
ARBEITSSCHWERPUNKT GEO-INFORMATIK LEOBEN -
ERGEBNISSE UND ENTWICKLUNGEN

J. WOLFBAUER, Montanuniv. Leoben

Als auch einem Sektor der Urproduktion, dem Bergbau, zugewandte Forschungssparte beschäftigt sich die Montanistik und damit die Leobner Universität neben der Entwicklung des Know-hows, dem "gewußt wie", in der Mineralrohstofftechnologie seit Anbeginn ebenso intensiv mit dem "gewußt wo", als Grundlage für das Suchen und Abbauen von Lagerstätten. Die dabei angewandten Methoden entsprechen im Grundkonzept einer Abfolge ausgehend von der Meßwertfassung (z.B. lithologisch/geologische Daten, Tektonik, Geochemie, Geophysik), über deren Auswertung und Dokumentation (geowissenschaftliche/lagerstättenkundliche Kartenwerke) und münden abschließend in die Bildung von Hypothesen und Modellen ein (Abb. 1). Mit Hilfe dieser Hypothesenmodelle sollen verbesserte Einsichten in das und Erklärungen des notwendigen Zusammenspiels von Voraussetzungen für das Vorhandensein von Lagerstätten und damit auch zum erfolgreichen Auffinden solcher erreicht werden können.

INHALTE der GEO-INFORMATIK LEOBEN

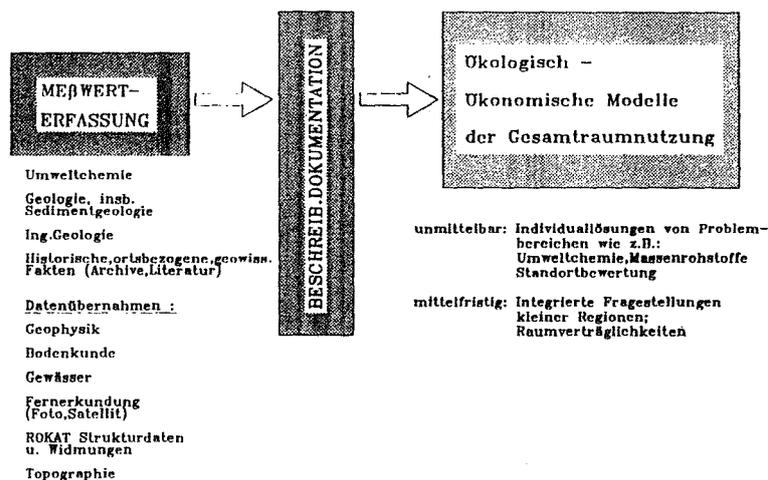


Abbildung 1

Diese formale Grundstruktur der Informationsbearbeitungstechnik entspricht insgesamt ganz dem der Informatik. Somit kann diese im Montanistikbereich angesiedelte Art der Erfassung, Auswertung und modellhaften Verar-

beitung als situatives Konzept der Informatik für geowissenschaftliche Fakten oder kürzer als Geo-Informatik angesprochen werden.

Das "gewußt wo" stützt sich in seiner modernen Verwaltungsform unter anderem auf den intensiven Einsatz geographischer Informationssysteme (GIS) (Abb. 2). Die besonderen Problemstellungen des Montanbereiches haben hier zu einer Reihe von wichtigen Sonderentwicklungen geführt. So werden GIS wesentlich umfassender als im üblichen Normalfall benutzt. Etwa zur Gestaltung wirkungsvoller Suchstrategien erfolgt eine modellhafte paläogeographische Rekonstruktionen von Lagerstättenbildungsbedingungen und deren Überleitung notwendigerweise in allen drei Raumdimensionen nach den zwischenzeitlich stattgefundenen tektonischen Abläufen in mögliche gegenwärtige Positionen.

Der zweite bedeutende Fragenkomplex der ortsbezogenen Datenverarbeitung in der Montanistik beschäftigt sich mit der Ermittlung des räumlichen Aus-sagewerts von Stichproben. Auf das gleich einfache Ausdrucksniveau des "gewußt wo" gebracht, lassen sich hier mit Hilfe einer Statistik des Ortsbezugs, der Geostatistik, Antworten auf die Fragen "wo noch?" und der damit verbundenen Ergänzung "wie

INSTRUMENTE DER GEOINFORMATIK
REALISIERUNGSRAMEN mit logischen Arbeitsblöcken

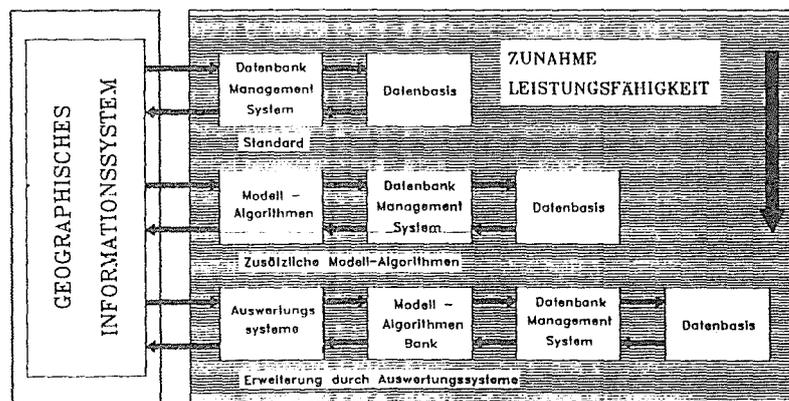


Abbildung 2

sicher ist das?" ermitteln. Im einzelnen werden in diesem Methodenfächer geklärt:

- Der räumliche Zusammenhang zwischen Stichprobenaussagen (geostatistische Strukturanalyse);
- die Voraussage von Wertgrößen in den Zwischenräumen von Stichproben (geostatistische Interpolation);
- die Beschreibung der Sicherheit dieser Voraussage (Varianzmodell in jedem

Gitterpunkt);

- die Wahrscheinlichkeit für das Überschreiten von Schwellenwerten/Grenzwerten im Raum (nicht parametrische geostatistische Simulation).

Auf den Anwendungsfall bezogen heißt das, daß Bergingenieure aus Stichproben (Bohrungen) ermitteln müssen, wo und welche Wertstoffgehalte sie aus dem sonst unbekanntem Fels gewinnen können. Die Abbildung 3 zeigt Wertstoffkonzentrationen entlang von Bohrungen, aus welchen dann in unterschiedlichen Horizonten die räumliche Verteilung des Wertstoffs errechnet ist. Dabei sind nur jene Werte dargestellt, welche eine geringere Streuung als 20 % aufweisen. Es liegt nahe, diese Methoden zur statistischen Behandlung ortsbezogener Meßwerte aus dem lagerstättengeologischen Bereich auch auf andere umweltrelevante Meßgrößen mit Ortsbezug zu übertragen. Dazu zeigt Abbildung 4 eine Luftgütebeobachtung [1] mit geostatistisch interpolierten Bereichen gleicher Konzentration von SO₂, unterlegt mit der Angabe der Aussagesicherheit dieser Interpolation. Es ist leicht zu erkennen, welche wertvolle Hilfe diese Geostatistik bei der Gestaltung von Meßnetzen leisten kann.

Schließlich kann eine Gesamtaussage auch aus einer einwandfrei durchgeführten geostatistischen Interpolation nur dann befriedigend interpretiert werden, wenn ein klares Bild über die Qualität der zugrunde liegenden Einzelmeßwerte besteht. Im Rahmen geophysikalischer Meßverfahren und insbesondere der Geochemometrie sind im Montanbereich effiziente Kontrollmethoden entwickelt worden, welche im Gesamtkonzept der Geoinformatik einen unverrückbaren Stellenwert einnehmen. Ein Beispiel dazu folgt später.

Nach den Anwendungen geographischer Informationssysteme, des breiten Einsatzes geostatistischer Methodik sowie der Meßwertkontrolle, der vierte Bereich angewandter montanistischer Forschung, der in jüngster Zeit wichtige methodische Entwicklungen im Einsatzfeld Geo-Informatik ausgelöst hat, gründet sich auf folgende Phänomene in Prospektion und Exploration:

Oft, d.h. in 99 von 100 Fällen ist man in der Lagerstättenuche und Forschung mit der Situation konfrontiert, daß trotz aus Meßdaten positiv abgeleiteten bzw. günstig eingestuften Anzeichen doch kein den Erwartungen entsprechendes Vorkommen gefunden werden konnte. Zum anderen ist in einigen, zugegebenermaßen viel selteneren Fällen die Frage aufzuwerfen: Warum haben andere in Gebieten Lagerstätten gefunden wo man selbst nichts finden zu können überzeugt war?

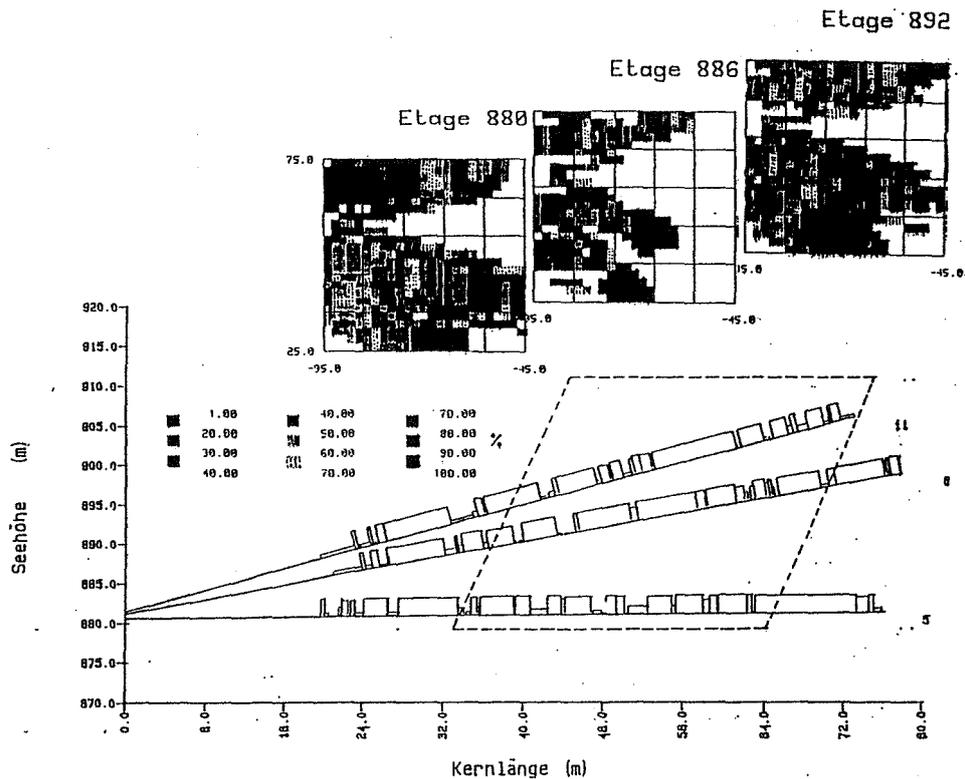


Abbildung 3

Diese naturgegebenen Besonderheiten, wie die durch Überdeckung mit leeren Gesteinspaketen gedämpften oder verfälschten Meßwerte, machten insbesondere im Bereich der Geochemometrie die Entwicklung neuer Methoden der Meßdatenanalyse dringlich, die es auch zulassen, unabhängig von der Meßsignalstärke relative Unterschiedsmaxima und auch gemeinsames abweichendes Verhalten von Signalmustern mehrerer Variablen zu identifizieren und zu interpretieren. Solche bisher in unserem Sprachraum nur exklusiv selten auch in den Geowissenschaften eingesetzten komplexen Instrumente der explorativen Datenanalyse sowie der Methoden der robusten multivariaten Statistik führten zu beachtenswerten Ergebnissen; darüberhinaus werden diese Methoden auch in der Soziometrie, wo es offensichtlich ähnlich gelagerte maskierte Signale und Signalmuster aufzudecken gilt, eingesetzt.

Wie werden nun diese Informationsbearbeitungsinstrumente in der Geoinformatik in Leoben strukturiert und als Lösungshilfen eingesetzt? Die Grundstruktur ist bereits in den ersten beiden Abbildungen dargestellt. Eine Fülle von Meßdaten aus den unterschiedlichen geowissenschaftlichen Parameter- und Attributbereichen ist in der Regel relationale Datenbank mit Hilfe von Standarddatenbankmanagementsystemen strukturiert und geführt. Die im eigenen Institutsbereich gegenwärtig benutzten Datenbanksysteme sind ORACLE auf VMS, bzw. UNIX und DOS-Betriebssystembasis, DSM auf VMS-Basis sowie dBase III auf DOS-Basis. Die ortsbezogene Verwaltung wird durch ein mit der

relationalen Datenbank topologisch gekoppeltes weltweit zahlreich eingesetztes geographisches Informationssystem ARC/INFO sichergestellt.

Inversionswetter, alpines Becken

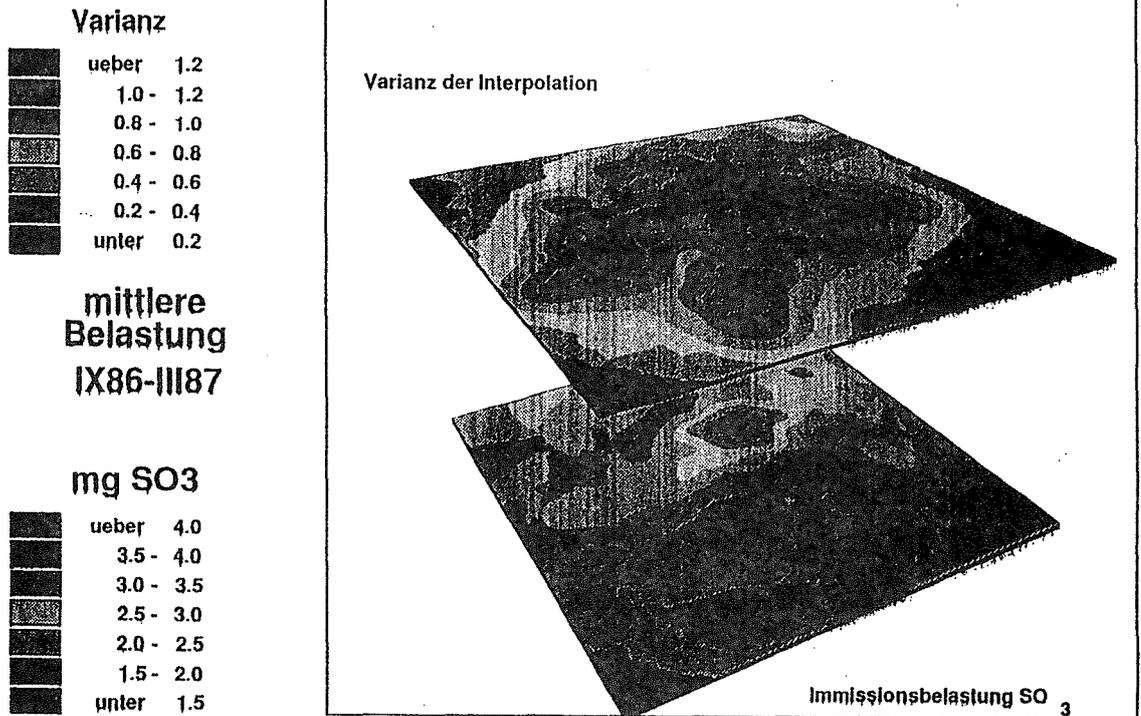


Abbildung 4

Demnach sind sowohl die Datenbanksysteme als auch das geographische Informationssystem zugekaufte vielfach bewährte Standardsoftwaresysteme. Die Eigenentwicklung konzentriert sich auf einer speziellen übergeordneten Anwendungsebene mit besonderen Geo-Informatik-Funktionen die einerseits die schon weiter vorne begründeten Algorithmen der explorativen und multivariaten robusten Datenanalyse der Geostatistik ausgewählter Operation Research Algorithmen sowie last not least Algorithmen Bestimmung und Transformation von Ortsbezügen in verschiedenen Systemen, deren geometrische Behandlung einschließlich Mustererkennung (vergleiche Abb. 5). Diese für Fragestellungen der Geo-Informatik spezialisierte Algorithmenbibliothek bildet die Basis auf der die aus den verschiedenen Meßdatensituationen erforderlichen Auswertemodellteilen bzw. -gesamtsysteme zusammengestellt werden. Während die Ebene der Modellalgorithmen bereits relativ vollständig durchgestaltet einsatzfähig ist, konzentrieren sich die nunmehrigen Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen auf regelbasierende, in der Methodenwahl möglichst

selbst optimierende Auswertemodelle. Modellhafte Lösungen für folgende Referenzanwendungen liegen vor:

- Identifizierung und Eingrenzung geochemischer Umweltverschmutzungen;
- Rohstoffsuche, insbesondere modellhafte quantitative Abschätzung des noch unentdeckten Potentials an Mineralrohstoffen einer Region;
- Strukturermittlung des Untergrundes für Porenwasservorkommen (Auswertung von Bohrdatenbanken);
- kleinregionaler Immissionsstatus;
- Modelle der Bodenempfindlichkeit;
- Rohstoffvorranggebiete in der Raumplanung;
- Ermittlung der räumlichen Orientierung von Minerallagerstätten;
- Indikationen auf Altlasten.

Verknüpfung von Modell-Algorithmen zu problembezogenen Auswerte-Modellen der GEO-INFORMATIK

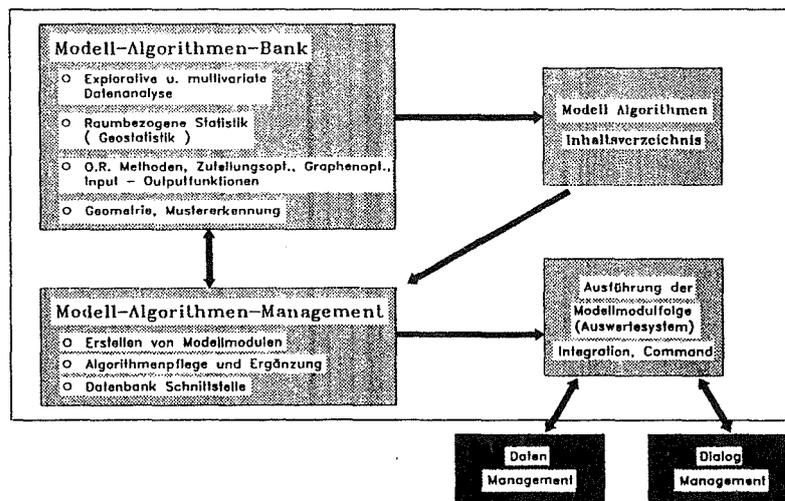


Abbildung 5

Graphisch unterlegte Referenzbeispiele für die Ergebnisse der Leobner Geo-Informatik-Aktivitäten lassen sich vorteilhaft nach dem üblichen Phasenschema der Informatik erläutern:

Stellvertretend für andere werden aus den oben erwähnten Anwendungsbeispielen im folgenden für die drei Informatik-Hauptphasen Ergebnisse am Beispiel der Umweltgeochemie dargelegt:

Im Bereich der Meßwerterfassung und -kontrolle zeigt Abbildung 6 ein eigenentwickeltes System mit dem die Qualität chemischer Analysen begleitend kontrolliert wird. Dieses Programm baut auf einer Varianzanalyse der drei Verfahrensteile Probenahme im Gelände, Probenvorbereitung und chemische Analytik, auf mit dem Ziel aus der für die Natur ermittelte Meßwertvariabi-

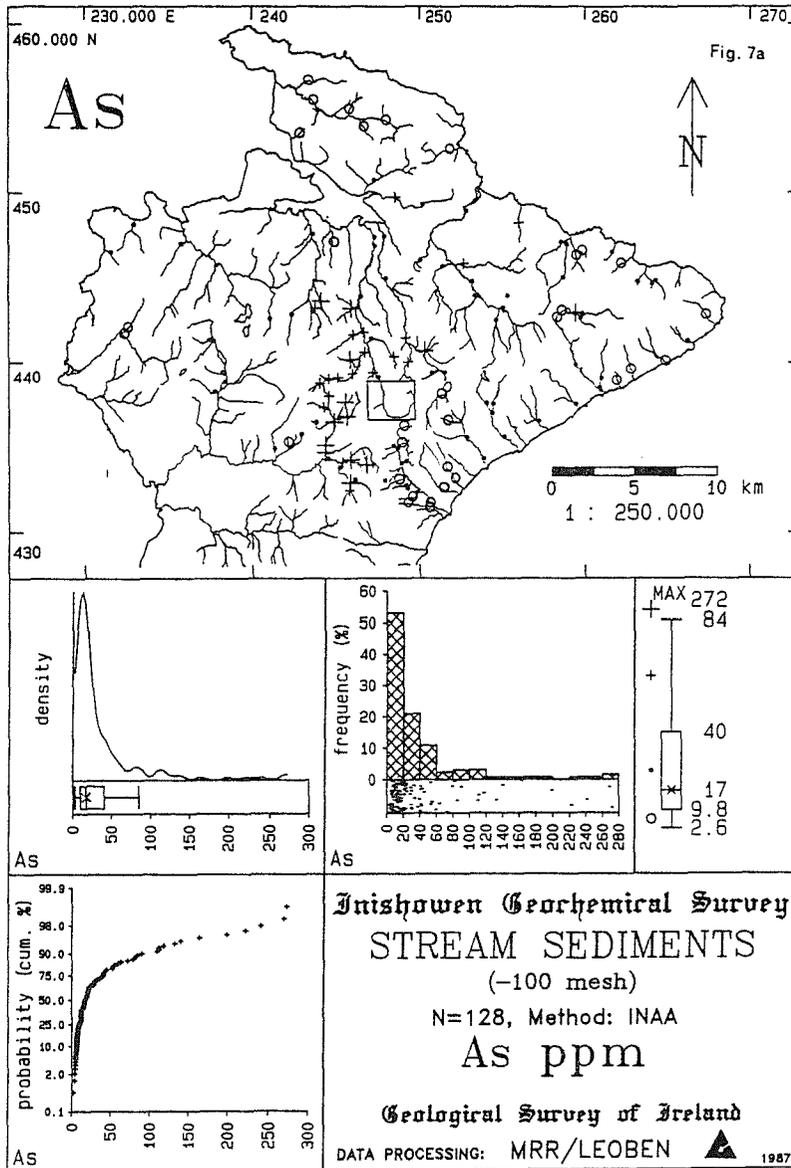


Abbildung 7

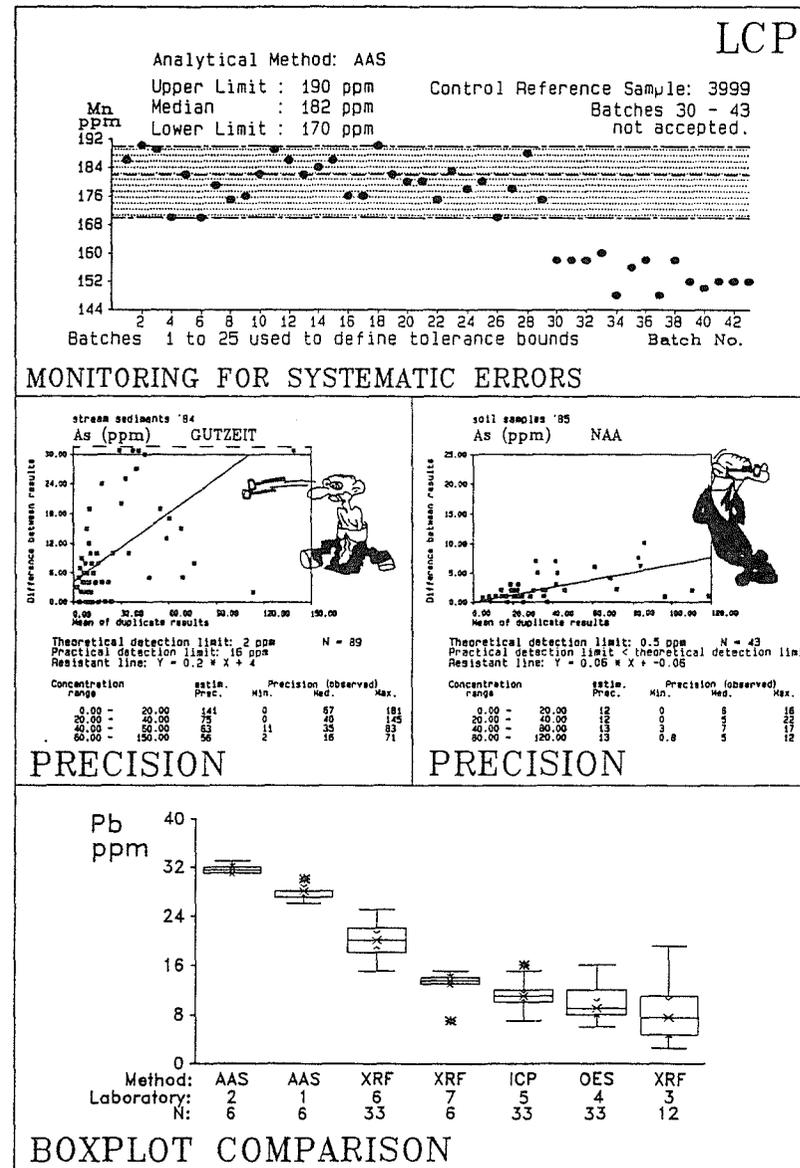


Abbildung 6

lität ein angepaßtes Verfahren der chemischen Analytik auszuwählen. Im hier dargestellten Anwendungsbeispiel des Elements Arsen (Abb. 6) [2] wurde ohne eine solche begleitende Kontrolle mit dem dann nicht sehr zielführenden ersten Analysenverfahren 32.000 Proben im Rahmen einer geochemischen Basisaufnahme österreicher analysiert. Das dargestellte zweite Analysenverfahren belegt, daß es im Hinblick auf den Aussagenutzen wesentlich geeignetere Analytikverfahren eingesetzt werden können. Insgesamt halten wir dieses Beispiel für einen Beleg, wie wichtig es im Verfahrenszyklus der Geo-Informatik ist, sich ein klares Bild über die Datenqualität zu verschaffen, bevor GIS-gestützte Auswerterroutinen begonnen werden.

Die dokumentierende Auswertung, der zweite Sektor der Informatik, desselben umweltgeochemischen Elementes Arsen aus einem Testgebiet in Irland (Abb. 7) [3] zeigt Techniken aus dem breiten Fächer der explorativen Datenanalyse. Diese sollen möglichst klar und kontrastreich das für Umweltfragen wichtige regionale Elementverhalten dem Betrachter darlegen.

Um im Meßmedium der Umweltgeochemie zu bleiben, wird abschließend ein Beispiel regionaler Auswertemodelle geogener (zum Teil giftiger Schwer-) Metallanomalien aus dem Bereich der Grauwackenzone (Abb. 8 und 9) dargestellt. Es lassen sich eine beträchtliche Anzahl von bisher unbekanntem, aber in Folgearbeiten bestätigte Anomalien identifizieren.

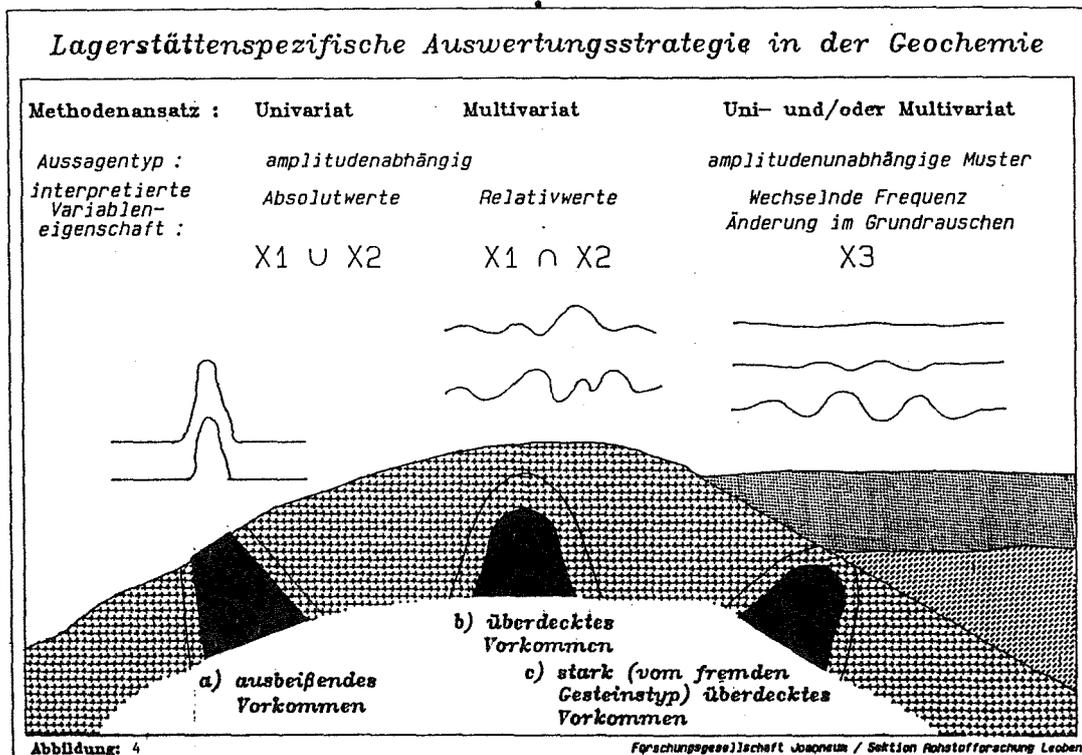
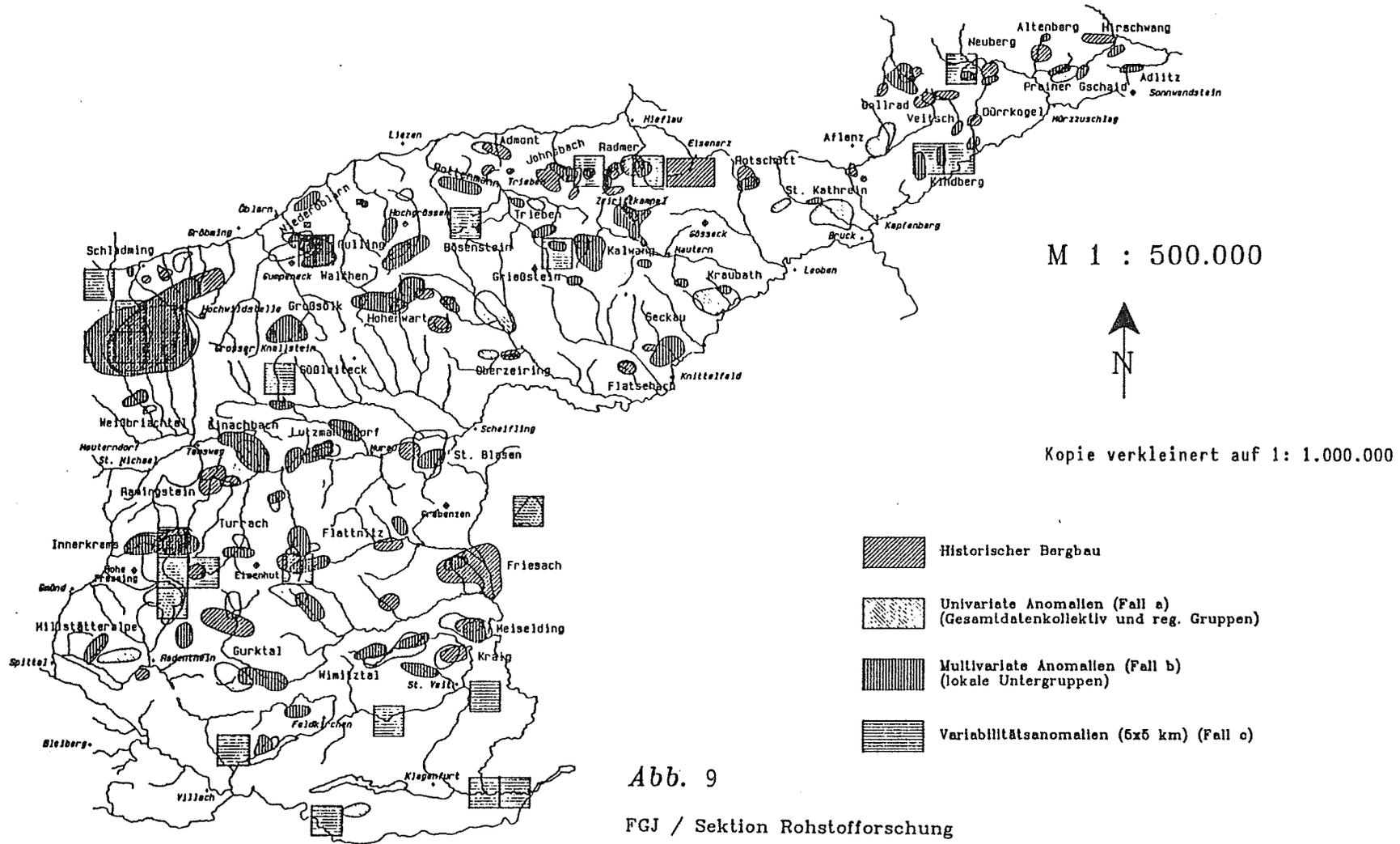


Abbildung 8

*Geographische Lage geochemischer Anomalien
Niedere Tauern Kristallin – Östliche Grauwackenzone – Gurktaler Alpen*



Zusammenfassend soll festgehalten werden, daß das fachliche Gesamtgebäude der Geo-Informatik Leoben (Abbildung 10) in seinem Kern zurück auf Meßdatenauswertung der Geochemometrie und der Sedimentgeologie mit Hilfe eigenentwickelter EDV-gestützter Techniken der Datenanalyse zurückgeht. In diese Phase fällt der Einsatz konventioneller Datenbank-Systeme zur arbeitstechnischen Beherrschung der Meßdatensmengen. Die Anforderungen an die ortsbezogene Verrechnung von Stichprobenmeßwerten führte zur Weiterentwicklung geostatistischer Algorithmen mit der Zielsetzung, Bewertungsfragen im Sektor des geogenen Naturraumpotentials zu lösen. Ein zugekauft geographisches Informations-System hilft auch hier, die Vielfalt der Geodaten-ebenen im geordneten Zugriff zu kombinieren.

In jüngerer Zeit nehmen die Anforderungen zu, gesamtheitliche Bewertungen von Umweltsituationen als Querschnittsaufgabe über die Umweltmedien fester Untergrund Boden, Wasser, Luft zu unterstützen und diese mit Wertaussagen über Nutzungsvarianten des Raumes (Umweltökonomie) zu untermauern. Die Vielfalt der Einflußgrößen und ihre Verknüpfung sowie der sich dynamisch ändernden marktbezogenen Wertgrößen zwingen zur Entwicklung von regel-

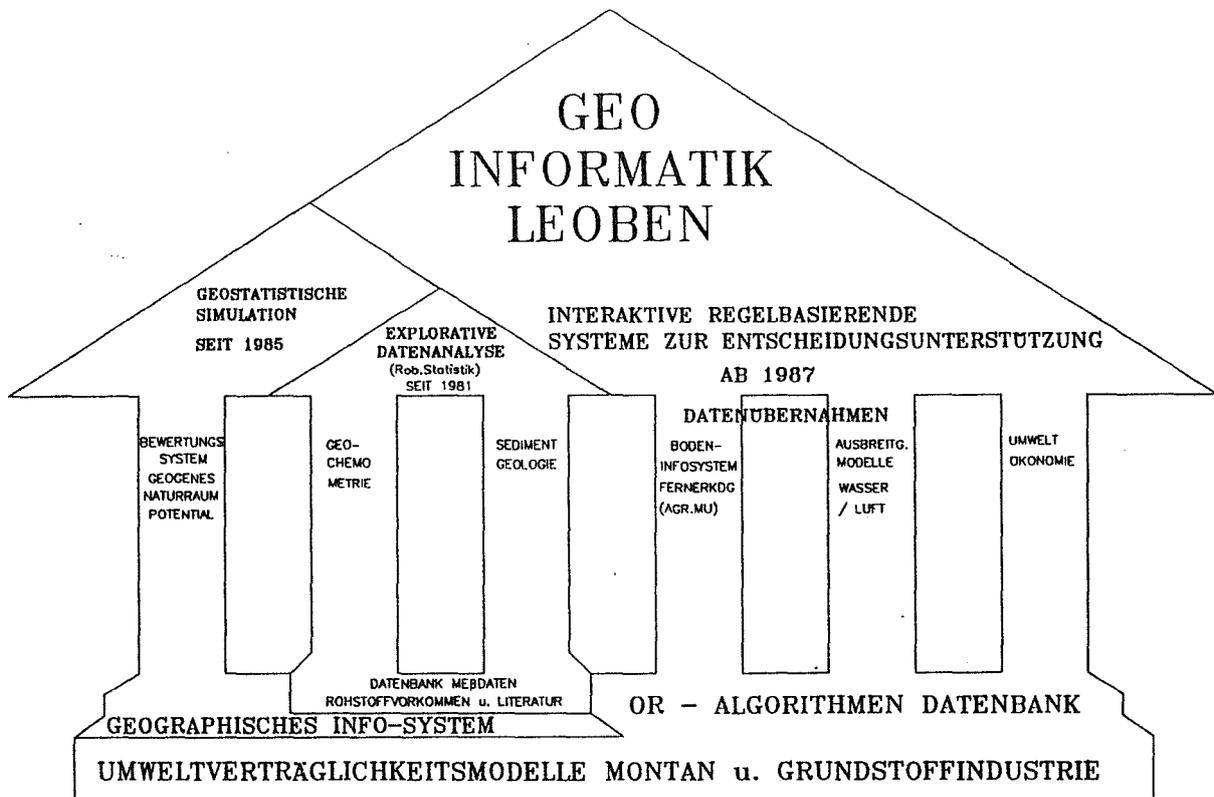


Abbildung 10

basierenden Systemebenen für eine solche Entscheidungsunterstützung. Für den Bereich Lockersedimente und Porengrundwässer liegen solche Lösungsansätze vor. Insgesamt ist damit die mittel- bis längerfristige Basis gelegt für ein der Rolle der Leobner Universität entsprechendes Mitwirken im Gestalten und Absichern der Raumverträglichkeit der verbundenen Montan- und Grundstoffindustrie.

Zitierungen

- [1] Meßdaten, bereitgestellt von Dr. J. Adlmannseher (Institut für Geographie, Universität Klagenfurt)
- [2] Reimann, C.; Wurzer, F. (1986): Monitoring accuracy and precision - improvements by introducing robust and resistant statistics.- Mikrochimica Acta 1986 II, No.1-6, p.31-42
- [3] O'Connor, P.J.; Reimann, C.; Kürzl, H. (1988): A Geochemical Survey of Inishowen, Co.Donegal.- Geological Survey of Ireland Report Series, R588/1 (Geochemistry), 43p.