

# Geographische Informationssysteme (GIS) und ihre Anwendung in den Sozialwissenschaften am Beispiel des Schweizer Umweltsurveys

# Geographic Information System (GIS) and its Application in the Social Sciences using the Example of the Swiss Environmental Survey

*Reto Meyer und Heidi Bruderer Enzler*

## *Zusammenfassung*

Dem räumlichen Kontext wurde in den deutschsprachigen Sozialwissenschaften bislang nur beschränkt Beachtung geschenkt. Da geographische Informationssysteme (GIS) den Aufwand für die Erhebung und Analyse raumbezogener Daten erheblich verringern, unterstützen sie die Untersuchung einer Vielzahl verschiedener Forschungsfragen. Die große Bandbreite geografischer Funktionen ermöglicht das Erstellen ansprechender kartografischer Produkte, die das Entdecken räumlicher Muster erleichtern, und das Errechnen raumbezogener Prädiktoren, die in weitere Analysen einfließen können. Im ersten Teil des vorliegenden Artikels werden die Datenerfassung und -beschaffung sowie die Analyse-Grundfunktionen und Ausgabemöglichkeiten von GIS vorgestellt. Am Beispiel der Untersuchungen zur Umweltgerechtigkeit im Schweizer Umweltsurvey wird anschließend eine spezifische Anwendung beschrieben.

## *Abstract*

To date, spatial context has only been taken into account very limitedly by German research in social sciences. As Geographic information systems (GIS) reduce the effort of collecting and analyzing spatial data substantially, they allow exploring a whole range of research questions. They facilitate the creation of visually appealing cartographic products that may help uncovering spatial patterns, and the computation of space-related predictors that can be used for further analyses. The first part of this article covers the topic of data acquisition as well as basic analytic functions and output capabilities of GIS. Afterwards, these are illustrated in a study of environmental justice based on the Swiss Environmental Survey.



## 1 Einleitung<sup>1</sup>

Das Sozio-oekonomische Panel (SOEP) ist eine unentbehrliche Datenquelle der deutschen Sozial- und Verhaltensforschung, die es erlaubt, den sozialen Wandel in Deutschland seit Mitte der 1980er Jahre zu beschreiben und Veränderungsprozesse auf Basis von Mikrodaten zu analysieren.<sup>2</sup> Die Existenz dieser und ähnlicher Längsschnittdaten in anderen Ländern, beispielsweise die „Panel Study of Income Dynamics“ in den USA oder der „British Household Panel Survey“, legen den Schluss nahe, dass der zeitlichen Dimension in den Sozialwissenschaften allgemein große Bedeutung zugeschrieben wird. Dies geschieht unter anderem in der Hoffnung, durch das Verfolgen von Personen über die Zeit kausale Beziehungen aufdecken zu können. Der räumliche Kontext dagegen wurde in vielen sozialwissenschaftlichen Studien bislang nur marginal berücksichtigt, obwohl Opportunitätsstrukturen vor Ort das individuelle Handeln oft maßgeblich beeinflussen – sowohl aus theoretischer als auch empirischer Sicht (siehe Franzen 1997; Brimblecombe/Dorling et al. 1999; Shaw/Dorling et al. 1999; Best 2009). Wird dem räumlichen Kontext dennoch Beachtung geschenkt, so geschieht dies bisher in der Regel durch das Verwenden von Indikatoren für räumliche Zugehörigkeiten und Eigenschaften wie die Urbanität der Wohngemeinde, Sprachgebiete oder Stadtkreise. Während derartige Variablen durchaus ihre Berechtigung haben, kränken sie daran, dass sie sich in der Regel auf großflächige und/oder auf administrative Gebiete beziehen. Diese Grenzbeziehungen entsprechen nicht der lebensweltlichen Erfahrung der Menschen. Für diese ist wenig relevant, wo ein Stadtkreis endet, sondern vielmehr wo die nächsten Einkaufsmöglichkeiten, Arbeitsplätze oder Freizeiteinrichtungen sind. Geographische Informationssysteme (GIS) erlauben es, nicht nur mit den altbekannten Indikatoren zu arbeiten, sondern andere räumliche Einheiten wie Nachbarschaften zu berücksichtigen. So kann Befragten mit Hilfe eines geographischen Informationssystems beispielsweise ein (gewichteter) Mittelwert ihrer räumlichen Umgebung

- 1 Der Schweizer Umweltsurvey 2007 wurde durch den Schweizerischen Nationalfonds gefördert (Projekt: 100012-107835). Das Projekt wurde vom Bundesamt für Umwelt (BAFU), den Kantonen Basel-Stadt (Amt für Umwelt und Energie) und Zürich (Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft), den Zentralschweizer Kantonen (Umweltämter) und dem Umwelt- und Gesundheitsschutz der Stadt Zürich unterstützt. Ferner wurde das Projekt finanziell und bezüglich der Stichprobenauswahl vom Bundesamt für Statistik (BFS) gefördert. Das BFS hat keinen Einfluss auf die verwendete Methode und die daraus resultierenden Ergebnisse. Herzlicher Dank gilt Ulf Liebe und Christa Mühlemann für Anregungen und die Durchsicht des Aufsatzes und Kirk Ingold für die Unterstützung bei der Zuschreibung der Gebäudelärmdaten.
- 2 Eine Übersicht zu aktuellen Studien auf Basis der SOEP-Daten findet sich hier: <http://www.diw.de/soep> (07.06.2012).

zugeschrieben werden. Daneben eröffnen sich neue Möglichkeiten, Reisewege oder Entwicklungen in der Raumnutzung zu erfassen und zu analysieren.

Diese Art der Berücksichtigung raumbezogener Daten und deren kartografische Darstellung waren bis vor wenigen Jahren sehr aufwändig. So wurde beispielsweise im DEFECT-Projekt während der Stichprobenziehung mittels Random-Route-Verfahren einerseits für alle Adressen ein Beobachtungsbogen mit Angaben zur Klassifikation des Gebäudes und zu Umgebungsmerkmalen (z.B. Wald) ausgefüllt, andererseits wurden sämtliche begangenen Straßen für eine Nachkodierung gefilmt oder fotografiert (Schnell/Kreuter 2000). Zwar weniger zeitintensiv, aber vermutlich auch weniger genau dürfte die direkte Abfrage von räumlichen Gegebenheiten mittels eines Fragebogens sein, z.B. Informationen zur Wohnumgebung (Preisendörfer 1999) oder Abschätzungen von Distanzen (Franzen 1997).

Dank technischer und methodischer Fortschritte in den Geowissenschaften steht mit den geographischen Informationssystemen ein Instrument zur Verfügung, das die Arbeit zur Berücksichtigung und Analyse lokaler Begebenheiten stark vereinfacht und den Zeitaufwand erheblich verringert (Okabe 2006b; Goodchild 2010a). Ein Blick in die Literatur (z.B. Rigaux/Scholl et al. 2002; Meyer 2010) zeigt zwar, dass die Grundlagen von GIS nicht ganz einfach zu verstehen sind; für eine Mehrheit der Forschenden stellen diese Systeme aber dennoch eine erhebliche Erleichterung dar. So wie viele empirische Sozialforscher/-innen die Likelihood-Schätzung lediglich im einführenden Methodenkurs versuchen nachzuvollziehen, und für deren konkrete Anwendung lieber auf ein Statistikprogramm vertrauen, kann auch GIS als Werkzeug angesehen werden, das es erlaubt, vormals aufwändige und teilweise nur mit sehr spezifischem Fachwissen mögliche Analysen durchzuführen. Unerlässlich für eine korrekte Anwendung ist jedoch ein grundsätzliches Verständnis der entsprechenden Vorgänge und Ergebnisse in GIS; werden komplexere Verfahren eingesetzt, so ist schnell mehr Fachwissen nötig und es ist gegebenenfalls ratsam, GIS-Experten beizuziehen.

Noch finden GIS in den Geistes- und Sozialwissenschaften kaum Verwendung. Neuere Lehrbücher (Steinberg/Steinberg 2006; Lai/Mak 2007; DeMers 2009b; ESRI 2009a; Bodenhamer/Corrigan et al. 2010; Lloyd 2010), wissenschaftliche Aufsätze sowie Tagungen (beispielsweise das GeoForum 2012: „Geoinformation für den gesellschaftlichen Wandel neue Wertschöpfung mit Sozial- und Wirtschaftsdaten“) zur Anwendung von GIS in diesen Disziplinen deuten jedoch auf eine zunehmende Verbreitung des Instruments in Nicht-Geowissenschaften hin.

Einige ökonomisch orientierte Studien setzen GIS zur Bewertung von Häusern und Wohnumgebungen ein (mittels hedonischer Wohnpreisfunktion; Baranzini/Ramirez 2005; Asami/Gao 2006) oder zur Bestimmung optimaler Standorte für

öffentliche Anlagen und andere Einrichtungen (Germann/Seeland 2004; Kohsaka/Sekine 2006; Sorrentino/Meenar et al. 2008). In der Soziologie wird GIS vermehrt für die Untersuchung räumlicher Disparitäten und der Diskriminierung sozialer Gruppen (z.B. Hermann/Heye et al. 2005; Downey 2006; Baranzini/Caroline et al. 2008; Crowder/Downey 2010) oder zur Illustration sozio-struktureller Veränderungen eingesetzt (Schuler/Dessemontet et al. 2007). Gesundheitswissenschaftler/-innen berechnen die Erreichbarkeit von Anbietern medizinischer Versorgung mit Hilfe von GIS (vgl. Übersicht in Higgs 2004) oder setzen GIS ein, um die Ausbreitung von Umweltbelastungen (z.B. Briggs 2005; Heinrich/Gehring et al. 2005) und Krankheiten zu modellieren (Yang/Peng et al. 2007; Gómez-Rubio/Ferrándiz-Ferragud et al. 2009; Niyonsenga/Courteau et al. 2009). In der Kriminalitätsanalyse hofft man, durch GIS den Aktionsradius von Tätern eingrenzen zu können und ihnen dadurch eher auf die Schliche zu kommen (Spencer/Ratcliff 2005; van Schaaik/van der Kemp 2009). In der Geschichtswissenschaft und Archäologie wird unter Anwendung von GIS beispielsweise versucht, auf der Basis von Karten und Bildern historische Stätten zu visualisieren (Shimizu/Fuse 2006) oder die Subsistenzstrategien und Umweltbedingungen in Verbindung mit einem bestimmten Lebensstil zu bestimmen (u.a. Größe der Lebensgemeinschaften und Häuser; Tsumura 2006).<sup>3</sup>

Diese Beispiele verdeutlichen, wie vielfältig die Anwendungsgebiete von GIS bereits geworden sind. Mit dem vorliegenden Artikel möchten wir einen Beitrag dazu leisten, GIS für die deutsche Sozialwissenschaft zugänglicher zu machen und den Blick für potenzielle Anwendungen zu schärfen. Nach einem einführenden, allgemeinen Abschnitt zum Aufbau von GIS, zur Datenbeschaffung, zu Analyse-Grundfunktionen und Ausgabemöglichkeiten wird am Beispiel der Untersuchungen zur Umweltgerechtigkeit im Schweizer Umweltsurvey eine spezifische Anwendung beschrieben. Insbesondere gehen wir dabei der Frage nach, weshalb der mit unseren Daten berechnete Anteil Lärmbelasteter in der Schweiz geringer ausfällt als die offizielle Quote des Bundesamtes für Umwelt und welche Auswirkungen eine Änderung der Datenbasis auf die Ergebnisse hat. Der Ausblick enthält Überlegungen zum künftigen Einsatz von GIS und weitergehenden Analysemöglichkeiten für Daten mit Raumbezug. Der Beitrag schließt mit einer kurzen Linkliste, die auf GIS-Software, Lehrbücher, Datenquellen und Webseiten zu GIS (in den Sozialwissenschaften) verweist.

3 Für Hinweise auf aktuelle Beiträge vgl. <http://gisandscience.com/category/social-science> (07.06.2012)

## 2 Was ist ein geographisches Informationssystem?

Entgegen der vorherrschenden Meinung Mitte des 19. Jahrhunderts war der englische Arzt John Snow (1813–1858) der Ansicht, Cholera werde durch damals noch nicht entdeckte Organismen im Trinkwasser verursacht und nicht durch giftige Dämpfe aus Sümpfen, offenen Gräbern und Abfallgruben hervorgerufen (Frerichs 2001). Seine Hypothese versuchte Snow anhand verschiedener Untersuchungen zu stützen, u.a. mit einem Kartenausschnitt von London, in den er die Wohnadresse jedes Cholera-Toten einzeichnete. So konnte er zeigen, dass viele erkrankte Personen in der Nähe einer bestimmten Wasserpumpe wohnten oder dorthin kamen, um sich mit Wasser zu versorgen. Die Cholera-Rate des nahe gelegenen Armenhauses, das einen eigenen Brunnen hatte, war deutlich geringer, ebenso unter den Angestellten der lokalen Brauerei, da diese meist überhaupt kein Wasser tranken (Snow 1855; Frerichs 2001). Snow, der auch als Vater der (modernen) Epidemiologie gilt,<sup>4</sup> dürfte einer der Ersten gewesen sein, der wissenschaftliche Untersuchungen durchgeführt hat, wie sie heute in einem geographischen Informationssystem üblich sind. Er hat verschiedene Arten von Daten (Brunnen, Todesfälle) über ihren jeweiligen Standort im Raum (Straßenkreuzung, Adresse des Wohnhauses) miteinander in Beziehung gesetzt und daraus neue Informationen abgeleitet.

In einem GIS können – wie auch in anderen computergestützten Informationssystemen (z.B. einer Datenbank oder einem Statistikprogramm) – Informationen erfasst, verwaltet, analysiert und ausgegeben werden. Die Stärke eines GIS liegt in den Verarbeitungs- und Präsentationsmöglichkeiten für räumliche Daten<sup>5</sup>. Diese zeichnen sich durch die Information zur Lage in einem Bezugssystem (Koordinatensystem) und zur geometrischen Form der Objekte aus (Carosio 2005; Okabe 2006b; Steinberg/Steinberg 2006; DeMers 2009a; Bill 2010; Lloyd 2010). Auf der Basis derartiger Informationen lassen sich Aussagen zu räumlichen Beziehungen zwischen Objekten ableiten (Topologie, beispielsweise Nachbarschaft oder Überlappung). Zudem können Untersuchungsobjekte nicht nur, wie in normalen Daten-

4 Weitergehende Informationen zu John Snow und seinen Untersuchungen (z.B. „Grand Experiment“) sowie die beschriebene Karte sind auf der John Snow-Webseite des Departments für Epidemiologie der UCLA zu finden: <http://www.ph.ucla.edu/epi/snow.html> (07.06.2012). Weitere Beispiele früher räumlicher Analysen sind in Steinberg/Steinberg (2006) beschrieben, z.B. zur sozialen Ungleichheit in den Slums von Chicago um 1893 oder die Verwendung des Bahnnetzes als Indikator für die Verbreitung der „Zivilisation“ um 1923.

5 Obwohl manche Autoren (Carosio 2005; Okabe 2006b) zwischen geografischen und räumlichen Daten unterscheiden, werden diese Begriffe im vorliegenden Beitrag als Synonyme verwendet.

banken gängig, über ein Schlüsselattribut (z.B. Familiennummer, Postleitzahl) verbunden werden, sondern auch über ihre Position im Raum.

Ein GIS, wie es für wissenschaftliches Arbeiten in der Regel verwendet wird, ist meist ein lokal installiertes Computerprogramm; beispielsweise die kommerzielle Software ArcGIS von ESRI. In den letzten Jahren wurden auch im Open-Source-Bereich verschiedene GIS-Pakete – beispielsweise Quantum GIS oder GRASS GIS – derart weiterentwickelt, dass sie mittlerweile für viele Anwendungszwecke gute Alternativen zu den käuflichen Programmen darstellen.<sup>6</sup>

Wie auch bei Statistikanwendungen müssen in dieses System vor einer Analyse Daten eingebunden werden. Dies bedeutet entweder, dass ein Datensatz lokal vorliegt, oder aber es wird ein Datensatz über das Internet lediglich eingebunden, nicht aber lokal gespeichert. Die Daten selbst sind typischerweise so organisiert, dass verschiedene Daten-Layer (Kartenschichten) übereinander gelegt und je nach Bedarf gemeinsam oder einzeln betrachtet und analysiert werden (ESRI 2009b). Die Basis bildet oft eine Grundlagenkarte, z.B. Landes- oder Gemeindegrenzen, auf die unterschiedliche thematische Karten gelegt werden, z.B. eine Straßenkarte, eine Karte mit Standorten von Bildungsstätten oder mit Informationen zum Anteil der Personen im Rentenalter.

Im Folgenden wird auf die in der Definition von GIS bereits erwähnten Prozesse der Erfassung oder Beschaffung von Daten sowie deren Verwaltung, Analyse und Ausgabe eingegangen.

## 2.1 Datenerfassung und Datenbeschaffung

Analog zur Differenzierung zwischen Primär- und Sekundärdaten in den Sozialwissenschaften können auch GIS-Daten selber erhoben werden oder man verwendet bereits erfasste Daten. Für eigene Datenerhebungen stehen heute neben der Vermessung vor Ort eine ganze Bandbreite unterschiedlicher Techniken zur Verfügung: z.B. Photogrammetrie (Satelliten- oder Luftbilder), Laser-Scanning aus Flugzeugen oder die Digitalisierung bereits vorliegender, analoger Karten (DeMers 2009a; Bill 2010). Neben weiteren Attributen zur Beschreibung der zu erfassenden Objekte sind deren räumlichen Eigenschaften zu ermitteln – die Geometrie sowie die Lage

6 Im Allgemeinen wird davon ausgegangen, dass sich die Erweiterung des Marktes um Open-Source-Produkte insofern positiv auf die Weiterentwicklung der kommerziellen Angebote auswirkt, als der Innovationsdruck steigt Mundhenke (2005). Mögliche negative Folgen liegen in einer vermehrten Implementierung proprietärer Schnittstellen (Brügge/Harhoff et al. 2004) – was im Falle der GIS-Anwendungen der aktuellen Forderung nach Interoperabilität entgegenläuft.

im Bezugssystem (Geokodierung oder Georeferenzierung). Aufzeichnungen aus einem Flugzeug oder Satelliten können beispielsweise aufgrund der Position und Ausrichtung des Aufnahmegeräts umgerechnet werden (DeMers 2009a; Bill 2010). Bei einer Erfassung vor Ort bildet das Global Positioning System (GPS) die Basis.

Liegen Objekte als Listen vor, z.B. Postanschriften, so können diese nachträglich georeferenziert werden, indem mittels einer Datenbank XY-Koordinaten zugeschrieben werden. Heute stehen teilweise geokodierte amtliche Adressdaten zum Abgleich zur Verfügung (siehe Anhang); alternativ liegen beispielsweise durch Anbieter von Online-Karten wie z.B. „Google Maps“ weitere Geokodierungsmöglichkeiten vor. Ohne vertieftes Wissen muss bei diesen Alternativen aber in der Regel jede Adresse einzeln eingegeben und ausgelesen werden. Es kann an dieser Stelle nicht beurteilt werden, wie genau und aktuell die Basisdaten dieser Kartendienste sind.

Voraussetzung für eine saubere Geokodierung über die Anschrift sind zunächst einmal korrekte Adressangaben, mittels derer die Koordinaten zugeschrieben werden. Sind diese falsch oder ungenau, können sie in der Datenbank nicht gefunden werden. Zwar können dank sogenannter Fuzzy-Algorithmen mittlerweile auch Adressen mit Schreibfehlern identifiziert werden, aber beispielsweise im Falle einer mündlichen Befragung lohnt es sich dennoch, die Interviewer entsprechend zu sensibilisieren. Sind Adressen trotzdem nicht direkt geokodierbar, so können als Approximation die Koordinaten eines bekannten, nahe gelegenen Objektes verwendet werden. Dies kann beispielsweise das nächstgelegene Haus, der Mittelpunkt der Wohnstraße oder des Postleitzahl-Gebietes sein.

Da die Frage der Güte der zu referenzierenden Adressen bedeutsam ist, möchten wir an dieser Stelle kurz auf einige Aspekte der Gewinnung der Adressen im Rahmen von Umfragen eingehen: Soll eine Adresse in einer guten Qualität telefonisch erhoben werden, so muss diese den Befragten geläufig sein, wie zum Beispiel die eigene Wohnadresse. Ist dies nicht der Fall (z.B. Arbeitsort oder Wohnort von Freunden), so ist eine schriftliche Befragung – auf Papier oder als Websurvey – vorzuziehen. Dies ermöglicht es den Befragten, bei Bedarf die genauen Angaben nachzusehen. Einen Schritt weiter ging das Schweizer Bundesamt für Statistik beim Mikrozensus 2005 zum Verkehrsverhalten in der Schweiz (Bundesamt für Statistik/Bundesamt für Raumentwicklung et al. 2007): In dieser telefonischen Erhebung wurden alle von den Befragten an bestimmten Tagen aufgesuchten Orte (z.B. Einkaufszentren, gastronomische Einrichtungen, Post, ÖV-Angebote oder Straßen) noch während des Telefoninterviews geokodiert (Bundesamt für Statistik/Bundesamt für Raumentwicklung et al. 2007). Hierfür stand den Interviewern eine GIS-Karte zur Verfügung, auf der sie die angegebenen Orte suchen konnten.

Die Karte ermöglichte es, gezielt Rückfragen zu stellen, beispielsweise bei ungenauen Ortsangaben. Durch Anklicken des Objektes (Haus, Haltestelle, etc.) auf der Karte konnten auch Orte ohne genaue Adressangabe geokodiert werden. Jedoch übersteigt die Implementierung eines solchen Systems und die Nutzungsrechte der hierfür notwendigen Daten das Budget der meisten Studien deutlich.

Da der Aufwand und damit auch die Kosten für direkte Erhebungen beträchtlich sind, wird oft auf bereits vorliegende Geodaten zurückgegriffen (für Verweise siehe Anhang). Hier stellt sich die Frage der Auffindbarkeit und des Zugangs zu Geodaten. In den letzten Jahren sind diesbezüglich große Veränderungen im Gange. Durch das Internet liegen Möglichkeiten vor, Geodaten sowie deren Metadaten ohne großen Aufwand zur Verfügung zu stellen. Metadaten sind Angaben zu Eigenschaften eines Datensatzes, wie beispielsweise die räumliche Ausdehnung und Auflösung, die Thematik, der Datenhalter oder Bezugsquellen. Bereits heute erleichtern Metadatenkataloge das Auffinden zumindest amtlicher Daten. Dennoch muss oftmals in den einzelnen Kommunen oder Bundesländern bei den zuständigen Stellen einzeln nachgefragt werden, ob Daten vorliegen und welche Qualität diese aufweisen.

Derzeit wird weltweit in vielen Ländern am Aufbau von nationalen Geodateninfrastrukturen gearbeitet, welche primär Geodaten der öffentlichen Hand erfassen. Das zentrale Element einer solchen Struktur ist ein Metadatenkatalog. In der EU wurde 2007 eine Richtlinie erlassen (2007/2/EC), welche den Aufbau ebensolcher Geodateninfrastrukturen verlangt, so dass zurzeit in vielen europäischen Ländern entsprechende Prozesse im Gange sind (Verweise auf entsprechende Webseiten finden sich im Anhang). Diese nationalen Strukturen sollen im Rahmen der EU-Initiative INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe) zusammengeführt werden.<sup>7</sup>

Ob Geodaten zugänglich sind und wenn ja, in welcher Form, hängt in den meisten Fällen vom Dateneigner ab, der in der Regel auch für ihre Erhebung verantwortlich war. Für wissenschaftliche Zwecke dürfte die Chance für eine unentgeltliche oder zumindest kostengünstige Nutzung amtlicher Daten auf der Basis eines entsprechenden Datennutzungsvertrages vergleichsweise hoch sein. Teilweise werden Daten zwecks Wahrung des Datenschutzes vor der Herausgabe aggregiert, insbesondere wenn es sich um Angaben zu Einzelpersonen handelt (Arbeitslosigkeit, Einkommen, Gesundheit etc.). So liegen dann nicht Angaben zu einzelnen Personen vor, sondern beispielsweise für Gebiete des Ausmaßes 100 x 100 Meter.

7 Webseite der Europäischen Kommission zu INSPIRE: <http://inspire.jrc.ec.europa.eu> (07.06.2012)

Zunehmend können Geodaten in sogenannten Web-GIS über das Internet eingesehen werden.<sup>8</sup> Dazu ist in der Regel keine spezialisierte GIS-Software nötig, sondern es genügt ein Internetbrowser mit entsprechenden Plug-Ins. Web-GIS eignen sich nur bedingt für den Einsatz in der Forschung, da sich die Nutzungsmöglichkeiten auf die vom Web-GIS zur Verfügung gestellten Daten und Funktionen beschränken (meist Anzeigen, Zoomen, Ausdrucken). Eine Kombination mit selber erhobenen Daten oder komplexere Analysen sind in der Regel nicht möglich. Damit sind diese GIS eher für konsultative Zwecke geeignet, um einen ersten visuellen Eindruck zu gewinnen.

Für die Forschung bedeutsamer sind sogenannte „Web Map Services“ (WMS) und „Web Feature Services“ (WFS). Dies sind standardisierte Schnittstellen<sup>9</sup>, die mittels einer lokal installierten GIS-Software den Zugriff auf Daten über das Internet ermöglichen. Sie sollen den Zugang und damit die Weiternutzung von Geoinformationen erleichtern. Konkret bedeutet dies, dass über Web Map Services Karten als Rasterbilder in die lokale Software eingebunden werden. Bei einer Anfrage an einen WMS-Server können die Auflösung, der räumliche Bezug sowie weitere Aspekte der Ausgabe angegeben werden, so dass das für den Anwender generierte „Bild“ optimal seinen Zweck erfüllt. Bei Web Feature Services dagegen werden nicht statische Bilder eingebunden, sondern bearbeitbare Vektordaten (vgl. unten für eine Erläuterung zu Datentypen). Dadurch sind mit Daten, die durch ein WFS-Angebot eingebunden werden, auch eigentliche GIS-Analysen möglich. Verweise auf verschiedene WMS- und WFS-Angebote der deutschsprachigen Länder finden sich im Anhang.

Speziell hinweisen möchten wir an dieser Stelle auf den Web Map Service des OpenStreetMap-Projekts (OSM)<sup>10</sup>, welches unentgeltlich topographische Karten zur Verfügung stellt. Jedoch existieren bei diesen Daten bislang noch Unsicherheiten bezüglich ihrer Vollständigkeit und Genauigkeit, weil sie von einer Vielzahl von Freiwilligen gesammelt werden und keiner zentralen Überprüfung unterworfen sind. Ludwig/Voss et al. (2010) kommen mit Blick auf das OSM-Straßennetz in Deutschland zum Schluss, dass seine Lage relativ genau ist, die Vollständigkeit jedoch regional stark schwankt, insbesondere zwischen Stadt und Land. Für die

8 Beispiele: Viewer der Nationalen Geodatenbasis Deutschland (<http://www.geoportal.de>, 07.06.2012), Modul zur Beobachtung des Umweltzustandes in der Schweiz (<http://umweltzustand.admin.ch>, 07.06.2012).

9 Weitere Informationen zu Standards wie WFS und WMS finden sich auf der Webseite des Open Geospatial Consortium: <http://www.opengeospatial.org/standards> (07.06.2012)

10 <http://www.openstreetmap.org> (07.06.2012).

Forschung dürfte es lohnend sein, die OSM im Auge zu behalten, da die Datenmenge stetig zunimmt und die Qualität steigt.

## 2.2 Datentypen

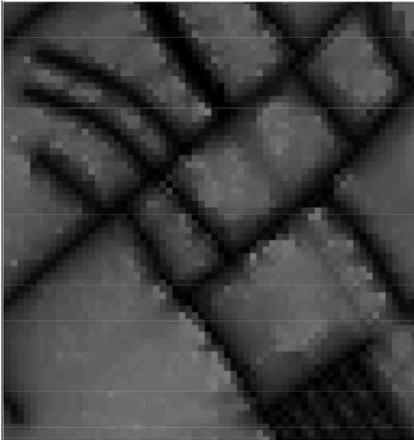
In einem GIS werden Daten in einer räumlichen Datenbank verwaltet, d.h. modelliert, strukturiert und gespeichert (Okabe 2006b). Diese kann, muss aber nicht, in die GIS-Software integriert sein. Die Verwaltungsmethoden sowie die Analysemöglichkeiten unterscheiden sich in Abhängigkeit des Datentyps (DeMers 2009a; Bill 2010).

*Rasterdaten* repräsentieren Merkmale (z.B. Lärmbelastung an einem bestimmten Standort) anhand von Pixeln, also Punkte oder Quadrate, die in einer Matrix aufgereiht sind. Bei der Betrachtung einer Bildaufnahme ist das Prinzip einfach verständlich: Ist das Bild stark vergrößert, sind einzelne Quadrate sichtbar (vgl. Abbildung 1, links), durch Verkleinern ergibt sich für das Auge aus gewisser Distanz betrachtet ein Gesamtbild. Jedem Pixel wird ein Attributwert zugeordnet, z.B. 60 für eine Lärmbelastung von 60dB(A) in einer Lärmkarte. Die Datenverwaltung geschieht demnach mittels einer Datenreihe von Zahlen, welche die Attributwerte und die Koordinaten der Pixel beschreiben (DeMers 2009a; Bill 2010).

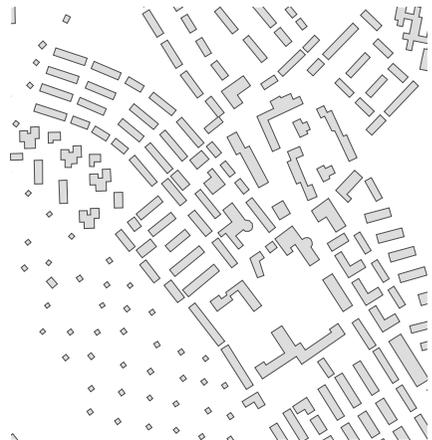
*Vektordaten* werden für den Betrachter durch Punkte, Linien(abschnitte) und Polygone (Vielecke) dargestellt (vgl. Abbildung 1, rechts). Abgespeichert sind diese geometrischen Elemente als Koordinaten von Punkten, die für sich stehen (Punkte) oder Start- und Endpunkte von Linienabschnitten sein können. Polygone sind als entgegen dem Uhrzeigersinn verbundene Punkte mit identischem Start- und Endpunkt abgelegt. Die Beziehungen zwischen diesen Objekten (z.B. welche Punkte eine Straße verbindet) und die Attribute derselben (z.B. Hauptstraße, Nebenstraße, Fußweg) sind in der Regel separat abgelegt. Die Verwaltung von Vektordaten ist damit anspruchsvoller als jene von Rasterdaten, da die topologischen, also die räumlichen Beziehungen zwischen Objekten von Interesse sind. Anhand solcher Daten lassen sich Fragen beantworten wie „Welche Linie schneidet mit einem gegebenen Linienabschnitt?“, „Welches Polygon schließt einen bestimmten Punkt ein?“ oder „Was ist die kürzeste Verbindung zwischen Punkt A und Punkt B?“ (DeMers 2009a; Bill 2010). In der sozialwissenschaftlichen Forschung könnten dies Fragen sein wie, welche Straßen ein Kind auf dem Weg zur Schule überqueren muss, im Einzugsgebiet welcher Stadt ein Befragter lebt oder ob jemand für den Arbeitsweg die kürzeste der möglichen Routen wählt.

Abbildung 1 Raster- und Vektordaten im Vergleich

Rasterdaten:



Vektordaten:



Quelle der Rasterdaten: SonBase, die GIS-Lärmdatenbank der Schweiz (BAFU 2009).

Quelle der Vektordaten: Gebäudekataster des Bundesamtes für Landestopografie (swisstopo 2011).

## 2.3 Analyse räumlicher Daten

Geographische Informationssysteme beinhalten Funktionen zur Analyse räumlicher und nicht-räumlicher Daten; für die Auswertung der nicht-räumlichen Daten stehen jedoch deutlich weniger Möglichkeiten zur Verfügung als in herkömmlichen Statistikprogrammen (DeMers 2009a). Zudem sind gerade diese Analysemethoden dem Leser bekannt, so dass sich die folgende Ausführung auf Operationen zur Manipulation räumlicher Daten beschränkt.

Ein vergleichsweise einfaches analytisches Verfahren ist das *kartographische Klassifizieren* (Steinberg/Steinberg 2006). Dadurch ist es möglich, eine anschauliche Übersicht zu bieten – zum Beispiel zur räumlichen Verteilung der Arbeitslosigkeit oder des Wähleranteils einer Partei. Je nach gewählter Kategorisierung fällt das Ergebnis anders aus, weshalb diese gut durchdacht sein sollte, wie dies auch in der „gewöhnlichen“ sozialwissenschaftlichen Datenanalyse der Fall ist.

Ein weiteres Set von Verfahren beschäftigt sich mit der *Messung geometrischer Größen*. Beispiele hierfür sind die Distanz zwischen zwei Punkten, die Länge einer Linie, die Fläche eines Polygons oder der Winkel einer Steigung (Okabe 2006b; Lloyd 2010). Anwendungsbeispiele wären die Berechnung der Distanz zwischen Wohn- und Arbeitsort oder einer Grundstücksfläche.

Zwei zentrale Funktionen, die zur Beantwortung einer großen Zahl an möglichen sozialwissenschaftlichen Fragen herangezogen werden können, sind das sogenannte „Buffern“ (Pufferzonen bilden) und die Überlagerung von Daten-Layern: Mit *Buffer-Funktionen* können neue Gebiete rund um ein Objekt ausgewiesen werden. Die zu wählende Distanz gibt die Ausdehnung des Gebietes an den Rändern des Objekts beginnend vor (Okabe 2006b; Lloyd 2010). Beispielsweise ergibt ein Buffer von 50 Metern um einen Funkmast (ein Punktobjekt) einen Kreis mit einem Durchmesser von etwa 100 Metern. Ein entsprechender Buffer um eine Autobahn oder ein Bahngelände (Linienobjekte) führt dagegen zu einer Trasse von gut 100 Metern Breite.

Bei einer *Überlagerung* („overlay“, Steinberg/Steinberg 2006) werden durch das Zusammenbringen von zwei Daten-Layern neue Informationen gewonnen. Geschieht dies nicht nur graphisch, sondern wird ein neuer Layer errechnet, so handelt es sich um eine „Verschneidung“. So könnte beispielsweise eine Karte der Einzugsgebiete von Schulen mit einem Liegenschaftskataster verschnitten werden. Ein anderes Beispiel wäre das Verschneiden einer Straßen- mit einer Landnutzungskarte. Im ersten Fall wären alle Liegenschaften im Einzugsgebiet bestimmter Schulen das Ergebnis, im zweiten Fall alle Straßen, die durch bestimmte Landnutzungszonen führen wie beispielsweise Wohngebiete.

Anschließend an eine Verschneidung (und ein eventuelles Buffern) kann zum Beispiel eine *räumliche Suche* durchgeführt werden. Dies ist der Überbegriff für Abfragen, die der Auswahl (Selektion) von Objekten dienen. Diese Operationen können sich auf die Thematik (Attribute), die Topologie (relative Lage von Objekten zueinander: Nachbarschaft, Überschneidung, Enthalten-Sein etc.) oder die Geometrie (Distanzen, Flächen etc.) der Objekte beziehen und werden oft mit Hilfe logischer Operatoren<sup>11</sup> ausgedrückt (Okabe 2006b; Lloyd 2010).

Eine mögliche Art der räumlichen Suche ist die Inklusions-Suche, mit der Punkte, Linien und Polygone gefunden werden können, die teilweise oder vollständig in einem gegebenen Polygon enthalten sind (Okabe 2006b; Lloyd 2010). Beispielsweise kann geprüft werden, welche Wohnhäuser im Einzugsgebiet bestimmter Schulen liegen, oder es kann innerhalb einer Region nach Arztpraxen, Flüssen oder Parkanlagen gesucht werden.

Die Distanz-Suche ermittelt Punkte, Linienabschnitte und Polygone, von denen jeweils zumindest ein Teil innerhalb einer gewissen Distanz von einem bestimmten geometrischen Element liegt (Okabe 2006b; Lloyd 2010). Diese Funk-

11 Beispiele: OR (Vereinigung: Straßen und/oder Wohnzonen), AND (Straßen in Wohnzonen) und NOT (Gegenstück: Wohnzonen ohne Straßen und Straßen außerhalb der Wohnzonen)

tion wird beispielsweise angewandt, wenn Ärzte gesucht werden, die innerhalb einer gewissen Minimaldistanz (z.B. 200 Meter) von einem bestimmten Punkt praktizieren, oder wenn alle Wohnhäuser gewählt werden sollen, die mehr als 300 Meter von der nächstgelegenen ÖV-Haltestelle entfernt liegen.

Die Schnittpunkt-Suche gibt Linienabschnitte oder Polygone aus, die mit einem gegebenen Element (Linie oder Polygon) schneiden, z.B. Flüsse, die mit einer Straße kreuzen, oder Schulwege, die ein Überqueren von stark befahrenen Straßen erfordern (Okabe 2006b; Lloyd 2010).

Bereits die Verknüpfung dieser Grundoperationen ermöglicht dem GIS-Anwender, Daten (Themenkarten) in vielfältiger Weise zu kombinieren. Für fortgeschrittene Analysemethoden, wie zum Beispiel die Modellierung von Oberflächen, die Analyse von Netzwerken oder räumliches Clustering sei an dieser Stelle auf weiterführende Literatur verwiesen (de Smith/Goodchild et al. 2009; DeMers 2009a).

## 2.4 Datenausgabe

Entsprechend dem Ausspruch „ein Bild sagt mehr als tausend Worte“ werden GIS-Daten oftmals als Grafik ausgegeben. Meist wird als Darstellungsform eine Karte gewählt, da dies gegenüber anderen Arten von Grafiken wie z.B. Balken- oder Kreisdiagrammen den Vorteil hat, dass räumliche Beziehungen explizit sichtbar werden (Goodchild/Janelle 2004). So gibt eine mit den jeweiligen Arbeitslosenraten versehene Karte der Bundesländer ein informativeres Bild als ein Balkendiagramm oder eine Tabelle, bei welchen der Betrachter zusätzliche Information zur Lage der einzelnen Bundesländer braucht, um z.B. Vergleiche mit benachbarten Bundesländern nachvollziehen zu können. Grundsätzlich ermöglicht die Darstellung als Karte eine sehr einfache und intuitive Art der räumlichen Datenanalyse (Goodchild/Janelle 2004). Hätte John Snow seine Cholera-Fälle nicht auf einer Karte illustriert, wären die Verantwortlichen der Stadt wohl kaum seiner Argumentation gefolgt und der Pump-Hebel des verseuchten Brunnens wäre womöglich nicht entfernt worden.

Unter Berücksichtigung verschiedener Charakteristiken (z.B. Skalenniveau) können die Merkmalsausprägungen der interessierenden Objekte in visuelle Variablen (Abstand, Größe, Form, Farbton, Helligkeit, Gruppierung) überführt werden, woraus sich ansprechende Kartenprodukte erstellen lassen. Als häufigste Kartentypen führt Okabe (2006b) folgende vier an: (1) Chloroplethen-Karten: Einfärbung von Mosaiksteinen (z.B. Bundesländer) nach proportionaler Intensität zum Attributwert (z.B. Arbeitslosenrate); (2) Karte mit Symbolen: Skalierung eines Symbols im Verhältnis zum Attributwert eines Objekts an einem repräsentativen Punkt,

Abbildung 2 Räumliche Verteilung der Wohnorte der Befragten des Schweizer Umweltsurveys vor dem Hintergrund einer Landeskarte



beispielsweise Kreise unterschiedlicher Größe proportional zur Arbeitslosenrate der Bundesländer; (3) Isarithmic- oder Kontur-Karten: ein Set von Linien (Isolinien, Höhenlinien), die gleiche Attributwerte miteinander verbinden; (4) Punkte-Karten: ein Set von Punkten, die den Ort eines Ereignisses, z.B. eines Delikts, repräsentieren. Abbildung 2 zeigt ein Beispiel für eine Punkte-Karte.

Neben der grafischen Darstellung können Daten, z.B. das Ergebnis einer Datenmanipulation, auch als Zahlen in Form einer Tabelle zur Weiterverarbeitung in einem anderen System, beispielsweise in einem Statistikprogramm, exportiert werden.

### 3 Anwendung von GIS im Schweizer Umweltsurvey

In diesem Kapitel wird eine Studie zu Umweltgerechtigkeit vorgestellt, die auf dem Schweizer Umweltsurvey basiert und die Verteilung von Luftschadstoff- und Lärmexpositionen auf verschiedene soziale Gruppen untersucht. Detaillierte Informationen zu den Thesen und Ansätzen der Umweltgerechtigkeitsforschung finden sich im Artikel von Diekmann/Meyer (2010), in welchem auch die Ergebnisse der Umweltgerechtigkeitsanalysen beschrieben sind.

Der Umweltsurvey ist eine Befragung, die auf einer zweistufigen Zufallsstichprobe aus der erwachsenen Wohnbevölkerung der Schweiz mit registrierten

Telefonanschlüssen basiert. Die ausgewählten Haushalte wurden zuvor angeschrieben und um die Mitarbeit an der Studie gebeten. Insgesamt wurde mit 3369 zufällig ausgewählten Haushalten ein telefonisches Interview geführt. An das telefonische Interview schloss sich eine schriftliche Nachbefragung an (vgl. Diekmann/Meyer 2008 für weitere Erläuterungen zur Erhebung).

Für die Zuschreibung von objektiven Umweltbelastungsdaten sowie für die Gewinnung weiterer Variablen mit räumlichem Bezug wurde in dieser Studie das geographische Informationssystem ArcGIS eingesetzt (Diekmann/Meyer 2010). Im Folgenden wird beispielhaft beschrieben, wie die Adressen der Befragten geokodiert wurden (Abschnitt 3.1) und den Personen Belastungswerte zugeschrieben wurden (Abschnitt 3.2). Es wird gezeigt, wie unterschiedliche Datengrundlagen zu verschiedenen zugeschriebenen Werten führen. In der vorliegenden Studie hat dies glücklicherweise zwar keine wesentlichen Auswirkungen auf die Ergebnisse; doch im Allgemeinen ist es wichtig, die Frage der Datenqualität nicht zu vernachlässigen. Anschließend wird in Abschnitt 3.3 mit GIS beispielhaft ein Maß zur Wohnlage berechnet und in die Analyse eingefügt.

### 3.1 Geokodierung im Schweizer Umweltsurvey

Damit den Befragten Belastungsdaten zugeschrieben werden konnten, waren verschiedene Schritte nötig. Zunächst mussten die Wohnorte der Befragten geokodiert werden. Dazu wurden in einem ersten Schritt die Adressen der Befragten gesichert – dies geschah einerseits im Rahmen einer Recherche auf Basis der Telefonnummern der Befragten, andererseits durch eine direkte Erhebung respektive Überprüfung am Ende des Telefoninterviews. Um allfälligen Bedenken des Datenschutzes vorzubeugen, wurde die Untersuchung in einem Informationsschreiben als eine Zusammenarbeit zwischen der Forschergruppe und dem zuständigen Befragungsinstitut (Link) angekündigt und es wurde in Übereinstimmung mit den Empfehlungen des Verbands Schweizer Marketing- und Sozialforscher, dem das Befragungsinstitut angehört, eine Frage gestellt, bei der die Befragten die Möglichkeit hatten, die Weiterverwendung der Adresse zu verweigern (Diekmann/Meyer 2008).

Anschließend wurden den Adressen XY-Landeskoordinaten zugeschrieben (Geokodierung), welche als Punkte in ein GIS eingelesen werden konnten. Dies erfolgte durch einen Abgleich der Adressen mit der Datenbank GeoPost der Schweizerischen Post (Post 2011). Diese beinhaltet Landeskoordinaten für sämtliche postalisch bedienten Gebäude der Schweiz. Diese Datenbank wird laufend aktualisiert und die definitiven Koordinaten werden per GPS-Messung auf die Gebäudemitte mit einer Genauigkeit von 1-2 Metern erfasst. Rund 96% der Punkte sind erfasst;

Tabelle 1 Genauigkeit der Geokodierung im Schweizer Umweltsurvey

| Genauigkeit                  | N     | Anteile % |
|------------------------------|-------|-----------|
| Hausnummer                   | 2.995 | 88,9      |
| nächstgelegene Hausnummer    | 42    | 1,3       |
| Mittelpunkt der Straße       | 112   | 3,3       |
| Mittelpunkt des PLZ-Gebietes | 211   | 6,3       |
| Adresse nicht gefunden       | 9     | 0,3       |
| Total                        | 3.369 | 100,0     |

Anmerkung: Die Basis bilden die im Schweizer Umweltsurvey telefonisch erhobenen Adressen sowie die Geokodierungsdatenbank der Schweizerischen Post (GeoPost).

bei den restlichen 4% handelt es sich um provisorische Koordinaten, welche auf der Basis von Kartenmaterial und Angaben des Zustellboten über die Gegebenheiten vor Ort ermittelt wurden (Post 2005). Mit gut einem Schweizerfranken pro zugeordnetem Koordinatenpaar hat die Nutzung der „genauesten Gebäudeadress-Datensammlung der Schweiz“ (Post 2011) allerdings auch ihren Preis.

Im Umweltsurvey konnte bei der Geokodierung auf Basis der Daten von GeoPost die in Tabelle 1 beschriebene Genauigkeit erreicht werden. In etwa 11% der Fälle konnte keine exakte Zuschreibung vorgenommen werden, weil entweder keine Hausnummer vorlag oder für die angegebene Straße oder Hausnummer keine übereinstimmenden Angaben in der Datenbank gefunden werden konnten. In diesen Fällen wurden stellvertretend entweder die Koordinaten eines Nachbarhauses, des Mittelpunkts der Straße oder des Postleitzahlgebietes verwendet.

### 3.2 Raster- oder Vektordaten für die Lärmbelastung?

Auf Grundlage der XY-Koordinaten der Wohnadressen konnten den Befragten in einem GIS objektive Belastungswerte zugeschrieben werden. Bildlich gesprochen wurde hierfür der Punkte-Layer mit den Wohnorten der Befragten über verschiedene als Rasterdaten vorliegende Belastungskarten gelegt. Jedem Befragungspunkt wurde dann unter Verwendung der „Spatial Analyst Tool Box“ in ArcGIS der darunterliegende Rasterwert zugeordnet und für die weiteren Analysen exportiert. Diese Daten beschränken sich auf jene 2.961 Personen, bei denen sowohl eine hausnum-

mergenaue Geokodierung möglich war (2.995) und die zugleich bezüglich ihres Hauptwohnsitzes befragt wurden (3.322)<sup>12</sup>.

Zunächst wurde geprüft, ob der Anteil der Personen mit Belastungswerten über den offiziellen Grenzwerten<sup>13</sup> in unseren Daten mit den offiziellen Angaben des Bundesamtes für Umwelt (SAEFL 2003; 2004; BAFU 2009a) übereinstimmen. Es zeigte sich, dass dies für Stickstoffdioxid (15%) und Feinstaub (42%) der Fall ist (offizielle Angaben: 16% resp. 41%), nicht aber für den Anteil Lärmbelasteter (8% vs. 23% für Tages- und 4% vs. 13% für Nachtlärmwerte, siehe auch Tabelle 2 in Diekmann/Meyer 2010).

Ein möglicher Grund für die Diskrepanz beim Anteil Lärmbelasteter liegt in der Datenbasis der Lärmwerte. Zwar beruhen sowohl die amtlichen Daten und als auch jene des Umweltsurveys auf der SonBase, der GIS-Lärmdatenbank der Schweiz (BAFU 2009b). Darin werden die Lärmdaten aber in zwei verschiedenen Datentypen zur Verfügung gestellt, nämlich als flächendeckende Rasterdaten (Abbildung 1, links) und als Vektordaten (Abbildung 1, rechts). Die Vektordaten sind grundsätzlich identisch mit dem Gebäudekataster des Bundesamtes für Landestopografie (swisstopo 2011b), enthalten aber zusätzlich für jedes Gebäude einen Lärmwert. Während die im Umweltsurvey berichteten Ergebnisse auf den Rasterdaten basieren, beruhen die offiziellen Angaben des Bundesamtes für Umwelt auf den Vektordaten (BAFU 2009a). Um zu prüfen, ob dies die Ursache der Diskrepanz sein könnte, wurden den Befragungspunkten des Umweltsurveys mit einer Überlagerungs-Operation die Lärmwerte derjenigen Gebäude zugeschrieben, innerhalb derer ihre Koordinaten zu liegen kamen. Etwas überraschend konnte auf diese Weise nur 83% (2.460) der 2.961 Befragungspunkte ein Lärmwert zugeordnet werden (vgl. Tabelle 2). Für weitere 98 zugeordnete Gebäude ist gemäß Bundesamt für Umwelt anzunehmen, dass der Schallpegel geringer ist als 40dB(A), da für sie kein Lärmwert hinterlegt ist. Um für die verbleibenden Fälle ausschließen zu können, dass die Übereinstimmung zwischen Befragungspunkt und Gebäude nicht wegen kleinerer Ungenauigkeiten in der Geokodierung oder den Gebäudedaten ausgeblieben ist, wurde um jeden Befragungspunkt ein Buffer von fünf Metern (vgl. Abbildung 3) gezeichnet und erneut mit den Vektordaten der SonBase verschnitten. Dieses Vorgehen ermöglichte es, weitere 271 Fälle mit Gebäude-Lärmwerten zu versehen (vgl. Tabelle 2).

12 Übrige: Zweitwohnsitz oder Ferienwohnung.

13 Stickstoffdioxid NO<sub>2</sub>: 30mg/m<sup>3</sup>; Feinstaub PM<sub>10</sub>: 20 mg/m<sup>3</sup> (Der Schweizerische Bundesrat 1985); Lärm Tag: 60 dB(A); Lärm Nacht: 50 dB(A) (beide Empfindlichkeitsstufe II; Der Schweizerische Bundesrat, 1986).

Tabelle 2 Zuschreibung der Lärmwerte auf der Basis der Vektordaten der SonBase

| Genauigkeit der Übereinstimmung   | N            | Bemerkungen   |
|---|--------------|---|
| Exakte Übereinstimmung des Befragungspunkts mit einem Gebäude des Katasters                                     | 2.460        | } Diese Fälle fließen in die multivariante Analyse ein  |
| Überschneidung des 5m-Buffers um des Befragungspunkt mit einem Gebäude des Katasters                            | 271          |   |
| Exakte Übereinstimmung Befragungspunkt mit einem Gebäude des Katasters, für das kein Schallpegel hinterlegt ist | 98           | Hohe Wahrscheinlichkeit, dass das Gebäude nur geringem Straßenlärm ausgesetzt ist (<40 dB(A)) |
| Keine Übereinstimmung oder Überschneidung   | 132          | vg. Abbildung 2   |
| <b>Total</b>  | <b>2.961</b> |   |

Anmerkung: Die Basis bilden die im Schweizer Umweltsurvey telefonisch erhobenen Adressen sowie die Geokodierungsdatenbank GeoPost und die Gebäude-Lärmdaten der SonBase (Vektordaten).

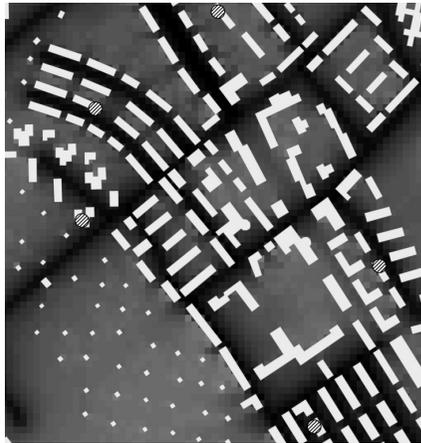
Abbildung 3 Vergleich Katasterdaten und Orthophoto (Luftbild)



Die beige Polygone repräsentieren die Gebäude des Katasters des Bundesamtes für Landestopografie (swisstopo 2011). Das Orthophoto stammt von map.search.ch. In Grau ist der 5-Meter-Buffer um einen ausgewählten Befragungspunkt ersichtlich.

Trotz dieser Bemühungen verblieben 132 Befragungspunkte ohne Zuordnung. Zur Aufklärung dieser Fälle wurden einzelne Adressen in den Webkarten von „Google Maps“ und „mapsearch.ch“ gesucht und mit dem Gebäudekataster verglichen. In allen der acht überprüften Fälle war auf dem Luftbild der Webkarten ein neues Gebäude oder eine Baugrube zu sehen (vgl. dazu Abbildung 3). Dies lässt sich

Abbildung 4 Zuordnung der Schallpegel auf Basis der Raster- und der Vektordaten



Anmerkungen: Rasterdaten: Je höher der Schallpegel desto dunkler die Einfärbung (Quelle: SonBase). Vektordaten: Die beige Polygone repräsentieren die Gebäude (Quelle: Gebäudekataster des Bundesamtes für Landestopografie (swisstopo 2011)). Die schraffierten Punkte repräsentieren die Wohnorte der Befragten, z.B. ganz oben im Gebäude in der Mitte.

so interpretieren, dass in der verwendeten und damals aktuellsten Ausgabe des Gebäudekatasters aus dem Jahr 2005 diejenigen Objekte gefehlt haben, die in den rund zwei Jahren bis zur Erhebung des Schweizer Umweltsurveys neu erstellt wurden (zur Qualität der Gebäudedaten vgl. auch swisstopo 2011b).

Auf der Grundlage jener 2.731 Fälle, denen auf Basis der Gebäudedaten (Vektordaten) ein Schallpegel zugeschrieben werden konnte, ergeben sich mit 23% tagsüber und 12% nachts nun vergleichbare Anteile Lärmbelasteter, wie sie offiziell vom Bundesamt für Umwelt kommuniziert werden (23% resp. 13%).

Nun stellt sich die Frage, welche Lärmwerte für weiterführende Analysen vorzuziehen sind. In den Vektordaten der SonBase wird dem ganzen Gebäude der Schallpegel an seiner lautesten Fassade zugeschrieben, unabhängig davon, ob eine Wohnung gegen den Hinterhof oder die Straßenseite ausgerichtet ist. In den Rasterdaten hingegen wird versucht, Abschirmungen Rechnung zu tragen. Dies illustriert Abbildung 4, in der die beiden Bilder aus Abbildung 1 übereinander gelegt sind. Auf der Rasterkarte sind die Innenhöfe heller eingefärbt (weniger Lärm), währenddessen in den Vektordaten für ein ganzes Gebäude der Schallpegel an der lautesten Fassade gilt (in Abbildung 4 sind die Gebäudelärmwerte farblich nicht unterschieden). Angesichts dieser Unterschiede könnte angenommen werden, dass die Rasterdaten genauer seien. Dies mag unter gewissen Umständen stimmen, kann aber für den vorliegenden Fall nicht beurteilt werden, denn die Lage der Punkte

in Abbildung 4 hängt ausschließlich von der XY-Koordinate der Geokodierung ab und gibt nicht die Stelle im Gebäude wieder, an der die befragte Person wohnt, d.h. unsere Daten blenden die Situation innerhalb des Gebäudes aus. Aufgrund der fehlenden Information zur genauen Lage der Wohnungen der Befragten im Gebäude kann damit nicht entschieden werden, ob die Realität mit den Gebäude- oder mit den Rasterdaten besser abgebildet wird.

Wie wirkt sich die Verwendung der Gebäude- gegenüber den Rasterdaten auf die Ergebnisse unserer Analyse zur sozialen Verteilung der Umweltbelastung aus? Um diese Frage zu beantworten, wurden für die Tages- und Nachtlärmwerte je zwei Regressionen gerechnet, einmal mit dem Schallpegel aus den Raster- und einmal aus den Vektordaten als abhängige Variable. Wie die Zahlen in den Spalten „Vektor“ und „Raster“ von Tabelle 3 zeigen, verändern sich die grundsätzlichen Befunde nicht. Die wichtigsten Effekte gehen in allen Modellen vom Urbanisierungsgrad und Hauseigentum aus,<sup>14</sup> wobei die Stärke des Zusammenhangs und seine statistische Bedeutung in den Schätzungen auf der Basis der Vektordaten etwas grösser ausfallen als auf Grundlage der Rasterdaten. Diese Tendenz ist auch für die Effekte der sozialen Lage zu beobachten, insbesondere für die verschiedenen Ausländergruppen, bei denen mit den Vektordaten teilweise das allgemein geforderte Signifikanzniveau von 5% erreicht wird. Für die eigentlichen Ergebnisse der Umweltgerechtigkeitsanalysen sei auf den Artikel von Diekmann/Meyer (2010) verwiesen; eine ausführliche Besprechung würde hier den Rahmen sprengen.

14 Vgl. Tabelle 1 in Diekmann/Meyer (2010) für eine genauere Beschreibung der erklärenden Variablen.

Tabelle 3 Soziale Verteilung der Straßenlärmbelastung; Vektordaten und Rasterdaten im Vergleich, sowie Rasterdaten ergänzt um eine Variable zur Wohnlage

|  | Tag                |                    |                    | Nacht              |                    |                    |
|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|  | Vektor             | Raster             | Raster (erweitert) | Vektor             | Raster             | Raster (erweitert) |
| Schweizer/In   | ref.               | ref.               | ref.               | ref.               | ref.               | ref.               |
| Westeuropa, Nordamerika  | 0,89<br>(1,62)     | 0,21<br>(0,35)     | 0,20<br>(0,34)     | 0,94+<br>(1,72)    | 0,29<br>(0,49)     | 0,28<br>(0,48)     |
| Südeuropa  | 2,15**<br>(3,35)   | 1,25+<br>(1,84)    | 1,04<br>(1,55)     | 2,21**<br>(3,46)   | 1,54*<br>(2,27)    | 1,36*<br>(2,01)    |
| Andere Staaten<br>(Balkan, Osteuropa etc.)                         | 2,26**<br>(2,67)   | 1,51<br>(1,59)     | 1,35<br>(1,43)     | 2,47**<br>(2,93)   | 1,59+<br>(1,67)    | 1,44<br>(1,52)     |
| Höchste Anzahl Bildungsjahre im<br>Haushalt (BFS 2007, in Zehnern) | -0,05<br>(-1,59)   | -0,27<br>(-0,55)   | -0,41<br>(-0,86)   | -0,05+<br>(-1,67)  | -0,57<br>(-1,17)   | -0,70<br>(-1,45)   |
| Äquivalenzeinkommen<br>(monatlich in Tsd.)                         | -0,38<br>(-0,84)   | -0,03<br>(-0,98)   | -0,04<br>(-1,05)   | -0,64<br>(-1,43)   | -0,04<br>(-1,01)   | -0,04<br>(-1,08)   |
| Ländliches Gebiet  | ref.               | ref.               | ref.               | ref.               | ref.               | ref.               |
| Agglomeration  | 1,98**<br>(5,79)   | 2,10**<br>(5,76)   | 1,56**<br>(4,24)   | 2,36**<br>(6,95)   | 2,44**<br>(6,65)   | 1,96**<br>(5,26)   |
| Kleine oder mittlere Stadt   | 4,80**<br>(11,35)  | 4,48**<br>(9,95)   | 3,88**<br>(8,54)   | 3,78**<br>(9,01)   | 3,50**<br>(7,72)   | 2,96**<br>(6,46)   |
| Großstadt  | 7,24**<br>(18,49)  | 4,45**<br>(10,48)  | 3,61**<br>(8,25)   | 5,93**<br>(15,26)  | 3,41**<br>(7,96)   | 2,65**<br>(6,00)   |
| Deutsche Schweiz   | ref.               | ref.               | ref.               | ref.               | ref.               | ref.               |
| Französische Schweiz   | 0,38<br>(1,10)     | 0,43<br>(1,18)     | 0,79*<br>(2,17)    | 0,52<br>(1,52)     | 0,55<br>(1,49)     | 0,87*<br>(2,37)    |
| Italienische Schweiz   | -0,34<br>(-0,45)   | -0,61<br>(-0,91)   | -0,62<br>(-0,93)   | -0,14<br>(-0,19)   | -0,41<br>(-0,61)   | -0,42<br>(-0,63)   |
| Haushaltsgröße   | -0,37**<br>(-3,56) | -0,32**<br>(-2,83) | -0,28*<br>(-2,51)  | -0,31**<br>(-2,99) | -0,26*<br>(-2,30)  | -0,23*<br>(-2,02)  |
| Alter (in Zehnern)   | -0,24**<br>(-2,96) | -0,14<br>(-1,61)   | -0,14<br>(-1,63)   | -0,24**<br>(-3,08) | -0,14<br>(-1,64)   | -0,14+<br>(-1,67)  |
| Frau   | -0,21<br>(-0,85)   | -0,00<br>(-0,02)   | -0,05<br>(-0,18)   | -0,29<br>(-1,21)   | -0,09<br>(-0,35)   | -0,13<br>(-0,50)   |
| Wohneigentümer   | -1,72**<br>(-6,09) | -1,55**<br>(-5,19) | -1,33**<br>(-4,48) | -1,58**<br>(-5,64) | -1,45**<br>(-4,83) | -1,26**<br>(-4,20) |
| Wohnlage (Distanz zu Einkauf,<br>Post und ÖV, in 100 Metern)       |                    |                    | -0,09**<br>(-6,82) |                    |                    | -0,08**<br>(-6,09) |
| Konstante  | 55,61**<br>(64,69) | 50,59**<br>(55,03) | 52,50**<br>(55,07) | 44,44**<br>(52,08) | 39,51**<br>(42,67) | 41,22**<br>(42,86) |
| Korrigiertes R-Quadrat   | 0,240              | 0,102              | 0,118              | 0,172              | 0,066              | 0,079              |
| N  | 2.371              | 2.544              | 2.544              | 2.371              | 2.544              | 2.544              |

Anmerkungen: OLS-Regressionen, t-Werte in Klammern, +  $p < 0.10$ , \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ . Die Modelle mit Rasterdaten entsprechen den Lärmschätzungen in Tabelle 6 und 16 in Diekmann/Meyer (2010).

Tabelle 4 Maß für die Zentralität der Wohnlage auf der Basis von Distanzmessungen in GIS

| Variable                       | Mittelwert | Stdabw | N     | Beschreibung   |
|--------------------------------|------------|--------|-------|--|
| Distanz Zentrum (Meter)        | 628        | 405    | 2.961 | Distanz zur nächsten Poststelle  |
| Distanz ÖV-Haltestelle (Meter) | 278        | 257    | 2.961 | Distanz zur nächsten ÖV-Haltestelle: Bus, Tram oder Bahn                     |
| Distanz Einkaufen (Meter)      | 797        | 978    | 2.961 | Distanz zum nächsten Einkaufsladen: Migros, Coop, Denner oder Volg           |
| Total: Gesamtdistanz (Meter)   | 1.702      | 1.156  | 2.961 | Geringste summierte Distanz zu allen Lageindikatoren: Zentrum, ÖV, Einkaufen |

### 3.3 Die Wohnlage als Beispiel für eine mittels GIS generierte Variable

In GIS lässt sich eine große Zahl weiterer Prädiktoren entwickeln, die später beispielsweise in Regressionsanalysen verwendet werden können. So ließe sich in einer Analyse der Zufriedenheit mit der Wohnumgebung ein Maß für die Begrünung der Nachbarschaft oder die Verkehrsanbindung erstellen. Für die hier vorgestellte Umweltgerechtigkeitsstudie wurde ein Maß zur groben Abbildung der Wohnlage errechnet. Dieses basiert einerseits auf den Befragungspunkten aus dem Umweltsurvey (die Wohnorte), andererseits auf Punktdaten verschiedener Einrichtungen (Poststellen, ÖV-Haltestellen, Einkaufsläden: siehe Tabelle 4). Deren XY-Koordinaten sind in der Regel auf Anfrage erhältlich oder über die Adressen geokodierbar (vgl. weiter oben). Einfacher geht es bei Unternehmen wie beispielsweise der Supermarktkette Migros, die die Längen- und Breitengrade ihrer Standorte für den Import in Navigationssysteme im Internet zur Verfügung stellt (Migros 2011). Vor den eigentlichen GIS-Analysen mussten diese Längen- und Breitengrade in das gleiche Bezugssystem wie die übrigen Daten (Schweizer Landeskoordinaten) umgerechnet werden (swisstopo 2011a). Anschließend wurden die Luftliniendistanzen zur jeweils nächst gelegenen Einrichtung in ArcGIS mittels einer Proximity-Analyse berechnet und aufsummiert.

Wird die so erstellte Variable in die Regressionsmodelle zur Erklärung der Lärmbelastung eingeführt (siehe Tabelle 3), so zeigt sich beispielsweise, dass mit größerer Zentralität – wie bereits erwartet werden konnte – eine höhere Belastung einhergeht.

## 4 Ausblick

Dem räumlichen Kontext wurde in den deutschsprachigen Sozialwissenschaften bislang nur beschränkt Beachtung geschenkt. Nicht die mangelnde Relevanz entsprechender Forschungsfragen, sondern vielmehr der hohe Aufwand bei der Erhebung und Analyse raumbezogener Daten dürfte hierfür ausschlaggebend sein. Mit den geographischen Informationssystemen steht jedoch ein Instrument zur Verfügung, das diesen Aufwand erheblich verringert. Es erlaubt die Untersuchung einer Vielzahl verschiedener Forschungsfragen (z.B. Kidner/Higgs et al. 2003; Okabe 2006a). Die Bandbreite geografischer Funktionen ermöglicht auch Nicht-Geowissenschaftler/innen das Erstellen ansprechender kartografischer Produkte, die das Entdecken räumlicher Muster erleichtern, und das Errechnen raumbezogener Prädiktoren, die in weitere Analysen einfließen können. Auf diese Weise kann der Raumbezug menschlichen Handelns objektiver und situativ angepasster einbezogen werden als bislang üblich: objektiver, da die in GIS entwickelten Masse in der Regel nicht auf Beobachtung sondern auf physikalischen Messungen beruhen (wie Lärm, Distanzen etc.); situativ angepasster, weil man nicht an administrative Einheiten (wie Stadtteile, Bundesländer etc.) gebunden ist, sondern den relevanten Raum an die Fragestellung angepasst festlegen kann.

Wie in jedem Forschungsprozess üblich, sollte die Datenqualität reflektiert und dokumentiert werden. Im Rahmen der Untersuchungen zur Umweltgerechtigkeit im Schweizer Umweltsurvey wurden beispielsweise kritische Punkte ausgemacht wie die Genauigkeit der Adresserfassung zur Geokodierung, die Aktualität der Gebäudekataster sowie Mess- und Zuordnungsprobleme bei den Lärmdaten. Die Problematik der Datenqualität, deren Relevanz insbesondere beim Zusammenfügen von Daten aus verschiedenen Quellen deutlich wird, ist nicht grundlegend anders als jene Fragen der Objektivität, Validität und Reliabilität, die in den Sozialwissenschaften bereits heute zentral zur Beurteilung der Güte der Daten sind.

Zentrale Fragen zum Datenschutz bei der Verwendung von GIS-Daten sind bislang nicht eindeutig geklärt. Der „Rat für Sozial- und Wirtschaftsdaten“ bezeichnet eine Klärung und Harmonisierung der Regelungen als ein prioritäres Anliegen in Deutschland (RatSWD 2011).

Es ist anzunehmen, dass der räumliche Kontext in den Sozialwissenschaften erheblich an Bedeutung gewinnen wird. Als einer der Gründe ist die zunehmend leichtere Auffindbarkeit und teilweise unentgeltliche Zugänglichkeit von Geo-Daten anzuführen. Zudem hat die verfügbare Datenmenge beträchtlich zugenommen. Eine weitere Ursache ist in Open-Source-Angeboten zu suchen; einerseits erstellen Nutzer vermehrt kartographisches Material (z.B. OpenStreetMap), andererseits

liegen leistungsfähige, frei zugängliche Softwarepakete vor wie das umfangreiche GRASS GIS oder das einfacher bedienbare Quantum GIS. Diese ermöglichen auch Projekten mit einem beschränkten Budget mit Geo-Daten zu arbeiten.

Auch auf der Seite der Analyseverfahren sind Entwicklungen auszumachen. Komplexe geostatistische Verfahren werden zunehmend in herkömmliche GIS-Pakete integriert und damit einfacher zugänglich. So findet man bei der Literaturrecherche zu GIS vermehrt Hinweise auf Methoden der räumlichen Statistik und Ökonometrie (Anselin/Getis 2010; Goodchild 2010b). Den Ausgangspunkt bildet hierbei die Annahme, dass sich räumlich nahe stehende Objekte ähnlicher sind als weiter auseinandergelegene (Tobler 1970). Die daraus abgeleiteten Effekte der Abhängigkeit und der Heterogenität führen zu einer Verletzung der Unabhängigkeitsannahme, die vielen statistischen Tests zu Grunde liegt (Anselin/Getis 2010). Für allgemeine Bevölkerungsbefragungen wie die vorgestellte Studie dürften räumliche Interdependenzen jedoch kaum eine Rolle spielen, wie sie etwa für die gegenseitige Beeinflussung von Gebietseinheiten (z.B. Steuerwettbewerb zwischen den Kantonen der Schweiz) oder bei verbundenen Netzwerkknoten im sozialen Raum vermutet werden können (Anselin/Bera 1998; Anselin/Getis 2010). Kritischer könnte für solche Daten das räumliche Clustering von Objekten mit ähnlichen Untersuchungsmerkmalen sein (Homogenität von bzw. Heterogenität zwischen Gruppen, Goodchild 2010), dem man heute in Auswertungen in Statistikprogrammen lediglich mit Dummy-Variablen für verschiedene Gebietseinheiten begegnet. Sollten sich die Methoden der räumlichen Statistik als nützlich erweisen, dürfte dies auf eine ganze Reihe von Forschungsbereichen mit räumlich heterogen verteilten Untersuchungsmerkmalen einen Einfluss haben. Dies betrifft nicht zuletzt klassische Forschungsgebiete der Soziologie wie die Bildungsforschung, die Sozialstrukturanalyse oder die Arbeitsmarktforschung.

## Literatur

- Anselin, L. und A. K. Bera, 1998: Spatial Dependence in Linear Regression Models with an Introduction to Spatial Econometrics. S. 237-289 in: A. Ullah und D. E. A. Giles (Hg.): Handbook of Applied Economic Statistics. New York: Marcel Dekker
- Anselin, L. und A. Getis, 2010: Spatial Statistical Analysis and Geographic Information Systems. S. 35-48 in: L. Anselin und S. J. Rey (Hg.): Perspectives on Spatial Data Analysis. Heidelberg/Dordrecht/London/New York: Springer
- Asami, Y. und X. Gao, 2006: Effect of Environmental Factors on Housing Prices: Application of GIS to Urban-Policy Analysis. S. 211-228 in: A. Okabe (Hg.): GIS-Based Studies in the Humanities and Social Sciences. Boca Raton/London/New York: CRC Press, Francis and Taylor Group

- BAFU, 2009a: Lärmbelastung in der Schweiz. Schriftenreihe Umweltzustand. <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01036/index.html?lang=de> (17.06.2009).
- BAFU, 2009b: SonBase – Die GIS-Lärmdatenbank der Schweiz. Schriftenreihe Umweltwissen. <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01037/index.html?lang=de> (11.02.2011).
- Baranzini, A., S. Caroline, J. V. Ramirez und P. Thalmann, 2008: Do Foreigners Pay Higher Rents for the Same Quality of Housing in Geneva and Zurich? *Swiss Journal of Economics and Statistics* 144(4): 703-730.
- Baranzini, A. und J. V. Ramirez, 2005: Paying for Quietness. The Impact of Noise on Geneva Rents. *Urban Studies* 42(4): 633-646.
- Best, H., 2009: Kommt erst das Fressen und dann die Moral? Eine feldexperimentelle Überprüfung der Low-Cost-Hypothese und des Modells der Frame-Selektion. *Zeitschrift für Soziologie* 38(2).
- Bill, R., 2010: Grundlagen der Geo-Informationssysteme, Bd.1, Hardware, Software und Daten. Heidelberg: Wichmann.
- Bodenhamer, D. J., J. Corrigan und T. M. Harris (Hg.), 2010: *The Spatial Humanities. GIS and the Future of Humanities Scholarship*. Bloomington, Indianapolis: Indiana University Press.
- Briggs, D. J., 2005: The Role of Gis: Coping With Space (And Time) in Air Pollution Exposure Assessment. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A* 68(13): 1243-1261.
- Brimblecombe, N., D. Dorling und M. Shaw, 1999: Mortality and migration in Britain, first results from the British Household Panel Survey. *Social Science and Medicine* 49: 981-988.
- Brügge, B., D. Harhoff, A. Picot, O. Creighton, M. Fiedler und J. Henkel, 2004: *Open-Source-Software – Eine ökonomische und technische Analyse*. Berlin: Springer.
- Bundesamt für Statistik, Bundesamt für Raumentwicklung und ecoplan, 2007: *Mobilität in der Schweiz. Ergebnisse des Mikrozensus 2005 zum Verkehrsverhalten*. Neuchâtel: Bundesamt für Statistik (bfs).
- Carosio, A., 2005: *Einführung zum Nachdiplomkurs Raumbezogene Informationssysteme*. Zürich: Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH Zürich.
- Crowder, K. und L. Downey, 2010: *Interneighborhood Migration, Race, and Environmental Hazards: Modeling Microlevel Processes of Environmental Inequality*. *American Journal of Sociology* 115(4): 1110-1149.
- de Smith, M. J., M. F. Goodchild und P. A. Longley, 2009: *Geospatial Analysis: A Comprehensive Guide to Principles, Techniques and Software Tools*. Leicester: Troubador.
- DeMers, M. N., 2009a: *Fundamentals of Geographic Information Systems*. Hoboken, New Jersey: John Wiley and Sons.
- DeMers, M. N., 2009b: *GIS for Dummies*. Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing Inc.
- Der Schweizerische Bundesrat, 1985 Stand am 1. Januar 2009: *Luftreinhalte-Verordnung*. [http://www.admin.ch/ch/d/sr/814\\_41/index.html](http://www.admin.ch/ch/d/sr/814_41/index.html) (11.02.2010).
- Der Schweizerische Bundesrat, 1986 Stand am 1. Juli 2008: *Lärmschutz-Verordnung*. [http://www.admin.ch/ch/d/sr/814\\_41/index.html](http://www.admin.ch/ch/d/sr/814_41/index.html) (16.09.2009).
- Diekmann, A. und R. Meyer, 2008: *Schweizer Umweltsurvey 2007. Dokumentation und Codebuch*. Zürich: Professur für Soziologie, ETH Zürich.
- Diekmann, A. und R. Meyer, 2010: *Demokratischer Smog? Eine empirische Untersuchung zum Zusammenhang zwischen Sozialschicht und Umweltbelastungen*. *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie* 62(3): 437-457.
- Downey, L., 2006: Using Geographic Information Systems to Reconceptualize Spatial Relationships and Ecological Context. *American Journal of Sociology* 112(2): 567-612.

- ESRI (Hg.), 2009a: GIS Best Practice. Social Sciences. Redlands.
- ESRI, 2009b: What is GIS? in: ESRI (Hg.): GIS Best Practices. Social Sciences. Redlands, CA.
- Franzen, A., 1997: Umweltbewusstsein und Verkehrsverhalten. Empirische Analysen zur Verkehrsmittelwahl und der Akzeptanz umweltpolitischer Massnahmen. Chur/Zürich: Rügger.
- Frerichs, R. R., 2001: History, Maps and the Internet: UCLA's John Snow Site. *The Bulletin of the Society of Cartographers* 34(2): 3-7.
- Germann, C. und K. Seeland, 2004: Are urban green spaces optimally distributed to act as places for social integration? Results of a geographical information system (GIS) approach for urban forestry research. *Forest Policy and Economics* 6: 3-13.
- Gómez-Rubio, V., J. Ferrándiz-Ferragud und A. López-Quílez, 2009: Epidemiological Information Systems. S. 235-248 in: J. Pilz (Hg.): *Interfacing Geostatistics and GIS*. Berlin/Heidelberg: Springer.
- Goodchild, M. F., 2010a: Twenty years of progress: GIScience in 2010. *Journal of Spatial Information Science* 1: 3-22.
- Goodchild, M. F., 2010b: Whose Hand on the Tiller? Revisiting „Spatial Statistical Analysis an GIS“. S. 49-60 in: L. Anselin und S. J. Rey (Hg.): *Perspectives on Spatial Data Analysis*. Heidelberg/Dordrecht/London/New York: Springer.
- Goodchild, M. F. und D. G. Janelle, 2004: Thinking Spatially in the Social Sciences. S. 3-21 in: M. F. Goodchild und D. G. Janelle (Hg.): *Spatially Integrated Social Science*. Oxford/New York: Oxford University Press.
- Heinrich, J., U. Gehring, J. Cyrus, M. Brauer, G. Hoek, P. Fischer, T. Bellander und B. Brunekreef, 2005: Exposure to traffic related air pollutants: self reported traffic intensity versus GIS modelled exposure. *Occupational and Environmental Medicine* 62: 517-523.
- Hermann, M., C. Heye und H. Leuthold, 2005: Soziokulturelle Unterschiede in der Schweiz. Vier Indizes zu räumlichen Disparitäten, 1990-2000. *Statistik der Schweiz (BFS)*. Neuchâtel.
- Higgs, G., 2004: A Literature Review of the Use of GIS-Based Measures of Access to Health Care Services. *Health Services & Outcomes Research Methodology* 5: 119-139.
- Kidner, D., G. Higgs und S. White (Hg.), 2003: *Socio Economic Applications in Geographical Information Science*. London/New York: Taylor and Francis.
- Kohsaka, H. und T. Sekine, 2006: Visualization for Site Assessment. S. 279-298 in: A. Okabe (Hg.): *GIS-Based Studies in the Humanities and Social Sciences*. Boca Raton/London/New York: CRC Press, Taylor and Francis Group
- Lai, P. C. und A. S. H. Mak (Hg.), 2007: *GIS for Health and the Environment. Development in the Asia-Pacific Region*. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography. Berlin/Heidelberg/New York: Springer.
- Lloyd, C. D., 2010: *Spatial Data Analysis. An Introduction for GIS Users*. Oxford/New York: Oxford University Press.
- Ludwig, I., A. Voss und Krause-Traudes, 2010: Wie gut ist Open Street Map? Zur Methodik eines automatisierten objektbasierten Vergleiches der Strassennetze von OSM und NAVTEQ in Deutschland. *GIS.Science* 4: 148-158.
- Meyer, T. H., 2010: *Introduction to Geometrical and Physical Geodesy: Foundations of Geomatics*. Redlands: ESRI Press.
- Migros, 2011: Filialen und Öffnungszeiten. <http://www.migros.ch/de/services/filialsuche.html> (11.02.2011).
- Mundhenke, J., 2005: Ökonomische Eigenschaften von Software – Die Bedeutung von Open-Source-Software für den Wettbewerb auf Softwaremärkten in: M. Bärwolff, R. A.

- Gehring und B. Lutterbeck (Hg.): Open Source Jahrbuch 2005: Zwischen Softwareentwicklung und Gesellschaftsmodell. Berlin: Lehmanns Media.
- Niyonsenga, T., J. Courteau, C. Dean, A. Hemiari, G. Bénié und A. Vanasse, 2009: Geomatics, Epidemiology and BioStatistics: An Application to Acute Coronary Syndrome. S. 249-260 in: J. Pilz (Hg.): Interfacing Geostatistics and GIS. Berlin/Heidelberg: Springer.
- Okabe, A. (Hg.), 2006a: GIS-Based Studies in the Humanities and Social Sciences. Boca Raton/London/New York: CRC Press, Taylor and Francis Group.
- Okabe, A., 2006b: Introduction. S. 1-18 in: A. Okabe (Hg.): GIS-Based Studies in the Humanities and Social Sciences. Boca Raton/London/New York: CRC, Francis and Taylor
- Post, 2005: Die Post garantiert Qualität. Erfassung und Aktualisierung der GeoPost-Daten: Die Schweizerische Post: 2.
- Post, 2011: Coordinate: Genaueste Gebäudeadress-Datensammlung der Schweiz. <http://www.post.ch/post-startseite/post-geschaeftskunden/post-direct-marketing/post-direct-marketing-national/post-direct-marketing-adressen/post-direct-marketing-geo-post/post-direct-marketing-geopost-koordinaten.htm> (11.02.2011).
- Preisendörfer, P., 1999: Umwelteinstellungen und Umweltverhalten in Deutschland. Empirische Befunde und Analyse auf der Grundlage der Bevölkerungsumfragen 'Umweltbewusstsein in Deutschland' 1991-1998. Opladen: Leske + Budrich.
- RatSWD, 2011: Endbericht der AG „Georeferenzierung von Daten“. [http://ratswd.de/Geodaten/downloads/RatSWD\\_Endbericht\\_Geo-AG.pdf](http://ratswd.de/Geodaten/downloads/RatSWD_Endbericht_Geo-AG.pdf) (13.07.2012).
- Rigaux, P., M. Scholl und A. Voisard, 2002: Spatial Databases with Application to GIS. San Francisco/California: Morgan Kaufmann Publishers.
- SAEFL, 2003: Modelling of PM10 and PM2.5 ambient concentrations in Switzerland 2000 and 2010. Environmental Documentation No. 169, Air: Swiss Agency for the Environment Forests and Landscape.
- SAEFL, 2004: Modelling of NO2 and benzene ambient concentrations in Switzerland 2000 to 2020. Environmental Documentation No. 188, Air. Bern: Swiss Agency for the Environment Forests and Landscape.
- Schnell, R. und F. Kreuter, 2000: Das DEFECT-Projekt: Sampling-Errors und Nonsampling-errors in komplexen Bevölkerungstichproben. ZUMA-Nachrichten 47: 89-102.
- Schuler, M., P. Dessementet und D. Joye, 2007: Atlas des räumlichen Wandels der Schweiz: Bundesamt für Statistik BFS.
- Shaw, M., D. Dorling und N. Brimblecombe, 1999: Life chances in Britain by housing wealth and for the homeless and vulnerably housed. Environment and Planning A 31: 2239-2248.
- Shimizu, E. und T. Fuse, 2006: A Method for Visualizing the Landscapes of Old-Time Cities Using GIS in: A. Okabe (Hg.): GIS-Based Studies in the Humanities and Social Sciences. Boca Raton/London/New York: CRC Press, Francis and Taylor Group
- Snow, J., 1855: On the Mode of Communication of Cholera. London: John Churchill.
- Sorrentino, J. A., M. M. R. Meenar und B. J. Flamm, 2008: Suitable Housing Placement: A GIS-Based Approach. Environmental Management 42: 803-820.
- Spencer, C. und J. Ratcliff, 2005: GIS and Crime Mapping. Chichester, England: John Wiley and Sons, Ltd.
- Steinberg, S. J. und S. L. Steinberg, 2006: GIS, Geographic Information Systems for the Social Sciences. Investigating Space and Place. Thousand Oaks/London/New Delhi: Sage Publications.
- swisstopo, 2011a: Skripts für WGS84-<->CH1903. <http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/de/home/products/software/products/skripts.html> (11.02.2011).

- swisstopo, 2011b: Vector25 <http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/de/home/products/landscape/vector25.html> (11.02.2011).
- Tobler, W., 1970: A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region. *Economic Geography* 46(2): 234-240.
- Tsumura, H. o., 2006: Site-Catchment Analysis of Prehistoric Settlements by Reconstructing Paleoenvironments with GIS. S. 175-190 in: A. Okabe (Hg.): *GIS-Based Studies in the Humanities and Social Sciences*. Boca Raton/London/New York: CRC Press, Taylor and Francis Group.
- van Schaaik, J. G. J. und J. J. van der Kemp (Hg.), 2009: *Real Crimes on Virtual Maps: The Application of Geography and GIS in Criminology*. Geospatial Technology and the Role of Location in Science, GeoJournal Library Springer Netherlands.
- Yang, K., S.-y. Peng, Q.-l. Xu und Y.-b. Cao, 2007: A Study on Spatial Decision Support Systems for Epidemic Disease Prevention Based on ArcGIS. S. 30-43 in: P. C. Lai und A. S. H. Mak (Hg.): *GIS for Health and the Environment. Development in the Asia-Pacific Region*. Berlin/Heidelberg/New York: Springer

## Anschrift der Autoren

Reto Meyer  
ETH Zürich  
Soziologie  
CLU D1  
8092 Zürich  
E-Mail: [reto.meyer@soz.gess.ethz.ch](mailto:reto.meyer@soz.gess.ethz.ch)

Heidi Bruderer Enzler  
ETH Zürich  
Soziologie  
CLU D1  
8092 Zürich  
E-Mail: [bruderer@soz.gess.ethz.ch](mailto:bruderer@soz.gess.ethz.ch)

## Anhang: Verweise auf Software, Webseiten und Lehrbücher

### Auswahl von GIS-Programmen

- ArcGIS von Environmental Systems Research Institute (ESRI): <http://www.esri.com> (07.06.2012)
- GeoMedia von Intergraph: <http://www.intergraph.com> (07.06.2012)
- GRASS GIS der Open Source Geospatial Foundation (OSGeo): <http://grass.osgeo.org> (07.06.2012)
- Quantum GIS (QGIS) der Open Source Geospatial Foundation (OSGeo): <http://qgis.osgeo.org> (07.06.2012)
- Verweise auf weitere Open Source und frei zugängliche GIS-Softwareprojekte: <http://open-sourcegis.org> (07.06.2012)

### Geo-Daten der deutschsprachigen Länder

- Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE): <http://inspire.jrc.ec.europa.eu> (07.06.2012)
- Geoportal.DE (Nationale Geodateninfrastruktur Deutschland sowie Web-GIS dazu): <http://www.geoportal.de> (07.06.2012)
- GeoDatenZentrum des Deutschen Bundesamts für Kartographie und Geodäsie: <http://www.geodatenzentrum.de> (07.06.2012)
- Verweise auf Karten verschiedenster Themen zu Deutschland (von der Karte zum Erdmagnetismus bis zur Spielkarten-Karte Deutschlands: „Welches Blatt wird gespielt?“): <http://www.hoeckmann.de/karten/> (07.06.2012)
- INSPIRE Österreich (Informationen zur nationalen Geodateninfrastruktur, Links auf verschiedene Geoportale in Österreich) <http://www.inspire.gv.at> (07.06.2012)
- Geoportal des Schweizerischen Bundes: <http://www.geo.admin.ch> (07.06.2012)
- Web-GIS des Schweizerischen Bundes: <http://map.geo.admin.ch> (07.06.2012)
- Swisstopo, das Geoinformationszentrum des Schweizerischen Bundes: <http://www.swisstopo.admin.ch> (07.06.2012)
- Metadatenkatalog für Geodaten der Schweiz (auch von Kantonen und privaten Datenhaltern): <http://www.geocat.ch/geonetwork/srv/deu/geocat> (07.06.2012)
- Nationale Geodateninfrastruktur des Fürstentums Liechtenstein: <http://www.llv.li/amtstsel/llv-tba-geodateninfrastruktur.htm> (07.06.2012)
- Geodatenportal der Landesverwaltung des Fürstentums Liechtenstein (Web-GIS): <http://geodaten.llv.li/geoshop/public.html> (07.06.2012)

### Geokodierung in den deutschsprachigen Ländern

- Deutschland: Amtliche Hauskoordinaten (Bezirksregierung Köln, Abteilung Geobasis NRW, „Zentrale Stelle Hauskoordinaten und Hausumringe“, ZSHH): [http://www.bezreg-koeln.nrw.de/brk\\_internet/organisation/abteilung07\\_produkte/liegenschaftsinformation/hausinformationen/hauskoordinaten/index.html](http://www.bezreg-koeln.nrw.de/brk_internet/organisation/abteilung07_produkte/liegenschaftsinformation/hausinformationen/hauskoordinaten/index.html) (07.06.2012)
- Österreich: Adressregister, geführt vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen: [http://www.bev.gv.at/portal/page?\\_pageid=713,2167982&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://www.bev.gv.at/portal/page?_pageid=713,2167982&_dad=portal&_schema=PORTAL) (07.06.2012)

- Schweiz: Eidgenössisches Gebäude- und Wohnungsregister (GWR): <http://www.bfs.admin.ch>, Einsicht über das Web-GIS unter <http://map.geo.admin.ch> (07.06.2012)
- Schweiz: GeoPost Coordinate: <http://www.post.ch/post-startseite/post-geschaeftskunden/post-direct-marketing/post-direct-marketing-national/post-direct-marketing-adresen/post-direct-marketing-geopost/post-direct-marketing-geopost-koordinaten.htm> (07.06.2012)
- Fürstentum Liechtenstein: Grundbuchplan: <http://www.llv.li/amtstellen/llv-tba-geodaten/infrastruktur.htm>, Einsicht über das Web-GIS unter <http://geodaten.llv.li/geoshop/public.html> (07.06.2012)
- Batchgeo, ein Online-Instrument zur Geokodierung von Adresslisten, das die Geocoding API von Google nutzt und daher aus rechtlichen Gründen die Adressen nur noch anzeigt, die Längen- und Breitengrade aber nicht mehr als Liste ausgibt: <http://www.batchgeo.com/> (07.06.2012)

## Auswahl von GIS-Lehrbüchern

- Bill, R., 2010: Grundlagen der Geo-Informationssysteme, Bd.1, Hardware, Software und Daten. Heidelberg: Wichmann.
- Lloyd, C. D., 2010: Spatial Data Analysis. An Introduction for GIS Users. Oxford/New York: Oxford University Press.
- De Smith, M. J., M. F. Goodchild & P. A. Longley (2013). Geospatial Analysis: A Comprehensive Guide to Principles, Techniques and Software Tools. Leicester: Troubador. Online: <http://www.spatialanalysisonline.com/HTML/index.html>

## GIS in den Sozialwissenschaften

- Center for Spatially Integrated Social Science: <http://www.csiss.org> (07.06.2012)
- Blog von Matt Artz zu Neuigkeiten, Hilfsmittel und Kommentare zur wissenschaftlichen Anwendung der GIS-Technologie, darunter auch von Anwendungen in den Sozialwissenschaften, die als eigene Kategorie geführt wird: <http://gisandscience.com/category/social-science> (07.06.2012)
- Historical Geographical Information Systems (HGIS): Anwendung von GIS in den Geschichtswissenschaften: <http://www.hgis.org.uk/index.htm> (07.06.2012)