Kartographische Nachrichten

Fachzeitschrift für Geoinformation und Visualisierung

Organ der Deutschen Gesellschaft für Kartographie e.V.,
der Schweizerischen Gesellschaft für Kartographie
und der Österreichischen Kartographischen Kommission
in der Österreichischen Geographischen Gesellschaft

Herausgegeben von der Deutschen Gesellschaft für Kartographie e.V. – 57. Jahrgang – Februar 2007

1

15

- Standardisierter Druck in der Kartographie
- Digitale Erfassung vorbergbaulichen Zustands
- Satellitenbildkartographie bei schwieriger Datenlage
- Zukunft der Seekarten – Seekarten der Zukunft
- Zum 200. Todestag von Friedrich W. C. Graf von Schmettau

Digitale Erfassung des vorbergbaulichen Zustands der ostdeutschen Braunkohlenreviere als Grundlage der Wiedernutzbarmachung

Hans-Hermann Baumbach, Senftenberg; Andreas Kadler und Michael Fischer, Berlin

Zur *aktuellen* Beschaffenheit der Erdoberfläche liegen heute zahlreiche digitale raumbezogene Informationen vor, z. B. Satellitenfotos, Luftbilder, Rasterdaten topographischer Karten und vektorielle Landnutzungsdaten, wie Landschaftsmodelle, Raumordnungskataster oder Flächennutzungspläne. Dagegen stehen *historische* Landnutzungsdaten bislang fast nur analog zur Verfügung oder können bestenfalls durch Scannen und Georeferenzierung in Geo-Informationssystemen digital nutzbar und auswertbar gemacht werden. Das vorgestellte Projekt beschreibt die Erfassung der Landnutzung in der Lausitz und in Mitteldeutschland vor dem Umgang des Braunkohlenbergbaus. Es ist damit ein Beispiel einer flächendeckenden Vektorisierung der Landnutzung zu einer vergleichsweise weit zurückliegenden Zeit, der Mitte des 19. Jahrhunderts. In den letzten zwei Jahren von der Firma Thales IS im Auftrag der Lausitzer und Mitteldeutschen Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH (LMBV) durchgeführt, stellt es ein interessantes Anwendungsbeispiel aus der Wirtschaft dar. Seine Ergebnisse erweitern nicht nur die Möglichkeiten der Analyse und Bewertung der Landschaftsveränderungen, sondern bilden vor allem auch ein wichtiges Instrumentarium der Bergaufsicht und der Dokumentationsaufgaben des Unternehmens. Darüber hinaus sind die Daten für Kommunikations- und Führungsaufgaben des Bergbauunternehmens nutzbar und können auch für externe wissenschaftliche oder publizistische Aufgaben Interesse und Verwendung finden.

■ Schlüsselbegriffe: Digitalisierung, historische Landnutzungsdaten, Landschaftsveränderungen, Analyse, Bewertung

The actual character of the earth's surface is documented by manifold digital information, e.g. satellite photos, aerial photographs, raster maps and

KIRSCH BAUM

digital data like land use plans, spatial development registers or terrain models. Digital historic land use data, on the other hand, are up to now rarely available and can only be used and analysed in Geographical Information Systems by scanning and referencing. The project presented here deals with the digital survey of the pre-mining land use structures in the mining regions of Lusatia an Middle Germany before the industrialised mining activities started, i.e. in the middle of the 19th century. Accomplished in 2005 by the company Thales IS by order of the Lusatian and Middle German Mining Administration Company (LMBV), it is an interesting example of the application of digital historic land use data for economical reasons. The project results do not only enlarge the possibilities of analysis and evaluation of landscape changes, but also provide an important tool for the legally prescribed documentation of the land-use development of post-mining landscapes and for the LMBV's documentation obligations. Furthermore, the data can be used for the mining company's communication and management matters and are also of great interest e.g. for scientific matters.

■ *Keywords: Digitalization, historical land cover data, landscape changes, analysis, assessment*

1 Einleitung

Die Lausitz ist seit über 150 Jahren geprägt durch die Braunkohlenindustrie, in Mitteldeutschland weist die Kohlenförderung gar eine 300-jährige Geschichte auf. Der Abbau der Kohle im Tagebaubetrieb sowie ihre Verarbeitung in Brikettfabriken, Kokereien und Kraftwerken haben die Landschaft der Region massiv verändert. Ab 1990 führte die politische und wirtschaftliche Entwicklung in den neuen Bundesländern zu einem starken Rückgang der Braunkohlegewinnung und -verarbeitung. Innerhalb weniger Jahre wurden die meisten Tagebaubetriebe, Brikettfabriken und Kraftwerke stillgelegt. Seit rund 15 Jahren werden diese Hinterlassenschaften des Braunkohlenbergbaus nun saniert mit dem Ziel, sie für andere Zwecke wieder nutzbar zu machen.
Durch die Neugestaltung der Landschaft und insbesondere durch das Entstehen zahlreicher Seen in den stillgelegten Tagebauen werden auch Tourismus und Naherholung zu wichtigen Wirtschaftsfaktoren im Lausitzer Revier. Träger dieses Prozesses ist die bundeseigene Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgsellschaft (LMBV), die mit der Aufgabe betraut wurde, den unwirtschaftlichen Teil der ostdeutschen Braunkohleindustrie geordnet stillzulegen, die bergbaulich in Anspruch genommenen Flächen zu sanieren, wieder nutzbar zu machen sowie schließlich zu privatisieren.

Die Sanierung der Bergbauflächen führt zu grundlegend veränderten Landschaften. Während dies einerseits eine Basis für den regionalen Strukturwandel in den Regionen bildet, erfordert der kontinuierliche Landschaftswandel eine umfassende Aufbereitung und Dokumentation von digitalen raumbezogenen Daten, die nur im Rahmen eines GIS rationell und effizient erfolgen kann. Die damit verbundenen Aufgaben werden von der Markscheiderei der LMBV geplant und umgesetzt.

Ihre Aufgabe ist nicht nur die kontinuierliche markscheiderische Dokumentation der topographischen Veränderungen sowie die CAD- und GIS-technische Bereitstellung und Aufbereitung der Datengrundlagen der Bergbausanierung, sondern unter anderem auch die Dokumentation des vorbergbaulichen Zustandes der wieder nutzbar gemachten Flächen. Diese stehen bis zur Beendigung der Sanierung nach § 69 ff. Bundesberggesetz unter Aufsicht der Bergämter. Um wieder nutzbar gemacht zu werden, müssen sie aus der so genannten Bergaufsicht entlassen werden. Dazu ist in Abstimmung mit den zuständigen Bergbehörden im Verantwortungsbereich der LMBV eine Dokumentation einzureichen, die u. a. eine Darstellung

- der vorbergbaulichen Situation,
- der Flächenstruktur vor Beginn der Sanierung sowie
- der wieder nutzbar gemachten Fläche beinhaltet.

Da der vorbergbauliche Zustand angesichts der über 150-jährigen Geschichte des industriellen Braunkohlenbergbaus mit z. T. mehrmaligen Überformungen lange zurück liegt, muss hier auf Informationen aus historischen Karten zurückgegriffen werden. Um diese in vergleichbarer Form mit den anderen zu dokumentierenden Zeitabschnitten darstellbar und auswertbar zu machen, wurden his-

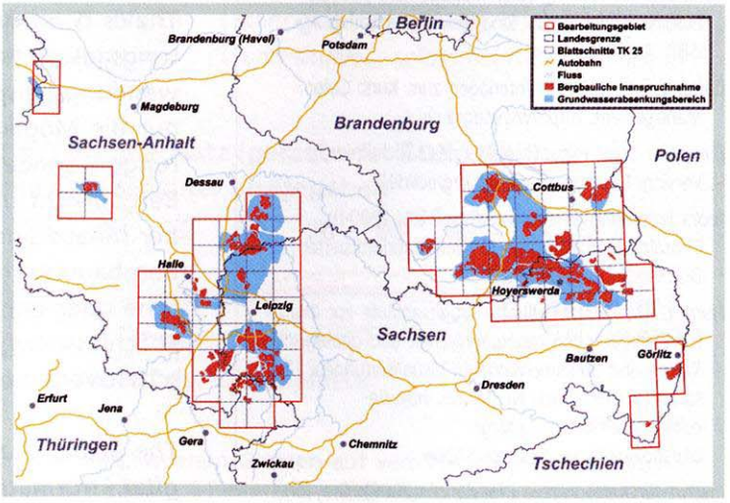

Abb. 1: Bearbeitungsgebiet

torische Karten GIS-gestützt vektorisiert und durch Sachinformationen ergänzt.

2 Aufgabenstellung

Die historischen Karten lagen in gescannter, nicht georeferenzierter Form vor. Die maßgeblichen Aufgaben waren somit die

- Georeferenzierung der historischen Kartengrundlagen,
- Entwicklung eines Datenmodells zur Vektorisierung mit Festlegungen zu Qualitätssicherung und Kontrollalgorithmen und zur Generalisierung von Informationen,
- Vektorisierung der historischen Nutzungsstrukturen sowie die
- Auswertung der generierten Informationen, z. B. durch thematische Verschneidungen.

Das Bearbeitungsgebiet (Abb. 1) sollte sämtliche bergbaulich beanspruchten Flächen in Verantwortung der LMBV im Lausitzer Revier umfassen. Daher wurde festgelegt, die historischen Daten der Flächennutzung innerhalb folgender Grenzen zu vektorisieren:

- Ausdehnung der bergbaulichen Grundwasserabsenkungsbereiche in Verantwortung der LMBV sowie
- Gebiete mit bergrechtlichen Abschlussbetriebsplänen der LMBV.

Unter Beachtung dieser Kriterien wurde der Bearbeitungsraum an den Grenzen der Blattschnitte der Topographischen Karte 1:50 000 (TK50) bzw. 1:25 000 (TK25) angelegt.

Die digitale Erfassung historischer topographischer Geodaten in einem solchem Umfang ist eine außergewöhnliche Aufgabe. Immerhin umfasst das Bearbeitungsgebiet im Lausitzer Revier über 5 900 km² und in Mitteldeutschland ca. 5 700 km², womit insgesamt eine Fläche, mehr als halb so groß wie z. B. das Land Sachsen-Anhalt, vektorisiert wurde. Angesichts dieser Dimensionen bestanden die Herausforderungen insbesondere in

- der Entwicklung einer effizienten, der Aufgabenstellung entsprechenden Methodik,
- der Festlegung von der Aufgabenstellung entsprechenden Generalisierungs-Standards der Informationen aus den heterogenen historischen Kartenwerken,
- einer effizienten Digitalisierung als zeitlich aufwändigster Teil der Aufgabe sowie
- der Qualitätssicherung zur Sicherstellung homogener und fehlerfreier Ergebnisse.

3 Datengrundlagen

Als heranzuziehender Zeitpunkt des „vorbergbaulichen Zustandes" wurde die Mitte des 19. Jahrhunderts gewählt. Dies lag zum einen in der Tatsache begründet, dass, trotz punktueller Erschließung von Braunkohlenvorkommen vor diesem Zeitraum, der industrielle, die Landschaft massiv verändernde Abbau erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts mit der Industrialisierung begann, und zum anderen an der Verfügbarkeit verwendbarer historischer Karten. Wichtige Voraussetzung war, neben der prinzipiellen Verfügbarkeit vergleichbarer Karten für das Bearbeitungsgebiet (Abb. 2, Abb.3), eine hinreichende Genauigkeit der Kartenwerke. Die ab der Mitte des 19. Jahrhunderts sowohl im Königreich Preußen als auch im Königreich Sachsen entstandenen Landeskartenwerke bieten hierfür die besten Voraussetzungen, da sie den Vorteil einer landesweit insgesamt sehr einheitlichen Bearbeitung bieten.

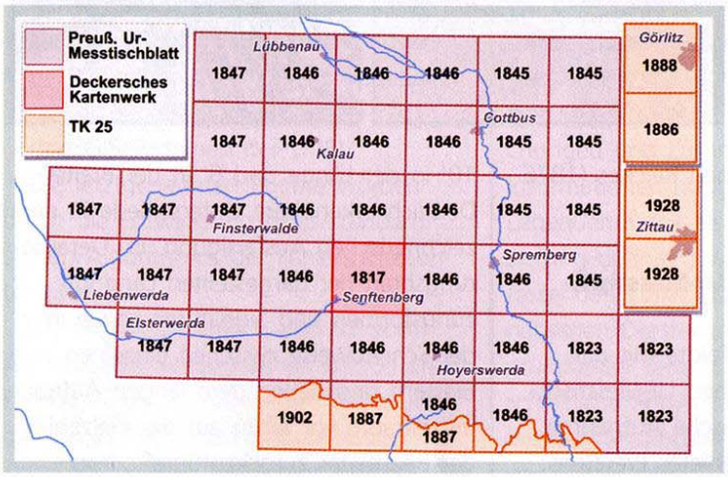

Abb. 2: Bearbeitungsgebiet Lausitz mit Kartengrundlagen

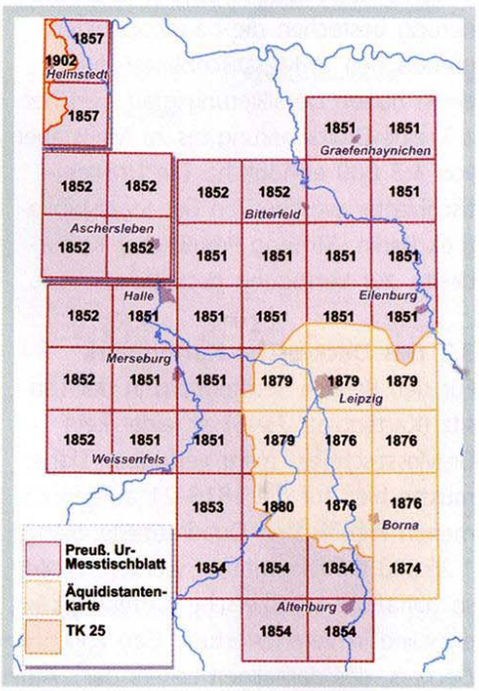

Abb. 3: Bearbeitungsgebiet Mitteldeutschland mit Kartengrundlagen

Bei den verwendeten Informationsgrundlagen handelt es sich im Wesentlichen um analoge historische Karten im Maßstab 1:25 000. Da das Bearbeitungsgebiet Mitte des 19. Jahrhunderts politisch in die Königreiche Preußen und Sachsen mit unterschiedlichen kartographischen Systemen aufgeteilt war, mussten verschiedene Kartengrundlagen (Abb. 4) herangezogen werden. Dies waren die Preußischen Quadratmeilenblätter, auch bekannt als Deckersches Kartenwerk (Aufnahme 1816–21), die Preußischen Ur-Messtischblätter (1822–1872), die Sächsischen Äquidistanzenkarten (1870–1890) und die Topographi-

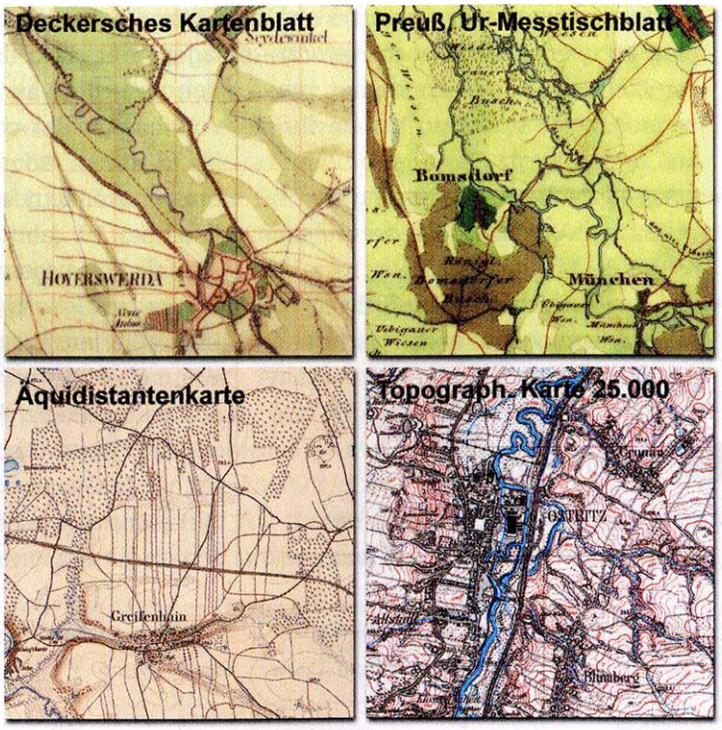

Abb. 4: Ausschnitte aus vier Kartenblättern

sche Karte des Deutschen Reiches (1876–1921).

3.1 Die Preußischen Ur-Messtischblätter

Von 1822 bis 1872 erfolgte mit der Erstellung der Preußischen Ur-Messtischblätter eine topographische Aufnahme des gesamten Staatsgebietes Preußens. Grundlage bildeten die im Vergleich zu früheren Kartenwerken erfolgte Umstellung der kartesischen auf die geographischen Koordinaten und die dadurch ermöglichte Einführung eines neuen Kartennetzentwurfes sowie die weitere Vereinheitlichung der Vermessungsverfahren und Arbeitsmethoden. Der neue Kartennetzentwurf, die „Preußische Polyeder-Projektion" wählte die Grad-Abteilung als neue kartographische Projektionseinheit. Das 1-Grad-Feld wurde für den herzustellenden Maßstab 1:25 000 in 60 Aufnahme-Sektionen (10 Zeilen, Bande I–X, 6 Spalten, Blatt 1–6) gegliedert. Diese Aufnahmesektionen bezeichnen die einzelnen Messtischblätter (*Krüger* und *Schnadt*, 2000).

Insgesamt entstanden bis 1876 fast 2 900 Kartenblätter, von denen hier 81 verwendet wurden. Das Aufnahmegebiet für ein Messtischblatt hat die Größe von 10′ in der Länge und 6′ in der Breite. Deutlich erkennbare Unterschiede in der zeichnerischen Ausfertigung, im Detaillierungsgrad der dargestellten Landnutzungsformen und Signaturen sowie in der Schreibweise zwischen einzelnen Blättern sind neben dem langen Aufnahmezeitraum vor allem auf die Vielzahl der Bearbeiter zurückzuführen. Trotz dieser Unterschiede in Layout und Kolorierung bestechen die handkolorierten preußischen Ur-Messtischblätter durch einen hohen Detaillierungsgrad, welcher z. T. eine Digitalisierung bis zu Maßstäben von 1:3 000 ermöglicht. Die Ur-Messtischblätter wurden von der Staatsbibliothek Berlin, Stiftung Preußischer Kulturbesitz, zur Verfügung gestellt.

3.2 Das Deckersche Kartenwerk

Für den Bereich Senftenberg in der Lausitz (Kartenblatt 2545) ist leider kein Ur-Messtischblatt mehr verfügbar. Daher musste hier auf die 1816–21 aufgenommenen Preußischen Quadratmeilenblätter 1:25 000 zurückgegriffen werden. Dieses so genannte „Deckersche Kartenwerk" entstand in Verantwortung Carl *von Deckers*, des damaligen Leiters der „Aufnahme- und Zeichenbureaus" in der Aufnahmeabteilung des Preußischen Generalstabs unter der Führung von General *von Müffling*. In dieser Zeit wurden insgesamt ca. 170 000 km² in den östlichen Teilen Preußens aufgenommen (*Krüger* und *Schnadt*, 2000). Eine gleich bleibende Qualität und Einheitlichkeit des Kartenwerks konnte aber nicht erreicht werden.

3.3 Die sächsische Äquidistantenkarte

Sowohl in Mitteldeutschland als auch in der Lausitz lagen große Teile des Bearbeitungsgebietes Mitte des 19. Jahrhunderts auf dem Territorium des Königreiches Sachsen. In Sachsen gibt es bereits seit über 200 Jahren mittelmaßstäbige topographische Karten, die eine für den Zweck historischer Landschaftsanalysen ausreichende Genauigkeit bieten. So entstanden zunächst ab 1780 die sächsischen Meilenblätter, und, als deren Weiterentwicklung, ab 1872 unter Leitung von Oberst *Vollborn* die Äquidistantenkarten des Königreichs Sachsen im Maßstab 1:25 000. (*Walz*, 2002). Für die Erfassung des Lausitzer Reviers wurde die Äquidistantenkarte zunächst nicht verwendet, da sie damals noch nicht in gescannter Form vorlag und die LMBV über bereits georeferenzierte Messtischblätter bzw. TK25 des Deutschen Reiches von Anfang des 20. Jahrhunderts verfügte. Für die Vektorisierung des sächsischen Teils des Mitteldeutschen Reviers hingegen wurden 16 Blätter der Äquidistantenkarte als Grundlage verwendet.

3.4 Die TK25 des Deutschen Reiches

Als vierte Quelle zur Darstellung der vorbergbaulichen Situation wurde die Topographische Karte des Deutschen Reiches im Maßstab 1:25 000 verwendet. Unter der Führung Preußens wurden in den Jahren 1877 bis 1915 durch die Preußische Landesaufnahme die Erstausgaben der Topographischen Karte 1:25 000 aufgenommen und einheitliche Karten für die einzelnen Staaten des Deutschen Reiches hergestellt. Die Messtischblätter für das Bearbeitungsgebiet wurden ab 1877 erarbeitet. Diese Landesaufnahme ist der Ursprung der heutigen Topographischen Karte 1:25 000.

3.5 Grundlagen der Georeferenzierung

Grundlage der Georeferenzierung bildeten TK25 aus der Mitte des 20. Jahrhunderts sowie die aktuellen TK25 und TK10, soweit in diesen genügend in der historischen Topographie enthaltene Referenzierungspunkte identifiziert werden konnten, was aufgrund der Überformung der Landschaft durch den Tagebaubetrieb nicht überall gegeben war.

4 Herangehensweise, Technische Umsetzung

Der gesamt Arbeitsablauf ist in Abb.5 schematisch dargestellt

4.1 Vorbereitung

Angesichts der komplexen Aufgabenstellung wurde nach der Sichtung der Grundlagenkarten und vor der Aufnahme der Digitalisierungsarbeiten eine spezifische Methodik entwickelt und in einem Prozessmodell als Grundlage eines Qualitätssicherungsplans dokumentiert. Die Vektorisierung erfolgte gemäß der Richtlinien des „Leitfadens zur Datenqualität für Planungsbüros und Behörden" (*Runder Tisch GIS e.V.*, 2005). Der Bearbeitungsraum wurde in 31 Teilgebiete (Workspaces) aufgeteilt, was besondere Ansprüche an die Qualitätssicherung stellte. Die Schwerpunkte lagen dabei u. a. auf

- der Einhaltung des vorgegebenen Zeitrahmens und Budgets,
- einer hohen, dem Bearbeitungsmaßstab von 1:25 000 entsprechenden Lagegenauigkeit der georeferenzierten Kartengrundlagen unter Berücksichtigung sowohl technischer als auch inhaltlicher Aspekte,
- einer standardisierten Erfassung der Nutzungsarten unter Berücksichtigung der Heterogenität der historischen Kartenblätter,
- der Randanpassung, d. h. der inhaltlich und technisch stimmigen Nutzungsartenerfassung über die Blattschnittgrenzen hinweg,
- der Sicherstellung eines klaffungs- und überlappungsfreien Kartenwerks und damit der Erzielung einer plausiblen GIS-technischen Flächenbilanz sowie
- der Gewährleistung der Kompatibilität der erzeugten Daten mit den CAD- und GIS-Systemen der LMBV.

Abb. 5: Ablaufschema

Die letztgenannten Punkte wurden durch die Entwicklung eines standardisierten Algorithmus der Fehlersuche unterstützt.

Die digitalen Daten waren im vom Auftraggeber vorgegebenen MicroStation-Format (.dgn) zu übergeben. Aufgrund der weiter reichenden Möglichkeiten eines GIS wurden Georeferenzierung und Vektorisierung jedoch unter GeoMedia Professional durchgeführt, welches komplexere Möglichkeiten, z. B. der Eingabe von Sachinformationen, der Digitalisierung von Shapes und der Plausibilitätskontrolle bietet. Durch die Exportfunktion von GeoMedia nach MicroStation war eine unkomplizierte Konvertierung der so generierten GeoMedia-Warehouses in MicroStation-Dateien gewährleistet.

In Anbetracht des Detaillierungsgrades der historischen Karten und der räumlichen Ausdehnung des Bearbeitungsraumes wurde eine themenbezogene Generalisierung der aufzunehmenden Topographien vorgenommen. Entsprechend den konkreten Anforderungen der LMBV wurden die Informationen dem im GIS der LMBV verwendeten Standard zur Darstellung von Nutzungsarten angepasst. Dazu waren Reduzierungen, Vereinfachungen und Zusammenfassungen von Informationen nötig. Dies wurde in einer Legendenmatrix als Leitfaden der Vektorisierung definiert, welche sämtliche zu erfassenden Objektklassen mit ihren zeichnerischen Darstellungen in den Kartengrundlagen zeigt. Dabei wurden wissenschaftliche Erkenntnisse zur Entwicklung des Vermessungswesens, des Einsatzes von Geographischen Informationssystemen bei der Analyse von Landschaftsent-

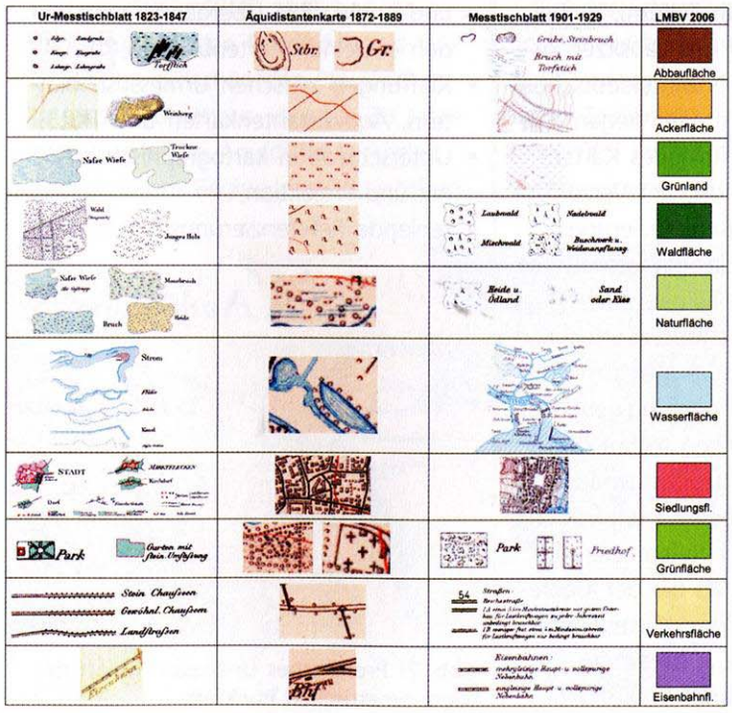

Abb. 6: Nutzungsartenmatrix

wicklungen und der Kartographie einbezogen. (z. B. *Klöffler*, 2000; *Plöger*, 2003; *Burggraaf*, 1998).

Detailliertere, über die Nutzungsarten der Legendenmatrix (Abb. 6) hinaus gehende Elemente werden in den vektorisierten Karten mittels Beschriftungen und Symbolen gekennzeichnet. Die historischen Karten enthalten zahlreiche Beschriftungen topographischer Elemente, die entsprechend der Erläuterungen zu den Musterblättern (*von Decker*, 1881/1989) anhand ihrer Typografie in sechs unterschiedlichen Kategorien (z. B. Ortsnamen, Straßen- oder Gewässerbezeichnungen) mit jeweils ein bis vier Klassen entsprechend ihrer Größe und Bedeutung erfasst wurden. Neben Beschriftungen enthalten die historischen Karten auch zahlreiche Detailinformationen, insbesondere zu Gebäudetypen, wie Fabriken, Mühlen usw., in Form von Symbolen. Ausgewählte Symbole, z. T. generalisierend zusammengefasst, wurden in einer Symbolbibliothek angelegt und als Zusatzinformation in die Vektorgrafiken eingefügt.

4.2 Georeferenzierung

Die Georeferenzierung erfolgte entsprechend der Vorgaben des Auftraggebers im Koordinatensystem Gauß-Krüger (Besselellipsoid, Potsdam Datum), wobei sämtliche Kartenblätter des Lausitzer Reviers im 5. und jene des Mitteldeutschen Reviers im 4. Meridianstreifen liegen. Die Referenzierung wurde für jedes Kartenblatt einzeln durchgeführt, um Verzerrungen in Bezug auf die Referenzierungsgrundlagen innerhalb der Blattschnitte so gering wie möglich zu halten. Zuvor durchgeführte Tests mit mosaikierten Kartenblättern ergaben im Vergleich mit dieser Methode deutlich unbefriedigendere Ergebnisse. Den damaligen technischen Möglichkeiten geschuldete Ungenauigkeiten in den historischen Kartenwerken ließen sich im Zuge der Referenzierung schlechter ausgleichen als bei der Georeferenzierung der einzelnen Kartenblätter. Trotz dadurch teilweise auftretender Klaffungen und Überlagerungen zwischen den einzelnen Kartenblättern erwies sich diese Methode im Rahmen der Aufgabenstellung als sinnvoller.

Die Blattschnittgrenzen der historischen Karten entsprechen zwar denen der heutigen TK25, doch erwies sich eine Referenzierung anhand der Eckpunkte der Blattschnitte als inhaltlich nicht stimmig. Somit musste anhand ausgewählter, eindeutig in historischen wie aktuellen Karten definierbarer Punkte georeferenziert werden. Pro Blatt wurden zwischen 15 und 35 Referenzierungspunkte gewählt. Neben markanten Punkten, wie Brücken oder Straßenkreuzungen, wurden dabei bevorzugt diejenigen Punkte, wie Kirchtürme und Denkmale usw. gewählt, die auf den historischen Karten als trigonometrische ausgewiesen sind (Abb. 7). Als problematisch stellten sich hier natürlich die bergbaulich überformten Bereiche dar, wo keine den historischen vergleichbaren Strukturen mehr existieren. Hier wurde, soweit möglich, auf frühere TK25 zurückgegriffen.

Aufgrund dieser Tatsachen sowie der Heterogenität der Kartengrundlagen traten bei der Georeferenzierung z. T. Unstimmigkeiten auf, die sich wie folgt zusammenfassen lassen:

- teilweise Überlappungen, Klaffungen und unplausible Übergänge zwischen den einzelnen Kartenblättern,
- Klaffungen zwischen Urmesstischblättern, Äquidistantenkarten und TK25,
- Unterschiede in kartographischer Technik und Projektion,
- fehlende Referenzierungspunkte auf den aktuellen TK25 und TK10 in bergbaulich überformten Bereichen.

Abb. 7: Preußisches Ur-Messtischblatt mit trigonometrischen Punkten

Während weitestgehend eine für den vereinbarten Ausgabemaßstab von 1:25 000 ausreichende Lagegenauigkeit von max. ± 25 m erzielt werden konnte, führten diese Tatbestände in einigen Bereichen zu Genauigkeitsproblemen bei der Georeferenzierung. So waren z. B. zwei – nicht in bergbaulich überformten Gebieten gelegene – Ortslagen in den preußischen Ur-Messtischblättern nachweislich etwa 200 m abweichend von ihrer tatsächlichen Lage verortet. Grundsätzlich wurde bei großen Differenzen, die eindeutig auf Unstimmigkeiten in den historischen Kartenwerken beruhen, nach der Maxime verfahren, die Inhalte der historischen Karten in sich stimmig zu vektorisieren, d. h. die Strukturen so zu erfassen, wie sie sich nach der Georeferenzierung darstellen. Entsprechende Verschiebungen im Vergleich zu den heutigen Kartenwerken mussten dabei in Kauf genommen werden, da eine nur punktuelle Anpassung der vektorisierten Flächen an Lagepunkte in den heutigen Kartenwerken letztendlich zu insgesamt noch größeren Abweichungen geführt hätte.

4.3 Vektorisierung

Zur Vektorisierung standen mehrere Techniken zur Diskussion: Die bereits bei vergleichbaren Aufgabenstellungen angewandte so genannte rückwärtige Editierung auf Basis aktueller digitaler Flächennutzungsdaten (vgl. *Witschas*, 2000) sowie die reine On-Screen-Digitalisierung allein auf Basis der georeferenzierten historischen Daten. Angesichts von Aufgabenstellung und Budget wäre für eine rückwärtige Editierung lediglich die CIR-Biotopkartierung der neuen Bundesländer auf Basis von Orthophotos von 1992/93 in Frage gekommen. Eine rückwärtige Editierung dieser Daten erwies sich jedoch aus verschiedenen Gründen als nicht praktikabel:

- Angesichts des sehr großen Zeitunterschieds von z. T. über 150 Jahren sind nur noch wenige Topographien in ihrer

ursprünglichen Form erhalten, d. h. der Editierungsaufwand wäre, abgesehen von Teilbereichen, wie historischen Ortskernen oder einigen Verkehrswegen, extrem hoch gewesen. Zudem wäre die rückwärtige Editierung der vom Bergbau seit Mitte des 19. Jahrhunderts z. T. mehrfach komplett überformter Landstriche einer völligen Neuerfassung gleich gekommen, da durch die Tagebaue und die Industrialisierung ihres Umfeldes in diesen Bereichen sämtliche historischen Topographien verschwunden sind.

- Die CIS-Kartierungsdaten stellen zwar ein sehr komplexes vektorielles Kartenwerk dar, doch konzentriert sich dies weitgehend auf den ursprünglichen Zweck der Biotopkartierung. Andere Topographien, wie z.B. Siedlungsflächen, sind teilweise deutlich generalisierter als den notwendigen Standards der Vektorisierung der vorbergbaulichen Nutzung erfasst. Zudem sind Elemente wie z.B. Verkehrswege heterogen als Flächen- und Linienelemente erfasst.

Zwar liegen zusätzlich mit in den letzten Jahren im Auftrag der LMBV erarbeiteten Nutzungskonzepten für ihre Bergbaufolgelandschaften Vektordaten der künftigen Nutzung nach Wiedernutzbarmachung für ausgewählte Bereiche vor, doch beziehen sich diese weitestgehend auf durch die Tagebaue komplett überformte Bereiche und können aus den genannten Gründen daher ebenfalls keine Grundlage für die Erfassung der vorbergbaulichen Nutzung darstellen. Diese Daten dienten damit lediglich z. T. als Orientierungshilfe bei Georeferenzierung und Vektorisierung.

Auch eine automatisierte Digitalisierung der historischen Karten erwies sich, angesichts des stark von Blatt zu Blatt differierenden Duktus, als nur schwer realisierbar und mit hohem Korrekturaufwand verbunden. Deshalb wurde als Methode die manuelle On-Screen-Digitalisierung auf Grundlage der georeferenzierten historischen Karten gewählt.

Im ersten Schritt wurden hierbei linienförmige Objekte, wie Straßen und Fließgewässer, als Linienelemente digitalisiert. Aus diesen wurden durch Pufferbildung um die Linienobjekte flächige Elemente gebildet. Die Kriteriengrundlage für die gewählte Breite der Puffer – und somit die festgesetzte Breite der Objekte – bildeten eine gutachterliche Aussage zu historischen Straßenbreiten sowie Stichproben der Objekte der jeweiligen Fließgewässer. Aufgrund ihrer Kleinteiligkeit und der zahlreichen Berührungspunkte mit aus Linienobjekten generierten Flächen wurden als nächstes innerörtliche flächige Strukturen (vor allem Siedlungs- und Grünflächen) aufgenommen. Erst im Anschluss daran wurden innerhalb des so entstandenen Gerüstes aus Verkehrswegen, Fließgewässern und Siedlungsflächen die übrigen Flächen digitalisiert.

In der Digitalisierungspraxis waren die bereits erwähnten Unterschiede zwischen den verschiedenen Kartengrundlagen zu beachten:

- Die verwendeten Kartenwerke weisen deutliche Unterschiede sowohl untereinander als auch zwischen einzelnen Kartenblättern auf.
- Die Landnutzung hat sich insbesondere aufgrund der fortschreitenden Industrialisierung in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts rapide verändert.
- Die aus den größten zeitlichen Abständen resultierenden Differenzen, d. h. diejenigen zwischen den Preußischen Ur-Messtischblättern, den ca. 30 Jahre später erstellten Äquidistantenkarten und den vom Beginn des 20. Jahrhunderts stammenden TK25 der Oberlausitz bzw. des Herzogtums Braunschweig, werden noch verstärkt durch unterschiedliche Siedlungsstrukturen in diesen Bereichen wie z. B. die in Teilen Sachsens früher begonnene Industrialisierung.

5 Ergebnisse

Insgesamt wurden sechs Blätter des Deckerschen Kartenwerks, 81 Urmesstischblätter, 16 sächsische Äquidistantenkarten und 17 TK25 von Anfang des 19. Jahrhunderts georeferenziert. Damit ist der gesamte Untersuchungsraum mit georeferenzierten historischen Karten abgedeckt. Zusätzlich wurden noch weitere in analoger bzw. gescannter Kartenform übergebene Datengrundlagen, wie z. B. die historischen Verwaltungsgrenzen, georeferenziert. Im Zuge der Vektorisierung wurden innerhalb des Bearbeitungsgebietes von über 11 500 km² insgesamt über 130 000 Einzelflächen samt Sachdaten zu Nutzungsart und Flächengröße sowie gegebenenfalls Funktions- und topographische Bezeichnungen erfasst. Die GIS-technische Flächendifferenz zwischen der Gesamtfläche des Bearbeitungsgebiets und der Summe der Teilflächen liegt dabei unter einem Quadratmeter.

Ziel der Erfassung war die Dokumentation der vorbergbaulichen Flächennutzung von aus der Bergaufsicht zu entlassenen Teilflächen. Diese wurde für das Jahr 2005 mittels einer thematischen Verschneidung mit den Umringen der in

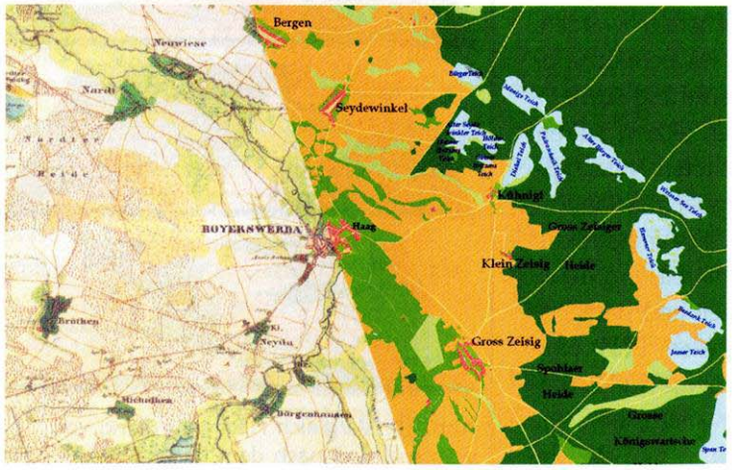

Abb. 8: Historische Kartengrundlage und vektorisierte Flächen

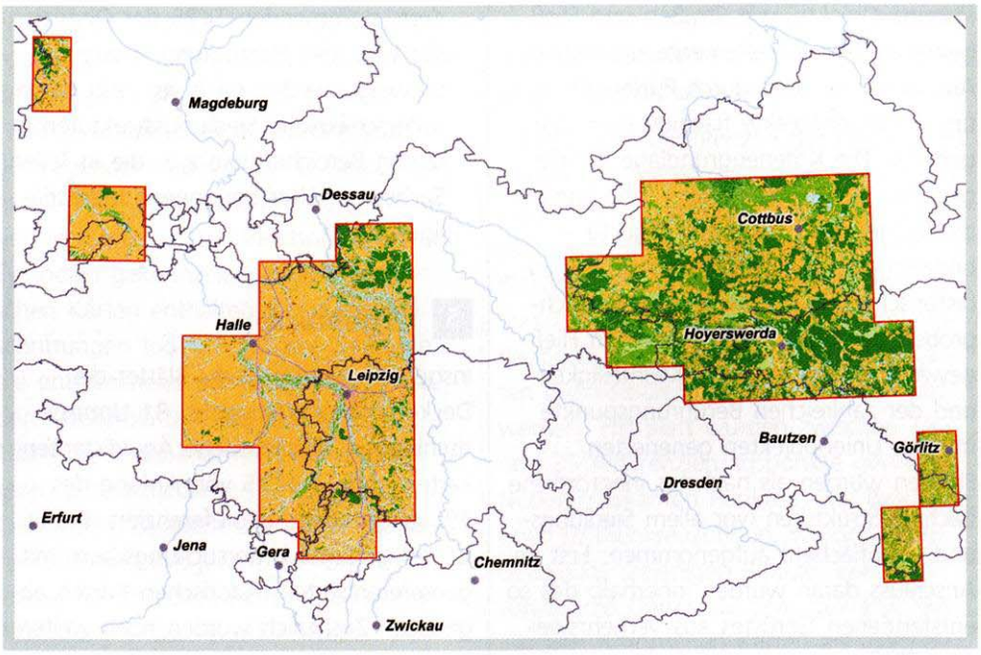

Abb. 9: Bearbeitungsgebiet mit historischer Nutzung und Verwaltungsgrenzen

diesem Jahr zur Entlassung vorgesehenen Arealen erstellt. Die erfassten Flächendaten werden mit fortschreitender Sanierung, Wiedernutzbarmachung und Verwertung sukzessive in den nächsten Jahren in die Dokumentationen zur Entlassung aus der Bergaufsicht einfließen (Abb. 9).

Aus den Daten der historischen Flächennutzung lassen sich durch Vergleiche mit anderen Zeiträumen bis hin zur Gegenwart Rückschlüsse beispielsweise auf die Entwicklung der Siedlungsdichte und -struktur ziehen. Ähnliches gilt für die Entwicklung der Verkehrsinfrastruktur oder den Verlauf von Fließgewässern, die im Zuge der bergbaulichen Inanspruchnahme verlegt werden mussten. Für einen ausgewählten Teilbereich wurden zudem beispielhaft die Flächennutzung vor dem Beginn der Sanierung sowie, auf der Basis von in den letzten Jahren durch die LMBV erarbeiteten Nutzungskonzepten für ihre Bergbaufolgelandschaften, die geplante Nutzungsstruktur nach der Sanierung ermittelt, um den Landschaftswandel visuell und nach Flächenbilanzen darzustellen. Dazu wurden die Tagebaufelder Seese südöstlich des Spreewaldes ausgewählt (Abb. 10).

Des Weiteren wurden, neben der Gesamtfläche des Bearbeitungsgebietes, durch thematische Verschneidungen und Flächenbilanzen erstellt für

- einzelne Blätter der Digitalen Topographischen Karte DTK50,
- den Grundwasserabsenkungsbereich in Verantwortung der LMBV,
- historische und heutige Verwaltungseinheiten (Landkreise, Provinzen).

Die Nutzungsmöglichkeiten der Daten gehen jedoch über diesen originären Zweck hinaus: Sie reichen von der Erzeugung und Ausgabe von Karten in Maßstabsbereichen zwischen 1:5 000 bis 1:250 000, über die Erstellung von Flächenbilanzen für unterschiedlichste Räume bzw. innerhalb von politischen, administrativen oder anderen Grenzen der Vergangenheit und Gegenwart, bis hin zur Auswertung der Entwicklung bedeutsamer Strukturen der Topographie, der Verkehrsinfrastruktur und des Siedlungsgefüges.

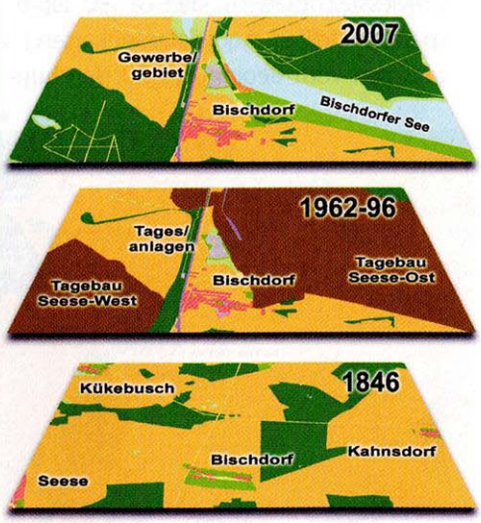

Abb. 10: Vergleich Flächennutzung vor, während und nach dem Bergbau

Die generierten Daten wurden in das EDV-System der LMBV eingespielt und stehen sowohl als MicroStation-Dateien als auch als GeoMedia-Warehouses zu weiteren Auswertungen oder zur Aufbereitung, z. B. für Charts und Dokumentationen, zur Verfügung. Gleiches gilt für die georeferenzierten historischen Karten, welche als GeoTiffs für vielfältige Zwecke genutzt werden können. Die Vektordaten eignen sich uneingeschränkt für die Verwendung für Verschneidungen mit anderen thematischen raumbezogenen Daten und für GIS-gestützte Analysen. Derartige Analysen basieren vornehmlich auf den aus den Geodaten ermittelten Bilanzen der historischen Flächennutzung. Diese stellen ein weiteres wichtiges Ergebnis des Projektes dar.

Über einen LMBV-internen GIS-Viewer hat zudem jeder Mitarbeiter Lesezugriff auf die eingespielten Daten und kann z. B. durch den so ermöglichten On-the-Fly-Abgleich mit aktuellen Daten wie Sanierungsobjekten, Verkaufslosen oder Flutungsszenarien zusätzliche Informationen generieren.

Das Projekt stellt einen ersten Baustein zur Dokumentation, Analyse und Bewertung des Landschaftswandels in der Lausitz und Mitteldeutschland zwischen Mitte des 19. und Anfang des 21. Jahrhunderts dar, der durch den seit über 150 Jahren umgehenden industriellen Braunkohlenbergbau verursacht wurde. Weitere Bausteine werden die Erfassung der Flächenutzung vor Beginn der bergbaulichen Sanierung und nach der Wiedernutzbarmachung der durch den Bergbau beanspruchten Flächen sein.

Literatur

Burggraaff, P. (1998): Die preußische Uraufnahme im Rheinland und ihre Bedeutung für die Kulturlandschaftsforschung, In: Heimatjahrbuch Landkreis Daun, 1998, S.196-201.

von Decker, C. (1816): Das militairische Aufnehmen oder vollständiger Unterricht in der Kunst, Gegenden sowohl regelmäßig als nach dem Augenmaaße aufzunehmen". Berlin 1816

von Decker, C. (1989): Erläuterungen zu den Musterblättern für die topographischen Arbeiten des Königlich Preußischen Generalstabes: Nebst drei Musterblättern und einem Schriftmesser. Nachdruck des Landesvermessungsamtes Nordrhein-Westfalen, Bonn, 1989 (2.Auflage)

Klöffler, M. (2000): Vermessungswesen in der Ausbildung und Praxis der preußischen Offiziere im frühen 19. Jahrhundert, In: *Brohl, E.* (Hrsg.): Militärische Bedrohung und bauliche Reaktionen – Festschrift für Volker Schmidtchen, Deutsche Gesellschaft für Festungsforschung e.V., Marburg 2000;

Krüger, G.; Schnadt, J. (2000): Die Entwicklung der geodätischen Grundlagen für die Kartographie und die Kartenwerke 1810-1945. In: Staatsbibliothek zu Berlin – Preußischer Kulturbesitz (Hrsg.): Berlin-Brandenburg im Kartenbild, Berlin 2000, S.113–136.

Plöger, R. (2003): Inventarisierung der Kulturlandschaft mit Hilfe von Geographischen Informationssystemen (GIS). Methodischen Untersuchungen für historisch-geographische Forschungsaufgaben und für ein Kulturlandschaftskataster. Inaugural-Dissertation, Bonn 2003.

Runder Tisch GIS e.V. (2005): Geoinformationssysteme – Leitfaden zur Datenqualität für Planungsbüros und Behörden. München 2005

Walz, U. (2002): Historische Kartenwerke in Sachsen als Grundlage für Untersuchungen zur Landschaftsentwicklung, In: Nemec, J. (Hrsg.), Krajina 2002 od poznání k integraci. Ústí nad Labem 2002, S. 113–118.

Witschas, S. (2000): Erinnerungen an die Zukunft – sächsische historische Kartenwerke zeigen den Landschaftswandel, In: Kartographische Nachrichten 3/2000

Anschriften der Verfasser: Hans-Hermann *Baumbach,* Leiter Markscheiderei, Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH (LMBV), Knappenstr. 1, D-01968 Senftenberg; E-Mail: hans-hermann.baumbach@lmbv.de; Internet: www.lmbv.de ■ Andreas *Kadler,* Managing Consultant Immobilienmanagement; Michael *Fischer,* Consultant, Thales Deutschland, Unter den Linden 21, 10117 Berlin, E-Mail: andreas.kadler@thalesgroup.com; michael.fischer@thalesgroup.com; Internet: www.thalesgroup.com/germany