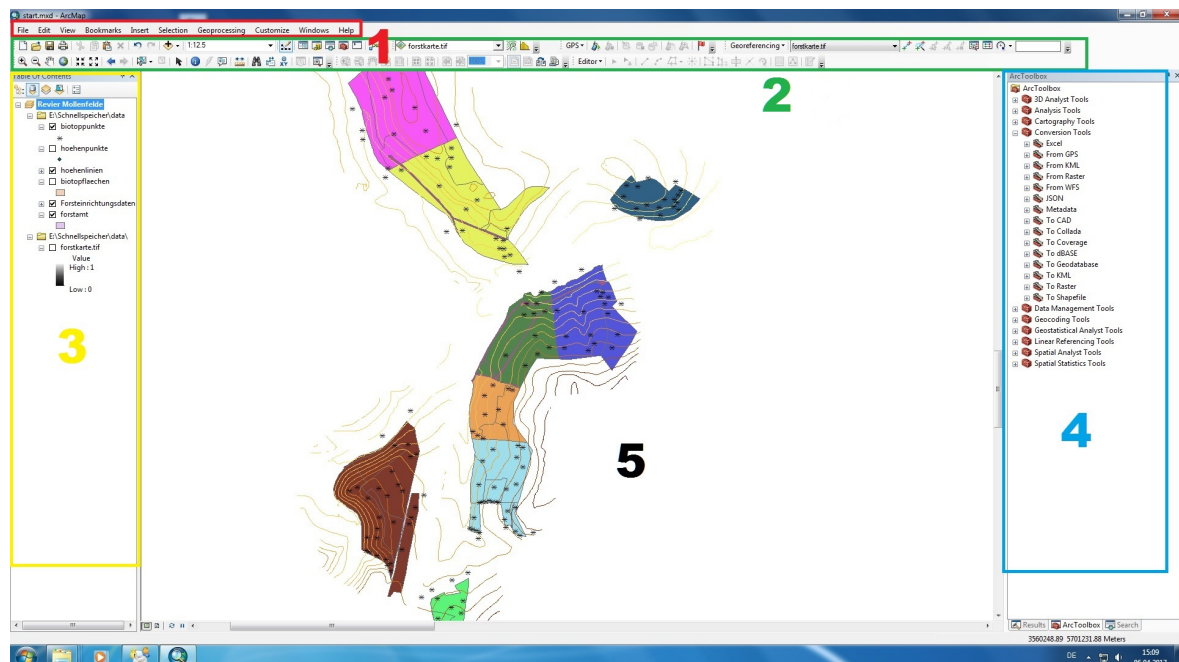


Abbildung 1: ArcMap 10.2 Programmoberfläche. 1 Menüleiste, 2 Toolbar, 3 Table of Contents (TOC), 4 Toolbox, 5 Kartenansicht. Quelle: Eigene Darstellung.

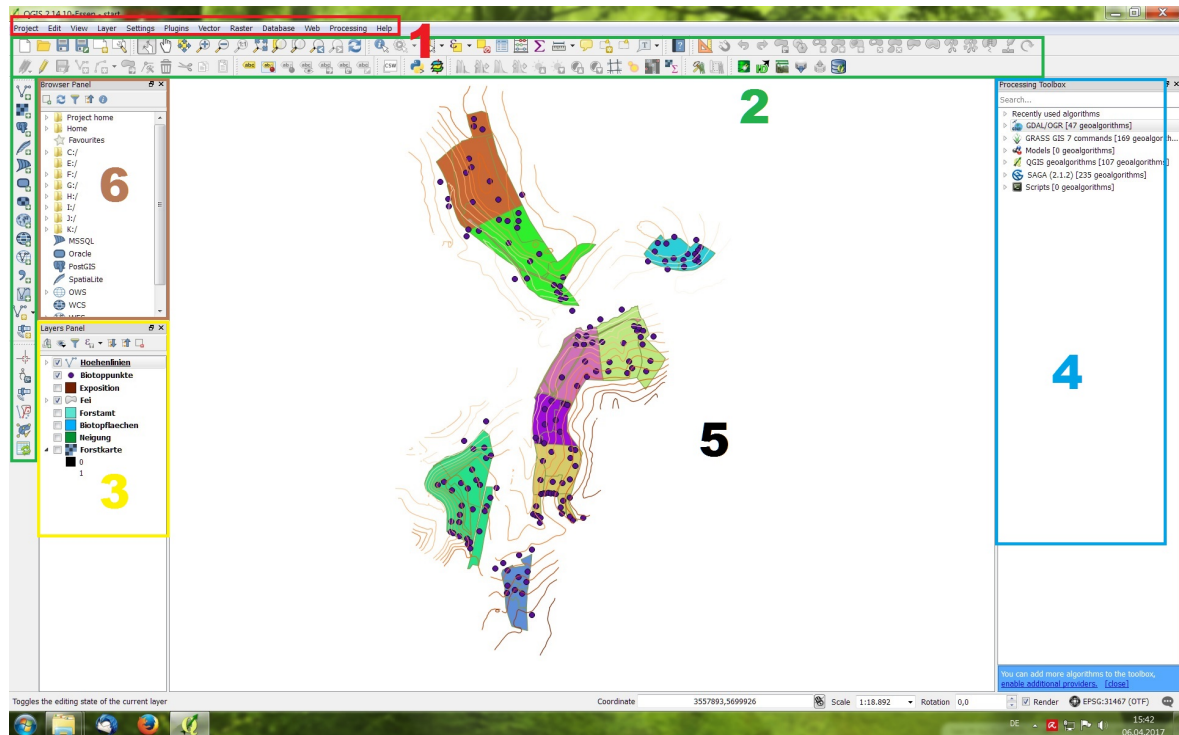


Abbildung 2: QGIS 2.14.10 Programmoberfläche. 1 Menüleiste, 2 Toolbar, 3 Table of Contents, 4 Toolbox, 5 Kartenansicht, 6 Browser Panel. Quelle: Eigene Darstellung

2.2 Arbeitsabläufe

Die zu untersuchenden Arbeitsabläufe sollten häufig von Studenten genutzte Anwendungen von GIS umfassen, also Grundfunktionen, die bei der Auswertung von aufgenommenen oder zusammengetragenen Daten immer wieder zum Einsatz kommen. Deswegen bot es sich an, die Arbeitsabläufe anhand des ILIAS Lernmoduls zum Selbststudium von ArcGIS 10 und QGIS zu gestalten, welches viele dieser Anwendungen abdeckt. Das ILIAS Lernmodul wird den Studenten der Universität Göttingen zur Erweiterung des im Modul „Raumbezogene Informationssysteme“ erworbenen Wissens angeboten. Es beinhaltet eine umfassende Erklärung zu den Grundfunktionen, die von Videomaterial begleitet werden. Weiterhin sind zu jedem Thema einige Aufgaben vorhanden, die im Anschluss eigenständig gelöst werden können. Begleitend wurden das Buch „ArcGIS 10.1 und 10.0“ [Brand et al. 2012] und der „QGIS User Guide 2.14“ [QGIS User Guide 2017] zur Vertiefung verwendet, um alle Aspekte zu verstehen und eine zusätzliche Sicht auf die Anwendungen der GIS-Software zu bekommen.

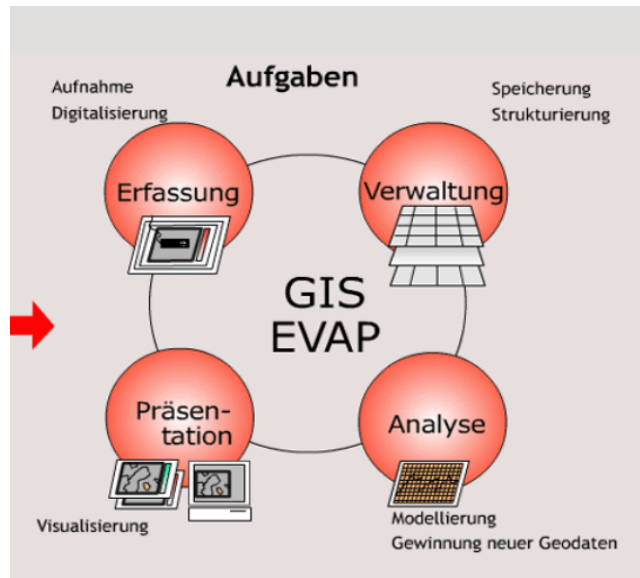


Abbildung 3: EVAP, Aufgaben von GIS-Software.
 Quelle: http://www.geoinformation.net/lernmodule/fohlen/Lernmodul_03/Lerneinheit01/index.html,
 23.3.2017.

Ausgewählt wurden die Arbeitsabläufe nach einem Schema, welches die Aufgaben von Geoinformationssystemen darstellt (Abbildung 3). Dieses unterteilt die Aufgaben in vier Kategorien: Erfassung, Verwaltung, Präsentation und Analyse [Bill 2012]. Repräsentativ sollte für jede Kategorie eine Anwendung bzw. eine Gruppe von Anwendungen herangezogen werden.

2.2.1 GPS-Daten (Erfassung - Aufnahme)

Daten, die von einem GPS-Gerät gewonnen werden, stellen oft die Basis für weitere Untersuchungen dar. In diesem Arbeitsablauf soll das Einlesen von bereits vorhandenen Koordinaten dargestellt werden. Anschließend sollen die eingelesenen Daten in ein Dateiformat umgewandelt werden, welches von GPS-Geräten genutzt wird. Ein mögliches Beispiel hierfür wäre das Auffinden von Positionen im Gelände, an denen eine Messstation angebracht werden soll.

Datei: eine Textdatei (.txt) mit beliebigen Koordinaten.

Schritte:

1. Tabelle mit Koordinaten in Form einer **Textdatei** in eine dBASE-Datei **umwandeln**.
2. Die **Koordinaten** der dBASE-Datei in der Kartenansicht **anzeigen** lassen.
3. **Umwandlung** der dBASE-Datei in eine **GPX-Datei**, die von GPS-Geräten verwendet werden kann.

2.2.2 Georeferenzierung (Erfassung - Digitalisierung)

Bei der Georeferenzierung werden Informationen in Form von Rasterdateien mit anderen, bereits georeferenzierten Datensätzen in Zusammenhang gebracht und so in einem Koordina-

tensystem verortet. Dieser Schritt ist nötig, damit die Datei in der GIS-Software genutzt werden kann [Brand et al. 2012]. Zur „visuellen“ Georeferenzierung wird eine bereits georeferenzierte Karte als Orientierung zum Setzen von Passpunkten genutzt. Ein Passpunkt wird auf jeder Oberfläche an einer eindeutig identifizierbaren Position gesetzt, wodurch ein Bezug zwischen beiden Oberflächen hergestellt wird.

Ein Unterschied zu anderen Arbeitsabläufen ist, dass alle Funktionen die von ArcGIS und QGIS zur Georeferenzierung angeboten werden, untersucht wurden.

Dateien: Rasterdatei (Luftbild, eingescannte Karte), OpenStreetMap: georeferenzierte Vorlage (bei QGIS in dem Plugin „OpenLayers“ zu finden).

Schritte:

1. **Öffnen/Aktivieren** des Werkzeugs zur Georeferenzierung.
2. **Rasterdatei** zur Georeferenzierung **auswählen**.
3. Rasterdatei über Passpunkte **visuell** auf die Karte von OpenStreetMap **georeferenzieren**.
4. **Speichern** der georeferenzierten Rasterdatei.

2.2.3 WebGIS (Verwaltung - Speicherung)

WebGIS umfasst Geodatendienste, die es möglichst vielen Nutzern ermöglichen sollen, über das Internet auf das Kartenmaterial zugreifen zu können. Dies kann sowohl über einen Browser wie Chrome oder Firefox geschehen als auch mit speziellen Programmen wie ArcGIS oder QGIS. Zum Verbindungsaufbau stellen diese jedoch eigene Tools zur Verfügung, welche die Einstellung und Verwaltung vereinfachen.

In dieser Kategorie wurde der Aufbau einer Verbindung bei zwei unterschiedlichen WebGIS Standards untersucht. Die am häufigsten verwendeten Standards sind „Web Map Services“ (WMS) und „Web Feature Services“ (WFS), die beide vom „Open Geospatial Consortium“ (OGC) verwaltet werden. Der Unterschied zwischen beiden Standards ist, dass WMS Geodaten als Rasterdateien wie JPEG überträgt, wogegen bei WFS die Daten im Vektorformat vorliegen [Brand et al. 2012]. Bei ArcGIS müssen zwei zusätzliche Schritte beachtet werden. Die Einbindung von WFS-Servern erfordert die Installation und Aktivierung der lizenzfreien Erweiterung „Data Interoperability“. Des Weiteren ist die Einstellung auf den Zugriff von „Feature Types“ bei WFS-Servern in ArcGIS notwendig.

Dateien:

- WMS: http://www.umweltkarten-niedersachsen.de/arcgis/services/Natur_wms/MapServer/WMServer?
- WFS: <http://wfs.geo.gr.ch/wildruhezonen>

Schritte:

1. WMS Server über **ArcCatalog/QGIS Browser** hinzufügen.
2. WMS Server in **ArcMap/QGIS** hinzufügen.
3. **Laden** der WMS Layer.
4. ArcGIS: Data Interoperability aktivieren.
5. WFS Server **hinzufügen**.
6. ArcGIS: Zugriff auf Feature Types einstellen.
7. **Laden** der WFS Layer.

2.2.4 Attributtabellen (Analyse)

Eine der gebräuchlichsten Funktionen von GIS Software ist die Analyse und Bearbeitung von Sachdaten, die mit geografischen Objekten verbunden sind. Diese Daten werden in Form von Tabellen, die Attributtabellen genannt werden, in der Software dargestellt und verändert [Brand et al. 2012]. Attributtabellen können sowohl Zahlen als auch Text und Zeitangaben enthalten. Mit den folgenden Arbeitsschritten werden einige der Grundfunktionen untersucht.

Dateien:

- „biotoppunkte.shp“: Punktvektordatei mit unterschiedlichen Attributen in einer Spalte, von denen einige im Folgenden selektiert werden sollen.
- „biotopflaechen.shp“: Vektordatei mit einigen Polygonen. In der Attributtabelle muss die Flächengröße der einzelnen Polygone befinden. Außerdem eine zusätzliche Spalte, welche die Flächen in unterschiedliche Gruppen (z.B. Naturnäheklassen) einteilt.

Schritte:

1. **Öffnen der Attributtabelle** „Biotoppunkte“.
2. Auswählen der Horste und Tierbauten (**Select by Attributes**).
3. **Export der selektierten Datensätze** in eine Tabelle, die als „areaNat“ gespeichert werden soll.
4. Flächen in der Tabelle des Layers „biotopflächen“ gruppiert nach Naturnäheklassen berechnen (**Summarize**).
5. **Speichern** und dem Dokument hinzufügen.
6. Die Tabelle von „biotopflächen“ mit der erstellten Tabelle „areaNat“ verbinden (**Join-Verknüpfung**).
7. Löschen der **Join-Verknüpfung** zwischen den Tabellen von „biotopflaechen“ und „areaNat“.
8. Der Tabelle des Layers „biotopflächen“ eine **neue Spalte** mit dem Namen „RelArea“ **hinzufügen**.
9. Die Spalte "RelArea" soll den Flächenanteil einer Biotopfläche, an der Gesamtfläche aller Biotope derselben Naturnäheklasse (Nat) berechnet, angeben (**Field Calculator**).
10. Verknüpfen der Tabelle aus dem Layer "biotopflächen" mit der Tabelle „areaNat" über eine **Relate-Verknüpfung**.

2.2.5 Geoverarbeitungswerkzeuge (Analyse)

„Die Flächenverschneidung (engl. Polygon Overlay) ist die wichtigste und bekannteste GIS-Analysemethode zur Gewinnung neuer Informationen [...]. Die Flächenverschneidung muss als Minimalanforderung an die Analysefunktionalität eines GIS verstanden werden“ [Bill 2010]. Aus diesem Grund wurden einige Werkzeuge, die diese Funktion erfüllen, ausgewählt und im folgenden Arbeitsablauf untersucht.

Dateien:

- „fei.shp“: Polygonshapefile die eine zusammenhängende Fläche enthält, welche durch mehrere Teilflächen aufgeteilt wird. Zum Beispiel die Übersichtskarte eines Forstamts mit einer Unterteilung in Abteilungen, Unterabteilungen und Unterflächen.
- „biotoppunkte.shp“: Punktvektordatei, bei der einige Punkte innerhalb der Fläche aus der „Forsteinrichtungsdaten.shp“ liegen und einige Außerhalb.

Schritte:

1. Ein Neues Shapefile "Waldflaeche.shp" aus „fei.shp“ erstellen, das nur die Gesamtfläche der Forsteinrichtungsdaten behält und dessen Attributtabelle keine weiteren Attribute aus der Datei „fei.shp“ enthält (**Dissolve**).
2. Die zuvor erstellten Waldflächenpolygone in Linien umwandeln, um den Waldrand zu erhalten (**Polygon to line**).
3. Erstellen eines Shapefiles, welches entlang der Waldränder eine 50 m breite Pufferzone darstellt (**Buffer**).
4. Entfernung des Teils vom Waldrand-Puffer, der außerhalb der Waldbereiche liegt, um so den Waldsaum zu erhalten (**Clip**).
5. Verschneiden des Waldrandsaum-Shapefiles mit den Forsteinrichtungsdaten, sodass sowohl Waldsaum als auch Waldinnenfläche erhalten bleiben (**Union**).
6. Erstellung eines neuen Layers, der alle Biotoppunkte, die im Bereich des Waldsaumes liegen, zur Unterscheidung mit den übrigen Punkten in der Attributtabelle kennzeichnet (**Identify**).

2.2.6 Interpolation (Analyse)

Wenn Daten nur stichprobenartig erhoben werden können, aber eine flächendeckende Information notwendig ist, können die fehlenden Daten über mathematische Funktionen berechnet werden. So gibt der erzeugte Datensatz an den Stützstellen, welche die Eingabedaten wiedergeben, oftmals exakte und auf der restlichen Fläche angenäherte Werte wieder [Bill 2010]. Sowohl ArcGIS als auch QGIS verfügen über mehrere verschiedene Methoden. Im Interpolationsplugin von QGIS befindet sich die TIN Methode (engl. Triangulated Irregular Network), die über ein unregelmäßiges Dreiecksnetz eine interpolierte Rasterdatei erstellt. Ob diese Methode anerkannt ist konnte nicht geklärt werden. Bei ArcGIS findet sich dazu keine eigene Funktion und es wurde der Umweg über die Erstellung eines TIN gewählt, dass in einem weiteren Schritt in eine Rasterdatei umgewandelt wird (vgl. Anhang Tabelle 6).

Dateien:

- „hoehepunkte.shp“: eine Vektordatei mit Punkten, die in der Attributtabelle Höhenangaben enthalten. Die Höhenangaben werden als „z-value“ benötigt.

Schritte:

1. Shapefile „hoehepunkte.shp“ **laden**.
2. Interpolation der Höhepunkte über die **TIN Methode**.
3. Interpolation der Höhepunkte über die **IDW Methode**.
4. Layer zum besseren Vergleich auf **Pseudofarben** einstellen.
5. Interpolation der Höhepunkte über **Kriging**.
6. Interpolation der Höhepunkte über **Spline**.
7. Interpolation der Höhepunkte über die **Trend**.

2.2.7 Kartenlayout (Präsentation)

Es soll eine einfache Karte mit zwei Kartenausschnitten erstellt werden. Die Karte soll eine Legende, Nordpfeil, Maßstabsleiste und die Textelemente Titel, Autor und Text umfassen. Zudem ein Ausdehnungsrechteck in der zweiten Karte, welches die Ausdehnung der ersten darstellt. Die erstellte Karte soll schließlich als eine Bilddatei exportiert werden.

Dateien: Es kann ein beliebiger Karteninhalt gewählt werden, zu dem eine Legende erstellt werden kann. Beispielsweise die Forsteinrichtungsdaten („fei.shp“) aus 2.2.5 Geoverarbeitungswerkzeuge.

Schritte:

1. In die **Kartenlayoutansicht** wechseln.
2. Eine Karte mit **zwei Kartenausschnitten erstellen**.
3. **Legende** für „fei.shp“ **erstellen**.
4. **Nordpfeil** hinzufügen.
5. **Maßstabsleiste** hinzufügen.
6. Textelemente hinzufügen: **Titel, Autor, Text**.
7. **Ausdehnungsrechteck** hinzufügen.
8. **Export** der erstellten Karte.

2.3 Vorgehensweise bei der Bewertung

Bewertet werden können nur externe Qualitätsmerkmale, die durch den Anwender von außen erkennbar sind. Eine Übersicht über die externen und internen Qualitätsmerkmale enthält die ISO 25010 (Abbildung 4). Sie teilt die Softwarequalität in acht Kategorien und unterteilt diese in unterschiedliche Qualitätsmerkmale [Tiemeyer 2013].

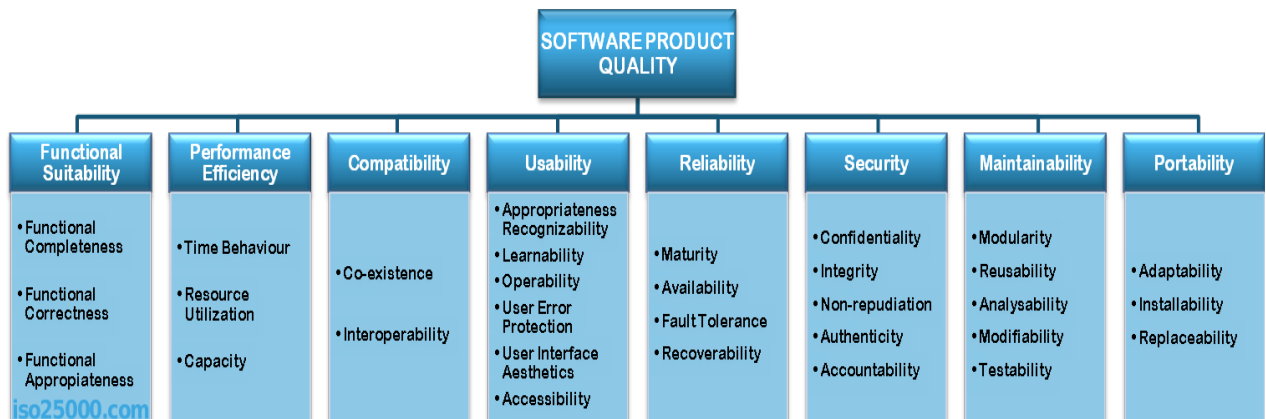


Abbildung 4: Softwareproduktqualität nach der ISO 25010. Sie wird in 8 Kriterien unterteilt, die 3 bis 5 Qualitätsmerkmale besitzen. Quelle: <http://iso25000.com/index.php/en/iso-25000-standards/iso-25010>, 24.3.2017.

2.3.1 Bewertungsschlüssel

Die Qualitätsmerkmale wurden anhand der ISO 25010 ausgewählt und anschließend an die analytischen Möglichkeiten angepasst. Eine Beschreibung der einzelnen Qualitätsmerkmale befindet sich auf der Website der ISO 25000 [ISO 25010 2017]. Zur Vorbereitung auf die Prüfung der Software wurde die Literatur von Frühauf (2007) und Spillner u. Linz (2005) zu Rate gezogen. Da sich diese aber größtenteils mit der Fehlersuche im Quellcode beschäftigen (interne Qualitätsmerkmale), konnten nur teilweise Informationen entnommen werden.

Ein Vergleich von ArcGIS und QGIS wurde schon von Friedrich (2014) in ihrer Masterarbeit „Comparison of ArcGIS and QGIS for Applications in Sustainable Spatial Planning“ vorgenommen. Sie nutzte die Methode „Checklist-based testing“ und erstellte einen Fragenkatalog über die „Goal-Question-Metric“ (GQM).

Die Methoden „Checklist-based testing“ und GQM wurden für diesen Vergleich übernommen. Die Tabellen wurden mit LibreOffice calc erstellt und enthalten in den Zeilen die einzelnen Arbeitsschritte. In den Spalten wurden die ausgewählten Qualitätsmerkmale der ISO 25010 aufgelistet und in die Wertungen für ArcGIS und QGIS unterteilt. In einer zusätzlichen Spalte wurde festgehalten, wie die Wertung zustande kam, um im Nachhinein eine Liste der möglichen Mängel für QGIS erstellen zu können (siehe Anhang). GQM wird zur Erstellung spezifischer Qualitätsmodelle für Software genutzt und wurde von Basili V. R. und Weiss D. entwickelt. Sie wird auf die ausgewählten Qualitätsmerkmale angewendet.

Ersetzbarkeit (Portability - Replaceability)

Unabhängig von den verwendeten Funktionen, Umwegen oder Manipulationen wird begutachtet, ob das vorgegebene Ziel erreicht wird. Ziel soll es sein, zu bestimmen, ob ArcGIS durch QGIS ersetzbar ist.

Bewertung: 0 = Nein, 1 = Ja

Funktionsumfang (Functional Aproprietness)

In der Kategorie Funktionsumfang wird bewertet, ob es für die Aufgabe eine Funktion gibt und wie umfangreich diese programmiert ist. Das bedeutet, dass das Programm mit der eingesetzten Funktion zum Ziel kommt, oder zusätzliche Schritte zum Erreichen des Ziels benötigt. Dies können andere Funktionselemente der Software oder bestimmte Einstellungen sein, die noch vorgenommen werden müssen, um ein vergleichbares Ergebnis zu erzielen.

Bewertung: 1 = Ja, 0 = Für jede zusätzliche Funktion, oder wenn keine Funktion vorhanden ist.

Benutzerfreundlichkeit (Usability)

Die Benutzerfreundlichkeit ist in fünf Qualitätsmerkmale aufgeteilt. Um eine differenziertere Auswertung zu ermöglichen, sollen diese auch einzeln in den Ergebnisteil einbezogen werden.

Zugriff (Acessability)

Hier wird der Erstzugriff auf die Anwendungen und Funktionen bewertet. Shortcuts und die Suchfunktion werden zwar erwähnt, aber nicht berücksichtigt. Es wurde folgende Rangfolge festgelegt:

1. Automatisches Öffnen des Fensters / der Funktion.
2. Die Funktion ist direkt über die Oberfläche (z.B. per Icon) zu erreichen (Toolbar).
3. Die Funktion ist über die Menüleiste zu erreichen. Wenn die Funktion in beiden Programmen über die Menüleiste zu erreichen ist, wird die Länge des Weges verglichen.
4. Die Funktion ist über die Toolbox zu erreichen. Wenn beide Funktionen über die Toolbox zu erreichen sind, wird die Länge des Weges verglichen.
5. Andere Zugriffsmöglichkeiten, die unverständlich oder sehr versteckt sind und einem unerfahrenen Nutzer vor Schwierigkeiten stellen können, wie beispielsweise das Nutzen einer Funktion, die außerhalb der gerade genutzten Oberfläche liegt.

Falls die Anwendung ein zusätzliches Plugin oder eine Aktivierung benötigt, wird dies in einer zusätzlichen Bewertung festgehalten.

Bewertung: 1 = Besser/gleich , 0 = Schlechter

Verständlichkeit (Apropiatness recognizability)

Die Verständlichkeit der Funktion bzw. des geöffneten Fensters wird subjektiv danach bewertet, ob dem Benutzer die Funktion übersichtlich und strukturiert dargestellt wird.

Bewertung: 1 = Besser/gleich, 0 = Schlechter

Handhabung (Operability)

Hier erfolgt eine subjektive Einschätzung der Anwendung und deren Handhabung. Anwendungsabläufe, die in dem einen Programm besser als in dem anderen umgesetzt sind, werden hervorgehoben und bewertet. Bei im Vergleich subjektiv empfundener Gleichrangigkeit der Handhabung werden beide Programme gleich bewertet.

Bewertung: 1 = Besser/gleich, 0 = Schlechter

Erlernbarkeit (Learnability)

Grundlegende Voraussetzung für Software ist, dem Nutzer die Möglichkeit zu geben, neue Handlungsabläufe zu verstehen oder zu lernen. Ein Werkzeug nützt niemandem, wenn das Wissen fehlt, es richtig anzuwenden. Daher wird unter dem Punkt Erlernbarkeit geprüft, ob das Programm eine Hilfefunktion bietet. Es wird unterschieden zwischen der „offline Hilfe“ im Programm selbst, für die keine Internetverbindung nötig ist, und der „online Hilfe“, welche auch verfügbare Tutorien beinhaltet. Es wird nur die englische Hilfe betrachtet, weil sowohl ArcGIS als auch QGIS in der englischen Ausführung genutzt wurden.

Bewertung: 1 = Ja, 0 = Nein

Bedienung (Acessability/Operability)

Nach Abschluss der gesamten Bewertung folgt eine Aufzeichnung der Steuerung des Programms mit der Maus. Es werden Klicks und Distanz aufgezeichnet, um die Effizienz der Bedienung bewerten zu können. Die Maus wird dazu immer in der gleichen Position in der oberen rechten Hälfte des Monitors gestartet. Beim Öffnen oder Speichern von Dateien werden die Pfade bereits voreingestellt, um eine Verzerrung durch eine unterschiedliche Ordnerstruktur zu verhindern.

Bewertung: Anzahl Klicks, zurückgelegte Strecke (m).

Kompatibilität (Compability - Interoperability)

Hier erfolgt eine Gegenüberstellung der verfügbaren Einlese und Ausgabeformate, welche nur bei relevanten Funktionen erhoben werden. Untersucht werden soll, inwieweit sich im Programm mit unterschiedlichen Formaten arbeiten lässt.

Bewertung: Anzahl verfügbarer Formate.

Zuverlässigkeit (Reliability)

Aus der Kategorie Zuverlässigkeit wurden die Qualitätsmerkmale für Verfügbarkeit und Stabilität ausgewählt.

Verfügbarkeit (Availability)

Die Bewertungskategorie Verfügbarkeit enthält für jedes Programm einen anderen Bewertungsansatz. Das Ergebnis soll zeigen, in welchem Umfang die einzelnen Funktionen ArcGIS und QGIS zur Verfügung stehen.

Im Fall von ArcGIS wird die Lizenzstufe bewertet. Am Ende des Arbeitsablaufes wird der Anteil aller möglichen Punkte durch die erreichten Punkte dividiert.

Bewertung:

- 3 = „Basic“ + „Standard“ + „Advanced“
- 2 = „Standard“ + „Advanced“
- 1 = „Advanced“, zusätzliche Lizenzen

QGIS wird anhand der Plugins bewertet. Wenn ein Plugin zum Grundprogramm gehört, wird es positiv bewertet, sobald es aber von einem externen Autor bereitgestellt wird, negativ. Dies soll nicht die Arbeit und Hingabe der Autoren in Frage stellen, sondern nur auf mögliches Fehlen der Funktion in zukünftigen Versionen des Programms hinweisen, wenn der Autor die Funktion nicht weiterhin pflegt.

Bewertung: 1 = Verwaltet von QGIS, 0 = Durch externen Autor bereitgestellt

Stabilität (Maturity)

Wenn bei der Arbeit in den Abläufen Probleme mit dem Programm auftreten, werden diese in der Spalte für Stabilität festgehalten. Die Fehler müssen reproduzierbar sein.

Bewertung: 1 = Fehler, 0 = keine Fehler

3. Ergebnisse

Die Auswertung der Ergebnisse erfolgt in Prozentwerten. Dazu wird die Anzahl positiver Bewertungen einer Kategorie durch die Anzahl aller Bewertungen dividiert und mit 100 multipliziert. Bei der Zusammenfassung der Unterkategorien in die Hauptkategorien wird auf eine Gewichtung verzichtet und ein Mittelwert zwischen allen Ergebnissen der Unterkategorien gebildet. Zudem wird sich bei der Vorstellung der Daten mehr auf Defizite von QGIS bezogen und eine Zusammenstellung dazu im Kapitel 3.9 eingebracht, das die Liste der gefundenen Mängel vorstellt. Eine ausführliche Erklärung zu den Bewertungen findet sich in den Tabellen im Anhang.

3.1 GPS-Daten

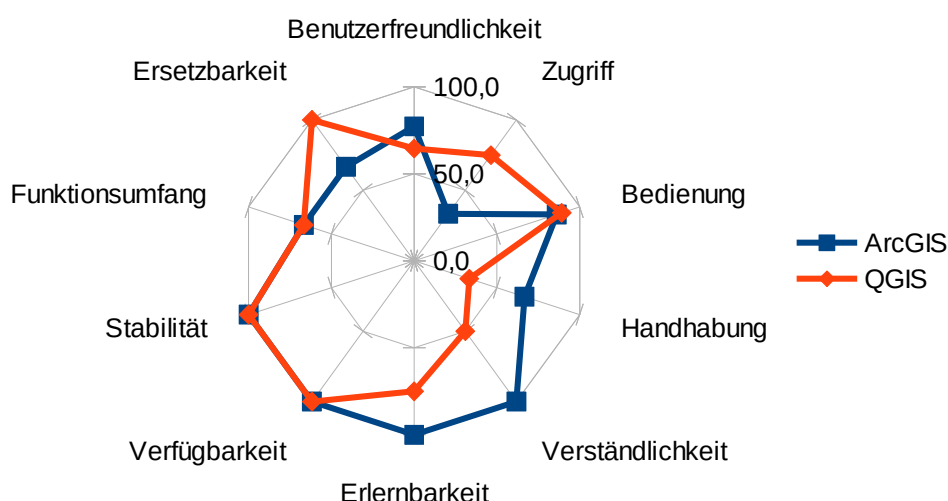


Abbildung 5: Ergebnisse zu den GPS-Daten, in % angegeben

Die Ergebnisse der GPS-Daten sind aufgrund des relativ kurzen Arbeitsablaufs und der damit verbundenen kleinen Datenmenge nicht sehr aussagekräftig. QGIS schneidet in der Kategorie Ersetzbarkeit besser ab, da es nicht nur die Textdatei, sondern auch in das GPS exchange Format (GPX) umwandeln kann (Abbildung 5). Es besitzt keine Funktion, die eine Umwandlung mehrerer Textdateien ermöglicht. Dies ist möglicherweise mit einem Plugin oder Python Skript unter QGIS zu erreichen, es wurde jedoch kein Hinweis in der Dokumentation dazu gefunden. Beide Programme erreichen bei der Zuverlässigkeit, die sich in Stabilität und Verfügbarkeit aufteilt, 100 %. Es traten keine Störungen bei der Nutzung der Programme auf und ArcGIS bietet die Funktionen in allen Lizenzen an, so wie QGIS alle Funktionen in der Standardinstallation zur Verfügung stellt.

Benutzerfreundlichkeit

Eine bessere Benutzerfreundlichkeit erzielte ArcGIS mit 77 % als Mittelwert aller darunter gefassten Kategorien. Obwohl der Zugriff auf die Anwendungen unter QGIS direkter war, was auch an der automatischen Darstellung der geladenen Datei lag, zeigt sich in der Auswertung der Bedienung, dass QGIS nur 3 Prozentpunkte vor ArcGIS liegt. In den folgenden Unterkategorien Handhabung, Verständlichkeit und Erlernbarkeit liegt ArcGIS vorne (vgl. Anhang Tabelle 1).

3.2 Georeferenzierung

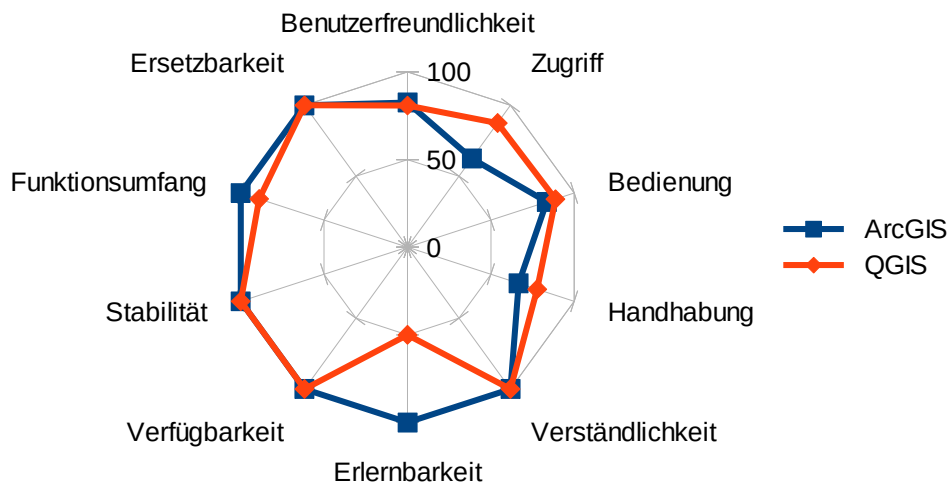


Abbildung 6: Ergebnisse zur Georeferenzierung, in % angegeben.

QGIS kann, wie ArcGIS auch, die Rasterdatei anhand des Referenzlayers georeferenzieren. Trotzdem erreicht QGIS mit 89 % nicht den gleichen Funktionsumfang wie ArcGIS, weil die Funktion zum Rotieren der Datei fehlt (Abbildung 6). Diese Funktion ist zwar nicht unbedingt notwendig und es kann ein externes Programm zur Rotation des Bildes genutzt werden, zur schnelleren Bearbeitung und besseren Übersicht wäre dies aber sinnvoll. In den Kategorien Verfügbarkeit und Stabilität haben sowohl ArcGIS als auch QGIS, wie schon in der GPS-Datenaufnahme 100 % da die Anwendung in jeder Lizenz von ArcGIS vorhanden ist und das Plugin von QGIS direkt verwaltet wird.

Benutzerfreundlichkeit

Die Benutzerfreundlichkeit zeigt keine großen Unterschiede bei der Nutzung beider Programme. Eine Differenz von 2 % ist hier zu vernachlässigen. Dennoch vielen bei QGIS zwei Mängel bei der Handhabung auf. Vor dem Setzen von Koordinaten in der Kartenansicht wird in

QGIS jedes Mal nachgefragt, ob die Koordinaten direkt eingegeben werden sollen. Dies führt zu einer wesentlich höheren Anzahl von Klicks, was sich auf die Bedienung auswirkt. Weiterhin schließt sich das Fenster bei dem Setzen von Koordinaten in der Kartenansicht und der Nutzer muss sich genau merken, wo er den Punkt gesetzt hat. Besonders bei der Arbeit mit mehreren Bildschirmen fällt dies negativ auf. Es gibt die Möglichkeit, die Georeferenzierungsfläche in die Kartenansicht zu integrieren. Dies teilt jedoch den Hauptbildschirm und es kann kein Nutzen aus dem zweiten Bildschirm gezogen werden.

Der Zugriff ist bei QGIS besser gestaltet. Dies liegt daran, dass in QGIS ein eigenes Fenster für die Referenzierung geöffnet wird, was in ArcGIS nur eine zusätzliche Option ist. Dennoch erreicht keiner von beiden eine volle Punktzahl in den Kategorien Bedienung und Handhabung. In diesen liegt QGIS, trotz der gefundenen Defizite, leicht vorne. Bei ArcGIS wird die im Prozess der Georeferenzierung befindliche Datei während der Bearbeitung angepasst, was durch Verzerrungen und längere Ladezeiten die Arbeit mit der Anwendung erschwert. Zudem müsste der Layer transparent gestellt werden, wenn es nicht die zusätzliche Funktion zum Öffnen der Rasterdatei in einem separatem Fenster gäbe. Diese Vorgehensweise wurde auch bei der Bedienungsaufzeichnung gewählt.

Kompatibilität

QGIS kann 78 Rasterformate einlesen, sechs mehr als ArcGIS, dass mit 72 Formaten nur unwesentlich darunter liegt.

3.3 WebGIS

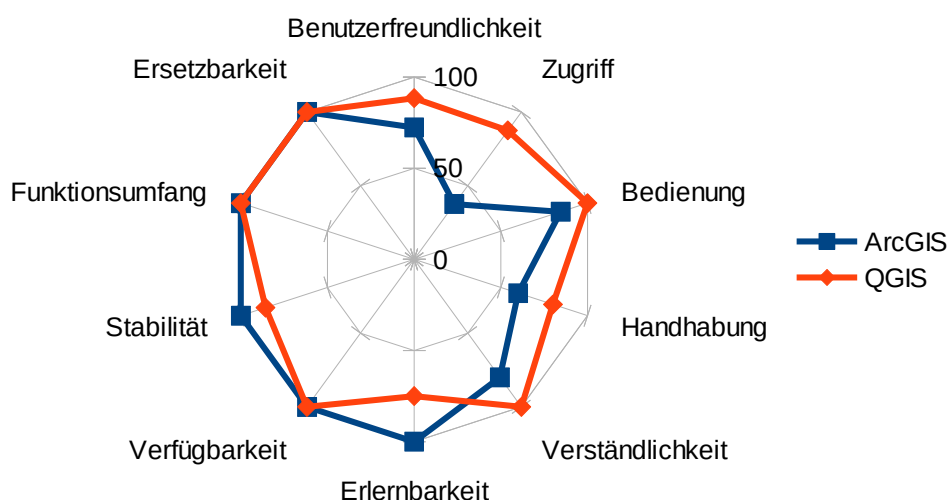


Abbildung 7: Ergebnisse zu WebGIS, in % angegeben.

An den Ergebnissen der Daten für die Anwendungen aus WebGIS zeigt sich, dass sowohl QGIS als auch ArcGIS die Aufgabe im vollen Umfang beherrschen und gleichwertige Ergeb-

nisse erzielen. QGIS kann jedoch nicht mehrere markierte WMS Layer aus der Anwendung heraus laden. Da dies aber über den Umweg über das Browser Panel und in der gleich aufgebauten WFS Anwendung funktioniert, wurde dies als Programmfehler gewertet. Daher erzielt QGIS im Vergleich zu ArcGIS 14 % Prozent weniger in der Kategorie Stabilität.

Benutzerfreundlichkeit

Zum ersten Mal kann sich QGIS mit 89 % von ArcGIS, das nur 72 % erreicht, in der Benutzerfreundlichkeit absetzen. Der Zugriff auf die untersuchten Standards „WMS“ und „WFS“ ist über die Toolbar bei QGIS wesentlich direkter. Des Weiteren werden über die Funktion, die die Einrichtung einer Verbindung über den WFS Standard übernimmt, in ArcGIS auch viele weitere Standards verwaltet. Die zusätzlichen Einstellungen, die deswegen vorgenommen werden müssen, schlagen sich nicht nur in den bereits genannten Kategorien, sondern auch in der Verständlichkeit und Handhabung nieder. Hinzu kommt, dass ArcGIS keine Möglichkeit bietet, den Namen der Verbindung manuell zu benennen.

Obwohl QGIS zu der WMS Verbindungserstellung eine Hilfefunktion im Programm bietet, ist für die WFS Funktion keine interne Hilfe mehr vorhanden und es muss auf die Dokumentation im Internet ausgewichen werden. Deswegen liegt ArcGIS mit einer vollständigen Hilfefunktion im Programm sowie Online mit 100 % wieder deutlich vor QGIS, das 75 % erreicht.

3.4 Attributtabelle

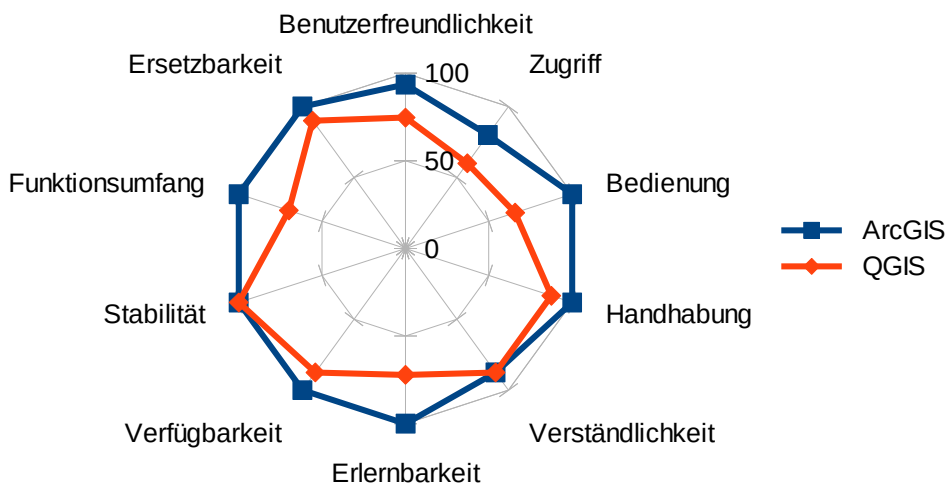


Abbildung 8: Ergebnisse zur Attributtabelle, in % angegeben.

Anhand der Abbildung 8 lässt sich eindeutig erkennen, dass ArcGIS bei der Arbeit mit Attributtabelle deutlich besser abschneidet als QGIS. Es gibt in QGIS keine Funktion zur Verknüpfung von Tabellen über eine Relate-Verknüpfung (1:n, m:n). Aus diesem Grund werden

nur 90 % in der Kategorie Ersetzbarkeit erreicht. Darüber hinaus hat das Attributtabellenfenster einen geringeren Funktionsumfang und es muss auf Funktionen außerhalb des Fensters zurückgegriffen werden. Dies ist der Fall bei der Funktion „Summarize“ von ArcGIS, dessen Funktion in QGIS über das Plugin „Group Stats“ erreicht wird, dass vom Autor Rajmund Szostok bereitgestellt wird und zu einer geringeren Wertung in der Kategorie Verfügbarkeit führt.

Benutzerfreundlichkeit

Der Zugriff in ArcGIS ist wesentlich einfacher gestaltet, da alle Funktionalitäten direkt im Attributtabellenfenster ausgewählt werden können. Einige sind zwar etwas versteckt, dennoch ist dies wesentlich besser als in QGIS gelöst. Dieses Ergebnis zeigt sich auch in der Bedienung, bei der ArcGIS sowohl weniger Klicks als auch weniger Strecke zurücklegen musste, um die einzelnen Arbeitsschritte zu bewältigen.

Handhabung und Verständlichkeit

Während das erwähnte Plugin „Group Stats“ nicht so leicht zu verstehen ist, wie „Summarize“ von ArcGIS, in welcher der Nutzer schrittweise durch die Einstellungen geführt wird, ist der „Field Calculator“ von QGIS wesentlich besser aufgebaut und mit einer programminternen Hilfe ausgestattet. Der „Field Calculator“ von ArcGIS ist zwar ähnlich aufgebaut, bietet aber keine in die Oberfläche integrierte Erklärung zu den verschiedenen Funktionen. Beide Programme wurden deshalb mit 87,5 % in der Kategorie Verständlichkeit bewertet.

3.5 Interpolation

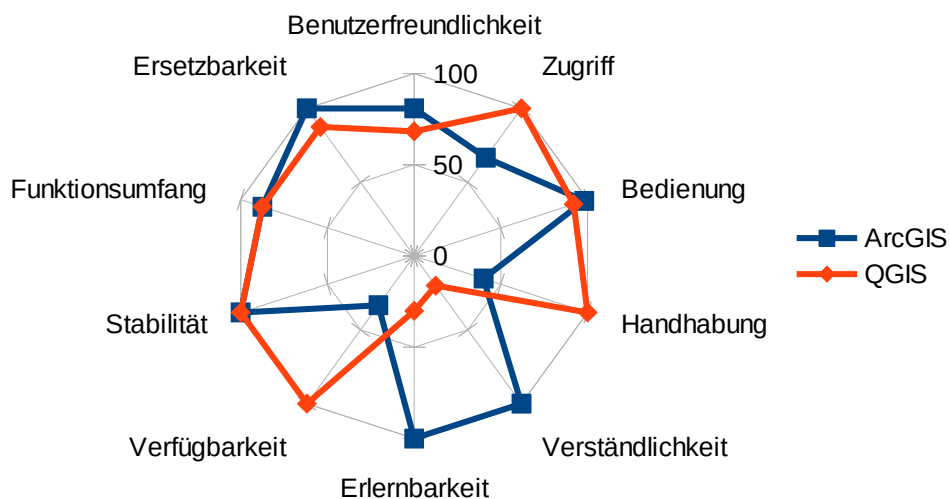


Abbildung 9: Ergebnisse zur Interpolation, in % angegeben.

Die Daten für den Arbeitsablauf Interpolation zeigen große Unterschiede innerhalb der einzelnen Bewertungskriterien (Abbildung 9), auf die im Folgenden näher eingegangen werden soll. Obwohl QGIS eine größere Anzahl von Interpolationsmethoden in der Toolbox auflistet, konnte die Methode "Trend" von ArcGIS nicht repliziert werden. Um in ArcGIS die Ergebnisse der Interpolation von QGIS über "Triangular Irregular Networks" (TIN) zu reproduzieren, wurde der Umweg über die Erstellung eines TINs und dessen Umwandlung in eine Rasterdatei gewählt. Infolgedessen erzielt QGIS nur 88 % in der Bewertung zur Ersetzbarkeit und ArcGIS 100 %, beide aber nur 88 % im Funktionsumfang.

Alle getesteten Werkzeuge liefen auf beiden GIS stabil und verursachten keine Probleme. Während QGIS jedoch das Interpolationsplugin und die Integration von SAGA und GRASS Werkzeugen direkt verwaltet, wird für alle Interpolationsmethoden von ArcGIS die Spatial-Analyst Lizenz vorausgesetzt.

Benutzerfreundlichkeit

Das Interpolationsplugin von QGIS erlaubt nur die Interpolierung von Daten mit zwei verschiedenen Methoden. Aus diesem Grund muss auf die Werkzeuge von SAGA und GRASS innerhalb der Toolbox zurückgegriffen werden. Wie in anderen Ergebnissen auch schon, liefert QGIS keine Hilfe zum eigenen Plugin im Programm selbst, deckt dies aber im Handbuch gut ab. Der Verwendung der untersuchten Werkzeuge von SAGA und GRASS musste eine längere Internetrecherche vorangehen. Lediglich GRASS liefert eine kurze Anleitung zu den vielen Einstellungsmöglichkeiten in einem Register der Funktion. Die große Anzahl an Optionen wirkt sich zwar positiv auf die Bewertung der Handhabung aus, in der ArcGIS hier im Vergleich 40% erreicht. Sie können jedoch einen neuen Nutzer überfordern, was zu einer geringen Einschätzung der Verständlichkeit führt. ArcGIS ist insgesamt leichter zu bedienen und liefert sowohl im Programm als auch auf der Internetseite eine sehr ausführliche Erklärung zu den Anwendungsgebieten der Interpolationsmethoden.

3.6 Geoverarbeitungswerkzeuge

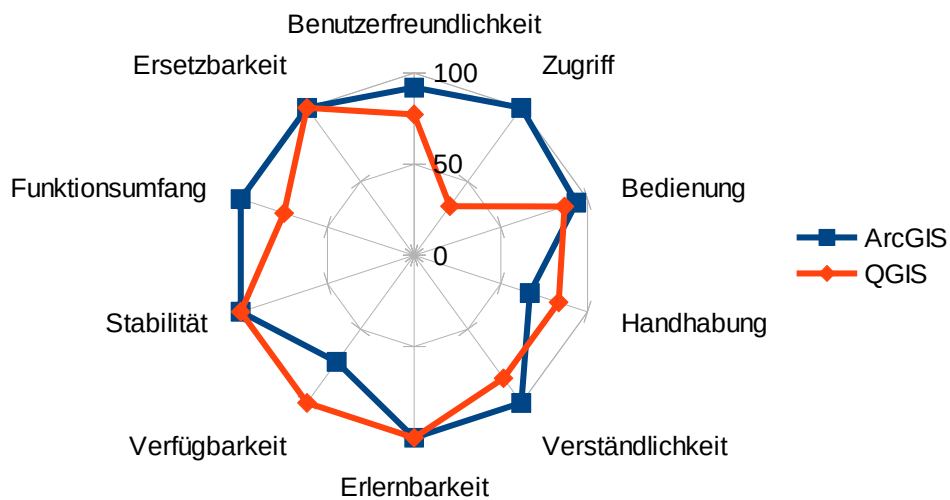


Abbildung 10: Ergebnisse zu den Geoverarbeitungswerkzeugen, in % angegeben.

Bei der Arbeit mit Geoverarbeitungswerkzeugen lassen sich in den Programmen die gleichen Ergebnisse erzielen und es traten keine Fehler auf. Beide haben deshalb eine Ersetzbarkeit und Stabilität von 100% im Ergebnis. Um die Daten auf denselben Stand zu bringen, sind in QGIS aber zusätzliche Änderungen nötig, weshalb der Funktionsumfang mit 75 % unter dem von ArcGIS liegt. Bei den Änderungen handelt es sich hauptsächlich um Inhalte der Attributtabelle, die für die weitere Bearbeitung innerhalb der Aufgabenstellung vorgenommen werden müssen.

Ein großer Unterschied zu anderen „Grundfunktionen“ ist, dass ArcGIS unterschiedliche Lizenzstufen verlangt. Die Funktion "Buffer" ist erst ab der Lizenzstufe "Standard" verfügbar und "Advanced" wird für "Polygon to line", sowie "Identify" vorausgesetzt. Dies wirkt sich auf die Bewertung der Verfügbarkeit aus, in der ArcGIS nur 72% erreicht.

Benutzerfreundlichkeit

Die Bewertung der Benutzerfreundlichkeit gestaltet sich schwierig, weil QGIS zwei verschiedene Oberflächen und Zugriffsmöglichkeiten auf einige der untersuchten Werkzeuge liefert. Die kompaktere Version findet sich in der Menüleiste, welche schneller zu erreichen ist; eine verständlichere und mit einer Hilfe ausgestattete Zugriffsmöglichkeit ist in der Toolbox. Untersucht wurden schließlich die Werkzeuge aus der Toolbox. Beide Programme erreichen deshalb 100 % in der Erlernbarkeit, obwohl die Erklärungen in ArcGIS umfangreicher sind.

Handhabung und Verständlichkeit

Alle Werkzeuge haben eine sehr ähnliche Oberfläche. Hier konnten programmübergreifend nur kleine Mängel gefunden werden. QGIS lädt die neu erzeugten Layer zwar automatisch in das Kartenmaterial, gibt ihnen aber dort nur den Namen der Funktion und nicht den Dateinamen. ArcGIS dagegen hat bei dem Werkzeug "Identity" weniger Optionen und stellt andere im Werkzeug "Buffer" unvorteilhaft in Drop-Down-Menüs dar. Dies wirkt sich auf die Handhabung aus und QGIS liegt, anders als in dem Kriterium Verständlichkeit, mit 83% leicht vor ArcGIS (Abbildung 10). Ein Kritikpunkt ist, dass bei QGIS die Distanzangabe bei der Puffererstellung nicht anzeigt.

3.7 Kartenlayout

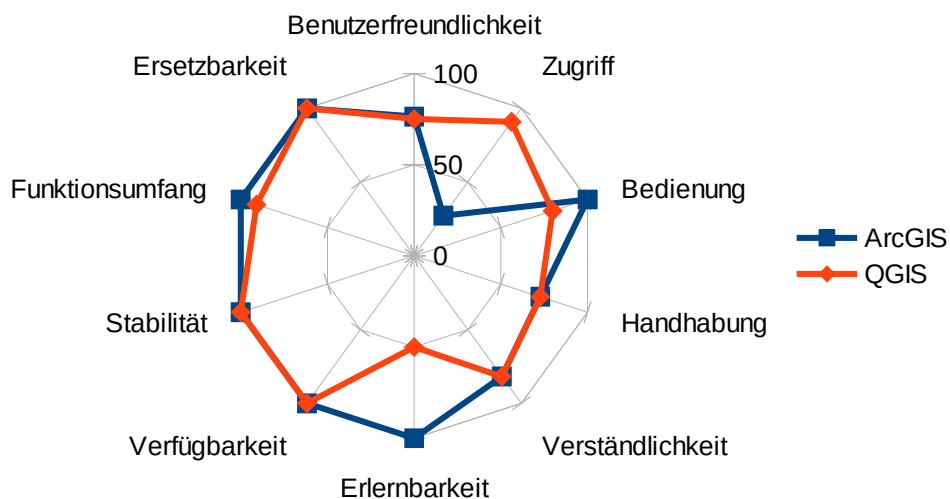


Abbildung 11: Ergebnisse zum Kartenlayout, in % angegeben.

QGIS hat über eine Vielzahl an Einstellungsmöglichkeiten eine umfangreiche Kartenlayouterstellung. Trotzdem ist es mit einem niedrigeren Funktionsumfang von 91% bewertet weil zur Erstellung eines Nordpfeils auf die Funktion „Bild einfügen“ zurückgegriffen werden muss. In den folgenden Kategorien Stabilität und Verfügbarkeit sind keine Unterschiede zu nennen.

Benutzerfreundlichkeit

Die Erstellung einer Karte erfolgt in beiden Programmen mit zwei sehr unterschiedlichen Ansätzen. Während in ArcGIS nur die Kartenansicht wechselt und das Kartenlayout anzeigt, öffnet sich in QGIS ein komplett neues Fenster. Auch bei der Erstellung der Karteninhalte gibt es Differenzen. ArcGIS führt den Nutzer durch die verschiedenen Einstellungsmöglichkeiten und generiert Titel und Autor auf Wunsch automatisch. Diese Unterschiede lassen sich nur in

der Kategorie Zugriff erkennen, wo QGIS durch die neue Oberfläche wesentlich mehr Platz hat um Icons unterzubringen, die einen direkten Zugang zu der gewünschten Funktion haben. Die automatische Generierung von Inhalten und Führung durch die Einstellung in ArcGIS zeigt sich in der Bedienung, in der QGIS durch die höhere Anzahl an Klicks und die längere Strecke mit 80 % eine schlechtere Bewertung hat.

Ungeachtet dessen haben beide Programme die gleichen Ergebnisse in Handhabung und Verständlichkeit erzielt. Dies liegt daran, dass beide die Ansätze gut fortführen und immer demselben Schema folgen. In QGIS werden alle Einstellungen zu den Karteninhalten immer in den Fenstern „Optionen“ angezeigt und übersichtlich dargestellt. In ArcGIS wird der Nutzer durch alle nötigen Einstellungen geführt.

Kompatibilität

Die erstellten Karten können in unterschiedlichen Formaten gespeichert werden. QGIS gibt hier die Möglichkeit, unter zwölf verschiedenen Bildformaten auszuwählen. Viele dieser Formate werden auch von ArcGIS unterstützt, insgesamt sind es hier aber nur zehn.

3.8 Gesamtergebnis

Zur Auswertung aller Daten wird eine Gewichtung nach Anzahl der untersuchten Funktionen in einem Arbeitsablauf vorgenommen. Die Ergebnisse sind in der Abbildung 12 zu sehen.

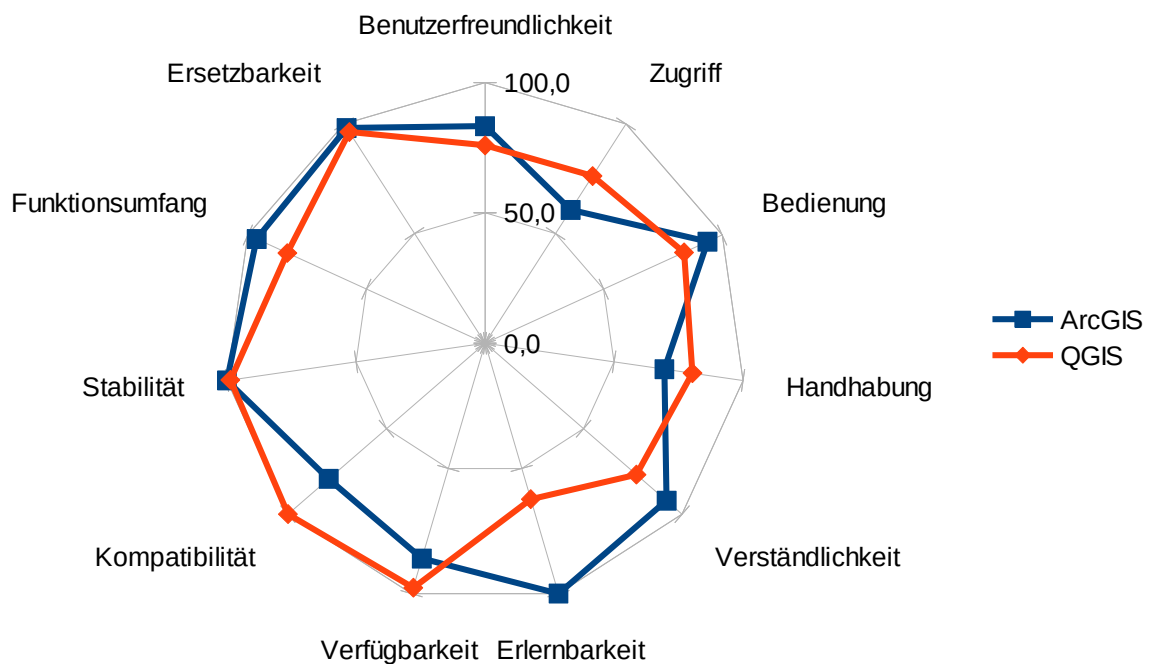


Abbildung 12: Gesamtergebnis des Vergleichs von ArcGIS und QGIS, in % angegeben

Ersetzbarkeit

Die Ziele sind von beiden Programmen in den einzelnen Arbeitsschritten nahezu immer erreicht worden. In ArcGIS kann lediglich die Umwandlung der in Tabellenform vorliegenden Koordinaten in ein GPS-Gerät-kompatibles GPX-Format nicht ausgeführt werden (Abbildung 12).

Funktionsumfang

Der Funktionsumfang zeigt, dass ArcGIS viele Ziele direkter erreichen kann und weniger Umwege oder Anpassungen benötigt als QGIS. Aufgrund dessen erzielt ArcGIS mit 96 % eine bessere Wertung als QGIS mit 83 %.

Benutzerfreundlichkeit

Eines der am ausführlichsten untersuchten Gebiete in dieser Arbeit ist die Benutzerfreundlichkeit. Die fünf Unterkategorien sind von Arbeitsablauf zu Arbeitsablauf unterschiedlich bewertet. Allgemein kann aber die Erlernbarkeit und Verständlichkeit von ArcGIS hervorgehoben werden, die dieses Ergebnis maßgeblich beeinflussen und ArcGIS im Gesamtergebnis 7% vor QGIS platziert. Der Zugriff und die subjektive Handhabung wurden bei QGIS besser gelöst, dies konnte jedoch das Gesamtergebnis nicht verändern.

Kompatibilität

QGIS hat im Verlauf der Datenaufnahme insgesamt mehr Dateiformate bei Speicher- und Einlesevorgängen gelistet.

Verfügbarkeit und Stabilität

Ein Großteil der angewandten Funktionen wird von ESRI in allen Lizenzstufen zur Verfügung gestellt. Dennoch erzielt es im Vergleich 12 % weniger als QGIS in der Verfügbarkeit, weil bei der Interpolation und den Geoverarbeitungswerkzeugen zum Teil höhere Lizenzstufen benötigt werden. QGIS hatte ein Stabilitätsproblem bei dem Hinzufügen mehrerer Layer über die Verwaltung von WMS-Verbindungen. ArcGIS dagegen hatte keine Probleme und lief über die gesamte Untersuchung stabil.

3.9 Zusammenstellung der gefundenen Mängel von QGIS

Tabelle 1: Zusammenstellung gefundener Mängel von QGIS. Gruppieren nach dem Ablauf der Bewertung der Arbeitsschritte.

	Beschreibung
Allgemein	
1.	Neben einigen aus der Menüleiste geöffneten Fenstern kann nicht innerhalb der Kartenansicht gearbeitet werden.
2.	Ein Icon zum Hinzufügen mehrerer GIS-Formate, welches die Umstellung von der einfachen Lösung in ArcGIS, wo sämtliche Daten über das „Add Data“ Icon geladen werden, erleichtert.
2. Georeferenzierung	
1.	Beim Setzen der Punkte schließt sich das Fenster automatisch, das ist gut wenn man mit einem Bildschirm arbeitet, aber bei der Verwendung von zwei Bildschirmen stört es.
2.	QGIS fragt immer nach Koordinaten bevor man die Punktsetzung in der Kartenansicht wechseln kann
3.	Nicht Vorhanden, da in zusätzlichem Fenster geöffnet. Zur besseren Übersicht aber manchmal sinnvoll
3. WebGIS	
1.	Obwohl sich im Fenster mehrere Layer auswählen lassen, kann jeweils nur einer hinzugefügt werden. Bei WFS geht dies aber.
4. Attributtabelle	
1.	QGIS hat insgesamt weniger Funktionen mit dem Fenster der Attributtabelle verknüpft.
2.	Es gibt keine direkte Exportfunktion in der Attributtabellenansicht. Folglich muss auf die normale Speicherfunktion ausgewichen werden.
3.	Keine „Summarize“ Funktion innerhalb der Attributtabelle. Es muss auf das „GroupStats“ Plugin ausgewichen werden.
4.	Keine Relate-Verknüpfung möglich.
5. Interpolation	
1.	In den Tools von SAGA und GRASS befinden sich sehr viel mehr Einstellungsmöglichkeiten. Sie werden aber dadurch aber unübersichtlich und unverständlich. Nur bei GRASS findet sich eine Erklärung in einem Register.
6. Geoverarbeitungswerkzeuge	
1.	Dissolve: QGIS übernimmt in die Attributtabelle noch die Felder aus der vorherigen Tabelle. Diese konnte ich nur manuell löschen.
2.	Join by Attributes: Die Funktion benötigt eine Spalte in der Attributtabelle auf die sie sich beziehen kann. In ArcGIS gibt es eine zusätzliche Option die Anhand der FID eine neue Spalte erstellt und die Position mit -1 oder 0 angibt.
7. Kartenlayout	
1.	Ein Nordpfeil muss über die Funktion „Bild einfügen“ aus einem relativ unübersichtlichen Verzeichnis herausgesucht werden.

4. Diskussion

4.1 Kritische Begutachtung der Bewertung

Bevor die Ergebnisse im Einzelnen interpretiert werden sollen, muss auf einige Kritikpunkte an dem Aufbau der Bewertung hingewiesen werden. Es wurde auf zwei unterschiedlichen Rechnern getestet, was zu unterschiedlichen Ergebnissen führen kann und nicht empfohlen wird [Frühauf 2007].

Ein weiterer Kritikpunkt sind die subjektiv bewerteten Qualitätsmerkmale wie Verständlichkeit und Handhabung. In der Literatur wird die Untersuchung von Software mit Testteams dargestellt [Spillner 2005]. Da in diesem Fall nur eine Person die Tests durchführte, können diese Einschätzungen sehr subjektiv sein und von Meinungen Anderer abweichen.

Auch bei der Erstellung der Arbeitsabläufe zeigen sich nach der Auswertung der Ergebnisse Verbesserungsmöglichkeiten. Im Arbeitsablauf „GPS-Datenaufnahme“ wird die Umwandlung einer Textdatei in das dBASE-Format untersucht, aber eine Funktion genutzt, die mehrere Textdateien auf einmal umwandeln kann. Um einen sinnvolleren Vergleich zu erzielen, hätte hier die Konvertierung mehrerer Dateien auf einmal simuliert werden müssen.

4.2 Interpretation der eigenen Ergebnisse

QGIS oder ArcGIS, was ist denn jetzt eigentlich besser? Diese Frage kann nur differenziert beantwortet werden. Beide GIS-Softwares erfüllen die Grundanforderungen und bewältigen so gut wie alle Arbeitsschritte mit einem vergleichbaren Endresultat. Während ESRI dies in ArcGIS zum Teil geschickter löst und mit einer Funktion alle benötigten Optionen liefert, sind in QGIS einige Anpassungen nötig.

In der Kategorie Benutzerfreundlichkeit schneidet ArcGIS wesentlich besser ab. Dies liegt größtenteils an der besseren Hilfefunktion und Verständlichkeit, weil der Nutzer bei vielen Funktionen durch alle Einstellungsmöglichkeiten geführt wird. Deshalb liegt es nahe, dass ArcGIS für Anfänger und Einsteiger sowie für Nutzer, die nicht regelmäßig mit geografischen Informationssystemen arbeiten, wesentlich besser geeignet ist. ESRI leistet hier sehr gute Arbeit und lässt bei der englischen Hilfe keine Lücken. Besonders online, auf der eigenen Website, wird jedes Detail der im eigenen Programm eingebauten Anwendungen ausführlich erklärt.

QGIS ist für professionelle Anwender, also Nutzer, die täglich mit dem Programm arbeiten, eine Alternative. Das Programm unterstützt in einigen Bereichen mehr Formate und ist aus

diesem Grund im Arbeitsalltag, bei der Zusammenarbeit mit mehreren Unternehmen, möglicherweise einfacher einzusetzen. Diese Einschätzung wird auch von der Seite GIS Geography (2017) in einem Vergleich zwischen ArcGIS 10.3 und QGIS 2.8.1 unterstützt. Das gefundene Stabilitätsproblem hatte keinen Einfluss auf das Ziel des Schrittes im Arbeitsablauf. Falls der Nutzer über Programmierkenntnisse verfügt, könnte er aber wegen des offenen Quellcodes diese Fehler sogar selber beseitigen oder die Software um gewünschte Funktionen erweitern. Neben dem besseren Zugriff bietet QGIS auch viele voreingestellte Shortcuts, die zwar nicht direkt in die Bewertung mit eingebracht wurden, bei der Bearbeitung aber immer wieder auffielen. Als Beispiel kann die Erstellung eines Kartenlayouts herangezogen werden, in der QGIS durch das Öffnen eines neuen Fensters mehr Platz für neue Icons schafft. Hinzu kommt, dass einige Funktionen mit wesentlich mehr Optionen ausgestattet sind (siehe Interpolation), die für professionelle Anwender sinnvoll sein könnten.

Eine ähnliche Analyse führte schon Friedrich (2014) in ihrer Masterarbeit über den Vergleich von ArcGIS und QGIS durch, indem sie auf die Raumplanung ausgelegte Arbeitsabläufe untersuchte und beide Programme anhand einiger ausgewählter Qualitätsmerkmale verglich. In ihrer Bewertung kommt sie ebenfalls zu dem Ergebnis, dass die Hilfefunktion in QGIS nicht mit der ausgereiften von ArcGIS zu vergleichen ist, wobei sie die deutsche Hilfe betrachtete. Die Verständlichkeit und Bedienung erzielten beide jedoch ähnliche Ergebnisse und letztendlich entscheide der Nutzer, welche GIS-Software für seine Ansprüche besser geeignet sei.

Von Friedrich (2014) wird jedoch noch zusätzlich angeführt, dass der bessere Zugriff in QGIS durch die Planung von Experten zustande kommt und noch relativ jung sei. ArcGIS dagegen habe eine historisch gewachsene Struktur und sei deswegen uneinheitlich.

In seiner Arbeit zur Reliefschummerung mit unterschiedlichen GIS kommt Abel (2012) zu dem Ergebnis, dass ArcGIS qualitativ hochwertigere Schummerungen erstellt als QGIS. Dies zeigt, dass QGIS noch nicht in allen Bereichen auf dem Niveau von ArcGIS ist.

4.3 Die Kosten

Ein weiterer wichtiger Punkt, der bei der Bewertung nicht fehlen darf, sind die Kosten für die Software. Anhand der Ergebnisse des Arbeitsablaufes für Geoverarbeitungswerkzeuge zeigte sich, dass bei den ausgewählten Funktionen von ArcGIS auch die höheren Lizenzstufen benötigt werden.

Eine offizielle Preisliste nennt ESRI für ihre Produkte mit den vielen einzelnen Lizenzen auf ihrer Website nicht. Die Preise werden nur auf eine direkte Anfrage ausgegeben und der Preis scheint nicht nur innerhalb der Lizenzen, sondern auch zwischen den unterschiedlichen Endkunden zu variieren. Es werden Preise von 1.500 € für eine Einzelnutzungslizenz „Basic“,

7.000 € für die Version „Standard“ und keine Angaben zur „Advanced“ und den zusätzlichen Erweiterungen angegeben [Hodel 2014]. Dies deckt sich ungefähr mit der Einschätzung von Friedrich (2014), dass die Kosten für ArcGIS um die 2.500 € bis 25.000 €, je nach Lizenz und Unternehmen, betragen. Unternehmen und Privatanwender sollten sich deswegen genau überlegen, zu welchem Einsatz sie das GIS brauchen und ob sich die zusätzlichen Kosten lohnen. Es scheint zunächst unverständlich, dass ArcGIS überhaupt noch genutzt wird und sich nicht mehr Personen an dem Open-Source-Projekt beteiligen.

Ein Grund, warum viele Unternehmen und Verwaltungen auch weiterhin auf die bewährte Software von ESRI setzen ist, dass wichtige Entscheidungen auf Grundlage der Berechnungen gefällt werden. Die Folgekosten für eine Fehlentscheidung aufgrund von Programmfehlern oder schlechten Algorithmen sind bei manchen Projekten wesentlich größer, als die Kosten für einige Lizenzen [Friedrich 2014]. Darüber hinaus wird die Software von ESRI schon seit den 70er Jahren angeboten, während QGIS erst seit 2002 entwickelt wird und über die ersten Jahre keine Alternative darstellte. ArcGIS fällt somit die Rolle des „Platzhirsches“ zu und QGIS muss erst zeigen, ob es gleichwertige Ergebnisse erzielen kann. Ein anderer Grund ist der Umschulungsaufwand des Personals bei Einführung einer neuen Software, der sich in großen Unternehmen und Verwaltungen als sehr kostspielig erweisen kann.

4.4 Die Zukunft von QGIS

In den letzten Jahren hat die Nutzerzahl von QGIS stetig zugenommen. Dieser Trend kann aus den Daten von Google entnommen werden, welche die Anzahl der Suchanfragen (in %) nach dem Suchbegriff „QGIS“ darstellen (Abbildung 13).



Abbildung 13: Google Suchanfragen zu "QGIS" in %. Quelle: <https://trends.google.de/trends/explore?q=QGIS>

Als Grund für die vielen Suchanfragen könnte die nicht vollständige Hilfefunktion und Dokumentation verantwortlich sein. Ungeachtet dessen zeigen die Suchanfragen, dass das Interesse an der Software QGIS steigt.

Die Internetseite Open Hub führt Analysen und Informationen zu verschiedenen Open Source Programmen zusammen und listet QGIS mit einer sehr hohen Aktivität [Open Hub 2017]. Dieser Indikator soll zeigen, dass aktiv an Verbesserungen und Aktualisierungen gearbeitet wird. Ein größerer Funktionsumfang und Anpassungen an Nutzerwünsche sind daher in der Zukunft sehr wahrscheinlich. Die aktuellen Änderungen werden auf der QGIS-Homepage zusammengefasst [QGIS 2017].

Wie sich QGIS die nächsten Jahre weiterentwickeln wird, kann jedoch auch durch diese Einschätzungen nicht genau vorhergesagt werden. Ein bekanntes Beispiel für ein erst kürzlich beendetes Open-Source-Projekt ist „LiMux“ in München. Der 2003 gestartete Versuch die Verwaltung von München auf einen Open-Source basierenden Betrieb umzustellen, wurde im Februar 2017 beendet. Bis 2020 soll wieder auf ein System mit Microsoft Windows zurückgekehrt werden [Krempf 2017].

Die im Laufe der Arbeit gefundenen Defizite von QGIS können hoffentlich dazu beitragen, den Umstieg von ArcGIS zu verbessern und mehr Personen den Zugang zu QGIS zu vereinfachen. Der wahrscheinlich wichtigste Punkt wäre wohl, die Hilfefunktionen im Programm zu verbessern. Ein weiterer Anstieg der Nutzerzahlen würde nicht nur die öffentliche Unterstützung für das Programm selbst, sondern auch die allgemeine Akzeptanz von Open Source Software fördern.

Literaturverzeichnis

- Bill R. (2010): *Grundlagen der Geo-Informationssysteme*. Wichmann, Berlin
- Brand K., Groote-Bidlingmaier C., Hutner P., Kaiser P., Peyker I., Strauß A.(2012): *ArcGIS 10.1 und 10.0*, Wichmann, Berlin
- Friedrich C. (2014): *Comparison of ArcGIS and QGIS for Applications in Sustainable Spatial Planning*. Masterarbeit, Universität Wien
(http://othes.univie.ac.at/35758/1/2014-12-20_0900264.pdf, 12.4.2017)
- Frühauf K., Ludewig J. Sandmayr H. (2007): *Software-Prüfung. Eine Anleitung zum Test und zur Inspektion*. vfd Hochschulverlag AG, Zürich
- Harzer C., Hrsg. (2015): *GIS-Report. Software, Daten, Firmen*. Bernhard Harzer Verlag, Karlsruhe
- Hodel J. (2014): *A Summary of ArcGIS platform and products*. Cloudpoint Geographics Inc.
(<http://www.cloudpointgeo.com/blog/blog/2014/5/9/a-summary-of-arccgis-platform-and-products>, 2.4.2017)
- Kappas M. (2001): *Geographische Informationssysteme*, westermann, Braunschweig
- Nehfort A. (2013): *Qualitätsmanagement für IT-Lösungen*. In: Tiemeyer E. (Hrsg.): *Handbuch IT-Management. Konzepte, Methoden, Lösungen und Arbeitshilfen für die Praxis*. Carl Hanser Verlag, München, S.494 – 551
- Spillner A., Linz T. (2005): *Basiswissen Softwaretest*. dpunkt.verlag, Heidelberg

Internetquellen

- Abel C. (2012): *Vergleich der Möglichkeiten zur Erstellung einer Reliefschummerung mit kommerziellen Produkten und Open-Source Software*. Studienarbeit, Dresden
([http://www.qucosa.de/recherche/frontdoor/?tx_slubopus4frontend\[id\]=8606](http://www.qucosa.de/recherche/frontdoor/?tx_slubopus4frontend[id]=8606), 10.4.2017)
- GIS Geography (2017): *27 Differences Between ArcGIS and QGIS. The Most Epic GIS Software Battle in GIS History*. (<http://www.cloudpointgeo.com/blog/blog/2014/5/9/a-summary-of-arccgis-platform-and-products>, 2.4.2017)

GNU (2017): *License: General Public License v3.0 only*. Open Hub. (<https://www.openhub.net/licenses/gpl3>, 11.4.2017)

ISO 25010 (2017): *ISO/IEC 25010*. ISO 25000
(<http://iso25000.com/index.php/en/iso-25000-standards/iso-25010?limit=3&limitstart=0>, 12.1.2017)

Krempl S. (2017): Aus für LiMux: Münchner Stadtrat sagt zum Pinguin leise Servus. heise online. (<http://www.heise.de/newsticker/meldung/Aus-fuer-LiMux-Muenchner-Stadtrat-sagt-zum-Pinguin-leise-Servus-3626623.html>, 11.4.2017)

QGIS (2017): *Änderungsprotokoll für QGIS 2.18*. (<http://qgis.org/de/site/forusers/visualchange-log218/index.html>, 11.4.2017)

QGIS User Guide (2017): *QGIS User Guide*
(https://docs.qgis.org/2.14/en/docs/user_manual/index.html, 21.3.2017)

Open Hub (2017): *The QGIS Open Source Project on Open Hub. Commits Summary Page*.
(<https://www.openhub.net/p/qgis/commits/summary>, 11.4.2017)

Datenquellen

Geoportal der kantonalen Verwaltung: Wildruhezonen
WFS: <http://wfs.geo.gr.ch/wildruhezonen>, 1.4.2017

Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz.
WMS: http://www.umweltkarten-niedersachsen.de/arcgis/services/Natur_wms/MapServer/WMServer?, 1.4.2017

Hiermit versichere ich gemäß § 8 Abs. 5 der Bachelor-Prüfungsordnung vom 31.10.2012, dass ich die vorgelegte Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

(Ort, Datum)

(Niels Lakämper)