

**Bachelorarbeit
im Fach Geoinformatik**

**Prototypische Entwicklung einer
webbasierten GIS-Architektur zur
Integration medizinischer Felddaten
am Beispiel der Forschungsstudie am
St. Michael's Hospital Pramso, Ghana**

Dominik Schlarmann (362301)

28. Oktober 2013

Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Institut für Geoinformatik

Erstgutachter: Dr. Torsten Prinz
Zweitgutachter: Thomas Bartoschek

Abstract

Deutsch

Geographische Informationssysteme (GIS) bieten neue Möglichkeiten auch webbasierte Anwendungen zu entwickeln, welche die klassischen Aufgaben reiner Desktop-GIS-Software auf das Internet adaptieren.

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit soll eine prototypische GIS-Architektur entwickelt werden, welche die Integration von geographischen sowie empirisch erhobenen, medizinischen Felddaten ermöglicht. Als Fallstudie dient das Forschungsprojekt am St. Michael's Hospital Pramso in Ghana, welches die regionale Ausbreitung der Malaria untersucht. Das implementierte System soll dabei drei Hauptbestandteile bereitstellen, welche den Wissenschaftler vor Ort unterstützen: Visualisierung und Speicherung von Kontext relevanten Daten, grundlegende Analysemöglichkeiten mit der Ausgabe von Informationsprodukten sowie eine GIS gestützte Aufnahme neuer Krankheitsfälle.

Englisch

Geographic information systems (GIS) offer the possibility to develop also web based applications, which adopt typical tasks of Desktop GIS to the web.

In this bachelor thesis a prototype web based GIS architecture should be implemented, which allows the integration of geographic and empirical medical field data. As a use case, the field study at the St. Michael's Hospital Pramso in Ghana is chosen, which focuses on the regional spread of Malaria. The WebGIS should include three main components, which should support the local researcher: visualization and data storage of context-relevant data, basic analysis tools with the output of information products and a computerized GIS based enter of new disease cases.

Inhaltsverzeichnis

Abstract	i
Inhaltsverzeichnis	ii
Abbildungsverzeichnis	iv
Tabellenverzeichnis	v
Glossar	v
1 Einleitung	2
1.1 Motivation und Zielsetzung	2
1.2 WebGIS	3
1.3 Inhaltsübersicht	4
2 Verwandte Arbeiten	5
3 Fallstudie Malaria - Kumasi, Ghana	8
3.1 Räumliche Einleitung	8
3.2 Forschungsstudie am BNI	9
4 Fragestellung und Anforderungen	10
4.1 Fragestellungen	10
4.2 Anforderungen	10
5 Architektur des Dienstes	12
5.1 Systemanforderungen	12
5.2 WebGIS Komponenten	13
5.2.1 ArcGIS Server und Webserver	13
5.2.2 PostgreSQL-Datenbank und Enterprise Geodatabase	13
5.2.3 ArcGIS Desktop	14
5.2.4 Webservice/WebGIS	14
5.3 Workflow	15
6 Datengrundlage	17
6.1 Basiskarten	17

6.2	Geodaten	18
6.3	Sozioökonomische Daten	18
6.4	Anforderungen an die Daten	20
7	Konfiguration und Implementierung des Dienstes	21
7.1	Serverkonfiguration	21
7.2	Webseite	22
7.2.1	Konfiguration und Implementierung	22
7.3	Visualisierung der WebGIS-Elemente	24
7.3.1	Konfiguration	24
7.3.2	Implementierung	25
7.4	Analyse- & Abfragefunktionen im WebGIS	31
7.4.1	Messwerkzeug	31
7.4.2	Popup-Abfrage	32
7.5	Editierungsfunktionen des WebGIS	34
7.5.1	Konfiguration	35
7.5.2	Implementierung	36
8	Evaluation	38
9	Diskussion und Ausblick	40
	Quellenverzeichnis	44

Abbildungsverzeichnis

3.1	Geographische Einordnung der Fallstudie, welche das Forschungsgebiet rund um Kumasi mit dem sich im Süd-Osten befindenden St. Michael's Hospitals eingrenzt.	8
5.1	Schichtenarchitektur einer Enterprise Geodatabase innerhalb einer postgresQL-Datenbank, welche die sozioökonomischen Daten speichert.	14
5.2	Teilweiser Überblick über das Kartendokument (.mxd) dieser Arbeit, welches die Daten als Shapefiles visualisiert.	15
5.3	Architektur des Webservices mit dem Aufbau der Serverkomponenten und der Verbindung zur Klientseite (eigene Bearbeitung).	16
7.1	Benutzeroberfläche des ArcGIS Servers mit dem Startbildschirm zur Kartenwebdienstverwaltung. Alle Eigenschaften jedes Services lassen sich über die Weboberfläche kontrollieren.	22
7.2	Aufbau des WebGIS nach dem Laden der Webseite mit den Elementen Navigationsleiste, Layerübersicht/TOC, Karte, Übersichtskarte, Maßstab und weiteren Werkzeugen.	23
7.3	Definition der „Capabilities“ im Service-Editor während der Veröffentlichung eines Kartendienstes. Mapping, WMS- und KML-Unterstützung wurde aktiviert.	25
7.4	Ein Popup, welches weitere Metadaten über einen Distrikt abrufen. Dabei werden die Informationen aus der Attributtabelle des Shapefiles generiert.	33
7.5	Feature Access Service, welcher das Veröffentlichen eines Kartendokuments mit aktiviertem Feature Zugriff auf einem ArcGIS-Server und das Verknüpfen mit einer Enterprise Geodatabase umfasst. Über Web- und ArcGIS Desktop-Klients kann auf den Feature Service zugegriffen werden (ESRI, 2012b).	35

Tabellenverzeichnis

5.1	Hard- und Software Konfiguration	12
6.1	Übersicht über die Geodaten mit ihren geographischen Typen, welche das WebGIS beinhaltet.	18
6.2	Parameterauswahl der empirisch aufgenommenen sozioökonomischen Daten, welche in das WebGIS integriert werden. Weiterhin ist die Aufnahme neue Krankheitsfälle auf Basis dieser Attribute möglich.	19

Glossar

API

Programmierschnittstelle

JSON

JavaScript Object Notation. Ein kompaktes Datenformat zur Übertragung von Informationen zwischen verschiedenen Anwendungen.

KML

Keyhole Markup Language. Eine auf XML basierende Auszeichnungssprache zur Beschreibung von Geodaten für die Google Earth und Google Maps.

.mxd

Datenformat zur Speicherung von ArcMap Projekten.

Open Geospatial Consortium (OGC)

Organisation mit dem Ziel die Entwicklung von raumbezogener Informationsverarbeitung von Geodaten auf Basis allgemeingültiger Standards festzulegen. Damit soll eine Interoperabilität innerhalb von Daten und System gewährleistet werden.

REST

Representational State Transfer. Ein Netzwerkprotokoll um genau einen Seiteninhalt als Ergebnis einer serverseitigen Aktion zu erhalten. GET fordert die Ressourcen vom Server. POST sendet Ressourcen an den Server.

SOAP

Simple Object Access Protocol. Ein auf XML basierendes Netzwerkprotokoll, mit dessen Hilfe Daten zwischen Systemen ausgetauscht werden können.

WCS

Web Coverage Service. Eine Technik des Open Geospatial Consortium (OGC), welche eine offene Spezifikation zur Freigabe von Raster-Datasets über das Web bereitstellt.

WFS

Web Feature Service. Features können über das Internet bereitgestellt werden.

WMS

Web Map Service. Eine Technik des Open Geospatial Consortium (OGC), welche eine offene Spezifikation zur Bereitstellung und Verwendung dynamischer Karten im Web bereitstellt.

WWAN

Wireless Wide Area Network. In Notebooks verbaute WWAN Module erlauben die Nutzung des Internets über ein Mobilfunknetz.

1 Einleitung

Das übergreifende Ziel dieser Arbeit ist es, einen prototypischen Webservice zu entwickeln, welcher die Visualisierung sowie die Integration von medizinischen Felddaten erlaubt. Konkret sollen dabei sowohl umfassende geographische Informationen über Ghana in einem WebGIS bereitgestellt als auch im Rahmen des Forschungsprojektes am St. Michael's Hospital, Pramso relevante sozioökonomische Daten in ein solches eingepflegt werden. Das Projekt wurde vom Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin in Hamburg (BNI) initiiert, das sich gegenwärtig auf die regionale Untersuchung von Malaria im genannten Gebiet konzentriert (BNI, 2013). Neben der Visualisierung von Geodaten sowie der im Zuge des Projekts erhobenen Daten soll das WebGIS weitere Funktionalitäten in einer dynamischen Karte vereinen. Um das System so aktuell wie möglich zu gestalten, können neue Krankheitsfälle über den Webdienst direkt aufgenommen werden. Um neue zusätzliche Informationen generieren zu können, werden auch Analyse- und Abfragewerkzeuge Bestandteil des Webdienstes sein. Dabei werden die geographischen Daten mit den empirisch erhobenen, demographisch- und medizinisch-sozioökonomischen Kontextdaten in Verbindung gesetzt.

1.1 Motivation und Zielsetzung

Bei der Arbeit mit Krankheitsdaten steht heute nicht mehr ausschließlich die eigentliche Behandlung des Patienten im Vordergrund, sondern im gleichen Maße die krankheitsspezifischen Charakteristika. Als eine Kompetenz der Geoinformatik versteht sich die Entwicklung von Werkzeugen, die den Anwendern vor Ort eine auf den Anwendungsfall angepasste Lösung liefern. Insbesondere in den vergangenen Jahren hat sich die Effizienz beim Einsatz von GIS-Software im Bereich des Gesundheitswesens (Health Care) gezeigt (Cromley u. McLafferty, 2012; Berke, 2010; ArcUserOnline, 2001; Wible, 2013). Ein Geoinformationssystem kann während der Feldarbeit Aufschluss darüber geben, wie sich eine Krankheit bezüglich der räumlichen Ausbreitung verhält oder von welchen Faktoren diese abhängt. Kontextrelevante Informationen, wie Landnutzung- und Bodentypen sowie Klimadaten, Angaben zur Infrastruktur und demographisch sozioökonomische Daten können aufbereitet und mit Hilfe geographischer Informationen in einen konkreten räumlichen Bezug gesetzt werden.

Im Fall des Forschungsprojektes „St. Michael's Hospital, Pramso“ am BNI, existiert bislang kein Geoinformationssystem, welches die Wissenschaftler vor Ort in ihrer Arbeit un-

terstützt. Geographische Analysen werden bis dato nur lokal an einem Rechner durchgeführt. Als Vorarbeit müssen dabei nicht nur die analog aufgenommenen Daten innerhalb einer heterogenen und konsistenten Datenbank digitalisiert, sondern auch Geodaten für jede Studie separat aufgearbeitet werden. Analysen lassen sich weiterhin nicht im Fallgebiet durchführen, sondern nur an einem entsprechend ausgestatteten Computer, an dem die Daten sowie ein GIS-System zur Verfügung gestellt werden können. Am BNI kommt ESRI's ArcGIS zum Einsatz; für den GIS-Experten ein sehr leistungsfähiges Programm, welches eine Vielzahl von Visualisierungs- mitsamt Analysemöglichkeiten bietet, den nicht vertrauten Nutzer jedoch schnell mit den grundlegenden Operationen überfordert.

Zur Etablierung eines GIS am BNI, steht in dieser Arbeit somit die Entwicklung eines ortsunabhängigen, einfach zu bedienenden Systems im Vordergrund, das die Wissenschaftler vor Ort in hohem Maße unterstützen könnte. So ließen sich bereits während einer Untersuchung frühere Malariafälle im entsprechenden Gebiet überprüfen und hinsichtlich relevanter geographischer Informationen, wie die Nähe zu Seen oder Flüssen, in einen Zusammenhang setzen. Weiterhin kann eine konforme Aufnahme neuer Krankheitsdaten garantiert werden.

Bei der Entwicklung soll sich das System vollständig an den Standards des Open Geospatial Consortium (OGC) orientieren, um zukünftige Entwicklungen unkompliziert zu ermöglichen.

1.2 WebGIS

Ein webbasiertes GIS greift die Nachteile eines ausschließlich lokal nutzbaren und komplexen Systems auf, indem es plattform- und ortsunabhängig agieren kann sowie spezialisierte Daten und Werkzeuge liefert. Daten werden heute nicht mehr nur ausschließlich, wie derzeit am BNI überwiegend lokal auf einem Rechner gespeichert, verwaltet und genutzt, sondern können darüber hinaus frei über das Web erreicht werden. Aikins (2007) betont in diesem Zusammenhang, dass den Nutzern ein dezentralisiertes Arbeiten erlaubt wird, indem die in der Einleitung genannten Funktionalitäten über das Internet zu Verfügung gestellt werden. Dies vereinfacht zum einen die interne Kommunikation, zum anderen wird dadurch eine einheitliche Art der Repräsentation geschaffen. Zusätzlich wird mit dem Einsatz eines WebGIS die Aktualität und Pflege der Daten gewährleistet. Änderungen am Datensatz oder der Anwendung müssen nicht lokal an jedem Klienten vorgenommen werden, sondern ausschließlich am Webserver. Ferner lässt sich das System über mehrere Endgeräte gleichzeitig ansprechen, wobei die Art des Gerätes nur eine untergeordnete Rolle spielt. Tablet und Smartphone sollen dem Nutzer weitestgehend dieselben Informationen und Funktionen offerieren, welche auch über den Desktop-Computer oder das Notebook geboten

werden; dabei stellt der GIS-Server die benötigte Rechenkapazität zu Verfügung. Außer einer Internetverbindung sowie eines aktuellen Browsers mit JavaScript-Unterstützung wird von der Klientseite keine weitere Software benötigt.

Der GIS-Server soll die Daten zudem in einem offenen Format verwalten und anbieten. Dies beinhaltet sowohl die Speicherung in einer relationalen Datenbank als auch die Haltung der Geodaten in Form von Shapefiles, sodass die in dem WebGIS enthaltenen Daten auch weiterhin mit dem schon beim BNI genutzten Programm ArcGIS Desktop von ESRI für weitere Analysen kompatibel sind. So lassen sich zum Beispiel Klimadaten oder Angaben zur Population auch für individuelle GIS-Projekte nutzen. Der Funktionsumfang wird sich auf die für den Anwendungsfall sinnvollen Operationen beschränken, womit auch GIS unerfahrene Nutzer das System produktiv nutzen können.

Für die Realisierung des WebGIS sollen ESRI-Technologien zum Einsatz kommen. Auf Seite des Servers umfasst dies die Verwendung von ArcGIS Server sowie einer Enterprise Geodatabase, auf der Seite des Klienten lediglich einen JavaScript fähigen Browser. Der Einsatz ebendieser Produkte gewährleistet auch für den späteren Verlauf des Projektes die Konformität im System und dessen Technologien und stellt eine fortwährend hochqualitative Weiterentwicklung seitens ESRI sicher.

1.3 Inhaltsübersicht

In der vorliegenden Arbeit gibt Kapitel zwei zunächst einen Überblick über bereits vorhandene Arbeiten. Existierende GIS-Systeme im Bereich Health Care werden kurz vorgestellt und Ergebnisse erörtert. Kapitel drei beinhaltet eine geographische Einordnung der Fallstudie und gibt einen thematischen Einblick in das Projekt am St. Michael's Hospital in Ghana. Das vierte Kapitel erläutert die Anforderungen, die an das WebGIS gestellt werden. Im nächsten Kapitel wird die zugrundeliegende Architektur des Webservices sowie die technischen Aspekte vorgestellt. Einen Überblick auf die im System aufgenommenen Daten sowie deren Vorbereitungen wird im sechsten Kapitel vermittelt. Das darauf folgende Kapitel beschreibt die Implementierung und die Konfiguration der einzelnen Teilkomponenten, welche abschließend im Kapitel acht evaluiert werden. Das letzte Kapitel diskutiert die Konzeption, stellt etwaige Probleme heraus und gibt einen Ausblick auf zukünftige Möglichkeiten des Systems.

2 Verwandte Arbeiten

Geoinformationssysteme spielen in der Feldforschung zunehmend eine wichtige Rolle, da die Komposition aus Geodaten und weiteren anwendungsspezifischen Informationen den Wissenschaftlern Fragestellungen mit einer räumlichen Dimension erklären können. Nach Bill (2000) lassen sich dabei die Daten in zwei unterschiedliche Typen kategorisieren: Geometrische Daten, welche sich durch Koordinaten als Punkte, Linien, Flächen symbolisieren lassen und fachliche Daten mit räumlichem Bezug. Mit Hilfe von Werkzeugen aus GIS-Softwaresammlungen lassen sich sozioökonomische, demographische sowie Umweltdaten kombinieren und vereinen (Tim, 1995).

Im Hinblick auf Health Care hat sich insbesondere in den letzten Jahren die Effizienz beim Einsatz von GIS-Programmen gezeigt, indem diese einen signifikanten Mehrwert für die Arbeit mit entsprechenden Daten, deren Analysen und Datenhaltung haben kann. Global Player wie ESRI oder Google bemühen sich die Entwicklung im Bereich des Gesundheitswesens mit eigenen Health-Care-Gruppen und -Systemen weiter voranzutreiben. Ein Beispiel zeigt „Googles Flu Trends“ mit einer kartographisch aufbereiteten Visualisierung von Grippeentwicklungen in Deutschland (Google, 2013).

Im folgenden Abschnitt werden anhand von Beispielen Eigenschaften und Vorteile für den Einsatz von GIS im Bereich Health Care beschrieben.

Busgeeth u. Rivett (2004) untersuchten HIV-/AIDS-Erkrankungen und deren Ausbreitung in Südafrika mit Hilfe eines GIS-Systems. Das Programm diene vornehmlich zur Datenhaltung der aufgenommenen Patienten. Für die Studie dieser Krankheitsfälle wurde ein Datenbanksystem entwickelt, welches für die Analyse und der Speicherung von Daten eingesetzt wurde. Indem eine klare Verortung der einzelnen Patienten angestrebt wurde, konnten mit dem GIS-System genaue räumliche Prognosen durchgeführt werden. Busgeeth und Rivett kommen zu dem Schluss, dass sich mit dem Einsatz von GIS-Programmen im Gesundheitsmanagement zwar keine Krankheiten heilen lassen, ein GIS bei der Informationsgewinnung jedoch ein unterstützendes Werkzeug sein kann und in der Zukunft unerlässlich wäre.

Um den Krankenhausplatzbedarf für Malariapatienten in Südafrika zu planen, hat Booman u. a. (2000) mittels Mapinfo entsprechende Prognosen entwickelt. Auf Stadt- und Dorfebene konnten infolgedessen klare Diskrepanzen in der Malariaausbreitung identifiziert werden, die auf Umwelteigenschaften zurückzuführen waren. Große Wasserflächen in warmen Gebieten waren so z.B. eine bessere Brutstätte für die Malaria übertragenden Stechmücken als trockene Gebiete. Weiterhin wird festgehalten, dass ein geografisches Informa-

tionssystem nicht gleichbedeutend mit einem effektiven Überwachungssystem sein kann. Eine Aufnahme und Untersuchung vor Ort ist trotz genauester Prognosen und Analysen noch immer unabdingbar.

Liegen Daten zu einer Epidemie oder Pandemie nur vereinzelt bzw. punktuell vor, ist es wichtig, eine Korrelation mit einem großen Datensatz auf räumlicher Ebene durchzuführen. Kistemann u. a. (2002) stellt heraus, dass erst der Arbeitsschritt des Ablesens von geographischen Mustern sowie das Einleiten von entsprechende Maßnahmen, eine Eindämmung von Epidemien ermöglicht. Wird darüber hinaus die zeitliche Dimension berücksichtigt, können genaue Vorhersagen generiert werden. Die benötigten Funktionen können von einem GIS zu Verfügung gestellt werden, welches als Werkzeug für die Datenaufbereitung dienen kann.

Zusammenfassend lässt sich der generelle Einsatz eines GIS im Bereich Health Care als ein leistungsfähiges Werkzeug beschreiben. Es ist ein Weg zur optimalen Planung, Ausrichtung von Ressourcen, Analyse und Dokumentation von Ereignissen und nicht mehr bloß ein einfaches Hilfsmittel zur Visualisierung von Daten (Hugo, 2000). Dabei ergeben sich für den Einsatz von GIS im Bereich von Health Care/Epidemiologie zwei Möglichkeiten: Ein lokales Desktop-GIS, welches umfassendere Werkzeuge bietet, oder ein webbasierte GIS, zwar in der Funktionalität begrenzt, dafür explizit auf den Anwendungsfall angepasst und ortsunabhängig einsetzbar.

Dabei erleichtert das Internet zunehmend die Repräsentation und die Erreichbarkeit von Daten und Diensten. Aus diesem Grund kann auch die Nutzung eines GIS deutlich vereinfacht werden, indem ein solches auf Basis von Webtechnologien entwickelt wird. Das WWW ist demnach das Medium, das plattformunabhängige Möglichkeiten zur Entwicklung eines WebGIS bietet (Goodchild, 2000; Kraak, 2004).

Einige Beispiele für die Integration von verschiedenen Daten in einem übergreifenden WebGIS beschreibt Maclachlan u. a. (2007). Es wird festgehalten, dass abhängig von Fallstudien deutlich zwischen schon existierenden Systemen unterschieden werden muss. Zusätzlich zu den Daten ist der Funktionsumfang als auch die Werkzeuge meist auf die speziellen Anforderungen zugeschnitten und können demnach nicht ohne Anpassungen für andere Projekte verwendet werden.

Eine konkrete Webanwendung entwickelte die Verwaltung in der West Midlands Region, Englands, welche Daten bezüglich Gesundheit, Umwelt und sozioökonomischen Aspekten für die schon bestehenden Institutionen bereitstellt (Theseira, 2002). Das auf HTML basierende WebGIS „MAIGIS“ sollte dabei als zentrales Portal für drei Themengebiete fungieren: Die Visualisierung und Analyse in Form einer dynamischen Karte von Kriminalitätsraten, Populationsdichten und der HIV-Verteilung innerhalb der Bevölkerung. Durch die Implementierung eines globalen, von der Verwaltungseinheit frei zugänglichem Systems war

eine erhebliche Reduktion im Hinblick auf den nötigen Verwaltungsaufwand möglich.

Rolfhamre u. a. (2004) beschreibt ein ähnliches System für den Einsatz in Schweden. Es sollte ein leistungsfähiger Webdienst entwickelt werden, um Erkrankungen geographisch zu visualisieren. Daten von 54 verschiedene Krankheiten, unterteilt in „gefährlich und ungefährlich für die Gesellschaft“, wurden in das System integriert. Dem schwedischen Institut für Infektionskrankheiten konnte dadurch eine dauerhaft erreichbare Lösung angeboten werden, die einen umfassenden Überblick über die geographischen Ausmaße einer Krankheit generierte. Das WebGIS wurde durch Dateneingaben der einzelnen Gesundheitseinrichtungen stets aktualisiert und ermöglichte sowohl der Öffentlichkeit als auch anderen Diensten einen benutzerfreundlichen Zugriff.

3 Fallstudie Malaria - Kumasi, Ghana

3.1 Räumliche Einleitung

Die in der hier vorliegenden Arbeit verarbeiteten Daten zeigen den Südwesten Ghanas (vgl. Abbildung 3.1). Ghana ist ein Staat Westafrikas, welcher im Westen an die Elfenbeinküste, im Norden an Burkina Faso sowie im Osten an Togo grenzt. An der südlichen Grenze wird Ghana vom Golf von Guinea gesäumt. Klimatisch lässt sich Ghana dem tropischen Klima zuordnen, wobei sich das Land grob in den feuchten Süd-Südwesten (Jahresniederschlag ca. 2.000mm) mit immergrünen Regenwaldgebieten und dem deutlich trockeneren Landesinnere bzw. Norden (Jahresniederschlag ca. 800mm) mit überwiegend Baumsavanne, Strauchsavanne sowie Grassavanne, aufteilt. Politisch gliedert sich das Land insgesamt in zehn Regionen, die sich wiederum bis heute in rund 216 Distrikte unterteilen (Ghana-Districts-Creative, 2012).

Die Forschungsstudie konzentriert sich insbesondere auf das Gebiet Kumasis und der sich in näherer Umgebung (Umkreis von rund 30km) befindenden kleinen Dörfern. Kumasi, die Hauptstadt der Ashanti-Region, welche sich im Landesinneren Ghanas befindet, ist mit knapp 2,5 Millionen Einwohnern im näheren Stadtgebiet die zweitgrößte Stadt Ghanas. Das St. Michael's Hospital, Pramso liegt ca. 15km südwestlich des Innenstadtgebiets Kumasis, sowie rund acht Kilometer nordöstlich des Bosomtwe Sees (vgl. Abbildung 3.1).



Abb. 3.1: Geographische Einordnung der Fallstudie, welche das Forschungsgebiet rund um Kumasi mit dem sich im Süd-Osten befindenden St. Michael's Hospitals eingrenzt.

3.2 Forschungsstudie am BNI

Das BNI in Hamburg untersucht neben hochpathogenen Erregern wie dem Lassa- und Ebola-Virus insbesondere Malariaepidemien in Ghana. In Zusammenarbeit mit dem ghanaischen Gesundheitsministerium sowie der Kwame Nkrumah Universität in Kumasi werden am „Kumasi Centre for Collaborative Research in Tropical Medicine“ umfassende Studien im Fokus auf Malaria durchgeführt.

Mit geschätzten 250 Millionen Krankheitsfällen jährlich und rund einer Millionen Todesfällen ist Malaria eine der häufigsten durch Krankheitsüberträger hervorgerufenen Infektionskrankheiten im sub-saharischen Raum (Krefis u. a., 2011). Da in Ghana auf Grund des Klimas ganzjährig neue Malariaerkrankungen aufkommen, resultiert daraus etwa eine Quote von 32-42% der ambulant behandelten Patienten sowie der höchste Anteil an Todesursachen im stationären Bereich (Aikins, 2007). Dabei geht die größte Malaria-Bedrohung von der *Anopheles gambiae* und *Anopheles funestus* Stechmücke aus. Um die besonders gefährdeten Gebiete zu identifizieren, sind die Wechselbeziehungen zwischen der Stechmücke und den geographischen Gegebenheiten wie beispielsweise Klima, Wasserflächen und Landnutzungstypen in höchstem Maße relevant. Das Projekt am St. Michael's Hospital in Pramso, Ghana geht dabei zusätzlich intensiv auf die Rahmenparameter der Malariaepidemien ein. Mit Hilfe von Fragebögen werden einzelner Krankheitsfälle von untersuchten Personen empirisch erhoben und dokumentiert, die Aufschluss über den Verlauf sowie Erkenntnisse über Maßnahmen gegen die Krankheit geben (siehe Anlage). Somit lassen sich Zusammenhänge zwischen den demographisch- und medizinisch-sozioökonomischen Daten, den Malariafällen und den Geodaten erkennen.

4 Fragestellung und Anforderungen

Im Hinblick auf die Konzeptionierung des WebGIS werden in diesem Kapitel entsprechende Fragestellungen sowie die daraus resultierenden Anforderungen an das System aufgegriffen und in ihren Funktionalitäten kurz dargelegt.

4.1 Fragestellungen

Bei der Entwicklung des Webdienstes sind folgende Fragestellungen zu berücksichtigen:

- Kann am BNI ein WebGIS-Konzept etabliert werden, welches die Wissenschaftler vor Ort in ihrer Arbeit unterstützt, indem zum Beispiel die Krankheitsdaten direkt digital erfasst werden können?

und

- Lassen sich Zusammenhänge zwischen Malariaerkrankungen und geographisch-, medizinisch-sozioökonomischen Faktoren in einem WebGIS visualisieren und erkennen?

4.2 Anforderungen

Aus den Fragestellungen ergeben sich somit analog folgende Anforderungen, welche das WebGIS erfüllen sollte.

1. Die Visualisierung Ghanas und Navigation innerhalb eines dynamischen Kartendienstes. Verschiedene Geodaten sollen in einem System zusammengefasst werden.
 - Für den Kontext relevante Geodaten, sozioökonomische Daten und verschiedene Grundkarten sollen Teil des Systems sein.
 - Im WebGIS sollen gängige Funktionen wie die eigentliche Visualisierung und Kartennavigation unterstützt werden.
 - Eine Legende/Table of Content soll eine hierarchische Übersicht über angezeigte Kartenlayer geben. Layer sollen sich in der Transparenz ändern lassen.
 - Kartentypische Objekte wie Maßstab und Übersichtskarte sollen hinsichtlich der Benutzerfreundlichkeit Teil des Webdienstes sein.

2. Ausgewählte Analyse- bzw. Abfragewerkzeuge sollen den Nutzern die Möglichkeit der Informationsgenerierung liefern.
 - Werkzeuge zur Analyse. Diese umfassen Berechnungen und grundlegende Abfragen wie das Messen von Strecke und Entfernungen.
 - Informationen zu einzelnen Objekten (Distrikte, Städte, Krankheitsfälle etc.) sollen sich durch ein per Mausklick zu öffnendes Popup anzeigen lassen.
3. Editierungsmöglichkeiten
 - Der Nutzer soll die Möglichkeit haben, über das System neue Krankheitsfälle in die Anwendung einzupflegen. Dabei soll die Form der Variablen dem Datenbankschema entsprechen.
4. Das Hinzufügen von neuen Funktionen soll zu einem späteren Verlauf unkompliziert ermöglicht werden.

5 Architektur des Dienstes

Die Architektur des GIS-Webdienstes lässt sich grundsätzlich in zwei Komponenten, den Server und den Klienten, gliedern. Auf der Serverseite beinhaltet dies zum einen die Datenhaltung von benötigten Daten in Form von Shapefiles und deren Kartendienste, zum anderen die Datenverwaltung innerhalb einer postgresQL-Datenbank. Mit Hilfe der auf dem Server installierten ArcGIS Server 10.2-Anwendung werden die Daten verwaltet und über das WWW durch einen Webserver veröffentlicht. Auf der Klientseite wird lediglich die über den Server bereit gestellte Webanwendung per Browser abgerufen.

5.1 Systemanforderungen

Ab ArcGIS Server 10.2 wird für den Betrieb der Server-Software zwingend ein 64Bit kompatibles System benötigt, welches die Rechnerarchitektur sowie das Betriebssystem umfasst. Die eigentliche Grundkonfiguration des Servers soll hier nicht detailliert dargelegt werden; Tabelle 5.1 liefert dennoch einen kurzen Überblick hinsichtlich Hard- und Softwarekomponenten.

Tab. 5.1: Eckdaten des Servers hinsichtlich Hard- und Software. Der Server ist das Hostsystem des WebGIS und beinhaltet die Funktionalitäten des ArcGIS- und Webservers.

Art des Servers	Virtueller Server
Prozessor	Intel(R) CPU L5520
Arbeitsspeicher	8,00GB
Betriebssystem	Windows Server 2012 Hyper Center 64Bit
ArcGIS-Anwendungen	ArcGIS Server 10.2, ArcMap 10.2, ArcCatalog 10.2
Datenbank	PostgreSQL 9.2.2 64Bit mit PostGIS 2.00
Webserver	Microsoft Internet Information Services 8 (ISS 8)

5.2 WebGIS Komponenten

Für die Entwicklung des hier implementierten Webdienstes werden verschiedene Techniken genutzt. Diese wurden zum Teil während der Vorbereitungsphase als auch im Verlauf der Frameworkerstellung sowie Programmierung eingesetzt.

5.2.1 ArcGIS Server und Webserver

ESRIs ArcGIS Server ist eine proprietäre, serviceorientierte Architektur, die für Windows und Linux entwickelt wird. Sie ermöglicht einen Austausch geographischer Informationen innerhalb eines lokalen Intra- oder des Internets, über das die Daten bereitgestellt werden. Mit ArcGIS Server kann eine Vielzahl von Funktionalitäten, wie unter anderem die Kartenerstellungen per JavaScript oder der Unterstützung von WMS-, WFS- und Feature Access-Dienste, angeboten werden, um verschiedenen Nutzeranfragen durch dynamische Webdienste zu verarbeiten (ESRI, 2013).

Dabei umfasst das ArcGIS-Server-Programm mehrere Erweiterungen, die sich auf verschiedene Anwendungsfälle konzentrieren. In Verbindung mit gängigen Datenbanksystemen ist ArcGIS Server eine leistungsfähige Plattform für die Speicherung von unterschiedlichen Informationen. Webbasierte Kartendienste können mit verschiedenen APIs entwickelt werden, welche durch die zur Verfügung gestellten REST- und SOAP-Schnittstellen über den ISS 8 Webserver anschließend abrufbar sind.

5.2.2 PostgreSQL-Datenbank und Enterprise Geodatabase

Für die Speicherung der sozioökonomischen Daten, die im Rahmen der Fallstudie empirischen erhoben wurden, wird eine auf SQL basierende postgresQL-Datenbank aufgesetzt. PostgreSQL wird als eine Open Source Software seit 1997 entwickelt und stellt ein erfolgreiches objektrelationales Datenbanksystem dar (PostgreSQL, 2013). Insbesondere für die Speicherung von Geodaten ist das postgresQL-System in Kombination mit der PostGIS-Erweiterung anderen Datenbanksystemen überlegen.

Abbildung 5.1 veranschaulicht die Nutzungsweise der postgresQL Datenbank innerhalb der ArcGIS-Server-Anwendung: Eine Enterprise Geodatabase wird in einer postgresQL-Datenbank erstellt, die wiederum zur Speicherung und Verwaltung der sozioökonomischen Daten (ArcObjects) dient. Durch ArcSDE (Spatial Database Engine) wird der Zugriff auf das relationale Datenbanksystem (RDBS) ermöglicht. Für den Einsatz im WebGIS wird eine Enterprise Geodatabase zwingend vorausgesetzt, da das Editieren und Zufügen neuer Features gleichzeitig mehreren Nutzern möglich sein sollte.

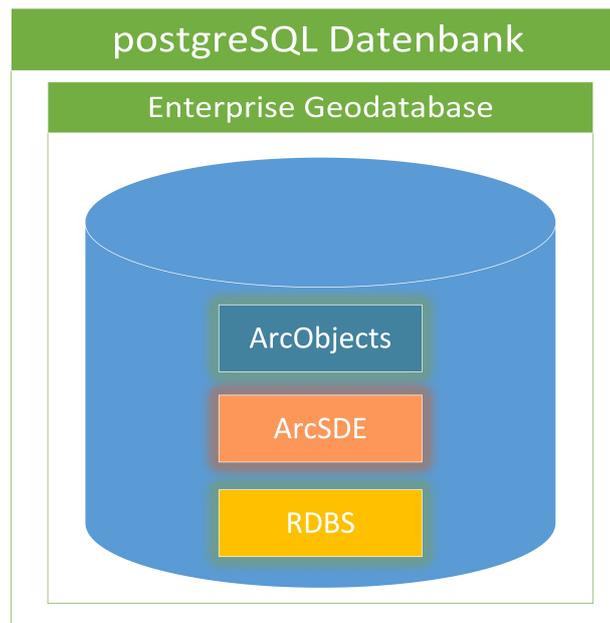


Abb. 5.1: Schichtenarchitektur einer Enterprise Geodatabase innerhalb einer postgresQL-Datenbank, welche die sozioökonomischen Daten speichert.

5.2.3 ArcGIS Desktop

Zu der ArcGIS-Softwaresammlung gehört ebenfalls ArcGIS Desktop, welches im Rahmen dieser Arbeit für die Erstellung, dem Design, der Datenbankverwaltung und der Veröffentlichung der einzelnen Kartenmaterialien genutzt wurde. Dabei handelt es sich um Desktop-GIS, das eine Vielzahl von Werkzeugen zur Visualisierung und Analyse von Geodaten in einer Applikation vereint. Abbildung 5.2 gibt einen groben Eindruck über die sich im Kartendokument befindenden Daten.

5.2.4 Webservice/WebGIS

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Entwicklung eines WebGIS, das dem Nutzer die in Kapitel 4 genannten Funktionen bietet und in seinen Fragestellungen unterstützen soll. Aus der Entwicklersicht kommen dabei folgenden Bibliotheken bzw. Sprachen zum Einsatz:

- ESRI's JavaScript-API - Eine JavaScript-Bibliothek für die Entwicklung von Webanwendungen, die auf ArcGIS-Produkte basieren.
- dojo - Eine freie JavaScript-Bibliothek für die Entwicklung von JavaScript- oder Ajax-basierten Anwendungen.
- HTML und .css - Sprachen zur Strukturierung und individuelle Visualisierung des Webservices.

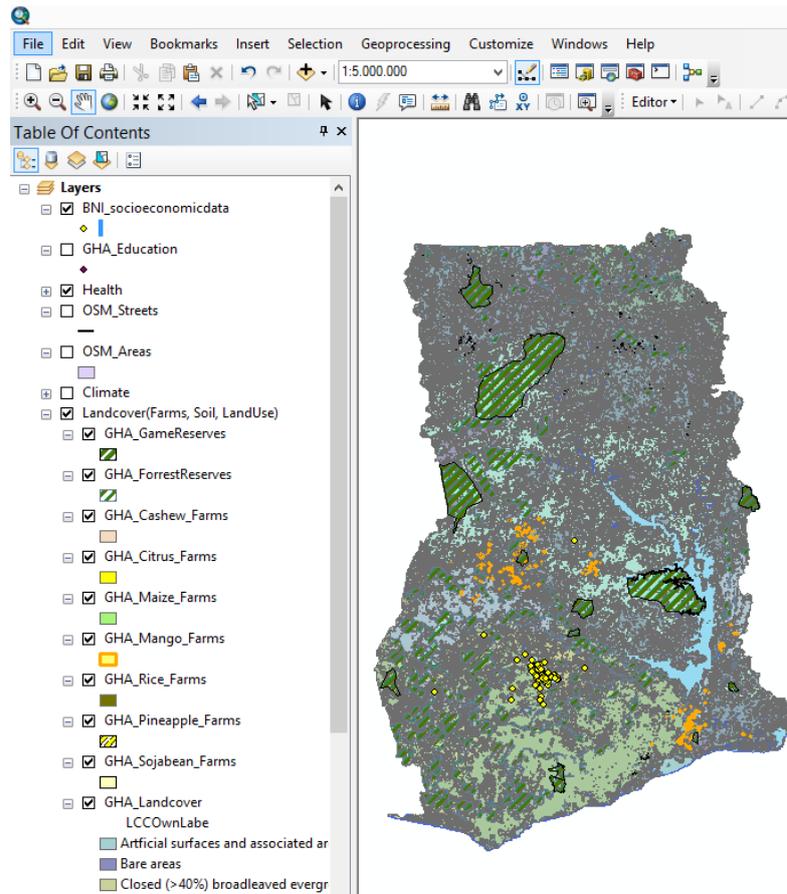


Abb. 5.2: Teilweiser Überblick über das Kartendokument (.mxd) dieser Arbeit, welches die Daten als Shapefiles visualisiert.

5.3 Workflow

Die Entwicklung eines auf ArcGIS Server basierenden WebGIS umfasst vorwiegend die folgenden, nötigen Arbeitsschritte:

1. Die Aufbereitung und Visualisierung der Geodaten durch entsprechende Farbgebung und Symbole sowie Bezeichnungen und das Anlegen von Kategorien.
2. Das Speichern des Kartendokuments als .mxd-Datei.
3. Das Definieren der Funktionalitäten und Parameter (WFS, WMS, KML Service), die der Webdienst unterstützen soll.
4. Der anschließende Upload der im Kartendokument genutzten Daten inklusive der Eigenschaften und Beziehungen.
5. Das Entwickeln eines Webdienstes in der zuvor definierten Funktionen bereitstellt werden.
6. Das Hosten des WebGIS auf einem Webserver, um den Zugang über das Internet zu ermöglichen.

Die durch ArcMap veröffentlichte Webkarte ist nun als Webservice auf dem ArcGIS-Server registriert und bezieht die sozioökonomischen Daten aus der Enterprise Geodatabase. Der über http erreichbare Webserver (ISS 8) stellt das WebGIS dem Klienten, beispielsweise einem Tablet, als JavaScript-Anwendung bereit (vgl. Abbildung 5.3).

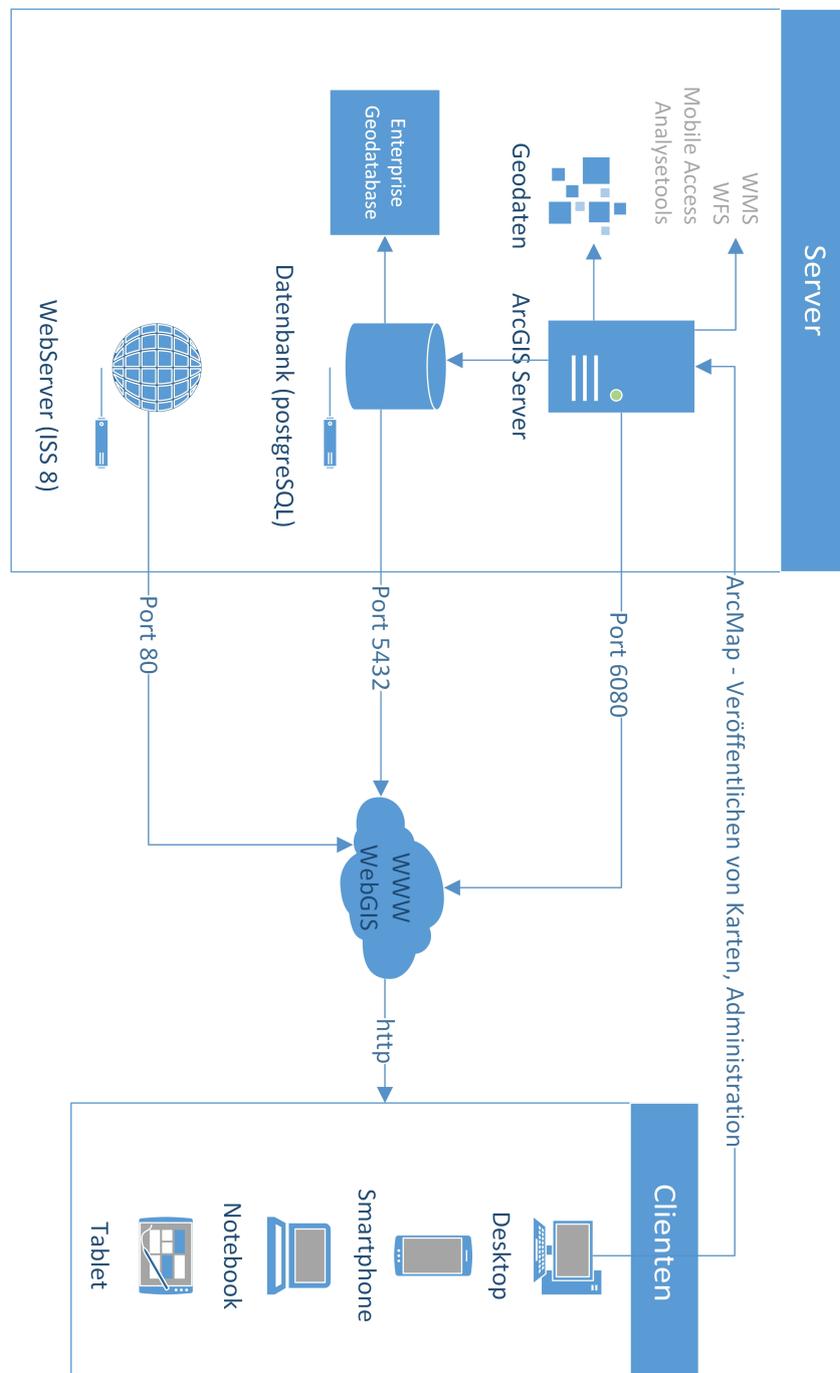


Abb. 5.3: Architektur des Webservices mit dem Aufbau der Serverkomponenten und der Verbindung zur Klientenseite (eigene Bearbeitung).

6 Datengrundlage

Geodaten sind ein unverzichtbarer Bestandteil eines geographischen Informationssystems. Im Fall des Webdienstes für Ghana sollen Informationen zur Verfügung gestellt werden, die einen räumlichen Überblick über das Anwendungsgebiet leisten können. Weiterhin werden relevante sozioökonomische Daten im Kontext der medizinischen Studie in den Webdienst integriert. Sämtliche Daten sind im WGS 1984 georeferenziert.

6.1 Basiskarten

Um dem Nutzer einen thematisch differenzierten Überblick zu bieten, werden zusätzlich die von ESRI zur Verfügung gestellten Basiskarten in den Webservice integriert. Dazu zählen sowohl Satellitenbilder als auch schematische Karten. Die folgende Auflistung beschreibt die Basiskarten in ihren Grundzügen.

- **Bilddaten:** Hochauflösende Satellitenbilder der Erdoberfläche.
- **Bilddaten mit Beschriftung:** Hochauflösende Satellitenbilder der Erdoberfläche mit Beschriftungen für Städte, Länder und Grenzen.
- **Straßenkarte:** Eine detaillierte Karte für das Straßennetzwerk auf der Erde.
- **Topografische Karte:** Abbildung der Geländeformen und Erdoberfläche in schematischer Form.
- **Terrain mit Beschriftungen:** Oberflächenerhebungen und Reliefstrukturen.
- **Hellgrauer Hintergrund:** Eine schlichte, in grau gehaltene Übersichtskarte.
- **National Geographic:** Generelle Grundkarte mit Landesgrenzen, Straßen, Städten, Wasserobjekten, Landnutzung und Relief.
- **Meere:** Namen von Wasserflächen, Unterseeobjektnamen und Wassertiefen.
- **OpenStreet Map:** Von der OpenStreet Map Community erstellte Karte.

6.2 Geodaten

Verschiedene Geodatentypen sollen einen detaillierten Überblick über Ghana liefern. Dabei sind insbesondere Daten bezüglich der geographischen Ausmaße der Infrastruktur, dem Klima, der Landnutzung sowie den Gesundheitseinrichtungen von Interesse. Darüber hinaus wird die demographische Struktur der verschiedenen Distrikte aufgenommen (vgl. Tabelle 6.1).

Tab. 6.1: Übersicht über die Geodaten mit ihren geographischen Typen, welche das WebGIS beinhaltet.

Objekt	Typ	Beschreibung
Ghanagrenzen	Polygon	Afrika, Ghana, Regionen, Distrikte
Niederschlagsregionen	Polygon	jährlich/monatlich
Temperaturregionen	Polygon	jährlich/monatlich
Siedlungsflächen	Polygon	Siedlungsflächen in Ghana
Farmen	Polygon	Erdnüsse, Mango, Mais, Reis, Zitronen, Soja, Ananas
Landnutzung	Polygon	Landnutzungstypen in Ghana
Bodentypen	Polygon	Bodentypen in Ghana
Naturreservate	Polygon	Geschützte Gebiete
Wasserflächen	Polygon	Wasserwege Ghanas
Hauptstädte	Point	Hauptstädte in Regionen, Distrikten
Bildung	Point	Bildungseinrichtungen
Gesundheit	Point	Gesundheitseinrichtungen
BNI Villages	Point	ORTSangaben für BNI Krankheitsdaten
BNI Socioeconomic Data	Point	BNI Krankheitsdaten
Straßen	Polyline	Straßennetzwerk Ghanas
Wasserwege	Polyline	Wasserwege Ghanas

6.3 Sozioökonomische Daten

Die für den Webdienst relevanten Daten werden in der Enterprise Geodatabase gespeichert. Dabei stellen die Daten einen ausgewählten Auszug mittels Fragebogen erhobener Parameter dar (siehe Anlange), wobei die Wahl der Parameter mit dem BNI abgestimmt wurde. Die Tabelle umfasst rund 2500 Datensätze.

Mit Hilfe der Fragebögen werden unter anderem der Bildungsstand sowie der Beruf der Mutter, das Vorhandensein von technischen Geräten wie Kühlschrank, Computer, Mobiltelefon, Toilette, die Art der Wasserversorgung und das Baumaterial der Unterkunft aufgenommen (vgl. Tabelle 6.2). Diese Daten geben den Wissenschaftlern vor Ort einen differenzierten Überblick über die Lebensumstände der einzelnen Personen. Einen Einblick in die Daten liefert ein tabellarischer Ausschnitt (siehe Anlage).

Ursprünglich besaßen die medizinisch-sozioökonomischen Daten keinen räumlichen Bezug (lat, long), weswegen dieser durch einen Join mit den Koordinaten des BNI Villages-Shapefiles erstellt wurde. Folglich ist darauf hinzuweisen, dass mehrere Krankheitsfälle in einem bestimmten Dorf die gleichen Koordinaten haben, wie die des Dorfes.

Tab. 6.2: Parameterauswahl der empirisch aufgenommenen sozioökonomischen Daten, welche in das WebGIS integriert werden. Weiterhin ist die Aufnahme neue Krankheitsfälle auf Basis dieser Attribute möglich.

Attribut	Typ	Beschreibung
c_subbarcode	Zahl (double)	Personenidentifikationsnummer
b_hospitalid_s	Zahl (double)	Krankenhausidentifikationsnummer
b_cite_c	Text	Stadt
b_village_s	Text	Stadtteil
s_nhisregister_d	Boolean	Krankenversicherung vorhanden?
s_motherjob_c	Text	Arbeit der Mutter
s_mothereducation_c	Text	Ausbildung der Mutter
s_relativeremit_d	Boolean	Relativer Datensatz?
s_housetype_c	Text	Baustoff des Hauses
s_device_handy_d	Boolean	Mobiltelefon vorhanden?
s_device_pc_d	Boolean	Computer vorhanden?
s_fridge_d	Boolean	Kühlschrank vorhanden?
s_cooking_c	Text	Art der Kochstelle
s_watersupply_c	Text	Art der Wasserversorgung
s_toilettype_s	Text	Art der Toilette
lat_villages	Geometry	Geographische Breite
long_villages	Geometry	Geographische Länge
alt_villages	Geometry	Höhe

6.4 Anforderungen an die Daten

Die Qualität der Daten darf bei der Verwendung in einem WebGIS nicht vernachlässigt werden. Um präzise und sinnvolle Aussagen und Analysen treffen zu können, muss die Auflösung der Datensätze hinreichend sein. So wäre zum Beispiel eine Klassifizierung der Landnutzung auf Ghanas zehn politischen Regionen im Kontext der Malariauntersuchungen unbrauchbar, da ein etwaiger Zusammenhang zwischen beiden Aspekten auf Grund einer zu groben Auflösung kaum mehr berücksichtigt werden könnte. Um realitätsnahe Analysen zu ermöglichen, ist weiterhin auf die Vollständigkeit der Daten zu achten. Wasserwege und Wasserflächen sollten weitestgehend vollständig aufgenommen werden, damit eine mögliche Korrelation zwischen geographischen Faktoren und Malariaerkrankungen herausgestellt werden kann. Alle Daten sollten darüber hinaus in ihren geographischen Ausmaßen und ihren Attributen fehlerfrei sein. Aus diesem Grund müssen zunächst die sozioökonomischen Daten in ihrer Form validiert werden: Unvollständige und fehlerhafte Datensätze müssen der Datenintegrität wegen gelöscht werden. Um das System nicht mit unnötigen Informationen zu füllen, sollten überdies nur die für die Fallstudie relevanten und sinnvollen Daten integriert werden

7 Konfiguration und Implementierung des Dienstes

In diesem Kapitel werden die grundlegenden Komponenten des implementierten Systems erläutert. Wichtige Methoden sowie Konzepte der eingesetzten Werkzeuge und Bibliotheken werden anhand der drei Hauptbestandteile, der Visualisierung, den Analyse-/Abfragewerkzeugen und der Editierungsmöglichkeit detailliert dargestellt (vgl. Kapitel 4).

7.1 Serverkonfiguration

Die Basis des WebGIS bietet ein leistungsstarker Server, welcher die empfohlenen Systemvoraussetzungen für ArcGIS Server 10.2 erfüllt (vgl. Tabelle 5.1). Die ArcGIS-Server-Anwendung wird, wie bei Windows üblich, als ein eigenständiges Programm installiert. Dabei umfasst die Konfiguration lediglich die Erstellung eines ArcGIS-Server-Administratorkontos, das zur Verwaltung der einzelnen Dienste benötigt wird, die Installation von .NET Framework 3.5 SP1 sowie eines Webservers. Auf Grund des Betriebssystems in Form von Windows Server 2012 bietet sich die Verwendung des integrierten Microsoft ISS 8 Webservers an. Dieser übernimmt die Funktion die WebGIS-Website zu hosten.

Für die Speicherung der Daten wurde eine Enterprise Geodatabase innerhalb einer PostgreSQL Datenbank erstellt. Da das Editieren, d.h. das Hinzufügen von neuen Krankheitsdaten von überall möglich sein soll, muss der öffentliche Zugang in der PostgreSQL Konfiguration explizit aktiviert werden. Weiterhin sind Bibliotheken für die PostgreSQL Instanz als auch für den Klienten zu installieren, damit eine ordnungsgemäße Funktion einer Enterprise Geodatabase garantiert werden kann. Zusätzliche Informationen sind der ESRI Knowledge Base zu entnehmen, die ein umfassendes Lernprogramm für die Erstellung einer Enterprise Geodatabase in einer PostgreSQL Datenbank beinhaltet (ESRI, 2012a).

Sind alle nötigen Komponenten installiert, ist die webbasierten ArcGIS-Serververwaltung über jeden Internetbrowser erreichbar (vgl. Abbildung 7.1). Jeder einzelne Service lässt sich mit einem Klick auf diesen differenziert administrieren, wodurch sich Metadaten, Funktionen und die Art des Cachings über die Weboberfläche konfigurieren lassen.

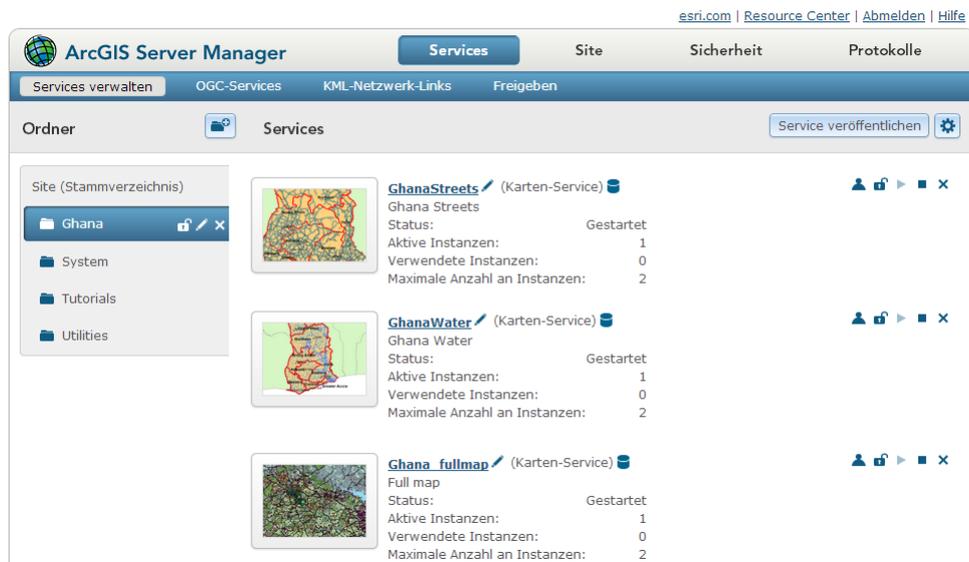


Abb. 7.1: Benutzeroberfläche des ArcGIS Servers mit dem Startbildschirm zur Kartenwebdienstverwaltung. Alle Eigenschaften jedes Services lassen sich über die Weboberfläche kontrollieren.

7.2 Webseite

Der Klient navigiert für die Nutzung des WebGIS zur *index.html* des Webservers. Diese Webseite ist die Willkommenseite des WebGIS und referenziert auf die Karten sowie benötigte JavaScript-Dateien und Verzeichnisse. Darüber hinaus werden weiterführende Links auf dieser Seite gesammelt. Das WebGIS kann über das Internet unter der URL

www.geo-arcgis.uni-muenster.de/index.html

abgerufen werden. Abbildung 7.2 zeigt einen Screenshot des WebGIS nach dem Laden der Webseite bzw. der „Editor in Map“-Seite.

7.2.1 Konfiguration und Implementierung

Die Struktur der Webseite entspricht den üblichen Internetpräsenzen und beinhaltet grob folgende Bereiche: Die Navigationsleiste wurde im Header-Bereich platziert, wobei die einzelnen Navigationselemente ein Wechsel innerhalb des hier entwickelten Systems erlauben. Die Startseite, Hilfeseite sowie beide Karten können von jeder Seite aufgerufen werden. Der *dijit.layout.leftContentPane*-Container beinhaltet im linken Bereich vier verschiedene *AccordionPanes*, welche die verschiedenen Werkzeuge darstellen. Darunter fallen die Kartenlayerübersicht/Legende, der Editor zum Hinzufügen von neuen Krankheitsfällen, die Sammlung von Messwerkzeugen und, im letzten Abschnitt, weitere Werkzeuge zur erleichterten Navigation innerhalb der Karte.

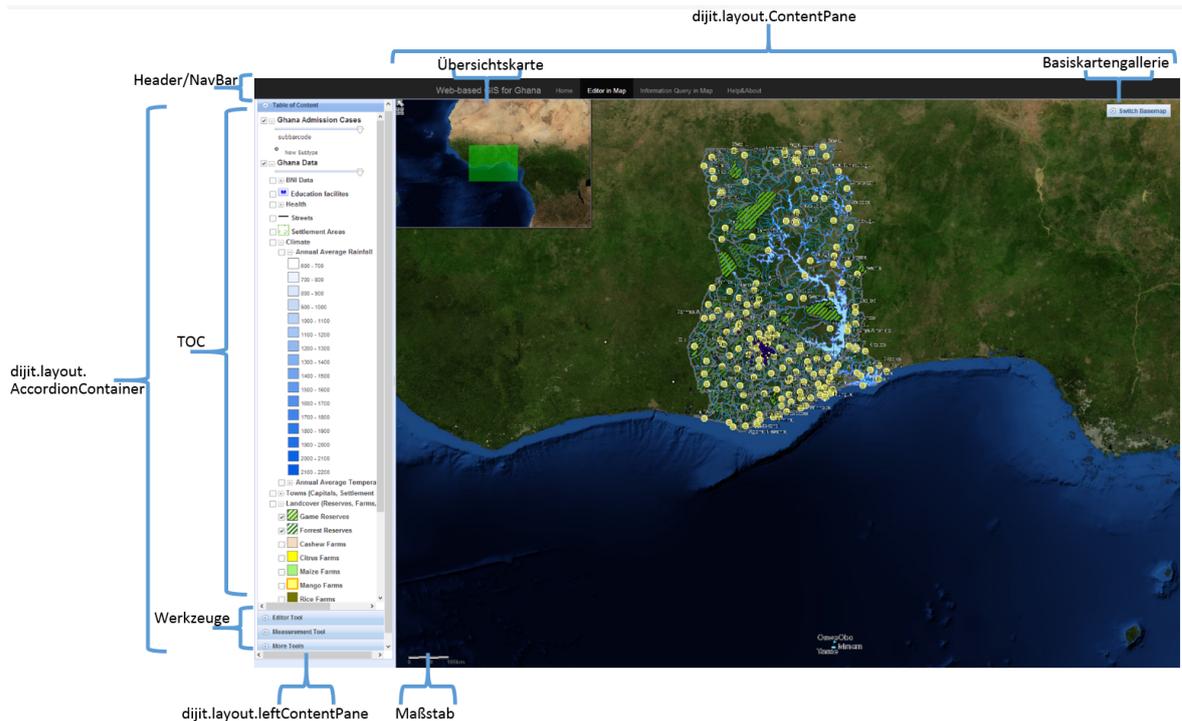


Abb. 7.2: Aufbau des WebGIS nach dem Laden der Webseite mit den Elementen Navigationsleiste, Layerübersicht/TOC, Karte, Übersichtskarte, Maßstab und weiteren Werkzeugen.

Der *dijit.layout.ContentPane*-Container visualisiert den Hauptbestandteil des WebGIS. Dieser übernimmt die Visualisierung der Karte, platziert den Maßstab, die Übersichtskarte und die Basiskartengallerie innerhalb der Kartenansicht.

Die Webseite wurde unter anderem mit Bootstrap entwickelt; ein Framework zur dynamischen und intelligenten Größenanpassungen von Webseiten auf verschiedenen Endgeräten. Neben zusätzlichen Informationen über das Projekt, Hilfeseiten, die grundlegenden Eigenschaften und Funktionen des WebGIS erläutern, beinhaltet das System zwei Karten:

1. **„Editor in Map“:** Die Karte stellt das wichtigste Objekt bzw. die Hauptkomponente des WebGIS dar. Sie beinhaltet die inhaltliche Karte, die Übersichtskarte in der oberen linken Ecke, den Maßstab unten links und die Schaltfläche zum Ändern der Basiskarten im oberen rechten Ausschnitt. Am linken Rand ist die Navigationsleiste für entsprechende Kartenoptionen platziert: Neben der Legende bzw. Inhaltsübersicht, welche das Ein- und Ausblenden von Kartenebenen erlaubt, wird mit der Editorrubbrik die Möglichkeit gegeben, neue Krankheitsfälle aufzunehmen. Darüber hinaus sind in der Measurement-Tools-Rubrik Werkzeuge zum Messen von Strecken und Flächengrößen sowie die Abfrage von Koordinaten aufgenommen. Mit einem Klick auf „More Tools“ erhält der Nutzer weitere Werkzeuge. Das Geolokalisierungswerkzeug bestimmt die Position des Nutzers und synchronisiert diese mit Darstellung der Karte, der „HomeButton“ setzt die Karte zum Ausgangsausschnitt zurück. Um die

Karte direkt auf das Untersuchungsgebiet zu zentrieren, sind zwei Lesezeichen angelegt. Diese zoomen den Kartenausschnitt mit einem Klick auf das Gebiet Kumasis und den Busumtwe-See.

2. **„Information Query in Map“**: Da eine gleichzeitige Editierung und Popup-Abfragen von Layern nicht möglich ist, wurde eine zweite Karte entwickelt. Um die Verwendung so einfach und intuitiv wie möglich zu gestalten, orientiert sich diese optisch sowie inhaltlich stark an der Editor-Karte. Die Layerübersicht steuert neben der Visualisierung der Layer ebenfalls die Abfragefunktionalität über Popups. Wird ein Layer deaktiviert, so ist dessen Popup-Abfrage ebenfalls nicht mehr möglich. Dies ist insbesondere relevant, wenn ein sich ein PointFeature mit einem PolygonFeatures überschneidet. Denn ist bei der Abfrage eines PointLayers der PolygonLayer noch aktiviert, so wird mit einem *onClick*-Event nur das Polygon abgefragt, da nur dieses identifiziert wird.

Da das Laden der Kartendienste beim ersten Aufbau einige Sekunden ins Anspruch nehmen kann, wurde während der Implementierung besonders Wert darauf gelegt, alle benötigten Java Script Quellen auf dem eigenen Webserver bereit zu stellen. Dafür wurde die gesamte ESRI Java Script API 3.7 geklont und in das Webverzeichnis des Servers kopiert.

Weiterhin musste für beide Webkarten ein Proxy eingerichtet werden, damit *GET* und *POST* Operationen mit einer Zeichenkettlänge von über 2048 Zeichen ermöglicht werden können.

7.3 Visualisierung der WebGIS-Elemente

Die Visualisierung der geographischen sowie medizinisch-sozioökonomischen Daten ist die Kernfunktion des WebGIS. Dem Nutzer soll in Form einer webbasierten, interaktiven Karte ein differenzierter Überblick über das Anwendungsgebiet gegeben werden. Weiterhin lassen sich Informationen der schon erhobenen Krankheitsfälle abrufen.

Im WebGIS werden die typischen Kartenelemente und Möglichkeiten der Navigation in das System integriert. Neben einer Legende bzw. einer Inhaltsübersicht, die das Ein- und Ausblenden von Kartenebenen erlaubt, sowie eine Übersichtskarte und Maßstab, kann der Nutzer die in Kapitel 6.1 vorgestellten Basiskarten anwählen.

7.3.1 Konfiguration

Für die Erstellung eines WebGIS sind zunächst die eigentlichen Kartenlayer mit ArcGIS Desktop zu erzeugen, die anschließend mit Hilfe des Servers veröffentlicht werden. ArcGIS Desktop übernimmt hier die Rolle des Designwerkzeugs, in dem die Symbolstile der

für die Arbeit benötigten Shapefiles festgelegt werden. Im Zuge des „Publishen“ werden im Service Editor die nötigen Funktionen definiert, welche der Kartenlayer unterstützen soll. Handelt es sich dabei um eine einfache Visualisierung, reicht die Veröffentlichung als Mapping-Service aus. Der Kartendienst ist daraufhin über die vom Server konfigurierte REST-Schnittstelle erreichbar. Um die Kartendienste auch mit anderen Programmen nutzen zu können, wurde der Service ebenfalls mit WMS und KML Unterstützung erstellt (vgl. Abbildung 7.3)

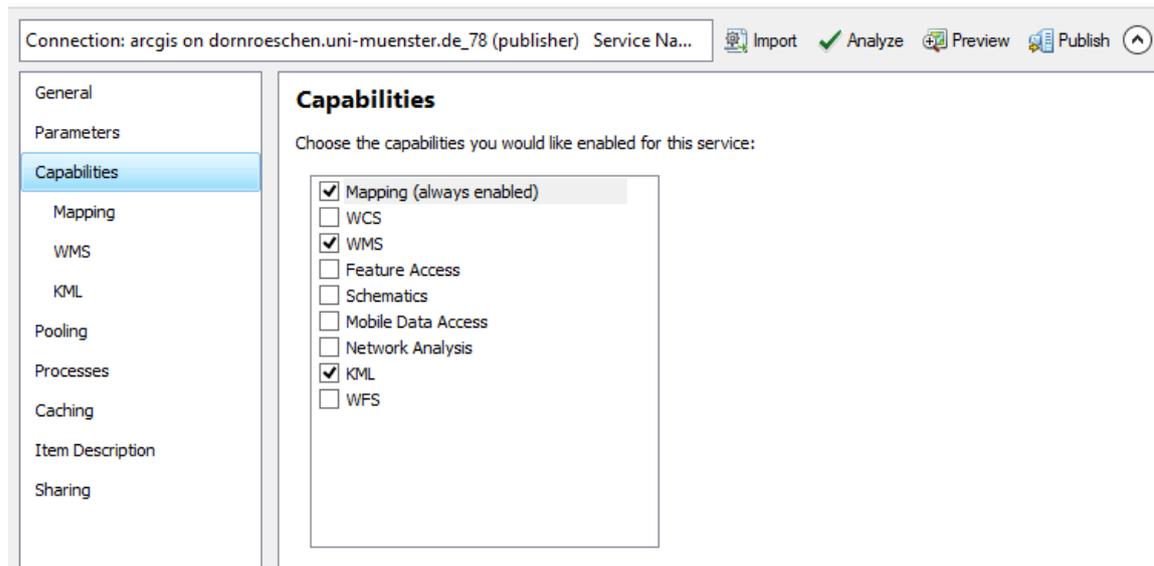


Abb. 7.3: Definition der „Capabilities“ im Service-Editor während der Veröffentlichung eines Kartendienstes. Mapping, WMS- und KML-Unterstützung wurde aktiviert.

Auf Grund der Tatsache, dass sich die Daten durch die Editiermöglichkeit ändern, wird für das hier entwickelte WebGIS auf einen DynamicMap-Service zurückgegriffen. Ein CachedMap-Service wäre bei der Betrachtung des Webdienstes zwar performanter, eine Echtzeit-Visualisierung allerdings unmöglich, da nach Änderung des Kartenmaterials zunächst neue „Cached Tiles“ erstellt werden müssten. Die Erzeugung neuer Tiles umfasst ein Datenaufkommen von mehreren Gigabyte, womit im Hinblick auf Praktikabilität darauf verzichtet wurde.

7.3.2 Implementierung

Kartenlayer

Die Karte ist das zentrale Element des WebGIS. Dabei stellt die *map* eine Referenz für spätere Modifikationen dar. Im Vorfeld wird ein neuer Ausschnitt *initialExtent* definiert, wobei der *wkid*-Wert des *spatialReference*-Attributs dem WGS1984-Referenzsystem entspricht.

Quellcode 7.1: `new esri.geometry.Extent`

```
//new initialExtent to set the map's extent
var initialExtent = new esri.geometry.Extent({
  xmin: -9549126.170705408,
  ymin: 4612089.574063576,
  xmax: -9542304.165930964,
  ymax: 4617851.015070564,
  "spatialReference": {
    "wkid": 3857
  }
});
```

Eine neue *map* wird durch den Aufruf *new esri.Map* erzeugt, wobei die Koordinaten *long* = -1.5 und *lat* = 6.5 die Karte auf Ghana zentrieren. Die Zoomstufe 7 zeigt Ghana im räumlichen Bezug zu den umliegenden Ländern.

Quellcode 7.2: new esri.Map

```
//new map
map = new esri.Map("map", {
  extent: initialExtent,
  center: [-1.5, 6.5],
  zoom: 7
});
```

Der erste Inhalt der Karte wird mit dem Hinzufügen eines *DynamicMapServiceLayer* definiert. Dabei verweist der Service auf die REST-Schnittstelle des entsprechenden Kartenservices. Über *map.addLayers()* wird der Kartenservice letztendlich dem *map* Objekt zugefügt, wobei darunter alle Kartenlayer eines Service fallen. Mit den Attributen *opacity*, *maxScale* und *minScale* kann die Sichtbarkeit sowie der maximale und minimale Maßstab festgelegt werden, mit dem der Kartenservice sichtbar wird. Die Methode *setVisibleLayers([])* aktiviert die Layer 1, 5 und 8 des Kartendienstes *dynaLayer1*.

Quellcode 7.3: new esri.layers.ArcGISDynamicMapServiceLayer

```
//new ArcGISDynamicMapServiceLayer, which is the main map server
dynaLayer1 = new esri.layers.ArcGISDynamicMapServiceLayer("http://geo-
  arcgis.uni-muenster.de:6080/arcgis/rest/services/Ghana/
  Ghana_data_final2/MapServer", {
  opacity: 0.1
  maxScale: 0,
  minScale: 0,
});
dynaLayer1.setVisibleLayers([1, 5, 8,]);
map.addLayers(dynaLayer1);
```

Um Nutzern bereits zu Beginn einen weiteren räumlichen Bezug zu bieten, wird eine Basiskarte in Form eines TiledMapServiceLayers eingeladen. Die Implementierung entspricht dabei der des Einladens eines *DynamicMapServiceLayer*. Die topographische Karte dient zu Beginn als Grundkarte.

Quellcode 7.4: new Basemap als TiledMapServiceLayer

```
\\new basemaplayer
var basemap = new esri.layers.ArcGISTiledMapServiceLayer("http://
  server.arcgisonline.com/ArcGIS/rest/services/World_Topo_Map/
  MapServer");
map.addLayer(basemap);
```

Übersichtskarte

Eine Übersichtskarte ermöglicht dem Nutzer eine bessere Orientierung. Diese nimmt ebenfalls Bezug auf die zu Beginn erstellte *map*. Durch entsprechende Parameter lassen sich die Position, die Farbe des Fokusrechtecks sowie dessen Transparenz definieren. Die *overviewMapDijit.startup* Methode startet die *OverviewMap*-Instanz.

Quellcode 7.5: new esri.dijit.OverviewMap

```
\\new overviewmap
var overviewMapDijit = new esri.dijit.OverviewMap({
  map: map,
  visible: true
  attachTo: "top-right",
  color: "#D84E13",
  opacity: .90
});
overviewMapDijit.startup();
```

Maßstab

Ein Maßstab wird in der linken unteren Ecke dem *map*-Objekt zugefügt. Dabei setzt *scalebarUnit: "metric"* die Einheit des Maßstabes auf Meter beziehungsweise Kilometer fest.

Quellcode 7.6: new esri.dijit.Scalebar

```
\\new scalebar
var scalebar = new esri.dijit.Scalebar({
  map: map,
  scalebarUnit: "metric",
  attachTo: "bottom-left"
});
```

Basiskarten

Damit dem Nutzer die Möglichkeit eines vielschichtigen Überblicks geboten wird, können verschiedene Basiskarten als Hintergrund geladen werden. Zu diesem Zweck wird eine *BasemapGallery* erzeugt und auf die *map* referenziert.

Quellcode 7.7: new esri.dijit.BasemapGallery

```
\\new basemapgallery
var basemapGallery = new esri.dijit.BasemapGallery({
  showArcGISBasemaps: true,
  map: map
}, "basemapGallery");
basemapGallery.startup();

basemapGallery.on("error", function(msg) {
  console.log("basemap gallery error: ", msg);
});
```

Geolocatebutton

Insbesondere mobile Geräte wie Tablets, Smartphones oder WWAN ausgestattete Notebooks können von der Funktion des *Geolocatebuttons* profitieren. Dieser erlaubt die direkte Verortung des WebGIS-Nutzers innerhalb der Karte. Betätigt der Anwender die Schaltfläche, wird die aktuelle Position abgerufen. Die Karte zoomt entsprechend zu diesem Kartenausschnitt. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die Funktionen je nach Konfiguration des Endgerätes nicht funktioniert. Ebenfalls ist die Positionsgenauigkeit abhängig von der genutzten Verbindung.

Quellcode 7.8: new LocateButton

```
\\new geolocatebutton
//new Geolocatebutton. Locates the current position of user. Might not
  work with Firefox.
var geoLocate = new LocateButton({
  map: map
}, "LocateButtonDiv");
geoLocate.startup();
```

HomeButton

Um schnell und unkompliziert zum ursprünglichen Kartenausschnitt zu wechseln, wird ein *HomeButton* erstellt. Per *map: map* wird dieser auf die aktuelle Karte referenziert. *HomeButtonDiv* steuert die Visualisierung der Schaltfläche in der Karte. *home.startup()* startet letztendlich den *HomeButton*.

Quellcode 7.9: new HomeButton

```
\\new homebutton
//New HomeButton. This will set the map back to the default extent.
var home = new HomeButton({
  map: map
}, "HomeButtonDiv");
home.startup();
```

Bookmarks

Um die Nutzerfreundlichkeit weiter zu steigern, wurden zwei Lesezeichen erstellt, welche die Karte direkt und ohne Aufwand auf das Fallgebiet zentrieren. Dafür wird zunächst über *var bookmark = new esri.dijit.Bookmarks* ein neues Bookmark-Widget erstellt, das Lesezeichen aus dem Array *bookmarks: []* erhält. Dem Widget wird ein Lesezeichen angefügt, indem dieses neu definiert wird. Dazu wird der Kartenausschnitt, das Bezugssystem sowie der Name des Lesezeichens definiert.

Quellcode 7.10: new esri.dijit.Bookmark

```
\\new bookmarkwidget
var bookmark = new esri.dijit.Bookmarks({
  map: map,
  bookmarks: [],
  editable: false
}, dojo.byId('bookmarkDiv'));
```

```

\\new bookmark
var bookmarkKU = {
  "extent": {
    "spatialReference": {
      "wkid": 3857
    },
    "xmin": -196300,
    "ymin": 736500,
    "xmax": -159700,
    "ymax": 753900
  },
  "name": "Kumasi"
}

//Add bookmarks to bookmarkwidget
bookmark.addBookmark(bookmarkKU);

```

Legende/Inhaltsübersicht

Für die Legende bzw. die Inhaltsübersicht (Table of Content) wird auf ein schon existierendes Widget zurückgegriffen (Liu, 2013). Dieses bietet die Unterstützung von Dynamic Map, Feature und Cached Services, welche in Form einer baumartigen Struktur für Kartenlayer angeordnet werden. Kartenebenen können ein- und ausgeblendet werden sowie variabel in ihrer Sichtbarkeit bzgl. Transparenz geändert werden.

Für die Nutzung des TOC Widgets werden alle Layer mit dem *onLayersAddResult*-Event initialisiert und im Anschluss ein neues TOC erstellt. Dabei wird das TOC der zuvor erstellten *map* zugeordnet. Layer (*featLayer1*, *dynaLayer1*) werden im Bereich des *layerInfos*-Blocks in das TOC eingegliedert. Dabei entsprechen diese den zuvor definierten Layern. Durch die Parameter *title*, *collapsed*, *slider* und *autoToggle* können die Layer im TOC konfiguriert werden. Die *map.addLayers([])* Methode fügt die im Array definierten Kartenlayer der Karte hinzu.

Quellcode 7.11: new agsjs.dijit.TOC

```

\\new TOC widget
var h = dojo.connect(map, 'onLayersAddResult', function(results){
  toc = new agsjs.dijit.TOC({
    map: map,
    layerInfos: [{
      layer: featLayer1,
      title: "Ghana Admission Cases"
    }, {
      layer: dynaLayer1,

```

```
        title: "Ghana Data",
        collapsed: true,
        slider: true,
        autoToggle: true
    }}
    }, 'tocDiv');
    toc.startup();
    map.addLayers([featLayer1, dynaLayer1]);
```

7.4 Analyse- & Abfragefunktionen im WebGIS

Um den Wissenschaftlern weiterführende Informationen zu ausgewählten Fragestellungen zu liefern, werden im Rahmen dieser Arbeit exemplarisch zwei Analyse- bzw. Abfragewerkzeuge in das WebGIS integriert. Diese umfassen eine Sammlung von Messwerkzeugen als auch die Möglichkeit, weiterführende Informationen über dargestellte Objekte in einem Popup abzufragen.

7.4.1 Messwerkzeug

Die Entfernungen und Flächengrößen zwischen bzw. von Objekten spielt bei der Analyse von Epidemien häufig eine wichtige Rolle. Insbesondere bei der Untersuchung von Malariafällen kann die Entfernung beispielsweise von Dörfern zu Wasserflächen Aufschluss über ein Erkrankungsrisiko geben. Dem Nutzer soll es mit Hilfe des Systems möglich sein, genaue geographische Informationen über ein Gebiet zu erhalten. Neben dem Messen von Strecken und Flächen kann die Position mit dem Messwerkzeug Koordinaten genau lokalisiert werden.

Konfiguration

Um ein exaktes Ergebnis liefern zu können, ist bei der Erstellung der Kartenmaterialien das geographische Bezugssystem von Bedeutung: Alle Kartenlayer müssen demselben Referenzsystem zugeordnet werden. Im Fall des entwickelten WebGIS ist dies das „World Geodetic System 1984“ (WGS1984), welches eine einheitliche Grundlage für die Ortsbestimmung auf der Erde bietet.

Weiterhin wird die Erstellung eines *GeometryService* vorausgesetzt, der ebenfalls über die ArcGIS-Server REST-Schnittstelle erreichbar sein muss. Dieser übermittelt den Klient-Anwendungen die Funktionalitäten für geometrische Berechnungen von Abfragen, Analysen und Bearbeitungsvorgängen. Um den Service in der eigenen Webkarte zu nutzen, wird innerhalb des Webanwendungsquellcodes ein neuer *esri.tasks.GeometryService* erstellt.

Quellcode 7.12: new esri.tasks.GeometryService

```

\\new geometryservice
esriConfig.defaults.geometryService = new esri.tasks.GeometryService("
    http://geo-arcgis.uni-muenster.de:6080/arcgis/rest/services/
    Utilities/Geometry/GeometryServer");

```

Implementierung

Bevor das Messwerkzeug initialisiert wird, sollte die Symbolik für Flächen und Linien definiert werden. Bestimmte Farbwerte steuern die Visualisierung des Messwerkzeugs. Daraufhin wird ein neues *Measurement*-Objekt erzeugt und der Karte mit Standardeinheiten zugeordnet.

Quellcode 7.13: new Measurement

```

//new fillsymbols for measurement tools
var sfs = new SimpleFillSymbol(SimpleFillSymbol.STYLE_SOLID,
    new SimpleLineSymbol(SimpleLineSymbol.STYLE_SOLID,
    new Color([195,176,23]), 2), null);

//new measurement tool
var measurement = new Measurement({
    map: map,
    defaultAreaUnit: Units.SQUARE_KILOMETERS,
    defaultLengthUnit: Units.KILOMETERS
}, dom.byId("measurementDiv"));
measurement.startup();

```

7.4.2 Popup-Abfrage

Neben Informationen zu der geographischen Lage von Objekten, lassen sich außerdem weitere Informationen als Metadaten in einem Shapefile speichern. Durch Popupabfragen, das heißt dem Klicken auf ein bestimmtes Objekt, öffnet sich ein Fenster mit weiteren Informationen. Somit kann zum Beispiel ein differenzierter Überblick über die Bevölkerungsstruktur eines Distrikts gewährt werden. Die Bevölkerungsdichte oder die demographische Struktur lässt sich daraufhin mit einem solchen Popup in lesbarer sowie graphischer Form aufbereiten und dem Nutzer zur Verfügung stellen. Abbildung 7.4 zeigt exemplarisch ein Popup des Distriktlayers.

Das hier entwickelte WebGIS nutzt die Informationen, die in jedem Shapefile gespeichert sind. Über die Karte „Information Query in Map“ können Informationen über jeden Kartenlayer abgerufen werden.

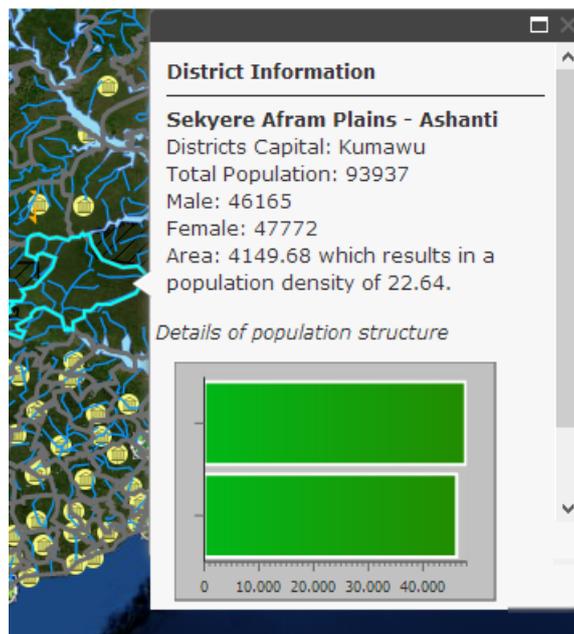


Abb. 7.4: Ein Popup, welches weitere Metadaten über einen Distrikt abrufen. Dabei werden die Informationen aus der Attributtabelle des Shapefiles generiert.

Konfiguration

Die Daten werden mit Hilfe von ArcMap vorbereitet. Dies umfasst das Bereitstellen der Daten innerhalb der Attributtabelle jedes Shapefiles und die Bearbeitung der Metadaten, indem aussagekräftige Spaltennamen erstellt werden.

Implementierung

Eine Funktion eines Popups wird grundsätzlich durch drei Komponenten realisiert. Ein neues *popup* wird zu Beginn erstellt, welches die grundlegenden Funktionalitäten festlegt. Um den Inhalt eines Popups zu definieren, wird mit *var template = new PopupTemplate* ein neues *PopupTemplate* erstellt. Der Titel, die Beschreibung und die Feldnamen können mit einem solchen Template per HTML definiert werden. Sollen weitere Informationen in graphischer Form visualisiert werden, kann über das *mediaInfo*-Feld ein Diagramm erstellt werden. Um dem Kartenlayer das richtige Popup zuzuordnen, wird dieser mit der Zuweisung *infoTemplate:template* verknüpft.

Quellcode 7.14: new popup

```
//new popup
var popup = Popup({
  titleInBody: true,
  isEditable: false,
  pagingControls: true
```

```
}, domConstruct.create( div ));
```

Quellcode 7.15: new Popuptemplate

```
//new popup template
var template = new PopupTemplate({
  title: "District Information",
  description: "{District}– {CAPITAL}<br>Total Population: {Total}<br>{
    Area_Sq_Km} which results in a population density of {PopDen}." ,
  fieldInfos: [{ //define field infos so we can specify an alias
    fieldName: "CAPITAL",
    label: "District's Capital"
  },{
    fieldName: "Total",
    label: "Total Population"
  },{
    fieldName: "PopDen",
    label: "Population Density"
  }],
  mediaInfos:[{ //define the bar chart
    caption: "Details of population structure",
    type:"barchart",
    value:{
      theme: "Chris",
      fields:["Male", "Female"]
    }
  }
  ]
});

//new layer, which uses the template
var districtslayer = new FeatureLayer("mapservice/34",{
  mode: FeatureLayer.MODE_ONDEMAND,
  outFields: ["*"], // all fields for popup
  infoTemplate: template1 //popup template
});
```

7.5 Editierungsfunktionen des WebGIS

Als eine Hauptkomponente des WebGIS versteht sich die Möglichkeit des Editierens. Der Nutzer soll neue Krankheitsfälle, beispielsweise vor Ort, als Point-Feature aufzunehmen und in Echtzeit auf der Karte visualisieren können. So können während einer Untersuchung neue Fälle umgehend und konkret in einen geographischen Bezug gesetzt werden, indem Betroffene anhand des zu Verfügung gestellten WebGIS ihren Wohnort lokalisieren. Durch

dieses Feature lässt sich ebenfalls das Problem der geographischen Generalisierung, das heißt der ungenauen Verortung, der Krankheitsfälle auf Dorfebene lösen.

Um Fehleingaben zu vermeiden, basiert die Aufnahme auf einem Formblatt, welches dem Wissenschaftler vorgefertigte Werte pro Attribut in einer Liste zur Verfügung stellt. Das Formblatt entspricht dabei den Attributen der sozioökonomischen Daten (vgl. Tabelle 6.2), sodass eine homogene Speicherung der Daten innerhalb der Datenbank sichergestellt wird.

7.5.1 Konfiguration

Um die Visualisierung, Speicherung und Abfrage eines neu aufgenommenen Krankheitsfalls zu realisieren, wird aus technischer Sicht ein Feature Access Service aufgesetzt. Dieser Service erlaubt es, Features inklusive ihrer Symbologien und Attribute über das Internet bereitzustellen. Klienten können mit Hilfe dieses Dienstes Abfragen, Änderungen oder die Neuaufnahme eines Features ausführen. Um weitere Informationen zu einer Patientenaufnahme zu speichern, können Anlagen (Bilder, Textdateien, pdf Dokumente) jedem Feature angehängt werden. Abbildung 7.5 beschreibt das generelle Prinzip eines Feature-Access-Services.

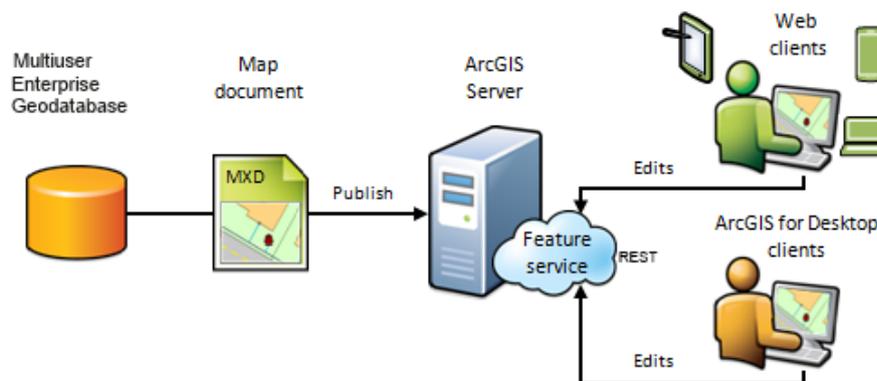


Abb. 7.5: Feature Access Service, welcher das Veröffentlichen eines Kartendokuments mit aktiviertem Feature Zugriff auf einem ArcGIS-Server und das Verknüpfen mit einer Enterprise Geodatabase umfasst. Über Web- und ArcGIS Desktop-Klienten kann auf den Feature Service zugegriffen werden (ESRI, 2012b).

Die Konfiguration eines solchen Dienstes, der über das Internet genutzt werden soll, beinhaltet die Durchführung folgender fünf Schritte:

1. Erstellung und Einrichtung einer Enterprise-Geodatabase in PostgreSQL als Datenbankplattform (zum Beispiel mit dem "Create Enterprise Geodatabase"-Tool der ArcGIS Desktop-Toolbox)
2. Erstellen eines mit dem Feature Access-Service kompatiblen Kartendokuments (Symbologie der Krankheitsfälle definieren, Attribute- Domains und Subdomains für Werte und Formblatt anlegen, die den sozioökonomischen Daten entsprechen).

3. Datenbankregistrierung am ArcGIS-Server.
4. Veröffentlichen des Kartendokuments als Karten-Service mit aktiviertem Feature Access Zugriff (vgl. Abbildung 7.3). Über die vom Server bereit gestellte REST-Schnittstelle kann der Service genutzt werden. Dabei werden Features über *GET*-Operationen vom Server abgefragt; über *POST* können Änderungen registriert werden.
5. Verwendung des Feature-Services in einer Klient-Anwendung. Wird der Feature Service innerhalb einer Webanwendung genutzt, muss ein Proxy als Schnittstelle eingerichtet werden. Nur dadurch können *GET* und *POST* Operationen verarbeitet werden, welche die Länge von 2048 Zeichen überschreiten.

7.5.2 Implementierung

Die Implementierung eines Werkzeugs zum Editieren, Zufügen und Löschen von Features umfasst das Erstellen eines neuen Editorobjekts, das zu Beginn initiiert wird. Dabei wird mit `map.on("layers-add-result", initEditor)` auf den ersten FeatureLayer gewartet, der mit dem `map.addLayers`-Event gestartet wird. Dieser stellt die Vorlage für den Editor dar. Ist ein zweiter Service gewünscht, so ist dieser in dem Array der `map.addLayers`-Methode einzutragen.

Die Funktion `initEditor` erstellt einen neuen Editor mit einem fest eingestellten Format, der über den `templatePickers` eingestellt wird. Der Editor besitzt vier Spalten; die Anzahl der Reihen wird variabel angepasst. In dem `settings`-Objekt werden weitere Einstellungen wie die Kartenreferenz, die Sichtbarkeit der Werkzeugleiste oder die Optionen zur Bearbeitung definiert. Über `myEditor.startup();` wird der Editor gestartet.

Quellcode 7.16: new myEditor

```
//initiate editor for following layer
map.on("layers-add-result", initEditor);

//the following layer, which is also added to the map
map.addLayers([featureLayer]);

//new Editor with specific template picker
function initEditor(evt) {
    var templateLayers = arrayUtils.map(evt.layers, function (result) {
        return result.layer;
    });
    var templatePicker = new TemplatePicker({
        featureLayers: templateLayers,
        grouping: true,
    });
}
```

```
        rows: "auto",
        columns: 4
    }, "templateDiv");
    templatePicker.startup();

//new editor for available featureLayer
var layers = arrayUtils.map(evt.layers, function (result) {
    return {
        featureLayer: result.layer
    };
});

//new settings for editor
var settings = {
    map: map,
    templatePicker: templatePicker,
    layerInfos: layers,
    toolbarVisible: true;
    showAttributesOnClick: true,
    enableUndoRedo: true,
    createOptions: {
        polylineDrawTools: [Editor.CREATE_TOOL_FREEHAND_POLYLINE],
        polygonDrawTools: [Editor.CREATE_TOOL_FREEHAND_POLYGON,
            Editor.CREATE_TOOL_AUTOCOMPLETE
        ]
    },
    toolbarOptions: {
        reshapeVisible: false
    }
};

//apply settings
var params = {
    settings: settings
};
var myEditor = new Editor(params, 'editorDiv');
//new Editor in Editorpane
var editorStartup = dom.byId('editorPane').on('show', function () {
    editorStartup.remove();
    myEditor.startup();
});
}
```

8 Evaluation

Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung einer prototypischen, webbasierten GIS-Architektur zur Integration von medizinischen Felddaten. Als Anwendungsbeispiel bezieht sich die Arbeit dabei auf das Projekt des St. Michael's Hospitals in Ghana, bei dem Daten über Malariaerkrankungen aufgenommen wurden. Das System soll als erster Entwurf eines Frameworks dienen, das geographisch- und medizinisch-sozioökonomische Informationen im Bereich der Gesundheitsfürsorge in einer Anwendung zusammenfasst und das Hinzufügen neuer Patientenberichte zulässt.

Die im Kapitel 4 vorgestellten Anforderungen wurden für jeden Teil des Webservices erfüllt. Geodaten-Kartenlayer sind in dem WebGIS integriert worden, welche einen umfassenden und differenzierten Überblick über Ghana liefern. Verschiedene Basiskarten sind weiterhin eine für den Anwender gehaltvolle Datenquelle, um einen geographischen Überblick zu erhalten. Neben hochauflösenden Satellitenbildern können unter anderem topographische Karten ebenfalls genutzt werden.

Kartenfunktionen wie das Zoomen und Pannen innerhalb der dynamischen Karte, das Messen von Entfernungen oder das Ein-/Ausschalten von Kartenebenen werden dem Nutzer ermöglicht. Über den Web Feature Service ist es dem Anwender darüber hinaus gestattet, neue Krankheitsfälle über das WebGIS in die Datenbank einzupflegen. Indem die Aufnahmeform dank des Formblatts dem Schema der schon existierenden sozioökonomischen Daten entspricht, kann eine Persistenz innerhalb der Daten garantiert werden.

Analyse- bzw. Abfragewerkzeuge zur Informationsgenerierung liefern dem Wissenschaftler vor Ort gehaltvolle Informationen über geographischen Umstände. So lassen sich beispielsweise Zusammenhänge zwischen Landnutzungstypen und Krankheitsfällen festhalten, indem die Entfernung zu gefährdeten Gebieten berechnet werden kann. Neben der Abfrage von Krankheitsfällen, sind weiterführende Daten von jedem Kartenlayer über ein Popup abrufbar.

Möchte der Nutzer die Geodaten außerhalb des WebGIS in einem externen Programm nutzen, sind die im WebGIS enthaltenen Datensätze bzw. Kartenlayer problemlos als WMS nutzbar. Sofern weitere, komplexere Analysen durchgeführt werden sollen, kann ein unkomplizierten Zugriff auf die Enterprise Geodatabase angeboten werden. Geodaten lassen sich somit als Shapefiles extrahieren und weiter verarbeiten.

Bei der Implementierung wurde darauf geachtet, das System anwenderfreundlich und intuitiv zu gestalten, sodass die Bedienung auch für GIS unerfahrene Nutzer keine Hürde darstellt. Weiterhin lässt sich das System von unterschiedlichen Geräten nutzen, ohne eine

Lizenz für ein Desktop-GIS zu benötigen. Da das WebGIS als erster Entwurf eines Grundgerüst gilt und in Zukunft mit weiteren Features ausgestattet werden soll, wurde großen Wert auf die Erweiterungsoptionen gelegt. Neue Funktionen und Erweiterungen können ohne große Umstände in das System integriert werden.

In Bezug auf die im Kapitel 4 genannten Fragestellungen kann festgehalten werden, dass das WebGIS-Konzept die Wissenschaftler in Ghana unterstützen kann. Das gilt sowohl für die Visualisierung von Geodaten als auch für die Werkzeuge, welche mit dem Webdienst bereitgestellt werden. Auf Grund des Prototyp-Charakters sei allerdings angemerkt, dass eine präzisere Verortung der erhobenen medizinischen Felddaten vorteilhaft wäre. Abschließend sollte das WebGIS somit ebenfalls kritisch betrachtet werden.

Die Eigenschaften der hier genutzten medizinisch-sozioökonomischen Daten sind für die Visualisierung nicht optimal. So können zum Beispiel 150 Krankheitsfälle und das Dorf, welches innerhalb des Datensatzes zur Verortung genutzt wurde, ein und derselben Koordinate zugeordnet sein. Dies erschwert zum einen die Visualisierungsmöglichkeit der einzelnen Features, zum anderen sind gehaltvollere bzw. komplexere Analysen nur sehr eingeschränkt durchführbar. „Density Maps“ würden demnach ein falsches Ergebnis liefern, da nur die Anzahl von naheliegenden Punkten berücksichtigt wird, nicht jedoch die Menge von Objekten auf einem Punkt.

Bezüglich der WebGIS Nutzung auf mobilen Geräten muss klargestellt werden, dass der generelle Betrieb des Systems zwar ohne Probleme möglich ist, eine problemlose und frustfreie Nutzung allerdings erst auf Geräten mit entsprechend hoher Auflösung garantiert werden kann. Abhilfe könnte die kompakte Version der ESRI JavaScript API bieten, die mit dem Fokus auf mobile Endgeräte entsprechende angepasste Optionen zur Implementierung von webbasierten GIS-Systemen bietet. Alternativ lassen sich die Kartendienste in den von ESRI zu Verfügung gestellten Apps nutzen.

9 Diskussion und Ausblick

Bei der Entwicklung des WebGIS traten insbesondere während der Vorarbeit Schwierigkeiten auf, die im Folgenden kurz beschrieben werden sollen: Um den Nutzern einen differenzierten und vollständigen Überblick über das Anwendungsgebiet geben zu können, war es nötig, aussagekräftige Geodaten in das System einzubinden. Dies war auf Grund von fehlenden öffentlichen Quellen zunächst sehr problematisch, da zum Zeitpunkt der Arbeit für Ghana keine frei zugänglichen Portale existierten. Daten mussten erst umständlich aus anderen Datensätzen extrahiert und durch Nachbearbeitungen aufgewertet werden. Darüber hinaus erforderte die Integration der sozioökonomischen Daten eine Bereinigung bezüglich der Datenstruktur, welche durch sinnvolle Datentypen ergänzt werden musste. Erst durch die Änderung von Strings zu Boolean oder numerischen Werten und dem Löschen bzw. Korrigieren von fehlerhaften oder unvollständigen Daten konnte eine Integration ermöglicht werden (vgl. Tabelle 6.2).

Bei der Verwendung eines WebGIS wie auch allgemein bei kartographischen Arbeiten muss grundsätzlich das Design von Karten berücksichtigt werden. So wurde bei der Erstellung von Karten und Kartenlayern explizit auf die Symbolwahl und somit auf die Wiedererkennbarkeit der Entitäten Wert gelegt, um den Nutzern passende Darstellungsformen bieten zu können. Neben der Symbolik sollte sich ein Kartensystem grundsätzlich an fünf Konventionen von „gut gestalteten Karten“ orientieren, welche unter anderem Buckley (2012) in „Maps People Want to Look At“ beschreibt.

1. Sinnvolle Farb- und Symbolgebung.
2. Lesbarkeit. Das Einfügen eines Maßstabes sowie einer Legende und das Definieren der richtigen Kartenprojektion sollten berücksichtigt werden.
3. Figur-Grund Beziehung. Zur Verortung und besseren Übersicht sollten Hintergrundkarten miteinbezogen werden.
4. Hierarchie in Karten. Bezeichnungen und Objekte sollten in einer gut lesbaren Reihenfolge dargestellt werden.
5. Balance. Das Kartendesign sollte stimmig sein.

Neben verschiedenen Darstellungsmöglichkeiten, ergeben sich ebenso in Hinblick auf die Implementierung softwareseitig zwei Alternativen: Die Verwendung von Open-Source Software (OSS) oder das Nutzen von kommerzieller Software. OSS ist bei der Verwendung zwar lizenzfrei und unabhängig, bietet im Anwendungsgebiet der Arbeit jedoch nicht auf

Anhieb die Vorteile, welche ESRI's Lösung bereitstellt. Durch das breit gefächerte Angebot mit ArcGIS Server, ArcGIS Desktop, den entsprechenden APIs und Lösungen für mobile Systeme lässt sich ein System entwickeln, bei dem die Kompatibilität untereinander sicher gestellt werden kann. Das Endprodukt als WebGIS erfordert darüber hinaus keine Lizenzen und lässt, sofern eigene Server vorhanden sind, keine anderweitigen Kosten entstehen. Durch offene Webstandards lassen sich weiterhin freie Bibliotheken wie beispielsweise Leaflet verwenden. Dank der Pflege und Weiterentwicklung eines Softwareherstellers sind regelmäßige Updates und Qualitätsprüfungen garantiert. Schlussendlich sollten aus Eigenmotivation und Interesse die von ESRI angebotenen Lösungen bei der Entwicklung des WebGIS genutzt werden.

Die Integration von medizinischen Felddaten anhand von sozioökonomischen Parametern ist mit dem entwickelten WebGIS problemlos möglich. Für die Zukunft wäre die Berücksichtigung von weiteren medizinischen sowie geographischen oder klimatischen Daten denkbar. So wäre zum Beispiel die Eingliederung von tagesaktuellen Regenfall- und Temperaturprognosen eine sinnvolle Ergänzung für einen Vorhersageindex bzgl. des Populationswachstums von Stechmücken. So stellten Omumbo u. Ouma (1998) im Rahmen der Feldstudie in Kenya heraus, dass sich mitunter die Intensität von neuen Malariaerkrankungen prognostizieren lässt. Im Rahmen Ihrer Studie wurde die Abhängigkeit zwischen Malariaepidemie und Wetter untersucht, mit dem Ergebnis, dass warme und feuchte Gebiete ein ideales Brutgebiet für Stechmücken sind und somit eine größere Population von Malariaüberträgern aufweisen als trockne und weniger warme Areale. Weiterhin wäre die Berücksichtigung der zeitlichen Dimension der Daten ein interessanter Aspekt, der eine weitere umfassendere Analyse erlauben würde (Lilienfeld, 1980).

Die Eingliederung von zusätzliche Daten in das System erfordert ferner auf die Konformität der Daten zu achten. Das hier entwickelte System lässt sich im Grunde als Grundgerüst oder Vorgabe für weitere Entwicklungen und Ergänzungen definieren. Das umfasst neben Möglichkeiten der Organisation und Speicherung von Daten, auch neue Wege für die spätere Feldarbeit. Die analoge Aufnahme von Krankheitsdaten vor Ort mag unter Umständen die unkompliziertere Art sein diese zu erfassen, auf längerfristige Sicht wäre eine digitale Datenaufnahme dennoch sicherlich sinnvoller. Den ersten Ansatz erfüllt das hier vorgestellte WebGIS, welches ein Formblatt für die Dateneingabe von neuen Patientenaufnahmen liefert. Vorgefertigte Datenwerte verhindern Fehleingabe und garantieren eine einheitliche Struktur.

Weitere Aufnahme- und Nutzungsmöglichkeiten in Form von mobilen Systemen wie ArcPad oder ArcGIS Collector für iOS und Android Geräte sind ebenfalls in der Lage die Webdienste zu nutzen und somit das GIS-System auf neuen Plattformen zu etablieren.

Durch die integrierten GPS-Sensoren der Geräte ist eine direkte geographische Verortung an jedem Ort möglich. Dem Umstand dieser Arbeit, dass die verwendeten Daten nur auf Dorfebene georeferenziert wurden, könnte damit entgegengewirkt werden. Würden zukünftig exakte GPS-Ortsbestimmungen genutzt, könnten präzisere Informationen gespeichert und Analysen durchgeführt werden. Die im Rahmen der Arbeit erstellten Kartendienste wurden testweise auf einem Android Tablet mit installierten ArcGIS Collector getestet (siehe Anlage). Alle Funktionen wie das Anwählen von Kartenlayer sowie die Möglichkeit des Editieren und das Abfragen von weiteren Informationen sind umstandslos über das Programm ausführbar.

Nicht nur das WebGIS, sondern auch die zugrunde liegende Architektur kann innerhalb anderer Systeme genutzt werden. Einzelne Kartenlayer, wie zum Beispiel die Landnutzungsdaten oder Wasserflächen lassen sich bequem als WMS in heutigen Desktop-GIS Programmen wie ArcGIS Desktop oder Quantum GIS einpflegen. Weiterhin gibt es bereits existierende Lösungen, ein eigenes, individuelles WebGIS ohne eigene Programmierung zu erstellen. ESRI stellt dazu den ArcGIS Viewer for Flex oder den ArcGIS Viewer for Silverlight vor, welcher eine einfache Erstellung und Konfiguration eines GIS-Systems ermöglicht. Dabei lassen sich schon existierende Quellen (wie beispielsweise die im Rahmen dieser Arbeit erstellten Webdienste als WMS), Widgets und Elemente über eine intuitive Benutzeroberfläche anordnen und in einer Anwendung bereitstellen. In Zukunft ließen sich somit neue separate GIS Systeme konstruieren, bei denen die Daten vom schon konfigurierten ArcGIS Server abgerufen werden können. Für die hier vorliegende Arbeit wurde für Demozwecke das WebGIS auf den ArcGIS Viewer for Flex adaptiert. Mit installiertem Flash Player lässt sich die Flex-Version über den entsprechenden Link auf der Startseite des WebGIS öffnen.

An dieser Stelle muss allerdings festgehalten werden, dass, sofern der Programmieraufwand so gering wie möglich gehalten werden soll, die Anwendung nur auf schon existierende Elemente und Funktionen zurückgreifen kann. Umfangreiche, individuelle Anpassungen wären nur in geringem Maß durchführbar. Weiterhin funktionieren die oben genannten Lösungen nur auf Computersystemen, da mobile Geräte die nötige Systemvoraussetzungen nicht bieten. ArcGIS Online ist hingegen so wie das im Rahmen der Arbeit entwickelte WebGIS über den Browser erreichbar. Dabei werden Funktionen über cloudbasierte Dienste wie Webkarten und das Verwalten von Nutzergruppen in einem Onlinedienst vereint.

Wie bereits angemerkt wären für das WebGIS tagesaktuelle Daten eine wertvolle Ergänzung. So wurde im Rahmen dieser Arbeit die Integration von Wetterdienste bezüglich Temperatur, Niederschlag, Wind, Wolkenbedeckung und Luftdruck untersucht und probeweise implementiert. Auf Grund von Inkompatibilitäten mit Google Chrome sind diese Funktionen in der finalen Version nicht eingearbeitet. Der Service lässt sich jedoch mit Mozilla Firefox oder dem Microsoft Internet Explorer über den „Try Out“ Link auf der Startseite

des WebGIS testen, indem die Kartendienste in der Layerübersicht angewählt werden.

Überdies plant das BNI für das nächste Jahr ein neues Projekt zu initiieren, welches in Zusammenarbeit mit einem ghanaischen Mobilfunkanbieter ein automatisiertes Fragesystem zur Verfügung stellen soll. Dabei werden die Antworten der Befragten durch die Eingabe am Nummernfeld ihres Telefons erkannt und anschließend in einer noch nicht konkretisierten Form gespeichert. Die Ergebnisse der Telefonumfragen sollen im Optimalfall direkt im WebGIS visualisiert werden. Zum jetzigen Zeitpunkt befindet sich dieses Projekt leider zunächst in einer ersten Planungsphase, wodurch sich noch keine technischen Spezifikationen ableiten lassen. Nichtsdestotrotz kann das im Rahmen der Arbeit entwickelte System weiter verwendet werden, da durch Einhaltung der OGC und Web-Standards dem WebGIS umstandslos neue Funktionalitäten hinzugefügt werden können. Durch eine Erweiterung des ArcGIS-Servers, dem GeoEvent Processor oder dem FMW Datenprozessor, könnten die Daten direkt in das WebGIS integriert werden. Die Informationen, die als .json- oder .csv-Datei vorliegen oder über RSS, TCP Socket oder REST erreicht werden können, werden geparsed und in Echtzeit im WebGIS dargestellt. Das WebGIS müsste zu diesem Zweck lediglich um eine weitere Schnittstelle ergänzt werden.

Für einen differenzierten Ausblick ist es zu diesem Zeitpunkt noch zu früh. Der im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Prototyp stellt jedoch eine erste Möglichkeit zur Nutzung eines WebGIS am BNI dar und erlaubt Überlegungen bezüglich weiterer Anwendungsszenarien. Mitarbeiter des BNI sollten im Bezug auf die Vorteile eines WebGIS vor Ort sensibilisiert werden. Es muss festgehalten werden, dass ein GIS zwar ein leistungsfähiges Werkzeug im Bereich der Epidemiologie sein kann, aus fehlerhafte Analysen jedoch falsche Ergebnisse resultieren können (Lilienfeld, 1980). Daher sind Feldstudien und Untersuchungen vor Ort noch immer unabdingbar. Um das WebGIS weiter zu etablieren bzw. zu optimieren, wäre beispielsweise eine Zusammenarbeit mit ghanaischen Institutionen von Vorteil. Zusätzlich zu tagesaktuellen Klimainformationen könnten weitere Datensätze die Qualität des WebGIS weiter steigern.

Quellenverzeichnis

- [Aikins 2007] AIKINS, A.: Ghana's neglected chronic disease epidemic: a developmental challenge. In: *Ghana Med* 41 (2007), S. 154–159
- [ArcUserOnline 2001] ARCUSERONLINE: *GIS for Health Care - Today and Tomorrow*. <http://www.esri.com/news/arcuser/0499/umbrella.html>. Version: 2001. – [Online; aufgerufen am 14. September 2013]
- [Berke 2010] BERKE, E.: Geographic Information Systems (GIS): Recognizing the Importance of Place in Primary Care Research and Practice. In: *The Journal of the American Board of Family Medicine* 23 (2010), Januar, Nr. 1, S. 9–12
- [Bill 2000] BILL, R.: Grundlagen der Geoinformationssysteme. Bd. 1 - 4. Aufl. ; Bd. 2 - 2. Aufl.- Heidelberg: Wichmann, 1999. In: *Allgemeine Vermessungs-Nachrichten* 107 (2000), Januar, S. S. 119
- [BNI 2013] BNI: *Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin - Hamburg*. <http://www.bni-hamburg.de>. Version: 2013. – [aufgerufen am 10. September 2013]
- [Booman u. a. 2000] BOOMAN, M. ; DAVE, N. ; DURRHEIM ; AL. et: Using a geographical information system to plan a malaria control programme in South Africa. In: *Bulletin of the World Health Organization* 78 (2000), S. 1438–1444
- [Buckley 2012] BUCKLEY, A.: Make Maps People Want to Look At - Five primary design principles for cartography. (2012). <http://www.esri.com/news/arcuser/0112/files/design-principles.pdf>
- [Busgeeth u. Rivett 2004] BUSGEETH, K. ; RIVETT, U.: The use of a spatial information system in the management of HIV/AIDS in South Africa. In: *International Journal of Health Geographics* 3 (2004)
- [Cromley u. McLafferty 2012] CROMLEY, E.K. ; MCLAFFERTY, S.: *GIS and Public Health*. Guilford Press, 2012. – ISBN 9781609187507
- [ESRI 1996] ESRI: *Introduction to Map Design*. (1996)
- [ESRI 2012a] ESRI: *ESRI Knowledge Base - Tutorial: Getting started with geodatabases in PostgreSQL*. http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#/Tutorial_Getting_started_with_geodatabases_in_PostgreSQL/002p000000t4000000/. Version: 2012. – [Online; aufgerufen am 21. September 2013]

- [ESRI 2012b] ESRI: *ESRI Knowledge Base - What is a feature service?* http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#/What_is_a_feature_service/0154000002w8000000/.
Version: 2012. – [Online; aufgerufen am 21. September 2013]
- [ESRI 2013] ESRI: *What is ArcGIS for Server? - ESRI knowledge Base article.* http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.2/#/What_is_ArcGIS_for_Server/01540000037p000000/.
Version: 2013. – [Online; aufgerufen am 10. September 2013]
- [Field 2012] FIELD, K.: *Using a mapmaking checklist for map design.* <http://blogs.esri.com/esri/arcgis/2012/05/03/using-a-mapmaking-checklist-for-map-design/>. Version: 2012. – [Online; aufgerufen am 15. September 2013]
- [Ghana-Districts-Creative 2012] GHANA-DISTRICTS-CREATIVE: *Ghana Districts.* <http://www.ghanadistricts.com>. Version: 2012. – [Online; aufgerufen am 21. September 2013]
- [Goodchild 2000] GOODCHILD, M.: Communicating Geographic Information in a Digital Age. In: *Annals of the Association of American Geographers* 90 (2000), Nr. 2, S. 344–355. – ISSN 1467–8306
- [Google 2013] GOOGLE: *Google Flutrends.* <http://www.google.org/flutrends/intl/de/>.
Version: 2013. – [Online; aufgerufen am 21. September 2013]
- [Hugo 2000] HUGO, G.: How can spatial information systems assist in the fight against HIV/AIDS? (2000)
- [Kistemann u. a. 2002] KISTEMANN, T. ; DANGENDORF, F. ; SCHWEIKART, J.: New perspectives on the use of Geographical Information Systems (GIS) in environmental health sciences. In: *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 205 (2002), Nr. 3, S. 169 – 181. – ISSN 1438–4639
- [Kraak 2004] KRAAK, M. J.: The role of the map in a Web-GIS environment. In: *Journal of Geographic Systems* 6 (2004), S. 83–93
- [Krefis u. a. 2011] KREFIS, C. ; SCHWARZ, G. ; NKUMAH, B. ; ACQUAH, S. ; LOAG, W. ; OLDELAND, J. ; SARPONG, N. ; ADU-SARKODIE, Y. ; RANFT, U. ; MAY, J.: Spatial Analysis of Land Cover Determinants of Malaria Incidence in the Ashanti Region, Ghana. In: *PLoS ONE* 6 (2011), 03, Nr. 3, S. e17905
- [Lilienfeld 1980] LILIENFELD, A.: *Times, places, and persons: aspects of the history of epidemiology.* Johns Hopkins University Press, 1980 (The Henry E. Sigerist Series in the History of Medicine). – ISBN 9780801824258

- [Liu 2013] LIU, N.: *Table of Contents (TOC)/Legend Widget for JavaScript API*. <http://www.arcgis.com/home/item.html?id=9b6280a6bfb0430f8d1ebc969276b109>. Version: 2013. – [Online; aufgerufen am 21. September 2013]
- [Maclachlan u. a. 2007] MACLACHLAN, J. ; JERRETT, M. ; ABERNATHY, T. ; SEARS, M. ; BUNCH, M.: Mapping health on the Internet: A new tool for environmental justice and public health research. In: *Health and Place* 13 (2007), Nr. 1, S. 72 – 86. – ISSN 1353–8292
- [Omumbo u. Ouma 1998] OMUMBO, J. ; OUMA, J.: Mapping malaria transmission intensity using geographical information systems (GIS): An example from Kenya. In: *Annals of Tropical Medicine and Parasitology* (1998), Januar, Nr. 92, S. 7–21
- [PostgreSQL 2013] POSTGRESQL: *PostgreSQL About*. <http://www.postgresql.org/>. Version: 2013. – [Online; aufgerufen am 10. September 2013]
- [Rolfhamre u. a. 2004] ROLFHAMRE, P. ; KATARZYNA, G. ; EKDAHL, K.: Implementing a public web based GIS service for feedback of surveillance data on communicable diseases in Sweden. In: *BMC Infectious Diseases* 4:17 (2004)
- [Theseira 2002] THESEIRA, M.: Using Internet GIS technology for sharing health and health related data for the West Midlands Region. In: *Health & Place* 8 (2002)
- [Tim 1995] TIM, U. S.: The application of GIS in environmental health sciences: opportunities and limitations. In: *Environmental Research* 71 (1995), S. pp. 75–88.
- [Wible 2013] WIBLE, J.: *GIS Map overlays become an important tools for HealthCare Statistics*. <http://www.geoforce.com/blog/gis-map-overlays-become-an-important-tool-for-healthcare-statistics/>. Version: 2013. – [Online; aufgerufen am 14. September 2013]

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit mit dem Thema "Prototypische Entwicklung einer webbasierten GIS-Architektur zur Integration medizinischer Felddaten am Beispiel der Forschungsstudie am St. Michael's Hospital Pramso, Ghana" eigenständig verfasst sowie ohne fremde Hilfe angefertigt und mich nur der in der Arbeit angegebenen Hilfsmittel bedient habe. Alle Stellen, die sinngemäß oder wörtlich aus Veröffentlichungen übernommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

28. Oktober 2013

Dominik Schlarmann

Anlage

Fragebögen

- Recruitment-Fragebogen
- Socioeconomic-Fragebogen
- Viral Infection-Fragebogen

Datenübersicht

- Beispielübersicht über die sozioökonomischen Daten in tabellarischer Form

ArcGIS Collector

- Screenshots vom ArcGIS Collector mit der Nutzung der entwickelten Kartendienste

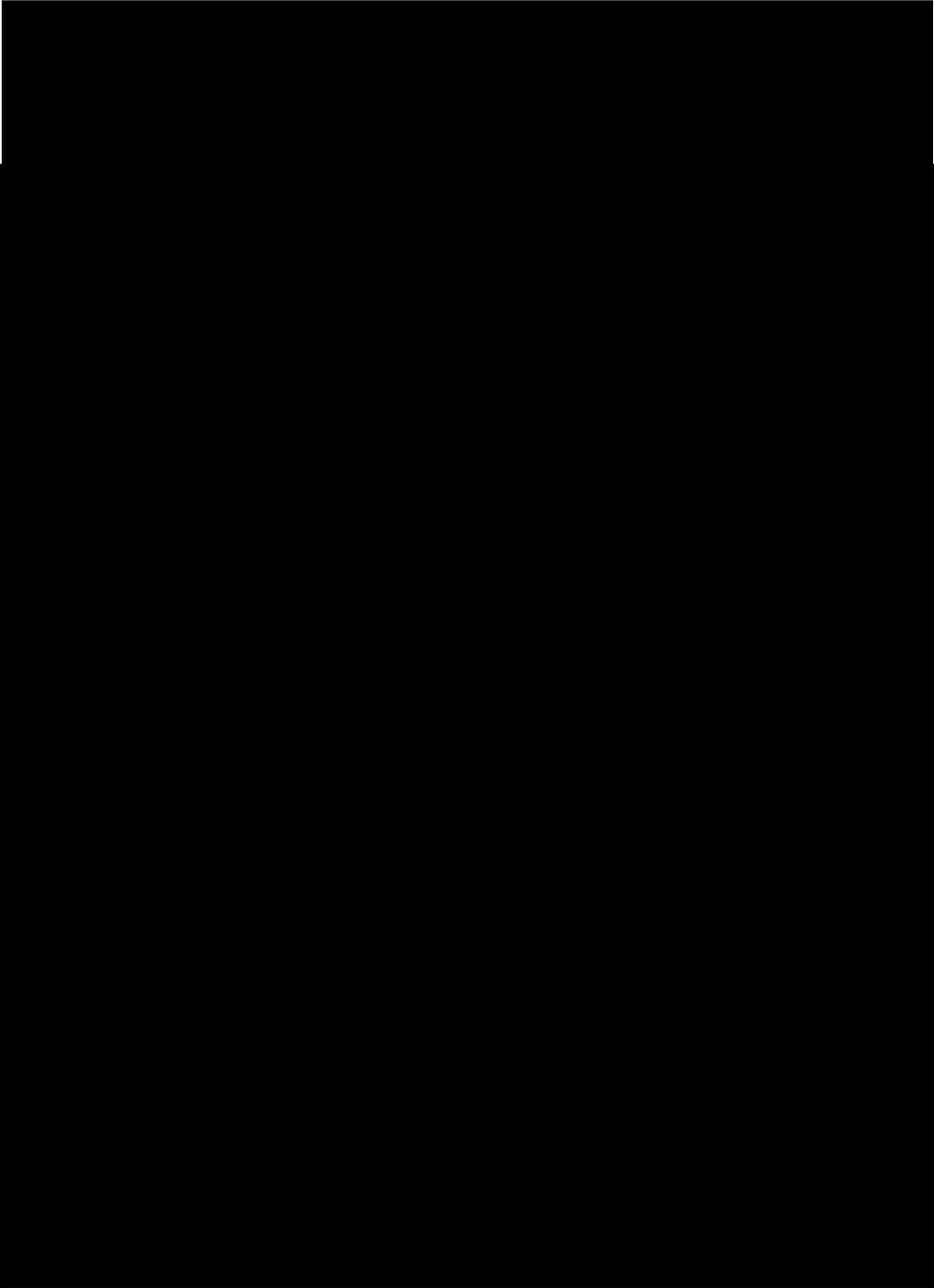
CD ROM

- Bachelorarbeit_Schlarmann.pdf (PDF Version der Arbeit)
- Quellcode Webseite
 - editorinmap.html
 - informationqueryinmap.html
 - index.html
 - proxy.php
 - editorinmap_wms_beta.html
 - /WebGIS Ghana_Flex (Flex-Version des WebGIS)
- Quellcode - Hilfe und Kontakt
 - /images_websitehelp (Dateiordner)
 - HelpAboutWillkommen.html
 - HelpAboutKartennavigation.html
 - HelpAboutKartendarstellung.html
 - HelpAboutLayerauswahl.html

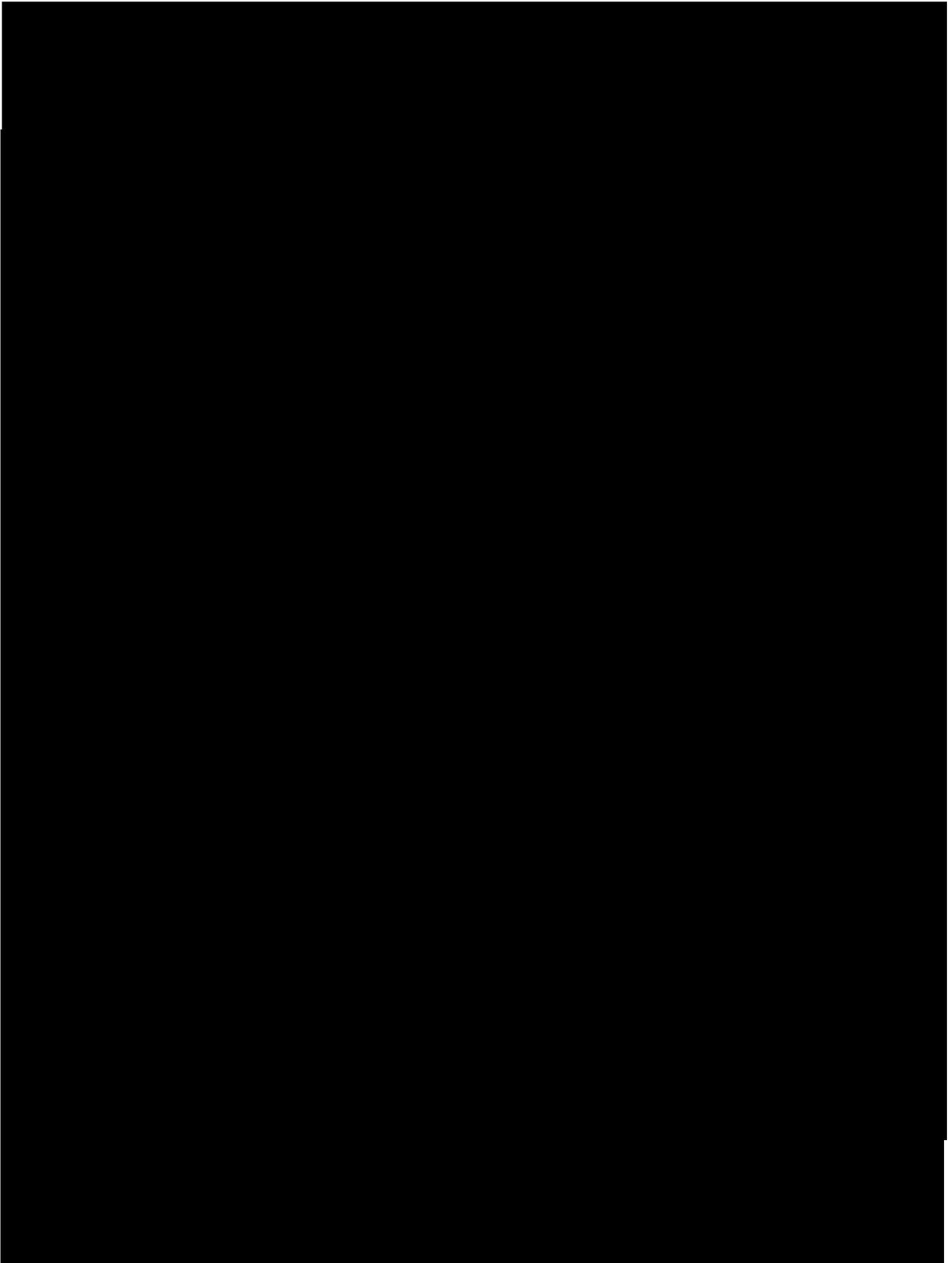
-
- HelpAboutEditor.html
 - HelpAboutInformationspopup.html
 - HelpAboutMesswerkzeug.html
 - HelpAboutWeitereTools.html
 - WebGIS Daten
 - BNI_Socioeconomic_Data (Tabelle)
 - BNI_Villages (Tabelle)
 - ArcGIS Desktop Kartenprojekt (.mxd) der Arbeit
 - Map Package des Kartendienstes
 - * Shapefiles
 - BNI_socioeconomicdata Shapefileendappendix
 - BNI_Villages Shapefile
 - GHA_Education Shapefile
 - GHA_Hospitals_Regions Shapefile
 - GHA_Clinic_Locations Shapefile
 - GHA_TotalHealthFacilities Shapefile
 - OSM_Streets Shapefile
 - OSM_Areas Shapefile
 - GHA_ClimateAnnualAverageRainfal Shapefile
 - GHA_ClimateAnnualAverageTemperature Shapefile
 - GHA_DistrictCapitals Shapefile
 - GHA_RegionsCapitals Shapefile
 - GHA_SettlementTowns Shapefile
 - GHA_GameReserves Shapefile
 - GHA_ForrestReserves Shapefile
 - GHA_Cashew_Farms Shapefile
 - GHA_Citrus_Farm Shapefile
 - GHA_Maize_Farms Shapefile
 - GHA_Mango_Farms Shapefile

-
- GHA_Rice_Farms Shapefile
 - GHA_Pineapple_Farms Shapefile
 - GHA_Sojabean_Farms Shapefile
 - GHA_Landcover Shapefile
 - GHA_SoilTypes Shapefile
 - GHA_WaterLines Shapefile
 - GHA_WaterAreas Shapefile
 - GHA_DistrictBoundariesBoth Shapefile
 - GHA_RegionsBoundarie Shapefile
 - GHA_CountryBoundary Shapefile
 - AFRICA_Contries Shapefile

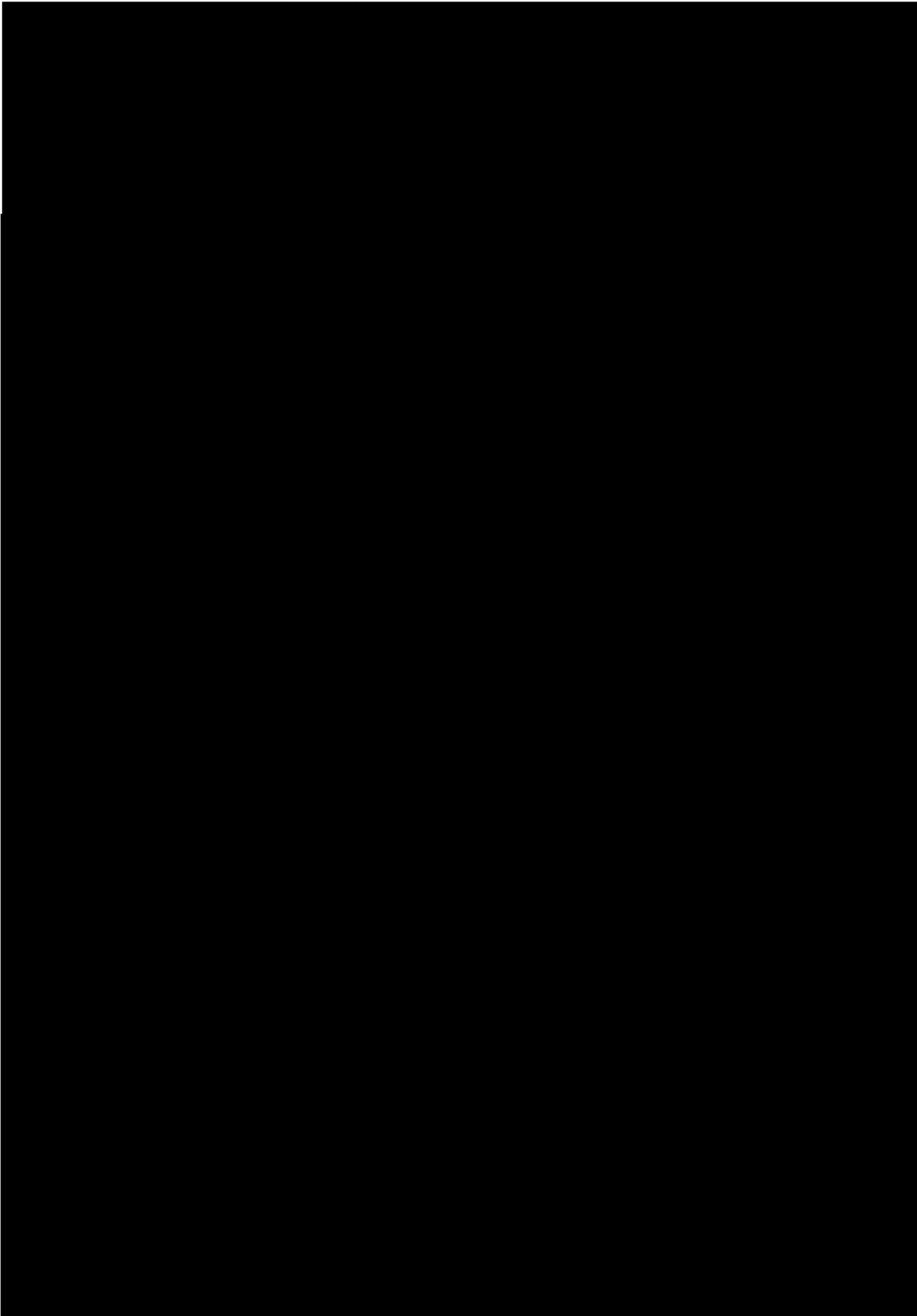
Recruitment-Fragebogen (1)



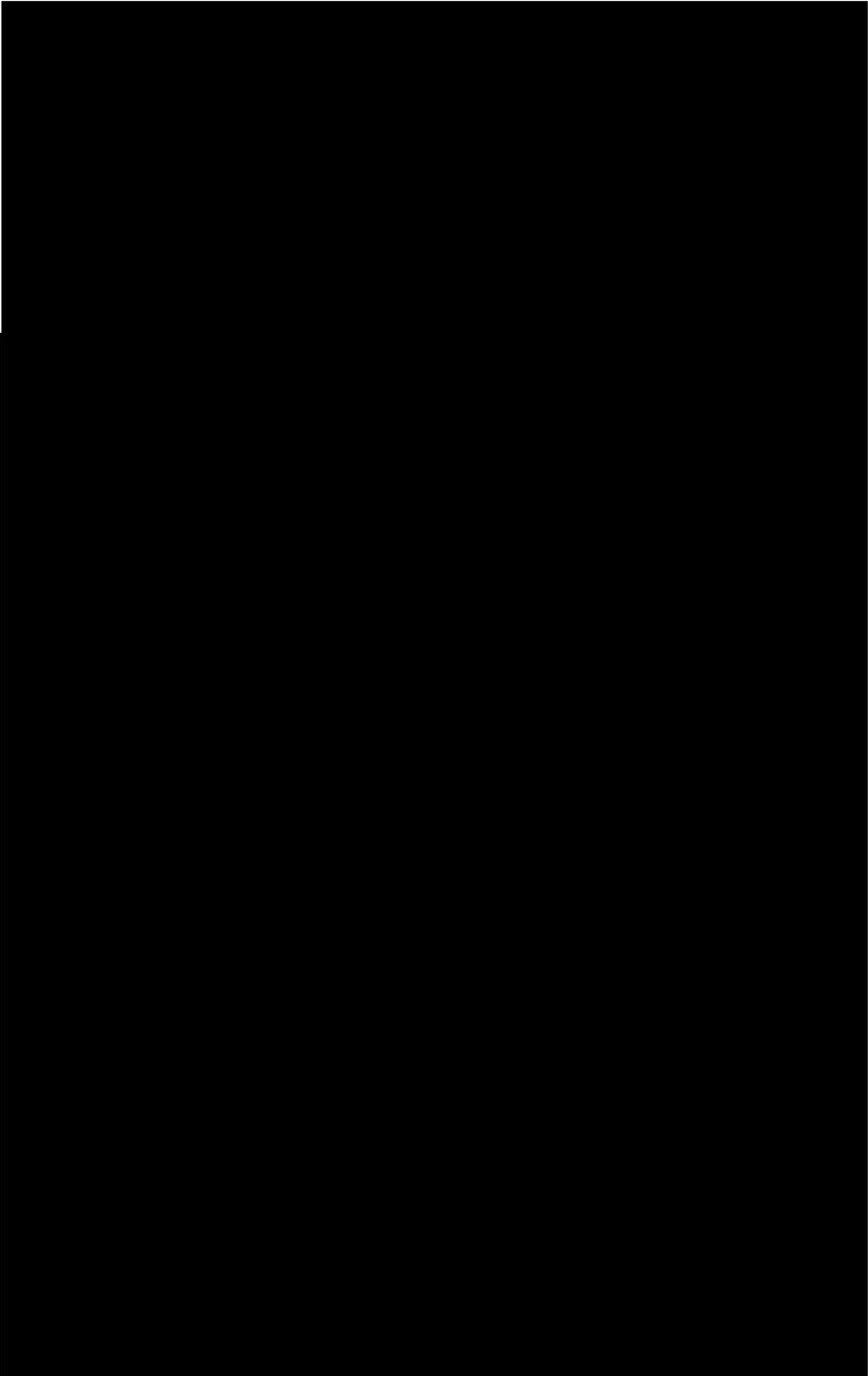
Recruitment-Fragebogen (2)



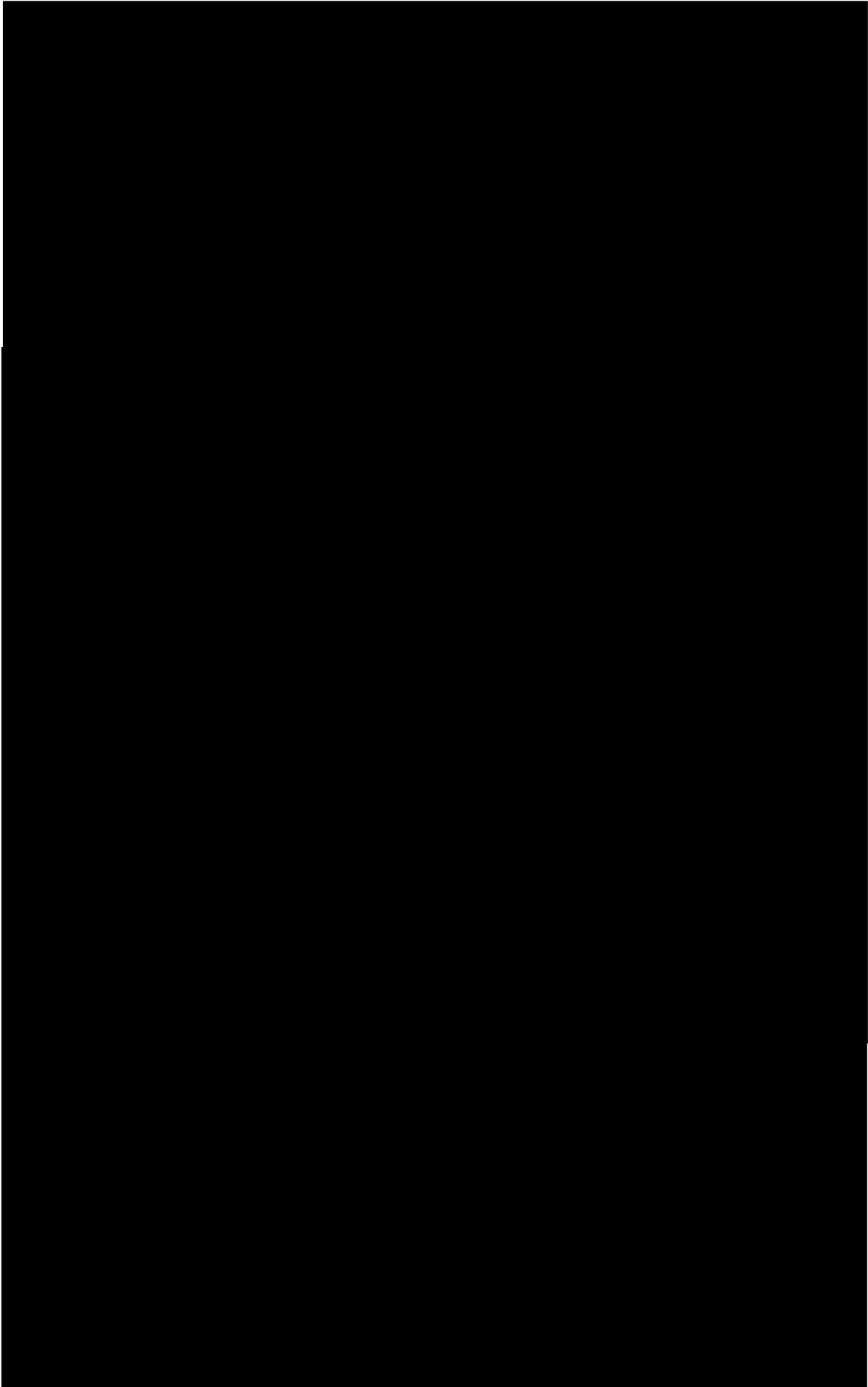
Socioeconomic-Fragebogen (1)



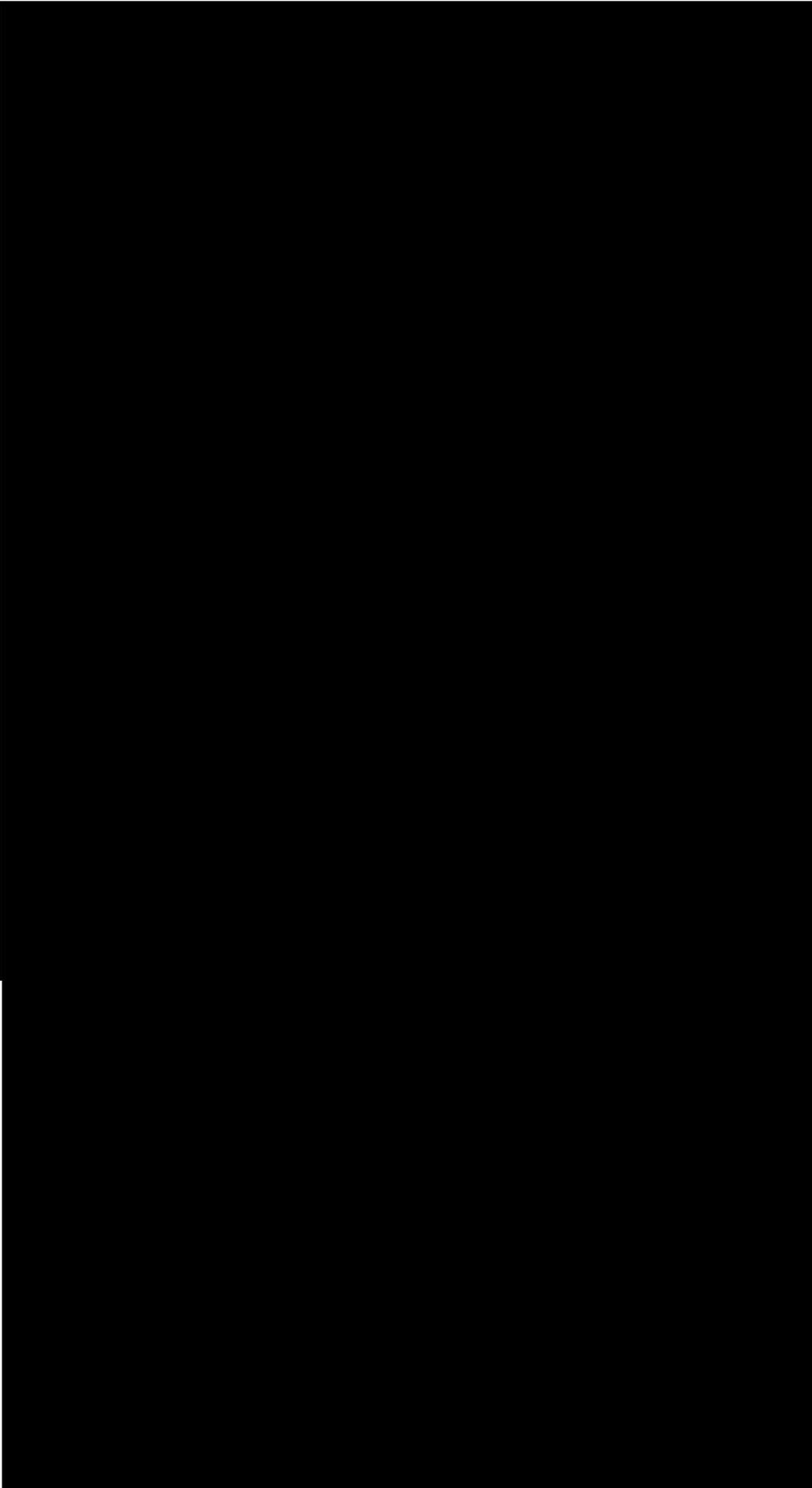
Socioeconomic-Fragebogen (2)



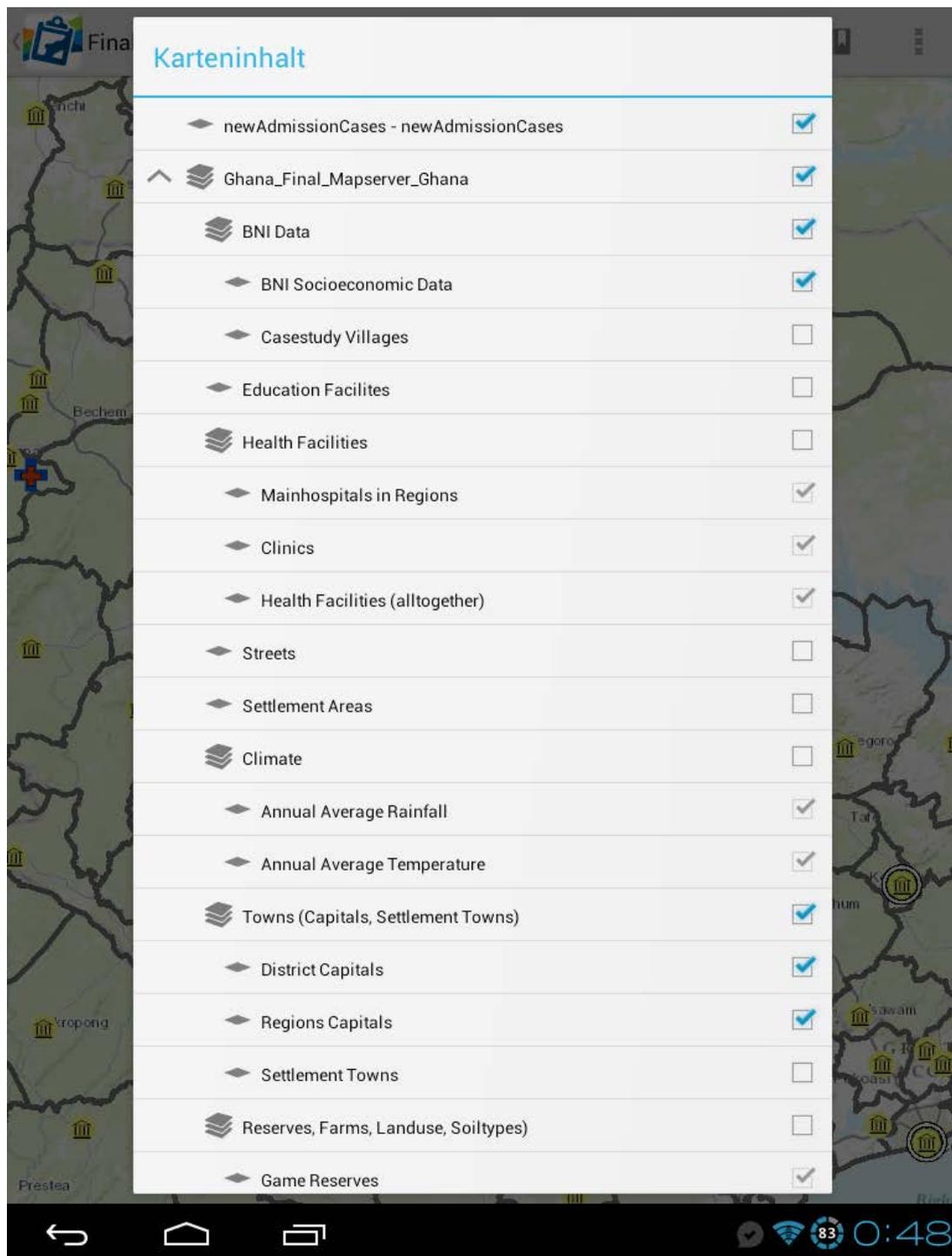
Viral Infection-Fragebogen (1)



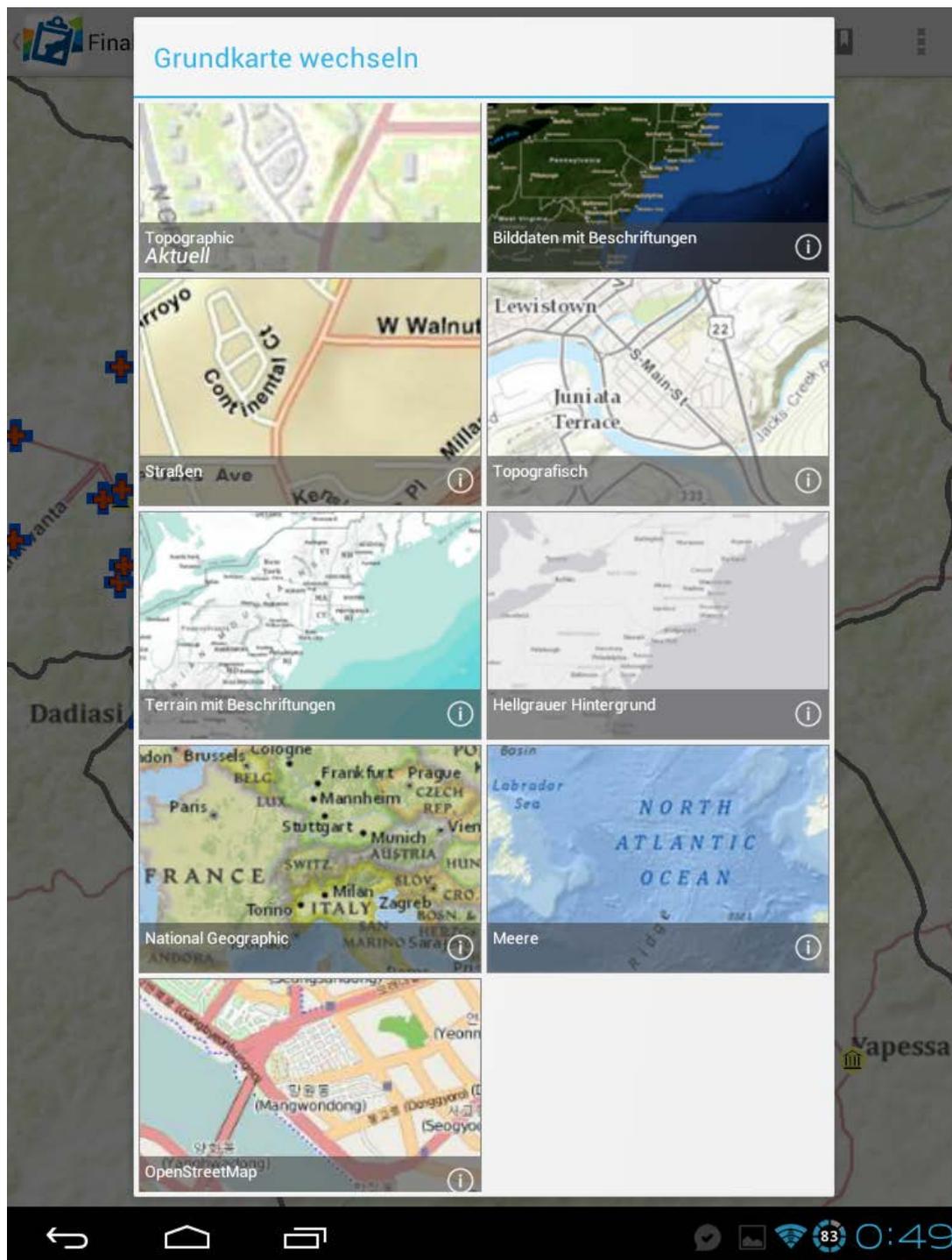
Socioeconomic Data – Tabellenübersicht



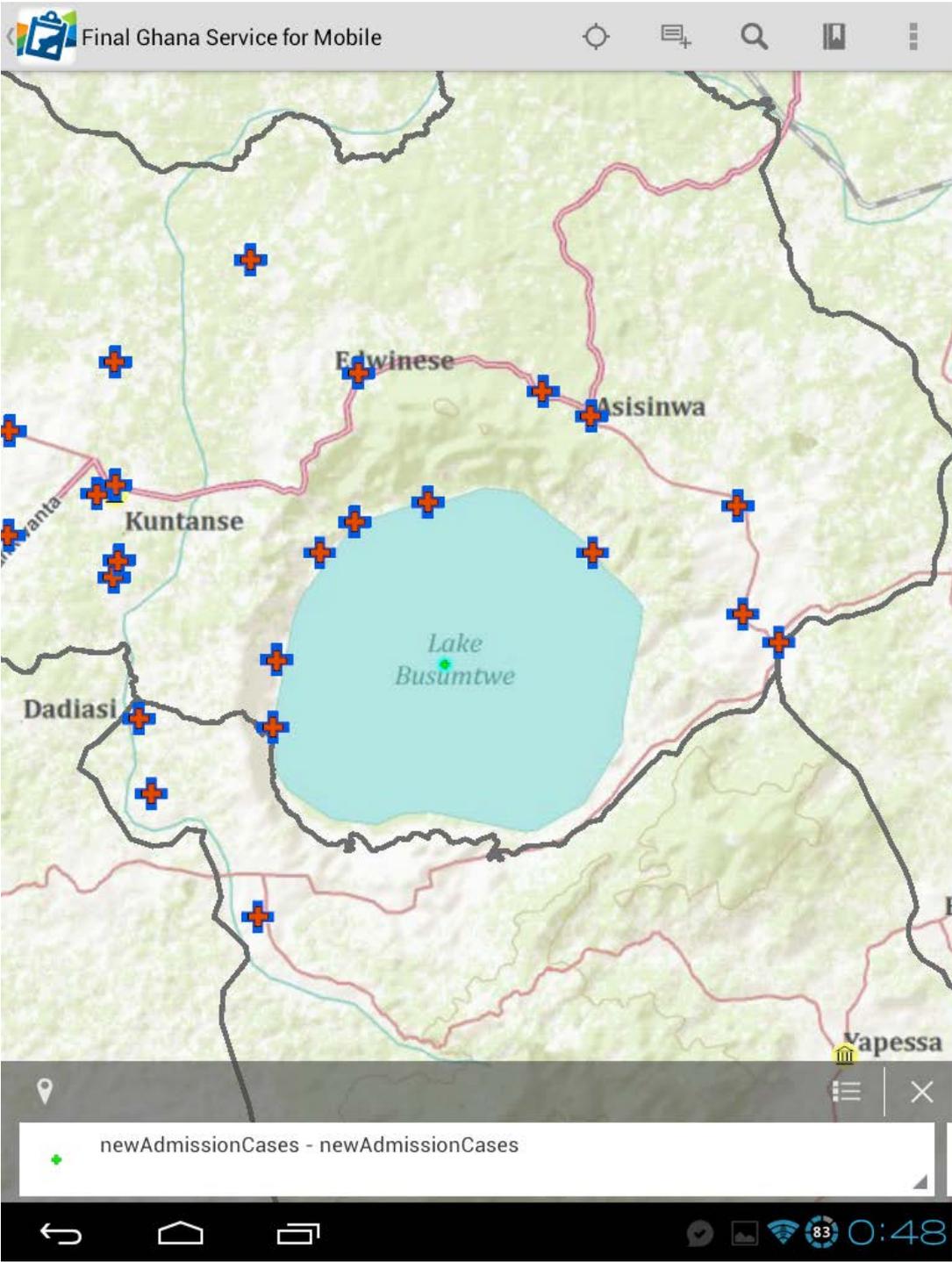
ArcGIS Collector (Android) – Layerübersicht



ArcGIS Collector (Android) – Basiskarten



ArcGIS Collector (Android) – Geodatenvisualisierung



ArcGIS Collector (Android) – Neuer Krankheitsfall

✓ | ☰ | 📷 | 👤 | 📎+

Sokoban

NHIS registered?

1

Mother's Job

teacher

Mother's Education

unknown

Relative?

0

Housetype

Other

Mobilephone?

1

PC?

Fridge?

Cookingplace

Watersupplytype

← | 🏠 | 📄 | 🗨️ | 📷 | 📶 | 80 | 0:50