

Web-GIS verarbeitet. Hierbei kommen Verarbeitungsdienste zum Einsatz, welche die gewünschte Berechnung auf der Infrastrukturseite durchführen. Dies erlaubt aufwendige Geoverarbeitungs- und Modellierungsprozesse anzubieten, ohne das leistungsfähige Hard- und Software bei den Anwendern verfügbar sein muss.

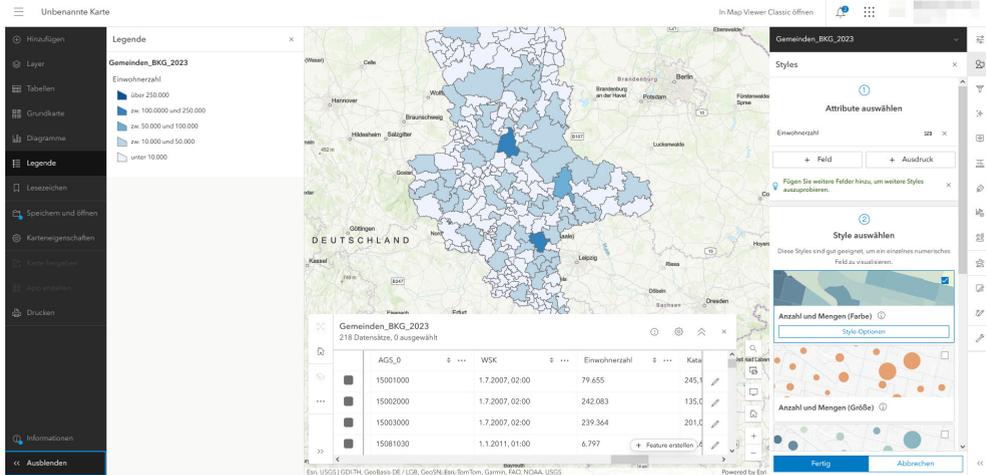


Abb. 1.3: Beispiel einer Web-GIS-Oberfläche, welche vollständig im Browser läuft (ArcGIS Online)

Tabelle 1.3: Vergleich der Vor- und Nachteile von Web-GIS

Vorteile	Nachteile
Hoher Funktionsumfang möglich, Desktopersatz möglich	Hoher Funktionsumfang bedeutet ebenso wie Desktopumgebungen aufwendige und dadurch eventuell teure Software
Betriebssystemunabhängig	I. d. R. Nutzerverwaltung notwendig
I. d. R. weniger Anspruch an Nutzerhardware	Höherer Infrastruktur- oder Lizenzierungsaufwand als Webviewer, was zu höheren Kosten auf Anwenderseite führen kann
Keine Softwareinstallation und Pflege auf Anwenderseite	Performanz in der Regel geringer als bei Desktop-Systemen
Keine Datenspeicherung beim Anwender notwendig	Datenquellen unter Umständen nicht auf den ersten Blick ersichtlich
Datensicherung und Versionierung kann zentral übernommen werden	Anpassung des Systems an Nutzervorgaben ist möglich, aber deutlich komplizierter und nur durch Spezialisten möglich

1.1.5 Mobile GIS-Anwendungen (Apps)

Unter dem Begriff des mobilen GIS werden Softwarelösungen eingeordnet, die für den Einsatz auf Feldrechnern, Smartphones oder Tablets geeignet sind (Bill 2023). Diese nutzen einfachere Anwendungen mit reduziertem Funktionsumfang, die üblicherweise auf Android oder iOS als Betriebssystem basieren. Sehr viel umfangreichere, eher spezielle Anwendungen für den Vermessungs- oder Baustellenbereich sowie mobile Tablets mit Desktop-Betriebssystemen und Software sollen in diesem Buch nicht thematisiert werden. Zum anderen möchten wir Routing-, Wander- und Orientierungs-Apps außen vorlassen. Der hier skizzierte Bereich zeichnet sich durch zwei Hauptunterschiede gegenüber Desktop- und Web-GIS-Anwendungen aus. Dies ist zum einen der stärker fokussierte Funktionsumfang. Dieser ergibt sich aus dem Bedienkonzept, welches ohne Maus und Tastatur auskommen muss. Und zum anderen die reduzierte Oberfläche, welche auf die Bildschirmgröße der Mobilgeräte angepasst ist (siehe Abb. 1.4).

Die mobilen Anwendungen teilen sich auf in zwei Gruppen. Dies sind zum einen Anwendungen, bei denen Projekte in einer Desktop- oder Web-GIS-Umgebung vorbereitet werden. Diese bieten den höchsten Umfang an Darstellungs- und Komfortfunktionen. Oft ist es hier einfacher, Auswahlmenüs, ausgefeilte kartographische Repräsentationen und umfangreiche Datenquellen zu nutzen. Demgegenüber steht die Notwendigkeit des Transfers der Projekte auf das Mobil-Gerät. Für den Transfer stehen häufig Cloud-Umgebungen bereit, um diese Schritte zu vereinfachen.

Auf der anderen Seite gibt es mobile Anwendungen, welche eigenständig nutzbar sind. Hier können auf dem Mobilgerät selbst Dateien angelegt und bearbeitet werden, ohne dies in einem anderen System vorzubereiten.

Mindestfunktionen eines mobilen GIS:

- Erstellen und Bearbeiten von Geometrien und Attributdaten von bestehenden Layern,
- an- und ausschalten von Layern,
- Hintergrundkarten (online/mobile Daten).

Weitere Funktionen:

- Anhängen von Fotos,
- Erstellen von neuen Datenquellen,
- Gestaltung von Layern,

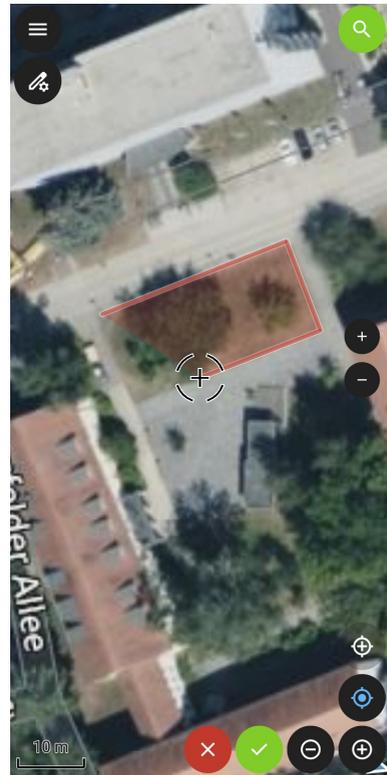


Abb. 1.4:

Screenshot der Erfassung einer Fläche in einem mobilen GIS (QField) auf einem Smartphone (Quelle Basemap: Bing Maps)

- fortgeschrittene Geometriefunktionen wie etwa Konstruieren, Streaming (automatisches Setzen von Eckpunkten während der Bewegung) oder Fangfunktionen,
- Offline-Verfügbarkeit von Hintergrundkarten des Projekts und Synchronisation,
- cloudbasierte Projekt- und Datenquellen,
- komplexere Datenquellen können geöffnet werden (Datenbankverbindungen, Dienste),
- Datumstransformation und erweiterte Raumbezugsfunktionen.

Bei den mobilen Apps existieren Open-Source-, lizenzbasierte oder Einmalkauf-Anwendungen in den jeweiligen App-Stores sowie vom Hersteller der Mobilgeräte bereitgestellte Anwendungen. Je nach gewählter Anwendung und Funktionsumfang müssen Cloudumgebungen extra lizenziert und eine Desktopanwendung zur Vorbereitung der Projekte verwendet werden. Bei der Auswahl der mobilen Anwendung sollte der Funktionsbedarf allumfassend getestet werden, bevor ein System ausgewählt wird. Häufig ergeben sich Bedarfe erst in fortgeschrittenen Projekten, wie z. B. die Notwendigkeit der vollumfänglichen Offlinenutzung, wenn keine mobile Datenverbindung verfügbar ist.

Exkurs: Hochgenaue Datenerfassung

Speziell bei der Erfassung von Geodaten im Gelände existiert häufig der Bedarf nach sehr exakter Positionsbestimmung. Die Genauigkeit der Positionierung ist unabhängig von der verwendeten Anwendung. Dazu können Mobilgeräte mit externen hochgenauen Global-Navigation-Satellite-System-(GNSS-)Empfängern verbunden werden. In der Regel ist es hierzu notwendig, die Position des Mobilgeräts mit der aus der externen Antenne zu überschreiben. Dazu muss das mobile Betriebssystem die Funktion der simulierten Standorte aktivieren können und eine Software muss Positionen der externen Antenne systemweit bereitstellen. In der Regel liefert der Hersteller der externen Antenne diese Zusatzsoftware mit. Zusätzlich muss für eine Genauigkeit im Submeterbereich ein Korrektur- oder Post-processing-Dienst verwendet werden. Im Falle des Korrekturdienstes, der häufig über das Internet bereitgestellt wird, muss dazu eine mobile Datenverbindung aktiv sein.

1.2 (Geo-)Datentypen

In diesem Abschnitt werden die wichtigsten Datentypen und ihre Eigenschaften vorgestellt. Der Fokus liegt dabei weniger auf der technischen Umsetzung der Datentypen als vielmehr auf ihrem Einsatz und die Besonderheiten in der praktischen Anwendung.

1.2.1 Vektordaten

Die am häufigsten verwendeten Daten gehören zur Gruppe der Vektordaten (Bill 2023). Der Begriff Vektor geht dabei auf den mathematischen Begriff des Ortsvektors in einem kartesischen Koordinatensystem zurück, der häufig auch als Stützvektor oder Lagevektor bezeichnet wird. In Geoinformationssystemen kommen weitere Synonyme wie Stützpunkt, Eckpunkt, Knoten oder Koordinatenpaar hinzu. Dies sind die Grundelemente, aus denen die Geometrien Punkt, Linie und Fläche aufgebaut sind. Die einfachste Vektorgeometrie ist ein Punkt, der durch ein Koordinatenpaar beschrieben wird. In der nebenstehenden Grafik (Abb. 1.5) zeigt die Objektabfrage das Koordinatenpaar X und Y des Punkts sowie die zugehörigen Attributdaten.

Linien- und Flächengeometrien bestehen aus miteinander verbundenen Liniensegmenten, die wiederum aus Stützpunkten aufgebaut sind. Zur Unterscheidung werden die Einzelteile, aus denen die Gesamtgeometrie aufgebaut wird, daher üblicherweise Segment und Stützpunkt genannt. Die Reihenfolge, in der die Stützpunkte gespeichert sind, wird von der GI-Software verwendet, um sie mit einer Umrisslinie zu verbinden und das Innere der Fläche „gefüllt“ darzustellen. Um die Fläche zu vervollständigen, wird die Umrisslinie mit einem Endpunkt gespeichert, der die gleiche Koordinate wie der Startpunkt hat. In Abbildung 1.6 werden die Eckpunkte jeder Einzelfläche unterschiedlich eingefärbt und die Anzahl der Eckpunkte, die mit den gleichen Koordinaten „übereinander“ liegen, beschriftet. An den Ecken benachbarter Flächen sind mehrere Koordinatenpaare gespeichert. Der Anfangs- und Endpunkt ist in Abbildung 1.6 durch einen blauen Kreis gekennzeichnet. Das jeweilige Dateiformat, das zur Speicherung der Geometrien verwendet wird, stellt sicher, dass diejenigen Eckpunkte, die zusammen ein Linien- oder Flächenobjekt bilden, für das GIS nachvollziehbar gespeichert werden. Die Regeln, wie die Geometrien aufgebaut sind, wie sie verarbeitet werden und wie sie in einem GIS umgesetzt werden, beschreibt die Spezifikation „Simple Feature Access“ des Open Geospatial Consortiums als übergreifende Definition, die unabhängig von der verwendeten Software ist.

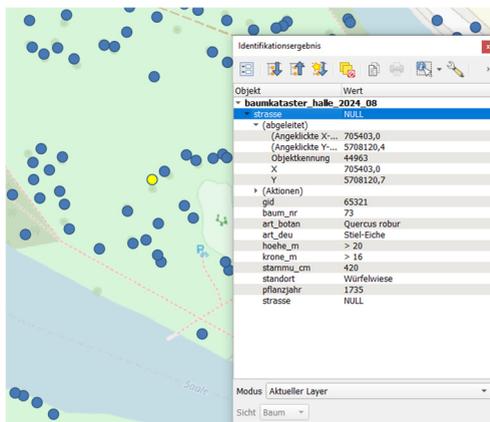


Abb. 1.5: Punktdarstellung mit Auflistung der Koordinaten (oberer Teil) und Auflistung der Attribute (unterer Teil) (Datenquellen: Baumkataster Halle (Saale) und OpenStreetMap)



Abb. 1.6: Darstellung der Eckpunkte von Flächengeometrien. Kreise markieren den Anfangs- und Endpunkt. Zahlen stellen die Anzahl der übereinanderliegenden Knoten dar. Jedes Polygon hat eigene Farben für die Knoten (Datenquelle: OpenStreetMap)

Die Reihenfolge, in der die Stützpunkte gespeichert werden, bestimmt die „Richtung“ einer Linie und definiert den Anfangs- und Endpunkt. Die Richtung einer Linie wird technisch häufig für die Fließrichtung eines Gewässers oder einer Einbahnstraße verwendet und kann von GIS ausgewertet werden. Der Nutzer legt die Laufrichtung einer Linie bei der Erstellung mit der Reihenfolge der gezeichneten Eckpunkte fest. Die Reihenfolge der Speicherung ist zwar bei Flächengeometrien ebenfalls entscheidend für die Berechnung der Flächengröße, wird aber von der Software und dem Dateiformat automatisch verwaltet.



Abb. 1.7: Liniengeometrien mit markiertem Start- und Endpunkt der Liniensegmente und Laufrichtung (Datenquelle und Basemap: OpenStreetMap)

Da nur (Eck-)Punkte gespeichert werden, die selbst keine räumliche Ausdehnung besitzen und diese erst durch die GIS-Software interpretiert werden, ergibt sich der Umstand, dass die Vektordaten „auflösungsfrei“ sind. Das bedeutet, dass je nach Kartenausschnitt und Maßstab die Punktsymbole, Linien und Flächen auf Basis der Koordinaten und Symboldefinitionen neu gezeichnet werden. Es gibt also keine Auflösung, ab der die Darstellung unscharf erscheint, wie z. B. bei einem Foto in einer zu hohen Zoomstufe.

Eine weitere zentrale Eigenschaft von Vektordaten im Kontext von Geoinformationssystemen ist die direkte Verknüpfung von Geometrieinformationen mit beliebigen objektbezogenen Sachdaten. Diese werden in der Attributtabelle gespeichert und über das Dateiformat mit dem GIS verknüpft (de Lange 2020, Bill 2023). Jedem Geometrieobjekt ist ein Datensatz in der Attributtabelle zugeordnet. Ein Datensatz kann beliebig viele Attribute enthalten. Ein Beispiel ist die Speicherung von Bäumen in einem Baumkataster (siehe Abb. 1.5). Die Geometrie ist ein Punkt pro Baum, der die Position speichert. In der Attributtabelle können für jeden dieser Punkte Informationen wie Höhe, Baumart, Fotos usw. gespeichert werden.

Besonderheit mehrteilige Geometrien

Eine besondere Form von Geometrien kommt relativ häufig vor und unterscheidet sich für den Benutzer hauptsächlich durch die Art und Weise, wie die Attributdaten verwaltet werden. Sie stellen keinen eigenen Geometriotyp dar. Bei mehrteiligen oder Multipart-Geometrien werden mehrere geometrische Objekte zusammengefasst und mit nur einem Eintrag in der Attributtabelle gespeichert. Dies wird häufig verwendet, wenn Elemente, die als ein Objekt in der Realität wahrgenommen werden, aus mehreren Teilen bestehen. Ein Beispiel sind nahe beieinanderliegende Teiche oder Bäume in einer Baumreihe, wenn nicht jedes Einzelelement ausgewertet werden soll. Man erspart sich die Pflege mehrerer Einträge. In der Attributtabelle wird die Linienlänge bzw. Flächengröße als Summe der Einzelteile dargestellt. Werden mehrteilige Geometrien in Einzelgeometrien zerlegt, erhält jede die identischen Attribut-

werte und die Längen bzw. Flächengrößen der Einzelteile. Werden mehrere Einzelgeometrien zu einer mehrteiligen Geometrie zusammengefasst, muss der Anwender entscheiden, welcher Attributwert des Teils gespeichert werden soll. Mehrteilige Geometrien sind in der Kartenansicht nur schwer und in einer Layoutansicht nicht erkennbar. Das erschwert die fachliche Interpretation und sollte vor einer Verwendung intensiv geprüft werden.

1.2.2 Rasterdaten

Rasterdaten sind die zweite wichtige Art, Daten in einem GIS zu nutzen. Sie unterscheiden sich in der technischen Speicherung und Auswertung (de Lange 2020). Aufgrund der daraus resultierenden Eigenschaften werden Vektor- und Rasterdaten in der Regel in grundlegend verschiedenen Anwendungsbereichen eingesetzt. Ein Raster speichert nicht die Lage eines Objekts durch ein eigenständiges Koordinatenpaar, sondern die Lage innerhalb einer Matrix. Diese Matrix kann als Tabelle verstanden werden, die genau definierte Abmessungen hat, nur numerische Werte und nur einen Wert pro Position speichern kann und in den Zeilen und Spalten klar vorgeschriebene Schreib- und Leserichtungen hat. Die tatsächliche Position ergibt sich aus der Position innerhalb der Tabelle und der Koordinate des Bezugspunkts der Tabelle selbst. Häufig ist dies die erste Zeile und Spalte. Durch die Festlegung eines Größenmaßes pro Position ergibt sich die Auflösung des Rasters. In Analogie zu einer Bilddatei, die selbst eine Rasterdatei ist, spricht man hier häufig von Pixeln oder Rasterzellen. Eine Rasterdatei kann aus mehreren Bändern oder Kanälen bestehen. Bei einem Farbbild sind dies beispielsweise die Bänder für Rot, Grün und Blau, die in Kombination die für das menschliche Auge gewohnte Farbdarstellung ergeben. Bei meteorologischen Daten können dies z. B. die jährliche Niederschlagssumme, die Sonnenscheindauer und die mittlere Temperatur sein (Abb. 1.8).

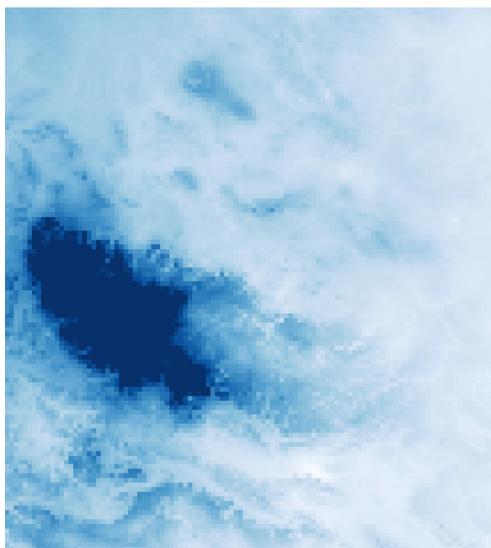


Abb. 1.8: Rasterdatei der Jahresniederschlagssummen der Harzregion des Jahres 2023 je 1×1 km (Quelle: Deutscher Wetterdienst)

Aus den genannten technischen Eigenschaften ergibt sich eine sehr hohe Verarbeitungs- und Darstellungsgeschwindigkeit, die mit dem Nachteil der begrenzten Speicherfähigkeit, die z. B. keine Textinformationen speichern kann, einhergeht. Rasterdaten werden daher häufig dort eingesetzt, wo Daten kontinuierlich eine Fläche vollständig mit sich ständig verändernden Werten abdecken. Rasterdaten werden selten gezeichnet und i. d. R. aus anderen Daten durch Umwandlung erzeugt oder sind Kamera- oder Sensorwerte. Im Bereich der Geobasisdaten liegen folgende Daten als Rasterdaten vor:

- Luftbilder,
- Höhenmodelle,
- topographische Karten.

1.2.3 Raster und Vektordaten im Vergleich

Raster- und Vektordaten eignen sich aufgrund ihrer technischen Eigenschaften in unterschiedlichem Maße für verschiedene Anwendungsbereiche (Bill 2023). Objektdaten (diskrete Daten) werden in der Regel als Vektordaten und kontinuierliche Daten als Rasterdaten gespeichert. Es lässt sich jedoch nicht immer für jeden Anwendungsfall eindeutig festlegen, welcher Datentyp der beste ist. Die meisten Fragestellungen können mit beiden Datentypen beantwortet werden. Dabei spielen auch die im GIS vorhandenen Werkzeuge und die Kenntnisse der Anwender eine Rolle. Auch lässt sich nicht pauschal sagen, welcher Datentyp mehr Speicherplatz benötigt oder eine bessere Darstellungsqualität bietet. So können Baumstandorte sehr einfach auch in einer Rasterdatei gespeichert werden, die bei entsprechender Datenkompression die Stellen zusammenfasst, an denen kein Baum steht. Das Ergebnis ist eine entsprechend kleine Datei. Im Gegensatz dazu benötigen sehr viele kleine Flächen in einer Vektordatei viel Speicherplatz. Ein hochaufgelöstes Luftbild stellt kein Darstellungshindernis dar, benötigt aber aufgrund der Informationsmenge sehr viel Speicherplatz. Tabelle 1.4 stellt daher typische Eigenschaften gegenüber, die je nach Anwendungsfall unterschiedlich bewertet werden können.

Tabelle 1.4: Unterschiede zwischen Vektor- und Rasterdaten (vorteilhafte Eigenschaften grün unterlegt)

Vektordaten	Rasterdaten
Verknüpfung von Position und beliebigen Sachdaten in Form einer Attributtabelle	Rasterdaten können nur einen Wert je Band und keine Texte oder verknüpfte Daten abbilden
Auflösungsfreie Darstellung	Rasterauflösung muss zum Anwendungsfall passen
Umfangreiche Werkzeuge sind Standard in allen GIS	Nicht jedes GIS bietet umfassende Rasterwerkzeuge
Darstellung von kontinuierlichen Daten schwer möglich	Kontinuierliche Daten werden platzsparend und sehr performant gespeichert
Darstellungsregeln von Vektordaten sind zu- meist nicht zwischen GIS austauschbar	Darstellung unabhängig vom GIS, damit häufig für topographische Karten verwendet (als Bild)
	Einzige Möglichkeit der Speicherung von Luft- und Satellitenbildern