

Georeferenzierung und Mosaikerstellung historischer Kartenwerke – Grundlage für digitale Zeitreihen zur Landschaftsanalyse

ULRICH WALZ & ALEXANDER BERGER, Dresden

Keywords: cartography, mapping land use change, environment protection, historic maps of Saxonia

Zusammenfassung: Im Rahmen von Forschungsarbeiten im Institut für ökologische Raumentwicklung e.V. in Dresden, die sich mit dem Thema Landschaftswandel und dessen Auswirkungen auf die Umwelt befassen, sind für ein Untersuchungsgebiet in Sachsen digitale Zeitreihen der Flächennutzung aus historischen Kartenwerken von 1780 bis heute erstellt worden. Im Vordergrund des Beitrages stehen eine vergleichende Untersuchung unterschiedlicher Referenzierungsverfahren der historischen Karten sowie Lösungen methodisch-technischer Probleme der Georeferenzierung.

Summary: *Georeferencing and mosaicing of historical maps – Basis for digital time series for landscape analysis.* The background of this publication are research studies in the Institute of Ecological and Regional Development in Dresden to the theme of land use change and its effects to the environment. For this purposes digital time series of the land utilization were prepared for study areas in Saxony from historical maps since 1780 up to today. In the focus of this publication are a comparative study of different georeferencing methods and the solution of methodically – technical problems of georeferencing maps.

1 Zielstellung

Für die Aufbereitung und Auswertung von raumbezogenen Umweltinformationen und deren Integration in Planungsinstrumente sind die Werkzeuge von Geographischen Informationssystemen (GIS) Voraussetzung. Sie ermöglichen die komplexe Verarbeitung, Analyse und Präsentation einer Vielzahl von unterschiedlichen räumlich-thematischen Informationen. Mit Hilfe von GIS ist es insbesondere möglich, statistische und strukturelle Aussagen zur Entwicklung der freiraumbezogenen Flächennutzung auf effiziente Weise zu gewinnen. Die Entwicklung eines GIS-gestützten Landschaftsmonitorings schließlich ermöglicht es, langfristige Trends in der Entwicklung der Flächennutzung und ihrer umweltrelevanten Auswirkungen zu erkennen.

Für die Analyse der Entwicklung der Flächennutzung in einer Landschaft sind topographische Karten ein wichtiges Dokument, da sie systematisch, flächendeckend und über längere Zeiträume immer wieder erhoben wurden. Historische Kartenwerke sind daher die Grundlage für die Auswertung von quantitativen Entwicklungsverläufen und objektgenauen und lagegetreuen Aussagen zum Landschaftswandel.

Im Rahmen eines von der Europäischen Union geförderten Projektes zum Aufbau eines grenzüberschreitenden Nationalpark-Informationssystems (CSAPLOVICS & WALZ 2001) für die Sächsisch Böhmisches Schweiz wurde u.a. der Frage nachgegangen, welche historische Karten sich für eine Auswertung zum Landschaftswandel eignen und wie sie sich in ein solches digitales Informationssystem einbinden lassen. In diesem Beitrag soll

insbesondere über die Methodik und die Ergebnisse der Georeferenzierung berichtet werden.

2 Kartengrundlagen

Von den im Untersuchungsgebiet verwendeten Kartengrundlagen sollen hier nur die Sächsischen Meilenblätter sowie die Äquidistantenkarte kurz vorgestellt werden, da im Folgenden insbesondere auf diese beiden Kartenwerke eingegangen wird. Übersichten über weitere in Sachsen vorhandene historische Kartenwerke und Kartierzeiträume gibt beispielsweise WITSCHAS (2002).

Die **Sächsischen Meilenblätter** entstanden gegen Ende des 18. Jh. (1780 bis 1826) im damaligen Kurfürstentum Sachsen als topographisches Landeskartenwerk, insbesondere für militärische Verwendungszwecke, aber auch für die Verwaltung (Straßen-, Wasser- und Bergbauwesen) (STAMS & STAMS 1981). Die Karten mit einem relativ groß gewählten Aufnahmemaßstab von 1:12.000 zeigen neben den Hauptnutzungsarten wie Waldungen und Wiesen eine sehr detaillierte Grundrissdarstellung mit dem vollständigen Wegenetz einschließlich Feldwegen und Fußsteigen, dem hydrographischen Netz mit Bächen und Abzugsgräben.

Im Komplex der Ortschaften wird, soweit es der Maßstab erlaubt, jedes einzelne Haus mit dazugehörigem Hofraum und Garten dargestellt. Das Relief ist durch Schraffen wiedergegeben (Abb. 1).

In den Jahren 1872 bis 1890 entstanden die **Äquidistantenkarten des Königreiches Sachsen** im Maßstab 1:25.000 auf Grund neuer Anforderungen von Wissenschaft und Technik (beispielsweise aus Sicht der Geologie) an ein topographisches Kartenwerk (BRUNNER 1996, Abb.1). Grundlage bildeten im Wesentlichen die Sächsischen Meilenblätter. Mit Hilfe gemessener Höhenpunkte wurden aus den Bergschraffen Höhenlinien (10 m-Äquidistanz) konstruiert. Dies geschah häuslich (und nicht angesichts des Geländes), was einige Mängel bei der Wiedergabe der Reliefformen bewirkte (TRETSCHKE 1921).

3 Probleme der Georeferenzierung und Lösungsansatz

Voraussetzung für die Anwendung von GIS-Methoden ist die digitale Aufbereitung der analog vorliegenden Kartenwerke durch Scannen, Georeferenzieren und Zusammenfügen der einzelnen Blätter. Üblicherweise werden Verfahren zur Georeferenzierung

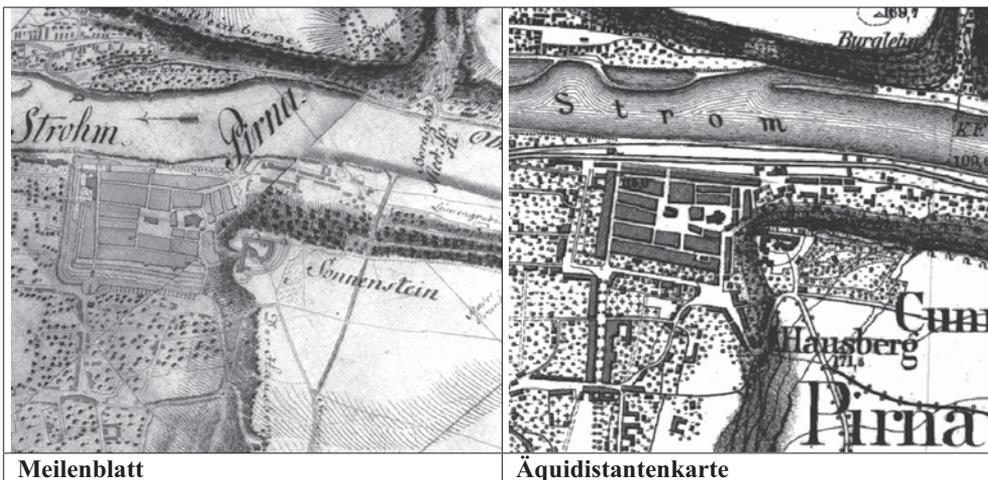


Abb. 1: Mosaik der Sächsischen Meilenblätter und der Äquidistantenkarte – Ausschnitt Pirna. (Quelle Meilenblätter und Äquidistantenkarte: Sächsische Landes- und Universitätsbibliothek (SLUB) Kartensammlung.)

von Kartenwerken angewandt, die auch in der Bildverarbeitung, insbesondere der Referenzierung von Satellitenbilddaten Verwendung finden. Dabei werden Passpunkte in einer Referenz, meist aktuellen topographischen Karten und den zu referenzierenden Daten gesetzt. Im Anschluss daran erfolgt in der Regel eine Transformation mit einem Polynom x -ter Ordnung. Diese Vorgehensweise hat jedoch für eine nachfolgende Mosaikierung und Flächennutzungskartierung entscheidende Nachteile. Zum einen minimiert sie den Gesamtfehler über alle Passpunkte. Dadurch weist jeder Passpunkt auch nach der Referenzierung einen gewissen Lagefehler auf. Zum anderen führt diese Verfahrensweise dazu, dass die Ränder der einzelnen Kartenblätter unregelmäßig (konvexkonkav) verzerrt werden. Bei der anschließenden Erstellung eines Mosaiks können diese Randverzerrungen beispielsweise zu Sprüngen in Straßenverläufen führen. Im Extremfall wird durch die schlechte „Passung“ eine Mosaikerstellung nahezu unmöglich.

Diese in vorhergehenden Arbeiten (WALZ et al. 2001, NEUMANN 2002) gesammelten Erfahrungen führten zu der Überlegung, dass zunächst eine Grobreferenzierung der Karten auf das Gitter der Blattsnitte und eine anschließende Mosaikbildung erfolgen sollte. Sind interne Verzerrungen innerhalb der Kartenbilder vorhanden, können diese nach der Durchführung der Mosaikierung durch eine Feinreferenzierung ausgeglichen werden. Dafür sollten Transformationsmethoden, die an den Passpunkten exakt sind, untersucht und mit der Polynomial-Transformation verglichen werden (s. Abschnitt 3.3). Die exakte Lage einzelner Punkte ist für die anschließende Flächennutzungskartierung von besonderer Bedeutung.

3.1 Grobreferenzierung und Mosaikerstellung

Für das gesamte Gebiet der Sächsischen Schweiz wurden zunächst für die Zeitschnitte um 1785 (Meilenblätter) und um 1880 (Äquidistantenkarte) flächendeckende Mosaike aus den einzelnen, digital vorliegenden

Kartenblättern hergestellt. Um die beschriebenen Verzerrungen an den Kartenrändern zu vermeiden, erfolgte dies in zwei Schritten: Zunächst wurde ein Gitternetz der Blattsnitte konstruiert, in das die einzelnen Kartenblätter mittels weniger Passpunkte „eingedreht“ werden konnten. Erst nach dem Zusammenfügen der Kartenblätter zu einem Mosaik wurde mit diesem die eigentliche Feinreferenzierung durchgeführt.

Im Falle der Äquidistantenkarten wurden zur Durchführung der Grobreferenzierung die geographischen Koordinaten der Eckpunkte der Karten mit Hilfe der Software ArcInfo in Gauß-Krüger-Koordinaten umgerechnet, die anschließend als Bezugspunkte für eine erste Entzerrung dienten.

Im Falle der Meilenblätter von 1780 musste eine andere Vorgehensweise entwickelt werden, da diesem Kartenwerk kein eindeutiges allgemeines Bezugssystem zu Grunde liegt und in Folge dessen auch keine Koordinaten angegeben werden. Allerdings wird innerhalb der Kartenblätter ein Gitternetz dargestellt, das zur Ableitung von Eckkoordinaten genutzt werden konnte. Die Vermessungsbasis der „Sächsischen Meilenblätter“ bildete nämlich eine Grundlinie auf der Ebenheit südwestlich von Pirna (ca. 4,2 km). Ausgehend von dieser Grundlinie wurde ein regelmäßiges (rechtwinkliges) Gitternetz mit einer Maschenweite von 1500 Ellen = 849,6 Meter aufgebaut. Das Kartenwerk ist daher nicht genordet, sondern um ca. 42° nach Westen verdreht. Dieses Gitternetz bildet die Grundlage des Blattsnittes und ist in jedem Kartenblatt eingezeichnet. Jedes Kartenblatt besteht aus 64 Quadranten dieses Netzes (Abb. 2). Zunächst wurde ein solches Gitternetz mit entsprechender Maschenweite konstruiert und anschließend eine Referenzierung der einzelnen Kartenblätter mit wenigen Passpunkten auf dieses Gitternetz durchgeführt.

Als Entzerrungsmethode für Meilenblätter und Äquidistantenkarten wurde die Transformationsart „Lineares Rubber Sheeting“ der Software ERDAS-Imagine genutzt, auf die im Folgenden noch weiter eingegangen wird. Durch dieses Verfahren, das noch nicht die endgültige Georeferenzie-

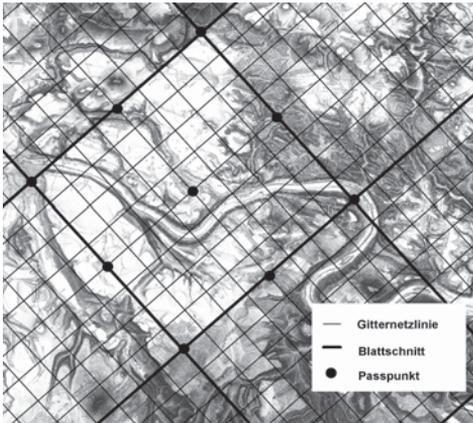


Abb. 2: Referenzierung der Meilenblätter auf ein Gitternetz zur Mosaikerstellung. (Quelle Meilenblätter: Sächsische Landes- und Universitätsbibliothek (SLUB) Kartensammlung.)

ung darstellt, wurden zum einen Verdrehungen, die während des Scanvorganges entstanden, ausgeglichen und zum anderen die Kartenränder entfernt. Die so entstandenen (grob-) referenzierten digitalen Kartenblätter konnten anschließend zu einem Mosaik der Äquidistantenkarten bzw. der Meilenblätter zusammen gefügt werden. In einem Kartenausschnitt der Meilenblätter im Bereich der Stadt Pirna, die genau auf dem Blattschnitt von vier Kartenblättern liegt, ist die im Ergebnis sehr gute Passfähigkeit der nach Nordosten ausgerichteten Blattschnitte zu erkennen (Abb. 1). In den Äquidistantenkarten treten allerdings größere Abweichungen an den Höhenlinien auf, was jedoch eher durch unterschiedliche Kartenbearbeiter und somit unterschiedlicher Genauigkeiten bei der nachträglichen Konstruktion der Höhenlinien (s.o.) begründet werden kann. Straßen- und Flussverläufe weisen dagegen keine bzw. nur sehr geringe Sprünge auf.

3.2 Feinreferenzierung des Mosaiks

Im Anschluss an die Erstellung der Mosaik erfolgte die Feinreferenzierung, bei der ein digitales Mosaik von topographischen Karten im Maßstab 1 : 25000 (TK25) als Referenzkarte für die Passpunktsuche diente.

Die Feinreferenzierung erschien notwendig, da ein Vergleich mit der Referenz starke innere Verzerrungen in beiden Mosaiken verdeutlichte. Diese beruhen vor allem auf:

- Vermessungsungenauigkeiten, insbesondere in stark reliefiertem Gelände;
- unterschiedlichen Generalisierungsgraden bzw. Maßstäben;
- unterschiedlichen Bezugssystemen.

Für das Mosaik der 10 Äquidistantenkarten wurden insgesamt 1362 Passpunkte gesetzt. Dies ergibt durchschnittlich 136 Passpunkte für eine Karte und somit für ein Gebiet von ca. 130 km². Im Mosaik der Meilenblätter, welches aus 21 Karten besteht, wurden dagegen 1283 Passpunkte gesetzt. Da allerdings bei mehreren Karten der Kartenspiegel zum Großteil leer ist (Grenzregion), verteilen sich diese Passpunkte nur auf ca. 15 Karten. Damit ergeben sich pro Karte, die jeweils eine Fläche von 46 km² abdeckt, etwa 85 Passpunkte. Als übereinstimmende Punkte konnten vor allem Straßen- und Wegekrenzungen, Kirchen sowie zum Teil Brücken und Gehöfte gefunden werden. Die sehr hohe Anzahl an Passpunkten erschien notwendig, nachdem Testentzerrungen mit geringeren Punktzahlen durchgeführt wurden. Die Zwischenergebnisse zeigten unabhängig von der verwendeten Transformationsart noch deutliche Abweichung zur Referenz. Vor allem in Kartenbereichen mit starken Reliefunterschieden traten große Lageungenauigkeiten auf (z.B. Elbbogen Rathen – Wehlen, Sebnitztal), die nur durch eine hohe Verdichtung der Passpunkte zu verbessern waren. Insgesamt wurde versucht, die Passpunkte gleichmäßig über die Fläche zu verteilen, was jedoch beim Mosaik der Meilenblätter mangels geeigneter Passpunkte nicht immer möglich war.

3.3 Analyse unterschiedlicher Referenzierungsverfahren

Der Feinreferenzierung der Kartenmosaik wurde eine Untersuchung von drei verschiedenen Transformationsmethoden vorgestellt. Dies waren zum einen eine Polynom-Transformation dritter Ordnung und

zum anderen zwei Verfahren der maschenweisen Transformation, die in der Software ERDAS-Imagine als so genanntes „Rubber Sheeting“ implementiert sind. Dabei wird zunächst eine Dreiecksvermaschung aller Passpunkte durchgeführt (Delauny-Triangulation). Im Anschluss erfolgt in jeder Dreiecksfläche wahlweise eine lineare oder eine nichtlineare Transformation. Während bei der linearen Transformation (lineares Rubber Sheeting) jede Dreiecksfläche separat affin transformiert wird (maschenweise Affintransformation), werden bei der nichtlinearen Verfahrensweise (nichtlineares Rubber Sheeting) die Passpunkte der Nachbardreiecke in eine Polynomial-Funktion fünfter Ordnung einbezogen. Sowohl bei linearem als auch beim nichtlinearen Rubber Sheeting bleibt die Lage der Passpunkte bei der Transformation erhalten.

Zur Untersuchung der Transformationsarten wurde aus dem Mosaike der Meilenblätter und der Äquidistantenkarten je ein Ausschnitt gebildet. Mit den dazugehörigen Passpunkten (Meilenblätter 613, Äquidistantenkarten 665) erfolgten dann die Entzerrungen mittels der drei genannten Transformationsmethoden. Bei der Polynomial-Transformation lag dabei der RMS-Fehler im Fall der Meilenblätter bei 45 m und im Fall der Äquidistantenkarten bei 41 m. Zur Auswertung der Ergebnisse wurden anschließend Lageabweichungen zwischen Punkten in der Referenz (TK25) und Punkten in den Mosaike gemessen (Tab. 1 und 2). Da bei den Transformationen mittels Rubber Sheeting keine Abweichungen an Passpunkten auftreten, war es notwendig Punkte zur Messung zu wählen, in deren näherer Umgebung sich keine Passpunkte befanden. Somit konnte eine Verfälschung der Messwerte vermieden werden.

Ein visueller Vergleich der Ergebnisse mit der Referenz und die Auswertung der Tabellen ergeben mehrere Erkenntnisse. Zum ersten kann festgestellt werden, dass sich in Bereichen einer nur geringen Passpunktverdichtung die Genauigkeiten innerhalb der passpunktfreien Flächen nur gering unterscheiden. Dies geht allerdings nur aus einer visuellen Beurteilung hervor, da in den grö-

Tab. 1: Lageabweichungen von Punkten im Mosaike der Meilenblätter (in Meter).

	größter Wert	kleinster Wert	Mittel	Standardabweichung
Polynomial-Transformation 3. Ordnung	68	20	41,9	14,42
Rubber Sheeting nichtlinear	69	21	38,4	17,37
Rubber Sheeting linear	40	15	24	8,12

Tab. 2: Lageabweichungen von Punkten im Mosaike der Äquidistantenkarten (in Meter).

	größter Wert	kleinster Wert	Mittel	Standardabweichung
Polynomial-Transformation 3. Ordnung	75	25	46,7	16,6
Rubber Sheeting nichtlinear	25	17	20,2	3,52
Rubber Sheeting linear	30	15	20,4	5,04

ßeren Flächen ohne Passpunkte auch nur schwer Kontrollpunkte gefunden werden konnten. Zum zweiten wird deutlich, dass die Stärken der Entzerrungsmethoden des Rubber Sheeting in Bereichen gut verdichteter und gleichmäßig verteilter Passpunkte liegen. An den Passpunkten an sich treten keine Abweichungen auf (Abb. 3), zudem sorgt die exakte Lage der Punkte auch für deutlich geringere Abweichungen in passpunktfreien Flächen, als dies bei der Polynomial-Transformation der Fall ist. Die gemessenen Abweichungen der Tab. 1 und 2 geben dies wieder. Bedingung dafür sind aber gleichmäßig verteilte Punkte. An dieser Stelle unterscheiden sich noch einmal die Ergebnisse des linearen Rubber Sheeting vom nichtlinearen Rubber Sheeting. Aufgrund

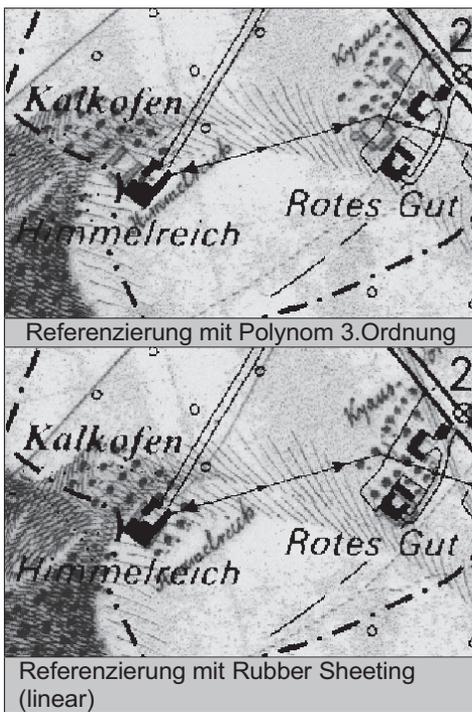


Abb. 3: Vergleich der Entzerrungsmethoden an einem Ausschnitt der Sächsischen Meilenblätter (Berliner Exemplar) – überlagert mit dem Grundriss der TK25. (Quelle Meilenblätter: Sächsische Landes- und Universitätsbibliothek (SLUB) Kartensammlung.)

der teilweise ungleichmäßigen Verteilung der Passpunkte im Meilenblättermosaik entstanden während der Transformation sehr spitzwinklige, lang gestreckte Vermaschungsdreiecke. Die Anwendung einer nichtlinearen Entzerrung innerhalb dieser Dreiecke hat dann zur Folge, dass extreme Verzerrungen in den passpunktfreien Flächen auftreten können. Diese Verzerrungen spiegeln sich insbesondere im größten Wert und im Mittelwert der gemessenen Einzeldistanzen für das nichtlineare Rubber Sheeting wider (Tab. 1) und machen das Ergebnis einer Transformation mittels dieser Methode unbrauchbar. Im Falle der Äquidistanzenkarten treten solche Effekte durch bessere Passpunktverteilung nicht auf, sodass hier nichtlineares und lineares Rubber Sheeting ähnliche Ergebnisse liefern (Tab. 2).

Als ein wichtiger Vorteil der maschenweisen Transformation wie dem Rubber Sheeting, unabhängig ob linear oder nichtlinear, hat sich die Möglichkeit erwiesen, lokal begrenzte starke räumliche Verzerrungen zu korrigieren (vgl. HELLER 2002, BREUER & ALBERTZ 2000). An solchen Stellen treten in den Ergebnissen der Polynomial-Transformation sehr große Einzelabweichungen auf (Tab. 1 bzw. Tab. 2). Hier konnte durch gezieltes Setzen von Passpunkten und einer Transformation mittels Rubber Sheeting die Genauigkeit erhöht werden. Mit der Polynomial-Transformation alleine können solche Inhomogenitäten nicht ausgeglichen werden.

4 Ergebnisse und Ausblick

Als Resultat der Untersuchungen kann festgehalten werden, dass Transformationsmethoden, die die Passpunkte unverändert lassen, wie die der maschenweisen Affintransformation, als am besten geeignet zur Georeferenzierung von historischen Kartenwerken erscheinen. Allerdings erfordern diese Verfahren eine hohe Anzahl an Passpunkten und somit einen erheblichen Arbeitsaufwand. Bezüglich der visuellen Übereinstimmung mit topographischen Elementen wie dem Gewässernetz, Straßen oder Ortschaften wurden gute Ergebnisse erzielt. Auch die rechnerischen Lagefehler von Kontrollpunkten sind deutlich besser als bei der Polynomial-Transformation. Ähnliche Ergebnisse weisen auch die Untersuchungen von HELLER (2002) auf. Treten lokale Kartenungenauigkeiten auf, wie dies gerade in historischen Karten häufig der Fall ist, so sind die Methoden der maschenweisen Transformation gut geeignet, um diese auszugleichen. Die Korrektur großer lokaler Inhomogenitäten kann allerdings zu Verzerrungen des Schriftbildes führen.

Als eine erfolgreiche Vorgehensweise zur Referenzierung und Mosaikierung hat sich eine Methode erwiesen, bei der nach einer ersten Grobreferenzierung der einzelnen Kartenblätter auf das Gitter der Blattsnitte die Karten zu einem Mosaik zusammengefügt werden und erst anschließend eine

Feinreferenzierung des Gesamtmosaiks erfolgt.

Auf der Basis der georeferenzierten historischen Karten werden derzeit digitale Vektorgeometrien der Landnutzung zu den einzelnen Zeitschnitten hergestellt. Die damit vorliegenden digitalen Zeitreihen zu Flächennutzung ermöglichen eine Reihe von Analysen, die in analoger Arbeitsweise kaum oder nicht durchführbar wären. Dazu gehören beispielsweise (vgl. NEUBERT & WALZ 2002, WALZ & SCHUMACHER 2003):

- zeitschnittbezogene Flächen- und Längenstatistiken der Nutzungsarten;
- die flächenkonkrete Ermittlung der Nutzungsänderungen über die Zeit;
- die Quantifizierung struktureller Veränderungen der Landschaft;
- die Untersuchung von Zusammenhängen zwischen Landschaftswandel und natürlichen oder anthropogenen Faktoren;
- die Überlagerung mit anderen thematischen Datenbeständen zur Visualisierung und Abfrage.

Insgesamt haben die Arbeiten zur Landschaftsentwicklung im Institut für ökologische Raumentwicklung in Dresden (IÖR) bisher gezeigt, dass es durchaus möglich ist, den Wandel der Flächennutzung über einen Zeitraum von etwa 200 Jahren mit der notwendigen Genauigkeit (flächenkonkret) nachzuvollziehen und digital aufzubereiten. Damit wird sowohl ein rascher visueller Vergleich für alle Zeitschnitte als auch die quantitative Analyse der Landnutzungsentwicklung ermöglicht.

Literatur

- BREUER, M. & ALBERTZ, J., 2000: Geometric correction of airborne whiskbroom scanner imagery using hybrid auxiliary data. – *Int. Arch. Photogr. Remote Sens.*, **XXXIII**, Amsterdam.
- BRUNNER, H., 1996: Historische Landesvermessungen in Sachsen. – *Mitt. Landesverein Sächs. Heimatschutz*, **1996** (1): 2–13, Dresden.
- CSAPLOVICS, E. & WALZ, U., 2001: Spatial Information Systems for National Park regions (NPIS) in the Central European Space (CES) – GIS-concepts for monitoring and managing national park regions. – In: MANDER, Ü., PRINTSMANN, A. & PALANG, H. (Ed.): *Development of European Landscapes*. – *Publicationes Institutis Geographici Universitatis Tartuensis*, **92**: 433–437, Tartu.
- HELLER, A., 2002: Georeferenzierung von Alpenvereinskarten mit radialen Basisfunktionen. – In: STROBL, J., BLASCHKE, T. & GRIESEBNER, G. (Hrsg.): *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung*, **XIV**: 162–171, Heidelberg.
- NEUBERT, M. & WALZ, U., 2002: Auswertung historischer Kartenwerke für ein Landschaftsmonitoring. – In: STROBL, J., BLASCHKE, T. & GRIESEBNER, G. (Hrsg.): *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung*, **XIV**: 397–402, Heidelberg.
- NEUMANN, K., 2002: GIS-basierte Aufnahme und Analyse der Flächennutzungsentwicklung der Stadtregion Dresden von 1880 bis 1998. – 98 S. + Anlagen, Diplomarbeit, TU Dresden.
- STAMS, M. & STAMS, W., 1981: Die Große Topographische Landesaufnahme in Sachsen von 1780 bis 1811 und ihre Folgekarten. – *Sächs. Heimatblätter*, **27** (5): 197–212, Dresden.
- WALZ, U., NEUBERT, M., SCHUMACHER, U., WITSCHAS, S. & LANGE, A., 2001: Ableitung naturschutzfachlicher relevanter Flächeninformationen aus historischen Kartenwerken. Endbericht zur F&E-Studie. – 79 S., Dresden (unveröff.).
- WALZ, U. & SCHUMACHER, U., 2003: Flächennutzungsinformationen aus historischen Kartenwerken für die Freiraumentwicklung in Sachsen. – In: WOLLKOPF, H.F. (Hrsg.): *Historische Landnutzung im thüringisch-sächsisch-anhaltischen Raum*; Frankfurt a.M. (im Druck).
- WITSCHAS, S., 2002: Erinnerung an die Zukunft – sächsische historische Kartenwerke zeigen den Landschaftswandel. – *Kartographische Nachrichten*, **52** (3): 111–117, Bonn-Bad Godesberg.

Anschrift der Verfasser:

Dr. rer.nat. ULRICH WALZ
Institut für ökologische Raumentwicklung e.V.,
Weberplatz 1, D-01217 Dresden
Tel.: 0351-4679-234, Fax: 0351-4679-212
e-mail: u.walz@ioer.de

ALEXANDER BERGER
Technische Universität Dresden
Institut für Kartographie
e-mail: berger.alex@gmx.de

Manuskript eingereicht: Januar 2003
Angenommen: März 2003