

## Parameter-gesteuerte Qualitätssicherung von Orthophotos nach DIN 18740-3

REINER SCHWEBEL, Aalen

**Keywords:** photogrammetry, standardization, DIN-Norm, orthophoto

**Zusammenfassung:** Die Normenreihe DIN 18740 „Photogrammetrische Produkte“ für analoge, gescannte und digitale Bilder und für Orthophotos bietet Auftraggeber und Auftragnehmer eine Plattform zur Festlegung von Produkteigenschaften und deren Kontrolle und wird den wachsenden Ansprüchen an Qualität gerecht.

Digitale Orthophotos werden heute in unterschiedlichsten Fachgebieten und mit verschiedensten Ansprüchen eingesetzt. Für die Produktion der Orthophotos ist besonders wichtig, dass die spezifischen Anforderungen klar festgelegt werden und die geforderte Qualität gewährleistet werden kann.

Die im Oktober 2003 veröffentlichte Norm DIN 18740-3 „Photogrammetrische Produkte – Teil 3: Anforderungen an das Orthophoto“ gibt dem Anwender ein präzises und flexibles Werkzeug in die Hand, die Qualität von Orthophotoprodukten zu planen und zu kontrollieren. Ausgehend von den grundlegenden Parametern der Bodenauflösung und der geforderten Lagegenauigkeit des Orthophotos werden Typ des Höhenmodells und Eigenschaften der Orthophotoprodukte festgelegt. Daraus lassen sich die Anforderungen an die Ausgangsdaten (Bild, Höhenmodell, Orientierung), die Verarbeitungsprozesse, die Ausgabe und die Prüfung der Geometrie und Radiometrie ableiten. Die projektspezifischen Festlegungen finden ihren Niederschlag in dem Formblatt „Spezifikation von Orthophotoprojekten“.

**Summary:** *DIN 18740, the German Industry Standard for “Photogrammetric Products”* for analogous, scanned, directly sensed digital imagery and ortho photos, offers a well defined platform for contractors and purchasers to agree to product criteria and therewith supports the increasing requests for product quality.

Today digital ortho photos are used in multipurpose applications with many different expectations from the user to the end product. For ortho production it is mandatory that specific requirements are well defined to ensure that the needed quality can be reached.

Part 3 of DIN 18740 “Photogrammetric Products”, which was published in October 2003, delivers a precise and flexible method to plan and control the final quality of ortho photo products. Based on principle parameters of ground resolution and required planar ortho photo accuracy, the type of the DTM as well as the characteristics of the ortho photo is defined. Based on requirements to the source data such as images, DTM and orientation, quality criteria for the processing, output and geometric or radiometric quality assessment are described. Project specific parameters are denoted in the attached form “Specification of Ortho Photo Projects”.

---

### 1 Einleitung

Digitale Orthophotos werden heute in einer Vielzahl von Fachgebieten und mit unterschiedlichsten Ansprüchen eingesetzt. Gerade das breite Einsatzspektrum wirft eine

Reihe von Fragen auf: Wie sind die verschiedenen Orthophotoprodukte und die Anforderungen an deren Bildqualität, Geometrie und Richtigkeit zu definieren? Welche Qualitätsanforderungen an die Ausgangsdaten resultieren daraus? Wie kann die Qualität

geplant und geprüft werden? Wie sollte das Verhältnis zwischen Produktions- und Prüfaufwand sein? Die im Oktober 2003 erschienene Norm DIN 18740-3 „Photogrammetrische Produkte Teil 3: Anforderungen an das Orthophoto“ versucht diese und weitere Fragen zu beantworten. Ein erster Bericht über den Entwurf der Norm wurde in SCHWEBEL (2002) gegeben, erste Erfahrungen in WIGGENHAGEN & WISSMANN (2003) veröffentlicht. Die Norm wurde erarbeitet vom Arbeitsausschuss 03.02 „Photogrammetrie und Fernerkundung“ des „Deutschen Institut für Normung e. V.“. Dem Ausschuss gehören Fachleute aus Bereichen von Industrie, Universitäten, Behörden und Dienstleistungsunternehmen an. Die Zielsetzungen des Ausschusses sind in SCHWEBEL (2002) und DIN 2003 beschrieben.

## 2 Terminologie

Normen verlangen eindeutige Definitionen der verwendeten Begriffe. Dass die Orthophoto-Terminologie nicht ganz einfach ist, kommt in verschiedenen Fachbeiträgen (z. B. MAYR 2002 und KRAUS 2002) zum Ausdruck. Da die Definition des Begriffs „Orthophoto“ in DIN 18716-1 (DIN 1995) auf das photographische Bild zielt, war es notwendig, für das digitale Orthophoto eine neue Definition einzuführen. Demgemäß ist ein **digitales Orthophoto** ein *digitales Bild, das geometrisch einer orthogonalen Projektion abgebildeter Objekte auf eine Bezugsfläche entspricht*.<sup>1)</sup>

Mit dieser Definition wird in Übereinstimmung mit KRAUS (2002) ein ideales Orthophoto beschrieben. Das real erzeugbare Orthophoto weicht u. a. in Abhängigkeit vom digitalen Höhen- oder Geländemodell und den verwendeten Algorithmen mehr oder weniger vom idealen Orthophoto ab. Besonders gravierend sind systembedingte Bildverfälschungen (Doppelabbildungen) und Verluste an Bildinformation (sichttote Räume).

Als **Doppelabbildung** wird die *zweifache Abbildung eines Objektes über der Gelände-*

*oberfläche bei geländebezogenen Orthophotos* bezeichnet.

**Sichttoter Raum** ist definiert als *durch Abbildungsgeometrie und Objekte bedingte Verdeckung im Bild*. Ein Orthophoto ohne diese Defekte kommt dem idealen Orthophoto nahe und wird in der Literatur als „true Orthophoto“ bezeichnet.

Ein „true Orthophoto“ setzt voraus:

- ein hochqualifiziertes Höhenmodell einschließlich Gebäude,
- sich mehrfach überdeckende Ausgangsbilder und
- Algorithmen zum Auffinden und Auffüllen sichttoter Räume.

Doppelabbildungen lassen sich nur durch ein qualifiziertes Oberflächenmodell vermeiden. Die Qualität von Orthophotos hauptsächlich nach dem verwendeten Höhenmodell zu beurteilen, wird als nicht ausreichend angesehen.

Für die Qualitätsplanung und Prüfung sind weiterhin folgende Begriffe von Bedeutung:

**Geometrische Auflösung** kennzeichnet die Fähigkeit eines Sensorsystems, Signale von benachbarten Objektstrukturen getrennt zu erfassen (siehe DIN 18716-3). Beim Orthophoto entspricht dies dem kleinsten am Boden zu identifizierenden Objekt.

**Bodenpixel:** Pixel, dessen Dimension auf das Gelände bezogen ist,

**geometrische Restklaffung:** Abstand identischer Objekte im Angrenzungsbereich der Orthophotos,

**radiometrische Differenz:** *Differenz in den Grauwerten identischer Objekte im Angrenzungsbereich benachbarter Orthophotos.*

Die Definitionen in der Norm erheben keinen Anspruch auf absolute „Richtigkeit“. Wesentlich ist, dass sie eindeutig und untereinander stimmig sind.

## 3 Qualitätsplanung

Wie einleitend erwähnt, sind die Anforderungen an Orthophotos sehr unterschiedlich. Eine Norm kann diesem Umstand nur gerecht werden, wenn das Konzept eine fle-

<sup>1)</sup> Zitat aus der Norm in Kursivschrift

xible Qualitätsplanung erlaubt. Demgemäß wurde die Norm nach folgenden Grundsätzen verfasst:

- Die Anforderungen an die *geometrische Auflösung des Orthophotos* und daraus abgeleitet die Größe des Bodenpixels, und an die *geometrische Genauigkeit*, angegeben als Standardabweichung der Lagekoordinaten des Orthophotos, sind voneinander völlig unabhängig;
- Fehler- und Genauigkeitsmaße sind auf das Objektkoordinatensystem bezogen;
- Fehler- und Genauigkeitsmaße für die Eingangsdaten und Prüfkriterien werden von den grundlegenden Parametern abgeleitet;
- Projektorientierte Parameter und Fehlergrenzen (siehe Anhang A „Spezifikation für Orthophotoprojekte“) werden von grundsätzlichen Qualitätsanforderungen (siehe Abschnitt 4 „Allgemeine Anforderungen“) getrennt geführt.

Je nach Anwendungsfall kann z. B. eine hohe Auflösung bei geringem Anspruch an die

Lagegenauigkeit oder hohe Anforderung an beide Eigenschaften verlangt werden.

Die Norm wurde entsprechend dieser Zielsetzung erarbeitet und gliedert sich inhaltlich wie in Tab. 1 dargestellt.

Die für das Orthophoto maßgeblichen Parameter und Festlegungen und die daraus abgeleiteten Größen sind in Tab. 2 zusammengestellt und mit einem Beispiel veranschaulicht.

Neben der geometrischen Auflösung/Bodenpixel, der Standardabweichung und der Bildtiefe ist der Typ des Orthophotos und des Höhenmodells festzulegen. Der Faktor  $n$  in Tab. 2 als das Verhältnis des Bodenpixels des Orthophotos zu Pixelabstand im Ausgangsbild – ebenfalls angegeben im Objektsystem – darf aus Qualitätsgründen nicht kleiner als der Wert 1 sein. Der Faktor  $n$  hat neben dem Qualitätsaspekt auch eine wirtschaftliche Komponente: Je größer  $n$  ist, desto größer muss – bei gleichem Pixelabstand im Bild – der Bildmaßstab sein. Bei gescannten Ausgangsbildern kann der Anwender entweder Bildmaßstab oder Scanauflösung vorgeben. Die abgeleiteten Parameter werden nach den Festlegungen von Abschnitt 4 berechnet. Abweichungen davon, z. B. die Standardabweichung in der Höhe, können in der Projektspezifikation (Anhang A) vereinbart werden.

**Tab. 1:** Aufbau und Inhalt von DIN 18740-3.

<b>Vorwort</b>
<b>1 Anwendungsbereich</b>
<b>2 Normative Verweisungen</b>
<b>3 Begriffe</b>
<b>4 Allgemeine Anforderungen</b>
4.1 Grundlegende Qualitätsparameter
4.2 Analoges Messbild
4.3 Digitales Messbild
4.4 Digitales Höhenmodell
4.5 Digitales Orthophoto
4.6 True Orthophoto
4.7 Digitales Orthophotomosaik
4.8 Digitale Orthophotokarte
4.9 Speicherung und Ausgabe von Orthophotoprojekten
<b>5 Prüfung von Orthophotoprojekten</b>
5.1 Allgemeines
5.2 Prüfung von digitalen Orthophotoprojekten
5.3 Prüfung von analogen Orthophotoprojekten
<b>Anhang A</b> Spezifikation für Orthophotoprojekte
<b>Anhang B</b> Beispiel für die Spezifikation
<b>Anhang C</b> Beispiel eines Prüfberichtes
<b>Stichwortverzeichnis</b>

## 4 Qualitätssicherung

Die Qualitätssicherung umfasst *alle Tätigkeiten, die innerhalb des QM-Systems erforderlich sind, um ausreichendes Vertrauen zu schaffen, dass eine Einheit die Qualitätsforderung erfüllen wird*<sup>2)</sup>. In DIN 18740-3 ist eine Reihe von Prüfungen vorgesehen, die in der Projektspezifikation von Auftraggeber und Auftragnehmer zu vereinbaren sind und in einem Prüfbericht dokumentiert werden können. Die zulässigen Grenzwerte der Prüfgrößen sind in Abschnitt 5 der Norm in Abhängigkeit von den grundlegenden Parametern festgelegt und z. T. in Tab. 2 aufgeführt.

<sup>2)</sup> aus EN ISO DIN 8402: 1995; QM-System bedeutet Qualitätsmanagement-System

Tab. 2: Parameter-gesteuerte Qualitätssicherung.

Qualitätskriterium	Beispiel
<b>Grundlegende Parameter und Festlegungen</b>	
$g_0$ Geometrische Auflösung im Orthophoto	$g_0 = 0,5 \text{ m}$
$s_0$ Größe des Bodenpixels im Orthophoto $0,3g_0 \leq s_0 \leq 0,5g_0$	$s_0 = 0,2 \text{ m}$
$\sigma_{xy}$ Standardabweichung Lage im Orthophoto	$\sigma_{xy} = 0,25 \text{ m}$
Bildtiefe	8 bit
Typ des Orthophotos	entsprechend Höhenmodell
Typ Höhenmodell	Geländemodell mit Punkten und Kanten
$n$ $n = s_0/s_g$ ( $s_g$ georeferenzierter Bildpixelabstand); $n \leq 1$	$n = 1,2$
$s_b$ Pixelabstand im Bild	$s_b = 21 \mu\text{m}$
Kameratyp	Reihenmesskamera
<b>Abgeleitete Parameter</b>	
$M_b$ Bildmaßstab $M_b = n \times s_b / 10\,000 \times s_0$	$M_b = 1:7940$
$h$ Flughöhe $h = c/M_b$	$h = 1215 \text{ m}$
Standardabweichung von aus Orientierungsdaten berechneten Lagepunkten $\leq 0,5\sigma_{xy}$	$\leq 0,125 \text{ m}$
$\sigma_z$ Standardabweichung berechneter Höhenpunkte $\sigma_z \leq 2\sigma_{xy}$ (WW)	$\sigma_z \leq 0,5 \text{ m}$
Restklaffung zwischen benachbarten Orthophotos $\leq 3\sigma_{xy}$	$\leq 0,75 \text{ m}$
Radiometrische Differenz im Schnittlinienbereich	$\leq 5$ Graustufen
<b>Analoge Ausgabe</b>	
$M_a$ Maßstab	$M_a = 1:2500$
$s_d$ Druckraster	$s_d = 65 \text{ L/cm} = 154 \mu\text{m}$
$s_a$ Georeferenzierter Pixelabstand; $s_a > s_0$	$s_a = 0,385 \text{ m}$
<b>Prüfung</b>	
Abweichung GIS-Orthophoto $\leq 3\sigma_{xy}$	$\leq 0,75 \text{ m}$
Abweichung in den Kontrollpunkten $\leq 3\sigma_{xy}$	$\leq 0,75 \text{ m}$

Die geometrische Prüfung umfasst:

- die Überlagerung des Orthophotos mit Karten- oder GIS Daten,
- den Vergleich der georeferenzierten Passpunktkoordinaten im Orthophoto mit den Sollwerten,
- den entsprechenden Vergleich mit Kontrollpunkten und
- bei Orthophotomosaiken die Messung von Restklaffungen.

Der Umfang der Prüfung der Orthophotos sollte zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer in Relation zum Produktionsaufwand in der Projektspezifikation vereinbart werden. Ein wichtiger Parameter dabei ist die Anzahl der Kontrollpunkte. In der Norm ist hierfür ein Wert von  $4\sqrt{n}$  vorgegeben; bei einem Block von z. B. 60 Bildern bedeutet dies 31 Kontrollpunkte im Block oder 0,5 Kontrollpunkte pro Bild. Sollte dies

zu viel oder zu wenig sein, kann in der Projektspezifikation eine andere Zahl von Kontrollpunkten vereinbart werden.

Die Wirksamkeit der Prüfverfahren wurde in WIGGENHAGEN & WISSMANN (2003) eindrucksvoll nachgewiesen.

## 5 Normreihe DIN 18740 „Photogrammetrische Produkte“

Die Norm „Anforderungen an das Orthophoto“ ist ein Teil der Normreihe „Photogrammetrische Produkte“. Diese umfasst:

- Teil 1: „Anforderungen an Bildflug und analoge Luftbilder“ (2001-11),
- Teil 2: „Anforderungen an das gescannte Luftbild“ (Entwurf 2004-5),
- Teil 3: „Anforderungen an das Orthophoto“ (2003-10) und
- Teil 4: „Anforderungen an das digitale Luftbild“ (in Bearbeitung).

Eine Kurzbeschreibung der Normteile 1 bis 3 und die zugehörigen Formblätter für die Projektspezifikationen sind unter [www.dgpf.de/Normungsvorhaben](http://www.dgpf.de/Normungsvorhaben) aufgeführt.

Teil 4 definiert Qualitätsstandards für digitale Zeilen- und Flächenkameras und die damit direkt erzeugten digitalen Luftbilder.

Generell gilt, dass Normen Empfehlungen sind und in der Regel nicht per Gesetz, sondern auf Grund von Verwaltungsvorschriften oder von Verträgen zwischen Auftraggebern und Auftragnehmern angewendet werden. Die Normreihe „Photogrammetrische Produkte“ bietet den Vertragspartnern die Chance, komplexe Sachverhalte auf einer technisch einwandfreien und flexiblen Basis zu regeln. Dabei können nicht nur die Normen als Ganzes, sondern auch Teile davon zur Anwendung kommen. Die Anwendung als Ganzes wird favorisiert und durch die weitgehende Parametrisierung ermöglicht.

## 6 Literatur

- DIN, 1997: DIN 18716-3-1997 Photogrammetrie und Fernerkundung – Teil 3: Begriffe der Fernerkundung. – Beuth-Verlag, Berlin
- DIN, 2001: DIN 18740-1 Photogrammetrische Produkte – Teil 1 Anforderungen an Bildflug und analoges Luftbild. – Beuth-Verlag, Berlin.
- DIN, 2003: E DIN 18740-2 Photogrammetrische Produkte – Teil 2 Anforderungen an das gescannte Luftbild. – Beuth-Verlag, Berlin.

- DIN, 2003 Produktinformationen DIN 18740 Photogrammetrische Produkte – [www.dgpf.de/Normungsvorhaben](http://www.dgpf.de/Normungsvorhaben)
- KRAUS, K., 2002: Zur Orthophoto-Terminologie. – Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation **2002** (6): 451–452
- MAYR, W., 2002: Bemerkungen zum Thema „True Orthoimage“. – Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation **2002** (4): 237–244
- SCHWEBEL, R., 2002: DIN Norm – Entwurf für digitale Orthophotos. – Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation **2002** (4): 304–305
- SCHWEBEL, R., 2002: Deutsche Normung in Photogrammetrie und Fernerkundung aus der Sicht von DIN. – Vortrag DGPF Jahrestagung Neubrandenburg 2002, Bd. 11.
- WIGGENHAGEN, M. & WISSMANN, U., 2003: Untersuchungen zur Prüfung digitaler photogrammetrischer Produkte nach DIN 18740. – Vortrag DGPF Jahrestagung Bochum 2003, Bd. 12.

Anschrift des Verfassers:

Dr. REINER SCHWEBEL  
Reuchlinstr. 3, 73431 Aalen  
Tel./ Fax: 07361-3 18 68  
e-mail: [reiner.schwebel@t-online.de](mailto:reiner.schwebel@t-online.de)

Manuskript eingereicht: Juni 2004  
Angenommen: Juni 2004