
Rückblick - Vorblick = 40 Jahre Geoinformation

Andrew U. FRANK,

Dept. Geodäsie und Geoinformation, TU Wien · frank@geoinfo.tuwien.ac.at

Einleitung

Meine Emeritierung 2016 ist der Anlass zu diesem Rückblick und Vorblick auf 40 Jahre Geoinformation. Die Entwicklung werde ich in fünf Dekaden gruppieren und mich auf die dominante Praxis und weniger auf genaue Daten für die Ankündigungen von neuer Technologie beziehen. Am Schluss werde ich eine Projektion für die 2020er Dekade wagen - auch wenn Voraussagen immer gefährlich sind, besonders wenn sie die Zukunft betreffen. Ich hatte das Glück praktisch alle führenden Geoinformations-Wissenschaftler und -Unternehmer noch persönlich kennengelernt zu haben. Ich berichte bewusst weder vollständig noch objektiv; der Fokus liegt auf Anwendungen, die von vielen genutzt werden¹. Dennoch glaube ich schließlich zu einigen bedenkenswerten Schlüssen zu kommen.

Die Entwicklung von GIS ist durch *enabling technologies* getrieben; deshalb werde ich für jede Dekade zuerst die jeweils neuen, allgemein gebräuchlichen Informations- aber auch Vermessungstechnologien charakterisieren, um dann die Geoinformationspraxis und die Geoinformationsforschung beschreiben und danach Veränderungen bei den verfügbaren Daten und Software anzumerken. Die Preisreduktion für Informationstechnologie war und ist wohl der wichtigste Antrieb der Entwicklung der letzten Jahre. In Abbildung 1 zeichne ich die ungefähr einem erweiterten Moore'schen Gesetz² folgende Entwicklung des Preises eines GIS Arbeitsplatzes auf; die Entwicklung von IT hat die Kosten der Bestimmung einer Position auf der Erdoberfläche durch GPS drastisch reduziert (schätzungsweise von \$1000 auf \$.01 pro Punkt³) und die Anzahl der Rechner, mit denen Daten ausgetauscht werden könnten, hat durch das Internet in noch höherem Masse zugenommen, was in Abbildung 1 ebenfalls dargestellt ist.

-
- ¹ Zum Beispiel werde ich Gebiete, mit denen ich selbst mich nicht besonders befasst habe, meist weglassen; das schließt auch räumliche Statistik oder thematische Kartografie ein, deren Entwicklung wahrscheinlich wichtiger waren als es hier erscheint.
 - ² Gordon Moore, der Mitgründer von Fairchild Semiconductors und Intel machte die empirische Beobachtung, dass sich die Leistung von Computern alle 18 Monate verdoppelt. Die Kosten pro GIS "Arbeitsplatz" bestätigen dies näherungsweise: Alle 10 Jahre vergrößert sich die Leistung ungefähr um einen Faktor 100 ($2^{120/18} = 101.6$), oder die Kosten vermindern sich um diesen Faktor bei gleicher Leistung – sofern ein genügend großer Markt besteht. So hat sich z.B. der Preis eines GPS Empfängers zwischen 1990 und 2010 von \$30,000 auf \$3 vermindert. Prozessorleistung würde sich zwischen 1970 und 2020 um 10^{10} erhöhen, effektiv sehen wir eine Preisreduktion von \$10 Mio auf \$100 (d.h. 10^4), eine Erhöhung der Geschwindigkeit um vielleicht 10^5 und schließlich auch grob 10 Prozessorkerne - für eine grobe Rechnung recht passend.
 - ³ Da es nicht über die ganze Betrachtungsperiode Euro gegeben hat, gebe ich Preise in "Einheiten", die ungefähr einem Euro oder einem US\$ entsprechen.

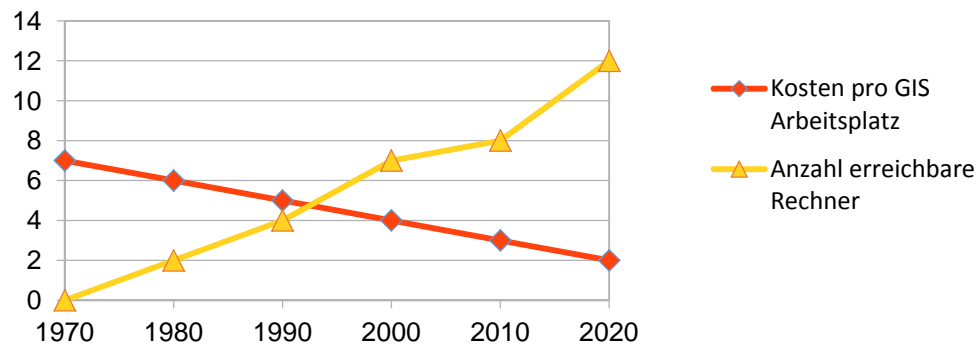


Abbildung 1: IT Entwicklung 1970 bis 2020 (in logarithmischer Darstellung)

1 1970er Dekade

Zu Beginn meines Doktoratstudiums⁴ an der ETH Zürich habe ich die Landinformationstagung in Darmstadt besucht [EICHHORN 1979]. Kurz zuvor hatte an der Harvard Universität die erste theorie-orientierte GIS Tagung stattgefunden [DUTTON 1977]. Zuvor hatte ich EDV Technologie in einer schweizerischen Großbank erlebt und dann Stapelverarbeitung im Studium durchlitten. Meine Forschung durfte ich am neuen Zentrum für *interaktives Rechnen* der ETH durchführen.

1.1 Technologie

Wenige Großrechner in Rechenzentren bearbeiten Aufgaben, die als Lochkartenstapel eingegeben werden, und produzieren gedruckte Papierstapel, oft mit hunderten von Seiten; Karten können auf mechanischen Zeichentischen langsam ausgegeben werden. Graphische Displays sind entweder statisch (Tektronix Storage Tube) oder dynamische Vektordisplays.

In Vermessungsbüros werden die ersten elektronischen Taschenrechner (HP 35) und seltener Tischrechner für geodätische Koordinaten-Berechnungen eingesetzt; größere Aufgaben werden an Rechenzentren übergeben. Richtungsmessung dominierte die Vermessung; elektronische Distanzmesser waren selten, langsam und teuer und wurden deshalb nur in besonderen Fällen eingesetzt.

⁴ Aufgabe: Verwendung von Datenbankverwaltungssystemen für (Mehrzweck-)Kataster; die Betreuer waren Conzett (Vermessung) und Zehnder (Informatik).

1.2 Geoinformations-Praxis

Konventionelle Planarchive, Lichtpausmaschinen und Leuchttische für das Übereinanderlegen von Plänen dominieren. Wenige Dienststellen großer Organisationen⁵ verwenden Kleincomputer, um Kataster- und Leitungspläne laufend zu halten. In Kanada wurde von Roger Tomlinson - bekannt als der "Erfinder" des Begriffes - das "Canadian Geographic Information System" seit 1962 entwickelt⁶.

1.3 Forschung

Experimente mit kartographischer Produktion gibt es z.B. in England [BELL_1978] oder am Harvard Graphics Lab [DUTTON 1977] für Anwendungen in Ortsplanung, Forstwirtschaft [COPPOCK 1991].

1.4 Software

Software wird von den Herstellern geliefert und funktioniert nur auf deren Anlagen; im Gegensatz zu den 1960er Jahren hat Software nun einen Preis und wird nicht mehr gratis der Hardware beigegeben.

2 1980er Dekade

An der FIG Konferenz in Montreux war ich an der Definition des Begriffes Landinformationssystem beteiligt:

Ein Landinformationssystem ist ein Instrument zur Entscheidungsfindung in Recht, Verwaltung und Wirtschaft sowie ein Hilfsmittel für Planung und Entwicklung. Es besteht einerseits aus einer Datensammlung, welche auf Grund und Boden bezogene Daten einer bestimmten Region enthält, andererseits aus Verfahren und Methoden für die systematische Erfassung, Aktualisierung, Verarbeitung und Umsetzung dieser Daten. Die Grundlage eines LIS bildet ein einheitliches, räumliches Bezugssystem für die gespeicherten Daten, welches eine Verknüpfung der im System gespeicherten Daten mit anderen bodenbezogenen Daten erleichtert.[FIG]

Bald danach wurde die Unterscheidung von Landinformationssystem (LIS) und geographischen Informationssystemen (GIS) [FRANK 1979] zugunsten des zweiten Begriffes aufgegeben.

Nach Abschluss der Dissertation an der ETH wurde ich Professor für Geographische Informationssysteme an der University of Maine. Meine Forschungsgruppe wurde Teil des siegreichen NCGIA (National Center for Geographic Information and Analysis, zusammen mit den Geographie Abteilungen der University of California, Santa Barbara und der New York State University in Buffalo).

5 Stadtvermessung Wien, Stadt Basel, Hamburg, Meeskundige Dienst des Rijkwaterstaat

6 https://en.wikipedia.org/wiki/Canada_Geographic_Information_System

2.1 Technologie

Minicomputer mit Preisen unter \$1 Mio. und graphische Arbeitsplätze mit Rasterdisplays werden erschwinglich auch für kleinere Organisationen; die für GIS⁷ notwendige Software kann von verschiedenen Firmen, oft zusammen mit der notwendigen Hardware, erworben werden. Grafik- [ENCARNACAO 1980] und Datenbankverwaltung-Programme werden standardisiert [CODASYL 1971]. Mikrocomputer, z.B. der IBM PC ab 1980, sind noch sehr beschränkt und ohne graphische Darstellung.

Elektronische Distanzmesser mit Theodolit erlauben die "freie Stationierung" zur raschen Aufnahme von Punkten, z.B. von Leitungen bei offener Kuvette.

2.2 Geoinformations-Praxis

In den USA erscheinen Berichte über erfolgreiche und kosteneffektive Leitungskataster und -informationssysteme, oft als AM/FM (für Automated Mapping/Facilities Management) bezeichnet [TRIPP 1987]. Diese Systeme großer Leitungsbetreiber produzieren Dokumentationen und Karten für den Unterhalt und die Planung. Verschiedene Hersteller (Intergraph, Synercom u.ä.) bieten Soft- und Hardware für wenige Arbeitsplätze an, die auch für Mehrzweck-Kataster u.ä. genutzt werden. Für Ortsplanung und größere umweltrelevante Projekte bietet ESRI Hard- und Software Systeme an, die projektbezogen verschiedene Daten räumlich zusammenbringen können. Alle diese von Firmen entwickelten Systeme sind geschlossen und der Austausch von Daten zwischen den Systemen ist schwierig.

2.3 Forschung

Für den Einsatz von Datenbankverwaltungssystemen für räumliche Daten müssen Datenspeicherung und -strukturierung über das für administrative Anwendungen Erforderliche hinaus erweitert werden [FRANK 1983], insbesondere müssen Metadaten (d.h. Daten über die Daten) die Datenqualität beschreiben [CHRISMAN 1985 & 1988]. Im Auftrag des U.S. Verteidigungsministeriums wurde am Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory schon länger ein Global Positioning System (Navstar) entwickelt; Test für den geodätischen Einsatz begannen, nachdem genügend Satelliten operational und das System grundsätzlich für zivile Anwendungen freigegeben war (1983) [LEICK 1984]⁸.

Für die kartographische Darstellungen, welche für GIS meist im Vordergrund standen, waren die gewählten Datenstrukturen (d.h. unzusammenhängende Striche und Ankerpunkte für Flächenbeschreibungen - nach einem beliebten amerikanischen Gericht als "spaghetti & meat balls" bezeichnet) ausreichend; für Leitungsplanung aber besonders bei der Produktion von Beschreibungen von Routen aus Straßendaten, mussten auch topologische Beziehungen und Regeln des Straßenverkehrs (insbesondere Abbiegebeschränkungen) gespeichert werden [WHITE 1978]. Experimentelle Autonavigationssysteme mit Koppelnavigation zur Ortsbestimmung sind nur beschränkt alltagstauglich [COOKE 1985, FRENCH

⁷ Ich verwende hier GIS als generelle Bezeichnung für alle Arten von GIS Anwendungen.

⁸ https://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System#Predecessors

1987]; es wird auch bereits überlegt, welche Anforderungen Benutzer an automatisch generierte Anweisungen stellen [MARK 1987, MCGRANAGHAN 1987].

Die Übernahme der großen, in Karten und Plänen erfassten geographischen Daten in ein digitales System wurde zum Forschungsprojekt. Laserscan baute für den Rijkswaterstaat ein Gerät zum automatischen Digitalisieren bei dem Linien optisch verfolgt wurden⁹. Gleichzeitig wurden, z.B. an der Ohio State University, Fahrzeuge mit Positionsbestimmung und Videokameras ausgerüstet, um Daten direkt digital aufzunehmen[NOVAK 1993].

2.4 Daten

Im allgemeinen werden umfassende Digitalisierungsprojekte begonnen (z.B. Wien, IGN France) und in kleineren Regionen werden bereits Projekte abgeschlossen (z.B. Basel), so dass dort flächendeckende GIS möglich werden. Am U.S. Bureau of the Census wird für die Volkszählung ein Datensatz mit allen Straßen der USA vorbereitet und topologisch kodiert [CORBETT 1975, 1979, WHITE 1979].

2.5 Software

GIS Software wird von spezialisierten Firmen – meist für bestimmte Typen von Hardware – teuer verkauft. Weil Softwareproduktion ein natürliches Monopol schafft, dominieren am Schluss wenige Firmen den Markt. Ein Wechsel des Software-Herstellers ist fast unmöglich, da der Kunde erheblich in Schulung investiert, und die gesammelten Daten kaum portabel waren.

3 1990er Dekade

Ungefähr 10 Jahre habe ich in den USA an der University of Maine unterrichtet und im Rahmen des NCGIA geforscht, bis ich 1992 an die TU Wien berufen wurde.

3.1 Technologie

Lokale Netzwerke verbinden zentrale Großrechner mit Terminals, Workstations und Personal Computers, auf deren Rasterbildschirmen auch graphische Darstellungen möglich sind. Um etwa 1995 wurden die Beschränkungen des Internet (ARPAnet, NSFNET) auf Forschungsinstitutionen aufgehoben und der Zugang allen geöffnet. Der NSCA Mosaic Browser, seit 1993 erhältlich, erlaubte das Internet nicht nur für eMail sondern auch für den Zugang von verlinkten Dokumenten - das world wide web wurde Realität [ANDREESSEN 1993].

In der Vermessungspraxis ist Richtungs- und Distanzmessung gebräuchlich; für die Bestimmung von Fixpunkten wird zunehmend GPS eingesetzt. Berechnungen erfolgen auf PC

9 <http://www.laser-scan.com/demo/laser-scan-history/>

oder Workstationen, weil auf diesen der Plan direkt erstellt werden kann. Pläne werden auf großen Zeichenmaschinen ausgegeben.

3.2 Geoinformations-Praxis

Städtische und regionale GIS entstehen, die verschiedene Daten aus den Verwaltungsabteilungen zusammenbringen und Mitarbeitern über Terminals am Arbeitsplatz darstellen; eingeschränkt können die zentral verwalteten Daten von den dezentralen Mitarbeitern verändert werden. Damit ist eigentlich die Vision eines GIS mit zentraler Datenhaltung ohne mehrfach nachgeführte Daten, wie sie in FIG Dokumenten und in den Arbeiten der University of Wisconsin als Ziel dargestellt wurde, erfüllt [NIEMANN 1987, CLAPP 1988].

Anwendungen außerhalb der Verwaltung, z.B. für den Immobilienmarkt oder das Flottenmanagement, tauchen auf und sind offensichtlich kostengünstig. MapQuest verwendet die von der amerikanischen Regierung erstellten Straßendaten der USA, um Routenbeschreibungen im Web Browser darzustellen; der Nutzer drückt die Beschreibung dann aus und benutzt sie während der Fahrt als Referenz. Diese Anwendung war wohl der erste, von einem breiten Publikum angenommene, geographische Dienst. Am Ende der Dekade entstehen die ersten Fahrplanauskunftssysteme der Bahn (SBB 1988, DB 1990¹⁰).

3.3 Forschung

Eine Initiative des NCGIA führte zu einer Analyse der wirtschaftlichen Bedeutung von geographischen Daten und insbesondere der Ortsangabe [CALKINS 1989, CALKINS 1991]. In dieser Dekade werden auch Überlegungen zur Bestimmung des Ortes eines Mobiltelefons (bzw. eines Empfängers, der in einem Fahrzeug eingebaut ist) angestellt (GPS basierte Einrichtungen wurden 1995 patentiert¹¹); in den USA wird vorgeschrieben, dass alle Mobiltelefone ab 1998 in einem Notfall (E-911 call) zumindest die Position als Funkzelle übertragen [REED 1998]. Von führenden GIS Forschern wird aber auch erkannt, dass damit schwierige ethische und soziale Fragen einhergehen [DOBSON 2000, 2003].

Die Vermessung muss die Verbindung zwischen GPS bestimmten Koordinaten und den Systemen der Landesvermessung schaffen und in praktisch nutzbare und ökonomische Dienste umwandeln. Die Standardisierung von Abfragesprachen wurde mit dem aufkommenden Internet dringender; die Forschung beschäftigte sich mit der für Abfragesprachen notwendigen Theorie des qualitativen räumlichen Schließens (QSR: EGENHOFER 1989, FRANK 1992, CUI 1993, FREKSA 1993). Die Übernahme von Daten aus anderen Systemen, die technisch leicht übertragen aber schwierig zu integrieren waren, sollte Standards für Interoperabilität erreichen [OGC 1996], wozu aber die notwendige Theorie fehlte [VCKOVSKI 1998]. GIS, die auch Veränderungen in der Zeit erfassen, dokumentieren und darstellen konnten, wurden entworfen und theoretisch begründet [MEDAK 1999, HORNSBY 2000].

¹⁰ https://de.wikipedia.org/wiki/Elektronische_Fahrplanauskunft.

¹¹ <http://www.opengeospatial.org/ogc/history> - wobei auch ein legaler Kanal für den Informationsaustausch zwischen öffentlichen Stellen und potentiellen Anbietern unter dem komplexen U.S. Vergaberecht erreicht wurde.

3.4 Daten

In den USA sind Daten der Bundesregierung für alle zugänglich und verwendbar. MapQuest und ähnliche Firmen übernehmen die Straßendaten des Bureau of the Census und bauen darauf nützliche Applikationen als kommerzielles Angebot. In Europa halten die nationalen Vermessungsämter am Urheberrecht an Daten fest und erlauben Nutzungen (kommerzielle, aber auch Experimente in der Forschung) nur nach umfangreichen Abklärungen und mit großen Auflagen; es entstehen deshalb in Europa kaum kommerzielle GIS Anwendungen (Ausnahme z.B. WiGeoGIS in Wien) auch wenn dies ökonomisch sinnvoll wäre [MARTINEZ 2002]. Die Form von nationalen Geoinformations-Leitbildern (engl. geoinformation policies), welche eine räumliche Dateninfrastruktur schaffen und erhalten soll [MASER 1999], insbesondere im Hinblick auf den Urheberrechtsschutz, wird kontrovers diskutiert [RHIND 1991, ONSRUD 1995].

3.5 Software

Wenn zuvor proprietäre Betriebssysteme der Hersteller verbreitet waren, so werden GIS Programme zunehmend auf einem Windows Betriebssystem von Microsoft aufgebaut, für die Hardware von verschiedenen Herstellern angeboten werden. Das vom U.S. Corps of Engineers im Laufe der Zeit aufgebaute GRASS GIS Programmsystem findet größeren Einsatz.

Der nach Firmenstandards organisierte Austausch von Daten war aufwendig; verschiedene U.S. Regierungsstellen, Universitäten und Intergraph schlossen sich unter der Leitung von David Schell 1994 zum Open Geospatial Consortium zusammen¹², um Software nach einheitlichen Standards aufzubauen, was die enge Verbindung zwischen proprietärer Software und GIS Daten aufbricht. Damit können kleinere, spezialisierte Firmen in einem offenen GIS Programmsysteme einzelne Komponenten liefern, was z.B. vom GIPSIE Projekt der EU gefördert wird (Leitung: TU Wien).

4 2000er Dekade

4.1 Technologie

PC werden an praktisch jedem Arbeitsplatz verfügbar und mit dem World Wide Web verbunden - damit sind Daten unabhängig von der Bearbeitung verfügbar. Die Preisreduktion von GPS Empfänger und Mikrocomputer erlaubt Anwendungen, die vorher ökonomisch nicht denkbar waren. Mobile Telefone, die nun endlich in Hosens- und Handtaschen passen, und deren Position innerhalb einer Funkzelle bekannt sind, verbreiten sich rasch, ebenso batteriebetriebene Laptop Computer, die sich über das Mobiltelefonnetz mit dem Internet verbinden können und so fast überall Zugang zu anderswo gespeicherte Daten erlauben.

¹² <http://www.opengeospatial.org/ogc/history> - wobei auch ein legaler Kanal für den Informationsaustausch zwischen öffentlichen Stellen und potentiellen Anbietern unter dem komplexen U.S. Vergaberecht erreicht wurde.

In der Vermessungspraxis kommen zunehmend Total-Stationen mit GPS kombiniert zum Einsatz, wenn nicht überhaupt nur mit GPS gemessen wird.

4.2 Geoinformations-Praxis

Autonavigationsgeräte mit

- GPS Positionsbestimmung
- lokal gespeichertem Straßennetz, und
- brauchbarem graphischen Bildschirmchen

werden zu einem für private Nutzer akzeptablen Preis angeboten und verbreiten sich rasch.

Al Gore (U.S. Vicepresident) setzte mit der Vision einer Virtual Earth, in die man beliebig hineinzoomen kann, ein Ziel, dass etwa 2005 durch Google Earth und Google Maps realisiert wurde, so dass umfassende Information über Bodenbedeckung, Straßen für Routenplanung und schließlich Fahrpläne des öffentlichen Verkehrs allgemein zugänglich sind.

Die komfortable direkte Erfassung von Situationen im Feld mittels eines Laptop Computer wird in Forst- und Landwirtschaft (u.ä.) eingesetzt.

4.3 Forschung

Es wird erkennbar, dass das Anbieten von Dienstleistungen und Waren in Abhängigkeit vom Ort des Kunden eine wesentlich gezieltere Werbung und bessere Dienstleistungen erlauben wird; an der TU Wien startet 2004 eine spezialisierte Konferenz zum Thema Location Based Services. Offen bleibt die Bestimmung von Positionen innerhalb von Gebäuden [GARTNER 2004].

Die Integration von Daten aus verschiedenen Quellen mit unterschiedlichen Zielen beim Sammeln wird zunehmend nicht nur als Frage der Datenstrukturierung sondern auch der Bedeutung der Daten verstanden. Interoperabilität der Semantik wird als Limitierung gesehen. Zur Bedeutung der Daten gehört auch deren Qualität.

4.4 Daten

Wenige Themen oder Datensätze sind für die meisten Anwendungen wichtig und sollten generell (auch für kommerzielle Nutzung) flächendeckend verfügbar sein: Verkehrsnetz, politische Grenzen, digitales Geländemodell, Hydrographie, Bodennutzung und -bedeckung. Qualitätsansprüche an räumliche Auflösung sind meist gering und Fehler in den Daten sind in vielen Fällen ebenfalls tolerierbar [KREK 2002, FRANK 2008].

Der Abbau von scheinbar doppelt geführten Datensammlungen ist manchmal nicht möglich, weil unterschiedliche Legaldefinitionen der administrativen Anwendung zugrunde liegen (z.B. unterschiedliche Definitionen von „Wald“); eine Vereinfachung kann nur durch den Gesetzgeber erreicht werden.

4.5 Software

Die OpenSource Bewegung in der Informatik gewinnt Format und wird von großen Firmen für die Erstellung komplexer System eingesetzt (IBM mit Eclipse oder Google mit Andro-

id); das offene QGIS entsteht unter Verwendung von GRASS und verschiedenen anderen freien Softwarepaketen.

5 2010er Dekade

5.1 Technologie

Bessere kleine Bildschirme, bessere Batterien, höhere Übertragungsraten im Mobilfunknetz und winzige, leistungsfähige computer-chips erlauben den graphischen Zugang zum WWW auf den neuen Smartphones – mit denen man auch telefonieren kann, aber vor allem Netzzugang überall erreicht und nutzt. Soziale Medien, Plattformen zum Austausch von Informationen in mehr oder weniger geschlossenen Kreisen (eigentlich ein virtueller Stammtisch), nehmen überhand und setzen die bei fast jedem Smartphone vorhandenen GPS Ortungsdaten ein.

Fahrzeuge mit verschiedenen Sensoren nehmen den Straßenraum für private Datensammler (Google u.ä.) auf; Laserscanner erlauben präzise Aufnahmen des Geländes durch amtliche Vermessungsstellen.

Google hat praktisch alle Texte im Web in seiner Datenbank analysiert und setzt natürlichsprachliche Komponenten in Anwendungen ein.

5.2 Geoinformations-Praxis

Geoinformation wird überall und jederzeit von allen eingesetzt - jeder und jede Firma benutzt Ortungsdaten in Applikationen zur Orientierung und zum Auffinden von Adressen, zum Suchen nach Diensten, Angeboten und Leistungen in der Nähe etc.; firmeninterne Anwendungen werden von Anfang an als Webapplikationen entworfen. Die Nutzung von Geoinformation wird praktisch nur durch die Anzahl und die Bedienbarkeit von Programmen auf dem Smartphone beschränkt. Mobile Geräte dienen auch als Sensoren: Aus den Bewegungsdaten verschiedener Nutzer lassen sich auch das Verkehrsvolumen, bzw. Staus erkennen; diese können bei der Bestimmung der besten Route verwendet werden. Applikationen zum Finden von Dienstleistungen für Touristen werden von verschiedenen Wiederverkäufern dominiert; besonders wichtig sind Fahrpläne von öffentlichen Verkehrsmitteln, Kino, Theater und Museen etc. etc.

Organisationen und Verwaltung setzen Smartphone Applikationen ein, um mit eigenen Mitarbeitern Daten nachzuführen, aber lassen auch private Meldungen (mit Ortsbezug und Photo) zur Erfassung von Problemfällen zu. Dispatch-Aufgaben sammeln Daten von Mitarbeitern und leiten Entscheidungen an diese weiter - alles als Anwendungen auf dem Smartphone.

5.3 Forschung

Die Verbindung von Daten mit anderen Datenbeständen wird durch die Konzepte des Semantic Web [BERNERS-LEE 2001] ermöglicht. Dabei werden die Daten in binären

Relationen mit RDF [MANOLA 2004] strukturiert und mit der Abfragesprache SPARQL [PRUD'HOMMEAUX 2008] gefunden.

Beim Zusammenbauen von GIS Anwendungen mit Daten aus verschiedenen Quellen und deren Verbindung mit der Steuerung des Dialogs mit dem Benutzer wird deutlich, dass ein besseres Verständnis der Semantik und der räumlichen Kognition erforderlich ist. Die adäquate Lösung von Aufgaben im Raum ist meist stark vom Kontext abhängig; nur schon die Entscheidung, was „nah“ und was „fern“ ist, bezieht viele Aspekte der Situation des Entscheidenden ein (Tourist, im Auto, Gelände...) [HAHN 2016].

5.4 Daten

Ausgehend von einer Entscheidung der Regierung des Vereinigten Königreiches 2011¹³ werden Geodaten im UK freigegeben; andere Gebietskörperschaften schließen sich rasch dem Trend an (z.B. Stadt Wien). Kommerziell bedeutend ist nicht so sehr der Zugang zu den geographischen Grunddaten (diese sind durch Google Maps bereits weitgehend vorhanden), sondern die Sachdaten, mit denen Anbieter im UK, aber auch in anderen europäischen Ländern, verschiedene Geschäftsmodelle versuchen. Häufig werden Daten als Anlockung für die Verbreitung von Werbung gratis weitergegeben; für spezielle, kommerzielle Anwendungen wird oft ein Entgelt für die Aufbereitung der Daten für diesen Einsatzzweck verlangt. Im deutschsprachigen Raum ist Zurückhaltung zu spüren, z.B. sind Daten der Wiener Linie nur über deren eigene Applikation zugänglich und nicht in Google Maps mit den Fahrplänen anderer Anbieter integriert.

Freie, von Freiwilligen gesammelte geographische Daten sind qualitativ ausreichend und flächendeckend zugänglich (OSM), so dass sie alternativ zu den proprietären Google Maps Daten verwendet werden können.

6 Vorblick: 2020er Dekade

6.1 Technologie

Die Verkleinerung und Steigerung der Leistung von Computer geht weiter; interessant werden „wearable“ Computer, die flexibel in die Kleidung eingearbeitet sind und einen jederzeit begleiten - offen ist, wie der menschliche Benutzer damit kommuniziert. Unsichtbare Sensoren, die Daten über das Verhalten ihrer Benutzer oder Menschen in der Umgebung sammeln, werden zunehmen; Autos als Sensoren einzusetzen ist nicht mehr ein technisches, aber wohl ein juristisch und soziales Problem. Semantik, Kognition und Kontext (als drei Schlagworte) wird vor allem mit statistischen Methoden erfasst.

Die Durchdringung aller Tätigkeiten mit IT und der gegenwärtige niedere Stand des Schutzes befördern Kriminalität: Niemand stellt Autos unverschlossen auf städtische Straßen, aber seine Rechner - und sei es nur der Rechner in der Waschmaschine oder im Kühlschrank - ungeschützt ins Internet zu stellen, ist gängige Praxis.

¹³ https://en.wikipedia.org/wiki/Open_Data_in_the_United_Kingdom

6.2 Geoinformations-Praxis

Vermessung wird sich auf hoch präzise und Überwachungsaufgaben spezialisieren; viel Arbeit wird die Integration von Raum- und Zeitbezug in spezifische Anwendungen bringen. Die für die Programmierung notwendige formale Beschreibung des raum-zeitlichen Planens (QSR) bleibt eine dem Vermesser besonders vertraute Domäne. Räumliche und zeitbezogene Daten sind in allen Anwendungen wichtig und werden überall verwendet.

Die Qualität der Daten kann dargestellt werden und die Ansprüche an die Qualität der Ausgangsdaten für verschiedene Anwendungen sind fassbar; Anwendungen warnen Nutzer, wenn die für eine Entscheidung notwendigen Daten nicht oder nicht in genügender Menge vorhanden sind.

Spiele, die virtuelle Welten mit dem realen Raum verbinden (à la PokemonGo), sind erfolgreich und werden komplementär zu klassischen Sportarten. So wie heute die Fahrplanauskunft - einst eine Domäne spezialisierter Bahnbeamter - automatisiert ist, können einfache Rechtsfälle (und andere Tätigkeiten menschlicher „Experten“) automatisiert werden [SUSSKIND 2015], dasselbe dürfte auch für Routineentscheidungen in Baurecht gelten.

Sensoren erfassen automatisch bestimmte Situationen (z.B. Andrang im öffentlichen Verkehr, Staus) und machen diese Informationen anderen für ihre Entscheidungen zugänglich in Form von programmierten Komponenten, die in Anwendungen integriert werden können. Damit erweitert sich das Arbeitsfeld des „quantity surveyors“ und des Fachmannes für Liegenschaftsbewertung.

6.3 Forschung

Die statistischen Verfahren zur Erfassung von Semantik soll mit regelbasierten, ontologischen Verfahren ergänzt werden. Da Raum- und Zeitbezug in fast allen Lebensbereichen zentral ist und wohl auch grundlegend die Entwicklung der menschlichen Kognition beeinflusst hat, wird räumliches Denken und die „elektronische Version“ davon, Voraussetzung für die intelligente Integration von Daten aus verschiedenen Quellen sein. Sensordaten müssen mit verbalen Daten zu sinnmachenden Nachrichten verbunden werden.

Forschung zu Human - Computer Interaction, insbesondere der User Interfaces, in Verbindung mit Natural Language Technologien werden als wichtigste Themen zur Überwindung praktischer Hindernisse beim Einsatz von IT erkannt. Der Schutz von räumlich-zeitlicher Information zur Sicherung des für eine menschliche Gesellschaft nötige Maß von „Privatsphäre“, wird wichtiges Thema für die Entwicklung von Technik, Recht und Praxis. Wie kann Information für die Planung geschäftlicher oder öffentlicher Entscheidungen gewonnen werden, ohne dass daraus auf das Verhalten einzelner geschlossen werden kann [TYAGI 2015]?

Kontext und Pragmatik des Nutzers sind zu verstehen und bei der Verarbeitung von Anfragen einzubeziehen. Der Gegensatz zwischen der „closed world“ Logik der meisten Verwaltungstätigkeiten und der „open world“ Logik, die für GIS in den meisten Fällen anzuwenden ist, ruft nach „intelligenten“ Systemen, die zwischen den beiden Logiken situationsbedingt auswählen [ARENAS 2014]. Computer Sicherheit und Abwehr von Kriminalität im Umgang mit räumlichen Daten wird Thema: wie verhindert man den Missbrauch oder die Fälschung von Sensordaten?

6.4 Daten und Software

Daten und Software werden zunehmend zu einem „freien Gut“, die von jedermann genutzt werden können; Geschäftsmodelle werden verändert, so dass sie nicht auf Urheberrecht abstellen[LESSIG 2008]. Die Berufspraxis des Vermessers wird damit zum Experten für die situationsgerechte Anwendung von Prozessen, die mit öffentlicher Software auf offenen Daten ablaufen; man erinnere sich an die Geschichte der Autoreparaturrechnung: „Material 1 Schraube 10 Cent, Gewusst wo 19.90“!

7 Schluss

7.1 Enabling Technologies

Die Entwicklung von IT, besonders von Rechnern, die mehr Leistung bereitstellen in immer kleineren Gehäusen und mit weniger Stromverbrauch zu geringerem Preis, aber auch die Entwicklung von Batterien, von Mobilfunknetzen und schließlich GPS (und generell GNSS), haben neue Anwendungen erlaubt, sobald diese effizient geworden sind (wozu auch der Form Factor, das heißt die Größe und Bedienbarkeit gehört). Ich schließe daraus, dass die Entwicklung der Technik, angetrieben durch Forschung, der primäre Motor der Veränderung ist und dass die gesellschaftlichen Veränderungen, die z.B. in der Politik deutlich werden, die Folgen der Entwicklung der Technik sind (wobei man auch die „Erfindung“ neuer Institutionen im Sinne von NORTH [1977] zur technischen Entwicklung zählen muss).

7.2 Innovative Firmen

Viele der Pioniere, vor allem Firmen, sind im Laufe der Zeit verschwunden. Selten haben kleine Firmen, die zuerst am Markt waren, langfristig gegen die Verdrängung oder den Kauf durch Monopolisten überlebt (z.B. hat Microsoft den ersten Browser von Netscape erfolgreich durch illegale Praktiken aus dem Markt verdrängt). Die Zunahme der Komplexität von IT durch intensiv vernetzte Systeme erzwingt den Übergang zu Open Source Modellen der Softwareproduktion und erhöht die Chancen für neue Ideen in Startups - die dann allenfalls von Monopolisten übernommen werden.

7.3 Fünfzehn bis 20 Jahre von Forschung bis zur Praxis

Die Beispiele, die hier aufgezeigt wurden, z.B. GPS, topologische Relationen, Datenerfassung vom fahrenden Fahrzeug, zeigen immer wieder eine Frist von 15 bis 20 Jahren, die vergeht, bevor eine „Erfindung“ in die Praxis eingeführt ist. Dokumentiert ist oft eine Idee in einem frühen Stadium als Forschungspublication, Jahre später die Ankündigung eines Produktes, das einige wagemutige Anwender findet und erst viel später, nachdem die Idee in die universitäre Ausbildung eingebaut ist und sich als wirtschaftlich lohnend erwiesen hat, die breite Anwendung in der Praxis. Diese wird kaum dokumentiert und ist - für den Rückblick - schwer zu erfassen.

8 Coda

Die Trennung der realen und der im Internet konstruierten virtuellen Welt bleibt und ruft in vielen Fällen nach einer Verbindung, so dass reale Welt und virtuelle Welt in wesentlichen Punkten synchronisiert bleiben - das betrifft z.B. den Zustand des Straßennetzes, den öffentlichen Verkehr etc. Die Trennung muss bewusster werden, so dass Firmen nicht Aussagen in ihren Datenbanken als physische Realität sehen, sondern als ihr Wissen über die physische Realität – Wissen kann falsch sein, der Zustand der Realität nicht.

Vermesser sind Spezialisten für

- das Messen von Längen und bestimmen von Positionen,
- die Kontrolle ihrer Daten und Bestimmung deren Qualität und
- den Aufbau von Systemen mit sehr langer Nutzungsdauer.

Diese Alleinstellungsmerkmale sollten gepflegt und ausgebaut werden, damit sie die Entwicklung des Berufes beeinflussen.

Literatur

- Marc ANDREESSEN. NCSA Mosaic technical summary. National Center for Supercomputing Applications, 605, 1993.
- Marcelo ARENAS, Georg Gottlob, and Andreas Pieris. Expressive languages for querying the semantic web. In Proceedings of the 33rd ACM SIGMOD-SIGACT-SIGART symposium on Principles of database systems, pages 14–26. ACM, 2014.
- SBM BELL and DP Bickmore. Interactive cartography at the ECU: Regional geography à la mode. In Experimental Cartography Unit, Recent Advances in Geomathematics, An International Symposium, pages 117–134. Pergamon Press, 1978.
- Tim BERNERS-LEE, James Hendler, Ora Lassila, et al. The semantic web. Scientific American, 284(5):28–37, 2001.
- Hugh W CALKINS and Nancy J Obermeyer. Taxonomy for surveying the use and value of geographical information! International Journal of Geographical Information System, 5(3):341–351, 1991.
- Hugh W CALKINS, Harlan Onsrud, and Nancy Obermeyer. Use and value of geographic information: Initiative 4 specialist meeting summary report and proceedings (89-7). NCGIA, 1989.
- Nicholas CHRISMAN. Digital Cartographic Data Standards: An Interim Proposed Standard, National Committee for Digital Cartographic Data Standards, 1985.
- Nicholas R. CHRISMAN. Digital cartographic data quality. The American Cartographer, 15(1), 1988.
- J. L. CLAPP, D. D. Moyer, and B. J. Niemann. The Wisconsin land records committee: Its background, status, impact, and future. volume 2 of GIS/LIS'88, Third Annual International Conference, pages 766–773. ACSM, ASPRS, AAG, URISA, 1988.
- CODASYL. Report of the data base task group. Technical report, 1971.

- Donald F. COOKE. Vehicle navigation appliances. Seventh International Symposium on Computer-Assisted Cartography, pages 108–115. ASP and ACSM, 1985.
- J. T. COPPOCK and D. W. Rhind. The history of GIS. In David J. Maguire, Michael F. Goodchild, and David W. Rhind, editors, *Geographical Information Systems: Principles and Applications*, volume 1, pages 21–43. Longman Scientific & Technical, 1991.
- J. CORBETT. Topological principles in cartography. 2nd International Symposium on Computer-Assisted Cartography, pages 61–65, 1975.
- J. P. CORBETT. Topological models for architectural and engineering projects. volume 2 of *Auto Carto IV*, pages 223–233, 1979.
- Z. CUI, A. G. Cohn, and D. A. Randell. Qualitative and Topological Relationships in Spatial Databases. In: *Advances in Spatial Databases. Third Symposium on Large Spatial Databases, SSD '93, Singapore.*, volume 692 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 296–315. Springer-Verlag, 1993.
- Jerome E DOBSON and Peter F Fisher. Geoslavery. *IEEE Technology and Society Magazine*, 22(1):47–52, 2003.
- Jerry DOBSON. The G in GIS - what are the ethical limits of GIS? *Geo World*, 13:24–25, 2000.
- G. DUTTON, Editor. First International Advanced Study Symposium on Topological Data Structures for Geographic Information Systems, 1977. Laboratory for Computer Graphics and Spatial Analysis, Harvard University.
- Max J. EGENHOFER. *Spatial Query Languages*. PhD thesis, 1989.
- G. EICHHORN, Editor. *Landinformationssysteme. Schriftenreihe Wissenschaft und Technik. TH Darmstadt*, 1979.
- J ENCARNACAO, G Enderle, K Kansy, G Nees, EG Schlechtendahl, J Weiss, and P Wißkirchen. The workstation concept of GKS and the resulting conceptual differences to the GSPCore system. In *ACM SIGGRAPH Computer Graphics*, volume 14, pages 226–230. ACM, 1980.
- A. U. FRANK. Analysis of dependence of decision quality on data quality. *Journal of Geographical Systems*, 10(1):71–88, 2008.
- André FRANK. *Datenstrukturen für Landinformationssysteme - Semantische, Topologische und Räumliche Beziehungen in Daten der Geo-Wissenschaften*. PhD thesis, 1983.
- Andrew U. FRANK. *Landinformationssysteme - ein Versuch zu einer Abgrenzung*, 1979.
- Andrew U. FRANK. Qualitative spatial reasoning about distances and directions in geographic space. *Journal of Visual Languages and Computing*, 1992(3):343–371, 1992.
- C. FREKSA. Qualitative Spatial Reasoning, in *Cognitive and Linguistic Aspects of Geographic Space*, pages 361–372. Kluwer Academic Press, 1991.
- Robert FRENCH. Automobile navigation in the past, present and future. *Auto-Carto 8*, pages 542–551. ASPRS & ACSM, 1987.
- FIG Federation Internationale des Geometres. *XVIIe Congres International des Geometres*. 1981.
- Juergen HAHN. *Context Algebra applied to Spatial Concepts*. PhD thesis, Technical University Vienna, 2016.

- K. HORNSBY and M.J. Egenhofer. Identity-based change: a foundation for spatiotemporal knowledge representation. *International Journal of Geographical Information Science*, 14(3):207–224, 2000.
- Alenka KREK. *An Agent-Based Model for Quantifying the Economic Value of Geographic Information*. PhD thesis, 2002.
- Alfred LEICK. Macrometer satellite surveying. *Journal of surveying engineering*, 110(2):146–158, 1984.
- Lawrence LESSIG. *Remix Making Art and Commerce Thrive in the Hybrid Economy*. Penguin Press, 2008.
- Frank MANOLA, Eric Miller, Brian McBride, et al. RDF primer. W3C recommendation, 10(1-107):6, 2004.
- David MARK. On giving and receiving directions: cartographic and cognitive issues. *Auto-Carto 8*, pages 562–571. ASPRS & ACSM, 1987.
- B. MARTINEZ-Asenjo and A. U. Frank. An economic overview of european national mapping agencies transformation from government departments into public corporations. *Geoinformatics*, Jan/Feb, 2002.
- I. MASSER. All shapes and sizes: The first generation of national spatial data infrastructures. *International Journal for Geographical Information Systems*, 13(1): 67–84, 1999. ISSN 1365-8816.
- Matthew MCGRANAGHAN. Human interface requirements for vehicle navigation aids. *Auto-Carto 8*, pages 396–402. ASPRS & ACSM, 1987.
- D. MEDAK. Lifestyles-an algebraic approach to change in identity. In *Spatio-Temporal Database Management*, pages 19–39. Springer, 1999.
- Bernard J. Jr. NIEMANN and Jerome G. Sullivan. Results of the Dane county land records project: Implications for conservation planning. *Auto-Carto 8*, pages 445–455. ASPRS & ACSM, 1987.
- Douglass C. NORTH. *Institutions, Institutional Change and Economic Performance. The Political Economy of Institutions and Decisions*. Cambridge University Press, 1997.
- Kurt NOVAK. Mobile mapping systems: new tools for the fast collection of GIS information. In *Optical Engineering and Photonics in Aerospace Sensing*, pages 188–198. International Society for Optics and Photonics, 1993.
- OGC. *The OpenGIS abstract specification: An object model for interoperable geoprocessing*. Technical report, 1996.
- Harlan J ONSRUD. The role of law in impeding and facilitating the sharing of geographic information. *Sharing geographic information*, pages 292–306, 1995.
- Eric PRUD'HOMMEAUX, Andy Seaborne, et al. SPARQL query language for RDF. W3C recommendation, 15, 2008.
- Jeffrey H REED, Kevin J Krizman, Brian D Woerner, and Theodore S Rappaport. An overview of the challenges and progress in meeting the E-911 requirement for location service. *IEEE Communications Magazine*, 36(4):30–37, 1998.
- David RHIND. Data access, charging and copyright and their implications for gis. volume 2 of *Proceedings of EGIS '91*, pages 929–945. EGIS Foundation, 1991.

- Richard SUSSKIND and Daniel Susskind. *The future of the professions: How technology will transform the work of human experts*. Oxford University Press, USA, 2015.
- R. E. TRIPP. AM/FM progress at Carolina Power & Light Company. *AM/FM International Automated Mapping/Facilities Management Conference X*, pages 319–324, 1987.
- Amit Kumar TYAGI and N Sreenath. A comparative study on privacy preserving techniques for location based services. *BJMCS*, 10(4):1–25, 2015.
- A. VCKOVSKI. *Interoperable and Distributed Processing in GIS*. Research Monographs in GIS Series. Taylor & Francis, 1998.
- M. S. WHITE. A survey of the mathematics of maps. volume 1 of *Auto Carto IV*, pages 82–96, 1979.
- Marvin WHITE. Digital map requirements of vehicle navigation. *Auto-Carto 8*, pages 552–561. ASPRS & ACSM, 1987.