

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Erfassung und Monitoring von Bäumen und
Waldbeständen anhand digitaler Luftbildaufnahmen
Planung und Durchführung digitaler Bildflüge
Survey and monitoring of trees and forest stands
by means of aerial images
Design and procedure of digital image surveys

VDI 3793
Blatt 3 / Part 3

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Der Entwurf dieser Richtlinie wurde mit Ankündigung im Bundesanzeiger einem öffentlichen Einspruchsverfahren unterworfen.

The draft of this standard has been subject to public scrutiny after announcement in the Bundesanzeiger (Federal Gazette).

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Inhalt	Seite
Vorbemerkung	2
Einleitung	2
1 Anwendungsbereich	2
2 Begriffe	4
3 Abkürzungen	7
4 Kameratechnische Grundlagen	8
4.1 Kamerasysteme	8
4.2 Bewegungsunschärfen	9
4.3 Kameraauswahl	9
4.4 Belichtung	10
5 Bildflugplanung und -durchführung	10
5.1 Zeitraum des Bildflugs	10
5.2 Technische Rahmenbedingungen	11
5.3 Anforderungen an die Bildqualität	16
6 Abnahme und Speicherung von Bildflugdaten	17
6.1 Bildflugdokumentation	17
6.2 Elemente der äußeren Orientierung	18
6.3 Bildformate	18
6.4 Radiometrische Auflösung	18
6.5 Dateibezeichnungen	18
6.6 Metadaten	19
6.7 Testbilder	19
6.8 Lieferung und Überprüfung von Bildflugdaten	20
6.9 Datenmanagement und -sicherung	21
6.10 Datensicherung und Aufbewahrungsfrist bei der Bildflugfirma	22
7 Aufbereitung und Auswertung digitaler Luftbilddaten	22
7.1 Bildorientierung	22
7.2 Aus Luftbildern abgeleitete Produkte	23
7.3 Auswertung von Luftbilddaten	24
Schrifttum	28

Contents	Page
Preliminary note	2
Introduction	2
1 Scope	2
2 Terms and definitions	4
3 Abbreviations	7
4 Principles of camera technology	8
4.1 Camera systems	8
4.2 Motion blur	9
4.3 Camera selection	9
4.4 Exposure	10
5 Planning and conducting aerial surveys	10
5.1 Aerial survey flight timing	10
5.2 Technical parameters	11
5.3 Image quality requirements	16
6 Acceptance and storage of aerial survey data	17
6.1 Documentation of aerial survey flights	17
6.2 Elements of absolute orientation	18
6.3 Image formats	18
6.4 Radiometric resolution	18
6.5 File names	18
6.6 Metadata	19
6.7 Test images	19
6.8 Delivery and acceptance testing of aerial survey data	20
6.9 Data management and data backup	21
6.10 Data backup and retention period at the aerial survey company	22
7 Processing and evaluation of digital aerial image data	22
7.1 Image orientation	22
7.2 Products derived from aerial images	23
7.3 Evaluation of aerial image data	24
Bibliography	28

VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) – Normenausschuss
Fachbereich Umweltqualität

VDI-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 1a: Maximale Immissions-Werte

Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen (www.vdi.de/richtlinien), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter www.vdi.de/3793.

Einleitung

Luftbildaufnahmen sind ein bewährtes Hilfsmittel zur Dokumentation des Zustands von Wäldern und Vegetationsbeständen sowie zur Überwachung von Zustandsveränderungen (Monitoring) im Rahmen von administrativen, wirtschaftlichen, rechtlichen und wissenschaftlichen Aufgaben [1]. Bildflüge mit analoger Aufnahmetechnik werden praktisch nicht mehr durchgeführt. Es werden digitale Aufnahmetechniken eingesetzt, was die Festlegung entsprechender Qualitätsstandards in der vorliegenden Richtlinie notwendig macht.

Die digitale Luftbildaufnahme und die digitalen Auswertetechniken vereinfachen und automatisieren viele Arbeitsschritte der Bildprozessierung insbesondere im Bereich der Fotogrammetrie. Dabei müssen Grundlagen und Rahmenbedingungen berücksichtigt werden.

Die vorliegende Richtlinie bezieht sich ausschließlich auf die Aufnahme von Luftbildern mit digitalen Luftbildkameras für die Erfassung von Bäumen und Waldbeständen. Deren Aufbereitung und Auswertung in einer weitgehend digitalen Arbeitsumgebung ist Gegenstand der Richtlinie VDI 3793 Blatt 4.

Für analoge Luftbilder (z.B. aus Archivbeständen) gelten VDI 3793 Blatt 1 und Blatt 2 weiterhin in vollem Umfang.

1 Anwendungsbereich

Der Hauptzweck dieser Richtlinie ist die Beschreibung der Durchführung digitaler Bildflüge zur Erhebung umfassender Informationen über Grad und räumliche Verteilung von Schädigungen an Waldbäumen und -beständen. Grundsätzlich sind

Preliminary note

The content of this standard has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the standard VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this standard without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions (www.vdi.de/richtlinien) specified in the VDI Notices.

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this standard.

A catalogue of all available parts of this series of standards can be accessed on the Internet at www.vdi.de/3793.

Introduction

Aerial images are an approved tool for documenting the current condition of forests and vegetation stands and for monitoring changes in their condition for administrative, economic, legal and scientific purposes [1]. Hardly any aerial surveys are now carried out using analogous camera technology. Today, digital camera systems are used and this necessitates the definition of corresponding quality criteria in the present standard.

Digital aerial photography and digital analysis technologies facilitate and automate a great number of image processing steps, in particular in the field of photogrammetry. However, they require basic principles and framework conditions to be taken into consideration.

This standard deals exclusively with digital aerial photography for the purpose of gathering information on trees and forest stands. Processing and evaluation of the images in a mainly digital working environment is specified in VDI 3793 Part 4.

VDI 3793 Part 1 and Part 2 still apply in full to analogue aerial images (as are found in archives, for example).

1 Scope

The main purpose of this standard is to describe the digital aerial survey procedure for gathering comprehensive information on the extent and spatial distribution of damage to forest trees and forest stands. Essentially, the specifications of this stand-

die Vorgaben der Richtlinie auch übertragbar auf andere Gehölzformationen außerhalb des Walds, z.B. Stadtbaumbestände oder Streuobstwiesen.

Die klassischen Ursachen von Vegetationsschäden sind Insektenkalamitäten oder Luftverunreinigungen. Witterungsbedingte Schädigungen werden als Folge der Klimaveränderung künftig eine immer stärkere Rolle spielen. Dazu gehören physiologischer Stress und mechanische Schäden, aber auch die gesteuerte oder autonome Anpassung von Ökosystemen an die sich ändernden klimatischen Bedingungen. Die Grundlagen für eine präzise Dokumentation von Zustandsänderungen durch digitale Luftbilder werden mit der Richtlinie gelegt.

Schädigungen an Vegetation manifestieren sich einerseits in Strukturveränderungen, z.B. von Baumkronen, und andererseits in Veränderungen der spektralen Rückstreuung durch Blattschädigungen. Für die Erfassung von differenzierenden Strukturmerkmalen ist eine ausreichende Bodenauflösung des Luftbilds erforderlich. Die schadens-typische Veränderung im Reflexionsverhalten ist in den einzelnen Spektralbereichen charakteristisch unterschiedlich (Bild 1).

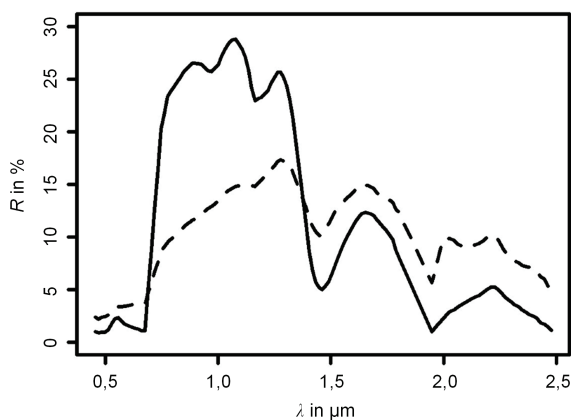


Bild 1. Reflexionskurven geschädigter und ungeschädigter Waldbestände (Kurven abgeleitet aus flugzeuggetragenen HyMap-Daten, siehe [2])

— ungeschädigter Fichtenbestand mit Laubholzanteilen
 - - - - - geschädigter Fichtenbestand (Borkenkäferbefall)

Die spektrale Reaktion von Vegetation auf Schädigungen kann nur durch mehrkanalige Aufnahmen, bei denen auch der Spektralbereich des nahen Infrarots (von circa 0,7 μm bis 1,0 μm) aufgezeichnet wird, adäquat erfasst werden.

Die Richtlinie wendet sich an Experten und Praktiker, die mit luftbildgestützten Inventuraufgaben in Wäldern betraut sind. Sie findet Anwendung in öffentlichen wie privaten Forstverwaltungen, Um-

und are also applicable to other wood vegetation formations beside forests, e.g. tree stands in cities or meadow orchards.

Both in the past and now, the main causes for damage to plants and trees were and still are insect calamities or air pollution. However, in future damage caused by the weather as a result of climate change will play an increasingly important role. Climate change leads not only to physiological stress and mechanical damage but also to controlled or autonomous adaptation of ecosystems to changing climatic conditions. This standard lays the foundation for precise documentation of changes to the forests' condition by means of digital aerial photography.

Damage to vegetation becomes apparent in the form of structural changes, e.g. of tree crown structures, as well as in the form of changes in the spectral backscattering caused by leaf damage. Recording of differentiating structural characteristics requires a sufficient ground sample distance of the aerial image. Characteristically, typical changes in the reflection behaviour resulting from damage are different in each individual range of the spectrum (Figure 1).

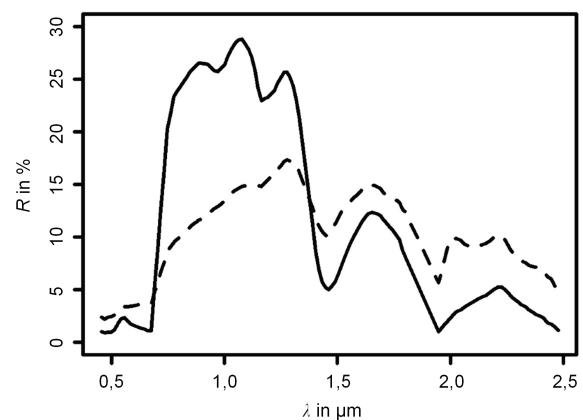


Figure 1. Reflection curves of undamaged and damaged forest stands (curves adapted from airborne HyMap data, see [2])

— undamaged stand of spruce trees mixed with some broad-leaved trees
 - - - - - damaged stand of spruce trees (bark beetle infestation)

The spectral reaction of vegetation to damage can only be adequately measured by means of multi-channel images which also record the near-infrared spectrum (between approximately 0,7 μm and 1,0 μm).

This standard is mainly directed towards experts and other persons entrusted with practical aerial-image-supported forest inventory tasks. It is applied in public and private forest management and

welt- und Planungsbehörden sowie bei Dienstleistern auf den Gebieten Waldinventur, Vegetationskartierung und Landschaftsökologie. Verwandte Fachgebiete können von den grundlegenden Informationen der Richtlinie ebenfalls profitieren.

Die digitale Technik der Luftbildaufnahme ist gekennzeichnet durch eine rasche technologische Weiterentwicklung sowohl der Aufnahmesysteme als auch der Auswerteverfahren. Es besteht ein breites, sich fortlaufend erneuerndes Angebot an Luftbildkameras, Aufnahmeverfahren und Bildprodukten, das Technologievergleiche und Standardsetzungen erschwert.

Diese Richtlinie bezieht sich auf digitale Luftbildkameras, die sich für die Erfassung und Kartierung von Veränderungen oder Schäden an Waldvegetation eignen. Es werden nur geometrisch und radiometrisch kalibrierte, groß- und mittelformatige Matrixkameras sowie Zeilenkameras, in der Regel zusammen mit kinematischer Positionsbestimmung, behandelt.

by environmental and planning authorities as well as by forest inventory, vegetation mapping and landscape ecology service providers. Related disciplines may also profit from the basic information provided in this standard.

The technology of digital aerial photography is characterised by the rapid evolution of recording technology and of processing and interpretation procedures. A broad range of steadily improving digital aerial cameras, recording techniques and image products is available on the market and this makes it difficult to compare technologies and to define standards.

This standard deals with digital aerial cameras suitable for recording and mapping changes in or damage to forest vegetation. Only large and medium-format matrix cameras with geometric and radiometric calibration as well as line scan cameras, generally in combination with kinematic positioning, are discussed here.