

Teilautomatisierte Erfassung geometrischer Basisdaten aus dem Bergmännischen Risswerk

Karl-Heinz Löbel, Irmgard Niemeyer

TU Bergakademie Freiberg, Institut für Markscheidewesen und Geodäsie, Agricolastraße 1, 09596 Freiberg,
E-Mail: loebel@tu-freiberg.de

Für die effektive Bearbeitung von Problemen im Zusammenhang mit Altbergbau können vielfältigste raumbezogene Basisdaten und Informationen direkt aus dem Bergmännischen Risswerk entnommen bzw. indirekt daraus abgeleitet werden. Bei räumlich relativ eng begrenzten Aufgabenstellungen ist eine Überführung von markscheiderischen risslichen Darstellungen der verschiedenen Objekte wie z.B. Schächte, Strecken, Überhauen, Abbaue usw. in adäquate digitale Vektorgraphik unproblematisch und auch per Hand realisierbar. Im Zusammenhang mit großräumigen Aufgabenstellungen ist oft die Vektorisierung einer großen Anzahl von Rissen erforderlich.

Der Beitrag beschreibt Möglichkeiten, um die aus markscheiderischen Rissen abzuleitenden raumbezogenen Basisdaten mit Methoden der digitalen Bildanalyse möglichst weitgehend automatisiert zu erfassen.

For the effective handling of issues related to abandon mining various spatial base data and information could be extracted directly taken or indirectly derived from the mine maps. In case of small-scale tasks the digitizing of relevant mine map objects, e.g. shafts, gateways, extraction points, could be carried out manually. With regard to wide-area tasks the raster-vector-conversion of a huge number of mine maps is needed.

The given paper proposes possibilities of digital image processing to automatically retrieve the spatial base data.

1 Begriffe und Einführung in die Problematik

Im Unterschied zum allgemeinen vermessungstechnischen Sprachgebrauch, bei dem der Riss – als Feldriss, Handriss, Messungsriss oder auch Vermessungsriss bezeichnet – eine während der Vermessungsarbeiten im Felde angefertigte, näherungsweise maßstäbige Skizze darstellt, ist der markscheiderische Riss eine großmaßstäbige, geometrisch richtige Darstellung. Markscheiderische Risse stellen die oft sehr komplexen dreidimensionalen Zusammenhänge, je nach Erfordernis, in verschiedenen Maßstäben (1: 5.000 bis 1: 500 und darüber) in verschiedenen Projektionen und Ansichten dar.

Markscheiderische Risse, Karten, Pläne und sog. sonstige Unterlagen werden unter dem Begriff „Bergmännisches Risswerk“ zusammengefasst. Zweck dieser Risswerke ist es, neben einer Unterstützung aller während der aktiven Bergbauphase erforderlichen Prozesse nach deren Abschluss eine Übermittlung aller wesentlichen raumbezogenen Informationen zu den durch-

geführten bergbaulichen Aktivitäten an die Nachwelt zu ermöglichen - sei es, um eine spätere Nutzung noch vorhandener Ressourcen zu unterstützen oder aber, um die Abwehr von Gefahren, die aus altem Bergbau resultieren können, zu ermöglichen. Noch bis in die 80er Jahre des vergangenen Jahrhunderts wurden die Darstellungen als Unikate von Hand angefertigt.

Schon gegen Ende des 19. Jh. sind Bemühungen in Form von Rissmusterblättern, Zeichenvorschriften und bergbehördlichen Anweisungen zu erkennen, um eine eindeutige und einheitliche Form der Darstellung von Objekten der objektiven Realität (Gänge, Flöze, Abbaue, geologische Störungen, Strecken, Schächte, Halden, Böschungen, ...) in diesen Rissen zu erzielen. Von der Anwendung und Einhaltung der in den heute gültigen Normen der DIN 21900 ff. enthaltenen Empfehlungen wird in Deutschland die Beurteilung der Fachkunde bei der Führung eines Risses bzw. Risswerkes abhängig gemacht. In den Normen sind für fast alle allgemeingültigen bergbaulichen Belange einheitliche und für alle Betriebsphasen anwendbare Regelungen, - be-

gonnen bei Definitionen und generellen inhaltlichen und formalen Aspekten bis hin zur Festlegung konkreter Titelgestaltung, Blattschnitt, Linienarten, Strichstärken, Zeichen, Symbole, Signaturen usw. in bunter und unbunter Darstellung - getroffen.

Als maßbeständige Zeichenträger haben sich Rissplatten (Karton mit Metall- oder Kunststoffeinlage) bewährt, auf denen die gemessenen Gegebenheiten mit Zeichenbleistift, Schreibfeder, Zeichenfeder, Ziehfeder, Tuschezeichengerät mit Hilfe von Dreieck, Transversalmaßstab und Zirkel gezeichnet (zugelegt) wurden. Für die Ausfertigung in bunter Darstellung wurden neben farbigen Tuschen und Tinten hochwertige Aquarellfarben verwendet.

Risse sind in den Markscheidereien der Betriebe im alltäglichen Gebrauch. Im Laufe der Jahre und Jahrzehnte bleiben Spuren ihrer tagtäglichen Nutzung nicht aus (Abbildung 1).

Diese Risswerke bilden für vielfältigste Aufgabenstellungen im Zusammenhang mit Problemfeldern, die sich aus historischem Bergbau ergeben und sich mit dessen mittel- und langfristigen Auswirkungen auf die Umwelt befassen, eine der wichtigsten Informationsquellen.

Bei räumlich relativ eng begrenzten Aufgabenstellungen ist eine Überführung von markscheiderischen Rissen in adäquate digitale Vektorgraphik unproblematisch und auch per Hand realisierbar.

Im Zusammenhang mit großräumigen Aufgabenstellungen, wie z.B. die Bearbeitung einer flächendeckenden Tagesbruchprognose über alten

Braunkohlentiefbaufeldern oder die Ableitung von Blockstrukturen für komplexe hydrogeologische Strömungsmodelle, ist die Digitalisierung umfangreicher Risswerke erforderlich. Als typisches Beispiel soll an dieser Stelle das Risswerk der Zinnerzgrube in Ehrenfriedersdorf (zwischen Chemnitz und Annaberg an der Bundesstraße B101) kurz vorgestellt werden.

Im vorliegenden Fall umfasst das Risswerk als Urriss sowie als Grubenbild der Ausfertigung des Betriebes die in Tabelle 1 zusammengestellten Bestandteile.

Die Qualität der zu generierenden Daten (Genauigkeit, Detailliertheit, Objektvielfalt, ...) und somit der Aufwand muss sich dabei am Verwendungszweck orientieren. Die Zielstellung der Modellierung der hauptsächlich wirksamen Wasserwegsamkeiten ist formal gesehen bereits in einem dreidimensionalen Drahtmodell realisierbar. Für die bessere Veranschaulichung sollte das Grubengebäude auch als dreidimensionales Block- oder Raumbild modelliert werden. Die relativ aufwendige manuelle Bearbeitung mittels Digitalisierung der Streckenmittelachsen am Bildschirm und anschließender „Bufferung“ ist in (EINENKEL 2004) und (LÖBEL & HARTMANN 2004) ausführlich abgehandelt. An dieser Stelle sollen nur die Ergebnisse in Form der nachfolgenden Abbildungen 2–4 gezeigt werden.

Welche technisch-technologischen Alternativen zu einer manuellen Erfassung der geometrischen Basisdaten aus historischen Rissen stehen gegenwärtig zur Verfügung?

Tab. 1: Risswerk der Zinnerzgrube Ehrenfriedersdorf.

Anzahl	Bezeichnung	Format DIN	Trägermaterial
7	Titelblatt	A1	Karton m. E.
51	Tageriss	A1	Klarzell
68	Sohlengrundriss	A1	Karton m. E.
68	Sohlengrundriss	A1	Klarzell
67	Seigerriss	A1	Karton m. E.
67	Seigerriss	A1	Klarzell
987	Sonderriss	verschiedene	verschiedene
90	Niederschriften	verschiedene	Papier
84	Akten u. Heftungen	A4	Papier
1489	Risse u. Unterlagen		

(Klarzell – transparenter Folienzeichenträger aus DDR-Produktion / m. E. – mit Einlage)

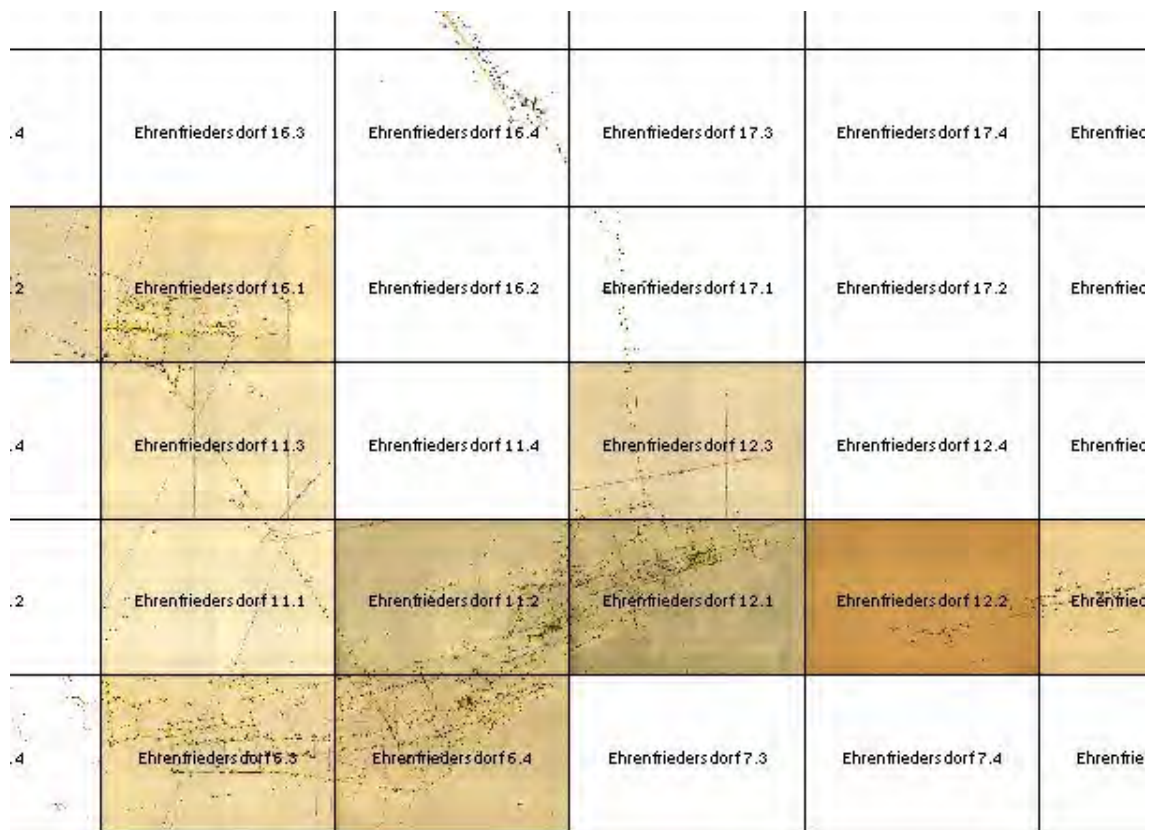


Abb. 1: Sohlengrundrisse 2. Sohle (Ausschnitt)

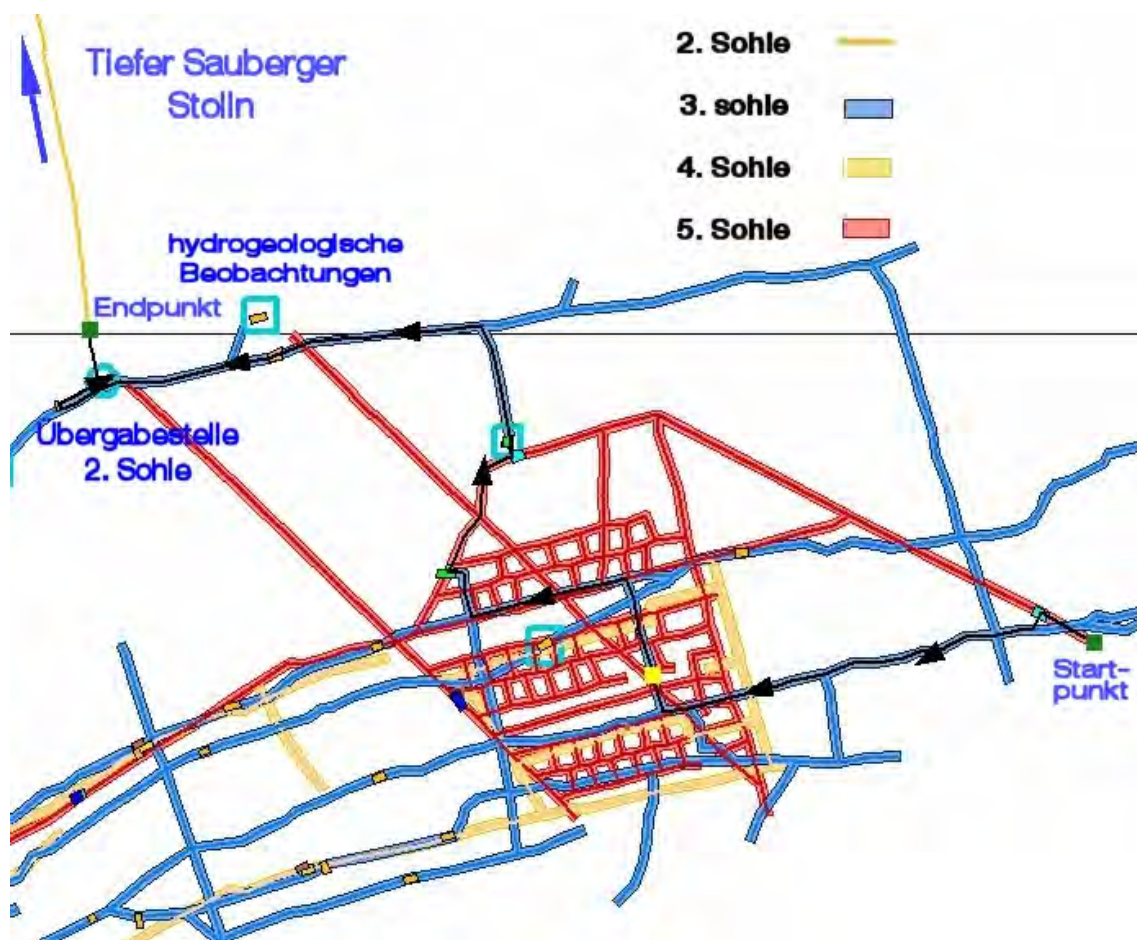


Abb. 2: Strömungspfad bei „erzwungener“ Durchströmung des Teilsohlenkammerabbaus auf der Grundlage eines 3D-Drahtmodells.



Abb. 3: 3D-Darstellungsmodell - Untertägige Gesamtsituation.

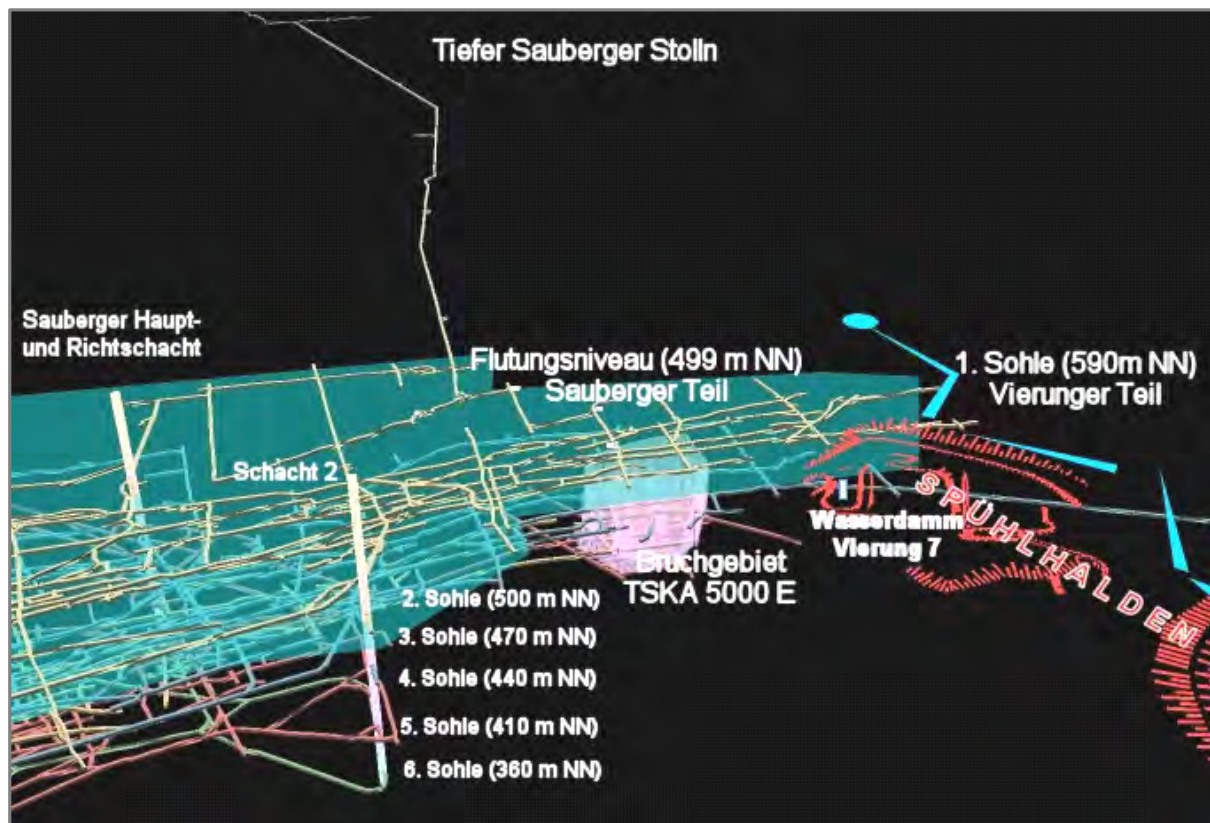


Abb. 4: 3D-Darstellungsmodell im Bereich Sauberg – Ostfeld und Vierung.

2 Möglichkeiten der pixel-basierten Bildanalyse für die teilautomatisierte Erfassung geometrischer Basisdaten

Als Vertreter für primär pixel-basierte Konzepte wurde im Rahmen dieser Untersuchungen die sogenannte VPHybridCAD-Softwarelösung „VPstudio“ der Firma „softelec GmbH“ München in einer Demo-Version getestet. Vom Einstieg mit „VPraster edit“ bis hin zur kompletten Hybrid- und Konvertierungssuite „VPstudio“ bietet die Firma fünf verschiedene Speziallösungen für die Vektorisierung von Konstruktionszeichnungen und kartographischen Unterlagen an. Bei allen VPHybridCAD-Lösungen kann entschieden werden, ob diese in Verbindung mit „AutoCAD“ oder „AutoCAD LT“ eingesetzt werden - oder aber als "stand-alone" arbeiten sollen. Bei diesem Test wurde die "stand-alone"-Lösung eingesetzt.

Nach dem Einlesen der Bilddaten können die Vorlagen in der Ebene entzerrt und gegebenenfalls kompariert (referenziert) werden. Auf die Rasterdaten lassen sich verschiedene Bildbearbeitungs- und Filterfunktionen anwenden.

In der Folge kann die Anzahl der Farben mit der Funktion „Farbreduktion“ reduziert werden (Abbildung 5). Im Regelfall wird sie in zwei Schritten durchgeführt, wobei:

- eine automatische Farbreduktion (vier verschiedene Algorithmen wählbar) auf eine manuell bearbeitungsfähige Anzahl von Farben erfolgt, die
- durch manuelle Farbreduktion als Hauptschritt vollendet wird, wobei - abhängig von der Vorlage - gleiche bzw. ähnliche Farben selektiert und zu einer Farbe verknüpft werden.

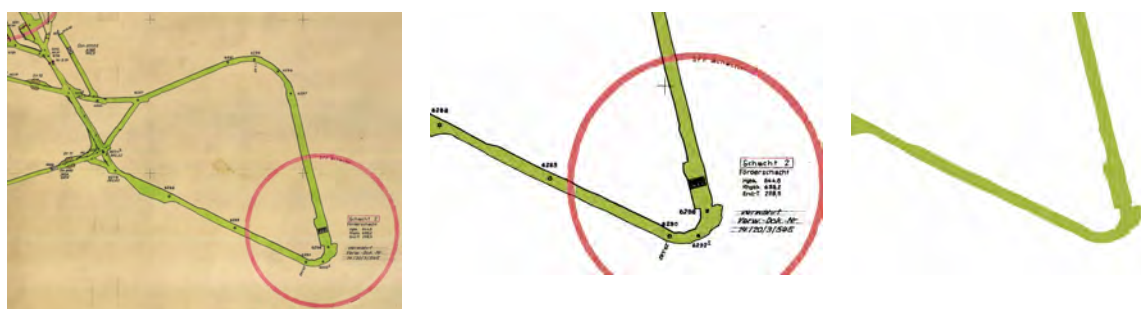
Die Rasterstrukturen jeder der verbliebenen Farben (z.B. 4 Vordergrund/Informationsfarben, 1 Hintergrundfarbe) können nun exportiert und in individuelle s/w Rasterdateien gesichert werden. Auf der Basis dieser Binärbilddateien können nun nach Bereinigung der Raster z.B. mit der Funktion „Säubern“ automatische und teilautomatisierte Raster-Vektor-Konvertierungen vorgenommen werden.

Alternativ dazu kann auch im farbreduzierten Raster weitergearbeitet werden weil sich die Anwendung der Konvertierungsalgorithmen auf selektierte Farben einschränken lässt. Für die Art und Weise der Konvertierung können verschiedenste Parameter und Optionen gesetzt werden – begonnen bei dem automatischen Schließen unterbrochener Linien, über die Erkennung bestimmter Linienarten und Zuordnung von Strichstärken bis hin zur Erkennung und Interpretation von Text.

Generell stehen zwei unterschiedliche Vektorisierungsarten zur Verfügung. Es kann zwischen Mittellinien- und Flächenrandvektorisierung unterschieden, oder aber die Kombination von Mittellinien- und Flächenrandvektorisierung gewählt werden. Wenn Linien und Flächen gleichermaßen Bestandteil einer Zeichnung sind muss ein Schwellwert festgelegt werden, der den Übergang von Linien und flächigen Strukturen regelt. Oberhalb dieses Wertes werden dann die Umrisskonturen von Rasterverläufen vektorisiert, während unterhalb die so genannte Mittellinienmethode angewendet wird.

Nach der Vektorisierung können die generierten Vektordaten im System weiter verarbeitet d.h. bereinigt, editiert und ergänzt werden, so wie gegebenenfalls eine Symbolerkennung auf der Grundlage von Blockdefinitionen werden.

Dafür steht im Wesentlichen die gesamte Funktionalität von AutoCAD zur Verfügung. Anschlie-



Ausschnitt aus dem Originaldaten Raster nach der Farbreduktion Raster nach der Bereinigung

Abb. 5: Vorbereitung der Rasterdaten mit VPstudio (Beispiel: Sohlengrundriss 6. Sohle).

End können die Vektordaten im Komplex oder selektiv in AutoCAD (DWG oder DXF) oder Microstation Design (DGN) exportiert und in anderen Systemen (Abbildung 6) weiter genutzt werden.

Im Ergebnis der Untersuchungen kann anhand des gezeigten Beispiels eingeschätzt werden, dass mit der Software „VPstudio v.8“ bei guter Unterscheidbarkeit der Objekte in den Farbinformationen mit vertretbarem Einarbeitungs- und Bedienaufwand und bei geringfügigen manuellen Korrekturen recht gute Ergebnisse erzielt werden können. Werden die Farbunterschiede der zu differenzierenden Objekte geringfügiger oder sind in großer Zahl Strukturelemente anderer Objekte in verschiedenen Klassen vertreten so potenziert sich der Aufwand für die manuelle Vor- und Nachbearbeitung sowohl in der Raster- als auch der Vektorwelt sehr rasch, so dass sich im Vergleich zur manuellen on-screen-Digitalisierung kaum Produktivitätsvorteile einstellen.

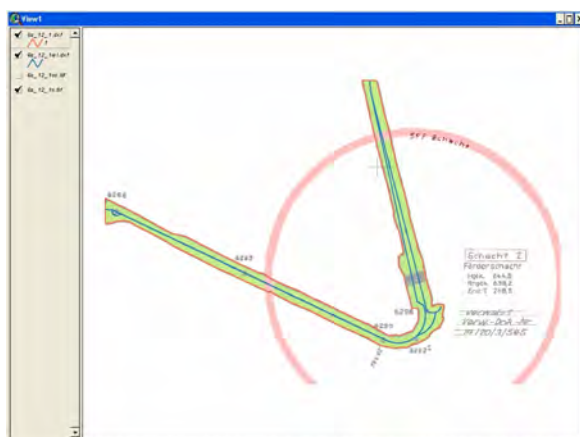


Abb. 6: Ergebnis der Vektorisierung mit VPstudio 8 (Import in ArcView).

3 Möglichkeiten der objekt-orientierten Bildanalyse für die teilautomatisierte Erfassung geometrischer Basisdaten

3.1 Die objekt-orientierten Bildanalyse mit eCognition

Sowohl im Bereich der medizinischen Bildverarbeitung als auch bei der Analyse von Fernerkundungsdaten (hochauflösende multispektrale Bilddaten, Radarbilddaten u.a.) haben sich in den vergangenen Jahren objekt-orientierte, wissensbasierte Verfahren etabliert, die gegenüber den traditionell pixel-basierten Verfahren Vorteile aufweisen. Angesichts des steigenden Informationsgehaltes ergeben sich bei den räumlich (und spektral) hochauflösenden Bilddaten Probleme bei der Klassifizierung, wenn die räumliche Nachbarschaft der einzelnen Bildpunkte oder -objekte nicht bzw. nur ungenügend betrachtet wird. Während pixel-basierte Verfahren die Grau- oder Texturwerte der einzelnen Bildpunkte auswerten, erlaubt die objekt-orientierte Klassifizierung die semantische Analyse der Bildumgebung, indem die Beziehung eines Bildobjektes zu seinen Nachbar-, Unter- und Oberobjekten berücksichtigt werden kann. Darüber hinaus bietet die objekt-orientierte Bildanalyse die Möglichkeit, die Bildobjekte nicht nur mittels ihrer spektralen Eigenschaften (mittlerer Grauwert eines Objektes, Standardabweichung der Grauwerte eines Objektes usw.), sondern auch durch Form- (Größe, Verhältnis Länge/Breite, Asymmetrie usw.) und Texturmerkmale (sog. Haralick-Parameter, Textur auf Basis der Unterobjekte) zu beschreiben.

Als kommerzielle Softwarelösung für die objekt-orientierte, multiskalige Bildanalyse stehen derzeit die Produkte Cellender für medizinische bzw. eCognition für Fernerkundungsanwendungen der Firma Definiens bzw. Definiens Imaging (München) zur Verfügung. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden die Möglichkeiten von eCognition (BAATZ et al. 2004) für die teilautomatisierte Erfassung geometrischer Basisdaten aus dem Bergmännischen Risswerk untersucht.

Voraussetzung jeglicher objekt-orientierter Bildanalyse ist zunächst die Extraktion von homogenen Bildobjekten (Objektprimitive) in verschiedenen Auflösungen unter Berücksichtigung ihrer Umgebung mittels der Bildsegmentierung. Mit

der multiskaligen Segmentierung (multi-resolution segmentation) stellt eCognition ein sog. Region Growing-Verfahren zur Verfügung, dass vor der Fusion die Homogenität benachbarter Objekte überprüfen und zusätzlich die potenzielle Heterogenität des zukünftigen fusionierten Objektes berücksichtigt (BAATZ & SCHÄPE 2000). Das Verfahren beginnt mit pixelgroßen Objekten, die unter Anwendung eines Homogenitätskriteriums so lange fusioniert werden, bis die gewichtete Heterogenität der Objekte minimiert ist. Durch die Verteilung der Startobjekte über die gesamte Szene und simultanes Wachstum der Segmente wird gewährleistet, dass Objekte vergleichbarer Größe entstehen. Als Ergebnis entsteht ein hierarchisches Netzwerk von miteinander verbundenen Bildobjekten. Die Bildobjekte liegen in verschiedenen Auflösungen segmentiert vor und repräsentieren die Bildinformation auf verschiedenen Maßstabsebenen gleichzeitig. Zu jedem Bildobjekt liegen verschiedenste Informationen in einer Datenbank vor: Farbmerkmale auf der Grundlage der Spektralwerte, Form- und Texturmerkmale sowie die Topologie. Jede Objektklasse lässt sich sodann mittels signifikanter Eigenschaften durch Regelwerke (WENN-DANN-Beziehungen auf der Basis von Zugehörigkeitsfunktionen) in einer Klassenhierarchie definieren, so dass sich

schließlich ein semantisches Netzwerk klassifizierter Bildobjekte ergibt. Für eine ausführliche Darstellung der Arbeitsweise von eCognition sei außerdem auf (ANDRESEN 2004) verwiesen.

3.2 Beispiele der teilautomatisierten Erfassung geometrischer Basisdaten mit eCognition

Im Folgenden sollen zwei Arbeitsschritte für die teilautomatisierte Erfassung geometrischer Basisdaten aus dem Bergmännischen Risswerk vorgestellt werden. Die erste Prozedur beinhaltet die automatisierte Extraktion von Bildobjekten vor dem Hintergrund einer auch hinsichtlich der Rechenzeit vertretbaren Bearbeitung eines vollständigen Risses. Bei der zweiten Prozedur steht die möglichst automatisierte Klassifizierung und Vektorisierung des Streckenverlaufs und der Polygonpunkte im Vordergrund, wie am Beispiel eines Rissausschnittes aufgezeigt wird.

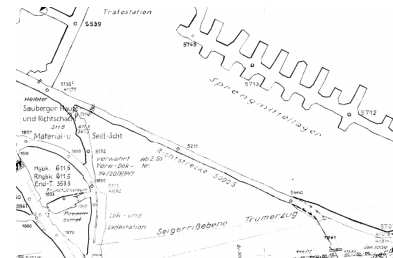
Für die Anwendungen wurden Bilddaten der 5. Sohle gewählt. Die Bearbeitung dieser Sohle erfordert als besondere Herausforderung die Unterscheidung der beide in rot dargestellten Strecken und Schachtsicherheitspfeiler.



Ausschnitt aus den Originaldaten

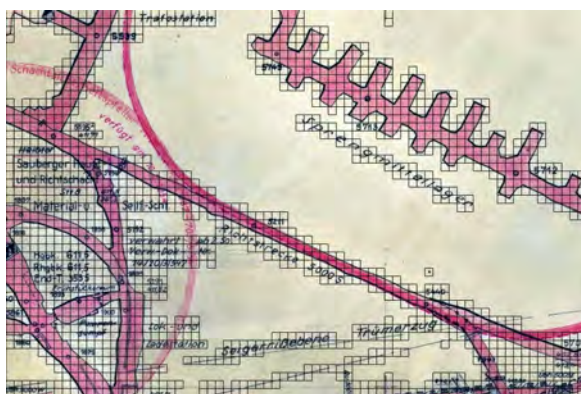


Daten nach linearer Grauwertverbesserung



K-Komponente

Abb. 7: Originaldaten und transformierte Bilddaten.



Schachbrettsegmentierung



Level 6 der multiskaligen Segmentierung nach der Klassifizierung des Kartenhintergrunds (gelb)

Abb. 8: Schachbrettsegmentierung und multiskalige Segmentierung

Die Bilddaten werden zunächst einer linearen Grauwertverbesserung unterzogen und anschließend aus dem RGB- in den CMYK-Farbraum transformiert, um die dabei separierte (schwarze) K-Komponente als zusätzlichen Informationslayer verwenden zu können (Abbildung 7).

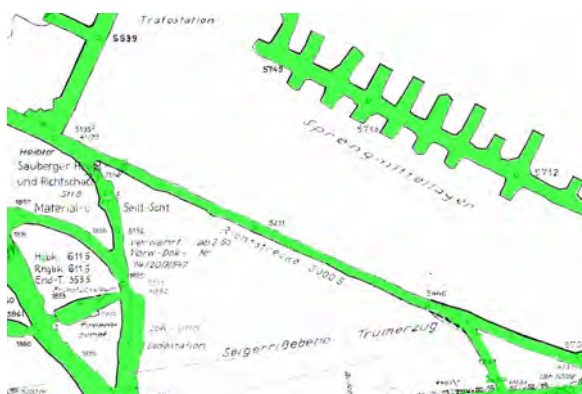
Der Zeitaufwand für die Analyse eines Risses ist selbst bei teilautomatisierter Erfassung erheblich. Dies ist in erster Linie auf den sehr rechenintensiven Prozess der multiskaligen Segmentierung zurückzuführen.

Um die Objektextraktion zu beschleunigen, wird eine Vorgehensweise gewählt, bei der die teilweise sehr weit reichenden Bildbereiche ohne relevante Bildinformationen (Kartenhintergrund) bereits während der Segmentierung aus der Analyse ausgeschlossen werden können. Dazu wird mit Hilfe einer sog. Schachbrettsegmentierung (chessboard segmentation) eine Unterteilung des Bildes in gleich große Quadrate vorgenommen. Bildquadrate, die hinsichtlich der K-Komponente keinerlei Varianz der Grauwerte aufweisen (Standardabweichung gleich Null), können so als nicht weiter zu klassifizierende Objekte der Objektklasse „Kartenhintergrund“ zugewiesen werden. Die verbleibenden Schachbrettzellen werden danach mit einem feineren Schachbrettmuster überzogen. Quadrate mit einer Standardabweichung von Null in der K-Komponente werden dann mit der Objektklasse „Kartenhintergrund“ fusioniert, wenn sie an zuvor klassifizierte Objekte angrenzen. Dieser Prozess wird so-

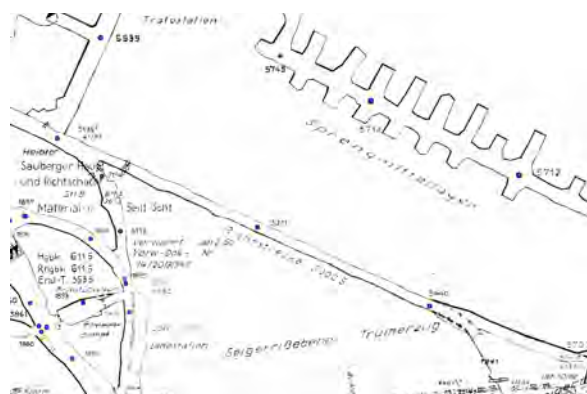
lange iterativ fortgesetzt, bis die Objektklasse „Kartenhintergrund“ nicht weiter anwächst. Nur in unklassifizierten Bildbereichen werden anschließend die Objekte mit Hilfe der multiskaligen Segmentierung extrahiert. Für die automatisierte Klassifizierung und Vektorisierung des Streckenverlaufs und der Polygonpunkte kann danach für die linear verbesserten Grauwerte und K-Werte der bislang unklassifizierten Pixel eine Objektextraktion in mehreren Maßstabsebenen (Levels) durchgeführt werden. Abbildung 8 zeigt für einen Ausschnitt den Prozess der Schachbrettsegmentierung sowie die anschließende multiskalige Segmentierung nach der Klassifizierung des Kartenhintergrunds.

Level 5 und 6 dienen im Weiteren als Grundlage für die Klassifizierung der Strecken, während auf Basis von Level 4 die Klassifizierung der Polygonpunkte erfolgt. Die Objektklassen „Strecken“ und „Polygonpunkte“ werden mittels verschiedener Farb- und Formmerkmale beschrieben und auf den drei Levels miteinander verknüpft. Manuell werden einige Fehlklassifizierungen korrigiert sowie Strukturen, die bislang noch nicht in den Klassifizierungsprozess einbezogen wurden, wie zum Bsp. Überhauen und Beschriftungen, der Objektklasse „Strecken“ zugeordnet. Abbildung 9 zeigt die Klassifizierung der Strecken und Polygonpunkten in Level 4.

Nach der Fusionierung der klassifizierten Objekte können diese für die weitere Verarbeitung in einem GIS als Shapefile exportiert werden.



Objektklasse „Strecken“ (grün)



Objektklasse „Polygonpunkte“ (blau)

Abb. 9: Objekt-orientierte Klassifizierung von Strecken und Polygonpunkten.

4 Literatur

- EINENKEL S. (2004): Erarbeitung einer Technologie zur Erfassung raumbezogener Basisdaten für ein hydrologisches Blockmodell am Beispiel der Zinnerz Ehrenfriedersdorf GmbH. TU Bergakademie Freiberg, Studienarbeit
- LÖBEL K.-H., HARTMANN J. (2004): Informationssystem für die Generierung eines hydrogeologischen Blockmodells zur Untersuchung sinnvoller Strategien einer dauerhaft umweltverträglichen Einleitung belasteter Wässer in ein geflutetes Grubengebäude. – 4. Altbergbakolloquium - Leoben, Verlag Glückauf Essen, ISBN 3-7739-5999-0.
- BAATZ M. et al. (2004): eCognition User Guide 4. Definiens, München.
- BAATZ M., SCHÄPE A. (2000): Multiresolution Segmentation - an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. – Angewandte Geographische Informationsverarbeitung. Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg 2000, Salzburg, XII, 12—23.
- ANDRESEN T. (2004): Strategien zur Wissensbasierten Bildanalyse hoch auflösender Fernerkundungsdatensätze für das Monitoring gewässernaher Feuchtgebiete. Dissertation an der Technischen Universität München.