

1/2009

116. Jahrgang

ISSN 0174-1357

DMV

Deutscher Markscheider-Verein e. V.

www.dmv-ev.de

Markscheidewesen

Altbergbau und Stilllegungen
Bergbauliche Umweltauswirkungen
Bergbauplanung
Bergschäden
Bergvermessung
Boden- und Gebirgsbewegungen
Erneuerbare geogene Energien
Genehmigungsverfahren
Geoinformation
Lagerstättenmanagement
Raumordnung

Abandoned Mines and Mine Closures
Mining and Environmental Impacts
Mine Planning
Mining-induced Subsidence Damages
Mine Surveying
Ground and Rock Movements
Unconventional Geogenic Energies
Authorization Procedures in Mining
Geoinformation
Mineral Resources Management
Regional and Area Planning

- ▶ **TUNGER:**
Bodenbewegungen durch Flutung
im Steinkohlenrevier Freital/Sachsen
- ▶ **FUCHS:**
Geographische Informationssysteme
- ▶ **BENECKE, BULOWSKI, BUSCH, DEUTSCHMANN,
FISCHER, FRISCHE, FUGMANN, JANY, KOWAR,
KUCHENBECKER, OSTENRIEDER, WALLNER:**
Grundsätze zum Einsatz von luftgestützten und
terrestrischen Laserscannerverfahren im Bergbau
- ▶ **LIVINGSTONE-BLEVINS:**
Keynote Address for the 10th Aachener Altlasten
und Bergschadenkundliches Kolloquium (ABK)
- ▶ **SLÁDKOVÁ, VRUBEL:**
GPS Technology for Bucket Wheel Excavators



Medienverlag
www.gdmb.de

Geographische Informationssysteme¹

Dipl.-Ing. Dipl.-Ing. Stefan Fuchs, Ingenieurbüro FUMINCO®, Aachen



Geographische Informationssysteme (GIS) haben in den letzten 20 Jahren in vielen Bereichen der Wirtschaft, der Wissenschaft und in staatlichen Institutionen Einzug gehalten. Da viele räumliche Funktionen und Analysen per Knopfdruck bereit stehen, existiert eine große Nachfrage nach diesen Informationssystemen. Zusätzlich können komplexe räumliche Zusammenhänge in einem System abgebildet und visualisiert werden. Diese Punkte reichten neben dem Image der Hochtechnologie lange Zeit für eine Recht-

fertigung aus, ein Geographisches Informationssystem einzuführen. Auch fordert der Gesetzgeber von den meisten Bergbauunternehmungen die regelmäßige Fortführung und Vorlage der risslichen Unterlagen bei den entsprechenden Aufsichtsbehörden.

Erst in den letzten Jahren wird nach der Euphorie der Anfangsjahre der Einsatz von Geographischen Informationssystemen in allen Bereichen kritischen Fragen unterworfen. Vor allem die Wirtschaftlichkeit der eingesetzten Software, der betriebliche Nutzen

¹ Dieser Beitrag ist eine Zusammenfassung des theoretischen Schwerpunktes der Diplomarbeit von Stefan Fuchs [8], die 2006 am Institut für Markscheidewesen, Bergschadenkunde und Geophysik im Bergbau, RWTH Aachen, eingereicht und für die der Autor mit dem Oskar-Niemczyk-Preis 2007 ausgezeichnet wurde.

Bei einem Geographischen Informationssystem (GIS) handelt es sich um ein rechnergestütztes System, welches Hardware- und Softwarekomponenten umfasst und zur Bearbeitung und Präsentation von Daten und Anwendungen mit räumlichen Bezug genutzt werden kann. Somit stellt es nicht lediglich eine digitale Weiterentwicklung der klassischen Kartographie, sondern vielmehr eine eigenständige Informationstechnologie dar, die weit über die Grenzen der Kartographie hinaus geht. Um die gesamten Möglichkeiten eines Geographischen Informationssystems auszunutzen, ist es also unbedingt notwendig, sich von den Konventionen der klassischen Kartographie zu lösen und vielmehr das Ziel zu verfolgen, ein vereinfachtes Abbild der realen Welt zu generieren.

Mithilfe eines Geographischen Informationssystems ist es unter anderem möglich, Daten mit Raumbezug digital zu erfassen, diese zu verarbeiten, zu speichern und vor allem auch komplexe räumliche Zusammenhänge zu visualisieren. Dies kann bei der richtigen Anwendung eine Vielzahl von Vorteilen mit sich bringen. So können eine Erhöhung der Wirtschaftlichkeit, eine höhere Genauigkeit und Aktualität der Datenbestände sowie eine bessere Anschaulichkeit von Informationen erzielt werden. Hierzu ist es jedoch in jedem Fall notwendig, Redundanzen in den zu verarbeitenden Daten zu minimieren, um ein hohes Maß an Zeit- und Personalersparnis zu verwirklichen.

Für eine erfolgreiche Einführung eines Geographischen Informationssystems müssen parallel dazu in jedem Fall tiefgreifende Veränderungen in vielen Bereichen der Unternehmensstruktur und innerhalb von betrieblichen Prozessen initiiert werden. Außerdem dürfen neben dem Anschaffungspreis für die gewählte Software die teilweise um ein Vielfaches höheren Kosten für die Datenbeschaffung und -verwaltung bei der Wirtschaftlichkeitsprüfung in keinem Fall vernachlässigt werden. Werden alle diese Faktoren identifiziert und sorgfältig analysiert, kann durch die Einführung eines

Geographischen Informationssystems ein hohes betriebswirtschaftliches Potenzial erschlossen werden.

Spatial Information Systems

A Spatial Information System (SIS) represents a computer based system containing hard- and software components in order to proceed a variety of data and applications. This makes it not only a digital evolution in classical cartography but rather a revolution in information technology, extending the borders of classical cartography by far. In order to take advantage of the full amount of possibilities and improvements of a Spatial Information System it is very much required to get rid of the conventions of classical cartography and instead aim at the target of building a simplified model of the real world.

The possibilities of a Spatial Information System allow, below other, to track, proceed and save spatial data digitally and above all, visualize even complex three dimensional contexts. Applied properly, these abilities mean several advantages for the operator, such as an increase of operating efficiency, a more accurate and up to date database and a better clearness of even complex and abstract information. To gain most of these features it is absolutely required to minimize redundancies in the proceeded data in order to realize a high amount of rationalization of time and human resources.

When introducing a Spatial Information System it should not be overlooked that this means vast changes and implications on every area of the company's infrastructure. Besides the costs for the chosen software, the costs for data-acquisition and -administration, often much higher than the original soft- and hardware expenses, must be particularly regarded and analyzed, implementing an SIS. Considering these facts and after identifying and balancing these factors, the introduction of a Spatial Information System contains the possibilities of a high economic potential.

Schlagworte Keywords

Geographisches Informationssystem (GIS)
Spatial Information System (SIS)

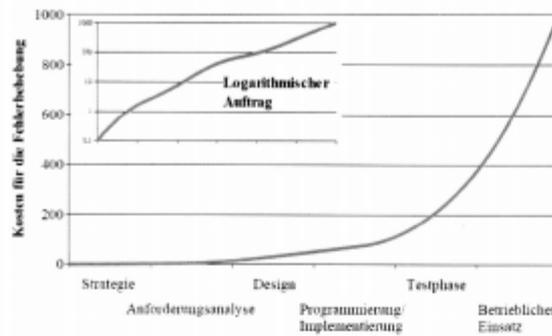
Informationstechnologie
Information technology

Betriebswirtschaft
Business economics

Kartographie
Cartography

Rationalisierungspotenzial
Potential economies

Bild 1: Kosten für die Behebung von Planungsfehlern abhängig vom Zeitfaktor.



und die datentechnische Wartung stehen dabei immer wieder im Blickpunkt. Bei vielen GIS-Projekten wird die Ersterfassung der Geodaten nie abgeschlossen und bei der Behebung von Fehlern, die auf die Planungsphase zurückzuführen sind, wird viel zusätzliches Personal gebunden (Bild 1). Der bloße Einsatz eines Geographischen Informationssystems bringt somit noch keinen oder lediglich einen minimalen wirtschaftlichen Effekt für ein Unternehmen.

Abkehr von den kartographischen Wurzeln ...

Heute hat sich die Definition eines Geographischen Informationssystems von der Kartographie gelöst und basiert auf Begriffen der Informationstechnologie und der Betriebswirtschaft. Geoinformationen können, richtig eingesetzt, allerdings erhebliche betriebliche Einspar- und Rationalisierungspotenziale erschließen und somit erheblichen betriebswirtschaftlichen Nutzen generieren.

Betriebliche und behördliche Kartenwerke sowie die dazugehörigen Unterlagen wie ergänzende Akten und Übersichtsverzeichnisse sind zum großen Teil im Laufe ihrer Nutzung erweitert und den sich ändernden betrieblichen und gesetzlichen Bedingungen angepasst worden. Eine manuelle Bearbeitung von Kartenwerken innerhalb moderner betrieblicher Prozesse ist in der Praxis aufgrund der Komplexität und der zeitlichen Begrenzung zunehmend inakzeptabel. Durch die Verteilung der Informationen auf mehrere Datenquellen und das Vorhandensein von zum Teil erheblichen Mengen an analogen Daten entstehen kritische Konstellationen innerhalb der betrieblichen Ablauforganisation. Informationen müssen immer schneller für betriebliche Entscheidungen und zur Unterstützung einzelner Arbeitsabläufe zur Verfügung gestellt werden. Das Zusammensuchen von Informationen aus verschiedenen thematisch miteinander verbundenen analogen Datenquellen, wie zum Beispiel Plänen, Übersichtsverzeichnissen und Karteikarten, kann nicht die Basis für ein wirtschaftliches Arbeiten sein. Auch die reine Überführung von analogen Daten in digitale Form führt in diesem Kontext nicht zu einem aus betrieblicher Sicht ausreichenden Ergebnis. Bei einer solchen Lösung wird zu viel Arbeitszeit für die Zusammenstellung der Informationen benötigt. Zudem werden aus Kostengründen die analogen Daten in vielen Fällen nicht komplett digitalisiert sowie kein einheitliches Konzept zur Datenspeicherung entwickelt. In der betrieblichen Praxis entstehen so verschiedene

Daten- und Informationssysteme, die nebeneinander existieren. Dieses Phänomen beschränkt sich nicht allein auf das Geodatenmanagement, sondern auf fast alle betrieblichen Daten, wie zum Beispiel auf Informationen in Einkauf, Vertrieb und Buchhaltung. Für den zuvor beschriebenen Komplex »Einkauf-Vertrieb-Buchhaltung« existieren Informationssysteme wie das *Enterprise Resource Planning System* (ERP) oder das *Customer Relationship Management System* (CRM). Geographische Informationssysteme dagegen können Geodaten zusammen und vor allem zusammenhängend speichern. Sie bieten zudem Schnittstellen zu Programmen verwandter Fachdisziplinen wie zum Beispiel der betriebswirtschaftlichen Verwaltung mithilfe der zuvor genannten ERP.

Die alleinige Digitalisierung von analogen Daten reduziert nur in geringem Umfang den Zeitaufwand für die Zusammenstellung von Informationen, erschließt aber keine neuen Möglichkeiten zur Analyse oder Bewertung der Daten. Das zu erzielende maximal mögliche Ergebnis würde den Aufwand für die Digitalisierung der Daten nicht rechtfertigen. Eine Ausnahme bildet hierbei das Scannen alter Karten und Unterlagen zur Sicherung historischer Dokumente.

Neben dem zuvor beschriebenen, minimalen zeitlichen Gewinn durch eine Lösung mit mehreren Datenquellen und Datenformaten kann in einem solchen System die Aktualität und die Konsistenz der Daten nur mit großem Aufwand gewährt werden. Der Grund dafür liegt in der erheblichen Redundanz der Daten. In der Praxis ergeben sich bei großen Datenbeständen, die nicht in einem Informationssystem zusammengefasst sind, Redundanzfaktoren von bis zu 25. Bei solchen Systemlösungen werden aus zeitlichen Gründen nur die wichtigsten Daten ständig aktualisiert, die restlichen Daten hingegen nur sporadisch. Es entsteht eine Datenbasis mit einer inhomogenen Konsistenz. Sachbearbeiter, die unterschiedliche Datenquellen für ihre Arbeit nutzen, können somit auf verschiedene Ergebnisse kommen. Bei einer solchen betrieblichen Situation ist für die tägliche Bearbeitung und Bewertung der Daten ein Know-how notwendig, das bei einzelnen Mitarbeitern liegt und nicht dokumentiert ist. Ein weiterer Nachteil bei der separaten Führung von Kartenwerken mit den dazugehörigen Anlagen wie Akten oder Listen ist die einheitliche Bezeichnung von Objekten. Erst die Überführung aller notwendigen Daten in ein Informationssystem birgt nicht nur ein erhebliches zeitliches Rationalisierungspotenzial, sondern löst auch die Probleme der Redundanz und Konsistenz der Datenbasis. Daten mit gleichem thematischen Hintergrund werden zudem nach der Überführung zusammen und zusammenhängend gespeichert. Geographische Informationssysteme bilden die Grundlage für eine Bearbeitung der Geodaten frei von Redundanz beziehungsweise mit kontrollierter Redundanz. Zudem bieten sie durch ihre graphischen Ein- und Ausgabeoberflächen sowie die zusätzlichen graphischen Analysewerkzeuge die Möglichkeit, die ansonsten für den Anwender sehr abstrakten Datenbestände in Tabellen und Datenbanken zu bearbei-

ten. Daten, die vorher in verschiedenen Formaten vorlagen, können erstmals zusammen bearbeitet und kombiniert werden.

Die Kartographie hat im Laufe der Zeit Methoden entwickelt, um den Arbeitsaufwand bei der Fortführung von Kartenwerken zu minimieren. So wurde schon Anfang des letzten Jahrhunderts das Prinzip der separat übereinander zu legenden Kartenschichten, das so genannte Folienprinzip, entwickelt. Dieses Prinzip wurde konsequent bei den modernen digitalen Systemen, wie es CAD-Programme oder Geographische Informationssysteme darstellen, in Form der *Layer* übernommen.

Eine Begrenzung beziehungsweise ein Versagensgrund für die Anwendung des Folienprinzips in der Kartographie ist die nicht immer gegebene Darstellungsgleichheit von Objekten. Unter Darstellungsgleichheit wird die topographische und geometrische Gleichheit der Darstellung eines Objektes in jedem Kartenwerk verstanden. Für viele Objekte trifft diese Annahme der Darstellungsgleichheit aber nicht zu. So werden zum Beispiel Schieber in Kartenwerken für Gas- oder Wasserleitungssysteme in den verschiedenen Ausführungen (Schemaplan, Detailplan, etc.) auch anders dargestellt. Eine Änderung oder Erweiterung des realen Leitungssystems hat somit eine mehrfache Änderung in den diversen Karten und Plänen zur Folge.

Ein weiteres Versagenskriterium für das Folienprinzip in der Kartographie ist die Generalisierung von Objekten bei unterschiedlichen Maßstäben. So werden zum Beispiel die Grenzen des Bewilligungsfeldes eines fiktiven Tagebaus in der Deutschen Grundkarte 1 : 5.000 (DGK5) exakt mit den dazugehörigen 20 Koordinaten inklusive den 30 Liegenschaften innerhalb des Feldes dargestellt. Dasselbe Feld wird in der Topographischen Karte 1 : 25.000 (TK25) aufgrund der Übersichtlichkeit auf eine Fläche mit nur fünf Eckkoordinaten generalisiert. Dieses Phänomen tritt bei allen Flächen auf, die groß genug sind, um auf Kartenwerken verschiedener Maßstäbe vermerkt zu werden. So werden unter anderem Gemeinde- und Regierungsbezirksgrenzen sowie die Abgrenzungen von Naturschutzgebieten in den diversen amtlichen Karten unterschiedlich dargestellt. Diese Generalisierung von Objekten lässt sich auch in kleinerem Maßstab auf das betriebliche Karten- und Risswerk übertragen.

In allen Fällen, sei es die gleiche Darstellung eines Objektes, die unterschiedliche Darstellung in verschiedenen thematischen Kartenwerken oder die Veränderung der Geometrie eines Objektes bei der Wiedergabe in Karten und Plänen verschiedener Maßstäbe, handelt es sich um das gleiche Objekt mit den gleichen Informationen als Attribut. Bei konsequenter Weiterführung dieses Gedankens folgt zwangsläufig die Forderung einer strikten Trennung von Graphik- und Sachdatenkomponenten eines Objektes. Bei einer solchen Aufteilung in mindestens zwei Informationsebenen kann die Bereitstellung von betrieblich relevanten Daten auch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten erfolgen. Die Änderung einer der beiden grundsätzlichen Informationen – graphische oder sachliche – berührt nicht die

jeweils andere. Die meisten Objekte sind informations-, aber nicht darstellungsgleich. Aus diesem Grund stößt die klassische Kartographie an ihre Grenzen, vor allem wenn der betriebswirtschaftliche Nutzen als Grundlage für die Bewertung von Softwareauswahl und -einsatz angesetzt wird.

Geographische Informationssysteme sind in erster Linie Anwendungen aus der Informationstechnologie. Sie organisieren Objekte informationsbezogen. Die Verknüpfung der Daten mit einem räumlichen Bezug und die graphische Darstellung sind abgeleitete Größen. Mit der Trennung der graphischen und sachlichen Daten und deren separater Speicherung in einem Informationssystem sowie den daraus entstehenden Analyse- und Auswertungsmöglichkeiten wird ein höherer Abstraktionsgrad als in der traditionellen Kartographie erreicht.

Die Eigenschaften und Möglichkeiten eines Informationssystems sind der Schlüssel für den nutzbringenden sowie wirtschaftlichen Einsatz von Geographischen Informationssystemen. Für einen wirtschaftlichen Einsatz eines Geographischen Informationssystems ist es notwendig, sich von den klassischen Ansätzen der Kartographie zu lösen und das gesamte Potenzial der Informationstechnik, wie die Einsatzmöglichkeiten moderner Datenbanksysteme und die Anwendung von objektorientierten Programmiersprachen zu nutzen. Hierbei sollen die Erkenntnisse der Kartographie nicht gänzlich außer Acht gelassen werden, sondern nur der enge Spielraum analoger Kartographie durch die digitale Umsetzung (CAD-Technologie) unter Einsatz moderner Informationstechnologie erweitert werden. Dabei entsteht allerdings keine modifizierte Kartographie, stattdessen handelt es sich um einen Spezialfall der Informationstechnik.

Moderne Datenbanksysteme sind in der Lage, die geometrische Darstellung und deren geographische Orientierung wie jedes andere Attribut in einer Tabellenstruktur zu speichern. Es handelt sich hierbei nicht nur um eine Sammlung von Objekten und den dazugehörigen Sachdaten. Zusätzlich werden Informationen über die Zuordnung zu den Klassen und über die Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Objekten gespeichert. Durch die Anwendung der Regeln der Normalisierung und der objektorientierten Programmierung ergibt sich automatisch die strikte Trennung von sachbezogenen und geographischen Komponenten.

Wird der Ansatz der Normalisierung konsequent weiter angewendet, so kommt es zu einer weiteren Aufspaltung der graphischen Komponenten eines Objektes. Ändert sich zum Beispiel die Farbe einer Fläche, so ändert sich nicht die Geometrie dieser Fläche. Konsequenterweise müssen die graphischen Komponenten in geometrische Informationen und in Informationen über die Darstellung unterteilt werden. Liegt eine solche systembedingte Trennung der graphischen Darstellungen vor, so ist es möglich, dass nicht nur eine graphische Darstellung für ein Objekt gespeichert wird, sondern mehrere Darstellungsformen eines Objektes für verschiedene Karten und Pläne.

Anstatt das Objekt wie bei der klassischen Kartographie mehrfach in diversen Kartenwerken vorzuhalten, existiert nur ein Objekt mit den entsprechenden verschiedenen Informationen für die jeweilige Karte oder den jeweiligen Plan. Das Objekt ist somit nur einmal im Geographischen Informationssystem vorhanden und muss bei Veränderungen auch nur einmal nachgetragen werden.

Für die Strukturierung der Daten eines Objektes können neben den Bedingungen der objektorientierten Programmierung auch die Betrachtung der Stabilität der einzelnen Datengruppen wie Geometrie- und Darstellungsinformationen herangezogen werden. Grundsätzlich bestimmen die Regeln der objektorientierten Programmiersprache das äußere Gerüst des Datentyps. So können die Objekte nur Attribute und Methoden haben, die über die dazugehörige Objektklasse definiert und vererbt wurden. Zum Beispiel wird die Farbe von Liegenschaften in einer Katasterkarte für alle dazugehörigen Objekte prinzipiell von der Objektklasse definiert. Über die verschiedenen Methoden können allerdings auch einzelne Objekte, beispielsweise bei der Markierung einer bestimmten Liegenschaft, oder Objekte mit einer oder mehreren gleichen Eigenschaften andersfarbig hervorgehoben werden. Mit einer solchen Methode kann die Katasterkarte neben den Daten der Liegenschaften auch Informationen der allgemeinen kommunalen Flächenausweisung präsentieren.

Änderungen beziehen sich in der Regel auf die graphischen Komponenten eines Objektes. Diese Modifikationen in Form einer differenzierten Darstellung in den verschiedenen Karten und Plänen oder die sich aufgrund von Generalisierungseffekten verändernde Geometrie eines Objektes beeinträchtigen nicht die sachbezogenen Daten. Die meisten Objekte sind somit informations-, aber nicht darstellungsgleich. Die sachbezogenen Objektdaten sind also durch alle Darstellungsebenen stabil.

Daneben existiert die schon beschriebene Trennung zwischen der Geometrie eines Objektes und dessen Darstellung. Die meisten betrieblichen Unterlagen bestehen sehr selten aus vielen Kartenwerken mit unterschiedlichen Maßstäben.

... hin zur betriebswirtschaftlichen Sichtweise

Für eine GIS-Architektur mit Geodatenserver, Mehrbenutzerverwaltung und Versionierungstechnologie sowie der Möglichkeit einer Einbindung von Clients über das Intranet/Internet muss bei Produkten von namhaften Herstellern Geographischer Informationssysteme mit reinen Softwarekosten zwischen 50.000 und 75.000 € gerechnet werden. Bei einer solchen minimalen Lösung ist das System mit nur einem Desktop-GIS für einen Fachanwender ausgestattet. Die Kosten erhöhen sich dementsprechend bei der Einrichtung eines Lizenzservers und der Installation weiterer Softwarepakete sowie für zusätzliche Module, zum Beispiel eine dreidimensionale Analyse von Geodaten oder die Verwendung von GPS-Daten.

Daten sind die Hauptkomponenten eines Geographischen Informationssystems. Kosten entstehen vor allem aus dem Einsatz von Personal für die Fortführung und Aktualisierung des Datenbestandes. Diese sollten für den wirtschaftlichen Einsatz eines Geographischen Informationssystems so gering wie möglich sein. Nur durch die Vermeidung beziehungsweise Minimierung von Redundanzen innerhalb des Datenbestandes, wie sie in der klassischen Kartographie oft vorkommen, können Zeit und Personal eingespart werden. Der Schlüssel zur Realisierung dieser Einspareffekte durch ein Geographisches Informationssystem ist die konsequente Umsetzung der Methoden der Normalisierung und der objektorientierten Programmierung sowie die konsequente Integration in die betriebliche Ablauforganisation.

Dieser Ansatz führt zu einer Definition von Geographischen Informationssystemen, die durch ihre hohe Abstraktion der Datengrundlage weit über die Grenzen einer Karte oder eines Planes hinausgeht. Das heißt, die kartographischen Betrachtungen von Daten rücken in den Hintergrund. Somit sind Geographische Informationssysteme nicht die Weiterführung der klassischen Kartographie in digitaler Form, sondern Informationstechnologie, die durch eine raumbezogene Komponente erweitert wird.

In der Praxis ist die Umsetzung dieses Ansatzes schwierig, da Daten nicht mehr in Karten oder Plänen »gespeichert« werden, die für den Menschen einfach visuell aufgenommen und verstanden werden können. Die Informationen in einem Geographischen Informationssystem sind dagegen als Daten innerhalb eines komplexen Datenbanksystems abgelegt.

Ausgangspunkt eines Konzeptes für die Entwicklung und Umsetzung eines GIS-Projektes sollte somit nicht eine Karte oder ein Plan sein, welche nur eingeschränkte Modelle der Realität sind, sondern die reale Welt selbst. Dazu müssen aber Zusammenhänge und Logiken innerhalb des abzubildenden Raumes erkannt und für die Speicherung in der zuvor beschriebenen Weise aufbereitet und vereinfacht werden. Das so entwickelte Modell eines Ausschnittes der realen Welt basiert auf den Kriterien der Informationstechnologie und nicht auf denen der klassischen Kartographie. Letzteres wäre die Umsetzung und Anwendung von Methoden der CAD-Technologie. Eine erfolgreiche Realisierung eines GIS-Projektes kann nur durch die Abkehr von den kartographischen hin zur informationstechnischen Sichtweise durchgeführt werden. Die Vorteile der modernen Informationstechnologie wie die blattschnittfreie Darstellung von Geodaten und der Umstand, dass in einem Geographischen Informationssystem alle Daten zusammen und zusammenhängend in einem System gespeichert sowie alphanumerisch und graphisch analysiert und präsentiert werden können, können nur Ausgangspunkt und Basis eines wirtschaftlichen Einsatzes sein. Erst wenn ein Geographisches Informationssystem auf der Basis von Analysen der GIS-Technologie und unternehmerischen, organisatorischen und personellen Aspekten optimal auf das Einsatzgebiet innerhalb des Betriebes

abgestimmt ist, können dessen erhebliche Rationalisierungseffekte ausgeschöpft werden. Die sehr hohen Kosten für die Einführung eines Geographischen Informationssystems erfordern eine in der Praxis oft nur unzureichend durchgeführte Projektplanung. Da ein »ideales« Geographisches Informationssystem nicht existiert, muss oft aus einer Vielzahl von Produkten das für die bestimmte betriebliche Anwendung optimale System herausgefiltert werden. Die Systemlösung muss ihrerseits viele betriebswirtschaftliche Optimierungsmöglichkeiten vorhalten. Zudem müssen bei der Analyse der betrieblichen Randparameter weitere Optimierungsmöglichkeiten geschaffen werden. Nur dadurch können ausreichend Ressourcen erschlossen werden, um einen Nutzeffekt zu bekommen, der die hohen Investitionen bei der Einführung eines Geographischen Informationssystems inklusive der notwendigen Daten in einem vertretbaren Zeitraum amortisiert.

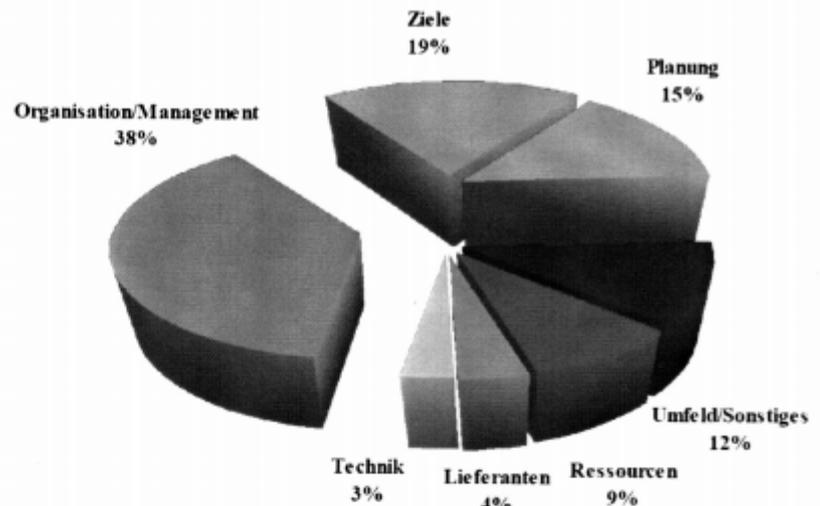
Oft sind es nicht die Produkte oder die fehlenden Dienstleistungen der GIS-Hersteller, die eine Einführung eines Geographischen Informationssystems scheitern lassen (Bild 2), sondern gravierende Fehler in der Planung sowie der komplett falsche Ansatzpunkt für Rationalisierungsbemühungen. Werden die Kosten für einen konzeptionellen Fehler, der schon während der Planungsphase (Strategiephase) korrigiert wird, mit dem Wert eins gleichgesetzt, so können die Kosten für dessen Behebung in einer späteren Phase bis zu einem Faktor von 1.000 ansteigen.

Eine Grundvoraussetzung für jedes Informationssystem ist die Gewährleistung der Datenintegrität und -konsistenz. Ein Geographisches Informationssystem muss bei der Eingabe und bei der Änderung von Daten folgende Routinen automatisch starten:

- ▶ Eingabeprüfung (semantische Integrität),
- ▶ Zulässigkeitsstest (semantische Integrität),
- ▶ Zugriffsverwaltung (operative Integrität),
- ▶ Datensicherung und die Möglichkeit, bei Störungen einen verlorengegangenen Datenbestand wieder herzustellen (Recovery).

Aufgrund der sehr hohen Komplexität von Informationssystemen stufen viele Experten diese als Werkzeuge dritter oder noch höherer Ordnung ein. Die Einführung eines Informationssystems in ein Unternehmen muss, wenn sich die damit verbundenen hohen Investitionen amortisieren sollen, mit einer ganzheitlichen Modellierung der Arbeitsprozesse und betrieblichen Ablauforganisation und mit deren Veränderung gekoppelt sein.

Modularisierung von Arbeitsprozessen und die Spezialisierung für jede so entstehende Einzelfunktionalität sind der Kern des wirtschaftlichen Konzeptes bei der Einführung von Werkzeugen zweiter oder höherer Ordnung. Innerhalb eines Geographischen Informationssystems werden einzelne Funktionalitäten oft nicht benutzt, so dass diese nicht die Basis für einen großen Rationalisierungseffekt bilden können. Weiterhin sind die Abläufe bei der Arbeit mit einem Geographischen Informationssystem häufig ergebnisgesteuert, also nicht planbar. Sie sind auch überwiegend



nicht gleichförmig wie bei der Fließbandarbeit und es ist erhebliches Know-how des Anwenders bei der Interaktion mit dem System während räumlicher Analysen notwendig. Eine Aufteilung von Arbeitsschritten auf mehrere Personen ist aufgrund der Komplexität der meisten Aufgaben nicht sinnvoll. Eine Ausnahme bildet die Aufnahme einer großen Anzahl von einheitlichen Geoobjekten innerhalb der Erstaufnahmephase eines GIS-Projektes. Hierbei können die graphischen Daten räumlich und zeitlich getrennt von den sachbezogenen Informationen in ein System eingegeben werden. Dazu braucht der Mitarbeiter für die Eingabe der Sachdaten kein Geographisches Informationssystem, sondern kann eine Standardschnittstelle zur Geodatenbank benutzen.

Es wird deutlich, wie tiefgreifend Veränderungen in der betrieblichen Ablauforganisation und den Arbeitsprozessen sein müssen, damit der Einsatz eines Geographischen Informationssystems betriebswirtschaftliche Effekte hervorruft, die die hohen Investitionskosten rechtfertigen. Von grundlegender Bedeutung für eine erfolgreiche Einführung ist die Kommunikation und die Planung mit allen beteiligten Disziplinen und Personen.

Projekte zur Einführung von Informationssystemen scheitern in den seltensten Fällen an der Technologie. Trotzdem wird sich bei der Anschaffung beziehungsweise Ausschreibung an dieser orientiert. Dagegen werden die wichtigsten Faktoren für die erfolgreiche Installation wie das Projektmanagement, die Zielsetzung und Planung sowie ein wirksames Controlling oft vernachlässigt. Dazu kommt im ungünstigsten Fall die Verselbstständigung der Arbeiten an einem Geographischen Informationssystem. Das heißt, dass der Einsatz des Systems nicht mehr die ihm zugeordneten Aufgaben erfüllt und somit nicht den Unternehmenszielen dient.

Die Aufschlüsselung der Kosten von erfolgreichen GIS-Projekten bestätigt die informationstechnische Sichtweise von Geographischen Informationssystemen (Bild 3). Nicht die Software und somit technische Details sind die größten Posten bei der Einführung eines Geographischen Informationssystems, sondern die Bereitstellung der Geodaten. Diese können teilweise von Behörden und externen Anbietern eingekauft oder

Bild 2: Gründe für das Scheitern bei der Einführung eines Informationssystems.

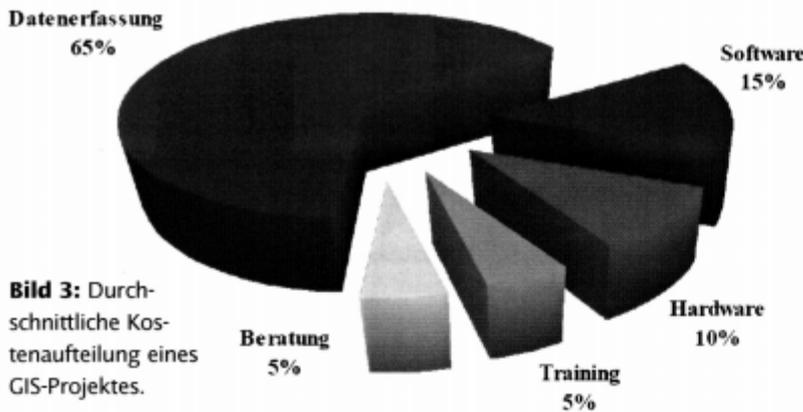


Bild 3: Durchschnittliche Kostenaufteilung eines GIS-Projektes.

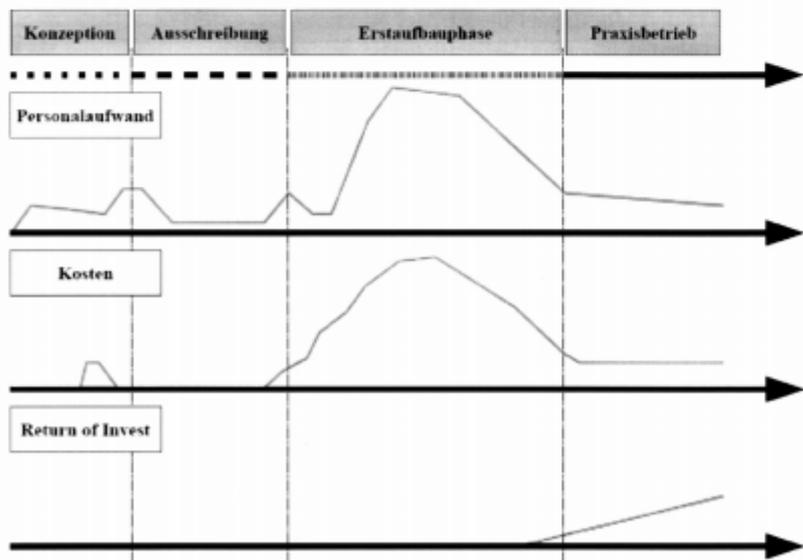
über WMS-Dienste (*Web Map Service*) kostenpflichtig beziehungsweise kostenlos in das Informationssystem eingebunden werden. Oft müssen sie aber aufgrund von betrieblichen Anforderungen bezüglich der Genauigkeit oder der Detailschärfe selbst hergestellt werden.

Der Kostenanteil der Datenerfassung inklusive dem Kauf von Geodaten liegt bei circa 65%. Bei vereinzelt GIS-Projekten sowie bei Erweiterungen von bestehenden Systemen kann sich dieser Anteil auf bis zu 90% erhöhen. Diese Dominanz der Datenkosten wird oft unterschätzt und führt in letzter Konsequenz zum Scheitern des GIS-Projektes.

Ein Konzept für die Einführung eines Geographischen Informationssystems muss auch einen Anforderungskatalog an die Geodaten beinhalten. Die Genauigkeit und der Umfang der Datenerfassung müssen genauso geplant sein wie das Festlegen der Form für die Dokumentation der Geodaten (Metadatenkonzept). Die Lebensdauer von betrieblichen Daten ist um ein Vielfaches höher als die der Hard- und Software. Daten können unter bestimmten Voraussetzungen bis zu 70 Jahre verwendet werden, bei einer statistisch minimalen Nutzung von 25 Jahren.

Eine genaue Planung der Datenerfassung ist somit die Grundlage für eine erfolgreiche Umsetzung der Einführung eines Geographischen Informationssystems.

Bild 4: Entwicklung von Personalbedarf und Kosten eines GIS-Projektes



Auch wenn für die Ersterfassung erhebliche personelle und finanzielle Mittel zur Verfügung gestellt werden müssen (Bild 4), muss diese irgendwann abgeschlossen und der geplante, produktive Praxisbetrieb aufgenommen werden. Viele Konzepte für eine GIS-Einführung beinhalten diese Punkte nur mangelhaft oder gar nicht und sind somit im Voraus zum Scheitern verurteilt. Ein weiterer Punkt, der oft nicht beachtet wird, ist das Fehlen von wirtschaftlichen Fortführungskonzepten für die Gewährleistung eines aktuellen Datenbestandes. Ein weiteres Defizit der meisten GIS-Projekte ist das oft vernachlässigte Controlling, so dass Projekte zum Beispiel nicht nachkalkuliert werden. Dadurch kann auf Fehlentwicklungen nicht zeitnah reagiert werden.

Quellennachweis

- ABELSON, H.; SUSSMAN, G. J.: *Struktur und Interpretation von Computerprogrammen: eine Informatik-Einführung*. 4. Auflage. Berlin: Verlag Springer, 2001.
- AVERDUNG, C.: *GIS im Kontext der Steuerung von Geschäftsprozessen*. Heft 27 der Schriftenreihe des Instituts für Kartographie und Topologie der Rheinischen Friedrich-Wilhelm-Universität Bonn. 1. Auflage. Bonn: Institut für Kartographie und Topologie der Rheinischen Friedrich-Wilhelm-Universität Bonn, 2000.
- Bundesberggesetz (BBergG)* vom 13. 8. 1980 (BGBl. I S.1310), zuletzt geändert durch Artikel 123 der Achten Zuständigkeitsanpassungsverordnung vom 25. 11. 2003 (BGBl. I S. 2304/2318).
- BILL, R.: *Grundlagen der Geo-Informationssysteme: Hardware, Software und Daten*. 1. Auflage. Heidelberg: Herbert Wichmann Verlag, 1999.
- BRINKHOFF, T.: *Geodatenbanksysteme in Theorie und Praxis: Einführung in objektorientale Geodatenbanken unter besonderer Berücksichtigung von Oracle Spatial*. 1. Auflage. Heidelberg: Herbert Wichmann Verlag, 2005.
- BRÜGGE, B.; DUTOIT, A. H.: *Object-oriented software engineering: using UML, patterns and Java*. 2. Auflage. Upper Saddle River, NJ, USA: Verlag Pearson Prentice Hall, 2004.
- ELMASRI, R.; NAVATHE, S.: *Fundamentals of database systems*. Überarbeitete 3. Auflage. München: Verlag Pearson Studium, 2002.
- FUCHS, S.: *Geographische Informationssysteme im Bergbau und deren Einsatzbereiche*. Diplomarbeit, Institut für Markscheidewesen, Bergschadenkunde und Geophysik im Bergbau, RWTH Aachen, 2006, unveröffentlicht.
- HOPPE, T.: *Am offenen Herzen*. In: *Wirtschaftswoche*, 2006, Nr. 33, S. 78–81.
- KLEMMER, W.: *GIS-Projekte erfolgreich durchführen: Grundlagen, Erfahrungen, Praxishilfen*. Karlsruhe: Bernhard Harzer Verlag GmbH, 2004.
- KLEMMER, W.: *Die Denkrevolution*. In: *GeoBIT Geoinformationstechnologie für die Praxis*, 2005, Nr. 3, S. 11–13.
- Verordnung über markscheiderische Arbeiten und Beobachtungen der Oberfläche (Markscheider-Bergverordnung)* vom 19. Dezember 1986 (BGBl. I S. 2631), zuletzt geändert durch Verordnung vom 10. 8. 1998 (BGBl. I S. 2093).