

Visualisierung von Raum-/ und Zeitbezogenen Messdaten

Lennart Karsten

Hochschule für Angewandte Wissenschaften

Department Informatik

Berliner Tor 7

20099 Hamburg, Germany

Email: lennart.karsten@haw-hamburg.de

I. EINLEITUNG

In den vergangenen Jahren haben digitale Karten, analoge Karten nahezu vom Markt verdrängt. Google Maps, Open Streetview und andere Projekte bieten mittlerweile eine fast vollständige Übersicht der Erde. Das Auffinden von Orten oder die Routenplanung sind gelöste Probleme der Wissenschaft. Auf Grund der hohen Qualität, Auflösung und Flexibilität haben sich u.a. neue Bereiche für Geologen und Biologen erschlossen.

Deren Anwendungsfälle unterscheiden jedoch stark von der üblichen Nutzung. Der Größte Unterschied ist die Relevanz von Zeit in Bezug zum Raum, den sog. gemischten spatialen Indikatoren. Ein Beispiel ist, das Messen von Temperaturwerten an bestimmten Orten über einen langen Zeitraum. Ein anderes Anwendungsgebiet ist die Erforschung von Tierarten und deren geografische Bewegung.

Für die visuelle Darstellung solcher zeitbezogenen spatialen Daten, bedarf es Anwendungen, die eine effiziente Nutzung durch technisch nicht versierte Personen ermöglicht.

II. MARS GRUPPE

MARS ist das Akronym für Multi-Agent Research & Simulation, die Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Thiel-Clemen. Diese befasst sich mit der Erstellung von Multi-Agenten Systemen (MAS). Hierbei werden Berechnungen auf großen spatialen Räumen durchgeführt. Hieraus ergeben sich lange Simulationszeiten. MARS betreibt somit Big Data mit Raum- und Zeitbezug.

Zentrales Element der Arbeitsgruppe ist das MARS Framework. Dieses besteht aus den Komponenten Modellierung, Websuite, Life, sowie der Qualitätskontrolle und dem Versionsmanagement.

Für diese Arbeit ist lediglich die Websuite von Bedeutung. Diese ist in der Entstehung und besteht aus folgenden Komponenten (siehe Abbildung 1).

Die Komponenten leiten sich namentlich von dem Planet Mars ab. Deimos (Abschnitt II-D) und Phobos (Abschnitt II-A) sind die zwei Monde des Planeten Mars.

A. MARS PHOBOS

PHOBOS ist für den Import von Daten in das MARS Framework zuständig. Es importiert Daten der Anwender und Modellierer. Zudem konvertiert es zu importierende Daten und speichert diese in GROUND und ROCK.

Die Arbeiten von PHOBOS, DEIMOS und dem SHUTTLE

hängen dicht miteinander zusammen und erfordern deshalb eine entsprechende Koordinierung.

B. MARS GROUND

GROUND nutzt den Geoserver¹ zur Speicherung von Daten im Geoinformationssystem (GIS). Er implementiert den Web Map Service (WMS) Standard, der den Zugriff auf das Kartenmaterial über HTTP ermöglicht. Neben der Übertragung verfügt der Geoserver über eine API, die im begrenzten Rahmen Konvertierungsarbeiten übernehmen kann.

C. MARS ROCK

Die ROCK Komponente ist für die Verwaltung aller Daten zuständig, die nicht mit dem Geoserver kompatibel sind. Hierzu zählen nicht-spatiale Daten und GIS Formate, die nicht mit dem Geoserver kompatibel sind. Der Großteil der Daten im ROCK sind zeitlich veränderliche Daten, wie beispielsweise Bevölkerungszahlen.

D. MARS DEIMOS

DEIMOS arbeitet auf Basis der Daten, die durch PHOBOS importiert werden. Daher ist es wichtig, dass Anforderungen an die Visualisierung beim Import berücksichtigt werden. Dies erfordert eine enge Zusammenarbeit zwischen DEIMOS und PHOBOS.

Die Aufgabe von DEIMOS ist es, eine Webanwendung bereit zu stellen, die es dem Endnutzer und Simulationsentwickler erlaubt die Datenbestände in GROUND und ROCK zu sichten. Hierbei liegt der Fokus auf der Visualisierung unterschiedlicher Datentypen und der Möglichkeit alle importierten Daten tabellarisch einzusehen.

Dem Benutzer soll es möglich sein, Daten für eine Simulation auszuwählen. Diese werden in einer JSON Datei benannt und die Datei wird an SHUTTLE übergeben.

E. MARS SHUTTLE

Das SHUTTLE liest die „Data Descriptor“ Datei, kommandiert von DEIMOS aus und lädt die entsprechenden Daten aus GROUND und ROCK. anschließend erstellt es eine „Scenario Configuration“ Datei und sendet diese an das MARS LIFE. MARS LIFE beinhaltet die Simulationen.

¹<http://geoserver.org/>

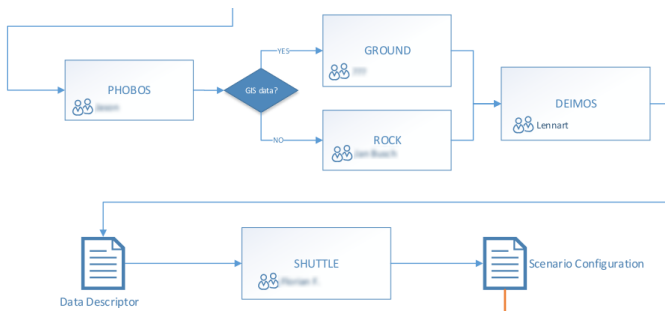


Abbildung 1. Die Websuite des Mars Frameworks

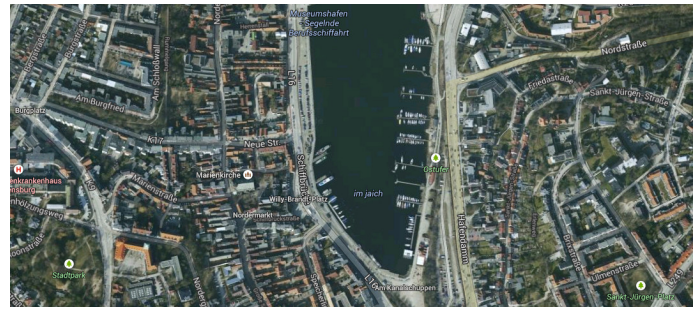


Abbildung 2. Luftaufnahme von Flensburg aus Google Maps

III. GEOINFORMATIONSSYSTEM (GIS)

Geoinformationssysteme sind für die Erfassung, Bearbeitung, Organisation, Analyse und Präsentation von Geo-Daten zuständig. In der MARS Gruppe, welcher der Autor dieser Arbeit angehört wird die Verwaltung des GIS durch MARS GROUND realisiert.

Im folgenden Abschnitt werden zwei Arten Rasterdaten zu klassifizieren beschrieben. Diese sind, die allgemeinen Rastertypen von GIS, sowie die speziellen der gängigsten GIS Anwendung, ArcGIS² unterteilt.

A. Rasterdaten Typen

Rasterdaten bestehen aus Ansammlungen von Bildpunkten (sog. Pixeln). Jeder Pixel hat einen Farbwert und eine Helligkeit. Aus diesen Pixeln setzen sich Bilder zusammen. Bilder hoch zu skalieren ist somit mit Qualitätsverlust verbunden. Pixelbilder machen den Großteil aller digitalen Grafiken und Bilder aus. Im allgemeinen werden in GIS die folgenden Typen von Rasterdaten unterschieden[1].

- Thematische Daten (Discrete data) stellen die Bodendaten oder Landnutzung dar.
- Kontinuierliche Daten (Continuous data) repräsentieren Ereignisse wie Bevölkerungszahlen oder Temperaturdaten, sowie spektrale Daten wie Luftaufnahmen oder Satellitenbilder.
- Bilder (Picture data) sind eingescannte Zeichnungen oder Karten, sowie Gebäudeaufnahmen.

B. ArcGIS Rastertypen

ArcGIS ist eine Anwendung zur Erstellung, Betrachtung und Bearbeitung von GIS Daten. Es zählt zu den besten Anwendungen, die es in diesem Bereich auf dem Markt gibt. In ArcGIS werden die folgenden vier Typen von Rasterdaten unterschieden.

1) Raster als Grundkarten:

Beim Raster als Grundkarte stellt ein oder mehrere gerasterte Bilder die Grundkarte dar. Darauf basierend können Informationen angezeigt werden. Diese Art von Karte ist der gängigste und in allen freien Kartendiensten, wie OpenStreetMap oder Google Maps verfügbar. Häufig wird die Grundkarte zur Orientierung genutzt und mit weiteren Layern ergänzt. So können beispielsweise Fahrradwege als Vektor oder Oberflächenkarte über die Grundkarte gelegt werden.

2) Raster als Oberflächenkarten:

Im Gegensatz zu dem Raster als Grundkarte liegt bei Oberflächenkarten die Fokussierung nicht auf infrastrukturellen Merkmalen. Vielmehr werden spatiale Daten durch bestimmte Farbgebung dargestellt. Somit geht es bei der Oberflächenkarte nicht um die reine Orientierung in einem Bereich, sondern vielmehr um die Darstellung gewonnener Ergebnisse. Diese können als Ergebnis einer GIS Operation entstehen. Häufige Anwendung sind Höhenkarten.

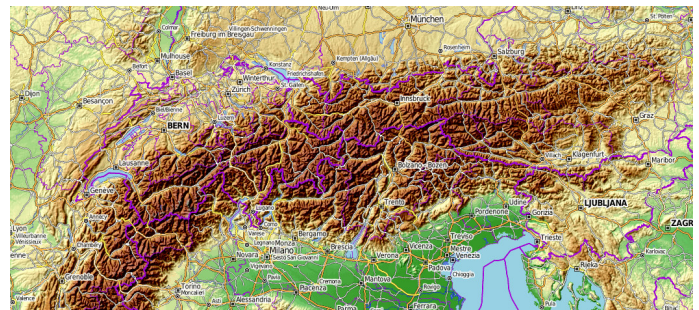


Abbildung 3. Höhenkarte der Alpen aus OpenStreetMap

3) Raster als thematische Karte:

Thematische Karten reduzieren die Anzahl der sichtbaren Merkmale auf ein Minimum. Somit bleiben lediglich die Form der Landfläche und entscheidende Merkmale, die für die Wiedererkennung notwendig sind übrig.

Die angezeigten Daten sind häufig stark schematisiert. Sie können Ergebnisse von GIS Operationen sein. Ein mögliches Anwendungsgebiet ist die Darstellung von Landnutzung.

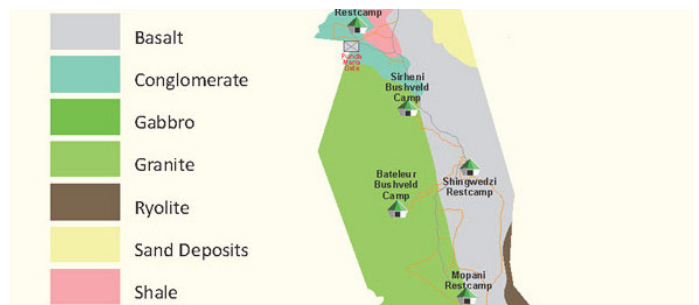


Abbildung 4. Thematische Darstellung des Krueger Nationalparks³

²<https://www.arcgis.com/>

³<http://www.kruegerpark.co.za/>

4) Raster als Beschreibung eines Objekts:

Hierbei werden Rasterbilder genutzt um ein Bereich einer Karte näher zu beschreiben. Dies wird z.B. verwendet, um Karten- oder Luftbilder an interessanten Stellen weiter anzureichern.

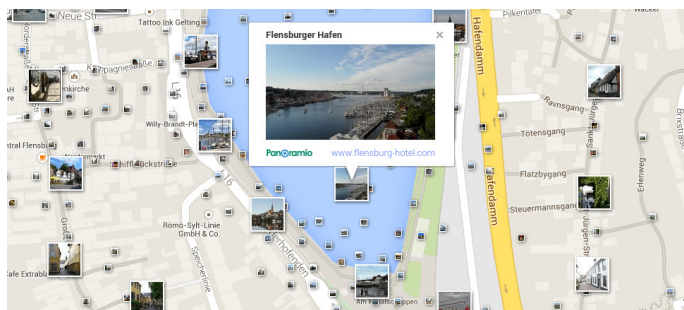


Abbildung 5. Karte Flensburgs mit georeferenzierten Bildern aus Panoramio⁴

C. GIS Vektordaten

Vektorgrafiken basieren im Gegensatz zu Rasterbildern auf mathematischen Formen. Hierzu zählen Kreise, Rechtecke und allgemeine Kurven. Ein Vektor hat immer eine Position bestehend aus X und Y. Die Art der Darstellung kann abhängig von dem gewünschten Einsatzgebiet unterschiedlich dargestellt werden. Dies macht sie erheblich flexibler, als Rasterdaten. Vektorgrafiken eignen sich besonders für schematische Darstellung und sind für Fotografien ungeeignet. Sie sind auf Grund ihrer Beschaffenheit beliebig skalierbar. GIS Vektordaten bestehen aus Punkten, Linien und Polygonen.

1) Punkte:

Punkte sind das Grundelement, auf ihnen bauen die anderen Formen auf. Ein Punkt besteht aus einer X und einer Y Koordinate. Elemente, die als Punkt dargestellt werden sind z.B. Geopositionen.

2) Linien:

Linien werden durch eine mathematische Funktion dargestellt um die Form exakt zu beschreiben. Technisch wird eine Linie als zwei Punkte mit einer Verbindung umgesetzt.

3) Polygone:

Ein Polygon ist eine geschlossene Form bestehend aus Linien und Punkten. Es kann Eigenschaften, wie den Flächeninhalt besitzen. Beispiele für Polygone sind Rechtecke, Kreise und Dreiecke.

IV. DATAWAREHOUSE (DWH)

Ein Data-Warehouse (DWH) ist eine Datenbankgestützte Anwendung, die Informationen zur Datenanalyse speichert. Dieser Ansatz findet zunehmend Verwendung für die Speicherung von Geo bezogenen Daten (siehe [2] [3] [4]).

In der Arbeit von Thiel-Clemen[5] aus dem Jahre 2013, wird beschrieben, wie sich zeitbezogene, spatiale Daten in einer relationalen Datenbank speichern lassen. Hierzu wird für jede zu speichernde Dimension eine Datentabelle angelegt. Diese hängen von dem Domain spezifischen

Use-Case ab. In Abbildung 6 wird die Bewegung von Geparden gemessen, sowie die Niederschlagsmenge an einem entsprechenden Messturm.

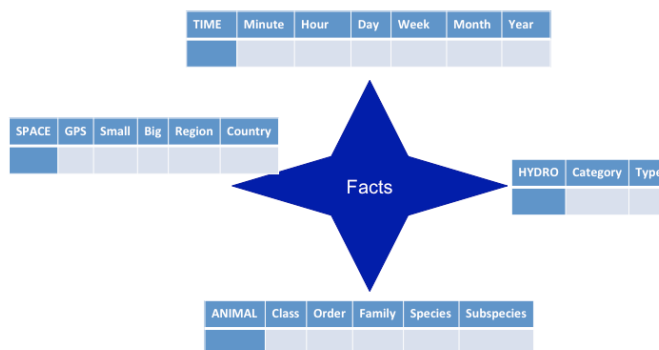


Abbildung 6. Sternansicht zur Speicherung von Geodaten in einem DWH[5]

V. GEOREFERENZIERUNG

Für die Verarbeitung von Geodaten ist es notwendig Daten aus GIS und DWH zu referenzieren. Hierbei führt die Art der Speicherung laut Baldowski[1] im DWH zu einem Problem. Geodaten werden hierarchisch, zumeist in den Kategorien Länder, Kommunen, Städte und andere politische Grenzen gespeichert. Ländergrenzen ändern sich im Verlauf der Zeit und sind selbst zu einem gegebenen Zeitpunkt nicht immer eindeutig.

Beispielsweise zeigt die ukrainische Seite von Google Maps⁵ die Krim als Teil der Ukraine an, das russische Google Maps⁶ zeigt zwischen der Krim und der Ukraine eine Ländergrenze und in der deutschen und englischen Google Maps wird die Grenze als nicht feste Grenze (gestrichelt) dargestellt. Hieraus ergibt sich die Problematik, dass Daten in Grenzgebieten nicht auf der gleichen Hierarchieebene sein können, was für ökologische Daten nicht geeignet ist. Verstärkt wird dieses Problem, wenn Daten über einen längeren Zeitraum betrachtet werden sollen.

Eine Lösung für dieses Problem ist die Nutzung von Quad Trees[6]. Hierbei wird die Weltkarte in 4 Bereiche unterteilt. Jeder dieser Bereiche besitzt 4 Teilbereiche. Diese besitzen wiederum Teilbereiche, bis zur gewünschten Detailstufe. MARS ROCK nutzt die Implementation der Quad Trees, wie sie Microsoft bei Bing Maps einsetzt (siehe [7]) wird. Hierbei erhalten die Bereiche eine Benennung, aus der die jeweilige Ebene hervorgeht. Es wird für jede weitere Detailstufe eine zusätzliche Stelle hinzu genommen. Abbildung 7 zeigt diese Struktur.

⁴<http://www.panoramio.com/>

⁵<https://maps.google.com.ua/>

⁶<https://maps.google.ru/>

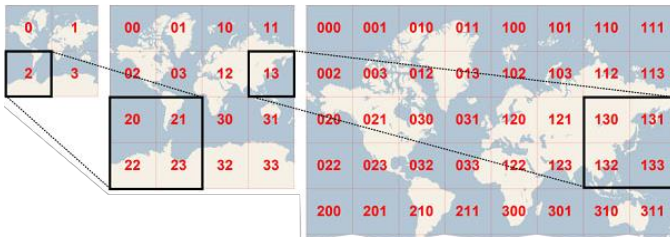


Abbildung 7. Darstellung als Quads. Quelle: Bing Maps[7]

A. Formate

Um eine Georeferenzierung durchführen zu können ist es wichtig, dass die Daten in einer einheitlichen Form gespeichert werden.

Zuvor Müssen das Informationsmaterial in das Koordinatensystem eingepasst werden ein Ortsbezug hergestellt werden. Hierzu müssen Krümmungen der Erde angeglichen, oder beseitigt werden.

Baldowski Beschreibt in seiner Arbeit hierzu die folgenden Typen.

1) GeoTIFF:

GeoTIFF (.geotiff) ist ebenso wie TIFF ein Format, welches verlustfrei speichert. GeoTIFF speichert zusätzlich zu den Rasterkarten die Geokoordinaten und den Bildausschnitt. Dieser Typ von Speicherung wird insbesondere für Satellitenaufnahmen verwendet.

2) Erdas Imagine:

Bei diesem Format handelt es sich um ein Rasterformat, dass primär von kommerziellen Anwendungen verwendet wird. Die Dateiendung ist .img. Erdas Imagine wurde von ESRI⁷

3) Shapefile:

Shapefiles (.shp) wurden ebenfalls von ESRI entwickelt. Dieses Format ist auf Grund seiner Einfachheit und geringen Overhead das gängigste zur Speicherung von GIS. In Shapefiles können jeweils nur eine Art von Daten gespeichert werden (Punkte, Linien, Polygone).

4) ●:

GeoJSON (.json, .geojson) sind Dateien, die Geoinformationen in JSON (JavaScript Object Notation) speichern. GeoJSON ist sehr einfach zu lesen und verfügt über eine geringe Dateigröße. Es wird sowohl in kommerziellen, als auch in freien Anwendungen verwendet.

VI. VERSCHNEIDEN VON DATEN

Für die Darstellung von Geodaten in einem bestimmten geographischem Gebiet ist es notwendig die Geodaten miteinander zu verschneiden. Hierbei werden die Ebenen skaliert und als Layer übereinander gelegt.

A. Vektor und Vektor

Bei der Verschneidung von Vektoren mit Vektoren muss zwischen den Vektortypen Punkt, Linie und Polygon unterschieden werden.

1) Punkt in Polygon:

Bei der Verschneidung von Punkten im Polygon werden die Punkte, die sich innerhalb des Polygons befinden verschnitten.



Abbildung 8. Punkt in Polygon Verschneidung[1]

2) Linie in Polygon:

Hierbei wird die Linie, die das Polygon durchläuft in zwei Teilsegmente geteilt.

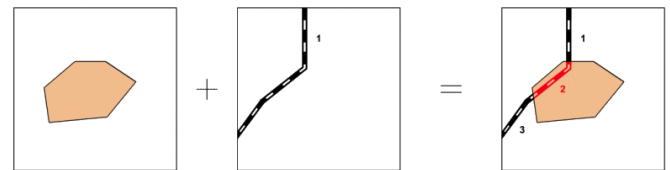


Abbildung 9. Linie in Polygon Verschneidung[1]

3) Polygon in Polygon:

Die Verschneidung von Polygonen mit Polygonen ergibt neue Formen als Summe der Teilsegmente.

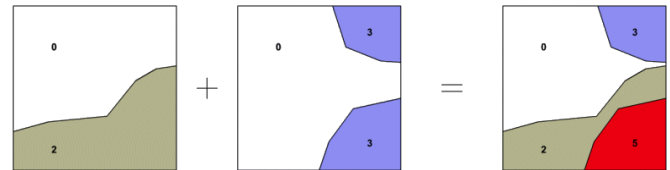


Abbildung 10. Polygon in Polygon Verschneidung[1]

B. Raster und Raster

Für die Verschneidung von Rasterdaten untereinander ist notwendig, dass die Datensätze verschiedene Voraussetzungen erfüllen.

Die Daten müssen den exakt gleichen Bereich referenzieren. Zudem muss die Qualität übereinstimmen. Dies muss pixelgenau durchgeführt werden.

Die eigentliche Verschneidung erfolgt durch eine pixelweise Differenzbildung. Das Ergebnis enthält somit die Summe an Informationen beider Bilder.

C. Vektor und Raster

Bei der Verschneidung von Vektor- und Rasterdaten werden die Vektordaten in die Form der Rasterdaten gebracht und dann wie Raster und Raster behandelt.

VII. VISUALISIERUNG

Die Visualisierung von statischem Kartenmaterial ist seit der Entstehung von Google Maps, OSM und anderen Kartendiensten ein Bestandteil des Alltags geworden. Zunehmend

⁷<http://www.esri.de/>

wird die Darstellung von komplexeren spazialen Daten für die Forschung interessant (siehe [8] [9]). Für die Darstellung von Daten mit speziellen Anforderungen gibt es unterschiedliche Anwendungsfälle. Diese erfordern entsprechende Lösungen.

A. Bewegungsdaten

Der Bereich der Bewegungsdaten ist insbesondere in der Erforschung von Tierbewegungen von großer Bedeutung[8]. Durch die fortgeschrittene technische Entwicklung sind GPS Sensoren mittlerweile klein und kostengünstig geworden. Hierdurch ist es möglich Tiere mit Peilsensoren zu versehen und Bewegungsprofile zu erstellen.

Die Bereitstellung solcher Daten im Web ermöglicht einen weltweiten Austausch zwischen Forschergruppen und verbessert die Vergleichbarkeit und Qualität der Auswertungen erheblich.

Movebank⁸ ist ein derartiges Projekt. Es bietet frei zugängliche Bewegungsdaten von Tieren. In Abbildung 11 wird die Bewegung von Weißstörchen dargestellt.



Abbildung 11. Movebank Vogelbewegung

B. Zeitbezogene Daten

Für die Erforschung, der Auswirkung des Klimawandels ist es wichtig Aufnahmen von gewissen Flächenabschnitten zu vergleichen. In der Vergangenheit mussten diese Messungen anhand von Markierungen, Boden oder Luftbildern gemacht werden. Dank fortgeschrittener Satellitentechnik sind großflächige Aufnahmen möglich geworden.

Zu diesem Zweck hat die australische Regierung den Australian Geoscience Data Cube (AGDC) entwickelt. Dieser erlaubt die umfangreiche Auswertung von Satellitenmaterial. So wird mit Hilfe von Satelliten mit spezieller Kameras Wasserbestände in Australien gemessen. Dieses Bildmaterial von unterschiedlichen Satelliten wird geclustert und zu einer Karte zusammengefügt. Dieser Vorgang wird regelmäßig wiederholt. Aus den Differenzen der Karten wird eine Heatmap gebildet, die anzeigt, wie oft ein bestimmter Bereich überflutet wurde. Diese Heatmap ist auf der Seite der australischen Regierung offen einzusehen (siehe Abbildung 12).

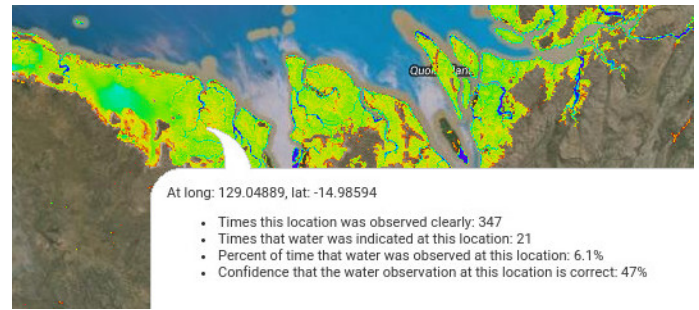


Abbildung 12. Überschwemmungskarte Australien. Quelle: AGDC⁹

VIII. VERGLEICHBARE SYSTEME

Es existieren bereits komplette Systeme, zur Visualisierung von zeitbezogenen spazialen Daten. Diese haben entsprechend ihrem Anwendungsgebiet unterschiedliche Architekturen.

A. Australian Geoscience Data Cube (AGDC)

Australiens Data Cube, der bereits in Abschnitt VII-B erwähnt wurde, gehört zu den größten derartigen Installationen weltweit. Das Team besteht aus 673 Mitarbeitern und hat bis zum Juli 2014 wurden 4PB, also über 4.000TB Daten gesammelt[10]. Mit 160TB Arbeitsspeicher und 57.472 Kernen belegt der AGDC Platz 32 der Liste von Supercomputern¹⁰. Zur Speicherung von Daten wird PostgreSQL mit der Erweiterung POSTGIS für GIS Daten eingesetzt. Als Programmiersprache wird Python eingesetzt und der Quellcode ist seit Juni 2014 auf GitHub verfügbar.

Der AGDC ist eine Lösung, dessen Einsatzmöglichkeiten auf keinen einzelnen Einsatzfall beschränkt sind. Stattdessen werden eine Vielzahl von Projekten umgesetzt. Die beiden populärsten Projekte sind die bereits erwähnte Darstellung von Hochwasserbereichen und einer Visualisierung von Vegetationsentwicklung[11].

B. WMS flow mapping Services

In der Arbeit von Guo et al.[9] wird das „Web Map Service“ (WMS) Protokoll des „Open Geospatial Consortium“ (OGC) um die effiziente Erstellung von Strömen erweitert. Dies dient der Verbesserung, der Analyse von Echtzeit Daten, insbesondere aus sozialen Medien. WMS ist ein Standard Protokoll, das mit einer einfachen HTTP Schnittstelle arbeitet. Es wird von allen gängigen GIS Anwendungen unterstützt, hierzu zählen die im MARS Framework verwendeten ArcGIS und der GeoServer.

Web Flow Map Services (WFMS) ermöglicht eine effiziente Generierung von Strömen. Dies ist insbesondere dann wichtig, wenn ein Diagramm auf Basis von großen Datenmengen erstellt werden soll. Ein Beispiel für ein Flow Chart mit großen Datenmengen ist das Umzugsverhalten eines ganzen Landes über mehrere Jahre hinweg betrachtet. Die Komplexität verbessert sich durch den Flow Algorithmus in WFMS von $O(n^2)$ auf $O(n \log(n))$.

Der Versuchsaufbau des WFMS Frameworks entspricht Abbildung 13. Die Dateneingaben der Echtzeitdaten und Daten

⁸<https://www.movebank.org/>

⁹<http://www.ga.gov.au/flood-study-web/#/water-observations>

¹⁰<http://top500.org/>

aus dem Modell werden im Rechenzentrum parallel berechnet, falls sie im Cache nicht vorhanden sind. Hieraus entstehen Zwischenergebnisse, die über WFMS an das Frontend übertragen werden.

Die JavaScript Bibliothek OpenLayers stellt ein „Raster als Grundkarte“ dar (siehe Abschnitt III-B1). Mögliche Datenquellen der Karten sind Google Maps, OSM und der GeoServer. Auf dieser Karte wird die Flow Karte dargestellt. Zu beachten ist, dass es sich bei dem Ergebnis des Servers nicht um eine Vektorkarte, sondern um ein gerastertes Bild handelt. OpenLayers muss diese skalieren und der Grundkarte als Layer hinzufügen.

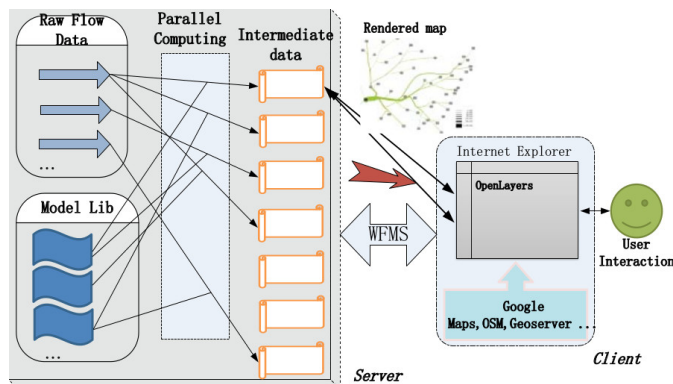


Abbildung 13. WFMS Framework[9]

IX. DEIMOS

Das Ziel für das Grundprojekt ist es, die wissenschaftliche Grundlage für DEIMOS zu entwickeln und einen ersten „Durchstich“ umzusetzen. Hierzu soll das Frontend inklusive Darstellung der Daten aus ROCK und GROUND in Tabellenansicht, als minimal Anforderung implementiert werden.

A. MEAN-Stack

Der Softwarestack für DEIMOS ist rein JavaScript basiert und ist für die drei Komponenten der Website (siehe Abbildung 1) größtenteils identisch. Lediglich das SHUTTLE wird Teile in C# enthalten.

Das Akronym „MEAN“ besteht aus den drei Anfangsbuchstaben der enthaltenen Frameworks. Der JavaScript MEAN-Stack besteht aus folgenden Komponenten:

1) MongoDB:

MongoDB ist ein Dokumenten-basiertes Datenbanksystem, das seine Daten nicht in relationalen Tabellen abspeichert. Stattdessen wird in binären JSON Dateien gespeichert, sog. BSON Dateien. MongoDB ist die Standard Datenbank im MEAN-Stack und zudem sehr einfach zu bedienen. Aus diesem Grund ist sie derzeit für die Speicherung von Metadaten der zu importierenden Daten durch PHOBOS angedacht.

In den vergangenen Wochen kam jedoch die Frage auf, inwiefern die Nutzung dieser Speicherungsform geeignet sei. MongoDB ist besonders gut für die Speicherung von Objekten geeignet. Die zu speichernden Daten werden jedoch auf viele unterschiedliche Arten abgefragt.

Wenn angenommen wird, dass Messdaten nach Projekten

und Tierarten gespeichert sind würde eine Suche in einem geografischen Bereich eine Vielzahl von Objekten betreffen aus denen jeweils Teilmengen benötigt wird.

Da nicht vorausgesagt werden kann, wie die Form der Abfrage am Ende aussehen wird und MongoDB keine Querreferenzierung unterstützt gilt die Frage zu klären, welche Alternativen in Frage kommen.

Realistisch kommen zwei Datenbanktypen in Frage. Zum einen ist die Nutzung einer relationalen Datenbank sehr üblich. In der Literatur wird PostgreSQL mit der Erweiterung POSTGIS mehrfach erwähnt (siehe [9] [7]). Eine MariaDB Datenbank kommt als Alternative in Frage.

Auf Grund der starken Abhängigkeiten der Messdaten zueinander ist die Nutzung einer Graphdatenbank ebenfalls eine Möglichkeit. Solche Datenbanken bilden ihre Daten auf Knoten und Kanten ab. Hierbei können sowohl Knoten, als auf Kanten mit Eigenschaften versehen sein.

Im Grundprojekt gilt es das Problem der Datenbankwahl tiefer zu durchdringen und dann eine Entscheidung zu treffen.

2) ExpressJS:

Express ist ein Web Framework für NodeJS, das zudem die Erstellung von REST APIs unterstützt.

3) AngularJS:

Angular ist ein Web Framework für JavaScript. Es erweitert die HTML Syntax für die Nutzung von dynamischen Inhalten. Das von Google entwickelte Framework nutzt Model-View-Controller (MVC) zur Handhabung und Aktualisierung von Daten. Angular spricht über XMLHttpRequests mit der ExpressJS API.

4) NodeJS:

Node ist eine Laufzeit Umgebung, die es ermöglicht JavaScript serverseitig auszuführen. Node läuft auf Basis der JavaScript V8 Engine, die von Google für den Chrome Browser entwickelt wurde. Es läuft in einem einzigen Thread und verfügt über eine „non-blocking I/O API“. Diese führt dazu, dass der Thread niemals angehalten werden muss. Stattdessen werden Berechnungen mit einem Callback versehen, der den Programmablauf beeinflusst.

B. Kartendarstellung

Die Kartendarstellung im Browser soll nach aktueller Planung LeafletJS¹¹ übernehmen. Leaflet gehört mit OpenLayers zu den bekanntesten, frei verfügbaren JavaScript Bibliotheken zur Kartendarstellung.

Die Recherche hat ergeben, dass in komplexeren Einsatzgebieten OpenLayers bevorzugt wird (siehe [1] [6] [9]).

OpenLayers ist jedoch mit 770kb Dateigröße ein sehr schwergewichtiges JavaScript Framework, Leaflet hingegen umfasst lediglich 125kb. JQuery, das im allgemeinen als nicht sonderlich leichtgewichtig gilt ist lediglich 84kb groß.

Diese Größen mögen sich auf den ersten Blick als nicht relevant erweisen. Hierbei wird jedoch vernachlässigt, dass diese Frameworks beim Seitenaufbau geladen werden müssen, was insbesondere bei langsamen Internetverbindungen zur Beeinträchtigung der Benutzbarkeit führt.

Zudem ist Leaflet ein jüngerer und leichter bedienbares Framework. Es wird deshalb zunächst als bevorzugtes betrachtet. Sollte sich herausstellen, dass eine Umsetzung hiermit

¹¹<http://leafletjs.com/>

zu schwierig oder nicht möglich ist, wird eine Umstellung durchgeführt.

X. ZUSAMMENFASSUNG LITERATUR

- [1] M. Baldowski, "Räumliche analyse mit spatialen indikatoren," Master's thesis, Hochschule für Angewandte Wissenschaften, 8 2014.
- [2] S. Kelling, W. M. Hochachka, D. Fink, M. Riedewald, R. Caruana, G. Ballard, and G. Hooker, "Data-intensive science: A new paradigm for biodiversity studies," *BioScience*, vol. 59, no. 7, 2009, pp. 613–620. [Online]. Available: <http://bioscience.oxfordjournals.org/content/59/7/613.abstract>
- [3] M. McGuire, A. Gangopadhyay, A. Komlodi, and C. Swan, "A user-centered design for a spatial data warehouse for data exploration in environmental research," *Ecological Informatics*, vol. 3, no. 4–5, 2008, pp. 273 – 285. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1574954108000496>
- [4] S. M. Ji, B. S. Lee, K. I. Kang, S. G. Kim, C. Lee, O. young Song, J. Y. Choeh, R. Baik, and S. Baik, "A study on the generation of olap data cube based on 3d visualization interaction," in *Computational Science and Its Applications (ICCSA)*, 2011 International Conference on, June 2011, pp. 231–234.
- [5] T. Thiel-Clemen, "Information integration in ecological informatics and modelling," in *Simulation in Umwelt- und Geowissenschaften, Workshop Leipzig*, J. Wittmann and M. Müller, Eds., GI. Shaker, 2013, pp. 89–96.
- [6] C. Hu, Y. Zhao, J. Li, D. Ma, and X. Li, "Geospatial web service for remote sensing data visualization," in *Advanced Information Networking and Applications (AINA)*, 2011 IEEE International Conference on, March 2011, pp. 594–601.
- [7] M. Baldowski, J. Busch, H. Pereki, and T. Thiel-Clemen, "Ermittlung der waldbiomasse mit hilfe eines spatial gemischten indikators für den abdoulaye forest, togo," in *Simulation in Umwelt- und Geowissenschaften, ser. Berichte aus der Umweltinformatik*, J. Wittmann and D. K. Mareti, Eds., vol. 1. Aufl., GI. Shaker, 2014, pp. 37–49.
- [8] M. Constantinescu, M. Constantinescu, and H. Valean, "Gps collars data visualization for wildlife management," in *System Theory, Control and Computing (ICSTCC)*, 2013 17th International Conference, Oct 2013, pp. 146–151.
- [9] D. Guo, K. Wu, Z. Zhang, and W. Xiang, "Wms-based flow mapping services," in *Services (SERVICES)*, 2012 IEEE Eighth World Congress on, June 2012, pp. 234–241.
- [10] Regierung Australien – Geoscience Australia, "Sentinel 2 and the australian geoscience data cube," http://seom.esa.int/S2forScience2014/files/05_S2forScience-MethodsII_OLIVER.pdf, 5 2014, zuletzt besucht: 26.02.2015.
- [11] A. Ip, B. Evans, L. Lymburner, and S. Oliver, "The australian geoscience data cube(agdc) – a common analytical framework," <https://ererearchau.files.wordpress.com/2014/11/wednesday-1200-grand-1-2-alex-ip.pdf>, 11 2014, zuletzt besucht: 26.02.2015.