
Geo-Informationssysteme – Einführung und Stand der Entwicklung

DIETER FRITSCH und MATTHÄUS SCHILCHER, München

Zusammenfassung

Geo-Informationssysteme werden heutzutage in vielfältigen Bereichen des Vermessungswesens, der Versorgungswirtschaft, der Raumplanung und des Umweltschutzes angewendet. Von diesen Anwendungen ausgehend, werden Begriffsbildungen erläutert und der generelle Aufbau von Geo-Informationssystemen aufgezeigt. In einer synoptischen Zusammenstellung finden sich die technischen Komponenten, die unter Hardware, Software und Standards einzuordnen sind. Betrachtungen über die Zusammenarbeit zwischen Anwendern, Industrie, Wissenschaft und Forschung runden diesen Beitrag ab.

Abstract

Geo-information systems are nowadays applied in various branches of geodesy, public utilities, ecology and environment to name only few. Starting from these applications this contribution gives considerations on definitions and the setup of geo-information systems in general. The technical components are synoptically exhibited, they have been classified corresponding to hardware, software and standards. Moreover different data types demand for special data processing in geo-information systems, which is also taken into account by this paper.

1. Einleitung

Der Ausdruck „Geo-Informationssysteme (GIS)“ wird heute als Sammelbegriff für Datenverarbeitungssysteme verstanden, die grafikgestützt raumbezogene Daten erfassen, aufbereiten, verarbeiten, verwalten und für vielfältige Aufgabenstellungen innerhalb der gesamten Geo-Disziplinen einsetzbar sind. Von historischen Betrachtungen ausgehend, sind darunter *Landinformationssysteme (LIS)*, *Netzinformationssysteme (NIS)*, *Rauminformationssysteme (RIS)* und *Umweltinformationssysteme (UIS)* zu verstehen. Gemeinsame Grundlage dieser Informationssysteme ist der Raumbezug (Metrik), wohingegen Unterschiede durch die verschiedenen Anwendungsgebiete gegeben sind. Während sich international der Begriff „Geo-Informationssystem“ oder „Geografisches Informationssystem“ (für beide gilt das Kürzel GIS) immer stärker durchsetzt, wird im deutschsprachigen Raum die Bezeichnung „Raumbezogene Informationssysteme“ bevorzugt.

Der Begriff „Landinformationssystem“ kommt ursprünglich aus dem Bereich des amtlichen Vermessungswesens; dieses Informationssystem beschäftigt sich im wesentlichen mit Aufgabenstellungen aus den großen Maßstabsbereichen (ca.

1:500–1:10 000). Inzwischen gibt es auch im amtlichen Vermessungswesen Konzepte und Entwicklungen für Informationssysteme, die die mittleren und kleineren Maßstäbe zur Grundlage haben. Im Ver- und Entsorgungsbereich befinden sich Netzinformationssysteme der Energieversorgungsunternehmen (EVU) im Aufbau, mit denen in erster Linie Aufgaben aus dem Bereich der großmaßstäblichen Planwerke (Bestandspläne) bearbeitet werden. In der Raumplanung und Landesentwicklung findet man die Rauminformationssysteme, die häufig den mittleren Maßstabsbereich (ca. 1:10 000–1:50 000) und kleinere Maßstäbe (ca. 1:50 000–1:1 000 000) abdecken. Umweltinformationssysteme, deren Anwendungen sich von Umweltverträglichkeitsprüfungen bis hin zur Erhaltung der Artenvielfalt erstrecken, beziehen das gesamte Maßstabsspektrum in ihre Analysen ein.

Die Vielfalt der Aufgabenstellungen kann eine weitere *anwendungsorientierte* Unterteilung in Subinformationssysteme bedingen, die sich an organisatorischen Gegebenheiten orientieren und über Schnittstellen innerhalb eines Systemverbundes miteinander kommunizieren. Ferner kann die Art der Datenhaltung eine Unterteilung nach *zentralen* und *dezentralen* Informationssystemen erforderlich machen. Diese Beispiele verdeutlichen, daß die Übergänge fließend sind. Häufig bestimmen die Größe der Anwendung (Datenmenge, Anzahl der Nutzer) sowie die Hardwarekonfiguration (Hostrechner, Workstation, PC-basierte Systeme) die Struktur eines Geo-Informationssystems. Hinsichtlich der Terminologie zeichnen sich leider noch keine einheitlichen Bezeichnungen ab. Der Begriff Geo-Informationssystem bzw. die Abkürzung GIS wird gleichermaßen für kleine (dezentrale), für mittlere und für große (zentrale) Anwendungen geführt. Im allgemeinen wird auch nicht nach der Entstehung der Grafikdaten, d. h. nach Datentypen – Vektor- und/oder Rasterdaten – differenziert. Dieser für die Anwender wenig erfreuliche Zustand dürfte sich in absehbarer Zeit kaum verbessern.

2. Technische Komponenten von Geo-Informationssystemen

Geo-Informationssysteme stellen in ihrer Gesamtheit eine höchst anspruchsvolle, komplexe Technologie dar. Den hohen Anforderungen an die einzusetzenden technischen Hilfsmittel steht eine enorme Innovation im Bereich der Computertechnologie gegenüber. Aus diesem Grund beziehen sich die folgenden Betrachtungen über den Aufbau von Geo-Informationssystemen auf den gegenwärtigen Stand der Technik, der jedoch durch den technischen Fortschritt in Bewegung gehalten wird.

Eine in [2] gegebene Definition von Geo-Informationssystemen erleichtert die Einreihung von einzusetzenden Hilfsmitteln und Methoden:

„Geo-Informationssysteme repräsentieren eine Technik auf Rechnerbasis; sie bestehen aus Hardware, Software und Daten, mit denen geografische Informationen erfaßt, redigiert, dargestellt und insbesondere analysiert werden können.“

Die Entwicklung und Leistungsfähigkeit eines Geo-Informationssystems ist somit direkt an den Fortschritt in der Informationstechnik gebunden. Leistungsmäßig sind auf der Hardwareseite kaum mehr Grenzen auferlegt. Dies zeigt sich in den schon heute zur Verfügung stehenden Komponenten (siehe Abschnitt 2.1). Es ist häufig nur eine Frage der Kosten, für welche Hardwarekonfiguration sich der Anwender entscheidet.

Die Situation auf der Softwareseite ist nicht annähernd gleichwertig. Das liegt zum größten Teil daran, daß die Entwicklung der Anwendersoftware personal-, zeit- und damit sehr kostenintensiv ist.

Ein weiterer wichtiger Aspekt sind innere und äußere Schnittstellen bzw. Standards für die Integration von GIS in eine vorhandene Systemumgebung.

Nachfolgend wird ein stichwortartiger Überblick über wichtige technische Komponenten von Geo-Informationssystemen gegeben, wobei nach Hardware, Software und Standards unterschieden wird. Die Abkürzungen werden im Anhang dieses Beitrages erläutert. Des weiteren enthält der Überblick Trendangaben für einzelne Komponenten. Dabei sind sicherlich noch erhebliche Anstrengungen notwendig, um diese technischen Neuheiten bis zur Praxisreife zu entwickeln.

2.1 Hardware

Die Hardware ist geprägt von verschiedenen Ausbaustufen. Neben den traditionellen Hostsystemen werden in zunehmendem Maße Arbeitsplatzsysteme eingesetzt. In einem Netz übernehmen verteilte Systeme in Form von Workstations und PCs dezentrale Aufgaben wie Digitalisieren, Scannen, Bildverarbeitung oder Fortführen einer lokalen Datenbank. Danach richtet sich auch die Ausstattung der Hardware hinsichtlich Prozessorleistung, Speichermodulen und Peripheriegeräten.

2.1.1 Rechnersysteme

- Hostrechner, Arbeitsplatzrechner (Workstation), PC-basierte Systeme
- Trend: optionale Erweiterungen zur Erhöhung der Rechnerleistung für Spezialaufgaben (Arrayprozessoren, Vektorrechner, Transputer)

2.1.2 Speichermedien

- Platten in Winchestertechnologie für den interaktiven und batch-Betrieb
- Optische Platten (Lasertechnologie) zur Archivierung großer Datenmengen (WORM-Platten)
- Trend: Einsatz von lesbar/beschreibbaren optischen Platten (WORM-Platten)

2.1.3 Grafikbildschirme / Grafikprozessoren

- hochauflösend, Farbe
- Vektor- und/oder Rasterverarbeitung
- Trend: große bit-Tiefe (Beispiel: Vollfarbe durch 24 bit; zusätzlich verschiedene Overlayebenen)

2.1.4 Spezielle Peripheriegeräte

- Vektorplotter, Präzisionszeichentische etc.
- Elektrostatische Plotter (schwarz/weiß, Farbe)
- Scanner und Kameras zur automatischen Digitalisierung
- Trend: Leistungssteigerung der Scanner mit daraus resultierenden neuen Systementwicklungen (NCI-Systeme, ICR-Scanner, Integration mit Bürokommunikation, Laser-Rasterplotter).

2.2 Software

Die Software beinhaltet im wesentlichen Programmsysteme zur Verwaltung der Daten in Datenbanken, Systeme zur Datenmanipulation (Methodenbanken) sowie weitere Module, die Benutzeroberflächen festlegen und die Schnittstellen zur Vernetzung und Kommunikation mit anderen Geo-Informationssystemen definieren. Während Standarddatenbanken für grafische Anwendungen meist nicht besonders gut geeignet sind und weiterer Untersuchungen bedürfen, wird im produktiven Einsatz überwiegend mit herstellereigenen Datenhaltungsmodellen gearbeitet. Methodenbanken sind in den meisten Fällen anwendungsorientiert, d. h. abhängig von dem Anwendungsspektrum im Vermessungswesen, des Energieversorgungsbereiches, der Planung und Umwelt. Neueste Entwicklungen versuchen Methoden der künstlichen Intelligenz zu integrieren, um fehlendes theoretisches Wissen zur Manipulation der Daten zu kompensieren.

2.2.1 Datenhaltung

- extrem hohe Datenvolumina
- geringe Datenredundanz, Flexibilität für Auswertungen, schneller Zugriff
- Adaption von Standarddatenbanken
- Trend: hybride Datenmodelle mit fachspezifischen Objektstrukturen

2.2.2 Datensicherung und Datenschutz

- Große wirtschaftliche Bedeutung der Daten
- Datenschutzmaßnahmen (Zugriffsschutz)
- rechtliche Bedeutung der Daten (organisatorische Aspekte der Zugriffsberechtigung)

2.2.3 Grafikmethoden

- CAD-Systeme
- Bildverarbeitungssysteme
- Trend: CAD- und Bildverarbeitungssysteme in Kombination (hybride Grafik)

2.3 Vernetzung, Mehr-Ebenen-Konzept

Die Implementierung von Geo-Informationssystemen in größeren Unternehmen erfolgt in der Regel in Form einer Mehr-Ebenen-Architektur (siehe Abb. 1). Ausgehend von einem Systemverbund mit Hostrechner, Abteilungsrechner, Arbeitsplatzrechner (Workstation) und/oder PC-basierten Systemen, ist es gegenwärtig schwer, ein gleiches Niveau an Sicherheit und Datenschutz zu gewährleisten. Als Schwachstelle zeigt sich insbesondere die Arbeitsebene (Workstation/PC), auf der Schutz- und Sicherheitsverfahren, wie sie in Host-Umgebung als Standard zugrunde gelegt werden, nur unzureichend vorhanden sind.

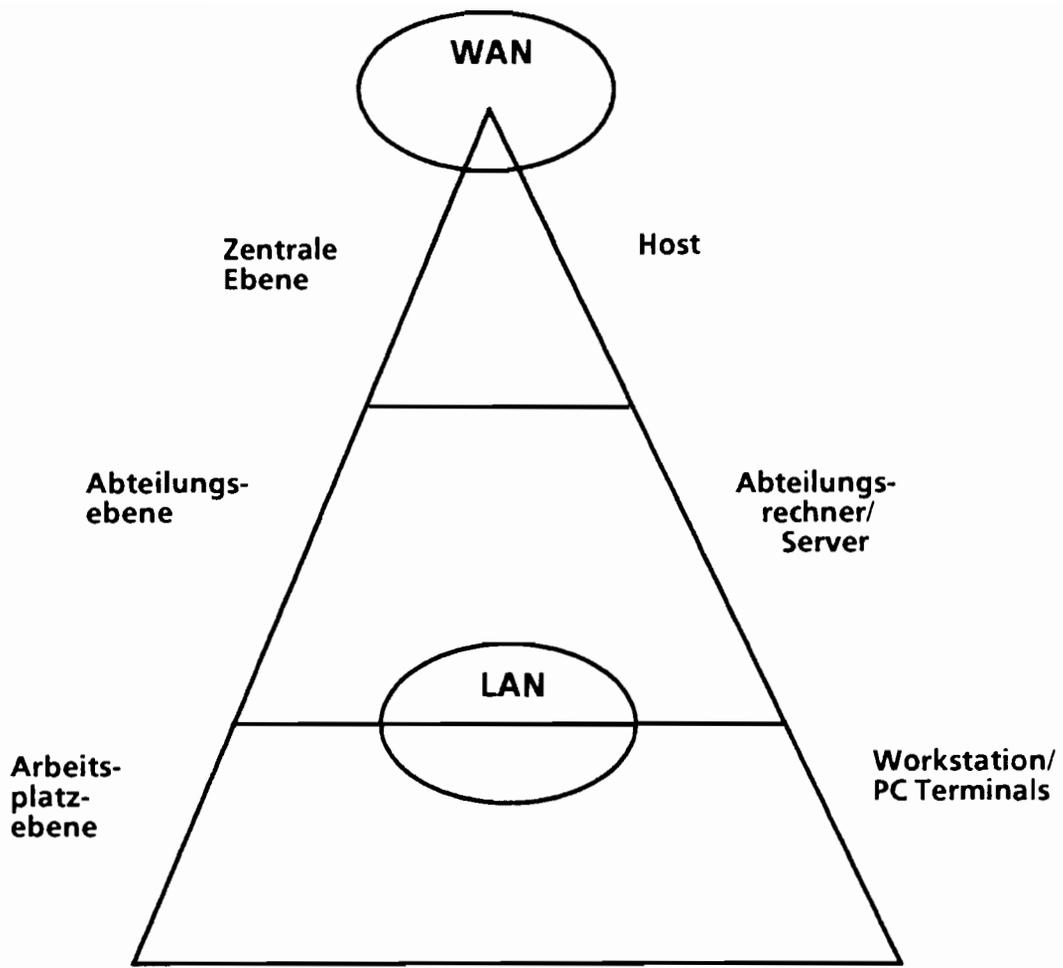


Abb. 1: Vernetzung in Mehr-Ebenen-Architektur

Vermißt werden auf dem PC derzeit geeignete Standard-Mechanismen zur (vgl. [4])

- PC-Zugangslegitimation und -Kontrolle
- differenzierten Autorisierung für alle Funktionen (z. B. Emulation, Filetransfer, Lesen, Schreiben, Kopieren auf Diskette, Drucken)
- Protokollierung aller Systemaktivitäten (revisionsfähiger Nachweis)

Generell ist zu fordern, daß im Gesamtsystem einheitliche Schutzmechanismen verfügbar sein müssen. Diese sollten als eine Standard-Eigenschaft angeboten werden.

2.4 Standardisierungen

Innerhalb der Standardisierungen ist zu unterscheiden nach

- normierten Standards
- Standards im öffentlichen Bereich
- Industriestandards

Aus der Sicht der Anwender von Geo-Informationssystemen ist eine Konvergenz der verschiedenen Standards zu fordern. Es zeigt sich, daß verstärkte Standardisierungsbemühungen sowohl von Anbieter- als auch Benutzerseite zu beobachten sind [5].

2.4.1 Betriebssystemfunktionen

- UNIX, VMS u. a. auf Arbeitsplatzrechnern
- MS-DOS und OS/2 auf PC-basierten Systemen
- Trend: UNIX

2.4.2 Kommunikation/Protokolle

- Ethernet nach ISO-OSI bzw. TCP/IP in Kombination mit NFS

2.4.3 Benutzeroberfläche / Grafische Systeme

- X-LIB, X-Windows, CGI, GKS, PHIGS

2.4.4 Austauschformate

- Dokumente: ODIF
- Plotter: CGM
- Drucker: Postscript (Zeichen und Pixel)
- GIS-Daten: kein internationaler Standard vorhanden

2.4.5 Sprachen

- C, FORTRAN, PASCAL, COBOL, ADA
- PROLOG und LISP in KI-Anwendungen
- Trend: C (ausgenommen KI)

Es ist zu erwarten, daß die hier aufgezeigten Standardisierungsvorschläge künftig mehr und mehr innerhalb von Geo-Informationssystemen zur Verfügung stehen.

3. Datentypen und Geo-Informationssysteme

In einer raumbezogenen Datenhaltung ist grundsätzlich zu unterscheiden in Vektordaten und Rasterdaten, die noch mit Attributen (Sachdaten) zu hinterlegen sind. Diese Differenzierung führt zu rein vektororientierten, zu rein rasterorientierten und zu hybriden Geo-Informationssystemen mit Vektor-, Sach- und Rasterdaten. In der Abb. 2 ist in Abhängigkeit des Maßstabes die Grafik in Geo-Informationssystemen aufgezeigt, die jedoch lediglich den jetzigen Kenntnisstand der Anwendungen beinhaltet.

Obleich bisher weltweit die rein vektororientierten Geo-Informationssysteme überwiegen, ist ein deutlicher Trend in Richtung Integration der Rastergrafik auszumachen, insbesondere im Hinblick auf die Auswertung von Fernerkundungsdaten. Allerdings stehen noch Probleme wie die effiziente Speicherung von Rasterdaten und die Bereitstellung von umfassenden Bildverarbeitungsalgorithmen zur Lösung an. In Entwicklung befinden sich hybride grafische Systeme, die als die jüngste Generation der Geo-Informationssysteme das gesamte Wissen über Datenerfassung, Datenorganisation und Datenmanipulation beinhalten (siehe Abb. 3).

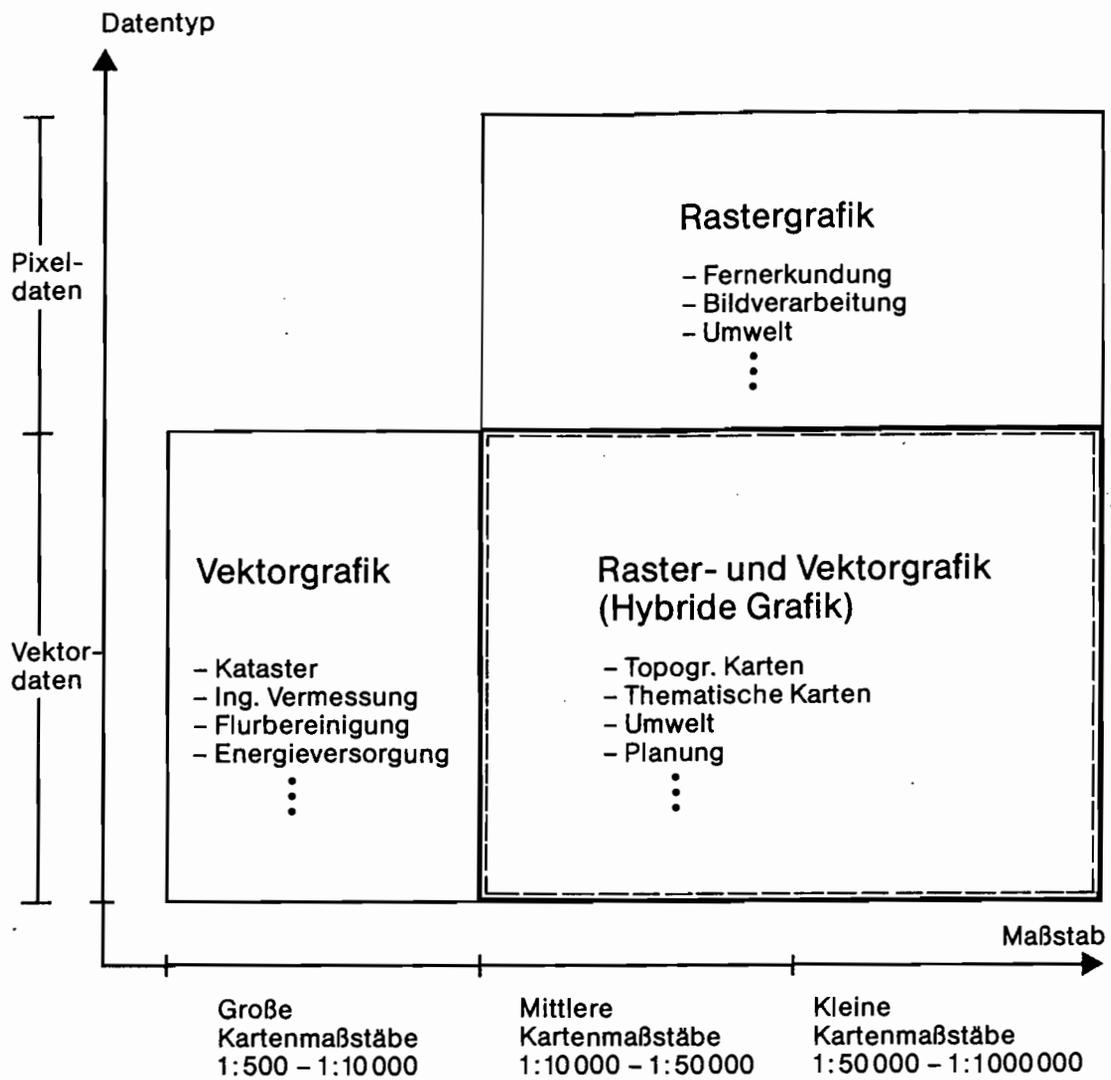


Abb. 2: Datentypen in Geo-Informationssystemen in Abhängigkeit vom Kartenmaßstab

Datentyp	Vektorgrafik (CAD)	Rastergrafik (Bildverarbeitung)	Hybride Grafik Vektor- + Rastergrafik
Rechner			
Zentral: HOST-Rechner	Geo-Info-Systeme Vektor- und Sachdaten		Geo-Info-Systeme Vektor-, Raster- und Sachdaten
dezentral/standalone PC-basierte Systeme/ Workstations	CAD-Systeme (DEC/VMS, MS-DOS, UNIX) ↑↓	Bildverarbeitungs- systeme (DEC/VMS, MS-DOS, UNIX)	hybride grafische Verarbeitungs-Systeme

Abb. 3: Entwicklungstrend in Geo-Informationssystemen

4. Geo-Informationssysteme als Bindeglied zwischen Anwendern, Industrie, Wissenschaft und Forschung

Verfolgt man die zuvor aufgezeigten Entwicklungen, so wird offensichtlich, daß alle Beteiligten: Anwender, Industrie, Wissenschaft und Forschung eng zusammenarbeiten müssen, um das Leistungspotential der Geo-Informationssysteme voll auszuschöpfen und praxisgerecht weiterzuentwickeln. Aus diesem Grund sind in Zukunft in verstärktem Maße Aktivitäten erforderlich, die der strategischen Bedeutung des Dreiecks: Forschung–Entwicklung–Anwendung Rechnung tragen (siehe Abb. 4) und zu einem umfassenden Erfahrungsaustausch beitragen.

Silicon-Valley wird heute gerne als Beispiel zitiert und vielseitig interpretiert, wenn es darum geht, neue, unkonventionelle Wege und Methoden für ein erfolgreiches Zusammenwirken von Anwendung, Industrie und Forschung auf sogenannten High-Tech-Gebieten zu finden. In der Tat sind neue unkonventionelle Ideen und Konzepte notwendig, um eine High-Tech-Entwicklung, wie sie Geo-Informationssysteme zweifellos darstellen, mit Erfolg in die Praxis einzuführen.

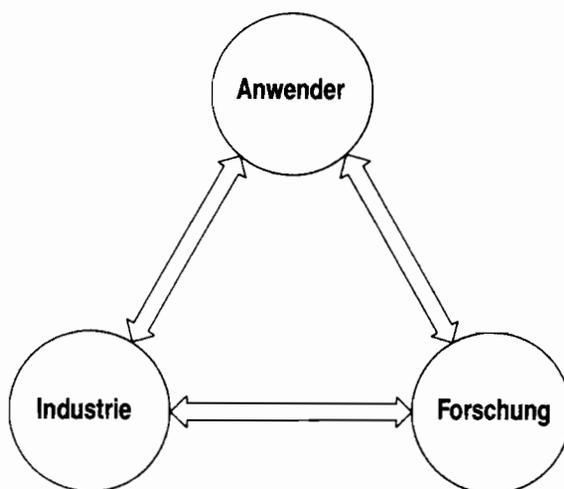


Abb. 4: Zusammenwirken von Anwendern, Industrie und Forschung zur Weiterentwicklung von Geo-Informationssystemen

Anwender und Industrie

Beim Anwender gibt es ohne ausreichendes Systemwissen, d. h. ohne entsprechende Aus- oder Weiterbildung nur eine geringe Akzeptanz und Identifikation für neue Technologien und in Folge nur eine unzureichende Ausschöpfung des von der Industrie gebotenen Leistungspotentials. Umgekehrt ist die industrielle Entwicklung in immer stärkerem Maße auf die Erfahrungen aus der Praxis angewiesen. In [1] und [3] wird bereits auf die Vorteile einer kooperativen Zusammenarbeit zwischen Anwendern und Industrie hingewiesen.

Wissenschaft und Industrie

Werden Forschung und Lehre nicht genügend im Gesamtentwicklungsprozeß neuer Technologien integriert, dann fehlen zwangsläufig die Impulse der Grundlagenfor-

schung für die industrielle Entwicklung. Gleichzeitig entsteht ein Mangel an praxisgerecht ausgebildeten Fachkräften. Ein weiterer Aspekt sind Pilotstudien, die praktische Aufgabenstellungen beinhalten und mit deren Hilfe die Leistungsfähigkeit von Geo-Informationssystemen überprüft werden kann.

Anwender und Wissenschaft

Das Zusammenwirken von Forschung und Anwendung ist gerade innerhalb der Ingenieurdisziplinen von großer Bedeutung. Hier geht es darum, neue wissenschaftliche Erkenntnisse und Methoden den Anwendern zu übermitteln, um damit die wissenschaftliche Arbeit abzusichern und dem Anwender eine breite Wissensbasis zur Verfügung zu stellen. Andererseits gibt dies neue Impulse für die Wissenschaft, da der Anwender aus der täglichen Arbeit viele Problemstellungen genauer kennt und somit gezielte Anforderungen an die Forschung weitergeben kann [1].

Durch die Querschnittsfunktion der Geo-Informationssysteme sind diese in der Forschung der klassischen Disziplinen der Geo-Wissenschaften bisher nicht stark verankert. Weil aber die klassischen Disziplinen integraler Bestandteil von Geo-Informationssystemen sind, beeinflußt deren rasches Vordringen in die Praxis immer stärker Methoden und Verfahren der Datengewinnung, Aufbereitung und Auswertung. Deshalb muß es den klassischen Disziplinen wie z. B. Vermessung, Photogrammetrie und Kartographie *kurzfristig* gelingen, auf einen bereits fahrenden Zug aufzuspringen, und aufgrund der hohen Fachkompetenz Signale bei der Entwicklung und Einführung von Geo-Informationssystemen zu setzen. *Mittelfristig* müssen durch eigene Forschungsbeiträge die Entwicklungsrichtung und das Entwicklungstempo beeinflußt werden. Geo-Informationssysteme sind damit für die Zukunft der klassischen Disziplinen Herausforderung und Chance zugleich.

Es gibt heute bei Geo-Informationssystemen international und national bereits erfreuliche Ansätze einer kooperativen Zusammenarbeit zwischen Praxis und Industrie, zwischen Wissenschaft und Industrie, aber auch, und dies stellt einen entscheidenden Fortschritt dar, zwischen Anwendern untereinander.

Diese teilweise enge Zusammenarbeit der Anwender reicht vom gegenseitigen Erfahrungsaustausch über den direkten Datenaustausch bis hin zur Abstimmung von Entwicklungsvorhaben mit der Industrie und der Forschung.

Diese Atmosphäre des gegenseitigen Vertrauens zwischen allen Beteiligten und die Überzeugung, neue Aufgaben am besten gemeinsam in Angriff zu nehmen und zu lösen, bietet die Voraussetzung dafür, daß Geo-Informationssysteme in möglichst kurzer Zeit der Praxis nutzbar gemacht werden können.

Literatur

- [1] Barwinski, K. (1988): Mitarbeit der Landesvermessung beim Aufbau von Geo-Informationssystemen. Geo-Informationssysteme (GIS), 1, S. 8–11.
- [2] Dataquest (1988): CAD-INFO Nr. 33. Informationen aus Dataquest-CCIS
- [3] Frankenberger, J. (1988): Geo-Informationssysteme, Basis zur Umweltdokumentation, Planung, Wirtschaft und Verwaltung. Siemens AG, Bereich Datentechnik, Best.-Nr. U 3976- J-Z83-1, München.
- [4] StMin BW (1988): Anforderungen an integrierte Bürokommunikation. Studie Anwenderkooperation, Bürokommunikation. Staatsministerium Baden-Württemberg, 37 S., Stuttgart.
- [5] Wiesel, J. (1988): Technische Entwicklungen und Trends bei Geo-Informationssystemen. Seminar-Unterlagen Geo-Informationssysteme Öffentl. Verwaltung, Institut für Photogrammetrie, Fernerkundung, Universität Karlsruhe, A, S. 29–42, Karlsruhe.

Adressen der Autoren

Dr.-Ing. D. Fritsch
Lehrstuhl für Photogrammetrie
Technische Universität München
Arcisstraße 21
D-8000 München 2

Dr.-Ing. M. Schilcher
Siemens AG München
Fachzentrum Kartographie
Otto-Hahn-Ring 6
D-8000 München 83

Verzeichnis der Abkürzungen

ALK	Automatisierte Liegenschaftskarte
CAD	Computer Aided Design
CCD	Charge Coupled Device
CGI	Computer Graphics Interface
CGM	Computer Graphics Megafile
EVU	Energieversorgungsunternehmen
GIS	Geo-Informationssystem
GKS	Grafisches Kern-System
ICR	Intelligent Character Recognition
ISO	International Standardization Organization
KI	Künstliche Intelligenz
LAN	Local Area Network
LIS	Landinformationssystem
NCI	Non Coded Information
NFS	Network File System
NIS	Netzinformationssystem

ODIF	Office Document Interchange Format
OSI	Open System Interconnection
PC	Personal-Computer
PHIGS	Programmers Hierarchical Interactive Graphics System
RIS	Rauminformationssystem
SQL	Structured Query Language
TCP/IP	Transport Control Protocol/Interconnection Protocol
UIS	Umweltinformationssystem
WAN	Wide Area Network
WORM	Write Multiple Read Multiple
WORM	Write Only Read Multiple