



Hinweise zur Nutzung digitaler Kriegsluftbilder bei der Verdachtsflächenerfassung in Nordrhein-Westfalen

[LANUV-Arbeitsblatt 11](#)



**Hinweise zur Nutzung digitaler Kriegsluftbilder
bei der Verdachtsflächenerfassung in Nordrhein-Westfalen**

LANUV-Arbeitsblatt 11

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

Recklinghausen 2009

IMPRESSUM

- Herausgeber: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW)
Leibnizstraße 10, 45659 Recklinghausen
Telefon 02361 305-0
Telefax 02361 305-3215
E-Mail: poststelle@lanuv.nrw.de
- Bearbeitung: Prof. Dr. Carsten Jürgens, Prof. (em.) Dr. Jürgen Dodt,
Dr. Andreas Redecker
Arbeitsgruppe Geomatik, Fakultät für Geowissenschaften,
Ruhr-Universität Bochum
- Projektleitung und
Redaktion: Bernhard Goldschmidt (LANUV NRW)
- Bildnachweis: Archiv digitalisierter Kriegsluftbilder zur Verdachtsflächen-Erfassung,
Alle Rechte: RCAHMS, Royal Commission on the Ancient and Historical Monuments of Scotland
- ISSN: 1864-8916 LANUV-Arbeitsblätter
-
- Informations-
dienste: Informationen und Daten aus NRW zu Natur, Umwelt und
Verbraucherschutz unter
• www.lanuv.nrw.de
Aktuelle Luftqualitätswerte zusätzlich im
• WDR-Videotext Tafeln 177 bis 179
- Bereitschafts-
dienst: Nachrichtenbereitschaftszentrale des LANUV NRW
(24-Std.-Dienst): Telefon 0201 714488
- Nachdruck – auch auszugsweise – ist nur unter Quellenangaben und Überlassung von
Belegexemplaren nach vorheriger Zustimmung des Herausgebers gestattet.
Die Verwendung für Werbezwecke ist grundsätzlich untersagt.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
1 Vorbemerkung	5
2 Digitale Kriegsluftbilder NRW – Herkunft und Bildtypen.....	5
3 Grundlegende Eigenschaften der digitalen Kriegsluftbilder.....	7
3.1 Entstehung des digitalen Luftbildbestandes	7
3.2 Photographische Eigenschaften	8
3.3 Geometrische Eigenschaften	9
4 Zur Auswertbarkeit und Auswertung	12
4.1 Zur analogen Bildauswertung	12
4.2 Zur digitalen Bildauswertung	14
5 Anforderungen: Hard- und Software-Ausstattung	16

1 Vorbemerkung

Ausführlichere Informationen über die Herkunft, Eigenschaften und Nutzungsmöglichkeiten digitaler Kriegsluftbilder von Nordrhein-Westfalen sind vom Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (LUA NRW) in dem als Band 22 der Schriftenreihe „Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz“ 2006 herausgegebenen Leitfaden „Digitale Kriegsluftbilder NRW. Hinweise zur Nutzung bei der Altlastenerfassung“ (nachfolgend: MALBO 22) veröffentlicht worden. Der Leitfaden kann auf den Internetseiten des LANUV NRW herunter geladen werden (<http://www.lanuv.nrw.de/veroeffentlichungen/malbo/malbo22/malbo22start.htm>).

2 Digitale Kriegsluftbilder NRW – Herkunft und Bildtypen

Die derzeit *erschlossenen* und für die Altlastenerfassung über das LANUV NRW, Fachbereich 32 *zugänglichen* rund 275.000 Kriegsluftbilder von NRW gehen zurück auf Aufnahmen, die im Rahmen strategischer Aufklärungsflüge der *Royal Air Force* (RAF) sowie der US-amerikanischen *Air Force* (vor allem *8th USAAF*) von August 1939 bis November 1945 entstanden sind. Sie wurden ausschließlich in Form von Kontaktkopien, d.h. 1:1-Papierabzügen, überliefert und stammen aus zwei Archiven:

1. *The Aerial Reconnaissance Archives* (TARA, vormals: *Air Photo Library*) an der *University of Keele*, Staffs/GB, seit Sommer 2008 in Edinburgh bei der *Royal Commission on the Ancient and Historical Monuments of Scotland*
2. der Luftbildsammlung des niederländischen *Topografischen Dienstes* (TD) in Emmen¹.

Aufnahmetechnisch handelt es sich bei den NRW-Kriegsluftbildern um Bildmaterial, das durchgehend analog *photographisch* mit schwarzweiß-panchromatischem Luftbildfilm (in den Formaten 13 x 13 cm, 13 x 18 cm, 18 x 23 cm, 23 x 23 cm) aufgenommen wurde. Nach der *Aufnahmegeometrie* sind im Wesentlichen zwei Bildtypen zu unterscheiden:

1. Senkrecht-Reihen(mess)bilder, die mit nur geringfügig vom Lot abweichender Kameraachse (i.d.R. maximal $\pm 4^\circ$) aufgenommen wurden,
2. sogen. *split verticals*, d.h. Bilder, die mit zwei synchron geschalteten, divergierend um $> 5^\circ$ nach außen geneigten Kameras aufgenommen wurden und damit in jedem Fall nicht mehr den in DIN 18470 genannten Kriterien für Senkrechtbilder genügen, sondern als *divergente Steilbilder* anzusehen sind (s. ausführlicher MALBO 22, insbesondere Anhang III.2.2 sowie die Abb.10 und 11).

¹ Dieser Bildbestand ist für NRW erst jüngst (2007/08) erschlossen und in die BOMPIC-Datenbank integriert worden. Er wird in MALBO 22 zwar nicht behandelt; die im Leitfaden erläuterten Merkmale und Besonderheiten von Kriegsluftbildern (Kap. 4.3. und 4.4 sowie Anhänge III und IV) sowie die Hinweise zur Bildauswertung (Kap. 5 und 6 sowie Anhang V) treffen allerdings uneingeschränkt auch auf den „Emmen-Bildbestand“ zu.

Im NRW-Kriegsluftbildbestand dominieren eindeutig die *split verticals*; sie machen deutlich über 85 %, die Senkrecht-Messbilder demgegenüber noch nicht einmal 10 % der derzeit zugänglichen Luftbilder aus. In der Auswertungspraxis sind die beiden Bildtypen in aller Regel über die fortlaufende Bildnummerierung auf der Bildrandleiste wie folgt zu unterscheiden (s. ausführlicher MALBO 22, Anhang III.2.4, S. 51 – 54):

- bei Senkrechtaufnahmen / Reihenmessbildern = erste Ziffer 5 (5.xxx), gelegentlich auch 7 (7.xxx)
- bei *split vertical*-Aufnahmen backbord / Steilbildern = erste Ziffer 1 oder 3 (1.xxx / 3.xxx)
- bei *split vertical*-Aufnahmen steuerbord / Steilbildern = erste Ziffer 2 oder 4 (2.xxx / 4 xxx)

3 Grundlegende Eigenschaften der digitalen Kriegsluftbilder

3.1 Entstehung des digitalen Luftbildbestandes

Um die Kriegsluftbilder und speziell die digitalen Bilder in ihren photographischen und geometrischen Eigenschaften realistisch-sachgerecht einzuschätzen, sind zwei Sachverhalte zu beachten:

1. Die digitalen Kriegsluftbilder von NRW sind *keine* „Primäraufnahmen“, d.h. keine ursprünglichen digital aufgenommenen Datensätze, sondern sie sind durch das Scannen analoger Vorlagen abgeleitet worden, wobei es sich beim Großteil der Scanvorlagen, nämlich bei mehr als 90 % des derzeitigen NRW-Gesamtbestands, auch nicht um Abzüge von den Originalfilmen handelt, sondern um Kopien der Original-Kontaktkopien in Form von Duplikat-Negativen, also um Vorlagen der „2. Bildgeneration“ (s. Abb. 1).
2. Als „frühes“ historisches Bildmaterial sind die Kriegsluftbilder unter Rahmenbedingungen entstanden, die nur mit einigen Abstrichen den Qualitätsstandards jüngerer Luftbildaufnahmen zu entsprechen vermögen. Dies gilt vor allem für die Bildflüge selbst und für die Bildaufbereitung, bedingt allerdings auch für die Kameras und Filme (s. MALBO 22, Kap. 4 und Anhang III).

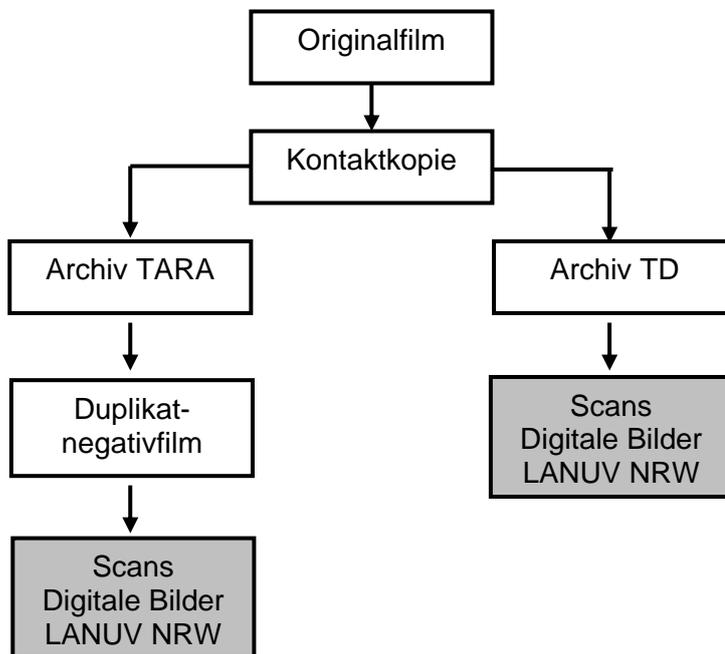


Abbildung 1: Überlieferung der Kriegsluftbilder und Entstehung der Scans

3.2 Photographische Eigenschaften

Gemessen an der Qualität heutiger (digitaler) Senkrecht-Luftbilder weisen viele der (digitalen) Kriegsluftbilder photographisch-radiometrisch mehr oder minder schwerwiegende Unzulänglichkeiten und Mängel auf. Ohne im Einzelnen auf die unterschiedlichen und vielfältigen Ursachen dieser Mängel sowie deren komplexes Zusammenwirken einzugehen (s. dazu MALBO 22, Kap. 4.4, hier auch Beispiele), seien die folgenden für das Bildmaterial typischen Merkmale genannt:

- Kontrastminderung: durchgehend oder in Teilbereichen der Bilder nur schwach ausgeprägte Kontraste („flaue“, unscharf erscheinende Bilder)
- durchgehend „dunkel-unterbelichtete“ bzw. „hell-überbelichtete“ Bilder oder „systematische“ Grauwertveränderungen (z.B. Abnahme oder, für viele Kriegsluftbildkopien typisch, Zunahme der Helligkeit zu den Bildrändern hin)
- voll ausgeleuchtete, (sehr) hell-„überstrahlende“, d.h. überbelichtet und damit undifferenziert erscheinende Bildpartien
- nur schwach oder nicht ausgeleuchtete, d.h. unterbelichtet und damit ebenfalls undifferenziert erscheinende Bildpartien im Bereich von Wolkenschatten bzw. Schlag Schatten höherer Objekte
- Wolken oder dichte Dunstschleier, Rauch und Qualm von Bränden decken das Bild oder (größere) Bildpartien komplett ab

Klammert man die letztgenannten Bilder aus, in denen die Geländesicht ganz oder teilweise versperrt ist, so führen die übrigen vorgenannten Unzulänglichkeiten und Mängel zu – unter Umständen ganz erheblichen – Beeinträchtigungen und Einschränkungen der Detail- bzw. Objekterkennbarkeit und damit der Auswertbarkeit der betreffenden Bilder. Hinzu kommt das generell gegenüber heutigen Luftbildern geringere Auflösungsvermögen des in den Kriegsjahren verfügbaren Filmmaterials/ Photopapiers sowie der eingesetzten Kameras/Kameraobjektive.

Damit trotz der möglichen photographischen Unzulänglichkeiten bei der Auswertung der Kriegsluftbilder zur Verdachtsflächenerfassung mit angemessenem Zeitaufwand hinreichend zuverlässige Ergebnisse erzielt werden können, ist bei einem Großteil der Bilder *vorab* eine gezielte, d.h. auf die spezifischen Eigenschaftsausprägungen des jeweiligen Bildmaterials abgestimmte *Verbesserung* der photographischen Qualität nicht nur empfehlenswert, sondern letztlich unabdingbar.

3.3 Geometrische Eigenschaften

Auch wenn im ersten Vergleich von „Standard“-Senkrechtluftbild und Karte normalerweise keine grundlegenden Unterschiede in der geometrischen Wiedergabe des Geländegrundrisses auffallen: Selbst in heutigen, nach DIN 18740-1 aufgenommenen Luftbildern ist die Geländewiedergabe, bedingt durch die Zentralperspektive der Aufnahme, im Regelfall „fehlerhaft“: Sie weist – mehr oder minder ausgeprägte – bildinterne Maßstabsschwankungen und Punktverlagerungen auf. Eine Luftbild-Kartierung durch einfaches „Hochzeichnen“ von Objekten auf Folie oder mittels einfacher Punktübertragungstechniken (Lineal, Zirkel, Papierstreifen) würde daher in praktisch allen Fällen Lagefehler aufweisen, die namentlich bei größermaßstäbigen Kartierungen in (u.U. sehr empfindlichen) geometrischen Ungenauigkeiten der Ergebniskarten resultieren.

Dieser Tatbestand trifft auf Kriegsluftbilder in besonderem Maße zu, denn zum einen handelt es sich, wie oben unter 2 erwähnt, ganz überwiegend nicht um Senkrecht-, sondern um Steilbilder, und zum anderen sind sowohl die Senkrecht- als auch die Steilbilder unter den kriegsspezifischen Flug- und Aufnahmebedingungen durch (oft sehr viel) stärkere Abweichungen von den „Ideal-/Normal“flugbedingungen für Senkrecht- bzw. divergente Steilaufnahmen charakterisiert (s. MALBO 22, Kap. III.4.3). Für die Auswertungspraxis folgt hieraus – und für *split verticals* i.d.R. noch ausgeprägter als für Senkrechtbilder (s. MALBO 22, Kap. 4.3 und Anhang III.4 sowie Abb. 2 und 3):

- Kriegsluftbilder haben keinen einheitlichen, glatten *Maßstab*, sondern der Bildmaßstab *variiert* bildintern; er ist höhen- und neigungsabhängig gleitend.
- Geländepunkte und damit -objekte werden je nach Höhenlage im Bezug zum Höhenniveau des Bildhaupt(mittel)punktes sowie je nach Abstand vom Bildmittelpunkt und je nach Neigung des Flugzeugs gegenüber ihrer tatsächlichen Geländeposition „verlagert“, also nicht koordinatengenau, sondern *verzerrt-fehlerhaft* abgebildet.
- Das *Ausmaß der Verzerrung*, d.h. der *Maßstabsschwankungen* und der *Punktverlagerungen*, ist proportional zu den Höhendifferenzen im aufgenommenen Geländeausschnitt, zur Entfernung der Geländepartien vom Bildmittelpunkt sowie zum Ausmaß der Flugzeug- und damit der Kameraneigung(en): Je stärker Punkte in ihrem Höhenniveau von dem des Bildmittelpunktes abweichen und je weiter sie vom Bildmittelpunkt entfernt liegen, desto stärker werden sie entlang radialer Strahlen zum Bildrand oder aber zum Bildmittelpunkt hin verlagert (radialer Punktversatz). Je mehr die Kameraachse bei der Aufnahme vom Lot abweicht, desto größer ist das Ausmaß der Punktverlagerung in Richtung der Achsenneigung (neigungsbedingter Punktversatz) wie auch die Abnahme des Maßstabs.

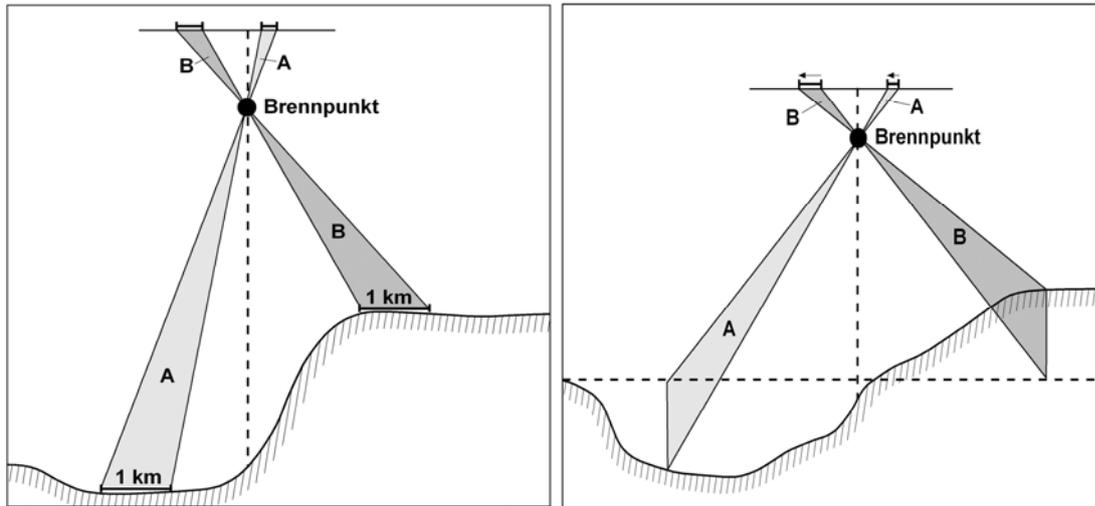


Abbildung 2: Zur Geometrie von Kriegsluftbildern – Objektbedingte Abbildungsfehler (Abbildungen aus MALBO 22, S. 58 und 59)

Abbildung 2a (links) verdeutlicht die Abhängigkeit des Bildmaßstabs von den Höhenverhältnissen im Gelände: Höhere Geländepartien werden in größerem Maßstab (= längere Strecke in der Abbildung), tiefere in kleinerem Maßstab (= kürzere Strecke in der Abbildung) wiedergegeben.

Abbildung 2b (rechts) zeigt, dass Geländepunkte über dem durch den Bildhaupt-(Mittel-)punkt definierten Bezugsniveau des Luftbilds liegen, entlang radialer Strahlen vom Hauptpunkt (Brennpunkt) weg in Richtung der Bildränder und tiefer gelegene Bildpunkte – ebenfalls entlang radialer Strahlen – zum Bildhauptpunkt hin verlagert werden.

Aus den vorgenannten geometrischen Eigenschaften von Luftbildern und in besonderer Ausprägung von Kriegsluftbildern folgt: Wenn kontaminationsverdächtige Altanlagen oder Altablagerungen (z.B. Bombentrichter als Verfüllungsorte) mittels Kriegsluftbildern kartiert, d.h. in ihrer Lage koordinatenscharf erfasst werden sollen/müssen, dann erfordert eine solche Kartierung nachgerade zwingend eine *Entzerrung* des Luftbildmodells, d.h. die Korrektur der geometrisch-topographischen Abbildungsfehler. Ohne eine angemessene Bildentzerrung/-korrektur muss bei der Kartierung mit Lagefehlern gerechnet werden, die im Rahmen der Gefährdungsabschätzung bei der Geländebeprobung zu höchst „kritischen“ Ungenauigkeiten und Fehlern führen (können). Nur bei einer schlichten visuell-„qualitativen“ Auswertung von Kriegsluftbildern, wenn es allein um die Überprüfung von Sachverhalten/Objekten geht, die aus anderen Quellen, z.B. Bau-/Betriebsplänen, bekannt sind, werden die spezifischen geometrischen Eigenschaften der Kriegsluftbilder kaum eine Rolle spielen.

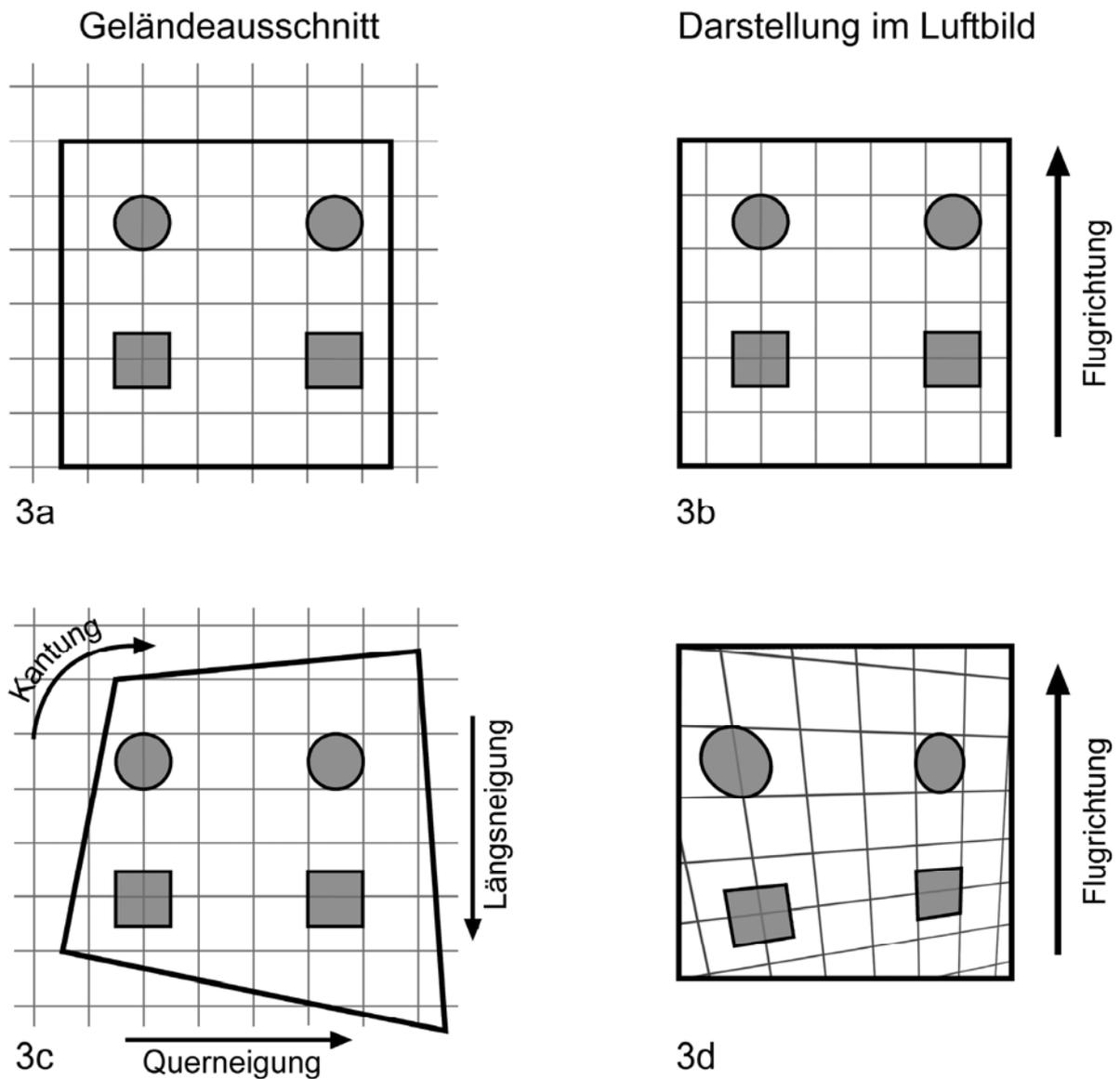


Abbildung 3a-3d: Zur Geometrie von Kriegsluftbildern – Aufnahmebedingte Abbildungsfehler

Ein mehr oder weniger ebener Geländeausschnitt (Abb. 3a mit Gitternetz und – beispielhaft – Rechtecken und Kreisen) wird in einem Senkrechtsbild maßstäblich praktisch unverzerrt abgebildet (s. Abb. 3b). War das Flugzeug als Aufnahmeplattform – und damit auch die Kamera – im Moment der Aufnahme gegenüber der Flugrichtung gedreht (Kantung) sowie in der „Flügel-“ bzw. „Rumpf“achse geneigt (= Längsneigung und Querneigung, hier: Neigung des Bugs und des linken Flügels nach unten), dann deckt die Aufnahme ein unregelmäßiges, trapezartiges Geländeviereck ab (Abb. 3c). Diese Aufnahme wird verständlicherweise aber im Film- und damit im Bild als Quadrat oder Rechteck aufgezeichnet und wiedergegeben: Dementsprechend weist sie zwangsläufig, wie Abb. 3d verdeutlicht, mehr oder minder deutliche „Stauchungen“ bzw. „Spreizungen“ auf, d.h. geometrische Verzerrungen der Abbildung des aufgenommenen Geländeausschnitts und der Geländeobjekte. Zudem variiert, wie leicht ersichtlich, der Maßstab in beiden Neigungsrichtungen.

4 Zur Auswertbarkeit und Auswertung

4.1 Zur analogen Bildauswertung

Grundsätzlich ist es natürlich möglich, die digitalen Kriegsluftbilder wie „konventionelle“ Luftbild-Kontaktabzüge *analog* nicht nur monoskopisch, sondern auch stereoskopisch als dreidimensionales Geländemodell auszuwerten und auch analog Verdachtsbereiche zu kartieren. Die hierfür notwendigen Geräte sind mit ihren Leistungsmerkmalen und Einsatzmöglichkeiten in älteren Veröffentlichungen des LUA NRW beschrieben worden, darunter zuletzt 2003 im Kap. III.3 des MALBO Bandes 18 „Kriegsbedingte Kontaminationsanteile auf altlastverdächtigen Standorten. Ein praxisbezogener Erfassungsansatz bei Standortrecherchen“ (<http://www.lanuv.nrw.de/veroeffentlichungen/malbo/malbo18/malbo18start.htm>).

Wenn die digital bereitgestellten Kriegsluftbilder analog analysiert und auf der Grundlage dieser Bildanalyse kontaminationsverdächtige Bereiche kartiert werden sollen, müssen verständlicherweise die durch das Scannen analoger Vorlagen gewonnenen digitalen Bilddatensätze wieder in analoge Papier- oder Diapositiv-Vorlagen „rück“-gewandelt, genauer: umgewandelt werden. Dabei ist grundsätzlich zu bedenken, dass jede (weitere) Reproduktion einer Luftbildvorlage auch (weitere) mehr oder weniger nachhaltige geometrische und/oder photographisch-radiometrische Qualitätseinbußen hervorruft.

Dies gilt auch für die „Rückwandlung“ der digitalen Bilddatensätze in analoge Bildvorlagen: Werden die analogen Bilder auf der Grundlage von Scans des TARA-Bestands hergestellt, handelt es sich immerhin bereits um die 3. Bildgeneration und bei Bildern auf der Grundlage von Scans des TD-Bestands auch um die 2. Bildgeneration (s.o. 3.1 und Abb. 1). Mit anderen Worten: Wertet man digital vorliegende Datensätze von Kriegsluftbildern analog aus, läuft man Gefahr, mit Bildmaterial zu arbeiten, das qualitativ über das „Standard“-Ausmaß hinausgehend beeinträchtigt ist und mit dem meistens auch nur entsprechend eingeschränkte(re) Ergebnisse erzielt werden können.

Sollen die digitalen Luftbild-Datensätze der 2. bzw. 3. Kriegsbildgeneration trotzdem analog als Papiervorlagen ausgewertet werden, dann sind die folgenden Punkte zu beachten:

- Um bestmögliche Ergebnisse zu erzielen, müssen die Bilder – wie generell bei der Verdachtsflächenkartierung – stereoskopisch analysiert und mit entsprechenden Umzeichengeräten „auskartiert“ werden (s.o. Kap. 3.3).
- Die analogen Bildkopien sind im Originalformat, d.h. in Bildvorlagen bis zu 23 cm x 23 cm (s.o. Kap. 2) auszuwerten, da sich mit jeder durch Bildverkleinerung bedingten Maßstabsreduzierung auch die Detail- und damit die Objekterkennbarkeit reduziert.
- Um die bei der erneuten Reproduktion unvermeidlichen Qualitätsbeeinträchtigungen einzuschränken, muss eine möglichst hohe Reproduktionsqualität erreicht werden. Photographisch-radiometrisch bedeutet dies in der Praxis:
 - Bildvorlagen, die auf weißem „Standard“-Büropapier mit normalen Inkjet-Bürodruckern ausgedruckt worden sind, mögen zwar bei guter Qualität des Digital-Datensatzes Grundstrukturen des abgebildeten Geländes hinreichend wiedergeben, identifikationsrelevante Feinstrukturen und Objektdetails sind vielfach jedoch

gar nicht oder nur unzuverlässig wahrnehmbar; dies gilt infolge der Rasterung in noch stärkerem Maße für Laser-Bildausdrucke. Mit anderen Worten: Schlichte Bildausdrucke mit der Standard-Büro-Geräteausstattung sind für eine umfassend-zuverlässige Bildauswertung zur Verdachtsflächenerfassung ungeeignet.

- Ungeeignet und daher nicht zu empfehlen sind in der Regel auch Bildprints, wie sie von den Photodiensten verschiedenster Handelsketten angeboten und hergestellt werden. Denn: Die Reprolabore dieser Dienste unterziehen sämtliche vorgelegten Bilddaten routinemäßig einer automatischen Bildaufbereitung, die auf die Optimierung „normaler“ privater (Farb-)Photographien abzielt. Dementsprechend würden in den Laboren auch die Datensätze der Kriegsluftbilder aufbereitet, ohne dass Art und Ausmaß der Aufbereitung bekannt sind und damit die (möglicherweise verfälschenden) Veränderungen der Bildeigenschaften rekonstruierbar wären.
- Hinreichend gute und aussagekräftige analoge Bildvorlagen sind daher normalerweise nur zu erwarten, wenn sie von einem professionellen Belichtungsdienst hergestellt werden, wo keine standardisiert-automatische Bildaufbereitung vorgenommen wird. Allerdings setzen professionelle Belichtungsdienste im Regelfall voraus, dass die Bilddaten mit farbkalibrierten Systemen bearbeitet worden sind. Ist dies – wie bei den vom LANUV NRW bereitgestellten Bilddaten – nicht der Fall, können allerdings auch professionell ausbelichtete analoge Luftbilder gegenüber der Wiedergabe am Bildschirm „verfälscht“, so beispielsweise in hellen oder dunklen Bereichen weniger differenziert, erscheinen.
- Außer den – gegenüber dem Bildschirmbild – mehr oder weniger deutlichen und nachhaltigen Veränderungen bzw. Beeinträchtigungen der photographisch-radiometrischen Qualität weisen die ausbelichteten und ausgedruckten analogen Luftbilder zusätzliche, durch den neuerlichen Reproduktionsprozess bedingte *geometrische Verzerrungen* auf. Ausmaß und Art dieser Lagefehler hängen sowohl von den eingesetzten Reproduktionsgeräten als auch – und wohl vor allem – von der Güte, besonders der Maßhaltigkeit, des Papiers/Photopapiers ab und sind kaum zuverlässig einzuschätzen; sie können und dürfen aber auch nicht ohne weiteres vernachlässigt werden, wenn Verdachtsflächen zuverlässig-lagegenau kartiert werden sollen.

Zusammengefasst: Die „Rückwandlung“ der digital bereitgestellten Kriegsluftbilder in analoge Papierbilder erweist sich als eine komplexe und vielfach durchaus schwierige, ja „kritische“ Aufgabe: In den meisten Fällen ist weder photographisch-radiometrisch noch geometrisch eine für die Bildauswertung und Verdachtsflächenkartierung optimale Bildqualität zu gewährleisten. Im Interesse der Ergebnisvollständigkeit und -zuverlässigkeit ist daher letztlich davon abzuraten, digital vorliegende Luftbilder nur analog auszuwerten.

4.2 Zur digitalen Bildauswertung

Werden digital vorliegende Luftbilder konsequenterweise digital ausgewertet, so werden dadurch zum einen natürlich die vorangehend skizzierten, direkt oder indirekt aus dem weiteren Reproduktionsschritt resultierenden Qualitätsbeeinträchtigungen der Bilder (und der Bildauswertung) vermieden. Zum anderen hat die digitale stereoskopische Luftbildauswertung – gegenüber der analogen Bildauswertung – einige *Vorteile* in Form verfahrensspezifischer Möglichkeiten der photographisch-radiometrischen und geometrischen Bildaufbereitung sowie der praktischen Bildauswertung und –kartierung, ferner aber auch der Ergebnissicherung und –präsentation:

Müssen bei analoger Luftbildauswertung die Bilder praktisch in dem – unter Umständen hoch oder gar höchst unzulänglichen – Qualitätszustand ausgewertet werden, in dem sie als Papier- oder Diapositiv-Vorlagen bereitgestellt worden sind, bietet die digitale Auswertung verschiedene Möglichkeiten, den Bilddatensatz einer direkten, jeweils bildspezifischen Aufbereitung und *Qualitätsverbesserung* zu unterziehen und so die Analyse- und Kartiermöglichkeiten nachhaltig zu optimieren.

Zu nennen sind hier:

- *photographisch-radiometrisch*: die den gesamten Bilddatensatz umfassende Kontrastverstärkung durch lineare Spreizung der Ton-/Grauwerte des Bildes oder einzelbildorientiert andere Spreizungsverfahren
- das ebenfalls bildumfassende *dodging*, d.h. der Ausgleich bildinterner aufnahme- und/oder aufbereitungsbedingter Helligkeits-/Grauwert- und Kontrastunterschiede
- ein – vorsichtiges – „Scharfzeichnen“ durch (geringfügige) Kantenverstärkung
- bei der objekt- und sachverhaltsbezogenen Bildanalyse zur leichteren Identifikation die *dynamische*, d.h. nur – jeweils zu bearbeitende – Teilbereiche eines Luftbildes betreffende radiometrische *Bildverbesserung*
- *Auswertungstechnisch*: die stufenlose *Bildvergrößerung (Zoomen)*, wobei mit Auswertungsprogrammen wie Leica Photogrammetry Suite™ (s. nachfolgend Kap. 5) dank programmbasierter Interpolation auch Feinstrukturen im Subpixelbereich sichtbar und dadurch (gegebenenfalls) besser erkennbar und identifizierbar werden.
- *Geometrisch*: die Möglichkeit einer einfach-schnellen *Bild- bzw. Stereomodellentzerrung*, so dass die kontaminationsverdächtigen Bereiche mit praxistauglich-hinreichender Genauigkeit nicht nur in ihren x-/y-Lagekoordinaten, sondern auch in ihren z-Höhenkoordinaten erfasst werden können und damit sowohl eine sachgemessen-genaue Lagekartierung, als auch bei Verfüllungen und Aufhaldungen eine entsprechende Volumen-Ermittlung gewährleistet ist.
- *Kartiertechnisch* kann bei der Verdachtsflächenerfassung direkt in einem Geographischen Informationssystem (GIS), so beispielsweise ArcGIS™ oder GeoMedia™, gearbeitet werden. Das heißt: Nach den vorbereitenden Arbeitsschritten der photographisch-radiometrischen Bildverbesserung sowie der Bildentzerrung wird direkt im GIS, z.B. im Modul Stereo-Analyst für ArcGIS™, kartiert. Dabei kann einerseits als Hilfe zur Objektidentifizierung und -kartierung auf bereits GIS-gespeicherte „Kollateralinformationen“ wie Betriebs- und Baupläne zurückgegriffen und es können beispielsweise die Bilder mit Plänen überlagert und somit direkt verglichen werden. Andererseits können die Kartiererergebnisse ohne mögliche Unschärfen/Fehler, wie sie bei einer nachträglichen Digitalisierung analoger Verdachtsflächenkartierungen un-

vermeidlich sind, im GIS abgespeichert und problemlos (sowohl in diachronen als auch in synchronen Zeitschnitt-Karten) präsentiert werden.

- *Im Ergebnis* sind bei digitaler Auswertung der Digital-Luftbilddaten im Regelfall nicht nur – verglichen mit der analogen Auswertung/Kartierung – differenziertere und genauere Ergebnisse zu erzielen, sondern der Zeit- und damit Kostenaufwand ist normalerweise auch (deutlich) geringer.

5 Anforderungen: Hard- und Software-Ausstattung

Wie eine effiziente, den in NRW etablierten Standards entsprechende analoge Luftbild-Auswertung und Kartierung altlastverdächtiger Bereiche nicht ohne eine entsprechende gerätetechnische Ausstattung möglich ist (vgl. u.a. MALBO 18, III.3), so stellt auch die digitale photogrammetrische Luftbildauswertung (*softcopy photogrammetry*) einige spezielle, d.h. über den „normalen“ DV-Arbeitsplatz hinausgehende Anforderungen an die Hard- und Software-Ausstattung; generelle Erläuterungen hierzu finden sich in MALBO 22, Kap. 5.2.

In der Praxis sind grundsätzlich unterschiedliche Ausbaustufen vorstellbar und de facto akzeptabel. Tabelle 1 spezifiziert (mit Stand Herbst 2008) detaillierter die grundlegenden Anforderungen an eine Minimal- und eine Standardkonfiguration und steckt damit den Rahmen für unterschiedlichste „Varianten“ der auswertungstechnischen Ausstattung ab.

Zur Erläuterung ist anzumerken:

- *PC-System*: Die Minimalkonfiguration kann für die anfallenden und notwendigen Arbeiten nur bedingt empfohlen werden, da Prozessorgeschwindigkeit, Datentransfer und Speichergröße deutlich einschränkende Faktoren bei der Bearbeitung von digitalem Luftbildmaterial darstellen. Dementsprechend ist für Auswertungsarbeiten die Standardkonfiguration ratsam, weil sie auch für künftige Software-Anforderungen (noch) genügend Kapazitäten bietet und ein zügig-flüssiges, d.h. zeit- und kostensparendes Arbeiten gewährleistet.
- *Grafik/Monitore*: Als optimal ist hier die Ausstattungsalternative 3 anzusehen, da sie allen Ansprüchen an einen ergonomischen Arbeitsplatz genügt. Allerdings sind gelegentliche 3D-Bildanalysen und -kartierungen auch mit einem handelsüblichen TFT-Monitor durchführbar (Alternative 1), sofern der Monitor hinreichend groß ist (mindestens 19“). Das für die dreidimensionale Auswertung notwendige 3D-Zubehör ist hierbei ausgesprochen preisgünstig, für länger dauernde Einsätze jedoch nicht geeignet.
- *Software*: Die in Tabelle 1 aufgezeigte Ausstattung einer Minimalkonfiguration erlaubt die dreidimensionale Auswertung/Kartierung bereits triangulierter Bildblöcke in ArcGIS™ über die Erweiterung Stereo Analyst for ArcGIS™. Die Triangulation der Luftbilder müsste in diesem Fall als externe Dienstleistung eingekauft werden. Demgegenüber ermöglicht die Ausstattung der Standardkonfiguration eine Bearbeitung des gesamten Arbeitsablaufs in einem System:
 - radiometrische Verbesserung der gescannten Analogvorlagen zur optimalen Detail- und Objekterkennbarkeit
 - Triangulation der Luftbildscans als Grundlage für die dreidimensionale Auswertung zur bestmöglichen Lage- und Höhengenaugigkeit bei der Kartierung
 - integrierte räumliche Analyse der erfassten Bild- und Archivdaten
 - optimale Visualisierung der Untersuchungsergebnisse in diachronen und/oder synchronen Darstellungen.

Generell empfiehlt es sich aus sachlich-fachlichen wie auch aus betriebswirtschaftlichen Gründen, für die integrierte räumliche Analyse aller Quellen mit einem GIS zu arbeiten, um bei der Vielzahl an verfügbaren und „integrierbaren“ Informationsquellen (Karten, Luftbilder, terrestrische Photos, Pläne, Aktenbefunde) ein verlässliches Ergebnis zu gewährleisten.

Die Bildaufbereitung lässt sich am effizientesten mit Adobe Photoshop™ (oder ähnlichen Bildbearbeitungsprogrammen) durchführen.

Grundsätzlich sollte vor der Anschaffung kostenintensiver Hard- und Softwareausstattung abgewogen werden,

- ob und inwieweit sich eine entsprechende Investition lohnt, oder
- ob eine Vergabe einzelner bzw. aller Teilleistungen – vom Scannen, radiometrischen Aufbereiten und geometrischen Entzerren (Triangulieren) über das sachlich-fachliche Auswerten, Analysieren und Kartieren der Bilder bis hin zum Dokumentieren der Ergebnisse – an qualifizierte und entsprechend ausgestattete Dienstleister gegebenenfalls nicht der zeit- und kostengünstigere Weg wäre.

Tabelle 1: Anforderungen an einen DV-Arbeitsplatz für die digital-photogrammetrische Luftbildauswertung zur Verdachtsflächenerfassung (Stand Herbst 2008)

Systemkomponenten	Minimalkonfiguration	Standardkonfiguration
PC-System		
Betriebssystem	Windows XP Professional™ mit aktuellem Servicepack	
Prozessor	1 GHz	2,4 GHz Dual
RAM	2 GB	4 GB
HDD	60 GB	60 GB (System) 500 GB Raid 0 (Daten)
DVD	R	R, RW, RAM
Grafik		
Alternative 1 (gelegentliche 3D-Auswertung, sehr anstrengend!)		
Chipsatz	NVIDIA GeForce 8600GT™	NVIDIA GeForce 9600GT™
Speicher	ab 256MB	ab 512MB
Monitor	19" TFT, 75Hz	22" TFT, 75Hz
3D-Brille	Anaglyphen	eDimensional/Anaglyphen
Alternative 2 (CRT-Displays nur noch schwer zu beschaffen)		
Grafikkarte	NVIDIA Quadro FX 3500™ mit Anschluss für Shutterbrille	NVIDIA Quadro FX 4500™ mit Anschluss für Shutterbrille
Monitor	19", 120 Hz CRT	22", 120 Hz CRT
3D-Brille	NuVision60GX™ (Mac Naughton Inc.) oder CrystalEyes™ (Stereographics)	NuVision60GX™ (Mac Naughton Inc.) oder CrystalEyes™ (Stereographics)
Alternative 3		
Grafikkarte	NVIDIA Quadro FX 3500™	NVIDIA Quadro FX 4500™
Monitor	Planar StereoMirror Display™	Planar StereoMirror Display™
3D-Brille	Polarisationsbrille	Polarisationsbrille
Software		
	ESRI ArcGIS 9.2V™ Zusatzmodul: Stereo Analyst for ArcGIS 9.2™	ESRI ArcGIS 9.2™ ERDAS Imagine 9.2™ Leica Photogrammetry Suite 9.2™ Geosystems Muni-Pack für ERDAS Imagine 9.2™ Adobe Photoshop™