

Untersuchungen zur Prüfung digitaler Photogrammetrischer Produkte nach DIN 18740

MANFRED WIGGENHAGEN¹ & ULLA WISSMANN²

Zusammenfassung: In den vergangenen Jahren wurden vom NABau-Arbeitsausschuss 03.02.00 „Photogrammetrie und Fernerkundung“ des Deutschen Instituts für Normung (DIN) in der Normreihe DIN 18740 Qualitätsstandards für Photogrammetrische Produkte erarbeitet. Für Bildflüge und analoge Luftbilder sowie für digitale Orthophotos liegen Normen bereits vor. Für Luftbilder, die mit digitalen Sensoren aufgenommen werden, sowie für digitale Bilder, die mittels Scannern erzeugt wurden, befinden sich z.Z. weitere Normen kurz vor der Fertigstellung. Im Rahmen dieses Beitrages werden Ergebnisse vorgestellt, die aus dem Einsatz der Normen bei der Produktion von digitalen Orthophotos und bei der Anwendung von Scannern resultieren.

1 Motivation

Die langjährige Mitarbeit in dem Arbeitsausschuss „Photogrammetrie und Fernerkundung“ des Deutschen Instituts für Normung (DIN) hat umfassende Einblicke in die Bereiche der Qualitätssicherung photogrammetrischer Produkte und die Definition von Prüfverfahren und Auftragspezifikationen ermöglicht. Da die Mitglieder des Arbeitsausschusses aus den Bereichen der Industrie, Universität, Behörden und Dienstleistungsunternehmen stammen, basiert die Entwicklung der Normen auf dem aktuellen Stand der Technik. In Abstimmung mit zusätzlich involvierten Experten werden technische Neuerungen und Erweiterungen in die Normentwürfe eingebunden, soweit es sachlich und zeitlich notwendig erscheint. Nach Prüfung der Normentwürfe durch die Prüfstellen des DIN, sowie nach Berücksichtigung aller Einsprüche der Fachberater wird die neue Norm dann durch Verkauf über die Beuth Verlag GmbH, Berlin der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt. Leider vergehen vom ersten Entwurf einer neuen Norm bis zur Freigabe und dem Verkauf über den Verlag etliche Monate, in denen praktische Untersuchungen zu den Inhalten der Norm nur im begrenzten Rahmen möglich sind. In diesem Beitrag soll daher der Versuch unternommen werden, Erfahrungen zu der bereits existierenden Norm 18740-3 „Photogrammetrische Produkte – Teil 3: Anforderungen an das Orthophoto“ vorzustellen, und auch die Diskussion für aktuelle Normentwürfe zur Festlegung von Anforderungen an Scanner zu eröffnen. Siehe (DIN, 2001).

2 Einführung

Eine Übersicht über internationale Normen und Standards für Photogrammetrie und

¹ Dr.-Ing. Manfred Wiggenhagen, Universität Hannover, Institut für Photogrammetrie und GeoInformation, Nienburger Str.1, D-30167 Hannover, email: wigge@ipi.uni-hannover.de

² Dipl.-Ing. Ulla Wissmann, Universität Hannover, Institut für Photogrammetrie und GeoInformation, Nienburger Str.1, D-30167 Hannover, email: wissmann@ipi.uni-hannover.de

Fernerkundung findet sich in (KRESSE, 2002). Zur Organisation und Arbeitsweise der DIN sowie den Zielsetzungen der aktuellen Normentwürfe wurde in (SCHWEBEL, 2002) bereits berichtet. Erste Erfahrungen zur Anwendung der Norm DIN 18740-1, 2001, „Photogrammetrische Produkte –Teil 1: Anforderungen an Bildflug und analoges Luftbild“ wurden von (KIEFER, 2002) vorgestellt. An dieser Stelle werden praktische Ergebnisse bei der Berechnung von digitalen Orthophotos am Institut für Photogrammetrie und GeoInformation der Universität Hannover (IPI) vorgestellt. Unter Nutzung der Prüfkriterien der Norm DIN 18740-3, 2001, „Photogrammetrische Produkte –Teil 3: Anforderungen an das Orthophoto“ wird untersucht, ob mangelhafte Produkte, Schwachstellen im Produktionsprozess und nicht normgerechte Ergebnisse anhand der Prüfkriterien erkannt werden können. Die Spezifikationen in der Norm werden aus der Sicht des praktischen Nutzers kritisch betrachtet und diskutiert. In ähnlicher Weise werden Aussagen zu Anforderungen an photogrammetrische Scanner getroffen.

2.1 Begriffe

Ohne eingehende Berücksichtigung aktueller Diskussionen zum Thema „True-Orthophoto“ wurde in der vorliegenden Norm DIN 18740-3 der Begriff „strenges Orthophoto“ aufgenommen. An der Stelle wird deutlich gemacht, dass sichttote Räume in digitalen Orthophotos weitgehend beseitigt werden können, wenn ein hochqualifiziertes digitales Höhenmodell, sich mehrfach überdeckende Ausgangsbilder und Algorithmen zum Auffinden und Auffüllen sichttoter Räume existieren. Da als Produkt in der Praxis häufig Orthophotomosaik und Orthophotokarten angeboten werden, wurden diese abgeleiteten Produkte ebenfalls in der Norm beschrieben. Als für die Auftragsvergabe wichtige Parameter werden dort z.B. definiert: „Bodenpixel, Bildtiefe, Orthophotomaßstab und Kontrollpunkt“. Im Abschnitt Qualitätssicherung werden wichtige Begriffe aus dem Bereich des Qualitätsmanagements aufgeführt. Neben den bekannten Größen, wie „Standardabweichung des digitalen Orthophotos“ und „Standardabweichung des digitalen Höhenmodells“ wurden zusätzlich die Kriterien „zulässige geometrische Restklaffung“ und „zulässige radiometrische Differenz“ definiert. Grenzwerte für diese Größen können in Absprache zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer in den Spezifikationen der Norm festgelegt werden.

2.2 Allgemeine Anforderungen

In den allgemeinen Anforderungen der Norm werden Begriffe und Zusammenhänge definiert, die für die reibungslose Abwicklung von Orthophotoproduktionen wichtig sind und zur Qualitätssicherung dienen können. Hier werden z.B. die folgenden Parameter beschrieben: „Geometrische Auflösung des digitalen Orthophotos“, „Bildtiefe des digitalen Orthophotos“, sowie Anforderungen an analoge und digitale Messbilder und an das digitale Höhenmodell. Da der Produktionsprozess digitaler Orthophotos aus mehreren Komponenten besteht, wird im Abschnitt „Digitales Orthophoto“ z.B. näher auf „Geometrische Bildtransformation“, „Resampling“ und „Grauwertbereich des Orthophotos“ eingegangen. Weiterhin werden Anforderungen an das strenge Orthophoto, das digitale Orthophotomosaik, die digitale Orthophotokarte und die Speicherung und Ausgabe von Orthophotoprodukten formuliert.

2.3 Prüfung von Orthophotoprodukten

Um normgerechte Produkte erhalten zu können, werden Prüfschritte definiert, die während des Herstellungsprozesses und bei der Endkontrolle der Produkte angewendet werden

können. Generell werden die Produkte qualitativ und visuell in geometrischer und radiometrischer Hinsicht geprüft. Es wird unterschieden zwischen der Prüfung analoger und digitaler Produkte. Im Detail wird auf die Prüfmöglichkeiten und Ergebnisse im Kapitel 4 eingegangen.

3 Spezifikation für Orthophotoprojekte

Nachfolgend wird auf die in Anhang A der Norm DIN 18740-3, „Spezifikation für Orthophotoprojekte“ festgelegten Parameter eingegangen. Soweit möglich werden erste Bewertungen der Parameter in der praktischen Anwendung vorgenommen.

3.1 Grundlegende Parameter

Als wesentliche Parameter bei der Orthophotoproduktion werden die Größe des Bodenpixels und die Standardabweichung der Lagekoordinaten des digitalen Orthophotos festgelegt. An dieser Stelle ergaben sich früher je nach Verwendungszweck eingehende Diskussionen mit den möglichen Auftraggebern. Diese Festlegungen werden in der Spezifikation als sehr wichtig angesehen.

Analoges Messbild. Innerhalb dieses Abschnittes werden alle Parameter festgelegt, die für die Nutzung analoger Messbilder gelten. Besonders wichtig sind z.B.: Bildmaßstab, Längs- und Querüberdeckung, Kontrastausgleich und Kalibrierungszertifikat.

Digitales Messbild. Innerhalb dieses Abschnittes werden die Parameter festgelegt, die für die Nutzung digitaler Messbilder gelten. Als besonders wichtig werden z.B. angesehen: Nachweis der geometrischen Qualität des Scanners, Geometrische Scanauflösung und Bildtiefe. Bei direkter digitaler Aufzeichnung werden neben der geometrischen und radiometrischen Auflösung der digitalen Kamera die Bereitstellung der Daten der äußeren Orientierung, der Bildtriangulation und Informationen über das geodätische Bezugssystem gefordert. Betrachtet man den Arbeitsablauf bei der Orthophotoproduktion im Detail, so werden an dieser Stelle einige der wichtigsten Zusatzdaten aufgesetzt: Innere Orientierung, äußere Orientierung und Bilddaten als Eingangsdatensatz.

Digitales Höhenmodell. Wichtige Parameter für die Festlegung des zu verwendenden Höhenmodells sind die Begrenzung und der Typ, ob es sich um ein Geländemodell oder ein Oberflächenmodell handelt, sowie die Standardabweichung der Höhen des Modells. Wichtig für die Qualität des Höhenmodells und des damit berechneten Orthophotos sind in der Praxis zusätzliche Angaben, wie Kantenlinien, Bruchkanten, und markante Punkte.

3.2 Produkte

Digitales Orthophoto. In diesem Abschnitt werden u.a. folgende Parameter definiert: Begrenzung des zu produzierenden Orthophotos, Kachelung sowie die Forderung nach überlappender Prozessierung der Orthophotos. In Abhängigkeit vom Verwendungszweck sind weiterhin die Interpolationsverfahren der geometrischen Bildtransformation wählbar. Falls der Grauwertbereich des Ausgabeproduktes abweichend von der Norm gewünscht wird, so kann dies ebenfalls spezifiziert werden.

Strenges Orthophoto. An dieser Stelle kann die zusätzliche Behandlung und Korrektur sichttoter Räume gefordert werden. In Anhängigkeit von der verwendeten Software muss hier mit erheblichem manuellem zusätzlichem Aufwand, insbesondere in urbanen Gebieten, gerechnet werden. Außerdem muss für die Korrektur der sichttoten Räume eine ausreichende Anzahl zusätzlicher Luftbilder vorhanden sein.

Digitales Orthophotomosaik. Als zusätzliche wichtige Parameter bei der Berechnung von Orthophotomosaiken sind die Festlegung der Schnittlinien und des Randausgleiches anzusehen. Auch hier kann die Begrenzung und Kachelung spezifiziert werden.

Digitale Orthophotokarte. Zur weiteren Bearbeitung des Ausgabeproduktes ist festzulegen, wer die zusätzlichen Vektordaten bereitstellt, welcher Blattschnitt und welche Kartengestaltung gefordert werden.

Speicherung und Ausgabe. In diesem Abschnitt kann die Art der digitalen und analogen Ausgabe spezifiziert werden. Im digitalen Fall ist die Festlegung des Datenformates und des Datenträgers wichtig. Die analoge Ausgabe muss im festgelegten Maßstab auf einem geeigneten Ausgabegerät erfolgen.

4 Beispiele

Die nachfolgenden Beispiele wurden mit dem Programm OrthoBASE unter ERDAS IMAGINE 8.5 berechnet (ERDAS 1, 2003 , ERDAS 2, 2003). Um die Aussagekraft der einzelnen Prüfkriterien untersuchen zu können, wurden in den Herstellungsprozess gezielt Mängel aufgenommen und die Auswirkung auf des Endergebnis dokumentiert. Die Reihenfolge der Untersuchungen resultiert aus Anhang A der Norm DIN 18740-3, "Spezifikation für Orthophotoprojekte". Nachfolgende Sachverhalte wurden anhand der Prüfkriterien der Norm DIN 18740-3 untersucht:

- Fehlerhafte Orientierungsdaten,
- Fehler im DGM,
- Unvollständiges DGM,
- Fehlerhafte Radiometrie an den Schnittstellen eines Mosaiks.

Als Kontrollmöglichkeiten wurden vorgesehen:

- Visuelle Kontrolle des Ergebnisses
- Lagekontrolle mit Kontrollpunkten
- Kontrolle durch Vektorüberlagerung

Im Anhang C der DIN 18740-3 befindet sich ein Beispiel für einen Prüfbericht. Im folgenden Kapitel werden einzelne Bestandteile des Prüfberichtes näher untersucht und mit Beispielen belegt.

4.1 Nachweis der geometrischen Qualität der A/D Wandlung

Der Nachweis der geometrischen Qualität der A/D Wandlung wird in der Regel durch ein entsprechendes Kalibrierungsprotokoll der scannenden Firma erbracht. Bei den meisten digitalen Bildern kann das Datum und das Ergebnis der letzten Kalibrierung aus der Bildhistorie, dem Bildheader oder den Zusatzdaten entnommen werden. In den vorliegenden Fällen wurde die geforderte Qualität mit einer Lagegenauigkeit von $\pm 2 \mu\text{m}$ bei einer Pixelgröße von $12 \mu\text{m}$ eingehalten.

4.2 Qualität der inneren Orientierung

Die Bildmarken wurden in allen Fällen mit einer Genauigkeit von besser als $\pm 10 \mu\text{m}$ gemessen. Überschreitungen dieses Wertes weisen meistens auf einen nicht oder schlecht kalibrierten Scanner hin. In einzelnen Fällen können sie aber auch bei der Bildaufnahme und innerhalb des Entwicklungsprozesses entstanden sein. In diesem Fall ist das analoge Filmmaterial vor der A/D Wandlung zu überprüfen.

4.3 Qualität der äußeren Orientierung

Zur Überprüfung der Auswirkung der äußeren Orientierung wurde in das Orthophotoprojekt ein Lagefehler in der Bildorientierung von 10 m eingeführt. Dieser Lagefehler führte zu erkennbaren Lagefehlern im Orthophoto an Kontrollpunkten von 0.70 – 1.30 m. Durch Überlagerung der Kontrollpunktlagen mit dem Ausgabebild konnte bereits durch visuelle Überprüfung die Auswirkung erkannt werden.

An den bis zu zehn Positionen wurden Kontrollpunkte über Kanaldeckeln gemessen und visualisiert. Der ermittelte Lagefehler lag zwischen 0.20 m und 0.70 m. Nach Korrektur der fehlerhaften Bildorientierung konnte visuell keine Abweichung mehr zwischen den Soll- und Ist-Lagen der Kontrollpunkte erkannt werden. Insbesondere in ländlichen Regionen ist die Beschaffung von signalisierten oder gut erkennbaren natürlichen Kontrollpunkten oft sehr schwierig. Die Überprüfung der Geometrie einzelner Bilder kann dann ggf. nur bei Orthophotomosaiken an den Bildrändern der beteiligten Orthophotos geschehen. An Kanten, die möglichst rechtwinklig zum Bildrand verlaufen, ist z.B. bei fehlerhafter äußerer Orientierung ein deutlicher Lageversatz zu erkennen. Bei einer Bodenpixelgröße von 0.12 m ergaben sich in dem untersuchten Beispiel 6 - 7 Pixel Lageversatz im Orthophotomosaik und damit Lagefehler am Boden von 0.72 - 0.84 m.

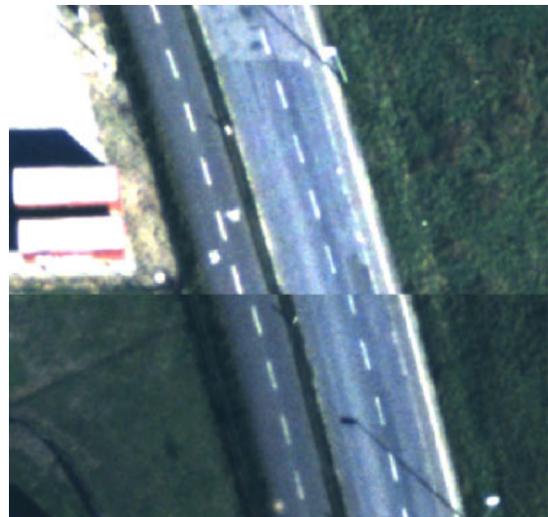


Abb.1: Lageversatz am Bildrand

4.4 Qualität des digitalen Höhenmodells

Neben der Einhaltung der geforderten Höhengenaugigkeit des verwendeten digitalen

Höhenmodells sollte unbedingt auch die Vollständigkeit, die korrekte Georeferenzierung und bei der DHM-Berechnung mittels automatisierter Oberflächenrekonstruktion die fehlerfreie Berechnung von Bruchkanten und Aussparungsflächen überprüft werden. Bei unvollständig vorhandenem Höhenmodell ergeben sich an den Rändern im Orthophoto Doppelabbildungen und Lageverschiebungen aufgrund nicht vorhandener Höhenwerte (siehe Abb.2). Der höhenmäßig erfasste Bereich ist in der Abbildung grau gerastert dargestellt. Bei fehlerhafter Georeferenzierung bzw. bei nicht modellierten Bruchkanten und Aussparungsflächen ergeben sich unstetige Kanten und Deformationen im Orthophoto (siehe Abb.3).

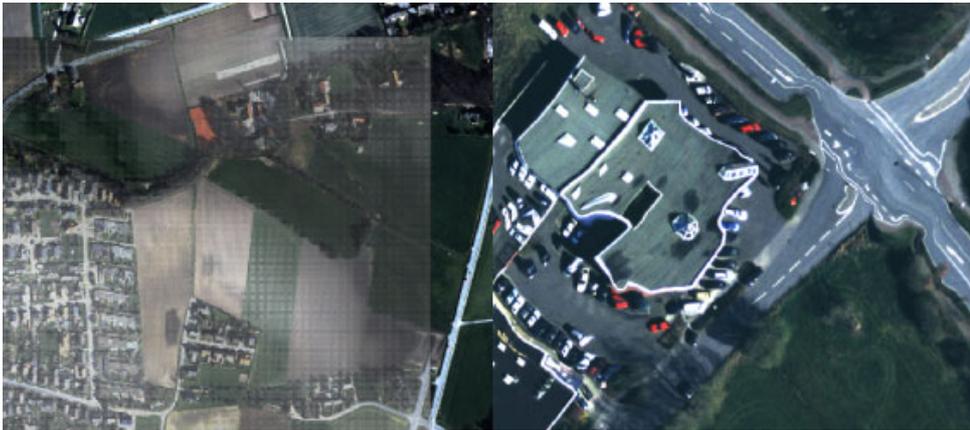


Abb.2: (links) und Abb.3: (rechts) : Auswirkungen fehlerhafter Höhendaten

4.5 Qualitative Prüfung

In den Untersuchungen wurden einige der typischen Auffälligkeiten bei der qualitativen Prüfung erkannt und dokumentiert. Als Auswirkung von Mängeln im Produktionsprozess sind erkennbar: Unstetiger Verlauf linienhafter Objekte, Versatz von Straßen und Doppelabbildungen.

4.6 Überlagerung mit Karten und GIS-Daten

Zur weiteren Überprüfung des Orthophotomosaiks wurden Vektordaten des Orthophotobereiches aus der digitalen topographischen Karte 1 : 5000 genutzt. Bei fehlerfrei berechneten Orthophotos stimmten die Gebäudekanten auf der sichtbaren Gebäudeseite im Bereich von +/- 0.24 m mit der Vektordarstellung überein. Nutzungsgrenzen wurden ebenfalls zur Überprüfung der Orthophotos eingesetzt. In Schattenbereichen und bei starker Baumbedeckung konnte jedoch nur eine stichprobenartige Kontrolle durchgeführt werden.

4.7 Geometrische Prüfung mit Passpunkten und Kontrollpunkten

Die Darstellung der verwendeten Passpunkte und die Überlagerung über das berechnete Orthophoto ist bei digitalen Arbeitsstationen bzw. PC-basierten Systemen problemlos möglich. Auch nicht signalisierte Punkte wie z.B. Kanaldeckel können gut als Kontrollpunkte genutzt werden. Bei der Bereitstellung von Kontrollpunkten ergeben sich gerade in nicht urbanen Gebieten in der Praxis Probleme. Die Forderung gemäß Abschnitt 5.2.3.3 der E DIN 18740-3:2002-11 nach gleichmäßig verteilten Kontrollpunkten in den

Überlappungsbereichen der Orthophotos und in den stärker geneigten Geländeabschnitten ist bei z.B. bewaldeten Gebieten nur selten erfüllbar.

4.8 Prüfung benachbarter Orthophotos

Benachbarte Orthophotos können an den Bildrändern sowohl geometrisch als auch radiometrisch geprüft werden. Nach fehlerfreier geometrischer Herstellung ist anschließend die harmonische radiometrische Anpassung der Mosaikteile erforderlich. Diese radiometrische Anpassung kann vollautomatisch über die Berücksichtigung der Radiometrie in den Überlappungsbereichen der Bilder geschehen oder wird in Einzelfällen durch manuelle Festlegung der Schnittlinien berechnet. Die Berechnung über eine automatisch festgelegte Schnittliniendefinition lieferte ein nicht befriedigendes Ergebnis. Die Radiometrie wurde dabei nicht bzw. nur unvollständig angepasst. Die Grauwertdifferenz zwischen benachbarten homogenen Flächen betrug an mehreren Stellen mehr als 16 Grauwerte. Das Mosaik erfüllt damit die Anforderungen der Norm nicht.

Auf die Prüfung analoger Orthophotoprodukte wird an dieser Stelle nicht näher eingegangen.

5 Nachweis der Qualität der A/D Wandlung

Ein wichtiger Bestandteil des digitalen Orthophotos ist das digitale Eingangsbild, welches durch A/D Wandlung bzw. Scannen mittels photogrammetrischer Scanner entstanden ist. In der aktuell entstandenen Norm: DIN 18740-2 „Photogrammetrische Produkte Teil 2 Anforderungen an das gescannte Luftbild“ wurden Anforderungen aufgenommen, die den aktuellen Stand der Technik berücksichtigen. Sehr viele der geometrischen und radiometrischen Qualitätsanforderungen der neuen Norm werden in wissenschaftlichen Veröffentlichungen wie z.B. bei (BALTSAVIAS, 1999) bestätigt. In (WIGGENHAGEN, 2001) wurden bereits einige der typischen Testmöglichkeiten zur Überprüfung eines Scanners vorgestellt. Bei der täglichen Nutzung photogrammetrischer Scanner können jedoch nicht sämtliche Möglichkeiten der Überprüfung und Kalibrierung ausgeschöpft werden. Die minimale Kontrolle der radiometrischen und geometrischen Qualität des entsprechenden Scanners mit einer standardisierten Testvorlage ist hier allerdings durchführbar. Eine derartige Testvorlage sollte über kalibrierte Farbflächen bzw. Graukeile, Linientestflächen und Siemenssterne, sowie geometrisch einwandfreie Gittermarken verfügen. Zur wirtschaftlichen Auswertung der mehrfach gescannten Vorlage wird Auswertesoftware empfohlen, die sowohl die geometrischen als auch die radiometrischen Anforderungen überprüfen kann.

6 Schlussbemerkung

Anhand praktischer Versuche konnte gezeigt werden, dass die Prüfverfahren der DIN 18740-3 „Photogrammetrische Produkte – Teil 3: Anforderungen an das Orthophoto“ grundlegend geeignet sind, Mängel in den Produkten aufzudecken. Die Prüfverfahren erscheinen in der Praxis jedoch nicht in allen Fällen als realisierbar. Insbesondere die Forderung nach möglichst vielen, gleichmäßig verteilten unabhängigen Kontrollpunkten erscheint nur selten erfüllbar.

Die Kriterien der DIN 18740-2 „Photogrammetrische Produkte Teil 2 Anforderungen an das gescannte Luftbild“ entsprechen den aktuellen technischen Möglichkeiten der angebotenen Scanner. Mittels geeigneter Testvorlagen und Auswerteprogrammen können die Prüfungen in der Praxis durchgeführt werden.

7 Literatur

- BALTSAVIAS, E., P., 1999: On the performance of photogrammetric scanners, Photogrammetric Week '99, Fritsch/Spiller (Hrsg.) Wichmann Verlag Heidelberg, 1999, S.155-173
- DIN, 2001: DIN 18740-1 Photogrammetrische Produkte- Teil 1 Anforderungen an Bildflug und analoges Luftbild. -Beuth-Verlag, Berlin.
- ERDAS 1, 2003 Accuracy Assessment of Automated Aerial Triangulation, http://www.erdas.com/admin/ProductGroups/Files/OBASE_Accuracy_Assessment.pdf, Zugriff am 10.6.2003.
- ERDAS 2, 2003 OBASE Workflow, <http://www.erdas.com/admin/ProductGroups/Files/OBASEWorkflow.pdf>, Zugriff am 10.6.2003.
- KIEFER, L., 2002: Ausschreibungen von Bildflügen, Erfahrungen der Flurneuordnungsverwaltung Baden-Württemberg. Publikationen der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation, Band 11, Eckhardt Seyfert (Hrsg.), S. 291-293.
- KRESSE, W., 2002: Übersicht über internationale Normen und Standards für Photogrammetrie und Fernerkundung, Publikationen der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation, Band 11, Eckhardt Seyfert (Hrsg.), S. 305-311.
- SCHWEBEL, R., 2002: Deutsche Normung in Photogrammetrie und Fernerkundung aus der Sicht von DIN. Publikationen der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation, Band 11, Eckhardt Seyfert (Hrsg.), S. 285-290.
- WIGGENHAGEN, M., 2001: Geometrische und radiometrische Eigenschaften des Scanners Vexcel UltraScan5000, PFG 1/2001, S. 33-37.