

Westfälische Wilhelms-Universität Münster  
Institut für Didaktik der Mathematik und der Informatik  
Themensteller: Prof. Dr. Marco Thomas  
Abgabetermin: 08.01.2013

# **Studie zur Integration geoinformatischer Inhalte in den Informatikunterricht**

**Schriftliche Hausarbeit der Ersten Staatsprüfung für das  
Lehramt an Gymnasien und Gesamtschulen**

Verfasst von:

Hendrik Weißenberg  
Lehramt an Gymnasien und Gesamtschulen

# Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	3
2 Was ist Geoinformatik?.....	5
2.1 Definitionen, Historie, Begriffe.....	5
2.1.1 Definitionen.....	5
2.1.2 Historische Entwicklung.....	9
2.1.3 Begriffe.....	11
2.1.4 Geoinformatik als Wissenschaft.....	12
2.1.5 Geoinformatik und Geoinformation im Alltag.....	13
2.2 Geoinformatik in der Schule.....	17
2.2.1 Status quo.....	17
2.2.2 Geoinformatik im Informatikunterricht?.....	20
3 Rahmenbedingungen für geeignete Inhalte.....	23
3.1 Pragmatische Kriterien zur Vorauswahl von Inhalten.....	24
3.2 Fundamentale Ideen.....	24
3.3 Bildungsstandards.....	25
3.4 Die Kriterien.....	29
4 Untersuchung geeigneter Inhalte.....	30
4.1 Eine Übersicht.....	30
Teilbereich „Abstrakt“:.....	31
Teilbereich „Konkret“:.....	33
4.2 Welche Inhalte sind geeignet?.....	34
4.3 Detaillierte Untersuchung ausgewählter Inhalte.....	47
4.2.1 Räumliche Interpolation von Messdaten.....	47
4.2.2 Linienglättungsverfahren.....	58

5 Fazit.....	65
Literaturverzeichnis.....	67
Abbildungsverzeichnis.....	69
Erklärung.....	70
Anhang.....	71

## 1 Einleitung

Inhalte der „Geoinformatik“ als Anwendung der Informatik spielen in der Schule heute kaum eine Rolle und wenn, dann hauptsächlich im Erdkundeunterricht. Mit dieser Arbeit möchte ich untersuchen, ob es auch für den Informatikunterricht an allgemeinbildenden Schulen Möglichkeiten der Integration geoinformatischer Inhalte gibt.

Während meines Lehramtsstudiums der Fächer Informatik und Geographie gab es immer wieder Berührungspunkte mit Studierenden der Geoinformatik, sowohl in Veranstaltungen der Geowissenschaften, als auch der Informatik. Über die Didaktik der Geographie bekam ich Kontakt zum Projekt „GI @ School“ des Instituts für Geoinformatik, dessen Team zusammen mit Schulen weltweit Projekte und Unterricht zu geoinformatischen Themen durchführt. Als studentische Hilfskraft konnte ich dort einige Monate lang Erfahrungen sammeln, was vornehmlich in Erdkundeunterrichtsstunden passierte. Zwar beschäftigt sich die Geoinformatik hauptsächlich mit Anwendungen und Fragestellungen aus den Geowissenschaften, doch nutzt man (kern)informatische Methoden und Verfahren um diese Probleme zu lösen. Aufgrund dieser großen Schnittmenge lag die Überlegung also nahe, die Tauglichkeit von Inhalten dieser „Anwendung der Informatik in den Geowissenschaften“ für den allgemeinbildenden Informatikunterricht zu prüfen. Zumal die von außen wahrgenommene Informatik immer eine angewandte war und die Nützlichkeit – ja sogar Notwendigkeit – des Lebensweltbezugs der Unterrichtsinhalte schon länger bekannt ist. Hinzu kommt eine gesteigerte Popularität von Anwendung und Kontextbezug der Unterrichtsinhalte zumindest in den MINT-Fächern, etwa durch Projekte wie Chemie-, Physik-, Biologie- und Informatik-im-Kontext (ChiK, PiKo, bik und IniK).

Die Leitfragen dieser Arbeit sind: was ist Geoinformatik eigentlich? Welche Inhalte bietet sie? Welche Kriterien müssen diese erfüllen, um für die informatische Bildung von Belang zu sein? Welche Inhalte halten einer Anwendung dieser Kriterien stand? In Kapitel 2 werde ich zunächst die Disziplin Geoinformatik vorstellen, was aus zwei Gründen etwas umfangreicher ausfällt. Während der vergangenen Monate habe ich die Erfahrung gemacht, dass zwar viele Menschen in meinem Umfeld

geoinformatische Systeme wie „Google Earth“ und Navigationssysteme nutzen, von der Disziplin selbst aber nichts wussten. Die häufigste Antwort auch einiger Informatiker war, dass es wohl „etwas mit GPS zu tun“ haben müsse. Das ist zwar richtig und GPS ist oft ein bedeutendes System für geoinformatische Anwendungen, aber diese Disziplin beinhaltet noch sehr viel mehr. Neben den Informationen zum besseren Verständnis soll Kapitel 2 aber auch die Vorarbeit leisten zu einer möglichst breit angelegten Übersicht über potenziell geeignete Unterrichtsinhalte. Dabei wird es sich um eine „Außenansicht“ der Disziplin handeln, in der zunächst verschiedene Bereiche der Geoinformatik identifiziert werden, ohne schon eine schulische Verwendung im Blick zu haben.

Kapitel 3 wird sich anschließend mit Kriterien befassen, die geoinformatische Inhalte erfüllen müssen, um als informatischer Bildungsgegenstand in Frage zu kommen.

In Kapitel 4 wird die breit angelegte Übersicht aus Kapitel 2 in jenen Bereichen verfeinert, die potenziell geeignete Unterrichtsinhalte enthalten könnten. Die Suche nach passenden Inhalten geschieht dann im Anschluss auf der Grundlage dieser Übersicht. Sofern sich vielversprechende Inhalte ergeben, werden zwei von ihnen detaillierter betrachtet und auch Material für die Umsetzung im Unterricht bereitgestellt.

Kapitel 5 zieht schließlich ein Fazit und nennt Möglichkeiten zu vertiefenden Arbeiten.

In dieser Arbeit werde ich aus Gründen der Vereinfachung für „Schülerinnen und Schüler“ die Kurzform „SuS“ benutzen, sowie für „Lehrerinnen und Lehrer“ den Ausdruck „Lehrende“, wobei in jedem Fall explizit beide Geschlechter angesprochen sind.

## 2 Was ist Geoinformatik?

Da zwar viele Menschen mitunter täglich Informatiksysteme benutzen, die ihren Ursprung in der Geoinformatik haben (Google Earth, Routenplaner,...), den Bezug zu diesem Fach jedoch nicht herstellen oder noch nie von der Geoinformatik gehört haben (vgl. Ehlers und Schiewe 2012, S. 2), erscheint es angebracht, diese junge wissenschaftliche Disziplin vorzustellen.

In dieser Arbeit soll untersucht werden, ob die Inhalte der Geoinformatik einen Mehrwert zur Kompetenzförderung im Informatikunterricht bieten. Doch welche Inhalte, Konzepte, Methoden und Werkzeuge bietet die Geoinformatik überhaupt? Eine umfassende Übersicht, die der Disziplin gerecht wird, kann im Kontext dieser Arbeit nicht erstellt werden. Dennoch ist eine Übersicht nötig, auf deren Grundlage die angestrebte Überprüfung stattfinden kann. Der Versuch einer solchen Mindmap mit zuvor ausgewählten Inhalten wird in Kapitel 4 unternommen.

Zunächst jedoch soll die Geoinformatik als junge wissenschaftliche Disziplin vorgestellt werden: Woher sie kommt, womit sie sich (in Forschung und Arbeitswelt) beschäftigt und welche Bedeutung sie für den gesellschaftlichen Alltag besitzt.

### 2.1 Definitionen, Historie, Begriffe

Im deutschsprachigen Raum hat sich die Bezeichnung „Geoinformatik“ inzwischen weitgehend durchgesetzt, es existieren jedoch auch parallel weitere Bezeichnungen wie Geomatik, Geographische Informationswissenschaft oder Geoinformationstechnik (vgl. Ehlers und Schiewe 2012, S. 6). Auf die Vielzahl nationaler und internationaler Bezeichnungen und deren Verhältnis soll später näher eingegangen werden; in dieser Arbeit wird „Geoinformatik“ als gängigster Begriff verwendet, der auch an der Universität Münster gebräuchlich ist (u.a. im Namen des *Instituts für Geoinformatik*).

#### 2.1.1 Definitionen

Bei einer wissenschaftlichen Disziplin in der Phase des Aufbruchs und der Ablösung aus den Herkunftsdisziplinen verwundert es nicht, dass sich neben

unterschiedlichen Bezeichnungen auch die Definitionen über die letzten 20 Jahre immer wieder geändert und erweitert haben.

*Die Geoinformatik setzt sich systematisch mit dem Wesen und der Funktion der Geoinformation, mit ihrer Bereitstellung in Form von Geodaten und mit den darauf aufbauenden Anwendungen auseinander. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse münden in die Technologie der Geoinformationssysteme (GIS). Mit Geoinformation (GI) bezeichnet man alle Arten von Information, die einen mehr oder minder direkten Bezug zu Raum und Zeit haben.*

(Bartelme 2005, S. 1)

Diese Definition wurde auch von Bill für das *Lexikon der Geoinformatik* im Jahr 2001 übernommen und erweitert:

*Die Geoinformatik setzt sich mit dem Wesen und der Funktion der Geoinformation, mit ihrer Bereitstellung in Form von Geodaten und mit den darauf aufbauenden Anwendungen auseinander. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse münden in die Technologie der Geoinformationssysteme (GIS). Allen Anwendungen der Geoinformatik gemeinsam ist der Raumbezug. Ähnlich wie die Bioinformatik, Umweltinformatik, Wirtschaftsinformatik bedient sie sich moderner Informatikkonzepte und bildet diese in den Anwendungsbereichen ab. Die wesentlichen Entwicklungen in der Geoinformatik sind ursprünglich jedoch nicht aus der Informatik, sondern aus Anwendungsdisziplinen wie der Geodäsie, Photogrammetrie, Kartographie und Geographie initiiert.*

(Bill 2001, S. 110)

Eine anders ausgerichtete Definition findet sich in einer Online-Vorlesung von U. Streit (Universität Münster):

*Die Geoinformatik (geoinformation science, geomatics) befaßt sich mit der Entwicklung und Anwendung informatischer Methoden zur Lösung*

*fachspezifischer Probleme in den Geowissenschaften unter besonderer Berücksichtigung des räumlichen Bezugs der Daten; mit Hilfe geoinformatischer Methoden werden aus Geodaten fachbezogene Geoinformationen gewonnen.*

(Streit, Ulrich: Einführung in die Geoinformatik. Institut für Geoinformatik. Online verfügbar unter <http://ifgivor.uni-muenster.de/vorlesungen/Geoinformatik/>, zuletzt geprüft am 03.11.2012)

Später greift Lange verschiedene Definitionsansätze auf und versucht sie in einer neuen, allgemein gehaltenen Definition zu vereinen. Es sollen sowohl die Nähe zur Informatik, als auch das Besondere der Geoinformatik, nämlich die Arbeit mit Geoinformation, hervor gehoben werden. Eine zu einseitige Definition über das Hauptwerkzeug „GIS“ oder gar eine Gleichsetzung von Werkzeug und Wissenschaft lehnt er ab (vgl. Lange 2006, S. 3 f.). Neben der Arbeit mit und der Entwicklung von Geoinformationssystemen (GIS) „sind Fernerkundung und digitale Bildverarbeitung untrennbare Bestandteile der Geoinformatik“ (Lange 2006, S. 3). Zuvor ist schon Ehlers auf die Bedeutung von Fernerkundungsdaten als „aktuelle Informationsquelle in ein GIS“ eingegangen und stellt die Geoinformatik außerdem als „integrierten Gesamtansatz zur Erfassung, Speicherung, Analyse, Modellierung und Präsentation von Geo-Prozessen“ dar (vgl. Ehlers 2000, S. 586 f.).

De Lange definiert:

*Die Geoinformatik widmet sich der Entwicklung und Anwendung von Methoden und Konzepten der Informatik zur Lösung raumbezogener Fragestellungen unter besonderer Berücksichtigung des räumlichen Bezugs von Informationen. Die Geoinformatik beschäftigt sich mit der Erhebung oder Beschaffung, mit der Modellierung, mit der Aufbereitung und vor allem mit der Analyse sowie mit der Präsentation und der Verbreitung von Geodaten.*

(Lange 2006, S. 4)

Die Definitionen von Bartelme und Bill gehen stark auf die Bedeutung der Geoinformationssysteme und deren Anwendung für die Geoinformatik ein, wohingegen Streit und de Lange explizit die Orientierung an der Informatik deutlich machen. Diese Unterschiede lassen sich mit der historischen Entwicklung der Geoinformatik und der Herkunft aus verschiedenen Geowissenschaften (Geographie, Geodäsie, Kartographie und weitere) erklären. Letztere machten sich seit etwa den 1960er Jahren technische Errungenschaften der Informatik für ihre Arbeit mit Geoinformationen zunutze. Das erste lauffähige GIS wurde beispielsweise von kanadischen Forstwissenschaftlern in Auftrag gegeben, als sie nach Möglichkeiten suchten, ihre große Sammlung an Forstkarten digital verfügbar zu machen.

Andere Beispiele für frühe Entwicklungen in diesem Bereich sind:

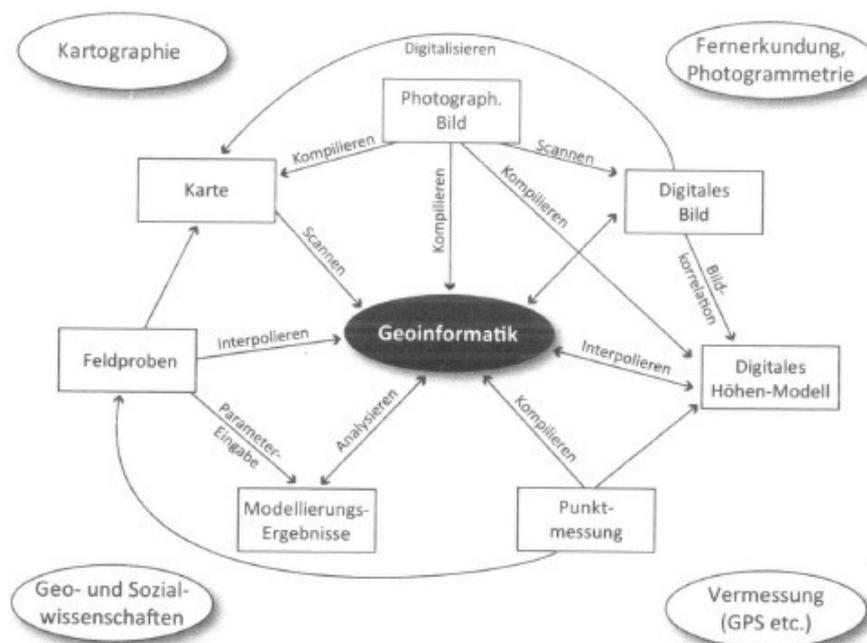
- von Kartographen entwickelte „Algorithmen, um analoge Kartenprinzipien zur Generalisierung in digitale Formate umzusetzen“,
- Geographen, die versuchten, „analoge Überlagerungen von thematischen Inhalten digital zu modellieren“, sowie
- Landvermesser, die „ihre hochentwickelten mechanischen Geräte durch geodätische Software“ ersetzen.

(vgl. Ehlers und Schiewe 2012, S. 1)

Disziplinen, die mit Geoinformationen arbeiteten, suchten nach Möglichkeiten, Hilfsmittel bzw. -systeme zu entwickeln, die ihnen beim Umgang mit diesen Informationen halfen. „Aus den Forschungslaboren, insbesondere in den USA (z.B. *Harvard Graphics Lab*), wurden Entwicklungen angestoßen, die nicht nur die Grundlage für die wissenschaftliche Disziplin Geoinformatik legten, sondern auch für die kommerziell erfolgreiche Entwicklung Geographischer Informationssysteme, deren Siegeszug zunächst nur durch die teure Hardware und extreme Entwicklungskosten in der Software aufgehalten wurde“ (Ehlers und Schiewe 2012, S. 1 f.). Zum Einen wurde also der Grundstein gelegt für die Entwicklung von Technologien, die uns heute – dank leistungsstärkerer Hardware – überall im Alltag begegnen (browsergestützte Routenplaner, digitale Wetterkarten in den Nachrichten, Navigationssysteme, ortsbasierte Apps auf Smartphones usw.). Zum

Anderen begann sich aber auch eine eigene wissenschaftliche Disziplin zu bilden. Im Rückblick fand der technische Fortschritt der Werkzeuge deutlich schneller statt und sorgte dafür, dass „die wissenschaftlichen Entwicklungen hinter der Technik zurücklagen“ (Ehlers und Schiewe 2012, S. 3). Lange Zeit prägten GIS die Entwicklungen in der Geoinformatik, was sich in einigen Definitionen niederschlägt (siehe oben; vgl. Lange 2006, S. 3).

Die folgende Abbildung 2-1 veranschaulicht die zentrale Rolle, die die Geoinformatik bei der Verarbeitung von Geodaten und zwischen den verschiedenen Disziplinen spielt.



**Abb. 1:** Die zentrale Rolle der Geoinformatik in der Integration, Speicherung und Verarbeitung von heterogenen Geodatenquellen (Ehlers und Schiewe 2012, S. 4)

### 2.1.2 Historische Entwicklung

Brassel (1998) beschäftigt sich mit der Entwicklung der GIS seit den frühen 1960er-Jahren aus Sicht der Geographie, indem neben technischen Entwicklungen auch Entwicklungen innerhalb der wissenschaftlichen Disziplin beschrieben werden, die zu einer „Informatisierung“ führten. Hier sollen nur kurz einige Meilensteine dieser Entwicklung und Ausbreitung aufgezählt werden, wobei die Geographie auch stellvertretend für andere Geowissenschaften steht. Als ein Ausgangspunkt kann die sog. „quantitative Revolution“ betrachtet werden. Diese entwickelte sich in den

1950er-Jahren in den USA innerhalb der etablierten Geographie und ging vor allem von jungen Doktoranden aus. Zum ersten Mal wurde verlangt, in der Humangeographie, die eher den Gesellschaftswissenschaften zuzuordnen ist, quantitative Untersuchungen durchzuführen, wozu Methoden aus der Ökonomie und der Psychologie adaptiert wurden. Der Ansatz gewann in den 1960er-Jahren immer mehr an Einfluss und war leicht von der Humangeographie auf die physische Geographie übertragbar, während „entsprechende Techniken [in den reinen Natur- und den Ingenieurwissenschaften] schon früher Eingang gefunden“ (Brassel et al. 1998, S. 44) hatten. Für die Umsetzung der neuen Methoden bediente man sich der zu jener Zeit verfügbaren Computer, wodurch die „Informatisierung“ Einzug in die Geographie hielt. Auf der Ebene von Universitäten und wissenschaftlichen Gesellschaften wurden in den 60er- und 70er- Jahren Studien durchgeführt, sowie verschiedene Labore und Arbeitsgruppen gegründet, die sich mit den modernen, automatisierten Analysemethoden beschäftigten. So konnte bereits 1972 ein erstes Standardwerk für computergestützte Techniken der Raumanalyse erscheinen (vgl. Brassel et al. 1998, S. 44). Kurz darauf erschienen die ersten kommerziellen Computerprogramme, die in den folgenden zwei Jahrzehnten stetig verbessert wurden. Allgemein beschreibt Brassel et al. die 70er- und 80er-Jahre als die Zeit, in der Einzelentwicklungen, bzw. „isolierte Programm- und Applikationsentwicklungen“ überführt wurden in komplexere, integrierte Systeme: die modernen GIS. Betrachtet man „die Periode von 1960 bis ca. 1975 als Pionierphase mit ersten Automatisierungsversuchen und Softwareentwicklungen an den Hochschulen [...], so standen in der Phase zwischen 1975 und 1990 die GIS-Implementationen bei ersten großen Datenanbietern und die Entwicklung erster Generationen von kommerzieller GIS-Software im Vordergrund. Die 90er Jahre bringen dann eine immense Ausweitung der GIS-Nutzung, die Vernetzung von administrativen Systemen und die Herausbildung eines kommerziellen GIS-Dienstleistungssektors, und ab 1995 wird der Ausweitungs- und Integrationsprozeß weiter beschleunigt durch die Ausbreitung der Internettechnologie“ (Brassel et al. 1998, S. 49). In den 14 Jahren seit Erscheinen des Artikels haben sich diese Trends weiter fortgesetzt: das Angebot an kostenloser internetbasierter Software zur Verarbeitung von Geoinformationen ist inzwischen stark angewachsen. Angebote wie etwa „Google Maps“ sind zwar keine GIS im eigentlichen Sinne, haben aber zu

einer starken Verbreitung, Nutzung und Akzeptanz von Geoinformationstechnologien im Allgemeinen geführt.

### 2.1.3 Begriffe

Begrifflich gab es in der Vergangenheit immer wieder Unklarheiten: es wurden die Begriffe *Geoinformatik* und *Geoinformationssystem* oft gleichgesetzt (vgl. Lange 2006, S. 3 und Ehlers und Schiewe 2012, S. 6 f.), obwohl sie – zumindest im deutschsprachigen Raum – unterschiedliches bedeuten. Zu Verwechslungen kam es leicht, da GIS die wichtigsten Werkzeuge der Geoinformatik und somit entsprechend populär sind (vgl. Lange 2006, S. 1). In vielen Anwendungsgebieten kamen und kommen GIS zum Einsatz, während aber die wissenschaftliche Fundierung in der Geoinformatik bis in die 1990er Jahre hinterher hinkte, doch dazu später mehr. Es entstand eine Diskussion „Werkzeug“ vs. „Wissenschaft“ (vgl. Blaschke 2003, S. 97 f.), die jedoch heute – mit aufholender, wissenschaftlicher Fundierung und „wachsender politischer Bedeutung“ – wieder nachzulassen scheint (vgl. Ehlers und Schiewe 2012, S. 6 f.). Auch „stellt die Assoziation 'Geoinformatik / Geoinformation' eine leicht nachzuvollziehende Analogie zu 'Informatik / Information' her: Die Geoinformatik verhält sich zur Geoinformation wie die Informatik zur Information“ (Ehlers und Schiewe 2012, S. 6). Zumindest im deutschsprachigen Raum scheint sich *Geoinformatik* als Bezeichnung für die Disziplin allmählich durchzusetzen, während GIS für die Klasse der Werkzeuge, die *Geo-Informationssysteme*, steht.

International stellt sich die Situation etwas anders dar: hier funktioniert Ehlers' Analogie nicht. Zum Einen, weil im englischsprachigen Raum eher der Begriff *Computer Science* für *Informatik* benutzt wird, zum Anderen, weil die Bezeichnung *Geoinformatics* eher selten gebraucht wird. Verbreiteter sind Begriffe wie *Geomatics*, *Geospatial Engineering*, *Geospatial Science* oder *Geographic Information Science*. Letzterer Begriff – auch abgekürzt mit *GI – Science*, gilt inzwischen als Standard im englischsprachigen Raum (vgl. Ehlers und Schiewe 2012, S. 6).

### 2.1.4 Geoinformatik als Wissenschaft

„So wie die Informatik die Wissenschaft von der systematischen Verarbeitung von Informationen, insbesondere der automatischen Verarbeitung mit Hilfe von Rechenanlagen, darstellt, so ist die Geoinformatik die Wissenschaft von der systematischen Verarbeitung von Geoinformationen, insbesondere der automatischen Verarbeitung mit Hilfe von Rechenanlagen. Sie bildet damit die gesamte Palette der *Ein-gabe (E)*, *Verwaltung (V)*, *Analyse (A)* und *Präsentation (P)* von Geoinformation als 'Computerwissenschaft' ab“ (Ehlers und Schiewe 2012, S. 5).

Seit Ende der 1990er Jahre „gibt es erfolgreiche Bestrebungen, Grundlagen für die neue wissenschaftliche Disziplin Geoinformatik zu entwickeln“ (Ehlers und Schiewe 2012, S. 3), inzwischen gilt die Formierung als eigene Wissenschaft aber als vollzogen. Als Belege dafür können eigene Studiengänge in Geoinformatik, Lehrstühle, Lehrbücher, wissenschaftliche Konferenzen und Tagungen, wissenschaftliche Zeitschriften angesehen werden (vgl. Ehlers und Schiewe 2012, S. 6 f. sowie Lange 2006, S. 1).

Gegenwärtig etabliert sich die Geoinformatik im Wissenschaftsgefüge weiter und es findet weiter „eine Loslösung aus den Herkunftsdisziplinen [statt], eine Entwicklung, die vergleichbar ist mit der Loslösung der Informatik [...] aus der Mathematik in den 1970-er Jahren“ (Ehlers und Schiewe 2012, S. 9).

Aktuelle Entwicklungen und Forschungsfragen in der Geoinformatik lassen sich nach de Lange sehr gut an den Beiträgen zum jährlichen Symposium für Angewandte Geographische Informationsverarbeitung (AGIT) in Salzburg ablesen (vgl. Lange 2006, S. 5). Für das Jahr 2012 sind das die Kapitel:

- Dynamische Modellierung und Simulation,
- Fernerkundung und Bildverarbeitung,
- Freie Geodaten und Open Source,
- Geodateninfrastrukturen,
- Geovisualisierung und kartographische Kommunikation,
- GSM – Global Monitoring of Soil Moisture,
- Mobilität und Verkehr,
- Nachhaltigkeit in Energie, Wasser und Raumplanung,
- Naturgefahren, Katastrophenschutz und Sicherheitsmanagement,

- Naturraum und Landschaft, Klima und Hydrologie,
- Raumplanung und Regionalentwicklung,
- Umweltschutz und Umweltmonitoring

(nach Strobl et al. 2012).

Deutlich zeigt sich hier, dass die Geoinformatik an den aktuellen, großen Themen der Geowissenschaften (und der Gesellschaft allgemein) mitarbeitet: Umweltschutz, Nachhaltigkeit, gestiegene Naturgefahren und Katastrophenschutz. Geowissenschaftler sind bei der Untersuchung von Phänomenen, Entwicklung von Prognosemodellen und Überwachung von Geofaktoren auf Methoden und Werkzeuge der Geoinformatik angewiesen. Auch ein aktuelles Thema aus dem informatischen Bereich taucht hier auf: Freie (Geo)Daten und Open Source.

### **2.1.5 Geoinformatik und Geoinformation im Alltag**

In diesem Abschnitt sollen einige Fälle und Situationen aufgezeigt werden, wo für uns (und explizit für Schülerinnen und Schüler) geoinformatische Inhalte und Systeme im Alltag eine Rolle spielen. Das soll zum Einen allgemein die wachsende Bedeutung der oben vorgestellten Disziplin verdeutlichen, zum Anderen ist der Lebensweltbezug ein wichtiges Kriterium für die Auswahl und Tauglichkeit von Bildungsinhalten<sup>1</sup>. Auf weitere Kriterien wird in einem späteren Kapitel systematisch eingegangen.

Im Alltag haben wir oft mit Geoinformationen und geoinformatischen Systemen zu tun, die von uns nicht immer wahrgenommen werden. Aber auch indirekt betreffen uns geoinformatische Systeme, da sie für Entscheidungsfindungsprozesse u.a. in Ämtern, Verwaltungen oder Versicherungen eingesetzt werden.

Hier möchte ich nur einige Anwendungen auflisten, um die Bedeutung solcher Systeme zu verdeutlichen:

- Morgens hören wir den Wetterbericht im Radio. Die Prognosemodelle werden mit entsprechenden Systemen berechnet, auf der Grundlage von genau verorteten Sensor-Messdaten und Daten aus Geodatenbanken.

---

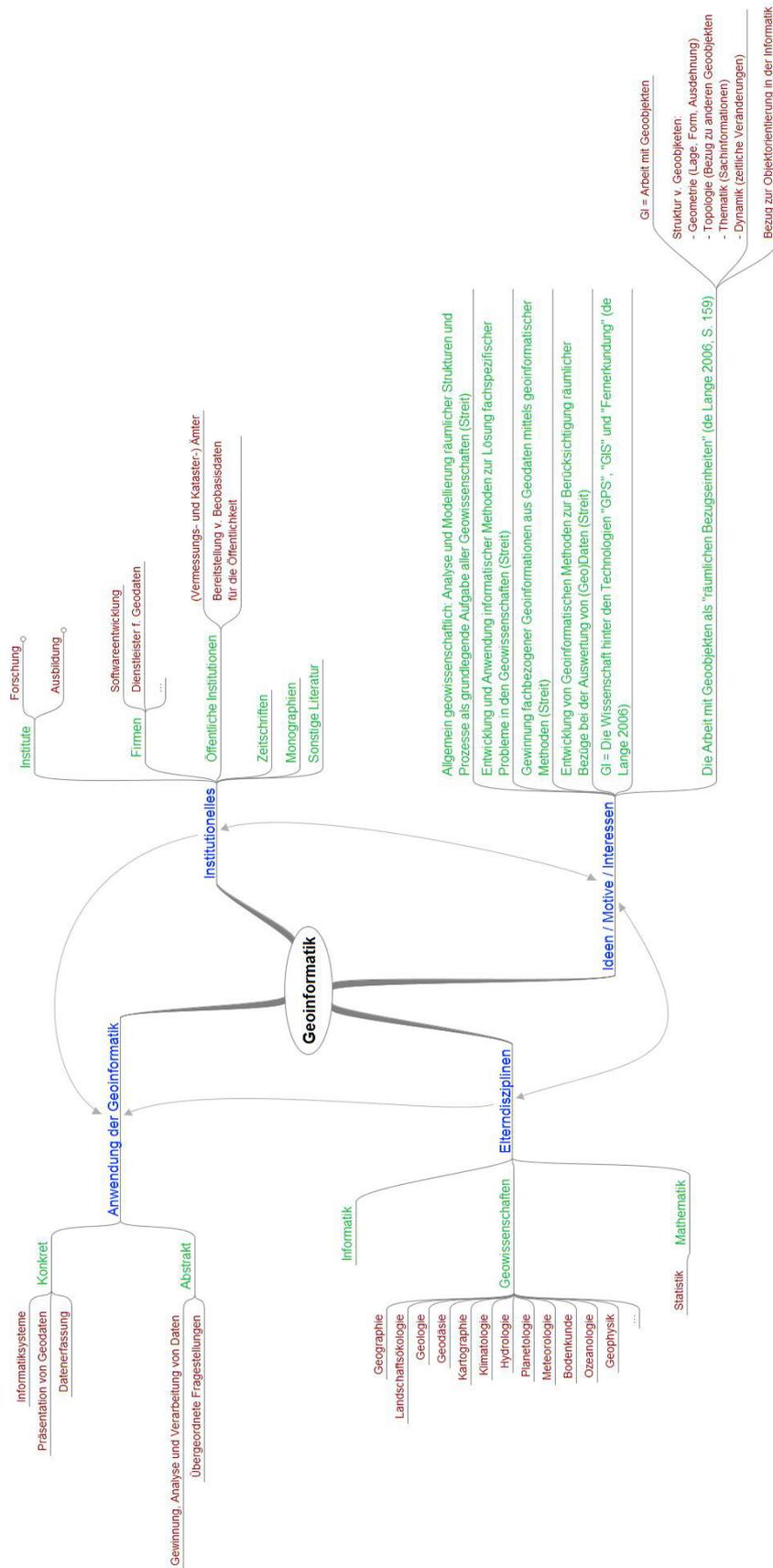
<sup>1</sup> siehe „Sinnkriterium“ der *Fundamentalen Ideen* der Informatik in: Schubert und Schwill 2011, S. 65; weitere Erläuterungen zu den Fundamentalen Ideen folgen in Kapitel 3

- Am Bahnhof hängt ein neuer Zugfahrplan. Die abstrahierte Karte aus bunten Linien wurde automatisch mit einem GIS aus echten Koordinaten erzeugt. Dazu werden Linienverläufe mit speziellen Algorithmen geglättet und zu einer übersichtlichen, kompakten Karten angeordnet.
- Ein Navigationssystem bedient sich in speziellen Geodatenbanken gespeicherter Kartendaten und berechnet möglichst effiziente Routen. Dafür werden bekannte Graphenprobleme behandelt und Wegfindungs-Algorithmen so angepasst, dass sie für die Arbeit im Straßennetz in Echtzeit funktionieren und weitere Daten wie die Verkehrslage einbeziehen.
- „Traditionelle“, gedruckte Karten werden heute ebenfalls mit Hilfe eines GIS erstellt. Das erhöht die Genauigkeit und senkt die Kosten der Kartenerstellung.
- Für Smartphones gibt es viele Apps für sog. „location-based-services“, deren Funktion von der eigenen Position beeinflusst wird. Diese wird per GPS oder Lokalisation im Funknetz ermittelt. Ein Beispiel sind digitale Fremdenführer, die etwa nur die interessanten Punkte in der Umgebung anzeigen.
- In Innenstädten kann an öffentlichen Bildschirmen (z.B. an Telefonzellen) räumlich und zeitlich angepasste Werbung eingeblendet werden, die etwa auf besondere Angebote zu bestimmten Uhrzeiten bei der Gastronomie der Umgebung hinweist.
- Geodatendienste wie etwa „Openstreetmap“ oder „Google Maps“ stellen im Internet kostenlose Karten zur Verfügung. Google bietet auch die Möglichkeit, Satellitenbilder zu betrachten. Eigene Erfahrungen in Unterrichtspraktika in Erdkunde haben gezeigt, dass diese Dienste sogar bei SuS der Jahrgangsstufe fünf sehr prominent sind und regelmäßig genutzt werden.

Abgesehen von den Anwendungsfällen, die uns im Alltag begegnen (können), werden heute in vielen Bereichen Entscheidungen auf der Grundlage von Geodaten und entsprechenden GIS-Analysen getroffen. Bereits in den 1980er-Jahren gab es in Kanada eine Untersuchung, die zu dem Ergebnis kam, dass 80 bis 90 % aller entscheidungsrelevanten Informationen einen Raumbezug besitzen. Beispiele dafür sind die

Immobilienwirtschaft, Funknetzplanung, Fahrzeugnavigation oder die Versicherungswirtschaft, aber auch Standortentscheidungen u.a. im Gewerbe und bei möglichen Absatzmärkten werden auf der Grundlage von Geodaten getroffen (vgl. Ehlers und Schiewe 2012, S. 4). Brassel (1998, S. 44 f.) nennt als Anwendungsgebiete die Raumplanung, Katasterverwaltung, Verkehrsüberwachung, Ressourcenbewirtschaftung und das Geomarketing und als Anwender lokale, regionale und nationale Verwaltungen, internationale Organisationen und die Privatwirtschaft (z.B. Banken, Versicherungen, den Immobilienhandel, usw.).

Die folgende Mindmap ist der Versuch einer Außenansicht der Disziplin „Geoinformatik“. In Kapitel 4 werde ich erneut Bezug darauf nehmen.



**Abb. 2:** Übersicht über die Geoinformatik (Eigene Darstellung nach Inhalten von Ehlers und Schiewe 2012, Lange 2006, Bartelme 2005, Streit)

## 2.2 Geoinformatik in der Schule

### 2.2.1 Status quo

Vor der eigentlichen Studie über die Integration geoinformatischer Inhalte in den Informatikunterricht habe ich untersucht, ob gegebenenfalls schon heute geoinformatische Inhalte in der Schule behandelt werden. Wir haben gesehen, dass sich die Geoinformatik als Brückendisziplin zwischen den Geowissenschaften und der Informatik bewegt. Da erscheint es angebracht, den Fokus auf die Fächer Informatik und Geographie (bzw. Erdkunde) zu legen.

Weder die Bildungsstandards noch die Lehrpläne für das Fach Informatik fordern die Auseinandersetzung mit geoinformatischen Inhalten (vgl. Gesellschaft für Informatik 2008 bzw. Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen 2007). Das ist nicht überraschend, geht es dort doch um eine allgemeine (informatische) Kompetenzförderung und die Geoinformatik stellt zunächst „nur“ ein Anwendungsgebiet dar.

Auch Unterrichtsbeispiele und -entwürfe zu geoinformatischen Themen im Informatikunterricht sind selten. Recherchen im Internet liefern lediglich Treffer zu Seiten, die von geoinformatischen Instituten eingerichtet wurden, etwa das Projekt „GI@School“ des Instituts für Geoinformatik der Uni Münster<sup>2</sup>. Ein weiteres Beispiel sind E-Learning-Angebote der Lehrereinheit Geoinformatik und Vermessung der FH Mainz<sup>3</sup>. Dort gibt es Themen für den Informatikunterricht zu GPS und Shortest-Path-Algorithmen, Geodaten, Dateiformaten aus GIS (Shapefiles) und Standardisierung.

Darüber hinaus existiert eine Arbeit von Grote; 2010), bei der es sich um die Konzeption einer Unterrichtseinheit zu Geodaten handelt. Der Autor argumentiert, dass die angewandten Informatiker (oder „Bindestrich-Informatiker“) sich „informatischer Methoden und Verfahren [bedienen], um ihre speziellen Fragestellungen zu beantworten. Warum sollte also sich die Schulformatik nicht umgekehrt deren Fragestellungen zu Nutze machen, um kerninformatische Inhalte zu transportieren?“ (Grote 2010, S. 6). Grote geht in seiner Arbeit einen Schritt weiter, als ich es hier beabsichtige und legt sein Konzept fächerverbindend zwischen Informatik- und Erdkundeunterricht an. Bei der Arbeit mit der „Google

---

<sup>2</sup> <http://www.gi-at-school.de/>

<sup>3</sup> <http://143.93.114.134//>

Maps API“ und JavaScript sind die (informatischen) Lernziele der besagten Reihe (neben der Förderung verschiedener Kompetenzen der Bildungsstandards):

- die Beschreibung von Geoobjekten in 2D,
- das Modellieren von Geodaten mit Hilfe von Script- und/oder Programmiersprachen, sowie
- das Bewerten der Erkenntnisse aus dem Modellierungsprozess  
(vgl. Grote 2010, S. 24).

Ein Blick in das Archiv der Fachzeitschrift LOG-IN (LOG IN Verlag) zeigt, dass sich auch die dort in den letzten 30 Jahren erschienenen Artikeln nie explizit mit geoinformatischen Themen beschäftigt haben.

Anders verhält es sich für das Fach Geographie; dort fordern die Bildungsstandards im Kapitel zur „Kartenkompetenz“ explizit, dass die SuS „einfache thematische Karten mit WebGIS erstellen“ können (DGfG - Deutsche Gesellschaft für Geographie 2010, S. 18).

Bei einem WebGIS handelt es sich allgemein gesprochen um ein webbrowsersgestütztes System, das Kartenanfragen an einen Webserver schickt, der mit einem Map- oder Geodatenserver verbunden ist. Jede Veränderung des Kartenausschnittes löst eine erneute Kommunikation mit dem Server aus, sodass das System ganz ohne lokal gespeicherte Daten auskommt (Bill 2001, S. 262). Im schulischen Kontext gibt es inzwischen kostenlose WebGIS-Angebote von einer Reihe von Anbietern, darunter Schulbuchverlage und einige Bundesländer. Diese Systeme haben zum Hauptzweck, thematische Karten als Antworten auf bestimmte Fragestellungen zu erzeugen, wobei die Fragestellungen aus dem Erdkundeunterricht stammen. Die Geodatengrundlagen sind dabei meist statisch, eigene Daten können nicht eingepflegt werden. Auch sind die zur Verfügung stehenden Daten oft mehrere Jahre alt, da die Angebote der Verlage und Länder kostenfrei sind, Geodaten in der Anschaffung aber teuer. Ohne zu tief in den Kontext des Erdkundeunterrichtes einzusteigen, möchte ich ein einfaches Beispiel für eine Aufgabenstellung geben, die man mit einem WebGIS bearbeiten kann:

Beim Thema Entwicklungsländer können sich die SuS selbst (soziale) Kriterien überlegen, an denen man ein Entwicklungsland erkennen kann. Das WebGIS des Landes Sachsen<sup>4</sup> bietet dazu eine globale Ansicht aller Staaten der Erde und eine Datenbank mit vielen Geodaten im sozialen und politischen Bereich. Mit Hilfe einfacher Abfragen an diese Datenbank können die SuS nun alle Länder markieren lassen, die alle ihre selbst gefundenen Kriterien erfüllen. Eine Abfrage willkürlicher Kriterien könnte dann (ausformuliert) lauten:

Markiere alle Staaten, die eine durchschnittliche Lebenserwartung von unter 60 Jahren haben, mit einer Analphabetenquote von über 15 % und einer Beschäftigungsquote in der Landwirtschaft von über 50 %. Es wird eine Anfrage an den Geodatenserver geschickt, der als Antwort ein Kartenbild liefert, bei dem die Polygone jener Staaten eingefärbt werden, die die Abfragekriterien erfüllen. Um die Kompetenzforderung der Bildungsstandards zu erfüllen müssen die SuS ein WebGIS nutzen, um einfache thematische Karten zu erstellen. Dazu bieten die WebGIS-Angebote weitergehende Funktionen und manchmal auch die Möglichkeit, erstellte Karten zu speichern.

Abgesehen von dieser Forderung einer Bedienkompetenz eines geoinformatischen Systems finden sich in den Bildungsstandards im Fach Geographie keine weiteren explizit geoinformatischen Inhalte.

Der nordrhein-westfälische Kernlehrplan orientiert sich an den Bildungsstandards und fordert als Methodenkompetenz, dass SuS der Jahrgangsstufen sieben bis neun „[...] Informationen aus Multimedia-Angeboten und aus internetbasierten Geoinformationsdiensten (WebGis oder Geodaten-Viewer)“ (Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen 2007, S. 28) gewinnen können.

Aus eigener Erfahrung durch Praktika und der Mitarbeit als Hilfskraft beim Institut für Geoinformatik der Universität Münster (kurz: *ifgi*) weiß ich, dass besonders jüngere Erdkundelehrer Wert darauf legen, dass die SuS heute Kontakt mit modernen Systemen aus der Geoinformatik bekommen, denen sie im Alltag begegnen. Prominentestes Beispiel ist wohl das GPS, das als satellitengestütztes Positionierungssystem u.a. die Grundlage für die heutigen Navigationssysteme liefert. Im Unterricht lernen die SuS neben der Theorie das System vor allem praktisch kennen: entweder indem sie mit GPS-Geräten und dem Dienst

---

4 <http://webgis.sn.schule.de/website/Erde/viewer.htm>

„openstreetmap.org“ ihre Umgebung kartieren, oder eher spielerisch beim „Geocaching“.

### **2.2.2 Geoinformatik im Informatikunterricht?**

Wie zuvor gesehen haben geoinformatische Inhalte im Informatikunterricht bislang keine große Bedeutung. In diesem Abschnitt soll gezeigt werden, dass es grundsätzlich lohnenswert sein könnte, das zukünftig zu ändern.

Untersuchungen haben in der Vergangenheit gezeigt, dass das Interesse seitens der SuS einen starken Einfluss auf das Lernen hat und es „besser und tiefer“ werden lässt (vgl. dazu Lipski).

Interesse kann dabei von Gegenständen und Themen ausgehen, bei denen die SuS schon Erfolgserlebnisse hatten und von denen sie daher überzeugt sind, sie gut zu können. Bei neuen, kaum mit Bekanntem verwandten Themen ist diese Form der intrinsischen Motivation natürlich schwer zu nutzen. Hier kommt ein weiterer Motivationsfaktor hinzu, nämlich sich in der Schule nicht mit abstrakten Themen zu befassen, sondern mit Gegenständen, die die SuS aus ihrer Lebenswelt kennen. Auch abstrakte Problemlösungsstrategien der Informatik können an konkreten Kontexten anschaulich und motivierend werden, was sich auch das Projekt „Informatik im Kontext“ (kurz: IniK) zu Nutze macht<sup>5</sup>. Die Informatik hat dabei den Vorteil, dass sie ihre Methoden und Konzepte ohnehin häufig in unterschiedlichen Bereichen zur Anwendung bringt, sei es bei der Softwareentwicklung oder der Prozessplanung und -optimierung, der Robotik usw.

Auch die Richtlinien und Lehrpläne Informatik für NRW aus dem Jahr 1999 fordern zumindest für die Sekundarstufe II die Auseinandersetzung mit „überfachlichen Themen“, „Anwendung und Transfer“ oder dem „Lernen im Kontext der Anwendung“.

"Die Schülerinnen und Schüler sollen durch die Auseinandersetzung mit einem Gefüge von Aufgabenfeldern, fachlichen und überfachlichen Themen, Gegenständen, Arbeitsweisen und Lernformen studierfähig werden"  
(Ministerium für Schule und Weiterbildung Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen 1999, S. XI)

---

<sup>5</sup> Veröffentlichungen und weitere Materialien dazu auf [www.Informatik-im-Kontext.de](http://www.Informatik-im-Kontext.de)

„So wichtig es ist, durch systematische fachliche Arbeit fachliche Kompetenz zu fördern, so bedeutsam ist es, die Fachperspektive zu überschreiten“

Lehrplan Sek II, S. XVIII.

"Der Unterricht soll auf **Anwendung und Transfer** der zu erwerbenden Fähigkeiten und Kenntnisse zielen. Transfer ist zu erwarten, wenn die Lerngegenstände mit vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten und authentischen Handlungssituationen verbunden [...] werden. Das heißt für den Unterricht, solche Probleme und Fragestellungen zum Gegenstand zu machen, die Zugriffe aus unterschiedlichen fachlichen Perspektiven erfordern [...]"

(Ministerium für Schule und Weiterbildung Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen 1999, S. XIX)

„Dem Lernen im **Kontext der Anwendung** wird ausreichend Raum gegeben, wenn konkrete Einsatzbereiche der Informatik zum Ausgangspunkt analysierender Betrachtung und die Auswirkungen zur Grundlage kritischer Reflexion gemacht werden.“

(Ministerium für Schule und Weiterbildung Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen 1999, S. 6)

Auch wenn sich die Hinweise und Forderungen der Richtlinien und Lehrpläne hier auf die Sek. II beziehen, können die Argumente doch genau so für die Sek. I gelten, von der Vorbereitung der Studierfähigkeit als Ziel einmal abgesehen. Die Anwendung fachlicher, kerninformatischer Fähigkeiten auf lebensweltliche Probleme vertieft diese Kompetenzen und dient der Motivation der Lernenden, was sich positiv auf die Sicherung und Vernetzung des Gelernten auswirkt.

Was kann die Geoinformatik dazu für den Unterricht beisteuern?

Das Wichtigste ist wohl: sie liefert Möglichkeiten der „Anwendung und des Transfers“, während ihre Interessen, Motive und Methoden nah an denen der Kerninformatik bleiben. Im Grunde sind sie sogar identisch: es geht der Geoinformatik um die Erfassung von Daten und die Verarbeitung von Informationen. Die Modellierung von Prozessen, deren Automatisierung oder Analyse, der Entwicklung von Informatiksystemen zur Lösung bestimmter

Fragestellungen usw. Der Kontext der Anwendung hat an vielen Stellen Bezug zur Lebenswelt der SuS und ist so entweder bekannt oder durch den Bezug zum „realen“ Raum leicht vermittelbar.

Abgesehen davon besitzt die Geoinformatik mit dem Fach Erdkunde weitere Anknüpfungsmöglichkeiten an die Schule. Die Geographie ist ein bedeutendes Anwendungsgebiet, bzw. eine wichtige Quelle für Fragestellungen. Zusammen mit dem Fach Informatik, das die Lösungen für die Problemstellungen liefert, bieten sich geoinformatische Inhalte geradezu an für fächerverbindenden Unterricht und motivierendes, vernetztes Lernen. Im Vergleich zu anderen „Bindestrich-Informatiken“ mit Bezug zu anderen Schulfächern, wie etwa der Bioinformatik, besitzt die Geoinformatik den stärkeren Bezug zur Lebenswelt der SuS aufgrund ihrer prominenten Informatiksysteme und alltäglichen Anwendungen.

### 3 Rahmenbedingungen für geeignete Inhalte

Ziel dieses Kapitels ist es, Kriterien zu sammeln, anhand derer sich geeignete Inhalte für den allgemeinbildenden Informatikunterricht identifizieren lassen.

Wie wir gesehen haben, werden geoinformatische Inhalte derzeit im Informatikunterricht nicht ernsthaft behandelt, eine einfache Orientierung an bestehenden Lehrplänen ist also nicht möglich bzw. unzureichend. Welche anderen Kriterien können für die Auswahl von Bildungsinhalten in der Informatikdidaktik herangezogen werden? Diese Frage wurde in der Fachdidaktik immer wieder bearbeitet und aus einigen dieser Quellen versuche ich, Kriterien für meine Arbeit abzuleiten.

Heute wird gefordert, die bisherige Inputsteuerung der Inhalte zu einer Outputsteuerung zu wandeln (vgl. dazu Klieme 2003 und Gesellschaft für Informatik 2008). In den daraus resultierenden *Bildungsstandards* werden konkrete Kompetenzen vorgegeben, die bei den Lernenden gefördert werden sollen und es wird festgelegt, welchen Fähigkeiten die Lernenden zu einem bestimmten Zeitpunkt erreicht haben sollten. Auf diese Bildungsstandards für das Fach Informatik, die von der Gesellschaft für Informatik entwickelt wurden, gehe ich später genauer ein.

Es stellt sich allgemein die Frage: Wann und wie bietet es sich an, geoinformatische Inhalte im Informatikunterricht zu behandeln? Oder anders formuliert:

#### **Wann liefert ein geoinformatischer Inhalt einen Mehrwert für den Informatikunterricht?**

Antwort: wenn die Lernenden bei der *Auseinandersetzung* mit den entsprechenden Inhalten informatische Kompetenzen entwickeln und stärken. Doch welche Kriterien bestimmen zuverlässig, dass sich ein Inhalt für das Genannte eignet?

Orientierungsmöglichkeiten für eine Antwort finden sich etwa in den *Fundamentalen Ideen* bei Schubert und Schwill (2011), in den oben erwähnten *Bildungsstandards* für das Fach Informatik (Gesellschaft für Informatik 2008) oder im *Informationszentrierten Ansatz* bei Hubwieser (2007).

Für diese Arbeit sollen mir die beiden erstgenannten Quellen helfen, geeignete Kriterien zu gewinnen; sie werden in den Abschnitten 3.2 und 3.3 näher erläutert.

Vor den didaktischen sollten jedoch zunächst ganz pragmatische Kriterien überprüft werden: lässt sich der Gegenstand überhaupt praktisch in der Schule behandeln?

### 3.1 Pragmatische Kriterien zur Vorauswahl von Inhalten

Nicht jeder (geo-)informatische Gegenstand ist dazu geeignet, im Unterricht behandelt zu werden. Manchmal können ganz praktische Gründe dagegen sprechen, auch wenn das Thema an sich exemplarisch, motivierend und anschaulich ist.

Eine weitere Betrachtung eines Inhalts erübrigt sich, wenn:

- der Inhalt (Anwendungsfall oder Informatiksystem) zu speziell ist und / oder keinen ausreichenden Bezug zur Lebenswelt der SuS besitzt;
- die Behandlung des Inhalts zwingend Hard- oder Software erfordert, die zu komplex oder teuer ist;
- der zu untersuchende Gegenstand zu komplex ist und sich nicht sinnvoll auf Schulniveau reduzieren lässt.

### 3.2 Fundamentale Ideen

Bei den *fundamentalen Ideen* einer Wissenschaft handelt es sich um ihre „grundlegenden Prinzipien, Denkweisen und Methoden“ (Schwill 1993, S. 20) oder auch um die „Strukturen der zugrundeliegenden Wissenschaft“ (Schubert und Schwill 2011, S. 59). Eine aktuelle Definition lautet:

Eine *Fundamentale Idee* bzgl. eines Gegenstandsbereiches (Wissenschaft, Teilgebiet) ist ein Denk-, Handlungs-, Beschreibungs- oder Erklärungsschema, das

1. in verschiedenen Gebieten des Bereichs vielfältig anwendbar oder erkennbar ist (*Horizontalkriterium*),
2. auf jedem intellektuellem Niveau aufgezeigt und vermittelt werden kann (*Vertikalkriterium*),
3. zur Annäherung an eine gewisse idealisierte Zielvorstellung dient, die jedoch faktisch möglicherweise unerreichbar ist (*Zielkriterium*),

4. in der historischen Entwicklung des Bereichs deutlich wahrnehmbar ist und längerfristig relevant bleibt (*Zeitkriterium*),
5. einen Bezug zu Sprache und Denken des Alltags und der Lebenswelt besitzt und für das Verständnis des Faches notwendig ist (*Sinnkriterium*).

(Schubert und Schwill 2011, S. 64 f., Hervorhebungen im Original)

Der Zweck der Fundamentalen Ideen in der (Informatik-)Didaktik ist, dem Schulfach ein „Fundamentum“ zu schaffen, auf dem informatische Bildung sinnvoll erteilt werden kann. Das schützt das Fach vor dem ständigen Innovationsdruck der Wissenschaft Informatik mit ihren häufigen Veränderungen (vgl. Schubert und Schwill 2011, S. 54 f.).

Aufgrund der erwähnten großen Schnittmenge von Geo- und Kerninformatik können die Fundamentalen Ideen nützlich sein. Wenn geoinformatische Inhalte Fundamentale Ideen der Informatik beinhalten, handelt es sich aus Sicht der informatischen Bildung um wertvolle Inhalte.

Nach Schubert und Schwill (2011) wird der Transfer eigener Kenntnisse und Fähigkeiten auf neue Probleme insbesondere nach Abschluss der Schul-, Ausbildungs- oder Studienlaufbahn notwendig, wenn gezielt unterstütztes und angeleitetes Lernen kaum noch stattfindet. Dann ist es von Vorteil, wenn mit den Fundamentalen Ideen grundlegende Kenntnisse und Fähigkeiten eines Faches vermittelt wurden, die durch Transfer bisher unbekannte Probleme lösen helfen.

Wann liefert also ein geoinformatischer Inhalt einen Mehrwert für den Informatikunterricht? Wenn er geeignet erscheint, informatische Bildung im Sinne grundlegender Prinzipien der Disziplin zu vermitteln, die sich später auf neue Problemsituationen transferieren lassen.

### 3.3 Bildungsstandards

Neben den fundamentalen Ideen können auch die Kompetenzbereiche der *Grundsätze und Standards für die Informatik in der Schule* (Gesellschaft für Informatik 2008) als Anhaltspunkte dienen. Diese wurden von der Gesellschaft für Informatik analog zu jenen Standards verfasst, die die Kultusministerkonferenz<sup>6</sup> (KMK) für an-

<sup>6</sup> Vollständig: *Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland*

dere Fächer wie Mathematik und Deutsch entwickelt hat. Dabei wurde die vorher übliche Inputorientierung u.a. bezüglich der Lerninhalte durch eine Outputorientierung ersetzt. „Zur Sicherung und Steigerung der Qualität schulischer Arbeit“ (Klieme 2003, S. 9) werden u.a. bestimmte Kompetenzen vorgegeben, die die SuS zu bestimmten Zeitpunkten ihrer Ausbildung erreicht haben sollen<sup>7</sup>. Je nachdem, wie stark sich die konkreten Lehrpläne am Modell der Bildungsstandards orientieren, gewähren sie größere Freiheiten bei der Auswahl von Unterrichtsinhalten.

Für mich sind die Bildungsstandards als Orientierungsrahmen interessant, da sie konkrete Kompetenzen und Kompetenzbereiche formulieren. Inhalte der Geoinformatik lassen sich dann daraufhin überprüfen, ob sie zur Förderung einer oder mehrerer Kompetenzen geeignet erscheinen. Fällt diese Überprüfung positiv aus, dann können die Inhalte als „potenziell für den Informatikunterricht geeignet“ betrachtet werden. Sie stellen damit Alternativen zu etablierteren Themen der (Kern-)Informatik in der informatischen Kompetenzentwicklung dar. Eine Entscheidung für die Behandlung dieser geoinformatischen Themen könnte dann aufgrund von Faktoren wie hoher Aktualität und Schülermotivation erfolgen. Diese Bereiche werden bei der konkreten Überprüfung im folgenden Kapitel ebenfalls eine wichtige Rolle spielen.

Abbildung 3 gibt eine kurze Übersicht über den Aufbau der Bildungsstandards, für die umfassende Übersicht sei an dieser Stelle auf die Literatur verwiesen (Gesellschaft für Informatik 2008).

<b>Prozessbereiche:</b>	<b>Inhaltsbereiche:</b>
<p><b>1. Modellieren und Implementieren</b></p> <p><u>Schülerinnen und Schüler aller Jahrgangsstufen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- erstellen informatische Modelle zu gegebenen Sachverhalten</li> <li>- implementieren Modelle mit geeigneten Werkzeugen</li> </ul>	<p><b>1. Information und Daten</b></p> <p><u>Schülerinnen und Schüler aller Jahrgangsstufen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- verstehen den Zusammenhang von Information und Daten sowie verschiedene Darstellungsformen für Daten,</li> <li>- verstehen Operationen auf Daten und</li> </ul>

<sup>7</sup> In den Standards der KMK werden Regelstandards formuliert, für das Fach Informatik sind es Mindeststandards.

<ul style="list-style-type: none"> <li>- reflektieren Modelle und deren Implementierung</li> </ul>	<p>interpretieren diese in Bezug auf die dargestellte Information,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- führen Operationen auf Daten sachgerecht durch.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>2. Begründen und Bewerten</b></p> <p><u>Schülerinnen und Schüler aller Jahrgangsstufen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- stellen Fragen und äußern Vermutungen über informatische Sachverhalte,</li> <li>- begründen Entscheidungen bei der Nutzung von Informatiksystemen,</li> <li>- wenden Kriterien zur Bewertung informatischer Sachverhalte an.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>2. Algorithmen</b></p> <p><u>Schülerinnen und Schüler aller Jahrgangsstufen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- kennen Algorithmen zum Lösen von Aufgaben und Problemen aus verschiedenen Anwendungsgebieten und lesen und interpretieren gegebene Algorithmen,</li> <li>- entwerfen und realisieren Algorithmen mit den algorithmischen Grundbausteinen und stellen diese geeignet dar</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>3. Strukturieren und Vernetzen</b></p> <p><u>Schülerinnen und Schüler aller Jahrgangsstufen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- strukturieren Sachverhalte durch zweckdienliches Zerlegen und Anordnen,</li> <li>- erkennen und nutzen Verbindungen innerhalb und außerhalb der Informatik.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>3. Sprachen und Automaten</b></p> <p><u>Schülerinnen und Schüler aller Jahrgangsstufen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- nutzen formale Sprachen zur Interaktion mit Informatiksystemen und zum Problemlösen,</li> <li>- analysieren und modellieren Automaten.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>4. Kommunizieren und Kooperieren</b></p> <p><u>Schülerinnen und Schüler aller Jahrgangsstufen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- kommunizieren fachgerecht über informatische Sachverhalte,</li> <li>- kooperieren bei der Lösung informatischer Probleme,</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>4. Informatiksysteme</b></p> <p><u>Schülerinnen und Schüler aller Jahrgangsstufen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- verstehen die Grundlagen des Aufbaus von Informatiksystemen und deren Funktionsweise,</li> <li>- wenden Informatiksysteme</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>- nutzen geeignete Werkzeuge zur Kommunikation und Kooperation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zielgerichtet an,</li> <li>- erschließen sich weitere Informatiksysteme.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>5. Darstellen und Interpretieren</b></p> <p><u>Schülerinnen und Schüler aller Jahrgangsstufen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- interpretieren unterschiedliche Darstellungen von Sachverhalten,</li> <li>- veranschaulichen informatische Sachverhalte,</li> <li>- wählen geeignete Darstellungsformen aus.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>5. Informatik, Mensch und Gesellschaft</b></p> <p><u>Schülerinnen und Schüler aller Jahrgangsstufen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- benennen Wechselwirkungen zwischen Informatiksystemen und ihrer gesellschaftlichen Einbettung,</li> <li>- nehmen Entscheidungsfreiheiten im Umgang mit Informatiksystemen wahr und handeln in Übereinstimmung mit gesellschaftlichen Normen,</li> <li>- reagieren angemessen auf Risiken bei der Nutzung von Informatiksystemen.</li> </ul>

**Abb. 3:** Verkürzte inhaltliche Gliederung der Bildungsstandards Informatik (Gesellschaft für Informatik 2008, S. 11–14)

Ferner werden zwei Anforderungsniveaus bezüglich der Kompetenzen unterschieden und formuliert, für die Jahrgangsstufen 5 bis 7, sowie für die Jahrgangsstufen 8 bis 10. Für die Sek. II wurden bisher keine Standards formuliert.

Für meine Untersuchung orientiere ich mich hauptsächlich an den Standards für die Jahrgangsstufen acht bis zehn, weil mir dieses Anforderungsniveau für die Behandlung geoinformatischer Inhalte sinnvoll erscheint.

Wann liefert also bezüglich der Bildungsstandards Informatik ein geoinformatischer Inhalt einen Mehrwert für den Informatikunterricht? Wenn die Lernenden durch die Beschäftigung mit dem Inhalt informatische Bildung in (möglichst) unterschiedlichen Kompetenzbereichen erhalten.

Ob durch den jeweiligen Gegenstand eine ausreichende oder ausreichend vielfältige Kompetenzförderung vorliegt, muss im Einzelfall entschieden werden. Das wird auch davon abhängig sein, ob der Inhalt zum Thema einer Einzelstunde innerhalb einer Reihe wird, oder selbst eine ganze Reihe füllt. Im letzteren Fall sollten unter-

schiedliche Facetten des Gegenstandes auch unterschiedliche Kompetenzen fördern. Ein Beispiel: Das GPS als bedeutendes Informatiksystem kann innerhalb von einer oder zwei Unterrichtsstunden theoretisch behandelt werden, dabei könnte der Fokus auf dem Inhaltsbereich „Informatiksysteme“ liegen. Eine ganze Reihe oder ein Projekt könnte sich theoretisch mit dem GPS beschäftigen, die SuS selbst Daten sammeln lassen und später algorithmisch verarbeiten. In dem Fall würden neben den „Informatiksystemen“ auch die Bereiche „Information und Daten“, „Modellieren und Implementieren“, „Algorithmen“ und ggf. weitere in verschiedenen Unterrichtsstunden gefördert.

### 3.4 Die Kriterien

#### **Vorauswahl der Inhalte:**

1. Ist der betrachtete Inhalt aus pragmatischen Gesichtspunkten überhaupt durchführbar?

- a) *Inhalt zu speziell? / Lebensweltbezug:*

1. Ist der Inhalt zu speziell geoinformatisch? Ist ein ausreichender Lebensweltbezug vorhanden?

*(Dieses Kriterium greift u.U. einer didaktischen Prüfung etwas vor, da hiernach auch Inhalte ausgeschlossen werden sollen, die von vorneherein vermuten lassen, dass sie inhaltlich ungeeignet sind.)*

- b) *Technik und Kosten:* Sind im schulischen Kontext alle technischen (und ggf. finanziellen) Bedingungen für die Behandlung des Inhaltes erfüllt?
- c) *Komplexität:* Lässt sich der Inhalt sinnvoll auf Schulniveau bearbeiten?

Sofern diese drei Kriterien positiv bewertet werden können, müssen noch 2. **oder** 3. erfüllt werden, um den Inhalt aus didaktischer Sicht zu validieren.

2. Beinhaltet der Gegenstand eine Fundamentale Idee der Informatik?

Und / oder:

3. Hilft der Gegenstand, Kompetenzen der Inhalts- oder Prozessbereiche der Bildungsstandards Informatik bei den Lernenden zu fördern?

## 4 Untersuchung geeigneter Inhalte

Wie in Kapitel 2 gesehen ist die Geoinformatik eine Disziplin, die an den Schnittstellen verschiedener anderer Wissenschaften arbeitet. Von den Geowissenschaften hat sie die „grundlegende Aufgabe“ der „Analyse und Modellierung räumlicher Strukturen und Prozesse (spatial analysis, spatial modelling)“ (Streit, Kapitel 4.1.3) geerbt, die mit Hilfe informatischer Konzepte und Methoden verfolgt wird.

Natürlich sind nicht alle Elemente dieser „Menge“ Geoinformatik auch als Unterrichtsinhalte geeignet. In Abschnitt 4.1 wird das Übersichtsschema aus Kapitel 2 auf jene Bereiche reduziert, die für eine genauere Betrachtung lohnenswert erscheinen. Weiterhin wird die entstehende Mindmap schrittweise verfeinert, um im Idealfall am Ende eine Kollektion von Einzelinhalten zu erhalten.

Im darauf folgenden Abschnitt 4.2 wird die entstandene Kollektion anhand der Kriterien aus Kapitel 3 überprüft. Aufgrund der großen Zahl an Einzelinhalten kann die Untersuchung nicht bis ins letzte Detail gehen. Erreicht werden soll eine Übersicht über die Inhalte, die eine Prüfung der Vorauswahl- und Didaktikkriterien bestanden haben. Wenn möglich versuche ich, Empfehlungen für Klassenstufen oder Anwendungsthemen (etwa für Algorithmen) zu geben. Eine detailliertere Untersuchung wird im Anschluss beispielhaft an zwei ausgewählten Inhalten durchgeführt. Materialien zu beiden Themen, die eine Umsetzung im Unterricht erleichtern, befinden sich im Anhang unter A2.

### 4.1 Eine Übersicht

Die Gesamtübersicht über die Geoinformatik in Kapitel 2 gibt eine stark verkürzte Übersicht über die Disziplin, wie sie sich nach außen hin präsentiert. Für die Behandlung im Unterricht sind nur die „Gegenstände“ interessant, also konkrete Anwendungsprobleme, Problemklassen und deren Lösungen in Form von Systemen oder abstrakter Methoden (wie z.B. Algorithmen).

Diese Überlegung führte zu den folgenden Übersichten zu „Anwendung der Geoinformatik“ (siehe Anhang A1). Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde die Detailansicht auf vier Mindmaps verteilt.

Die Mindmap teilt sich in zwei Bereiche auf: einer ist mit „Konkret“, der andere mit „Abstrakt“ bezeichnet. Damit habe ich versucht, die existierenden Systeme und konkreten Anwendungsbereiche für Geoinformatiker von den systemunabhängigen und übergeordneten Methoden und Fragestellungen zu trennen. In der Realität ist eine derart scharfe Trennung nicht sinnvoll oder sogar unmöglich, beispielsweise wenn Algorithmen zur Lösung einer Problemklasse – hier „Abstrakt“ zugeordnet – in konkreten Systemen Anwendung finden und dort weiterentwickelt werden. Die Trennung dient hier der besseren Übersichtlichkeit und ist das Ergebnis einer mentalen Modellierung dessen, was für mich die Anwendungen der Geoinformatik sind. Eingeflossen sind die Inhalte einiger geoinformatischer Lehrbücher und eigene Erfahrungen mit Informatiksystemen. Auf der einen Seite stehen konkrete Systeme, von denen auch die SuS einige kennen dürften, auf der anderen Seite – grob gesagt – systemübergreifende Probleme und Lösungen. Diese Trennung erschien mir sinnvoll, weil ich in den abstrakten, systemunabhängigen Inhalten die elementaren Inhalte der Geoinformatik vermutete. Im Sinne der Fundamentalen Ideen und der späteren Transferierbarkeit von Problemlösestrategien auf unbekannte Problemstellungen (vgl. Schubert und Schwill 2011, S. 59 f.) vermute ich dort einige geeignete Inhalte.

Der Bereich „Konkret“ liefert dazu Anwendungsfälle oder -systeme, sowie Informatiksysteme wie das GPS.

Vor der Untersuchung möchte ich die Inhalte der Mindmaps vorstellen.

### **Teilbereich „Abstrakt“:**

Dieser Abschnitt umfasst die Punkte „Gewinnung, Analyse und Verarbeitung von Daten“ und „Übergeordnete Fragestellungen“. Letztere wurden dem NCGIA Core Curriculum (Goodchild 1997, Unit 002) entnommen und bezeichnen hauptsächlich Forschungsthemen und Fragen der Entwicklung und Bewertung von Produkten und Systemen. Diese bieten sich für eine Verwendung im Unterricht nicht an.

Im zweiten Bereich sind allgemeine Methoden und Problemstellungen zusammengefasst. Die Gewinnung, Verarbeitung und Analyse von (Geo)Daten stellt sicher den größten Arbeitsbereich für Geoinformatiker da, sofern mit „Analyse“ auch die Beantwortung einer vorhergegangenen Fragestellung gemeint ist. Die folgende Tabelle erklärt kurz die Unterpunkte „Datengewinnung“, „Strukturierung,

Analyse und Speicherung von Geodaten“, „Interoperabilität“ und „Transformation von Koordinaten [...]“.

<i>Datengewinnung:</i>	Unter „Datengewinnung“ sollen an dieser Stelle allgemeine Methoden der Datengewinnung und deren Optimierung verstanden werden. Das beinhaltet die Nutzung von Systemen für die primäre Datensammlung und die Digitalisierung analoger Daten. Gesammelte Fernerkundungs- oder Vermessungsdaten müssen verarbeitet, ggf. konvertiert, gespeichert und aufbereitet werden. Eine umfangreichere Liste üblicher Erfassungssystemen findet sich im Bereich „Konkret“.
<i>Strukturierung und Speicherung von Geodaten:</i>	Die „Strukturierung, Analyse und Speicherung von Geodaten“ ist ein wichtiger Bereich in der Geoinformatik. Aufgrund der besonderen Natur von Geodaten (gemeint ist ihre Referenzierung in Koordinatensystemen) sind für deren effektive Speicherung erweiterte Datenbanksysteme vonnöten. Der wichtigste Punkt ist hier aber sicherlich die Modellierung der Geodaten. Darunter fasse ich in der Mindmap etwa Verfahren zur Interpolation fehlender Daten, zur Linienglättung, zur Klassifikation von Werten oder – auf der Metaebene – Untersuchungen zu den Grenzen der Modellierbarkeit.
<i>Interoperabilität:</i>	Dieser Abschnitt betrifft hauptsächlich die Normung und Standardisierung von Geodaten und die Grenzen effektiver Kompatibilität.

*Transformation von Koordinaten [...]:* Die Transformation von Koordinaten zwischen verschiedenen Systemen spielt in der Geoinformatik eine große Rolle. Sie ließe sich zum Teil der „Modellbildung / Abstraktion“ zuordnen, stellt hier aber einen eigenen Punkt dar. Aufgeführt sind hier nur die wichtigsten Transformationsmethoden(-klassen). Bedeutsam ist dieser Punkt, da auf der Erde ganz unterschiedliche Koordinatensysteme eingesetzt werden. Allen Geodaten und -objekten ist gemein, dass sie eine Verortung besitzen. Das geschieht jedoch nicht immer im gleichen Koordinatensystem, so liegen Daten der Ämter oft als Gauss-Krüger-Koordinaten vor, das GPS wiederum speichert seine Daten im WGS84-System. Lagedaten müssen sich verlustfrei und reversibel von einem System in ein anderes transformieren lassen.

### **Teilbereich „Konkret“:**

Diesem Bereich habe ich alle konkreten Systeme und Anwendungsfälle zugeordnet, beispielsweise die Klasse der GIS und einige ihrer Einsatzgebiete, sowie Datenerfassungsmethoden und Systeme zur Darstellung von Geodaten.

In vielen Fällen sind dies Anwendungsgebiete für Methoden und Verfahren aus dem „abstrakten“ Bereich; so kommen etwa in allen umfangreicheren GIS die genannten Modellierungs-, Abstraktions- und Analyseverfahren vor. Verfahren zur Linienglättung oder die Transformationen zwischen Koordinatensystemen stellen in Anwendungsfällen Teilprobleme dar, die die GIS lösen müssen. Ebenso spielen Geodatenbanken im Hintergrund vieler Anwendungen eine wichtige Rolle .

Die „Präsentation von Geodaten“ steht in der Übersicht auf einer Höhe mit den „Informatiksystemen“, was inhaltlich nicht ganz korrekt ist. Die Präsentation der Ergebnisse nach der Verarbeitung der (Geo)Daten ist ebenfalls Aufgabe eines GIS oder anderer Systeme. Diesem Punkt kommt jedoch eine besondere Bedeutung zu, da die Formen der Präsentationen vielfältig und für Nicht-Geoinformatiker (als Nutzer von Diensten) von besonderem Interesse sind. Die Wirkung von bestimmten

Formen der Darstellung auf die Nutzer / Betrachter ist sogar ein Forschungsgegenstand an geoinformatischen Instituten.

## 4.2 Welche Inhalte sind geeignet?

### Teilbereich „Abstrakt“:

<b>Abstrakt</b>				
<b>Gewinnung, Analyse und Verarbeitung v. Daten</b>				<b>Übergeordnete Fragen</b>
<u>Daten-</u> <u>gewinnung</u>	<u>Strukturierung u.</u> <u>Speicherung v.</u> <u>Geodaten</u>	<u>Interoperabilität</u>  <i>Für den Unterricht irrelevant.</i>	<u>Transformation</u> <u>v.</u> <u>Koordinaten ...</u>	<i>Für den Unterricht irrelevant.</i>

### Datengewinnung:

Dieser Unterpunkt betrifft Methoden der Auswertung von Primärdaten (Photogrammetrie und Fernerkundung bzw. Bildinterpretation, vgl. dazu Bill 2010, S. 278 f.) und die sekundäre Datenerfassung im Sinne der Digitalisierung analoger Datenbestände.

Ein *Lebensweltbezug* ist bei manueller Digitalisierung und algorithmischer Luftbilddauswertung nur bedingt gegeben. Die Interpretation von Fernerkundungsdaten erfordert Kenntnisse der Photogrammetrie (vgl. Bill 2010, S. 278) und so wird dem *Komplexitätskriterium* widersprochen.

Das Thema „Datengewinnung“ als bloße Nutzung von Sensorsystemen bleibt davon zunächst einmal unberührt, dazu folgt später ein eigener Abschnitt.

### Strukturierung, Analyse und Speicherung von Geodaten:

Die Punkt beinhaltet die Unterpunkte „Modellbildung / Abstraktion“, „Datenbanken“ und „Datenanalysemethoden“.

### „Modellbildung / Abstraktion“:

Dieser Bereich beinhaltet einige typische Verfahren zur Verarbeitung raumbezogener Daten insbesondere in GIS. Für den Informatikunterricht könnten sie interessant sein, da hier informatische Verfahren im Mittelpunkt stehen und auf Mengen von Daten angewendet werden.

### *Grenzen der Modellbildung:*

Die *Grenzen der Modellbildung* im geoinformatischen Kontext sind für den Informatikunterricht zu spezielle Probleme.

### *Sampling und Verarbeitung d. Stichprobendaten:*

Beim *Sampling* handelt es sich nach Ehlers und Schiewe (2012, S. 18) um die „Sammlung und Speicherung“ von „ausgewählten raumbezogenen Stichprobendaten“ mit „sinnvolle[r] räumlicher Verteilung“. In der Übersicht sind diesem Punkt noch Verfahren zur Weiterverarbeitung der Stichprobendaten zugeordnet, womit sich eine leichte Überschneidung mit dem Punkt „Analyse“ ergibt. Die erwähnten Verfahren sind die räumliche Mittelbildung, räumliche Abgrenzung, räumliche Übertragung und die räumliche Interpolation.

Bei diesen Verfahren geht es um Verhältnisse von in der Regel punktbezogenen (Mess)Daten zu den sie umgebenden Flächen. Zur Analyse werden Methoden der algorithmischen Koordinatengeometrie und der Statistik benutzt. Mit der Zeit haben sich verschiedene Verfahren und Algorithmen für bestimmte Probleme entwickelt, die sich in Effizienz und Komplexität unterscheiden und die ich nicht alle aufzählen und untersuchen kann. Viele dieser elementaren Funktionen, die ein GIS beherrschen muss, sind bei Bill (2010, ab S. 443) beschrieben und für den Einsatz in der Schule zu komplex oder beschränken sich nach meiner Einschätzung auf den Einsatz in Leistungskursen. Hinzu kommt, dass eine Entwicklungsumgebung genutzt werden muss, die eine graphische Ausgabe besitzt um die realen Koordinaten zu repräsentieren. In der detaillierten Darstellung der beiden ausgewählten Inhalte werde ich dazu später zwei schultaugliche Systeme vorstellen. Eine einfache Transformation der realen Koordinaten in „Pixelkoordinaten“ ist trotzdem immer nötig, wobei der dafür nötige Algorithmus auch vom Lehrenden vorgegeben werden kann (siehe dazu unten „Transformation v. Koordinaten...“ als eigenen Inhalt).

Der Bezug zur Lebenswelt der SuS hängt natürlich vom Anwendungsproblem ab, Beispiele wären die Interpolation von Temperaturdaten von einigen Wetterstationen in die Fläche oder die Darstellung von Boden-pH-Werten. Der Lebensweltbezug ergibt sich aus fachübergreifenden bzw. fächerverbindenden Fragestellungen mit den Fächern Erdkunde oder Biologie. Es lassen sich also Fragestellungen mit Bezug zur Lebenswelt der SuS finden, sowie Methoden, die sich von ihrer Komplexität auf ein angemessenes Niveau reduzieren lassen und es gibt (mit einigen Zugeständnissen) kostenlose Systeme für die Implementierung.

Für die Abschätzung des Bildungsgehaltes möchte ich als Beispiel erneut die räumliche Interpolation herausgreifen. Hier gibt es verschiedene geostatistische und mathematische Verfahren, von denen der „Inverse-Distance-Weighting-Algorithmus“ (kurz: IDW-Algorithmus) ein gutes Mittel zwischen Komplexität und verlässlichen Werten darstellt. Ziel des Algorithmus ist die Interpolation fehlender Messwerte durch Mittelwertbildung, wobei der Einfluss eines Stützpunktes mit wachsender Entfernung abnehmen soll. Daher die Gewichtung nach inverser Entfernung. Das Beispiel einer Temperaturkarte hatte ich schon erwähnt, die Darstellung der Luftqualität wäre eine weitere Möglichkeit. Diese Werte können nicht an jedem Punkt des Untersuchungsgebietes gemessen werden, die fehlenden Werte müssen aus einer Menge von Stützpunkten sinnvoll interpoliert werden. Der Raumbezug spielt selbstverständlich auch hier eine große Rolle, daher müssen für alle Messpunkte die genauen Koordinaten vorliegen, was heute dank GPS einfach ist. Die Probleme, die sich für den Unterricht bzw. die SuS ergeben, sind: wie kann ich die GPS-Koordinaten auf dem Bildschirm in meiner Programmierumgebung darstellen? Wie implementiere ich den IDW-Algorithmus? Wie stelle ich die Ergebnisse sinnvoll dar (Klassifizierung und entsprechende Einfärbung)? All das sind algorithmische Probleme, die nicht in einigen wenigen Unterrichtsstunden zu lösen sind und sich für eine Gruppenarbeit anbieten. Eine Kompetenzförderung der SuS geschieht damit hauptsächlich in den Bereichen „Algorithmen“ und „Kommunizieren und Kooperieren“.

Eine sinnvolle Anwendung vorausgesetzt, eignen sich einige der (weniger komplexen) Verfahren des Punkte „Sampling“ durchaus für den Unterricht.

*Verschiedene Konzepte und Kombinationen:*

Hierbei handelt es sich um unterschiedliche Konzepte zur Repräsentation von Geoinformation bzw. Geoobjekten in GIS. Oft kommen verschiedene Formen je nach Art der Daten parallel vor (vgl. dazu u.a. Streit, Kapitel 4 und Bill 2010, Kapitel 1). Für die Geoinformatik ist dieser Themenbereich elementar, für die Schule ist sein Wert nicht so einfach zu bestimmen. Bei Rastern und Vektoren gibt es viele Parallelen zur Computergrafik, der objektbasierte Ansatz ist ohnehin überall in der Informatik vertreten. Geoinformatische Layer und Felder sind thematisch sehr speziell, eine Verwendung in der Schule sehe ich nur, wenn die Repräsentation von Geodaten in Informatiksystemen selbst zum Thema gemacht wird. Eine Behandlung von Rastern und Vektoren empfehle ich eher im rein grafischen Kontext, ohne eine weitere Überlagerung von räumlichen oder thematischen Daten.

*Linienglättung und -ausdünnung:*

Hierbei handelt es sich um unterschiedliche Verfahren zur Abstraktion / Vereinfachung von Linien und Kurven (vgl. Bill 2010, S. 307–310). Die manuelle Löschung von unbedeutenden Linienabschnitten ist kein informatisch relevantes Problem, die algorithmische Ausdünnung hingegen schon. Die Arbeit mit Splines und kubischen Polynomen in Approximationsverfahren ist für die Behandlung im Unterricht zu komplex, einzig einige Verfahren zur geometrischen Vereinfachung könnten auf ein angemessenes Niveau reduziert werden. Es existieren hier verschiedene Verfahren, bei denen die Effizienz tatsächlich umgekehrt proportional zur Komplexität zu sein scheint. Der populäre „Douglas-Peucker-Algorithmus“, der nach dem Divide-and-Conquer-Verfahren vorgeht, ist effizient und anschaulich, aber im Hinblick auf die algorithmische Koordinatengeometrie schwer zu implementieren. Ein sehr einfacher Vertreter ist die „n-ter-Punkt-Methode“, die wiederum nur schlechte Ergebnisse liefert. Sie entfernt unkritisch einfach jeden n-ten Punkt der Folge und löscht so u.U. auch für den Streckenverlauf wichtige Punkte. Dafür kann dieses Verfahren jedoch gut im Unterricht benutzt werden.

Das Problem schultaugliche Systeme zu finden ist das gleiche wie beim Thema „Sampling“ und kann ebenso mit Zugeständnissen gelöst werden.

Im Alltag begegnen die SuS derart geglätteten Streckenverläufen etwa bei Fahrplänen im ÖPNV oder bei der Betrachtung von Straßenkarten. Die SuS könnten

selbst GPS-Tracks aufzeichnen und Verfahren implementieren, um diese zu glätten. Wie oben erwähnt, halte ich die Arbeit auf selbst aufgezeichneten Daten für sehr motivierend.

Der Bildungsgehalt liegt auch bei diesen Verfahren erneut hauptsächlich im Bereich der Algorithmik, sie eignen sich dafür aber in besonderem Maße. Der Algorithmus kann so implementiert werden, dass jeder Schritt bei der Verarbeitung eines GPS-Tracks genau verfolgt werden kann. Sollte sich so etwa mit Hilfe von Vorgaben durch den Lehrenden der Douglas-Peucker-Algorithmus implementieren lassen, wäre das eine sehr gute Möglichkeit, das Divide-and-Conquer-Verfahren Schritt-für-Schritt zu veranschaulichen.

#### „Datenbanken“:

Datenbanken spielen bei informatischen Lösungen oft eine wichtige Rolle und haben auch im Informatikunterricht ihre Berechtigung (vgl. u.a. Gesellschaft für Informatik 2008, S. 19). Die Behandlung umfangreicher Datenbanken für Geodaten, die den Datenbestand um geometrische und ggf. topologische Daten erweitern, macht das Thema deutlich komplexer. In der Schule empfehle ich den Einsatz nur in starken Lerngruppen zur Vertiefung und Anwendung des „üblichen“ Inhaltes. Oder alternativ in geoinformatischen Projekten, bei denen Geodatenbanken praktisch und theoretisch eingebunden werden können.

#### „Datenanalysemethoden“:

Dieser Bereich umfasst u.a. geometrische, topologische und statistische Verfahren zur Analyse raumbezogener Daten.

Geometrische Methoden meinen hier speziell die schon oben erwähnte algorithmische Koordinatengeometrie (vgl. Bill 2010, S. 443 f.). Eine Behandlung ohne konkreten Kontext ergibt für den Unterricht keinen Sinn und wäre nicht anschaulich genug. Bei diesen Methoden handelt es sich vielmehr um Werkzeuge zur Beantwortung von „geometrischen“ Fragestellungen, die besonders für SuS einen konkreten Bezug zur Realität aufweisen sollten. Eine Behandlung dieser Methoden „an sich“ erübrigt sich für den Unterricht. Sie kommen aber vor, wenn Probleme, wie oben unter „Sampling“ erwähnt, behandelt werden.

Die topologischen Methoden umfassen nach Bill hauptsächlich *Netzwerkanalysen und Wegeprobleme* (vgl. Bill 2010, S. 478–483). Diese haben die drei wesentlichen Untergruppen: „Kürzester Weg“, „Bester Standort“ und „Rundreiseproblem“ (Travelling Salesman Problem). Das erste und dritte Problem sind klassische, kerninformatische Probleme, in der Geoinformatik kommen sie u.a. in GIS (Analysefunktionalitäten bei „überwiegend linienhaften Phänomenen“), Navigationssystemen und Routenplanern vor. Ein Lebensweltbezug ist mit den beiden zuletzt Genannten gegeben, jedoch ist die Komplexität nicht zu unterschätzen. Im Unterricht wäre eine Behandlung von Kürzeste-Wege-Algorithmen in der Sek. II denkbar, etwa des „Algorithmus von Dijkstra“ (vgl. Bill 2010, S. 478). Das Rundreiseproblem könnte bei starken Lerngruppen der nächste Schritt sein, setzt aber die Verfügbarkeit von schultauglichen Systemen zur Visualisierung von Graphen voraus. Alles in Allem ist ein Einsatz in der Schule also von einigen Vorbedingungen abhängig. Wenn sich die Gelegenheit aber ergibt, können so wichtige informatische Probleme in motivierenden Kontexten (Navigation, Computerspiele) behandelt werden.

Auch dieser Lerngegenstand ließe sich hauptsächlich im Kompetenzbereich der Algorithmen einordnen.

Statistische Verfahren (vgl. Bill 2010, S. 483–523) sind besonders für eine Standortplanung nützlich, aber trotz anschaulicher Kontexte für die Schule zu komplex.

#### **Interoperabilität:**

Dieser Punkt betrifft die Normung, Standardisierung und Kompatibilität von Geodaten und verarbeitender Systeme und ist für den Unterricht nicht relevant.

#### **Transformation v. Koordinaten aus einem System in ein anderes:**

Dieser Themenbereich beinhaltet Verfahren für die Transformation von Koordinaten zwischen verschiedenen Koordinatensystemen. Das betrifft sowohl die Transformation von Koordinaten zwischen kartographischen Bezugssystemen, als auch zwischen kartographischen Koordinaten und Bildschirmkoordinaten.

Die mathematisch-kartographischen Hintergründe sind inhaltlich speziell und für sich kaum ein geeigneter informatischer Gegenstand. Die systematische, reversible

und verlustfreie Transformation hingegen stellt ein informatisches Problem dar, ist aber im Unterricht ohne ausreichendes Hintergrundwissen von den SuS nicht lösbar. Im Gegensatz dazu ist die Transformation von kartographischen Koordinaten zu Pixelkoordinaten auf dem Bildschirm überschaubar (etwa von GPS-Koordinaten oder -Tracks), sofern es nicht auf vollkommene Exaktheit der späteren Darstellung ankommt.

Implementierbar sind entsprechende Algorithmen in allen Systemen, die eine graphische Ausgabe besitzen, bei der die Pixel einzeln über Koordinaten angesprochen werden können. Sinnvoll ist auch der Zugriff auf Dateien, damit ein GPS-Track, den die SuS aufgezeichnet haben, automatisch eingelesen werden kann. Derartige Systeme sind z.B. die schon erwähnten Programme „Panther“ und „Processing“.

Ein Einsatz dieses Themenbereiches in der Schule wäre also im oben geschilderten, „kleinen“ Rahmen möglich. Der Bildungsgehalt läge wieder einmal in der Algorithmik, aber auch im Bereich „Informatiksysteme“. Die SuS entwickeln so ein Verständnis für die Probleme, die bei alle Koordinatentransformationen entstehen, sei es bei der Arbeit mit GPS-Koordinaten, oder der Skalierung von Bildschirmdarstellungen.

### **Zwischenfazit**

Viele Analysemethoden, die auch den Kern eines GIS ausmachen, sind auf algorithmische Koordinatengeometrie (vgl. Bill 2010, S. 443–474) zurück zu führen (Punkt-im-Polygon-Test, Abstände, Flächen- und Körperberechnungen usw.). Viele dieser Verfahren sind für die Schule zu komplex, es existieren aber auch einige einfachere Verfahren, die durchaus angewendet werden können. Dann profitiert der Unterricht stark von der Motivation, mit eigenen Daten an der Lösung nachvollziehbarer (weil real-weltlicher) Probleme zu arbeiten. Bezogen auf die Kompetenzbereiche der Bildungsstandards fördert eine Beschäftigung der SuS mit den vorgestellten Inhalten in erster Linie Kompetenzen im Bereich „Algorithmik“. Da alle Inhalte aus diesem Bereich aber in einen konkreten Kontext eingeordnet werden sollten, um motivierend zu sein, werden sich die SuS in der Praxis nie alleine mit den Algorithmen beschäftigen. Die Kontexte und die damit verbundenen

weiteren Aufgaben fördern weitere Kompetenzen. Genauer dazu folgt in Abschnitt 4.3.

Welche Themen bleiben für eine Behandlung im Unterricht interessant?

1. Der große Bereich der algorithmischen Koordinatengeometrie als geometrische Analysemethoden, zur Lösung übergeordneter Anwendungsprobleme (etwa in der räumlichen Interpolation). Elementare Verfahren wie die einfache Abstandsbestimmung zweier Punkte sind oft Teilprobleme übergeordneter Probleme.
2. Besagte Übergeordnete Fragen, wie die räumliche Interpolation, Mittelbildung, Abgrenzung und Übertragung, sofern die Komplexität auf Schulniveau bleibt. Als Beispiel ist hier der Inverse-Distance-Weighting-Algorithmus zu nennen.
3. Einfache Verfahren zur Linienglättung, wie die „n-ter-Punkt“-Methode; komplexere Verfahren können ggf. in der Sek. II behandelt werden.
4. Die Wegfindung / Kürzeste-Wege-Probleme, wie der Algorithmus von Dijkstra, sind Inhalte für die Sek. II.
5. Transformationen von 2D-GPS-Koordinaten in Bildschirmkoordinaten. Dieses Problem tritt immer auf, wenn auf Computern realweltliche Koordinaten dargestellt werden sollen.

**Teilbereich „Konkret“:**

<b>Konkret</b>		
<b>Informatiksysteme</b>	<b>Präsentation v. Geodaten</b>	<b>Datenerfassung</b>

**Informatiksysteme:**

Dieser Bereich gliedert sich in die Punkte „GIS“ und „Echtzeitsysteme“. Die Klasse der GIS beinhaltet wohl die für die Geoinformatik wichtigsten Informatiksysteme zur Beantwortung der meisten geowissenschaftlichen Fragestellungen. Es handelt sich dabei um sehr komplexe Systeme, die sowohl speziell auf ein

Anwendungsgebiet, als auch auf die Beantwortung allgemeiner geowissenschaftlicher Fragen zugeschnitten sein können.

Als Werkzeuge haben sie für den Informatikunterricht wenig Relevanz, da sie auf geowissenschaftliche Anwendungen ausgelegt sind. Für eine Analyse hingegen sind sie zu komplex, es sei denn, man beschränkt sich auf einzelne Funktionen. Diese sind im Bereich „Abstrakt“ schon besprochen worden.

Echtzeitsysteme hingegen haben interessante Aspekte zu bieten: für die Schule lassen sich größere Systeme wie ein Tsunami-Warnsystem durchaus vereinfachen und Hardwarekomponenten in Software modellieren. Einen stärkeren Bezug zur Lebenswelt haben Navigationssysteme, an deren Beispiel man die Funktion des GPS und – je nach Lerngruppe – Wegfindungsalgorithmen besprechen kann. Gemäß der Definition (vgl. Schubert und Schwill 2004, S. 5 f.) gehören zu einem Informatiksystem auch dessen „Auswirkungen und Folgen des Einsatzes“. Im Zusammenhang mit den sich immer weiter verbreitenden Navigationssystemen ist auch das ein lohnender Untersuchungsgegenstand.

Der Bildungsgehalt bei der Behandlung der bisher besprochenen (Geo)Informatiksysteme liegt also hauptsächlich im Inhaltsbereich „Informatiksysteme“ der Bildungsstandards. Zur Analyse eines solchen ist zudem eine Modellierung (Prozessbereich „Modellieren und Implementieren“) nötig, sowie Kompetenzen im Prozessbereich „Begründen und Bewerten“ zur Abschätzung der Folgen und Auswirkungen für die Gesellschaft.

Ein Parkleitsystem oder ein Traffic-Scheduling-System hingegen ist zustandsgesteuert und zeigt Hinweise in Abhängigkeit der Auslastung von Parkplätzen und Verkehrswegen an. Diese aus den Städten bekannten Systeme können als Anwendungsfälle für Petri-Netze oder Endliche Automaten dienen und im Kleinen selbst nachgebaut werden, sowohl ausschließlich an Rechnern, als auch mit Hardware z.B. mit dem Lego Mindstorm – System oder Arduino.

Hier läge der Mehrwert für den Informatikunterricht dann in der größeren Anschaulichkeit der Anwendung (beispielsweise Petri-Netze zur Modellierung einer Verkehrssteuerung bekannter Straßenabschnitte vs. der Modellierung abstrakter Produktionsprozesse in fiktiven Fabriken). Hier dienen die geoinformatischen

Inhalte dann „nur“ als anschauliche Anwendungsfälle für gesetzte kerninformatische Inhalte.

Eine weitere Möglichkeit für den Einsatz von Echtzeitsystemen im Unterricht sind sog. „location-based-services“. Diese liegen zumeist in Form von Applikationen für Smartphones vor und nutzen die aktuelle Position des Telefons für angepasste Funktionen. Mit dem webbasierten „App Inventor“<sup>8</sup>, der ähnlich wie Scratch eine graphische Programmierumgebung hat, können SuS selbst Programme für Android-Mobiltelefone schreiben. In diesem Zusammenhang sollten unbedingt heute verfügbare Applikationen, die die aktuelle Position nutzen, als Informatiksysteme analysiert werden. Derartige Systeme bergen die Gefahr der Überwachung der Nutzer, weil die aktuelle Position durch die oft aktivierte Internetverbindung unbemerkt überwacht werden kann. Ich halte eine Sensibilisierung für dieses Thema bei den SuS für sehr wichtig.

Überdies können mit dem „App Inventor“ Inhalte aus dem Bereich „Abstrakt“ für Mobiltelefone implementiert werden, so dass aufgezeichnete GPS-Positionsdaten direkt verarbeitet werden können. Auch könnten weitere Funktionen des Smartphones einbezogen werden, wie etwa die Kamera. Auf diese Weise können die SuS bewusst Geoobjekte erzeugen, indem sie Informationen wie Fotos oder Notizen gemeinsam mit einer Verortung mittels GPS-Koordinaten aufzeichnen und diese dann in Applikationen weiter verwenden.

#### **Präsentation v. Geodaten:**

Diesem Bereich sind hauptsächlich jene Systeme zugeordnet, deren Hauptzweck die Darstellung von Geoinformation ist. Etwa „Google Earth“, „Worldwind“ der NASA oder digitale Stadtpläne im Internet. Außerdem konkrete Anwendungsfälle, in denen Geoinformationen in der Öffentlichkeit präsentiert werden, wie bei Wetterberichten oder digitale Karteneinblendungen in den Nachrichten.

Für den Informatikunterricht beinhalten diese Systeme jedoch oft wenig Potenzial. Eine Ausnahme stellt die Arbeit mit der API von „Google Maps“ dar, mit der sich Andreas Grote beschäftigt hat (Grote 2010) und über die sich räumliche Probleme per JavaScript und HTML modellieren lassen.

---

<sup>8</sup> <http://ilk.media.mit.edu/projects.php?id=3634>

**Datenerfassung:**

Dieser Bereich zählt viele verschiedene Techniken zur Erfassung von Geodaten auf, geordnet nach primärer und sekundärer Datenerfassung. „Primär“ meint in diesem Fall die erstmalige Erfassung von Rohdaten, etwa die Aufnahme eines Luftbilds, die später noch bearbeitet werden müssen. Die sekundäre Datenerfassung meint entweder die Aufbereitung von Rohdaten, etwa die Digitalisierung von analogen Daten, oder die Erfassung bereits aufbereiteter Daten z.B. per Webportal.

Bedeutung für den Unterricht bekommen die Datenerfassungsmethoden in Verbindung mit den Verarbeitungsmethoden aus dem Bereich „Abstrakt“. Wenn die SuS die zu verarbeitenden Daten selbst erfassen, steigert das die Motivation und den Bezug zur Aufgabenstellung. Die Lösung eines Problems würde dann mit der Auswahl einer geeigneten Erfassungsmethode beginnen und mit der Weiterverarbeitung fortgeführt. Aber auch hier müssen die Vorauswahlkriterien erfüllt werden, ganz konkret besonders das „Kostenkriterium“. Aus dieser Kollektion an Datenerfassungsmethoden kommen damit nur die Positionierung mittels GPS und die Datensammlung per terrestrischer Sensoren in Frage. „Andere Methoden“ könnten in diesem Zusammenhang Methoden der empirischen Sozialforschung aus der Geographie sein, die für den Informatikunterricht zunächst uninteressant sind. Bleibt die Frage, welche angemessenen und bezahlbaren Systeme es für den Einsatz in der Schule gibt. Nutzbare Systeme wären etwa Sensoren für die Lego Mindstorms Roboter, da diese Systeme schon an vielen Schulen vorhanden sind. Allerdings sind noch nicht viele Sensoren erhältlich, die sich für die Verarbeitung geoinformatisch relevanter Fragestellungen eignen oder aber sie sind sehr teuer. So gibt es von Lego selbst neben den „traditionellen“ Sensoren (Ultraschall-Entfernungsmessung, Berührungs-, Schall- und Lichtsensor) noch Beschleunigungs-, RFID- und Temperatursensoren, sowie einen Kompass (Magnetfeldsensor). Diese Bauteile kosten zwischen 30 und 50 € pro Stück, was die Anschaffung mehrerer Sätze unterschiedlicher Sensoren sehr kostspielig macht. Nimmt man Sensoren dazu, die für naturwissenschaftliche Untersuchungen mit den Lego-Robotern entwickelt wurden, steigen die Kosten noch einmal deutlich. Sensoren für Bodenfeuchtigkeit, Sauerstoffgehalt der Luft etc. kosten deutlich über 100, einige sogar über 200 Euro pro Stück. Für Schulen dürfte so eine Aufrüstung ihrer Bausätze nicht zu denken sein, auch wenn derartige Sensoren für andere Fächer ebenso geeignet wären.

Der hohe Preis für die Lego-Roboter macht die seit einigen Jahren erhältlichen Arduino-Boards mit ihren zahlreichen Erweiterungen interessant für eine Betrachtung. Diese frei programmierbaren Microcontroller-Platinen sind vergleichsweise preiswert und verfügen aufgrund ihrer Open-Source-Architektur über ein breites Angebot an Sensoren für unterschiedlichste Messungen<sup>9</sup>.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die eigenständige Datensammlung mit Sensoren zur Beantwortung einer spezifischen Problemstellung von verschiedenen Faktoren abhängt, von denen die Finanzierung wohl der wichtigste ist. Das Komplexitätskriterium wird in jedem Fall erfüllt, eine derartige Sammlung von Daten ließe sich ohne weiteres am Ende der Sek. I und in der Sek. II durchführen. Vorteile hätte die eigenen Datenerfassung durch die SuS auf jeden Fall: eine erhöhte Motivation durch nachvollziehbare Daten und direkter Eingebundenheit, sowie ein besseres Verständnis der Entwicklung von Signalen zu Daten zu Information.

### **Zwischenfazit**

Wie bei den Fundamentalen Ideen der Informatik gesehen ist es sinnvoller, in der Schule grundlegende Inhalte zu vermitteln, die nicht so schnell durch technischen Fortschritt überholt werden. Diese sollten sich überdies als Lösungsstrategien im späteren Leben auf neue Probleme übertragen lassen. In diesem Sinne beinhaltet der eingangs behandelte Bereich „Abstrakt“ mit den Kernmethoden der Geoinformatik mehr vielversprechende Bildungsgegenstände als die Aufzählung von Systemen und Anwendungsfällen in diesem Bereich. Allerdings lassen sich die Bereiche nicht so einfach trennen, wenn man Informatik anschaulich und kontextorientiert unterrichten möchte.

Anwendungen und Systeme aus dem Bereich „Konkret“ kommen für eine Verwendung im Informatikunterricht in Frage, wenn die SuS einen Bezug zu ihnen haben und es keine technischen, rechtlichen oder finanziellen Widersprüche gibt.

Damit bleiben aus der Übersicht folgende Inhalte interessant für die Einbettung in den Informatikunterricht:

---

<sup>9</sup> Weitere Informationen, eine Gegenüberstellung von Argumenten pro / contra Lego Mindstorms und Arduino sowie eine beispielhafte Kostenrechnung befinden sich im Anhang unter A 2.1.2

1. Echtzeitsysteme mit Raumbezug und Bezug zur Lebenswelt der SuS, die:
  - bedeutend genug sind, um auf ihre Funktion, ihren Nutzen und ihre Auswirkungen hin analysiert und bewertet zu werden (Navigationssysteme, Warnsysteme für Naturkatastrophen, Satellitensysteme usw.), oder
  - die als Kontexte für kerninformatische oder geoinformatische Inhalte geeignet sind (Parkleit- und Traffic-Scheduling-Systeme, mobile Apps mit Raumbezug).
2. Systeme zur Arbeit mit Geodaten oder deren Visualisierung, die sich durch eigene Daten oder Programmierung erweitern lassen um zur Beantwortung einer konkreten (geo)informatischen Fragestellung im Unterricht beizutragen (Google Maps – API, Leaflet<sup>10</sup> (JavaScript Library für interaktive Karten) usw.).
3. Systeme zur digitalen Erfassung von Geodaten, die für SuS bedienbar und für Schulen erschwinglich sind. Voraussetzung ist eine motivierende Fragestellung und eine spätere Weiterverarbeitung der Daten mit informatischen Methoden (Systeme auf Arduinobasis, Lego Mindstorms, ferngesteuerte Drohnen usw.).

---

<sup>10</sup> <http://leafletjs.com/index.html>

### 4.3 Detaillierte Untersuchung ausgewählter Inhalte

In diesem Abschnitt möchte ich zwei Themen aus der obigen Übersicht genauer untersuchen und ihre Eignung aus didaktischer Sicht argumentieren. Daneben habe ich die Intention, Materialien für konkreten Unterricht bereit zu stellen.

Beim ersten Thema handelt es sich um eine Verbindung verschiedener angesprochener Inhalte. Im Zentrum steht die Interpolation von Messwerten in einem bestimmten Gebiet auf der Grundlage einiger Stützpunkte mit Hilfe des IDW-Algorithmus. Die Daten an diesen Stützpunkten können zuvor von den SuS selbst gemessen werden, sofern passende Ausrüstung vorhanden ist. Anschließend wird in einer Programmierumgebung der IDW-Algorithmus implementiert, um die fehlenden Daten zwischen den Stützpunkten zu interpolieren. Im Anhang befinden sich Beispielprogramme für „Panther“ (Scratch-Syntax und -Optik) und „Processing“, einem vereinfachten Java-Dialekt.

Im zweiten Beispiel geht es um die Implementierung eines einfachen Linienglättungsalgorithmus in „Processing“.

Alle Materialien wie implementierte Algorithmen und Screenshots befinden sich im Anhang A 2.

#### 4.2.1 Räumliche Interpolation von Messdaten

Bei dem zu untersuchenden Beispiel handelt es sich um eine von vielen Analysefunktionen eines GIS, bei der fehlende Daten in Rastern interpoliert werden, indem sie aus Werten bekannter Stützpunkte berechnet werden (vgl. dazu Bill 2010, S. 511 f.). In der Geoinformatik gibt es dazu viele verschiedene Methoden, die sich mathematischer und statistischer Verfahren sowie deren Kombinationen bedienen, um die Fehlerquote möglichst klein zu halten. Für den Unterricht kommen nur einfachere Verfahren in Frage, am Besten eines, das trotzdem passable Ergebnisse liefern kann. Ich habe mich daher für das „Inverse-Distance-Weighting“-Verfahren entschieden. Dieser „IDW“-Algorithmus nutzt eine etwas umfangreichere Art einer Mittelwertbildung über eine bestimmte Anzahl von Messpunkten. Dabei spielt die Entfernung des Messpunktes zum Interpolationspunkt eine Rolle, da dessen Einfluss mit steigender Entfernung abnimmt.

Für die Berechnung werden konkrete Werte an bestimmten Stützpunkten benötigt, so dass die fehlenden Messwerte an allen weiteren Punkten im Raster berechnet werden können. Woher die Werte stammen ist für die Berechnung selbst zweitrangig; für die Anschaulichkeit und zur Motivation der SuS wäre es jedoch ideal, diese selbst zu messen. Dafür müsste natürlich passende Hardware vorhanden oder beschaffbar sein. Am Flexibelsten ist eine Lösung mit Arduino-Boards, da es hierfür eine große Zahl günstiger Sensoren gibt, mit denen das System an eine gewählte Fragestellung angepasst werden kann. Eingeschränkt können aber auch vorhandene Lego NXT – Roboter eingesetzt werden. Die Speicherung kann manuell in einer Liste erfolgen, wenn etwa GPS-Daten separat mit einem anderen Gerät erfasst werden. Es handelt sich bei den Messpunkten dann nur um ein GPS-Koordinaten-Tupel, das zusammen mit dem Messwert leicht von Hand in eine Tabelle eingetragen werden kann. Mit kostenlosen Konvertierungsprogrammen können GPS-Tracks und -Wegpunkte z.B. in einfache Textdateien mit kommagetrennten Werten umgewandelt werden. Eine solche Textdatei, in der an die Koordinaten-Tupel noch die Messwerte angehängt werden, wird im späteren Beispiel benutzt.

Es muss darauf hingewiesen werden, dass das selbstständige Messen mit einem Arduino-System zumindest beim ersten Mal einen großen Aufwand bedeutet. Für die Arbeit mit den Microcontroller-Boards sind zumindest rudimentäre Kenntnisse in Elektrik oder Elektrotechnik nötig. Zwar sind die Sensorsysteme sehr einfach zu bauen, will man das aber zusammen mit den SuS tun, ist dafür vermutlich eine eigene, kleine Unterrichtsreihe nötig. Die Systeme einfach nur als Blackbox zu nutzen bedeutet die alleinige Vorbereitung und Wartung durch den Lehrenden und ist für die SuS weniger motivierend. Dafür ergibt sich so aber die Möglichkeit, den SuS die Erfahrung der Gewinnung von Informationen aus einfachen Signalen auch dann zu ermöglichen, wenn die Lerngruppe für das Verständnis des Arduino-Systems noch zu jung ist. Eine solche Entscheidung muss für den Einzelfall getroffen werden, generell würde ich eine Nutzung der Arduinoboards frühestens ab der Klasse 9 empfehlen.

Eine Bemerkung zur besseren Einordnung der Schwierigkeit: im Rahmen meines Studiums hatte ich die Möglichkeit, an einem Projektkurs zur Einführung in die Arbeit mit Arduino-Boards teilzunehmen. Dieser Kurs richtete sich explizit an

Studierende, die noch keine Erfahrungen mit dem System hatten. Der Bau eines Sensorsystems, wie es für diese Unterrichtseinheit nötig wäre, war eines der einleitenden Beispiele und wurde von allen Studierenden in Zweiertteams innerhalb von zwei Stunden (nach Beginn des Kurses) gebaut. Es besteht lediglich aus dem Arduino-Board, einem Sensor, dessen vier Pins über Kabel und einen Widerstand mit dem Board verbunden werden müssen. Im Anhang A 2.1.2 befinden sich weitere Hinweise und Links zu freier Software und Anleitungen zu Arduino, zur vertiefenden Auseinandersetzung mit dem Thema.

Im vorliegenden Beispiel werde ich die Messdaten der Einfachheit halber als gegeben betrachten und eine entsprechende .txt- oder .dat-Datei vorgeben. Inhaltlich wird an eine prominente, geowissenschaftliche Fragestellung angeknüpft: die Luftqualitätsdiskussion. Die Messung des CO-Gehaltes der Luft ist hier nur als ein mögliches Beispiel zu sehen, die Verarbeitung der Daten (die Interpolation) bliebe bei anderen Daten die gleiche.

Die GPS-Koordinaten der Stützpunkte werden zusammen mit den Messwerten in der Liste vorliegen. Auch bei selbstständiger Messung mittels Arduino halte ich es für ratsam, die Positionen der Messungen mit separaten GPS-Empfängern zu erfassen und die Koordinaten-Tupel den Messwerten manuell zuzuordnen. Eine Erweiterung des Sensorsystems mit einem GPS-Empfänger und ggf. einem SD-Karten-Modul, das alle Daten selbstständig erfasst und speichert, bedeuten einen ungleich höheren Aufwand, weitere Kosten und Fehlerquellen. Die unabhängige Positionsbestimmung hingegen sollte mit der wachsenden Zahl der Smartphones unter den SuS heute unproblematisch sein. Nichtsdestotrotz böte das Arduino-System die Möglichkeiten, neben den Messwerten auch die Position zu bestimmen und auf SD-Karte zu speichern oder drahtlos zu übertragen. Erfahrungen des Projektes „GI@School“ mit Schülerprojekten lassen vermuten, dass ein entsprechendes System mit einer starken Lerngruppe der Jgst. 10 oder höher in angemessener Zeit realisiert werden könnte.

Die gemessenen oder anderweitig festgelegten Daten werden als Punkte in eine Software eingelesen, die eine pixelgenaue Bearbeitung erlaubt und mit der die SuS idealerweise vertraut sind. Wenn sie bereits Erfahrungen mit der Scratch-Umgebung haben, dann bietet sich die Verwendung von „Panther“<sup>11</sup> an, einer

---

11 <http://pantherprogramming.weebly.com/index.html>

Scratch-Modifikation mit der Möglichkeit, einfache Textdateien einzulesen. Eine etwas komplexere Alternative stellt die ebenfalls freie Software „Processing“<sup>12</sup> dar, die einen vereinfachten Java-Dialekt benutzt. Processing bietet deutlich mehr Freiheiten als Panther, allein aufgrund der frei wählbaren Größe der Darstellungsfläche, ist aber deutlich anspruchsvoller in der Programmierung und erfordert Vorkenntnisse in Java.

Materialien wie Algorithmen und Screenshots sowie Erläuterungen befinden sich im Anhang unter A 2.1.

### **Ablauf / Arbeitsschritte**

*Die Einteilung der folgenden Arbeitsschritte auf einzelne Unterrichtsstunden oder Projektphasen kann nur bei der konkreten Planung des Unterrichts erfolgen. Sie hängt stark von der Schwerpunktsetzung des Lehrenden und der Stärke der Lerngruppe ab. Ich möchte hier lediglich eine Übersicht über die nötigen oder möglichen Arbeitsschritte in meinem Beispiel geben.*

Messwerte, die für eine bestimmte Untersuchung erforderlich sind, können nicht an jedem Quadratmeter des Untersuchungsgebietes erfasst werden. Fehlende Zwischenwerte müssen möglichst genau interpoliert werden. Die Maßnahme, Mittelwerte zu berechnen, kann gemeinsam mit den SuS gefunden werden. Das Prinzip des arithmetischen Mittels sollte den SuS bekannt sein und es kann sich darüber der weitere Zusammenhang erarbeiten lassen. Eine Möglichkeit, die Bedeutung der inversen Entfernung zu den Stützpunkten mit den SuS zu erarbeiten ist, zunächst mit zwei Stützpunkten zu beginnen. Bei diesen zwei Messpunkten im Raum sollen alle dazwischen liegenden Punkte interpoliert werden. Das arithmetische Mittel lässt sich in diesem Fall nur auf den Punkt genau in der Mitte anwenden. Liegt der Interpolationspunkt auf der Strecke zwischen diesen Punkten aber näher an einem der Messpunkte, wird dessen Wert einen größeren Einfluss haben als jener des entfernteren Punktes. Die Aufgabe ist die Suche nach einer Lösung, wie die Entfernung zu den Messpunkten den Wert beeinflusst: ist die Entfernung größer, wird der Einfluss kleiner. Dadurch ergibt sich der Name des später verwendeten Algorithmus: „Inverse-Distance-Weighting“, also die

---

<sup>12</sup> <http://processing.org/>

Gewichtung nach der umgekehrten Distanz. Dieser Zusammenhang ist nicht trivial, kann aber mit Unterstützung durch den Lehrenden von den SuS erarbeitet werden. Schwieriger wird sich die folgende Übertragung in die Fläche gestalten: hier wird der Lehrende mehr Hilfestellung geben müssen. Gegebenenfalls wird es sich anbieten, den IDW-Algorithmus oder Teile davon vorzugeben und durch die SuS analysieren zu lassen. Später werden sie ihn ganz oder in Teilen in einer ihnen bekannten Programmierumgebung implementieren.

Sind alle Daten zwischen den Stützpunkten interpoliert, der Algorithmus also lauffähig, muss eine angemessene Darstellungsform gewählt werden. Eine farbige Fläche, die etwa bei „guten“ Werten grün und bei „schlechten“ rot gefärbt wird ist eine Möglichkeit. Die SuS müssen also noch zwei weitere Algorithmen entwickeln: einen, der die interpolierten Werte entweder passend bestimmten Farbklassen zuordnet und einen zweiten, der die Oberfläche entsprechend der Werte einfärbt. Anstatt Farbklassen zu benutzen kann sich der Farbwert auch direkt aus dem interpolierten Wert ergeben<sup>13</sup>. Es ist wahrscheinlich, dass die SuS dabei die Unterstützung des Lehrenden benötigen, da es hier einige Fallstricke gibt. Der Umgang mit digitalen Farbwerten kann problematisch sein, ebenso die Festlegung der Grenzwerte oder der Auflösung. In den Beispielen, die sich im Anhang befinden, wird eine Art Cursor (oder Iterator) benutzt, der sich zeilenweise über die Oberfläche bewegt. An jeder Position wendet er den IDWA an, um einen Messwert zu interpolieren, färbt den Punkt ein und fährt dann fort. Die „Auflösung“ bezeichnet hier die Größe dieses „Cursors“ in Pixeln.

Dieser „Gegenstand“ hat also vier Phasen bzw. inhaltliche Dimensionen:

1. Die Erzeugung von Informationen: Signal → Datum → Information.  
(Die bei selbstständiger Messung deutlicher wird als bei theoretischer Behandlung und Vorgabe der Messwerte).
2. Die Transformation von GPS-Koordinaten zur Anzeige auf dem Bildschirm.
3. Die algorithmische Lösung und Implementierung für das Problem der räumlichen Interpolation fehlender Messdaten.

---

<sup>13</sup> Eine direkte Umrechnung geschieht im Beispiel mit Panther (Anhang A 2.1), eine Klassifizierung im Processing-Beispiel (ebenfalls A 2.1).

4. Die Modellierung und Implementierung einer passenden Darstellung der Werte im gewählten System, etwa durch Festlegung von Farbklassen, in die die Werte eingeordnet werden und die dann die Arbeitsfläche entsprechend einfärben.

### **Vorbedingungen**

Die SuS sollten den Begriff „Mittelwert“ kennen und ein arithmetisches Mittel bestimmen können. Sie sollten sich soweit in einer passenden Programmierumgebung auskennen, dass sie gegebene Teile von Algorithmen nach informellen Vorgaben vervollständigen können. Die Programmierumgebung muss den oben genannten Anforderungen genügen, also die Möglichkeit zum Einlesen von Dateien und zur graphische Ausgabe besitzen.

Für die Bestimmung des Abstandes sollten die SuS mit dem Satz des Pythagoras vertraut sein.

Die Einfärbung der Karte je nach Messwert erfordert Kenntnisse entweder der RGB- oder HSB-Farbräume. Der Code für die Abstandsberechnung oder Einfärbung kann im Zweifel vom Lehrenden vorgegeben werden.

### **Mögliche Lernziele für eine Reihe zu diesem Thema**

Die Schülerinnen und Schüler sollen...

... die Funktionsweise des Inverse-Distance-Weighting-Algorithmus beschreiben und seinen Zweck einordnen können.

... die Implementation des IDW-Algorithmus selbstständig vervollständigen können.

*(Bzw. je nach Niveau der Lerngruppe:)*

... den IDW-Algorithmus nach Vorgabe in Pseudocode in einer ihnen bekannten Programmiersprache implementieren können.

... für die vollständigen Mess- und Interpolationsergebnisse (unter Vorgaben) eine geeignete Form der Darstellung in der gewählten Umgebung entwickeln.

*Bei der selbstständigen Datensammlung im Vorfeld:*

Die Schülerinnen und Schüler sollen...

... die Entwicklung einer Information aus einem Signal anhand einer Messung mit Sensoren erläutern können.

Die Bezeichnungen basieren auf den Operatoren für die Vorgaben des Zentralabiturs in NRW für das Fach Informatik (Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen 2005).

### **Überprüfung auf Fundamentale Ideen**

Repräsentationen der Masterideen in diesem Inhalt (nach Schubert und Schwill 2011, S. 74 ff.):

Die drei zusammenhängenden Inhalte (Messung, Verarbeitung, Darstellung) beinhalten einige Fundamentale Ideen der Informatik. Aus dem Bereich „*Algorithmisierung*“: der IDW-Algorithmus als Lösung des Berechnungsproblems der Interpolation, die Transformation von Koordinaten und die Klassifizierung der Werte.

Aus dem Bereich „*strukturierte Zerlegung*“: die Modellierung des Sensorsystems und dessen Aufbau in Modulen. Die Zerlegung der Problemstellung „Erfassung von Gaskonzentrationen in der Umwelt“ in die Teilprobleme „Erfassung der Daten“, „Verarbeitung“ und „Präsentation“. Modellierung einer passenden Darstellungsform mit Aussagekraft zu „guten“ und „schlechten“ Werten oder, in Abgrenzung dazu, einer möglichst neutralen Darstellung.

Aus dem Bereich „*Sprache*“ (bei der selbstständigen Messung mit einem Sensorsystem): die Syntax der Messdaten und deren Verarbeitung hin zu Informationen. Der Zusammenhang von Sprache und Hardware, Nutzung verschiedener Sprachen für verschiedene Aufgaben (Programmierung der Hardware in einem Java-Dialekt, Verarbeitung der Daten in Scratch / Panther).

### **Werden durch den Inhalt Kompetenzen gemäß den Bildungsstandards gefördert?**

Der zu untersuchende Gegenstand ist vom Anforderungsniveau eher am Ende der Sek. I, ggf. in der Sek. II anzusiedeln. Daher werde ich im Folgenden nur die Standards für die Jahrgangsstufen 8 bis 10 betrachten (vgl. Gesellschaft für Informatik 2008, S. 14–22).

Eine erste Durchsicht ergab, dass recht viele Bereiche der Bildungsstandards berührt werden (können). Das könnte möglicherweise auch an den teilweise recht offen gehaltenen Formulierungen der Bildungsstandards liegen. Ich halte es in diesem Fall für besser, sich auf einige wesentliche Kompetenzen zu konzentrieren. In diesem Fall werden, orientiert an der Einteilung der Bildungsstandards, hauptsächlich drei Inhaltsbereiche tangiert: „Informationen und Daten“, „Algorithmen“ und „Informatiksysteme“ (im Verhältnis Hard- zu Software). Hinzu kommt der Bereich „Informatik, Mensch und Gesellschaft“, der sich durch den Kontext der Klimatologie / Luftqualitätsdiskussion ergibt und den Wert, den Informatiksysteme für die Forschung und die Gesellschaft haben. Da es sich hier aber nur um einen beispielhaften Inhalt handelt, werde ich mich auf die Bereiche konzentrieren, die allein durch die Verwendung der geoinformatischen Methoden gegeben sind.

Inhaltsbereiche:

Der erste Teil des Inhaltes, also die Messung, zeigt gut den Verlauf vom Signal über Daten hin zur Information. Damit liegt eine Kompetenzförderung im Bereich „Information und Daten“ nahe.

<b>Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufen 8 bis 10...</b>	<b>Die SuS...</b>
... stellen Information in unterschiedlicher Form dar.	<i>...stellen die Informationen in einer Programmiersprache als Messwerte im räumlichen Kontext und später als eingefärbte „Karte“ dar. Ggf. in Verbindung mit einer Wertung in einem geoinformatischen Kontext.</i>
... interpretieren Daten im Kontext der repräsentierten Information.	<i>...identifizieren Ausreißer bei den Messwerten.  ...bewerten die Messwerte im Kontext einer möglichen Belastung durch die Gaskonzentration.</i>
... beurteilen Vor- und Nachteile unterschiedlicher	<i>... sehen, dass man die Messwerte sowohl tabellarisch, als auch (wertend) graphisch</i>

Informationsdarstellungen.	<i>darstellen kann und dass das großen Einfluss auf die Wahrnehmung hat.</i>
----------------------------	--

(Gesellschaft für Informatik 2008, S. 14)

Anschließend müssen die Daten algorithmisch Verarbeitet werden, wobei die SuS den Inverse-Distance-Weighting-Algorithmus als formale Darstellung (und je nach Stärke der Lerngruppe ggf. schon teilimplementiert) erhalten. Dabei steht das Verständnis der Arbeitsweise des Algorithmus im Vordergrund, die Implementierung soll vorhandene Kenntnisse vertiefen.

*Algorithmen:*

<b>Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufen 8 bis 10...</b>	<b>Die SuS...</b>
... überprüfen die wesentlichen Eigenschaften von Algorithmen.	<i>... überprüfen den IDW-Algorithmus auf seine Funktion im Zusammenhang mit der gestellten Aufgabe.</i>
...lesen formale Darstellungen von Algorithmen und setzen sie in Programme um.	<i>...implementieren den IDW-Algorithmus nach Vorgaben.</i>
...verwenden Variablen und Wertzuweisungen.	<i>...benutzen Variablen und Wertzuweisungen bei der Implementierung.</i>
...modifizieren und ergänzen Quelltexte von Programmen nach Vorgaben.	<i>&lt;Ist Teil der Aufgabenstellung&gt;</i>

(Gesellschaft für Informatik 2008, S. 15 f.)

Darüber hinaus erfahren die SuS bei der Benutzung von Arduino-Boards und deren Programmierung direkt den Zusammenhang von Hardware und Software und wie sich daraus die Einheit eines Informatiksystems ergibt.

*Informatiksysteme*

<b>Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufen 8 bis 10...</b>	
... klassifizieren Hardware und Software.	<i>Die Klassifizierung von herkömmlicher Computerhardware steht hier nicht im Vordergrund, aber das Verhältnis von Hard- und Software. Die Hardware erzeugt aufgrund äußerer Zustände elektrische Signale, die durch die Software zu verständlichen Daten werden.</i>

(Gesellschaft für Informatik 2008, S. 17)

Prozessbereiche:

Hier sind vornehmlich die Bereiche „Modellieren und Implementieren“ und „Kommunizieren und Kooperieren“ betroffen.

*Modellieren und Implementieren*

<b>Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufen 8 bis 10...</b>	<b>Die SuS...</b>
... analysieren Sachverhalte und erarbeiten angemessene Modelle.	<i>... sollten die Aufgabenstellung und Maßnahmen der Lösung soweit wie möglich selbst analysieren und in ihnen bekannten Systemen modellieren.</i>
... verwenden bei der Implementierung die algorithmischen Grundbausteine.	<selbsterklärend>

(Gesellschaft für Informatik 2008, S. 19)

*Kommunizieren und Kooperieren*

Die Durchführung von Unterricht zum vorliegenden Thema wäre aufgrund des Umfangs und der interdisziplinären Ausrichtung der Geoinformatik sicherlich als Projekt sinnvoll umzusetzen. Eine Gruppenarbeit wäre aber auch denkbar, von daher kann das Wort „Projekt“ in der folgenden Tabelle auch durch „Gruppe“ ersetzt werden.

Eine entsprechende Planung, Dokumentation und Reflexion sind sowohl bei der Projekt-, als auch bei der Gruppenarbeit sinnvoll.

<b>Schülerinnen und Schüler</b> <b>der Jahrgangsstufen 8 bis 10...</b>
... kooperieren in Projektarbeit bei der Bearbeitung eines informatischen Problems.
... dokumentieren Ablauf und Ergebnisse der Projektarbeit.
... reflektieren gemeinsam Ansatz, Ablauf und Ergebnis des Projekts.

(Gesellschaft für Informatik 2008, S. 21)

Sowohl für die Inhalts- als auch für die Prozessbereiche gilt, dass durch eine Schwerpunktsetzung im Unterricht auf bestimmte Teile des hier vorgeschlagenen Ablaufs, eine weitere Konzentrierung auf bestimmte Kompetenzen vorgenommen werden kann.

### **Weitere Empfehlungen und Erläuterungen für die Umsetzung im Unterricht**

Der Beispielkontext, also die Messung einer Gaskonzentration im Raum, dient in diesem Beispiel lediglich der Veranschaulichung. Ganz ohne Belang ist er jedoch nicht, da unter Zuhilfenahme weiterer Sensoren so auch die allgemeine Luftqualität gemessen werden kann. Die Relevanz dieses Themas zeigt sich durch die regelmäßige Medienpräsenz und hatte bisher schon die Einführung der sog. Umweltplaketten zur Folge. Im Zusammenhang mit der allgegenwärtigen Diskussion um den Klimawandel hat auch die Luftqualitätsdebatte eine starke Bedeutung für die Zukunft der Schülerinnen und Schüler. Bezogen auf die Geoinformatik wird hier ein breites Aufgabengebiet deutlich: eine eigentlich aus der Klimaforschung stammende Fragestellung wird mit Hilfe informatischer Verfahren automatisiert. Die Fragestellung nach der Messung der Luftqualität besitzt also inhaltlich eine große Bedeutung für die Gegenwart und Zukunft der Gesellschaft, in ihrer geoinformatischen Umsetzung beinhaltet sie aber auch Gegenstände, die für die informatische Bildung relevant sind.

### *Projekt- / Gruppenarbeit*

Bisher unerwähnt geblieben sind praktische Hinweise zu Sozial- und Arbeitsformen. Sowohl das komplexe Thema, als auch die Prozessbereiche der Bildungsstandards lassen hier eine Arbeit in Gruppen sinnvoll erscheinen. Die SuS können so ihre individuellen Stärken und Interessen in die Gruppe einbringen und sich bei komplexen Problemen gegenseitig helfen, was gleichzeitig dem Prozessbereich „Kooperieren und Kommunizieren“ entgegen kommt. Eine Durchführung als Projekt wäre ebenfalls möglich, bei der sich der Fokus noch stärker auf den kooperativen Aspekt verschiebt und die SuS selbst stärker in die Planung und Durchführung einbezogen werden könnten.

### **Fazit der „Räumlichen Interpolation von Messdaten“**

Es handelt sich hierbei nicht um ein triviales Problem der Geoinformatik, zumindest auf schulischen Anforderungsniveau. Einige der Inhalte und Arbeitsschritte erfordern auch am Ende der Sek. I viel Hilfestellung oder Vorgaben durch den Lehrenden. Dennoch beinhaltet dieses Thema eine ganze Reihe an Möglichkeiten, informatische Kompetenzen zu fördern und behandelt gleichzeitig einige wichtige Verfahren der Geoinformatik, nämlich Daten zu erfassen, zu verarbeiten und darzustellen, um Aussagen auf inhaltlich-geowissenschaftlicher Ebene zu ermöglichen. Letzteres kann im Informatikunterricht natürlich in den Hintergrund treten, zu Gunsten einer Reflexion der informatischen Arbeitsweise.

Die von mir hier vorgestellten Inhalte lassen sich sehr gut als modular aufgebaute Unterrichtsreihe oder Projekt umsetzen, was eine Fokussierung auf einzelne Inhalte zulässt. Als interdisziplinär geprägtes Fach bieten sich geoinformatische Inhalte insbesondere für fächerverbindenden Unterricht an.

### **4.2.2 Linienglättungsverfahren**

Die Linienglättung und -ausdünnung ist ein Problem, das in der Geoinformatik bereits bei der Datenerfassung auftritt (vgl. Bill 2010, S. 307). Wenn linienhafte Phänomene der Realität (in GIS) modelliert werden, sollten aus Speicherplatzgründen nicht mehr Punkte abgespeichert werden, als zur Darstellung des gewünschten Abstraktionsgrades nötig sind. Derartige Phänomene können etwa Flüsse oder Straßen sein, aber auch Grenzverläufe usw. Wie erwähnt gibt es dazu in der Geoinformatik

verschiedene Verfahren mit geringerer oder höherer Komplexität. Je effizienter ein Verfahren ist, desto schwieriger ist es zu verstehen oder zu implementieren, was für den Einsatz in der Schule eine Hürde darstellt.

Das hier gewählte „n-ter-Punkt“-Verfahren dürfte in professionellen GIS zugegebenermaßen kaum noch eine Rolle spielen, hat aber den Vorteil, leicht verständlich zu sein. Von einer Folge von Punkten wird nur jeder n-te Punkt beibehalten, alle weiteren verworfen. Das bedeutet, dass auch Punkte entfernt werden könnten, die für den Kurvenverlauf wichtig sind. Dass ich es trotzdem ausgewählt habe hat den Grund, dass es aufgrund seiner Einfachheit nicht nur starken Kursen vorbehalten bleibt.

Trotzdem möchte ich interessierte Lehrerinnen und Lehrer ermutigen, sich auch die etwas komplexeren Verfahren anzuschauen. Insbesondere der Douglas-Peucker-Algorithmus liefert deutlich bessere Ergebnisse. Außerdem kann an diesem Verfahren bei schrittweiser Ausführung sehr gut das Divide-and-Conquer-Prinzip an selbst gesammelten Daten veranschaulicht werden. Die Linienglättungsverfahren werden in einigen der geoinformatischen Lehrbücher im Literaturverzeichnis sehr gut erläutert (u.a. bei Bill 2010, S. 307–310).

Das Beispielprogramm, das der Arbeit beiliegt und zu dem einige Erläuterungen im Anhang existieren, kann als Grundlage für andere Algorithmen dienen. Es implementiert in der „Processing“-Umgebung bereits eine passende Arbeitsfläche mit Maßstab, die Umrechnung von GPS- in Bildschirmkoordinaten und deren Anzeige auf dem Bildschirm. Außerdem eine Steuerungsmöglichkeit durch Tasten und damit verbunden die schrittweise Ausführung rekursiv angelegter Glättungsmethoden.

Dem Programm muss lediglich eine Methode für ein anderes Verfahren zugefügt werden.

Besonders anschaulich wäre ein entsprechendes Programm für Smartphones, das einen aufgezeichneten GPS-Track direkt per Tastendruck schrittweise glättet. Dazu würde sich eine Umsetzung mit dem zuvor schon erwähnten „App Inventor“ für das Android-Betriebssystem anbieten.

Eine kontextuelle Einbettung des Inhaltes wäre im Bereich der Kartenerstellung möglich. Straßenkarten geben immer ein abstraktes Modell der echten Straße wieder, das deutlich weniger Kurven aufweist. Gleiches gilt für die Repräsentation von Flüssen. Die SuS könnten so also eine eigene Straßenkarte für ihren Heimatort er-

stellen und lernen algorithmische Verfahren zur Abstraktion und Modellierung kennen.

### **Ablauf / Arbeitsschritte**

*Die Einteilung der folgenden Arbeitsschritte auf einzelne Unterrichtsstunden oder Projektphasen kann nur bei der konkreten Planung des Unterrichts erfolgen. Sie hängt stark von der Schwerpunktsetzung des Lehrenden und der Stärke der Lerngruppe ab. Ich möchte hier lediglich eine Übersicht über die nötigen oder möglichen Arbeitsschritte in meinem Beispiel geben.*

Zunächst muss ein GPS-Track vorbereitet werden, so dass Koordinaten-Tupel durch Kommas getrennt in einer Textdatei vorliegen. Entweder zeichnen die SuS selbst Tracks auf, oder es werden Dateien vom Lehrenden bereit gestellt. Wie schon zuvor erwähnt, ist die erste Möglichkeit aus Motivations- und Identifikationsgründen vorzuziehen.

Anschließend muss der Track in einer passenden Programmierumgebung visualisiert werden, was eine Umrechnung der GPS- in Bildschirmkoordinaten erforderlich macht. Je nach Lerngruppe kann diese Funktion vom Lehrenden vorgegeben werden ohne dass den SuS zu viel Eigenleistung abgenommen wird.

Die Tracks sollten in der Programmierumgebung als Liste von Punkten behandelt werden, auf die u.U. verschiedene Verfahren angewandt werden können. Das intendierte Verfahren wird nun entwickelt; im Fall des „n-ter-Punkt“-Algorithmus sollten den SuS die Lösung nicht schwer fallen. In einer ihnen bekannten Programmierumgebung sollte sich eine Implementierung in angemessener Zeit realisieren lassen. Der „n-ter-Punkt“-Algorithmus ist weniger dafür geeignet, ihn schrittweise auszuführen, hier bietet es sich eher an, das „n“ frei wählbar zu gestalten. Im beiliegenden Beispiel wird „n“ durch Drücken der Leertaste schrittweise erhöht und auf den Track angewendet.

Im Anschluss könnten die vereinfachten Tracks abgespeichert und zu einer großen Straßenkarte zusammen gefügt werden. Bei der Benutzung unterschiedlicher Systeme könnten die SuS die verschiedenen Vor- und Nachteile herausarbeiten.

### **Vorbedingungen**

Für das vorliegende Beispiel, das in der Processing-Umgebung erstellt wurde, sind Kenntnisse in Java erforderlich. Wenngleich es sich um einen stark vereinfachten Java-Dialekt handelt, bei dem schon mit drei Zeilen Code eine Linie auf dem Bildschirm angezeigt werden kann.

Hilfreich wäre überdies, wenn die SuS etwas mit dem GPS vertraut wären. Die Erfahrung zeigt jedoch, dass eine Aufzeichnung von Tracks auch ohne Hintergrundwissen möglich ist. Die technische Ausstattung zur Aufzeichnung muss aber gegeben sein, also Smartphones oder andere Geräte mit GPS-Empfänger. Wenn die SuS die Daten selbst sammeln sollen, müssen sie diese Geräte bedienen können und die Möglichkeit haben, die Daten in einfache, kommagetrennte Textdateien zu konvertieren<sup>14</sup>.

### **Mögliche Lernziele für eine Reihe zu diesem Thema**

Die Schülerinnen und Schüler sollen...

... die Funktionsweise des n-ter-Punkt-Algorithmus beschreiben und seinen Zweck einordnen können.

... die Implementierung des n-ter-Punkt-Algorithmus selbstständig vervollständigen können.

*(Bzw. je nach Niveau der Lerngruppe:)*

... den n-ter-Punkt-Algorithmus nach Vorgabe in Pseudocode in einer ihnen bekannten Programmiersprache implementieren können.

... einen vorgegebenen, komplexeren Glättungsalgorithmus analysieren und seine Arbeitsweise beschreiben können.

*Bei der Verwendung verschiedener Verfahren:*

... die Arbeitsweisen der unterschiedlichen Algorithmen vergleichen und die jeweiligen Vor- und Nachteile beurteilen.

---

<sup>14</sup> Etwa mit dem kostenlosen Programm „GPS Babel“ unter <http://www.gpsbabel.org/>

Die Bezeichnungen basieren auf den Operatoren für die Vorgaben des Zentralabiturs in NRW für das Fach Informatik (Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen 2005).

### **Überprüfung auf Fundamentale Ideen**

Repräsentationen der Masterideen in diesem Inhalt (nach Schubert und Schwill 2011, S. 74 ff.):

*Algorithmisierung:* Formulierung des „n-ter-Punkt“-Algorithmus zur Lösung des Problems der Reduktion der Punkteanzahl. Die SuS trainieren ihre Programmierkenntnisse bei der Benutzung von Kontrollstrukturen und Datentypen. Die Aufgabenstellung muss strukturiert und in einzelne Lösungsschritte unterteilt werden, die dann als Algorithmus formalisiert und wieder kombiniert werden.

*Strukturierte Zerlegung:* Analyse des realen Linienvorlaufs, Zerlegung in einzelne Punkte. Abstraktion der Realität durch Erzeugung eines Modells aus diesen Teilen.

*Sprache:* Formulierung eines Algorithmus in einer Programmiersprache. Überprüfen der Syntax, ggf. übersetzen von Pseudocode in eine Programmiersprache.

### **Werden durch den Inhalt Kompetenzen gemäß den Bildungsstandards gefördert?**

Das Anforderungsniveau dieses Inhaltes ordne ich, wie auch zuvor, eher im Bereich der Jahrgangsstufen 8 bis 10 ein. Im Folgenden möchte ich wieder jene Kompetenzbereiche angeben, die besonders stark betroffen sind.

#### Inhaltsbereiche:

Da bei diesem geoinformatischen Inhalt der „n-ter-Punkt“-Algorithmus im Mittelpunkt steht, liegt eine Kompetenzförderung im Inhaltsbereich *Algorithmen* nahe:

<b>Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufen 8 bis 10...</b>	<b>Die SuS...</b>
... überprüfen die wesentlichen	...überprüfen den „n-ter-Punkt“-

Eigenschaften von Algorithmen.	<i>Algorithmus auf seine Funktion im Zusammenhang mit der gestellten Aufgabe.</i>
... lesen formale Darstellungen von Algorithmen und setzen sie in Programme um.	<i>... implementieren den „n-ter-Punkt“-Algorithmus.</i>
... verwenden Variablen und Wertzuweisungen.	<i>... benutzen Variablen und Wertzuweisungen bei der Implementierung.</i>

(Gesellschaft für Informatik 2008, S. 15 f.)

Prozessbereiche:

*Modellieren und Implementieren*

<b>Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufen 8 bis 10...</b>	<b>Die SuS...</b>
... analysieren Sachverhalte und erarbeiten angemessene Modelle.	<i>... modellieren einen realen Streckenverlauf als GPS-Track. Sie abstrahieren das Modell weiter durch Reduktion der Punkte und bekommen das Modell eines Modells.</i>
... verwenden bei der Implementierung die algorithmischen Grundbausteine.	<i>&lt;selbsterklärend&gt;</i>
... beeinflussen das Modellverhalten durch zielgerichtete Änderungen.	<i>... beeinflussen die Form und Struktur des Modells (des abstrahierten Tracks) durch Änderungen am Algorithmus.</i>
... beurteilen das Modell, die Implementierung und die verwendeten Werkzeuge kritisch.	<i>... beurteilen das Ergebnis (den geglätteten Track) und vergleichen ihn mit dem Original und mit der Aufgabenstellung. Sie kritisieren die Implementierung und die verwendeten Werkzeuge.</i>

(Gesellschaft für Informatik 2008, S. 19)

*Strukturieren und Vernetzen*

<b>Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufen 8 bis 10...</b>	<b>Die SuS...</b>
... planen Arbeitsabläufe und Handlungsfolgen.	<i>... tun dies im Zusammenhang mit der Entwicklung des Algorithmus aus seiner Funktionsanforderung.</i>

(Gesellschaft für Informatik 2008, S. 20)

**Fazit der „Linienglättungsverfahren“**

Das „n-ter-Punkt“-Verfahren zur Linienglättung ist vergleichsweise unkompliziert zu erlernen und einfach in seiner Funktion. Der Algorithmus kann von den SuS schnell verstanden und implementiert werden und eignet sich so als kleine Erweiterung einer Reihe über GPS. Man kann das Thema aber auch ausweiten und die Transformation von GPS- zu Bildschirmkoordinaten von den SuS erarbeiten lassen. Oder weitere Glättungsverfahren hinzu nehmen, um sie hinsichtlich ihrer Effizienz zu vergleichen.

Das „n-ter-Punkt“-Verfahren ist eine einfache Möglichkeit, algorithmisch auf selbst aufgenommenen GPS-Daten zu arbeiten. Damit fördert es Kompetenzen im Bereich „Algorithmen“ und die allgemeine Programmierkompetenz. Hinzu kommt die Förderung eines besseren Verständnisses des Zusammenhangs zwischen realen Objekten (Straße), Modellen (GPS-Track) und Modellen von Modellen (abstrahierter, geglätteter Track).

Im Unterschied zum ersten Inhalt ist dieser weniger vielschichtig, die algorithmische Komponente steht klar im Mittelpunkt. Auch das Produkt am Ende ist nicht so umfangreich, wie eine farbige Karte interpolierter Messwerte. Dafür lässt sich dieser Inhalt aber flexibler in den allgemeinen Unterricht einbauen, da er weniger Vorarbeit und insgesamt weniger Zeit erfordert. Er ist ein Beispiel dafür, dass es sich bei geoinformatischen Inhalten nicht immer um groß angelegte Projekte oder Unterrichtsreihen handeln muss. Sie lassen sich auch gut im regulären Unterricht zur Förderung allgemeiner Programmier- und Modellierungskompetenzen einsetzen.

## 5 Fazit

Die Frage, ob es generell Inhalte der Geoinformatik gibt, die sich für eine Behandlung im Informatikunterricht eignen, konnte positiv beantwortet werden. Auch wenn ich mit meinen Übersichten bei weitem nicht alle Inhalte erfassen konnte, zeigte sich bereits ein großes Potential.

Die große Stärke der geoinformatischen Inhalte liegt in ihrer Authentizität. Salopp gesprochen handelt es sich bei Geodaten um Daten „zum Anfassen“, die von SuS zur Lösung eines Anwendungsproblems selbst gesammelt und verarbeitet werden können. Auf diese Weise erhalten sie einen besonderen Zugang zu den Informationen selbst, aber auch zu den informatischen Verarbeitungs- und Speicherverfahren.

Gleichzeitig betreffen geoinformatische Anwendungsfälle immer auch geowissenschaftliche Fragestellungen. Einen ausreichenden Bezug zur Lebenswelt der SuS vorausgesetzt, hat man damit eine große Menge relevanter und motivierender Themen. Untersuchungen etwa von Veränderungen unseres Lebensraumes mit Hilfe informatischer Methoden vermittelt einerseits informatische Problemlösestrategien. Andererseits betreffen diese Themen die SuS unmittelbar.

Wie schon mehrmals erwähnt birgt die Arbeit mit selbst gesammelten Daten ein großes Motivationspotenzial. Die beiden hier näher vorgestellten Inhalte stellen nur zwei Möglichkeiten dar, mit selbst aufgenommenen GPS-Daten zu arbeiten. Inzwischen betrachte ich das Sammeln von Geodaten (GPS-Tracks und anderen) als eine gute Möglichkeit für den Informatikunterricht, auf einer sehr großen, frei verfügbaren Datenmenge arbeiten zu können. Dabei können die Fragestellungen durchaus auch einfacher Natur sein, etwa für den Unterricht in den unteren Jahrgangsstufen oder für kürzere Reihen. Ein Beispiel dafür wäre die Überprüfung eines Tracks auf Überschneidung mit sich selbst und das automatische Einfügen eines Brücken- oder Kreuzungssymbols. Derartige Probleme lassen sich auch außerhalb großer Projekte oder umfangreicher Unterrichtsreihen bearbeiten um

Kompetenzen in Algorithmik und Programmierung zu fördern. Während mit lebensnahen, freien Daten und einem heute sehr wichtigen Informatiksystem gearbeitet wird.

Die Geoinformatik spannt klar eine Brücke zwischen verschiedenen anderen Disziplinen. Damit eignen sich ihre Inhalte und Fragestellungen in besonderer Weise für fächerverbindenden oder fachübergreifenden Unterricht. In erster Linie bietet sich natürlich das Fach Geographie (bzw. Erdkunde) an, aber auch zur Biologie, Physik oder Mathematik gibt es Anknüpfungspunkte.

In dieser Arbeit war es mir leider nicht möglich, auf alle Inhalte und Möglichkeiten einzugehen, die die Geoinformatik bietet. Im Sinne eines motivierenden, anwendungsbezogenen Informatikunterrichts hoffe ich, dass meine Ideen aufgegriffen werden und Lehrerinnen und Lehrer weitere Möglichkeiten finden, geoinformatische Gegenstände im Informatikunterricht zu behandeln.

Darüber hinaus bietet sich die Möglichkeit, die von mir in den Abschnitten 4.2 und 4.3 identifizierten, potenziell geeigneten Inhalte in konkrete Unterrichtsentwürfe umzusetzen.

Ich hoffe sehr, auch während meines im Mai 2013 beginnenden Referendariats weiter an der Integration von geoinformatischen Inhalten in den Informatikunterricht arbeiten zu können. Des Weiteren hoffe ich, die fächerverbindenden Potenziale der Geoinformatik für meine beiden Unterrichtsfächer Informatik und Geographie in der Schule nutzbar machen zu können.

## Literaturverzeichnis

- Bartelme, Norbert** (2005): Geoinformatik. Modelle, Strukturen, Funktionen. 4. Aufl. Berlin: Springer.
- Bill, Ralf** (2001): Lexikon der Geoinformatik. Heidelberg: Wichmann.
- Bill, Ralf** (2010): Grundlagen der Geoinformationssysteme. 5., völlig neu bearb. Aufl. 2009. Berlin: Wichmann.
- Blaschke, Thomas** (2003): Geographische Informationssysteme: Vom Werkzeug zur Methode. In: *Geographische Zeitschrift* 91 (2), S. 95–114.
- Blotevogel, Hans Heinrich** (Hg.) (2000): Lokal verankert - weltweit vernetzt. Tagungsbericht und wissenschaftliche Abhandlungen ; 52. Deutscher Geographentag, Hamburg, 2. - 9. Oktober 1999. Deutscher Geographentag <52, 1999, Hamburg>. Stuttgart: Steiner.
- Brassel, Kurt; Vckovski, Andrej; Schmitt, Emmanuel** (1998): Informatisierung der Geographie. In: *Geographica helvetica* Jg. 53(1998).
- DGfG - Deutsche Gesellschaft für Geographie** (2010): Bildungsstandards im Fach Geographie für den Mittleren Schulabschluss. Mit Aufgabenbeispielen. 6. Aufl. Berlin: DGfG.
- Dollinger, Franz** (Hg.) (1989): Angewandte geographische Informationstechnologie. Beiträge zum GIS-Symposium, 5. - 7. Juli 1989. GIS-Symposium; Institut für Geographie. Salzburg: Inst. für Geographie der Univ. Salzburg (Salzburger geographische Materialien, 13).
- Dollinger, Franz** (1989): Wie kam die Geographie zum GIS? Über die Entwicklung des GIS - Konzeptes in der Landschaftsforschung. In: Franz Dollinger (Hg.): Angewandte geographische Informationstechnologie. Beiträge zum GIS-Symposium, 5. - 7. Juli 1989, Bd. 13. Salzburg: Inst. für Geographie der Univ. Salzburg (Salzburger geographische Materialien, 13), S. 11–26.
- Ehlers, Manfred** (1993): Integration of GIS, remote sensing, photogrammetry and cartography: the geoinformatics approach. In: *geo-informations-systeme* 6 (5), S. 18–23.
- Ehlers, Manfred** (2000): Fernerkundung und geographische Informationssysteme: Von der Datenintegration zur Integrierten Analyse. In: Hans Heinrich Blotevogel (Hg.): Lokal verankert - weltweit vernetzt. Tagungsbericht und wissenschaftliche Abhandlungen ; 52. Deutscher Geographentag, Hamburg, 2. - 9. Oktober 1999. Stuttgart: Steiner, S. 586–591.
- Ehlers, Manfred; Schiewe, Jochen** (2012): Geoinformatik. 1. Aufl. Darmstadt: WBG (Wissenschaftliche Buchgesellschaft).
- Gesellschaft für Informatik** (2008): Grundsätze und Standards für die Informatik in der Schule. Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I. Online verfügbar unter <http://www.informatikstandards.de/>, zuletzt geprüft am 13.11.2012.

- Goodchild, Michael F.** (1997): What is Geographic Information Science? NCGIA Core Curriculum in GIScience. Online verfügbar unter <http://www.ncgia.ucsb.edu/giscc/units/u002/u002.html>, zuletzt aktualisiert am 07.10.1997, zuletzt geprüft am 28.12.2012.
- Grote, Andreas** (2010): Modellierung lebensweltlicher Probleme durch Geodaten. Schriftliche Hausarbeit im Rahmen der Zweiten Staatsprüfung für das Lehramt an Gymnasien und Gesamtschulen. Studienseminar für Lehrämter an Schulen Hamm.
- Hubwieser, Peter** (2007): Didaktik der Informatik. Grundlagen, Konzepte, Beispiele. 3. Aufl. Berlin: Springer.
- Jank, Werner; Meyer, Hilbert** (2005): Didaktische Modelle. 7. Aufl. Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Klafki, Wolfgang** (2007): Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Zeitgemässe Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik. 6. Aufl. Weinheim ;, Basel: Beltz.
- Klieme, Eckhard** (2003): Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards. Eine Expertise. 2003. Aufl. Bonn: BMBF, Referat Öffentlichkeitsarbeit.
- Lange, N. de** (2006): Geoinformatik in Theorie und Praxis. 2. Aufl. Berlin: Springer.
- Lipski, Jens**: Lernen und Interesse. Entwurf eines theoretischen Projektrahmens. In: Projekt "Lebenswelten als Lernwelten" Deutsches Jugendinstitut (Hg.): Erste Ergebnisse des Projekts "Lebenswelten als Lernwelten". München, S. 3–7. Online verfügbar unter [http://www.dji.de/bibs/77\\_projektheft2.pdf](http://www.dji.de/bibs/77_projektheft2.pdf), zuletzt geprüft am 21.12.2012.
- LOG IN Verlag** Berlin: LOG IN Register von 1981 bis 2010. Hg. v. Fachbereich Erziehungswissenschaften und Psychologie der Freien Universität Berlin. Online verfügbar unter [http://www.log-in-verlag.de/PDF-Dateien/LOG-IN-Gesamtregister\\_1981-2010.pdf](http://www.log-in-verlag.de/PDF-Dateien/LOG-IN-Gesamtregister_1981-2010.pdf), zuletzt geprüft am 20.12.2013.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen** (2005): Informatik. Übersicht über die Operatoren. abitur.nrw 2007. Online verfügbar unter <http://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/abitur-gost/fach.php?fach=15>, zuletzt geprüft am 06.01.2013.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen** (2007): Kernlehrplan für das Gymnasium - Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen. 1. Aufl. Frechen: Ritterbach.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen** (1999): Richtlinien und Lehrpläne für die Sekundarstufe II, Gymnasium, Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen, Informatik. 1. Aufl. Frechen: Ritterbach.
- Projekt Lebenswelten als Lernwelten**: Erste Ergebnisse des Projekts "Lebenswelten als Lernwelten". Hg. v. Projekt "Lebenswelten als Lernwelten" Deutsches Jugendinstitut. München. Online verfügbar unter [http://www.dji.de/bibs/77\\_projektheft2.pdf](http://www.dji.de/bibs/77_projektheft2.pdf), zuletzt geprüft am 21.12.2012.

- Schubert, Sigrid; Schwill, Andreas** (2004): Didaktik der Informatik. 1. Aufl. Heidelberg ;, Berlin: Spektrum, Akad. Verl.
- Schubert, Sigrid; Schwill, Andreas** (2011): Didaktik der Informatik. 2. Aufl. Heidelberg ;, Berlin: Spektrum Akademischer Verl.
- Schwill, Andreas** (1993): Fundamentale Ideen der Informatik. In: *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik* 25, S. 20–31. Online verfügbar unter <http://www.informatikdidaktik.de/Forschung/Schriften/ZDM.pdf>, zuletzt geprüft am 15.11.2012.
- Streit, Ulrich**: Einführung in die Geoinformatik. Institut für Geoinformatik. Online verfügbar unter <http://ifgivor.uni-muenster.de/vorlesungen/Geoinformatik/>, zuletzt geprüft am 03.11.2012.
- Strobl, Josef; Blaschke, Thomas; Griesebner, Gerald** (Hg.) (2012): Angewandte Geoinformatik 2012. Beiträge zum 24. AGIT-Symposium Salzburg. AGIT-Symposium. Berlin, Offenbach: Wichmann.

## Abbildungsverzeichnis

Abb.	Bezeichnung	Seite
1	Die zentrale Rolle der Geoinformatik in der Integration, Speicherung und Verarbeitung von heterogenen Geodatenquellen	9
2	Übersicht über die Geoinformatik	16
3	Verkürzte inhaltliche Gliederung der Bildungsstandards Informatik	26-28

**Erklärung**

Ich versichere, dass ich die schriftliche Hausarbeit selbstständig verfasst habe und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Alle Stellen der Arbeit, die anderen Werken dem Wortlaut oder Sinn nach entnommen wurden, habe ich in jedem Fall unter Angabe der Quelle als Entlehnung kenntlich gemacht. Das Gleiche gilt auch für die beigegebenen Zeichnungen, Kartenskizzen und Darstellungen.

Ascheberg, den \_\_\_\_\_

## **Anhang**

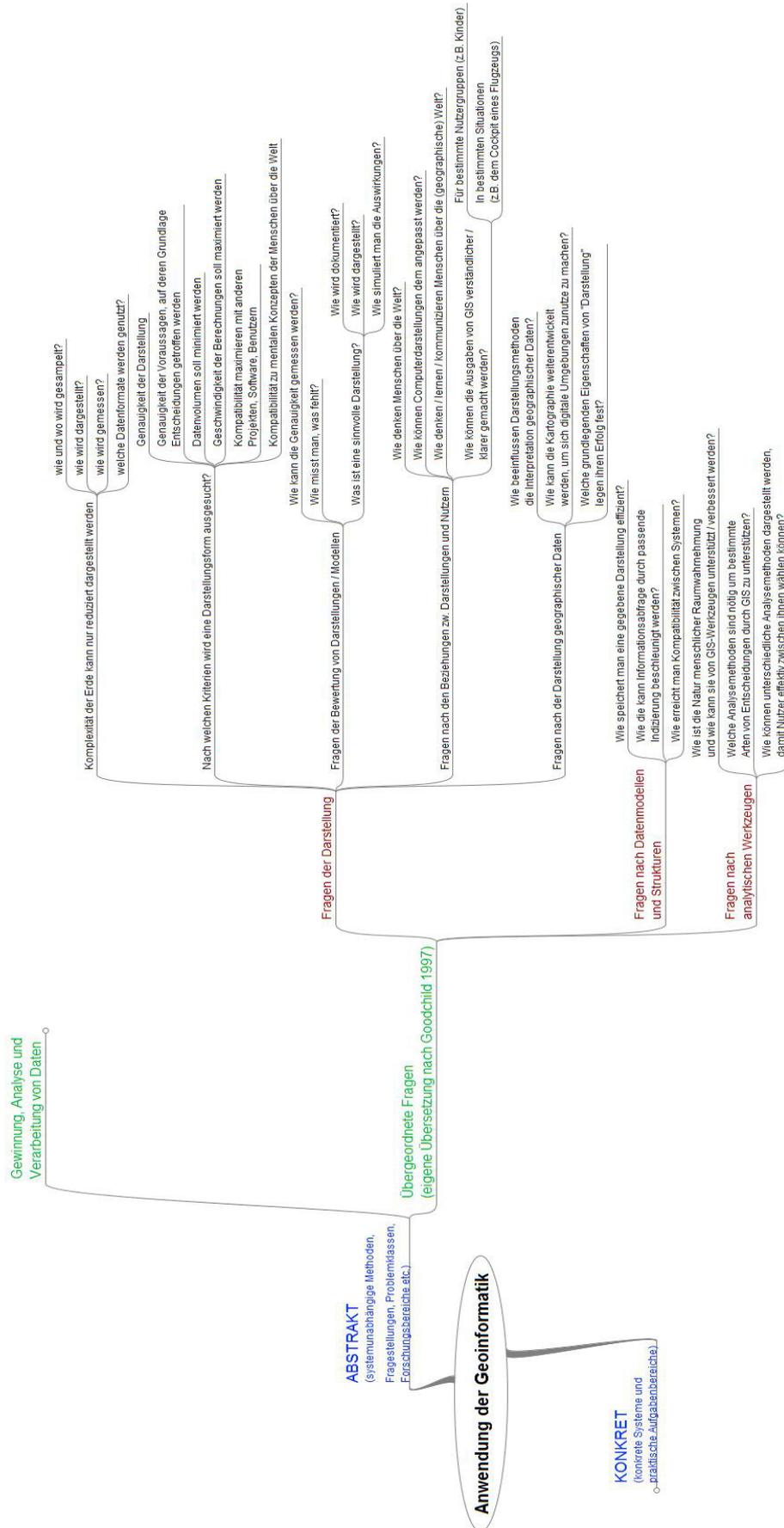
<b>A 1 Mindmaps „Anwendungen der Geoinformatik“</b> .....	<b>72</b>
1.1 Bereich „Abstrakt“ - Teil 1.....	72
1.2 Bereich „Abstrakt“ - Teil 2.....	73
1.3 Bereich „Konkret“ - Teil 1.....	74
1.4 Bereich „Konkret“ - Teil 2.....	75
<b>A 2 Materialien zu den gewählten Beispielinhalten</b> .....	<b>76</b>
2.1 Materialien zu den oben beschriebenen Inhalten.....	76

# A 1 Mindmaps „Anwendungen der Geoinformatik“

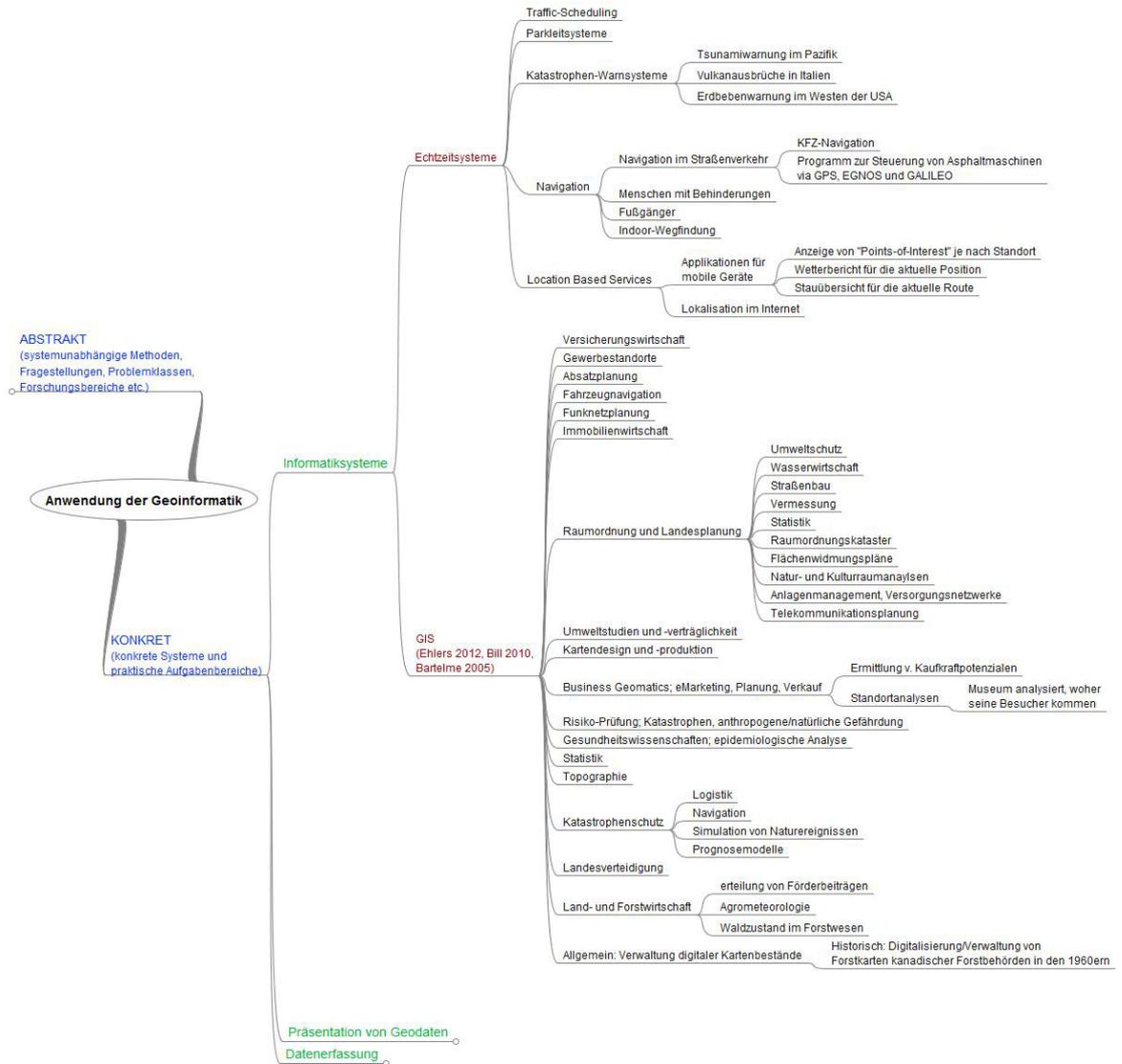
## 1.1 Bereich „Abstrakt“ - Teil 1



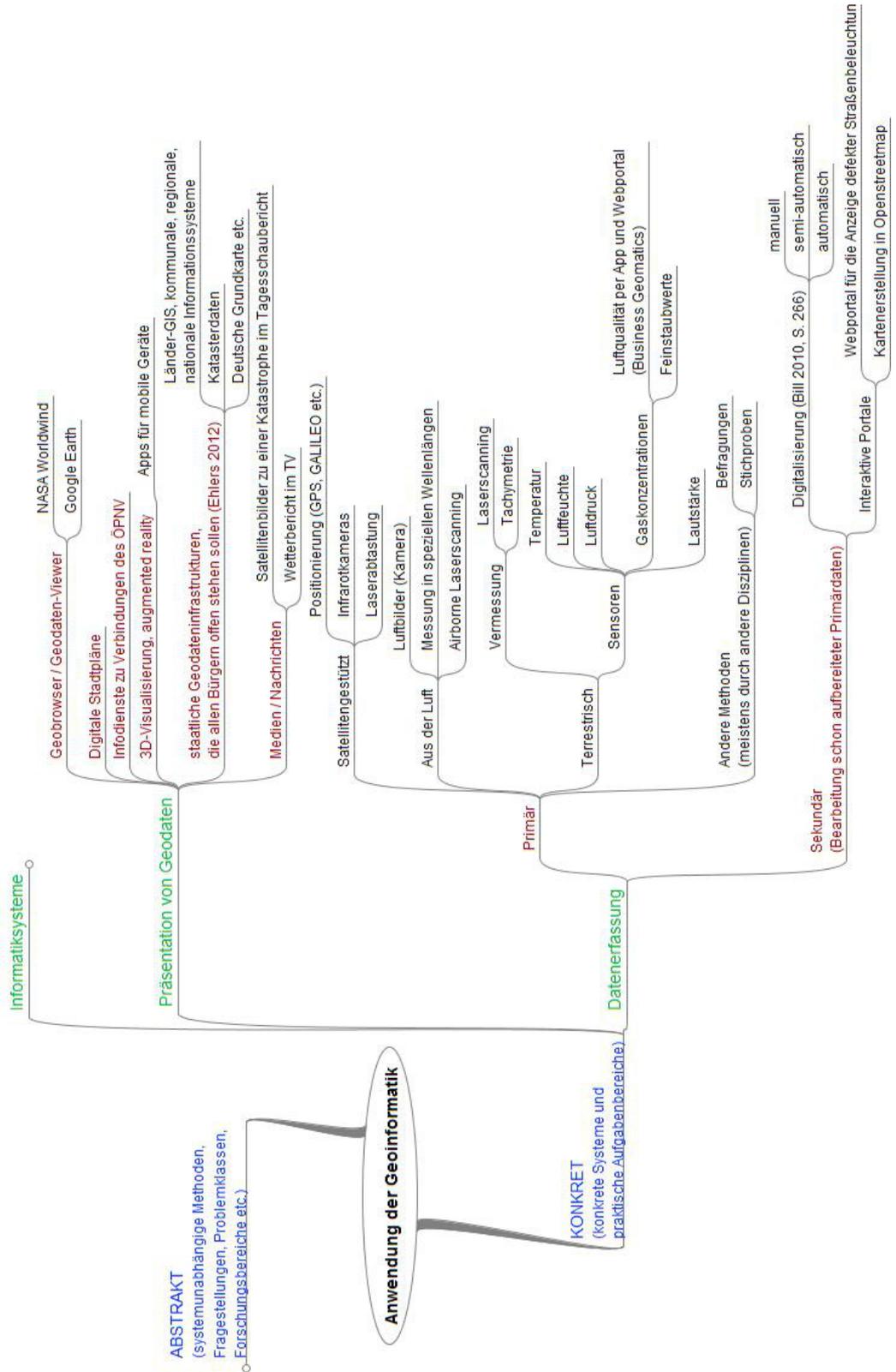
# 1.2 Bereich „Abstrakt“ - Teil 2



### 1.3 Bereich „Konkret“ - Teil 1



### 1.4 Bereich „Konkret“ - Teil 2



## A 2 Materialien der ausgearbeiteten Gegenstände

### 2.1 Material für die oben beschriebenen Inhalte

Für die Interpolation müssen Stützpunkte mit Positionsdaten und Messdaten vorhanden sein. Die Werte der übrigen Punkte werden im Raster anhand der Entfernungen zu den Stützpunkten gemittelt: je weiter ein Stützpunkt vom untersuchten (interpolierten) Punkt entfernt ist, desto geringer ist dessen Einfluss. Die formalen Grundlagen finden sich bei Bill (2010, S. 512).

Zusätzlich werden Routinen für folgende Aufgaben benötigt:

1. Für das Einlesen der Datei,
2. die Anpassung des Maßstabes der Scratch-Bühne und
3. die spätere Weiterverarbeitung aller Daten.

Die Notwendigkeit des Einlesens der Datei ist selbstverständlich, die Anpassung des Maßstabes der Scratch-Bühne nicht. Die eingelesenen Koordinaten-Tupel stellen GPS-Koordinaten dar, die in der Realität mitunter weit auseinander liegen. Die Bühne der Scratch- (bzw. Panther-)Umgebung ist immer 480 x 360 Pixel klein, es muss also anhand der vorhandenen Koordinaten eine Skalierung vorgenommen werden. Anhand der größten und kleinsten GPS-Koordinaten in der Datei wird eine Art Rahmen des Betrachtungsgebietes erstellt. Dann wird zu jedem Messpunkt das Verhältnis zu diesem Rahmen bestimmt, da dieses Lageverhältnis auf der Scratch-Bühne das gleiche sein muss. Die Seitenverhältnisse (x-Koordinate / x-Ausdehnung) wird dann mit der Größe der Bühne multipliziert und man erhält die Pixelkoordinaten der Scratch-Bühne.

Eine Interpolation fehlender Werte ist nur sinnvoll, wenn die Werte angemessen dargestellt werden. Eine Möglichkeit ist die in Kapitel 4.3.1 erwähnte Darstellung als eingefärbte Karte. Für die Realisierung gibt es zwei Möglichkeiten: entweder man erzeugt Intervalle (Klassen) mit jeweils eigener Farbe, oder man errechnet den Farbwert direkt aus dem interpolierten Wert. Die erstgenannte Variante wurde im Processing-Programm implementiert, die direkte Berechnung im Panther-Programm.

In beiden Fällen entsteht nach Ausführen des Algorithmus eine gerasterte „Karte“ auf der Bühne, die farblich eine Verteilung der interpolierten Werte zeigt. Da es sich bei den verwendeten Programmen nicht um GIS handelt, ist der Raumbezug nur simuliert. Durch Einblenden der Messpunkte und ihrer Beschreibung („Schulhof“, „Bushaltestelle“) bleibt die Verortung aber übersichtlich erhalten.

Der „Inverse-Distance-Weighting“-Algorithmus in Pseudocode:

```

InverseDistanceWeighting ()
{
//Es werden nur Messpunkte betrachtet, die nicht zu weit weg sind

Wiederhole solange noch Stützpunkte vorhanden sind
{
  Wenn (Stützpunkt ist nicht zu weit weg) , dann {
    Invertiere Entfernung zu Stützpunkt
    Speichere inverse Entfernung
    Multipliziere inverse Entfernung mit Messwert des Stützpunkts
    Speichere auch diesen Wert
  }

} Ende Wiederhole

Addiere diese Werte für alle Stützpunkte auf
Teile diese Summe durch die Summe aller inversen Entfernungen

}

```

Als Formel (nach Bill 2010, S. 512):

Sei P der Punkt, dessen Wert  $w_p$  interpoliert werden soll, mit  $t = 1, \dots, T$  Nachbarpunkten.

$w_t$  bezeichnet den jeweiligen Wert eines Nachbarpunktes.

Es sei  $p_t = \frac{1}{s_t}$  die Gewichtsfunktion der Interpolationsgleichung, wobei  $s_t$  der Abstand von P zum jeweiligen Nachbarpunkt  $P_t$  ist.

Damit ergibt sich die Interpolationsgleichung.

$$w_p = \frac{\sum_{t=1}^T p_t w_t}{\sum_{t=1}^T p_t}$$

Der Abstand  $s_t$  kann beliebig potenziert werden, um eine Gewichtung vorzunehmen, damit weiter entfernte Punkte weniger Einfluss auf den zu interpolierenden Punkt haben.

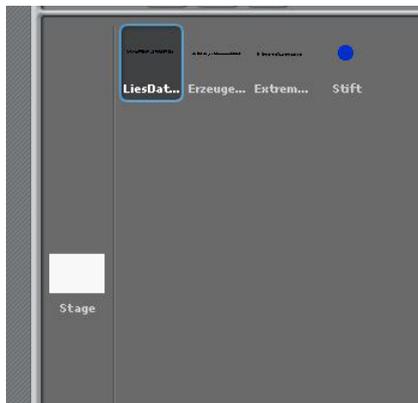
Das IDW-Programm in Panther:

Für die Umsetzung in „Panther“ ist es wichtig zu wissen, dass die Funktionen zur Dateimanipulation sehr begrenzt sind. Dateien werden zeilen- oder zeichenweise gelesen und geschrieben, daher ist es wichtig, dass die Daten in Form unformatierter Klartext-Dateien vorliegen. Die Trennung der Werte ist unerheblich, da die Nummern der zu lesenden Zeichen von

Hand eingestellt werden müssen. Die Datei mit den Werten muss im **Programmverzeichnis** von Panther vorliegen, der Dateiname kann im Quellcode angegeben werden.

```
51.75741, 07.65217, 250
51.74533, 07.65960, 200
51.77742, 07.64469, 460
51.79927, 07.65151, 832
51.81144, 07.64532, 889
51.79787, 07.62770, 700
51.78902, 07.61220, 680
51.75605, 07.66092, 300
51.78238, 07.58399, 500
51.75741, 07.62770, 488
```

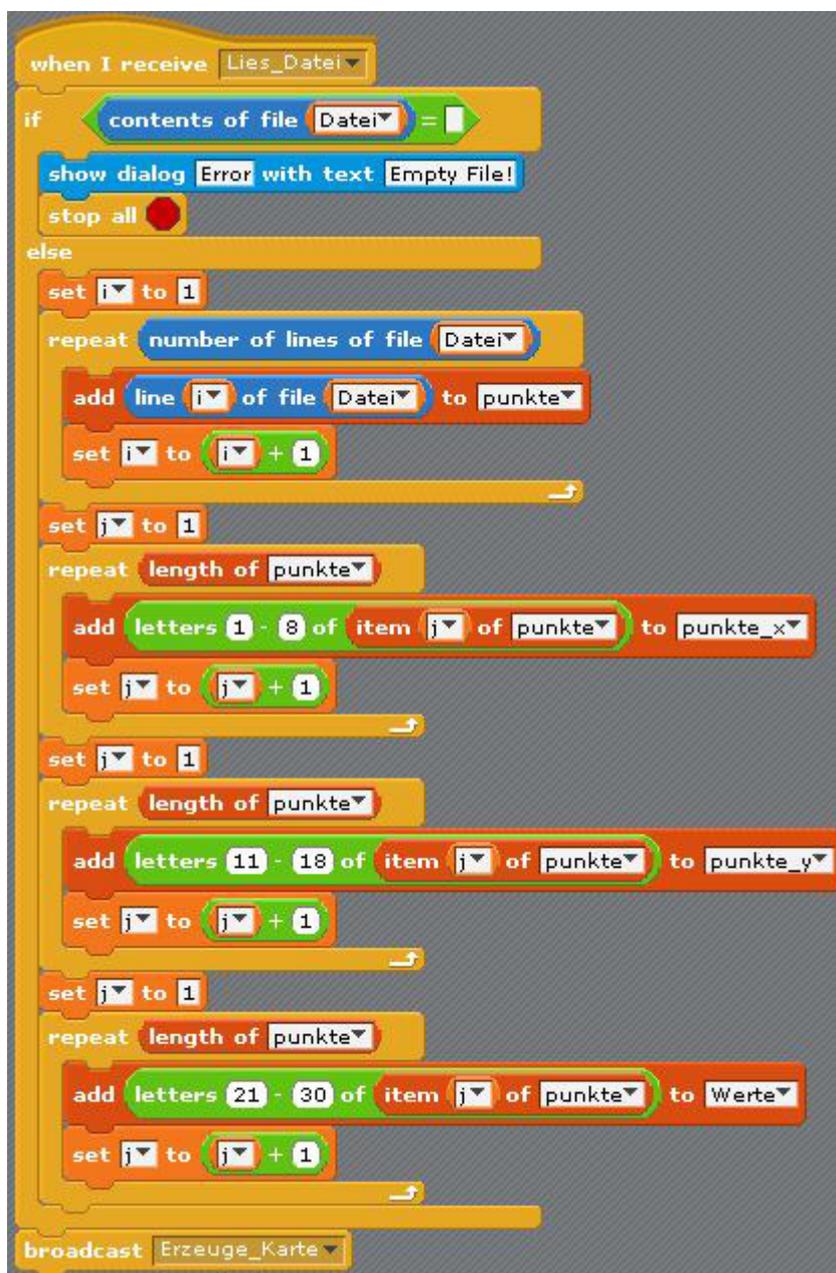
Die Skripte sind zur besseren Übersicht jeweils in unterschiedlichen Sprites gespeichert. Das letzte Sprite ist das „Stift“-Objekt, das später die Bühne zeilenweise „abfährt“ und entsprechend der interpolierten Werte einfährt.



Ich werde nun Screenshots der Codeblöcke einfügen und erläutern:



Der Skriptblock des Bühnenobjekts: hier werden die Listen des Programms geleert, der Dateiname festgelegt und die Bühne geleert.



Dieser Block sorgt für das Einlesen der Datei „daten.dat“, in der die GPS-Koordinatentupel und die zugehörigen Werte gespeichert sind. Wenn die Datei leer oder nicht vorhanden ist, wird eine Fehlermeldung ausgegeben und das Programm gestoppt. Andernfalls wird die Datei zeilenweise durchlaufen und bestimmte Abschnitte (Zeichen 1 – 8 sind die GPS-Koordinaten für die Breitengrade, 11 – 18 sind die Längengrade und 21 – 30 die jeweils zugehörigen Werte) in vorbereitete Listen abgelegt.

```

when I receive Erzeuge_Karte
  set punktMAXx to 0
  set punktMAXy to 0
  set punktMINx to 0
  set punktMINy to 0
  set Zähler to 1
  set i to 1
  set punkt_iterator to 0

  repeat until Zähler > length of punkte_x
    if punkt_iterator < item i of punkte_x
      set punktMAXx to item i of punkte_x
      set punkt_iterator to item i of punkte_x
    set Zähler to Zähler + 1
    set i to i + 1

  set Zähler to 1
  set i to 1
  set punkt_iterator to 0

  repeat until Zähler > length of punkte_y
    if punkt_iterator < item i of punkte_y
      set punktMAXy to item i of punkte_y
      set punkt_iterator to item i of punkte_y
    set Zähler to Zähler + 1
    set i to i + 1

```

Fortsetzung von links...

```

set Zähler to 1
set i to 1
set punkt_iterator to item 1 of punkte_x

repeat until Zähler > length of punkte_x
  if punkt_iterator > item i of punkte_x
    set punktMINx to item i of punkte_x
    set punkt_iterator to item i of punkte_x
  set Zähler to Zähler + 1
  set i to i + 1

set Zähler to 1
set i to 1
set punkt_iterator to item 1 of punkte_y

repeat until Zähler > length of punkte_y
  if punkt_iterator > item i of punkte_y
    set punktMINy to item i of punkte_y
    set punkt_iterator to item i of punkte_y
  set Zähler to Zähler + 1
  set i to i + 1

set Seitenlaenge_x to punktMAXx - punktMINx
set Seitenlaenge_y to punktMAXy - punktMINy
broadcast Karte_erzeugt

```

Dieses Skript wird nach dem Einlesen der Datei ausgeführt und iteriert über die entstandenen Listen. Ziel ist die Suche nach den Minima und Maxima der Längen- und Breitengrade zum Aufspannen des „Rahmens“, der später (skaliert) der Größe der Bühne entsprechen soll. Abschließend werden die Seitenlängen des Rahmens in zwei Variablen gespeichert.

```

when I receive Erzeuge_Karte
  set m to 1
  set WertMax to item 1 of Werte
  repeat length of Werte
    if WertMax < item m of Werte
      set WertMax to item m of Werte
    set m to m + 1
  set m to 1
  set WertMin to item 1 of Werte
  repeat length of Werte
    if WertMin > item m of Werte
      set WertMin to item m of Werte
    set m to m + 1
  set WertDiff to WertMax - WertMin
  stop script

```

Dieses Skript bestimmt lediglich das Minimum und Maximum der eingelesenen Messwerte, sowie deren Differenz für die spätere Klassifizierung und Einfärbung.

Alle weiteren Funktionen befinden sich im folgenden Skript des „Stift“-Objekts. Wichtig hierbei: der Stift bewegt sich Schritt-für-Schritt über die Bühne (in Schritten von 10 Pixeln) und führt das Skript jedesmal aus. Die Arbeitsschritte des Skripts sind: Entfernungen zu Stützpunkten bestimmen, IDW-Algorithmus für alle Punkte ausführen, die näher sind als 300 Pixel, Farbwert entsprechend berechnen und aktuelle Position einfärben. Schritt vorwärts.

```

when I receive Karte_erzeugt
  go to x: -235 y: 175
  set pen color to blue
  set pen shade to 100
  set pen size to 10
  point in direction 90
  delete all of PixelKoordinaten
  set k to 1
  repeat length of punkte
    make join x k
    make join y k
    set join x k to 240 - (item k of punkte_x - punktMINx) / Seitenlaenge_x * 480
    set join y k to 180 - (item k of punkte_y - punktMINy) / Seitenlaenge_y * 360
    add join join k : join join x k join / join y k to PixelKoordinaten
    set k to k + 1
  wait 2 secs

```

Es wird zunächst der Malstift initialisiert, der die Karte einfärben soll. Er wird in die linke obere Ecke versetzt und bekommt die Bewegungsrichtung 90° (rechts) eingestellt.

Die folgende Schleife ist die Logik zur Umrechnung der GPS-Koordinaten in „Pixelkoordinaten“ für die Panther-Bühne. Sie iteriert über die Liste der Punkte und erzeugt lokale Variablen für die neuen x- und y-Werte. Zuerst wird das Seitenverhältnis von GPS-Koordinate und Seitenlänge bestimmt und mit der Länge der Bühne multipliziert. Das Ergebnis von 240 subtrahiert ergibt die genaue Koordinate auf der Bühne. Anschließend wird eine weitere Liste mit den neuen Pixelkoordinaten gefüllt. Fortsetzung des Skripts...

```

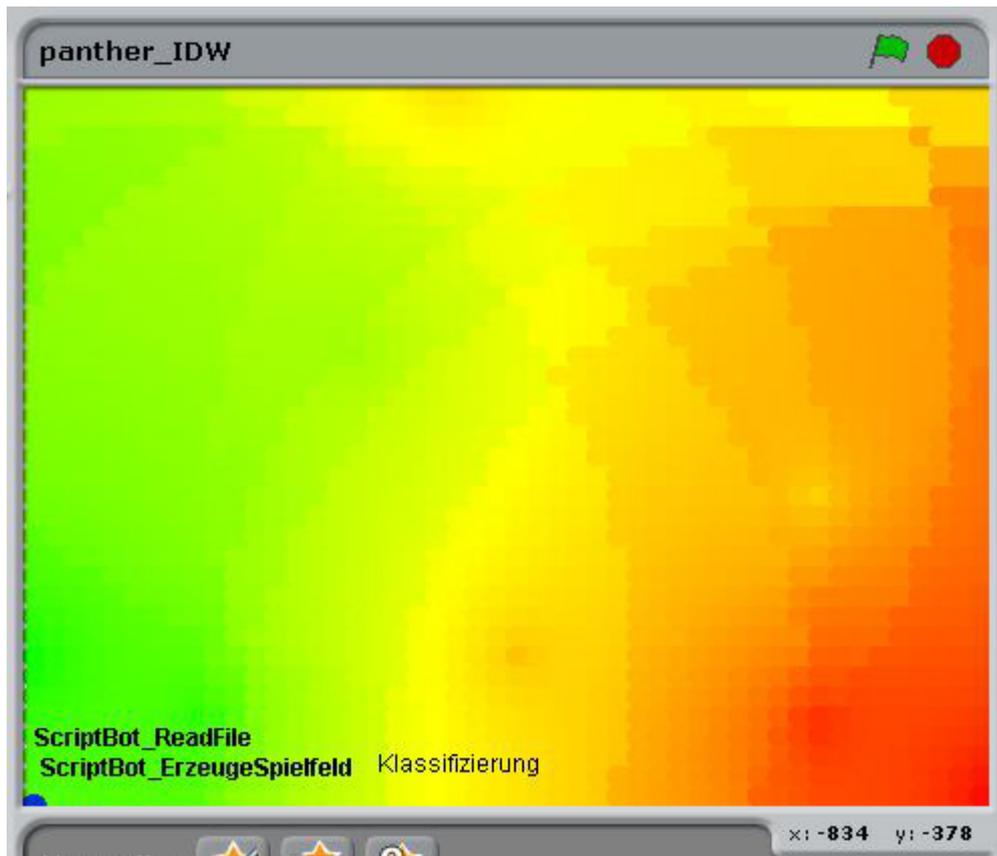
repeat until (x position = 240 and y position = -180)
  repeat until (x position > 235)
    set k to 1
    set InverseEntfernung to 0
    set Einfluss to 0
    set InterpolWert to 0
    set SummeInvEntf to 0
    repeat (length of punkte)
      set Entfernung to sqrt of ((x position of Stift - join x k) ^ 2 + (y position of Stift - join y k) ^ 2)
      if (Entfernung < 300)
        set InverseEntfernung to 1 / Entfernung
        set SummeInvEntf to SummeInvEntf + InverseEntfernung
        set Einfluss to Einfluss + item k of Werte * InverseEntfernung
      set k to k + 1
    set InterpolWert to Einfluss / SummeInvEntf
    set pen color to color h: InterpolWert - WertMin / WertDiff * 120 s: 100 b: 70
    pen down
    change x by 10
    pen up
  set x to -235
  change y by -10
  if (y position < -175)
    stop all
  
```

Dies ist die zweite Hälfte des „Stift“-Skripts: es enthält den IDW-Algorithmus und die Einfärbung entsprechend des interpolierten Wertes. Außerdem die Positionsänderungen für den Stift und die Überprüfung, ob er den Rand berührt hat und ob die letzte Zeile fertig ist. Die längere Zeile im oberen Drittel dient der Bestimmung der Entfernungen zu den Stützpunkten über den Euklidischen Abstand  $c = \sqrt{(x_{Stift} - x_{Messpunkt})^2 + (y_{Stift} - y_{Messpunkt})^2}$ . Stützpunkte, die weiter entfernt sind als 300, werden für die folgende Interpolation nicht berücksichtigt. Es werden nun die Inversen der Entfernungen zu den Stützpunkten bestimmt und in einer Variable aufsummiert.

Gleiches gilt für den *Messwert \* Inverse Entfernung*, hier „Einfluss“ genannt. Die Berechnung erfolgt analog zur formalen Beschreibung des IDWA.

Im Anschluss wird der Farbwert für die aktuelle Stiftposition bestimmt. Er errechnet sich im HSB-Farbraum (Hue, Saturation, Brightness) direkt aus dem interpolierten Wert, wobei der Hue-Wert modifiziert wird und Sättigung und Helligkeit konstant sind.

Nachdem das Programm durchgelaufen ist, sieht die Bühne folgendermaßen aus:



### Das IDW-Programm in „Processing“:

Die Beispieldaten für Processing sollten in etwas anderer Form vorliegen. Die Zugriffsmöglichkeiten auf Dateien sind hier umfangreicher als bei Panther, daher können auch Strings ausgelesen werden. Auch hier kann der Dateiname im Quellcode angepasst werden. Der erste „Wert“ ist ein String mit der Bezeichnung des Messpunkts, dann folgt das GPS-Koordinatentupel und am Ende steht der Messwert. Diese Datei muss sich **im Verzeichnis der .pde-Datei** (dem Projektordner) befinden.

```
Schulhof, 51.75741, 07.65217, 250  
Schlossplatz, 51.74533, 07.65960, 200  
Bahnhof, 51.77742, 07.64469, 460  
Rathausplatz, 51.79927, 07.65151, 832  
Goethestrasse, 51.81144, 07.64532, 889  
Wetterstation, 51.79787, 07.62770, 700  
Sportplatz, 51.78902, 07.61220, 680  
Messpunkt 8, 51.75605, 07.66092, 300  
Gasselstiege, 51.78238, 07.58399, 500  
Fliednerstrasse, 51.75741, 07.62770, 488
```

Der Quellcode samt Kommentaren für das Processing-Programm kann hier nicht abgedruckt werden, sondern liegt der Arbeit bei.

## 2.1.2 Hinweise und Links zur Datensammlung mit Arduino

### Warum Arduino?

Für eine Datensammlung mit Arduino gibt es, wie zuvor erwähnt, mindestens die Alternative, Lego Mindstorm - Roboter zu benutzen. Diese beiden Systeme haben unterschiedliche Stärken und Schwächen, von denen ich einige auflisten möchte:

Arduino	Lego-NXT-Roboter
<p><b><u>Vorteile:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vergleichsweise günstig, besonders die Sensoren</li> <li>- Open-Source-Architektur sorgt für große Auswahl an Bauteilen und Herstellern in unterschiedlichen Preisniveaus</li> <li>- Große und wachsende Community, die neue Projekte initiiert und Ideen liefern kann, sowie Lehrende in Foren unterstützt</li> <li>- Einzelne Module ermöglichen genaue Anpassung an Verwendungszweck, später genau so leicht und schnell um Funktionen erweiterbar</li> <li>- Durch die Vielzahl an Modulen ist ein Einsatz in anderen technischen Fächern leicht möglich, eine Anschaffung durch die Schule dient damit nicht nur dem Bereich Robotik im Fach Informatik</li> <li>- Für ältere SuS haftet den Arduino-Boards nicht das „Bauklötzchen-Image“ an</li> <li>- Die Programmierumgebung benutzt einen Java-Dialekt und ist mit Vorkenntnissen leicht zu erlernen, für jüngere SuS arbeitet ein spanisches Team an einer Anbindung an Scratch, die schon mit Einschränkungen funktioniert</li> <li>- Arduino ermöglicht eine Annäherung an die Grenze mit der Elektrotechnik im Unterricht</li> </ul>	<p><b><u>Vorteile:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Stärken liegen in der Robotik, dafür sind viele aufeinander abgestimmte Teile erhältlich</li> <li>- Leichter zugänglich für jüngere SuS dank der bekannten Legobauweise; das System wirkt robust und lädt zum Ausprobieren ein</li> <li>- Schon länger in der Schule etabliert, es gibt eine Reihe ausgearbeiteter Unterrichtsmodule</li> <li>- Die Programmierung ist aufgrund der graphischen Programmierumgebung auch für jüngere SuS geeignet, der Einstieg fällt leicht</li> </ul>
<p><b><u>Nachteile:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Schulen mit Lego-NXT-Sätzen müssten Geld für ein neues System ausgeben</li> <li>- Robotik gehört nicht zu den unmittelbaren Stärken von Arduino</li> <li>- Für jüngere SuS bis zum Ende der Sek. I ist das System sehr kompliziert oder muss zu großen Teilen als Black-box behandelt werden; das Design als offene Platine kann abschreckend komplex wirken</li> <li>- Die Anbindung an Scratch oder andere, einfachere Programmierumgebungen ist noch in der Entwicklung</li> </ul>	<p><b><u>Nachteile:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Alle Themen neben der Robotik, die programmierbare Systeme betreffen, sind nur eingeschränkt behandelbar</li> <li>- Das System ist vergleichsweise teuer, Erweiterungen ebenso</li> <li>- Die Menge an verfügbaren Sensoren ist an die Anwendung in der Robotik angepasst, Sensoren für physikalische oder geowissenschaftliche Themen sind kaum vorhanden oder sehr teuer</li> </ul>

Die Entscheidung, die Datensammlung mit Hilfe von Arduino zu empfehlen, gründet sich in erster Linie darauf, dass das flexible System sich am Besten dafür eignet. Sofern noch keine Lego-Systeme vorhanden sind, sorgen die niedrigeren Kosten der Arduino-Boards außerdem dafür, dass bei gleicher Investition kleineren SchülerInnengruppen je ein Sensorsystem zur Verfügung steht.

Dazu eine kleine Beispielrechnung:

Ein „Lego Mindstorms NXT 2.0“-Bausatz kostet ca. 300 Euro. Darin enthalten sind der Computer, drei Motoren, ein Ultraschall-, ein Farb- und zwei Tastsensoren, sowie viele Kleinteile. Für die angestrebte Messung einer Gaskonzentration oder eines anderen Messwertes von geoinformatischem Interesse ist mindestens ein weiterer Sensor nötig, nehmen wir für den einfachen Fall einen Temperatursensor. Dieser kostet ca. 40 Euro. In vergangenen Praktika gab es in den meisten von mir besuchten Schulen Sätze aus sechs Robotern, was in unserem Fall Hardwarekosten von 2040 Euro bedeuten würde. In einer Klasse mit 30 SuS ergäbe das also Gruppen von 5 SuS pro Sensorsystem.

Ein günstiges „Arduino Uno R3“ kostet ca. 26 Euro<sup>15</sup>, ein etwas umfangreicheres „Arduino mega 2560 R3“ knapp 50 Euro. Diese müssen zur Stromversorgung an einen PC oder Laptop (per USB) angeschlossen werden, oder es muss ein Batteriepack separat erworben werden. Für unsere Beispielmessung benötigen wir außerdem einen einfachen Temperatursensor, der mit ca. 2 Euro zu Buche schlägt, sowie ein sog. „Breadboard“ für ca. 4 Euro, um die Komponenten unkompliziert aufstecken zu können. Benötigte Kabel und Widerstände werden im Set gekauft und kosten umgelegt ca. 0,50 Euro pro Arduino-Board. Damit belaufen sich die Kosten für eine Sensoreinheit zur Temperaturmessung auf entweder 32,50 Euro im günstigen Fall, oder 56,50 Euro im teureren Fall. Für die gut 2000 Euro der Lego-Einheiten könnte man also ca. 61 bzw. 35 Arduino-Boards samt Zubehör kaufen. Somit könnte jede Schülerin und jeder Schüler ein eigenes Arduino-Board erhalten und die Ausgaben wären trotzdem einige hundert Euro niedriger. Natürlich ist diese Rechnung in der Realität nicht so einfach, da in den Schulen oft schon Lego-Roboter vorhanden sind und diese sich für weit mehr nutzen lassen, als eine Temperaturmessung. Das allerdings trifft noch viel stärker auf die Arduino-Boards zu, weil für deren Aufrüstung nur geringe Kosten anfallen. Bedenkt man die oben von mir empfohlene Gruppenarbeit und teilt die Klasse in zehn Dreiergruppen ein, würden insgesamt Kosten von 325 bzw. 565 Euro für einen Klassensatz Arduino-Boards anfallen.

---

15 Als Quelle für die Preisinformationen habe ich einen Onlineversand gewählt, bei dem die Hardware für einen Arduino-Blockkurs des Instituts für Geoinformatik beschafft wurde

## **Nützliche Links**

[Arduino \(http://arduino.cc\)](http://arduino.cc)

Die Homepage des Arduino-Projekts.

[Arduino-Tutorials \(http://arduino.cc/en/Tutorial/AnalogInOutSerial\)](http://arduino.cc/en/Tutorial/AnalogInOutSerial)

Eine Seite mit einem Tutorial, das das Auslesen eines analogen Signals behandelt. Anstatt des Drehpotenziometers würde man in unserem Beispiel einen Gassensor benutzen, der ebenfalls ein analoges Signal erzeugt. Auf der entsprechenden Seite finden sich noch weitere Anleitungen und Beispiele.

[Scratch-for-Arduino \(http://seaside.citilab.eu/scratch/arduino\)](http://seaside.citilab.eu/scratch/arduino)

Dieses Projekt hat eine Firmware entwickelt, die auf ein Arduino-Board überspielt wird. Danach kann es mit einer Modifikation von Scratch gesteuert werden.

[„Fritzing“ \(http://fritzing.org/\)](http://fritzing.org/)

„Fritzing“ ist ein open-source Projekt, das u.a. eine kostenlose Software zur Planung von Adruinoschaltungen bereitstellt. Damit lassen sich Hardwareansichten oder Schaltpläne der eigenen Projekte exportieren.

[„GPS Babel“ \(http://www.gpsbabel.org/\)](http://www.gpsbabel.org/)

Dieses kostenlose Programm konvertiert GPS-Daten (Tracks, Wegpunkte etc.) zwischen vielen verschiedenen Formaten und kann auch die Geräte vieler Hersteller direkt auslesen. Für die beschriebenen Inhalte ist es hilfreich, weil es GPS-Tracks in kommagetrennte Textdateien umwandeln kann. Viele Smartphone-Apps exportieren aufgezeichnete Tracks etwa als .kml- oder .kmz-Formate für Google Earth. Diese Dateien können dann mit „GPS Babel“ in Textdateien umgewandelt werden.

## **„n-ter-Punkt“-Algorithmus**

Der Quellcode des Programms ist zu umfangreich, um hier abgedruckt zu werden. Er liegt der Arbeit bei.