'Photogrammetric Week '97' D. Fritsch & D. Hobbie, Eds., Wichmann Verlag, Heidelberg, 1997.

Orthobilder in der ATKIS-Fortführung

RÜDIGER AMENT, Stuttgart

ZUSAMMENFASSUNG

Innerhalb des Vorhabens ATKIS hat das Landesvermessungsamt Baden-Württemberg Ende Mai 1997 die Erfassungsarbeiten für die 1. Realisierungsstufe des Digitalen Landschaftsmodells, des DLM 25/1, zum Abschluß gebracht. Für den Aufbau des DLM 25/1 hat das Halbtonbild des analog hergestellten Orthophotos die wichtigste Informationsquelle gebildet. Seit 1994 wird das Orthophoto ersetzt durch das Orthobild, das in digitaler Form als Grauwertmatrix und in alnaloger Form als Rasterbild zur Verfügung steht. Schon seit längerer Zeit werden Überlegungen angestellt über Methoden der DLM-Datenaktualisierung (Fortführung) und über die Einrichtung der 2. Realisierungsstufe des DLM. Es ist heute noch nicht abzusehen, ob bei der Übernahme der Informationen aus dem Orthobild das hybride Verfahren der Bildschirmdigitalisierung das bislang praktizierte manuelle Digitalisieren ablösen wird.

1. EINFÜHRUNG - DAS VERFAHREN ATKIS

Die in der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltung (AdV) organisierten Landesvermessungsämter, das Institut für Angewandte Geodäsie (IfAG) und die mit Vermessungsaufgaben betrauten Bundesbehörden haben in den Jahren 1985-1989 das Amtliche Topographisch-Kartographische Informationssystem (ATKIS) als bundeseinheitliche Verfahrenslösung entwickelt. Aufgabe der Verfahrenslösung ATKIS ist es, die in analogen topographischen Landeskartenwerken festgehaltenen Ergebnisse der topographischen Landesaufnahme in eine digitale Form zu überführen, um sie als Raumbezugsbasis der Datenverarbeitung bei anderen Stellen, z. B. zur Verknüpfung mit raumbezogenen Fachdaten, zugänglich zu machen.
Entsprechend der ATKIS-Gesamtdokumentation vom 01.09.1989 ist ATKIS als Überbegriff von sechs Geoinformationssystemen (GIS) anzusehen: Als GIS der Topographie werden für die Maßstabsstufen 1:25000, 1:200000 und 1:1Mio. drei unterschiedlich strukturierte Digitale Landschaftsmodelle (DLM) beschrieben. Als GIS der Kartographie werden die drei, aus dem jeweiligen DLM abgeleiteten Digitalen Kartographischen Modelle (DKM) genannt, die den (generalisierten) Inhalt der Topographischen Kartenwerke in objektstrukturierter, vektorieller Form mit verschlüsselten Signaturen (Signaturteilnummern) wiedergeben.
Aufgrund der Nachfrage nach digitalen topographischen Informationen im Maßstabsbereich 1:10000 bis 1:25000 faßte die AdV den Beschluß, daß die Landesvermessungsämter bei der Umsetzung des Vorhabens ATKIS zunächst das DLM 25 in einer 1. Realisierungsstufe - als sog. DLM 25/1 - aufzubauen. Aus der Gesamtmenge der im Objektartenkatalog für das DLM 25 beschriebenen Objektarten, Namensangaben und Attribute enthält das DLM 25/1 eine Auswahl der wichtigsten und am meisten nachgefragten Informationen, mit denen die Landschaft aber bereits lückenlos abgebildet werden kann.

2. ENTWICKLUNG DER DLM-EINRICHTUNG IN BADEN-WÜRTTEMBERG

Der mit Ministerratsbeschluß vom Juni 1989 erfolgte Startschuß für das Vorhaben ATKIS und die Einrichtung des DLM 25/1 in Baden-Württemberg dürfte vermutlich nicht allein aufgrund der Forderung der AdV zustande gekommen sein; er ist vielmehr darauf zurückzuführen, daß das DLM 25/1 als Raumbezugsbasis für das Umweltinformationssystem (UIS) erkannt wurde. Das UIS wiederum hat eine hohe Realisierungspriorität dadurch erhalten, daß unter dem Einfluß der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl im Jahr 1986 das UIS als Einzelszenario in das von der

'Photogrammetric Week '97' D. Fritsch & D. Hobbie, Eds., Wichmann Verlag, Heidelberg, 1997.

damaligen Landesregierung unter Ministerpräsident Späth ins Leben gerufene Landessystemkonzept aufgenommen wurde.
Innerhalb des Vorhabens ATKIS wurden folgende Beschaffungsmaßnahmen für die Erfassung des DLM 25/1 vorgenommen:

- Hardware: 14 Graphik-Arbeitsplätze der Firma Siemens (5 CAD-Workstations WS 2000 mit daran angeschlossenen 9733-10 CAD-Arbeitsplätzen),
  14 Aristo-Digitalisiertische
- Software: Interaktives graphisches System SICAD, aufbauend auf dem Betriebssystem BS 2000.

Nachdem beim Landesvermessungsamt durch organisatorische Maßnahmen die Bereitstellung von Personal abgeschlossen war, konnte im November 1991 der Echtbetrieb zur Einrichtung des DLM 25/1 beginnen. An den Standorten Stuttgart und Karlsruhe waren für diese Aufgabe durchschnittlich 33 Mitarbeiter/innen eingesetzt. Die Erfassungsarbeiten am DLM 25/1 in Baden-Württemberg sind im Mai 1997 abgeschlossen worden.
Da die Fortführung des DLM-Datenbestands mit der für die Erfassung des DLM 25/1 eingesetzten Hard- und Software nicht möglich ist, hat das Landesvermessungsamt bereits 1995 drei interaktive graphische Systeme verschiedener GIS-Anbieter untersucht und sich für das System SICAD/open der Fa. SNI entschieden. Als Hardware-Lösung für den neuen GIS-Arbeitsplatz hat das Landesvermessungsamt die Unix-Workstation O2 der Fa. Silicon Graphics ausgesucht und Ende 1996 insgesamt 9 Workstations und 10 PC für die DLM-Erfassung und -Fortführung beschafft. Mit eingeschränkter Funktionalität kann auch ein mit der Workstation gekoppelter PC über eine SICAD/open-Emulation als Graphik-Arbeitsplatz genutzt werden. Die Workstations sind untereinander im Client-Server-Konzept vernetzt.

3. ATKIS-PRODUKTIONSPROZESS

Während sich früher das ATKIS-Verständnis ausschließlich auf das DLM und das DKM konzentrierte, werden heute unter dem Begriff ATKIS auch alle anderen digitalen Datenbestände subsumiert, die - ausgehend vom analogen Luftbild als dem Abbild der realen Welt bis hin zur Ausgabe einer analogen Topographischen Karte - als Zwischenprodukte im ATKIS-Produktionsprozeß erzeugt werden. Der ATKIS-Produktionsprozeß ist in Abbildung 1 dargestellt.
Aus dem analogen Luftbild werden zunächst die Rasterdatenbestände des Digitalen Bildmodells (DBM, siehe Nr. 4) aufgebaut, die wiederum die wesentliche geometrische und inhaltliche Grundlage bilden für die Erfassung des objektstrukturierten, vektoriellen DLM. Aus dem DLM soll künftig mittels automationsgestützter und interaktiver Generalisierungsprozesse das ebenfalls objektstrukturierte DKM abgeleitet werden. Zur Herstellung der verschiedenen Originalfolien für den Druck der analogen Topograpischen Karte müssen die Objekte des DKM signaturiert, für die einzelnen Originalfolien selektiert und in Rasterdaten überführt werden. Der auf Originalfolien verteilte Gesamtbestand an Rasterdaten bildet die Digitale Topographische Karte (DTK).

4. DIGITALES BILDMODELL

Unter digitalen Bildmodellen (DBM) werden die Rasterdatenbestände der digitalen Luftbilder und der rechnerisch daraus abgeleiteten digitalen Orthobilder verstanden. DBM sind bildorientiert und damit unstrukturiert, maßstabsbezogen und ungeneralisiert.

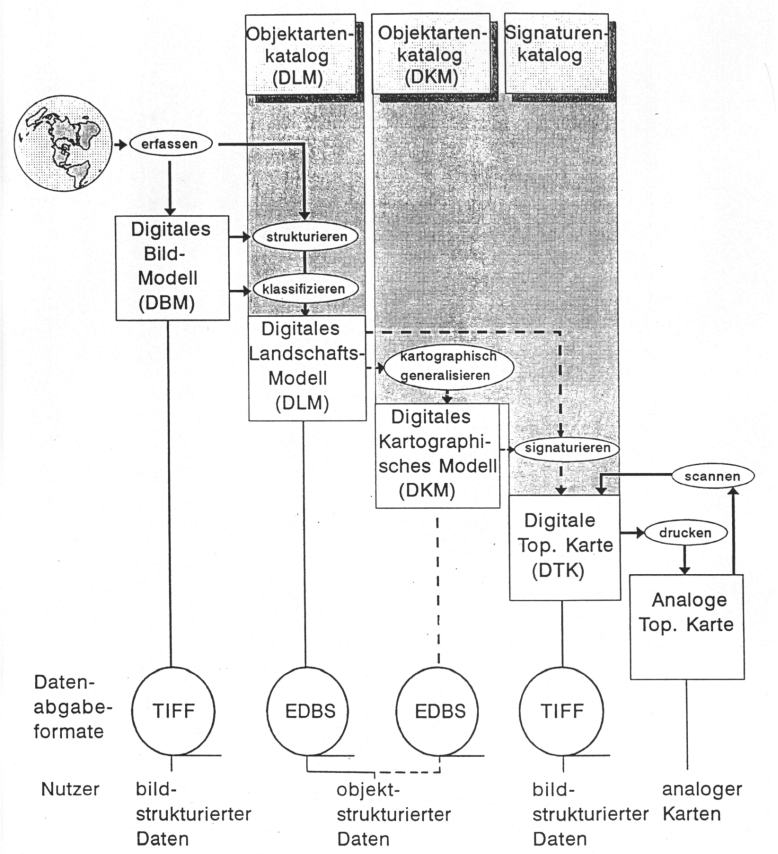

Abbildung 1: Der ATKIS-Produktionsprozeß.

4.1 Bildflüge des Landesvermessungsamts

Das Landesvermessungsamt führt in einem fünfjährigen Turnus eine regelmäßige Befliegung des Landes durch. Die jährlichen Befliegungsblöcke sind am Blattschnitt der TK 50 ausgerichtet (siehe Abbildung 2).
Die Befliegung erfolgt in Ost-West-Richtung in 8 Bildstreifen pro TK 50. Dabei werden aus einer Flughöhe von ca. 5400m über Grund mittels einer mit Normalobjektiv (f = 305mm) ausgestatteten Reihenmeßkammer (Format 23cm x 23cm) Senkrechtaufnahmen erzeugt. Die einzelnen Luftbilder haben eine Längsüberdeckung (in Flugrichtung) von 60%, die Bildstreifen eine Querüberdeckung von 30%. Aufgrund der Zentralprojektion bei der Aufnahme und der Geländehöhenunterschiede ist das Luftbild verzerrt; es besitzt einen ungefähren Maßstab von 1:18000.

4.2 Herstellung digitaler Orthobilder

Um ein Luftbild geometrisch auswerten zu können, muß es entzerrt, d. h. in eine Parallelprojektion überführt, und der Bezug zum Gauß-Krüger-Meridianstreifensystem hergestellt werden. Hierzu wird der Bildverband einer Aerotriangulation unterzogen, indem mit ausgewählten Paß- und Verknüpfungspunkten eine Bündelblockausgleichung durchgeführt wird. Die Aerotriangulation liefert als Ergebnis für jedes Luftbild die Parameter der äußeren Orientierung.
Für die Luftbildentzerrung selbst wird beim Landesvermessungsamt seit 1994 das digitale Bildverarbeitungssystem PHODIS der Fa. Zeiss eingesetzt. Um die Ausgangsdaten für die Luftbildentzerrung bereitzustellen, wird zunächst das analoge Halbton-Diapositiv des Luftbilds durch hochauflösendes Scannen in Rasterdaten gewandelt. Dabei wird jedem Bildelement des Luftbilds von

'Photogrammetric Week '97' D. Fritsch & D. Hobbie, Eds., Wichmann Verlag, Heidelberg, 1997.

der Größe 15µm ein Grauwert einer 256 Abstufungen umfassenden Grauwertskala zugeordnet. Jedes Luftbild der Größe 23cm x 23cm wird bei der Analog-Digital-Wandlung in eine Grauwertmatrix mit ca. 235 Mio. Bildelementen umgesetzt. Um an den Bildkoordinaten des Luftbilds die Einflüsse des Filmverzugs und der Verzeichnung durch das Aufnahmeobjektiv korrigieren zu können, ermittelt das Programmsystem PHODIS die Parameter der inneren Orientierung. Mit den Parametern der inneren und der äußeren Orientierung sowie mit den Daten des digitalen Höhenmodells (DHM) wird anschließend aus der Grauwertmatrix des unentzerrten Luftbilds die Grauwertmatrix des entzerrten Luftbilds (Orthobilds) im Maßstab 1:10000 berechnet. Aufgrund des gegenüber dem Originalluftbild größeren Maßstabs des Orthobilds wächst die Größe des Bildelements von 15µm auf 25,4µm. Das jeweils um den überlappenden Randstreifen zum angrenzenden Orthobild reduzierte Netto-Orthobild mit 184 Mio. Bildelementen wird in einem Archivierungssystem für Rasterdaten blattschnittbezogen auf magnetooptischen Speichermedien (MOD) verwaltet und kann an jeden Datennutzer abgegeben werden.

4.3 Analogausgabe des Orthobilds

Um eine analoge Darstellung des digitalen Orthobilds im Maßstab 1:10000 zu erhalten, wird an einem Präzisionsrasterplotter die Grauwertmatrix des Orthobilds in ein Druckraster umgerechnet, wobei für jede 57µm große Druckrasterzelle ein je nach Grauwertverteilung unterschiedlich großer Druckrasterpunkt ermittelt wird. Der Plotter belichtet die Druckrasterpunkte auf Film; zusätzlich werden das Koordinatengitter und ein Bildrahmen ausgegeben. Die Analogausgabe des Orthobilds ist damit kein Halbtonbild, sondern ein Rasterbild.

5. BISHERIGES VORGEHEN BEI DER DLM-ERFASSUNG

Das Orthophoto bzw. die seit 1994 hergestellte Analogausgabe des Orthobilds (siehe Nr. 4.3) bildet die wichtigste Informationsquelle für den Aufbau des DLM 25/1. Aus dieser im Maßstab 1:10000 als Diapositiv vorliegenden Unterlage wird die Geometrie der Landschaftsobjekte durch manuelles punktweises Digitalisieren am Durchleuchttisch erfaßt. Die beim Digitalisiervorgang erzeugten Linien (Vektoren) werden gleichzeitig auf einem Graphik-Bildschirm visualisiert. Da die Erfassungskraft während des Digitalisierens den Blickkontakt ständig zwischen der Erfassungsunterlage auf dem Durchleuchttisch und dem weiter entfernt stehenden Graphik-Bildschirm wechseln muß, ist diese Arbeitsweise für die Augen anstrengend und ermüdend. In Baden-Württemberg ist als einzigem Bundesland die DLM-Ersterfassung ohne Digitalisierentwurf unmittelbar aus dem Orthophoto bzw. Orthobild durchgeführt worden.

6. GEPLANTES ERFASSUNGSVERFAHREN ZUR DLM-FORTFÜHRUNG

Die Umstellung der Photogrammetrie beim Landesvermessungsamt auf digitale Bildverarbeitung erfolgte auch mit der Zielvorgabe, die dabei entstehenden Orthobilder mit der Technik der hybriden Bildbearbeitung für die DLM-Erfassung und -Fortführung nutzbar zu machen. Beim hybriden Verfahren werden am Graphikbildschirm die Vektordaten des bereits erfaßten DLM 25/1 mit den Rasterdaten des Orthobilds zur Überdeckung gebracht. Fortzuführende DLM-Objekte können jetzt am Bildschirm erkannt und mittels Mauszeiger und Mausklick an die im Orthobild aufgezeigte neue Situation eingepaßt werden. Dieser Vorgang wird daher auch als Bildschirmdigitalisierung (On-screen-digitizing) bezeichnet. Die gleichzeitige Präsentation von Orthobild und DLM-Daten auf dem Graphikbildschirm ermöglicht eine ergonomische und weitgehend ermüdungsfreie Arbeitsweise. Ein weiterer Vorteil des hybriden Erfassungsverfahrens besteht darin, daß bei unklarem Geometrieverlauf, die Bildschirmausschnitte jederzeit vergrößert oder verkleinert werden können.

Bei dieser Vorgehensweise scheint es möglich zu sein, wie bei der DLM-Ersterfassung auch bei der DLM-Fortführung auf einen Digitalisierentwurf verzichten zu können.

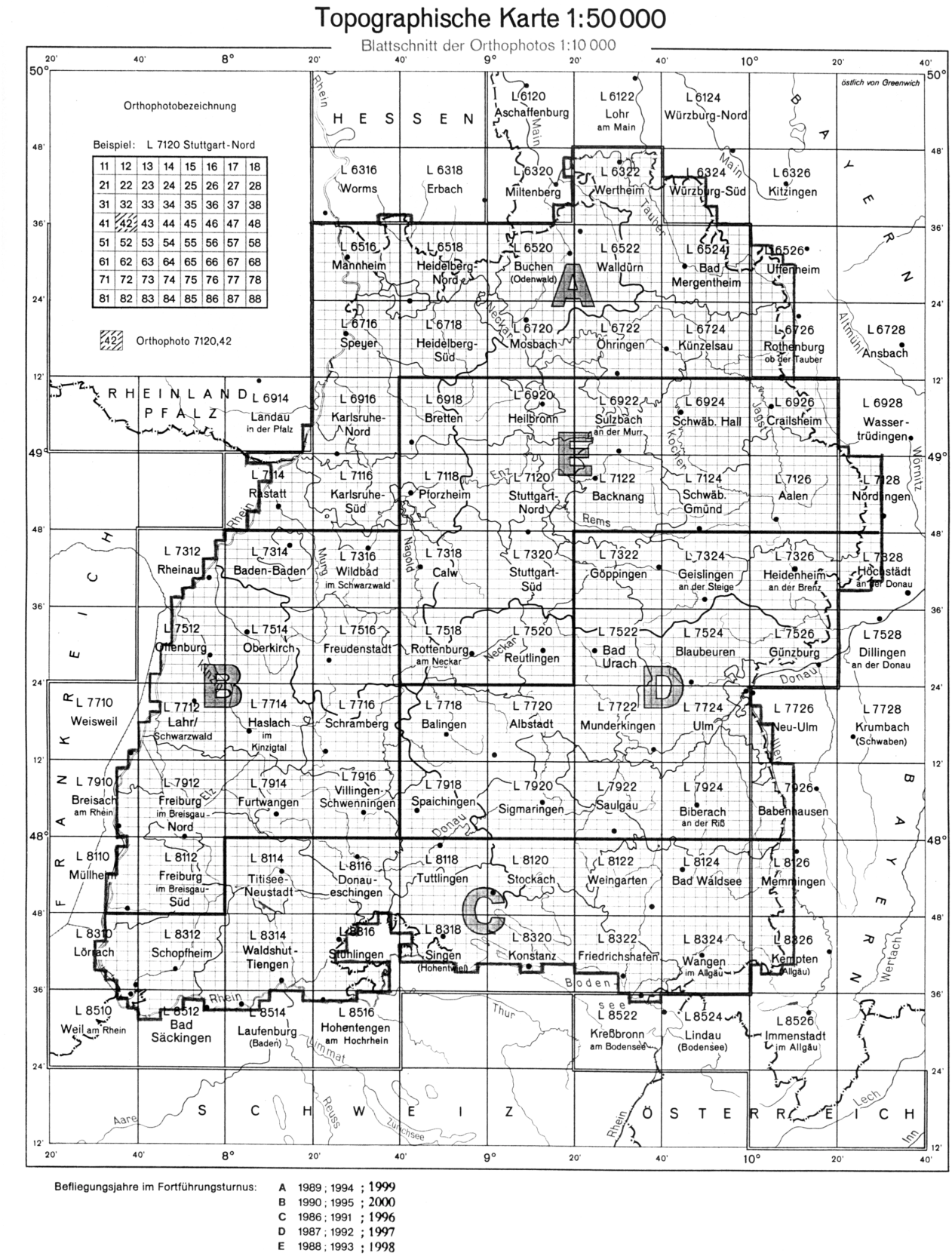

Abbildung 2: Bildflugübersicht, Orthobildeinteilung.

7. PROBLEME BEIM EINSATZ DER HYBRIDEN BILDBEARBEITUNG

Die Fortführung der DLM-Daten bezweckt nicht allein die Aktualisierung des Vektordatenbestands, sondern soll insbesondere auch dazu dienen, den DLM-Datenbestand um die zusätzlichen Inhalte der 2. Realisierungsstufe zu ergänzen, d. h. den Qualitätsstandard der DLM-Daten zu erhöhen. In Baden-Württemberg wird die 2. Realisierungsstufe nicht als DLM 25/2, sondern als DLM 25-BW bezeichnet, weil in diesem Datenbestand Angaben geführt werden sollen, die über den bundeseinheitlich festgelegten (Mindest-) Inhalt der 2. Realisierungsstufe hinausgehen. Je mehr die Planungen zur Umsetzung des DLM 25/2 Gestalt annehmen, desto mehr wächst die Erkenntnis, daß einige Vorstellungen über das Vorgehen bei der DLM-Fortführung neu überdacht werden müssen. Als Gründe hierfür werden angeführt:

a. Im Zuge der Fortführung sollen Inhalte und Geometrie-Informationen auch aus solchen Karten und Plänen übernommen werden, die nicht in digitaler Form vorliegen. Beispielsweise ist geplant, alle topographisch relevanten Inhalte aus der nur für den ehemals badischen Landesteil vorliegenden DGK 5 in die Datenbestände des DLM oder der ALK zu übernehmen, weil in Baden-Württemberg die DGK 5 als analoge Grundkarte nicht mehr fortgeführt wird. Nicht im Orthobild sichtbare topograpische Objekte (z. B. Wege und Gewässer im Wald) müssen ebenfalls aus anderen Unterlagen (DGK 5, TK 25, Forstkarten) erfaßt werden, die nicht in digitaler Form vorliegen. Die hybride Bildbearbeitung kann daher nicht als das alleinige Verfahren für die DLM-Fortführung angesehen werden, weil auch zukünftig Inhalte aus analogen Unterlagen mit dem Verfahren der manuellen Digitalisierung erfaßt werden müssen.
b. Die während der Sitzung am GIS-Arbeitsplatz durchzuführende Auswertung der Informationsquellen (Orthobild, DGK 5, TK 25, Ortspläne, Karte der Wasser- und Abfallwirtschaft etc.), die Auseinandersetzung mit der Ausgangssituation im DLM 25/1 und die gleichzeitige Fortführung des DLM-Datenbestands ist wesentlich erschwert, wenn ständig mehrere Unterlagen durchgemustert werden müssen. Außerdem besteht bei dieser Arbeitsweise die Gefahr, daß der Überblick verloren geht und Fortführungsinformationen unberücksichtigt bleiben. Da in dem Objektartenkatalog des DLM 25-BW zahlreiche neue Inhalte aufgenommen worden sind, die aus Unterlagen anderer Stellen erfaßt werden müssen, ist die Anfertigung eines analogen Fortführungsentwurfs unerläßlich. Grundlage dieses Entwurfs ist eine Präsentation des DLM 25/1-Inhalts auf transparenter Folie. Fortführungrelevante Informationen aus anderen Unterlagen, insbesondere Sachinformationen, werden nacheinander in diesen Entwurf eingetragen bzw. einskizziert. Gleichzeitig werden zu löschende DLM 25/1-Objekte gekennzeichnet. Bei der Sitzung am GIS-Arbeitsplatz dient der Fortführungsentwurf als Auftragsliste für die vorzunehmenden Löschungen, für die Übernahme der Geometrie aus der angegebenen Informationsquelle und für die Erfassung der Sachdaten. Die Fortführung entwickelt sich damit zu einem zweigeteilten Arbeitsprozeß bestehend aus Entwurfsbearbeitung und interaktiver Datenerfassung.
c. Die Anfertigung von analogen Fortführungsentwürfen ist aber auch aus einem weiteren Grund dringend geboten:
Bei der Nutzung von DLM-Daten treten Qualitätsaspekte zunehmend in den Vordergrund. Die Forderung nach Datenqualität bezieht sich nicht nur auf die Methoden der Datengewinnung sondern auch auf die Einhaltung vorgegebener Qualitätsmerkmale. Dem zuletzt genannten Qualitätskriterium wird bei der DLM-Fortführung dadurch Rechnung getragen werden, daß nach der Entwurfsbearbeitung und nach der interaktiven Datenerfassung (Digitalisierung) jeweils eine unabhängige Prüfung vorgenommen wird. Während die zweite Prüfung auf die Umsetzung der im Entwurf angegebenen Fortführungshinweise in den DLM-Datenbestand

abhebt, findet in der ersten Prüfung die fachlich inhaltliche Durchsicht des analogen Fortführungsentwurfs statt; sie bildet den Schwerpunkt der gesamten Prüftätigkeit.

Bei dieser Prüfung werden untersucht:

- die Vollständigkeit der Auswertung der Fortführungsunterlagen,
- die Auseinandersetzung mit der Ausgangssituation im DLM 25/1 und
- die richtige Zuordnung von Objektart, Attributen und Namen entsprechend den Festlegungen im Objektartenkatalog (ATKIS-OK 25-BW).

Würde die Fortführung in einem Arbeitsgang, d. h. ohne Entwurfsbearbeitung, unmittelbar bei der Sitzung am GIS-Arbeitsplatz vorgenommen werden, wäre eine vergleichbare Prüfung dann nicht mehr möglich, weil nach der Änderung im Datenbestand nicht mehr nachvollzogen werden kann, was aufgrund welcher Unterlagen wie geändert wurde. Im Fortführungsentwurf sind dagegen die vorzunehmenden und Änderungen und Ergänzungen nachvollziehbar dokumentiert. Der analoge Fortführungsentwurf ist damit ein unverzichtbares Instrumentarium für die Qualitätssicherung.

8. KÜNFTIGES ERFASSUNGSVERFAHREN BEI DER DLM-FORTFÜHRUNG

Die Überlegungen hinsichtlich des Grades der Einbeziehung hybrider Bildbearbeitungstechniken bei der DLM-Fortführung haben sich aufgrund der vielfach nur in analoger Form vorliegenden Informationsquellen geändert. Während früher beabsichtigt war, die Fortführung der DLM-Vektordaten ohne Entwurf direkt vor dem Orthobildhintergrund vorzunehmen, wird die Anwendung der hybriden Bildbearbeitung aus heutiger Sicht auf solche Objekte beschränkt bleiben, deren Geometrie aus dem Orthobild entnommen werden kann. Im Fortführungsentwurf vorgesehene Löschungen können vorteilhaft ebenfalls auf hybride Weise erledigt werden. Dagegen müssen Geometrieinformationen aus analogen Unterlagen auch weiterhin mittels manueller Digitalisierung erfaßt werden.
Der Vorteil des Einsatzes der hybriden Technik besteht nicht allein in der ergonomisch günstigeren Arbeitsweise der Bildschirmdigitalisierung, sondern liegt auch in der erzielbaren höheren geometrischen Genauigkeit, mit der Geometrie-Inhalte aus dem digitalen Orthobild entnommen werden können. Dies ist darauf zurückzuführen, daß gegenüber der Druckrasterzelle (Größe 57µm) in der Analogausgabe des Orthobilds (vgl. Nr. 4.3) das Bildelement (Größe 25,4µm) im digitalen Orthobild (vgl. Nr. 4.2) eine um den Faktor 2,3 höhere Auflösung besitzt. Der Einsatz der Analogausgabe des Orthobilds dürfte sich künftig auf die Erstellung des Fortführungsentwurfs konzentrieren.
Die Ende 1996 beschafften GIS-Arbeitsplätze (vgl. Nr. 2) für die Erfassung und Fortführung des DLM sind hinsichtlich ihrer Hard- und Software-Ausstattung auf die hybride Bildbearbeitung vorbereitet. Die in 1997 beginnende Fortführung des DLM wird zunächst noch in der herkömmlichen Weise, d. h. mit ausschließlich manueller Digitalisierung der Analogausgabe des Orthobilds abgewickelt werden. Für 1998 ist vorgesehen, in die für die DLM-Fortführung und -Erfassung erstellte Benutzerschale den Wechsel auf das hybride Verfahren der Bildschirmdigitalisierung einzubauen und die Anwendung dieses Verfahrens zu erproben.
Letztendlich wird es von der einzelnen Erfassungskraft abhängen, in welchem Maße sie da, wo es möglich ist, die hybride neben der herkömmlichen Arbeitsweise einsetzen wird. Das praxisgerechte Verfahren wird sich mit Sicherheit durchsetzen. Welches dies sein wird, vermag der Verfasser heute noch nicht zu beurteilen.

'Photogrammetric Week '97' D. Fritsch & D. Hobbie, Eds., Wichmann Verlag, Heidelberg, 1997.

9. Literaturangaben

AdV (1989): Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem ATKIS, Gesamtdokumentation, Hannover 1989.

Hoss, H. (1995): Daten der dritten Dimension und der realen Abbildung der Erdoberfläche, Mitteilungen des DVW-Landesvereins Baden-Württemberg, Stuttgart, Heft 2, Dezember 1995, pp. 24-47.

Kohlscheen, H. (1995): Das ATKIS-DLM, Mitteilungen des DVW-Landesvereins Baden-Württemberg, Stuttgart, Heft 2, Dezember 1995, pp. 76-84.

Landesvermessungsamt Baden-Württemberg (1997): Digitale Orthobilddaten, Produktinformation.

Schleyer, A. (1995): ATKIS - Konzeption, Situation, Perspektiven, Mitteilung des DVW-Landesvereins Baden-Württemberg, Stuttgart, Heft 2, Dezember 1995, pp. 5-23.

Schleyer, A. und P. Scholl (1992): Das raumbezogene Basisinformationssystem ATKIS in Baden-Württemberg, Mitteilungen des DVW.Landesvereins Baden-Württemberg, Stuttgart, Heft 2, November 1992, pp. 78-104.