

Die Zeit zur Anfertigung des Protokolls ist, für diejenigen Teilnehmer die auch den Folgekurs Luftbild II belegen wollten, zu kurz bemessen um eine gute Arbeit zu erstellen.

Insgesamt beurteile ich das Seminar als gut, da es das Interesse der Studenten für die Luftbildinterpretation geweckt hat und grundlegende Techniken vermittelt hat. Das weiterführende Seminar wird vom Protokollanten mit Spannung erwartet.

1:12781,32 für die Strecke \overline{AC}
1:11489,36 für die Strecke \overline{BD}
daraus folgt als Mittelwert der Bildmaßstab

$$M = 1:12\ 135,34$$

Bestimmung der Höhe über Grund nach Kammerkonstante und Bildmaßstab

Mit dem Wert der Kammerkonstante und der Maßstabszahl des Bildmaßstabs läßt sich durch Multiplikation die Höhe über Grund bestimmen.

$$h_0 = 152,34\text{mm} \times 12135,34 \Rightarrow h_0 = 1\ 848\ 697,7\text{mm} \Rightarrow \underline{h_0 = 1\ 848,70\text{m}}$$

Angabe der Eckpunkte des Überlappungsbereichs anhand der Rechts- und Hochwerte

Im Anhang D ist auf der Kopie der Topographischen Karten 1:25 000 von Eschwege und Waldkappel, der exakte Lageplan des Überlappungsbereichs der Luftbilder eingezeichnet. Die Rechts- und Hochwerte der Eckpunkte sind im folgenden angegeben:

<u>NW-Ecke:</u>	<u>NE-Ecke:</u>
R: 35 68 300	R: 35 70 288
H: 56 72 350	H: 56 72 413
<u>SW-Ecke:</u>	<u>SE-Ecke:</u>
R: 35 68 413	R: 35 70 213
H: 56 69 675	H: 56 69 687

Beurteilung des Seminars aus studentischer Sicht.

Das Seminar war gut untergliedert in praktische und theoretische Teile. Ein historischer Abriß der Geschichte der Fernerkundung ganz allgemein wäre als Einführung wünschenswert gewesen.

Durch die Durchführung des Seminars als Blockveranstaltung läßt sich erheblich Zeit sparen, da die Stereoskope nicht immer auf- und abgebaut werden müssen. Dadurch konnte in gleicher Zeit mehr Inhalt behandelt werden.

Die Größe der Gruppe schien etwas zu groß, zumal da kein zweiter Betreuer vorhanden war der die Studenten hätte anleiten können. Da bestimmte vorbereitende Aufgaben nur vom Professor vorgenommen werden konnten, gab es verhältnismäßig lange unproduktive Phasen, die demotivierend auf die Komilitonen wirkten.

Ein möglicher Grund für die starke Abweichung der Ergebnisse könnte die Ermüdung der Augen sein, die sich beim Protokollanten während der Messung einstellen. Trotz großer Konzentration konnte nicht immer ein dreidimensionales Bild beibehalten werden.

Bestimmung der Höhe über Grund nach Flughöhe und Karte

Um die Höhe über Grund h_0 zubestimmen, zieht man von der im Registrierstreifen angegebenen Höhe üNN = 2160m, die Höhe üNN des Geländes = 172,60m ab.

$$h_0=1987,40m$$

Dieser Wert bezieht sich auf den Punkt 1. Natürlich schwankt die Höhe des Flugzeugs über Grund je nach Höhe des Reliefs. Man müßte also eine mittlere Bildebene errechnen und könnte, die Höhe über dieser gedachten Ebene als durchschnittliche Höhe über Grund angeben.

Bestimmung des genauen Bildmaßstabes

Der genaue Bildmaßstab wird bestimmt, indem man zwei markante, auch in der Karte zu lokalisierende Punkte A und C mit einer Strecke verbindet. Die Strecke sollte diagonal durch das Bild verlaufen. Eine zweite Diagonale verbindet ebenfalls zwei markante Punkte B und D. Die Strecken sollten möglichst nahe des Bildmittelpunktes verlaufen und sich dort kreuzen. (vgl. Abb. 18)

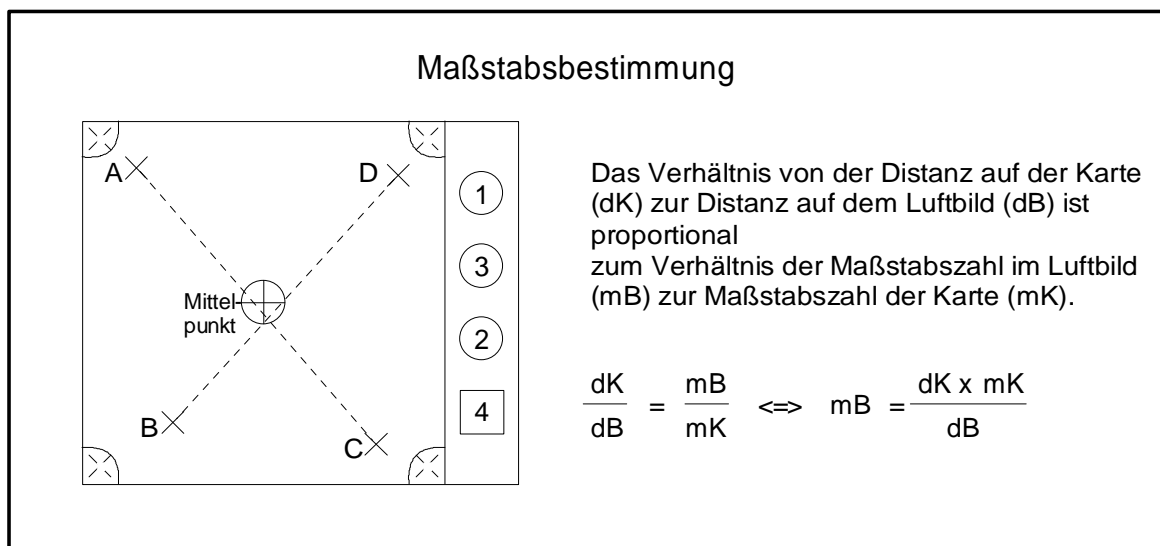


Abb. 18
Maßstabsbestimmung

Für die Strecke \overline{AC} wurde im Bild die Länge 23,25 cm und auf der Karte die Länge 10,80 cm gemessen. Für die Strecke \overline{BD} wurde im Bild die Länge 22,20 cm und auf der Karte die Länge 11,35 cm gemessen.

In die Formel eingesetzt, ergibt sich folgende Maßstäbe:

Aus diesen Mittelwerten ergeben sich, jeweils in Bezug auf den Punkt 1, drei Parallaxendifferenzen:

$$\Delta P(P_2-P_1) = 2,25 \text{ mm}$$

$$\Delta P(P_3-P_1) = 3,17 \text{ mm}$$

$$\Delta P(P_4-P_1) = 4,30 \text{ mm}$$

Ermittlung der Höhendifferenzen der angegebenen Punkte - Vergleich mit der Karte

Um die Parallaxendifferenzen in reale Höhendifferenzen Δh umzurechnen, ist folgende Formel anzuwenden:

$$\Delta h = \frac{\Delta P}{b' + \Delta P} \cdot h_0$$

Dabei ist:

- Δh die reale Höhendifferenz zwischen einem Punkt und einem tiefer gelegenen Bezugspunkt in Metern,
- ΔP die Parallaxendifferenz zwischen einem Punkt und einem tiefer gelegenen Bezugspunkt in Millimetern,
- h_0 die Flughöhe über Grund, genauer über dem Bezugspunkt in Metern und (vgl. auch das folgende Kapitel)
- b' die korrigierte Bildbasis in Millimetern

Die korrigierte Bildbasis ist der Mittelwert aus den Strecken H_1H_2' und $H_1'H_2$, d.h.:

$$b' = \frac{\overline{H_1H_2'} + \overline{H_1'H_2}}{2}$$

Nach dem Einsetzen der Meßwerte in die o.g. Formel ergeben sich die in Tabelle 4 aufgeführten Höhendifferenzen. Zum Vergleich sind die Höhendifferenzen laut Topographischer Karte angegeben.

Punkte	Δh nach Luftbildmessung	Δh laut Karte	Meßfehler in Meter	Meßfehler in ‰ zu h_0
$\Delta P (P_2-P_1)$	52,30 m	27,40 m	24,90 m	12,53 ‰
$\Delta P (P_3-P_1)$	72,90 m	67,40 m	5,50 m	2,77 ‰
$\Delta P (P_4-P_1)$	97,61 m	91,70 m	5,91 m	2,97 ‰

Tab. 4
Abweichung

Ein Meßfehler von etwa 1 ‰ wäre zu tolerieren, bei einer Flughöhe von etwa 2000 m über dem Grund könnte der Fehler als etwa 2 m betragen. Dieser Wert wird leider deutlich überschritten.

Messen mit der Mikrometerschraube

Damit die im Seminar durchgeführten Messungen überprüft werden können, werden vier Punkte gewählt, die sowohl im Luftbild als auch auf der Karte eindeutig zu lokalisieren sind. Die Punkte sind auf dem Luftbild mit einem mit Allstift gezeichneten Pfeil und einer Nummer gekennzeichnet. (vgl. Anhang C) Auf der Karte wurden die Punkte mit Tinte ebenfalls mit einem Pfeil und der dazugehörigen Nummer gekennzeichnet. (vgl. Anhang D) Tabelle 2 beschreibt die Höhe laut Karte, sowie die genaue Lage im Luftbild und auf der Topographischen Karte.

Punkt Nr.	Höhe üNN (laut TK25)	exakte Angaben zur Lage im Luftbild - auf der Karte
1	172,60m	die Ecke der zusammenlaufenden Wege - Meßpunkt
2	ca. 200m	NW-Ecke des hellen Feldes - 200m Isohypse
3	ca. 240m	SW-Ecke des hellen Feldes - 240m Isohypse
4	264,30m	Wegeknick - Trigonometrischer Punkt

Tab. 2
Meßpunkte

Um die Parallaxen der Punkte zu messen, müssen die Raummarken auf den Glasplättchen der Mikrometerschraube zur Deckung mit den Punkten auf dem Luftbild gebracht werden. Daraus folgt, daß der bewegliche Schenkel der Mikrometerschraube so eingestellt werden muß, daß die Abstände aller vier Punkte mit der Verstellung der mm-Skala gemessen werden können. Der bewegliche Schenkel muß nach dieser Einstellung fixiert werden, damit die vier Messungen vergleichbar sind.

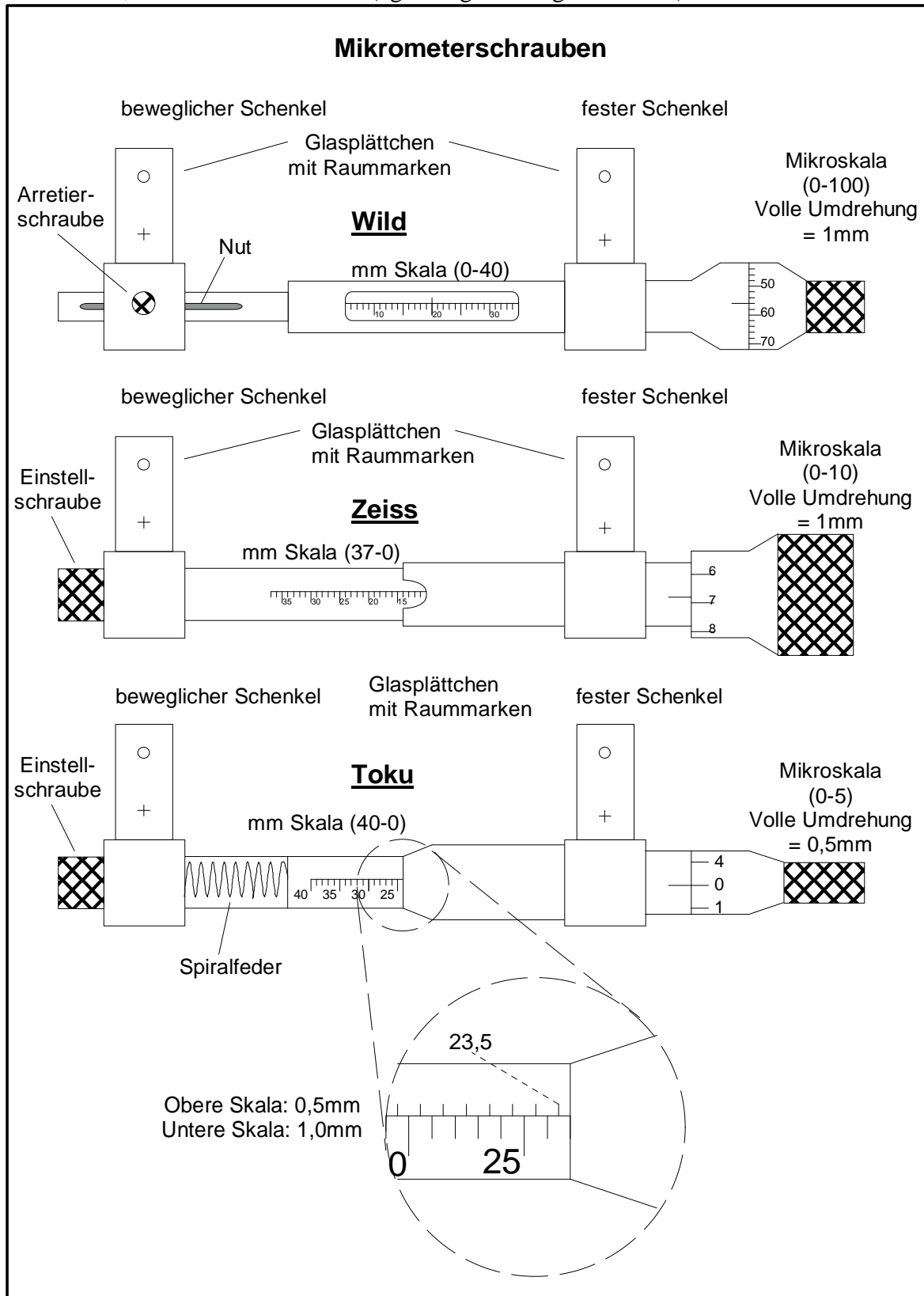
Beginnend mit Punkt 1 - dem tiefsten Punkt - werden nun die Parallaxen zwischen den Punkten auf dem linken und dem rechten Bild vermessen. Dazu ist folgendermaßen vorzugehen. Die Raummarken sind annähernd auf die gewünschten Punkte zu legen. Bei binokularer Sicht stellt sich für den Betrachter ein dreidimensionaler Eindruck ein, bei dem zwei Kreise scheinbar über dem Gelände schweben. Die obersten Raummarken auf dem Glasplättchen sind Kreise. Beim Verstellen der Mikrometerschraube wandern die Kreise aufeinander zu und verschmelzen zu einem einzigen Kreis. Wenn dieser Kreis scheinbar auf dem zu betrachtenden Punkt aufliegt, ist die Entfernung der Strecke auf der Mikrometerschraube abzulesen. Die Messung ist mindestens drei mal durchzuführen. Der Meßwert wird gemittelt, um den Meßfehler möglichst zu minimieren. (vgl. Tab. 3)

Protokoll zu den Messergebnissen mit der Mikrometerschraube

Punkt	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Mittelwert
1	19,55 mm	19,51 mm	19,41 mm	19,49 mm
2	21,75 mm	21,73 mm	21,75 mm	21,74 mm
3	22,69 mm	22,68 mm	22,62 mm	22,66 mm
4	23,79 mm	23,77 mm	23,81 mm	23,79 mm

Tab. 3

jeden Punkt des Überlappungsbereichs exakt anpeilen und an der Skala die Parallaxe ablesen. Beim Modell der Firma Toku ist eine volle Umdrehung der Mikroschraube nur 1/2mm, deshalb muß hier das Ergebnis mit besonderer Sorgfalt abgelesen werden, ansonsten kann es leicht zu fehlerhaften Ablesungen kommen. Im oberen Bereich der mm-Skala sind immer die 0,5mm Schritte markiert. (vgl. Vergrößerung in Abb. 17)



Die Lage der Folie auf dem Luftbild wird mittels Markierung der Seiten und Eckpunkte der Photographie, sowie der Randmarken festgehalten. Entlang einer vom Dozenten willkürlich gezogenen Geraden zwischen den Punkten A und B durch den Überlappungsbereich soll aufgrund des räumlichen Eindrucks ein Profil erstellt werden. Dieses Profil kann selbstverständlich nur auf Schätzungen beruhen. Zum Vergleich ist ein Profil in fünfacher Überhöhung zwischen den Punkten A und B aus der TK25 zu erstellen. (Die Profile befinden sich im Anhang A)

Anfertigung eines Croquis

Auf der Folie ist nun ein Croquis, d.h. eine Geländeskizze anzufertigen. Dabei wird der gesamte Überlappungsbereich mit aufgeklappten Binokularen untersucht. Aufgrund des räumlichen Eindrucks sind Kamm- und Tallinien zu zeichnen, sowie die dazwischen verlaufenden Neigungslinien. Je größer das Gefälle in einem bestimmten Bereich ist, umso dichter sind die Neigungslinien zu zeichnen. Eine Ebene Fläche wird nicht gekennzeichnet. Das Croquis vermittelt einen räumlichen Überblick über das Relief der photographierten Landschaft. (vgl. Abb. 16)

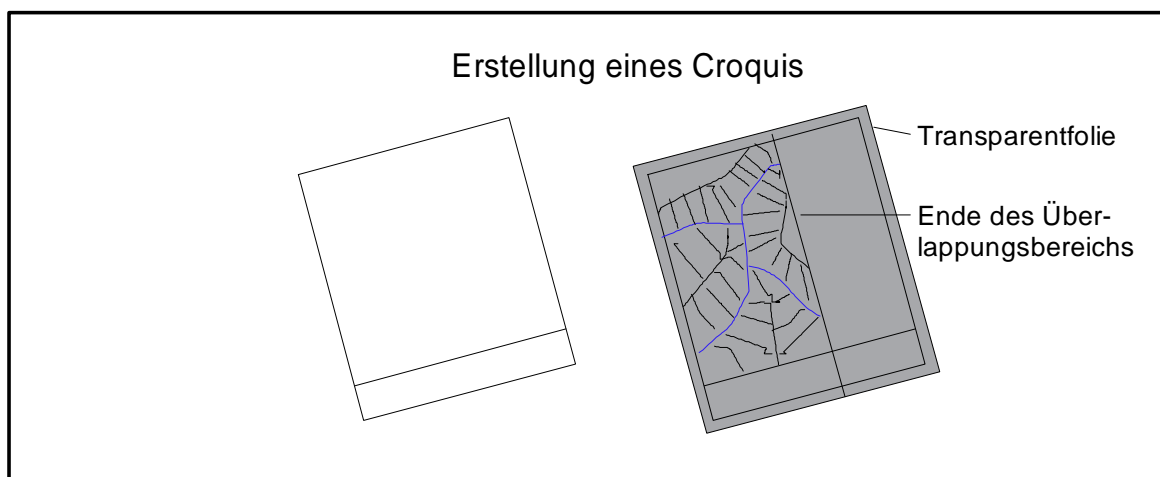


Abb. 16
Croquis

Beschreibung der Mikrometerschrauben

Die Mikrometerschraube ist ein feinmechanisches Gerät, das zur Parallaxenmessung verwendet wird, d.h. gemessen werden die Abstände von markanten identischen Punkten im Überlappungsbereich von zwei Luftbildern. Nach der Messung verschiedener Parallaxen lässt sich aufgrund der Parallaxendifferenz ΔP [in mm] die Höhendifferenz von verschiedenen Punkten in der Natur [in m] berechnen. (vgl. auch die beiden folgenden Kapitel)

Die Hersteller der Stereoskope bieten auch entsprechende Mikrometerschrauben an. Diese Instrumente sind analog aufgebaut aber nicht völlig identisch. (vgl. Abb. 17)

Sie bestehen aus einem festen und einem beweglichen Schenkel, die jeweils mit einem Glasplättchen mit Raummarken ausgestattet sind. Der bewegliche Schenkel lässt sich mittels der Mikroskala um hundertstel Millimeter bewegen. Durch die Raummarken kann man

Der Kreis um den entstehenden Hauptbildpunkt des zweiten Bildes H_2 wird jedoch etwas kleiner gezeichnet. Ein Durchmesser von 5mm bis 7mm hat sich als zweckmäßig erwiesen. Der Punkt H_1 muß nun in seiner Lage auf dem zweiten Bild als H_1' in etwa lokalisiert werden. Dafür wird der Punkt H_1 zunächst in den Betrachtungsmittelpunkt des linken Okulars geschoben - das rechte Auge bleibt noch geschlossen. Der identische Punkt auf dem zweiten Bild wird in I_b -Entfernung unter das rechte Okular gelegt und so lange gedreht, bzw. leicht geschoben, bis ein dreidimensionaler Eindruck entsteht. Bei abwechselnd monookularer Betrachtungsweise, d.h. nur rechtes, dann nur linkes Auge hält man eine Nadelspitze vorsichtig auf das Luftbild, auf dem man den Punkt H_1' zu bestimmen versucht. Wenn die Nadelspitze und der rote Punkt exakt deckungsgleich sind, kann man das Photopapier senkrecht an diesem Punkt durchstechen. Dieser Punkt wird wiederum mit Allstift ausgefüllt und mit einem Kreis markiert. Der Kreis sollte etwa die gleiche Größe haben wie der Kreis um H_2 . Die Bestimmung von H_2' verläuft analog. Der Kreis um H_2' sollte etwa den gleichen Durchmesser haben wie der Kreis um H_1 .

Orientierung der Luftbilder unter dem Spiegelstereoskop

Danach werden die Bilder so orientiert, daß alle vier Punkte auf einer Geraden liegen. (vgl. Abb. 15) Die Okulare können jetzt abgeklappt werden. Für den Beobachter müßte sich im gesamten Überlappungsbereich der beiden Bilder ein dreidimensionaler Eindruck ergeben. Bei aufgeklapptem Okular lassen sich jetzt Teilbereiche des Überlappungsbereichs genau untersuchen. Beim Verschieben des Stereoskops zeitweise auftretende y-Parallaxen, lassen sich mit zunehmender Erfahrung bei der Luftbildbetrachtung immer schneller beheben.

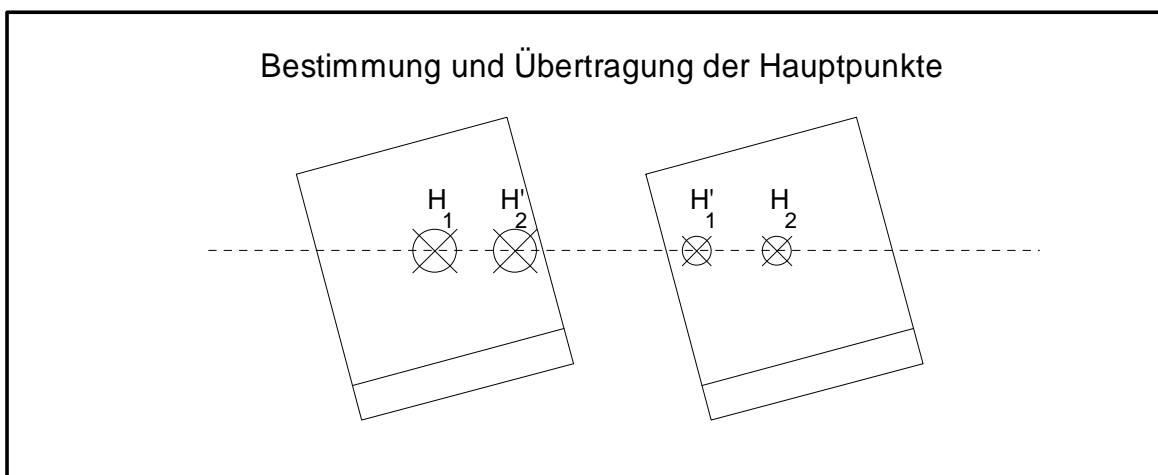


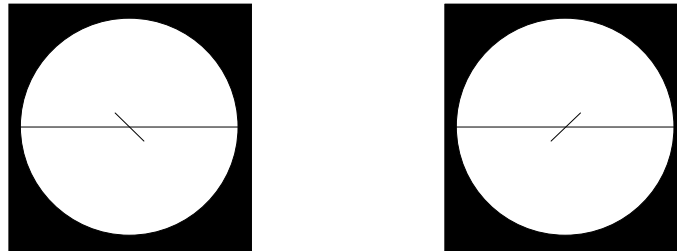
Abb. 15 Bildhauptpunkte

Profilzeichnung nach der Luftbildvorlage und nach der topographischen Karte (TK25)

Die rechte Luftbildaufnahme - bei Linkshändern die linke - wird mit einer transparenten Zeichenfolie so abgedeckt, daß die Folie auf allen Seiten über das Photo übersteht. (vgl. Abb. 16) Die Folie wird mit Magneten auf dem Photo fixiert. Dort wo der Überlappungsbereich auf dem rechten Bild endet, wird mit dem Lineal ein Strich gezogen.

Feststellung der individuellen Instrumentenbasis

3. Schritt Etwa auf dem Abbildungsmittelpunkt des linken Okulars ist ein Punkt auf der horizontalen Geraden mittels eines Schrägstrichs von links oben nach rechts unten zu markieren. Bei der Markierung dieses Punktes ist nur das linke Auge zu benutzen. Das rechte Auge bleibt geschlossen. Auf dem geschätzten Abbildungsmittelpunkt des rechten Okulars ist vom Verfahren her völlig analog ein um 90° gedrehter Schrägstrich anzubringen.



Bei binokularer Betrachtung sollten sich die beiden Striche idealerweise zu einem Kreuz vervollständigen

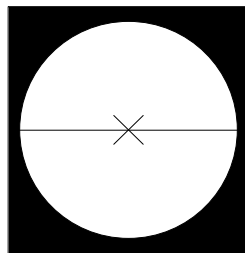


Abb. 14 Individuelle Instrumentenbasis 3

Die Ib des Protokollanten beträgt 244mm, bei einem eingestellten Augenabstand von 59mm, auf einem Wild-Stereoskop mit der Instrumentennummer: F.Nr.: 19041. Die Instrumentennummer sollte notiert werden, damit man bei Unterbrechungen wieder mit dem gleichen Gerät arbeiten kann und nicht erneut die Ib ermitteln muß.

Bestimmung und Übertragung der Hauptpunkte

Zur Bestimmung des Hauptpunktes eines Luftbildes, d.h. des exakten Bildmittelpunktes, durchsticht man mit einer Nadel die Kreuzungspunkte der Randmarken. Sodann dreht man das Bild und verbindet die sich gegenüberliegenden Punkte mit einer Gerade, so daß ein Kreuz entsteht. Die Verbindungsstriche sind mit einem gut gespitzten Bleistift und mit gleichbleibender Strichstärke zu ziehen. Am Kreuzungspunkt der beiden Geraden durchsticht man erneut das Bild. Dieser Punkt ist der Hauptbildpunkt H_1 . Das Bild wird nun erneut gedreht, so daß man wieder die Photographie sieht. Das durch die Nadelspitze aufgewölbte Photopapier wird nun vorsichtig mit dem Bleistiffrücken wieder nach unten gedrückt und gegengestochen. Der entstehende Punkt wird mit rotem Allstift, auch Fettstift genannt, gefüllt. Der überschüssige Allstift wird mit Brennspritus entfernt, so daß nur ein kleiner Punkt übrig bleibt. Um den Punkt wieder zu finden macht man mit Allstift einen Kreis von etwa 10mm um den Punkt herum. Mit dem zweiten Bild wird analog verfahren.

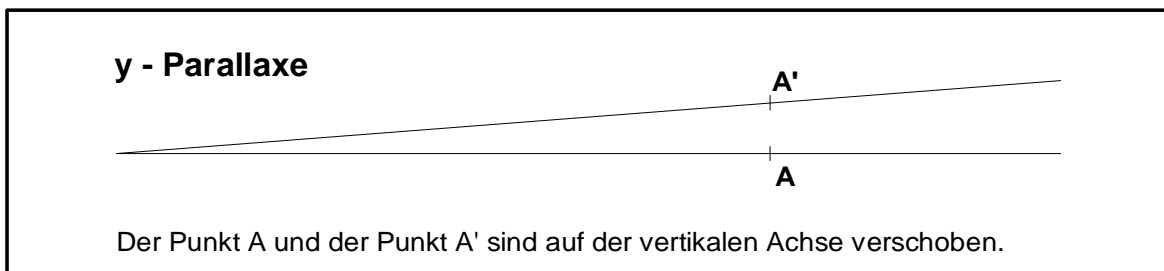


Abb. 12 y-Parallaxe

Diesen Fehler behebt man, indem man das Stereoskop vorsichtig auf einer Seite nach vorn oder hinten schiebt, solange bis die beiden Striche sich übereinander legen und nur noch als eine Gerade erscheinen.

Nach der Ausschaltung der y-Parallaxe wird der Kennwert der individuellen Instrumentenbasis **I_b** ermittelt. Dieser Wert ist abhängig von der Art des Stereoskops und vom individuellen Augenabstand. Die **I_b** ist der Abstand zwischen den beiden Betrachtungsmittelpunkten, die auf den Luftbildern in Millimetern gemessen werden. Um diesen Abstand zu ermitteln, blickt man zunächst nur mit dem linken Auge durch das Okular. Das rechte Auge bleibt geschlossen. Dann macht man möglichst genau im Betrachtungsmittelpunkt einen Schrägstrich auf die Gerade, der von links oben nach rechts unten gezogen werden sollte. Sodann ist mit dem rechten Auge analog zu verfahren. Der Strich auf der rechten Seite sollte von links unten nach rechts oben gezogen werden. Bei binokularer Sicht sollten sich die beiden Teilstriche optisch zu einem Kreuz vervollständigen. (vgl. Abb. 14)

Bei ungeübten Personen stellt sich dieser Eindruck jedoch nicht sofort ein, da sie zu sehr an eine zentralperspektivische Sichtweise gewöhnt sind. Sie werden die Striche zunächst nur als V oder als A wahrnehmen. Damit liegt eine x-Parallaxe vor. Das heißt, dadurch daß die Augen nicht auf eine orthogonale Sichtweise eingestellt sind, werden zwei auf der Abszisse verschobene Punkte wahrgenommen. (vgl. Abb. 13)

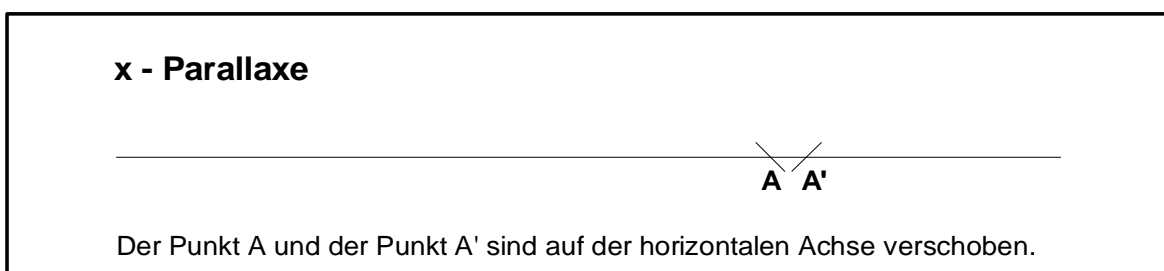


Abb. 13 x-Parallaxe

Erst nach einiger Konzentration bewegen sich optisch die Striche aufeinander zu und bilden ein Kreuz. Diese Konzentrationsphase muß immer wieder durch Pausen unterbrochen werden um die Augen nicht zu überanstrengen, da dies zu Kopfschmerzen und Schwindelgefühl führen kann.

Feststellung der individuellen Instrumentenbasis

1.Schritt: Den individuellen Augenabstand feststellen, d.h. die beiden Kreise der Okulare bei gleichzeitigem Hindurchsehen durch Drehung der Einstellschraube zur Deckung bringen:

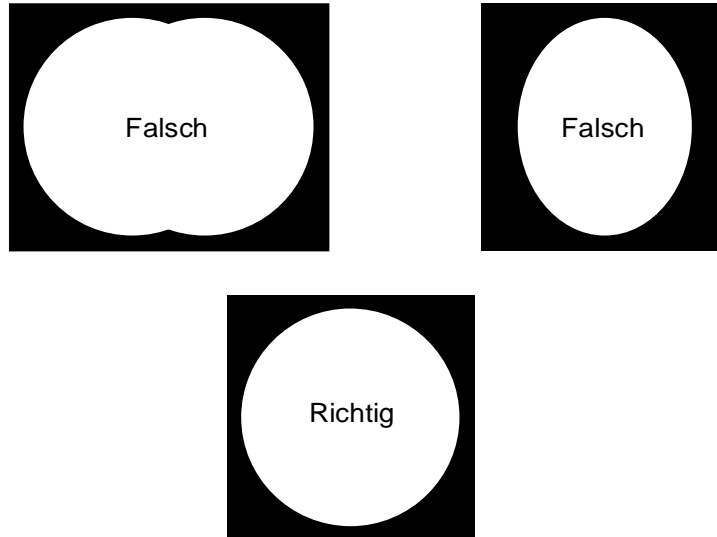
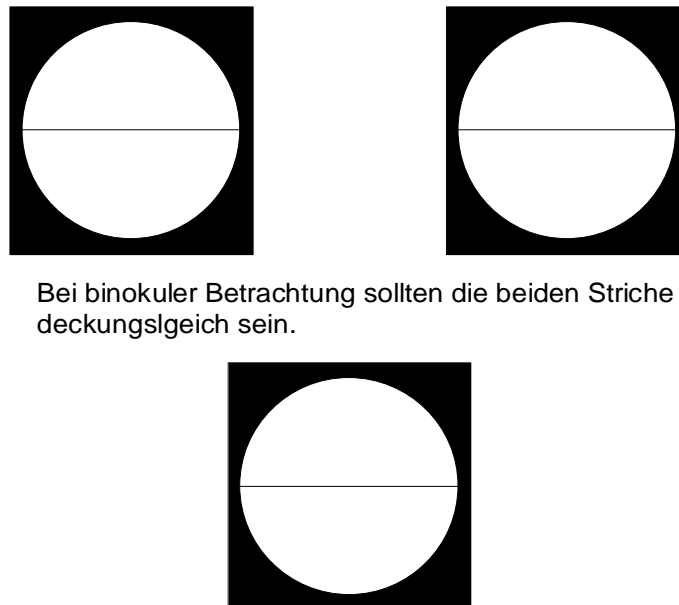


Abb. 10 Individuelle Instrumentenbasis 1

Feststellung der individuellen Instrumentenbasis

2. Schritt Horizontalstrich zunächst nur mit dem linken Auge - das rechte Auge wird dabei geschlossen - durch das Okular betrachten und scharf einstellen. Danach den Vorgang mit dem rechten Auge analog wiederholen.



Bei binokular Betrachtung sollten die beiden Striche deckungsgleich sein.

Abb. 11 Individuelle Instrumentenbasis 2

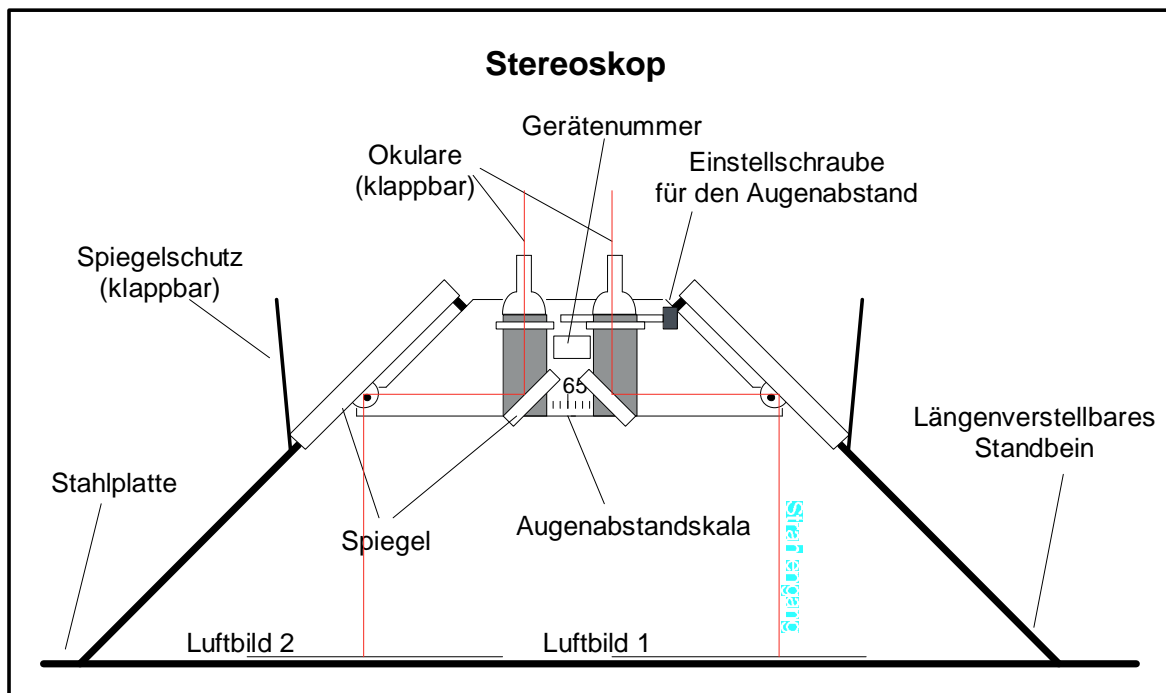


Abb. 9
Skizze eines Stereoskops der Firma Wild

Die Einstellung des Stereoskops auf die persönlichen Bedürfnisse des Benutzers geschieht in mehreren Schritten. Zunächst wird der individuelle Augenabstand mit der Einstellschraube eingestellt. (vgl. Abb. 9) Dabei blickt man mit beiden Augen durch die Okulare des Stereoskops und versucht die beiden Kreise durch Drehen der Einstellschraube zur Deckung zu bringen. (vgl. Abb. 10)

Ist dies gelungen, nimmt man einen weißen Papierstreifen von etwa 42cm Länge und 6cm Breite und zieht darauf einen möglichst gleichmäßig starken Bleistiftstrich von 40cm Länge. Dieser Papierstreifen wird mit Magneten längs auf der Stahlplatte befestigt, so daß der Strich etwa durch den Sichtbereich beider Okulare geht. Der Streifen muß dabei straff gespannt sein, damit keine Wellen im Papier auftreten und das Papier wirklich eben auf der Oberfläche aufliegt.

Nun blickt man zuerst nur mit dem linken Auge durch das Okular - das rechte Auge bleibt dabei geschlossen - und stellt durch Drehen des Okulars das Bild so scharf wie möglich. Danach ist der Vorgang für das rechte Auge analog zu wiederholen. (vgl. Abb. 11)

Beim Blick durch beide Okulare gleichzeitig kann es sein, daß statt eines Striches zwei zu sehen sind. Dies geschieht durch das Auftreten einer y-Parallaxe, d.h. der Strich verläuft nicht exakt durch beide Betrachtungsmittelpunkte des Stereoskops. Dadurch liegen die Bildpunkte auf der Netzhaut nicht auf der gleichen horizontalen Ebene. Sie sind auf der Ordinate verschoben. Damit werden die Punkte der Geraden vom Gehirn als zwei divergierende Geraden wahrgenommen. (vgl. Abb. 12)

Lage hat, ist die Luftblase mit dem innersten der konzentrischen Kreise deckungsgleich. D.h. die Libelle funktioniert nach dem gleichen Prinzip wie eine Wasserwaage.

Von der analogen Uhr kann man durch Vergleich mit dem vorigen, bzw. dem folgenden Photo den eingestellten Zeittakt ablesen. Der Zeittakt sollte im Verhältnis zur Geschwindigkeit so eingestellt sein, daß sich der photographierte Bereich von zwei aufeinanderfolgenden Photos um ca. 60% überlappt und daß der Überlappungsbereich zum übernächsten Bild 10% nicht unterschreitet. Bei der nächsten zu photographierenden Reihe sollten sich die beiden Reihen ebenfalls um ca. 10% überlappen. (vgl. Abb. 9)

Nach dem Ausgleich der verschiedenen Verzerrungen durch erhält man einen kontrollierten Luftbildplan.

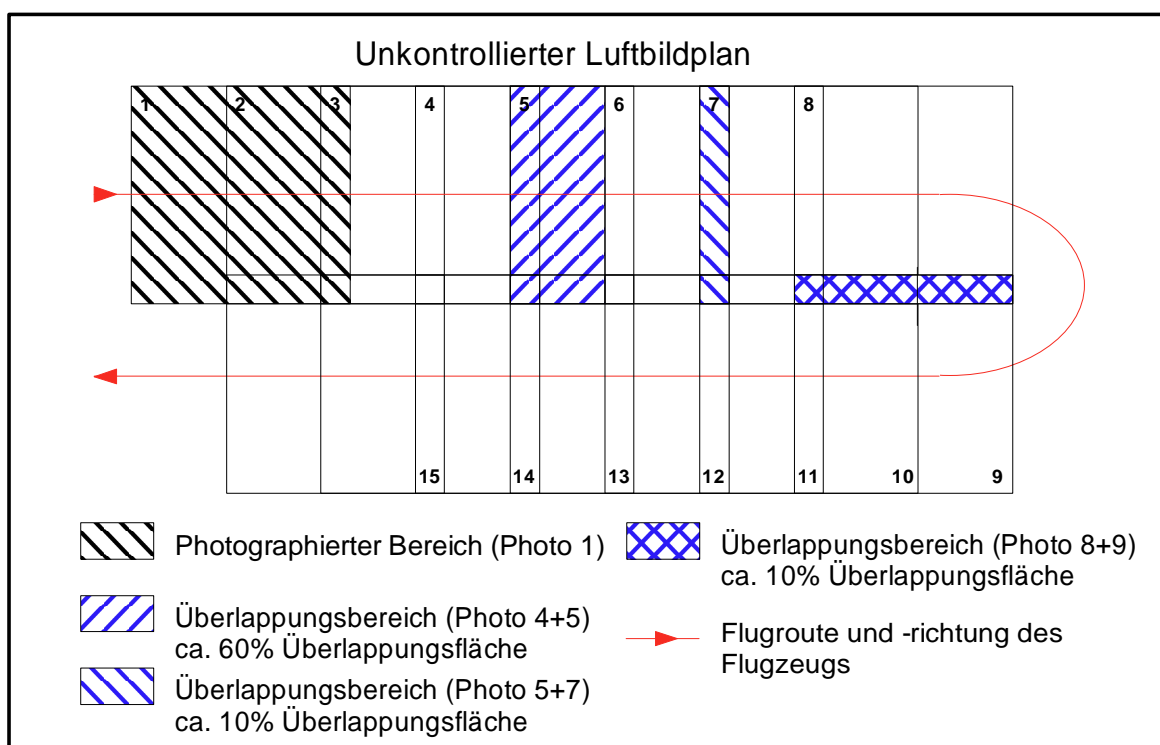


Abb. 8
unkontrollierter Luftbildplan

Bestimmung der individuellen Instrumentenbasis

Die Bestimmung der individuellen Instrumentenbasis bedeutet, daß das Stereoskop den individuellen physiologischen Bedürfnissen des Benutzers angepaßt werden muß. Zunächst wird das Stereoskop aus seiner Verpackung, i.a. ein Holzkasten oder ein Koffer geholt, aufgeklappt und aufgestellt. (vgl. Abb. 9) Der Spiegelschutz wird zurückgeklappt. Die vier längenverstellbaren Standbeine sind so auf eine Stahlplatte als Unterlage aufzustellen, daß das Stereoskop fest und sicher steht. Es sollte kein Standort am Tischrand gewählt werden, da die präzise Einstellung der Spiegel und Linsen durch einen Sturz vom Tisch verstellt werden könnte. Damit wäre das Gerät nicht mehr zu benutzen. Je nach Herstellertyp sind sodann die Okulare einzeln - bei der Firma Wild, bzw. als Binokular - bei Zeiss, Toku oder Topcon aufzusetzen. Wie bei allen feinmechanischen Instrumenten ist dabei mit Sorgfalt und Feingefühl vorzugehen.

Der Registrierstreifen (vgl. Abb. 8) wird bei jedem Photo mitphotografiert und liefert weitere wichtige physikalische Daten, die für die Luftbildauswertung unerlässlich sind. Dazu gehört die Flughöhe über Normal Null, die horizontale Lage des Flugzeugs, die Uhrzeit, zur Bestimmung des eingestellten Zeittakts sowie die laufende Nummer des Photos.

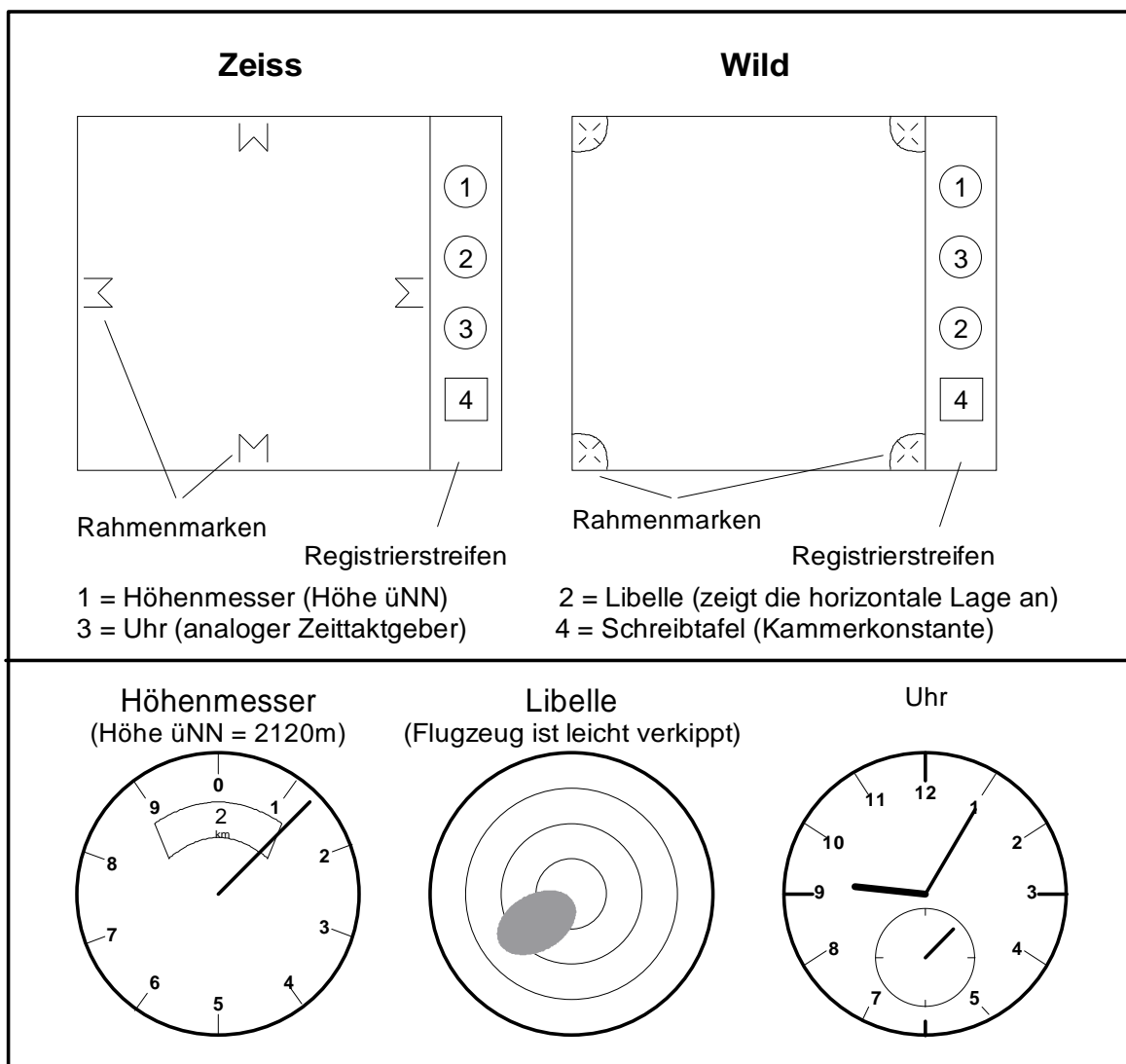


Abb. 8
Luftbildtypen und Registrierstreifen

Die Angaben auf dem Registrierstreifen sind bei den Photos der Firmen *Zeiss* und *Wild* in unterschiedlicher Reihenfolge aufgetragen. Die Rahmenmarken bei *Zeiss* befinden sich an den Mittelpunkten der Seiten, bei *Wild* hingegen liegen sie nahe den Eckpunkten der Aufnahme. Wenn man die gegenüberliegenden Rahmenmarken mit einer Strecke verbindet, ergibt der Schnittpunkt der Strecken den Bildmittelpunkt.

Der Höhenmesser gibt die Höhe des Flugzeugs über Normal Null an. In dem Fenster wird die Höhe in Kilometern angezeigt, während der Zeiger des Rundinstrumentes die Höhe in vollen Hundert Meter Schritten anzeigt. Dazwischen befinden sich weitere Teilstriche, so daß die Höhe mit einer Genauigkeit von Zehn Metern abgelesen werden kann.

Die Libelle ist ein mit Flüssigkeit gefülltes Behältnis, ähnlich einem waagrecht stehenden Uhrglas, mit einer darin befindlichen Luftblase. Wenn das Flugzeug eine optimale horizontale

mit den gleichfalls auf der Karte markierten Punkten deckungsgleich werden. (vgl. Abb. 7) Die gekippte Karte kann dann mit einer ebenfalls auf dem Stativ angebrachten Kamera photographiert werden. Dieses neue Bild ist somit entzerrt.

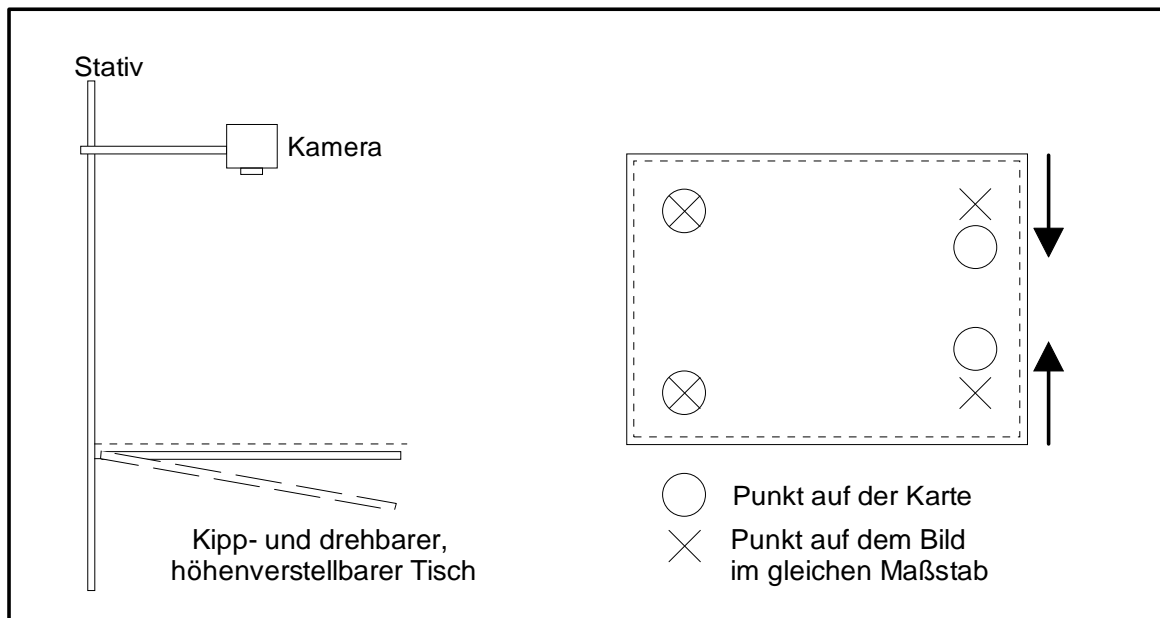


Abb. 7
Luftbildentzerrung

Beschreibung der inneren Orientierung

Unter der inneren Orientierung versteht man die physikalischen Parameter unter denen die Aufnahmen entstanden sind. Dazu gehören u.a. die Art der Kamera, die Brennweite (focus), die bei Reihenmeßkameras Kammerkonstante c genannt wird, der Öffnungswinkel und die belichtete Fläche. In Tabelle 1 sind die verschiedenen Parameter dargestellt.

Kameratyp		18/18cm, bzw 7"	23/23cm, bzw. 9"	Öffnungswinkel
Normalwinkel	NW	$c = 210\text{mm}$	$c = 300\text{mm}$	60°
Weitwinkel	WW	$c = 115\text{mm}$	$c = 152\text{mm}$	90°
Nahweitwinkel	NWW	---	$c = 88\text{mm}$	120°
Schmalwinkel	SW	---	$c = 600\text{mm}$	45°

Tab. 1
Kameraparameter

Die grau unterlegten Kammerkonstanten zeigen die zumeist verwendeten Einstellungen an. Welche Kamera zu verwenden ist, hängt in erster Linie vom zu photographierenden Relief ab. Bei einem Relief mit sehr geringen Höhenunterschieden z.B. der Norddeutschen Tiefebene, ist aus Kostengründen die Verwendung einer Nahweitwinkelkamera zu empfehlen, da mit einem Öffnungswinkel von 120° das Gelände mit wenig Photos erfaßt werden kann. Bei alpinem Relief empfiehlt sich die Verwendung einer Schmalwinkelkamera, da durch den kleinen Bildbereich die Verzerrungen geringer ausfallen. Im Mittelgebirgsbereich hat sich die Weitwinkelkamera bewährt. Auch die im Seminar verwendeten Aufnahmen aus dem Werra-Meißner-Kreis in Hessen wurden mit einer Weitwinkelkamera gemacht. Die Kammerkonstante beträgt laut der Schreibrtafel auf dem Registerstreifen 152,34mm.

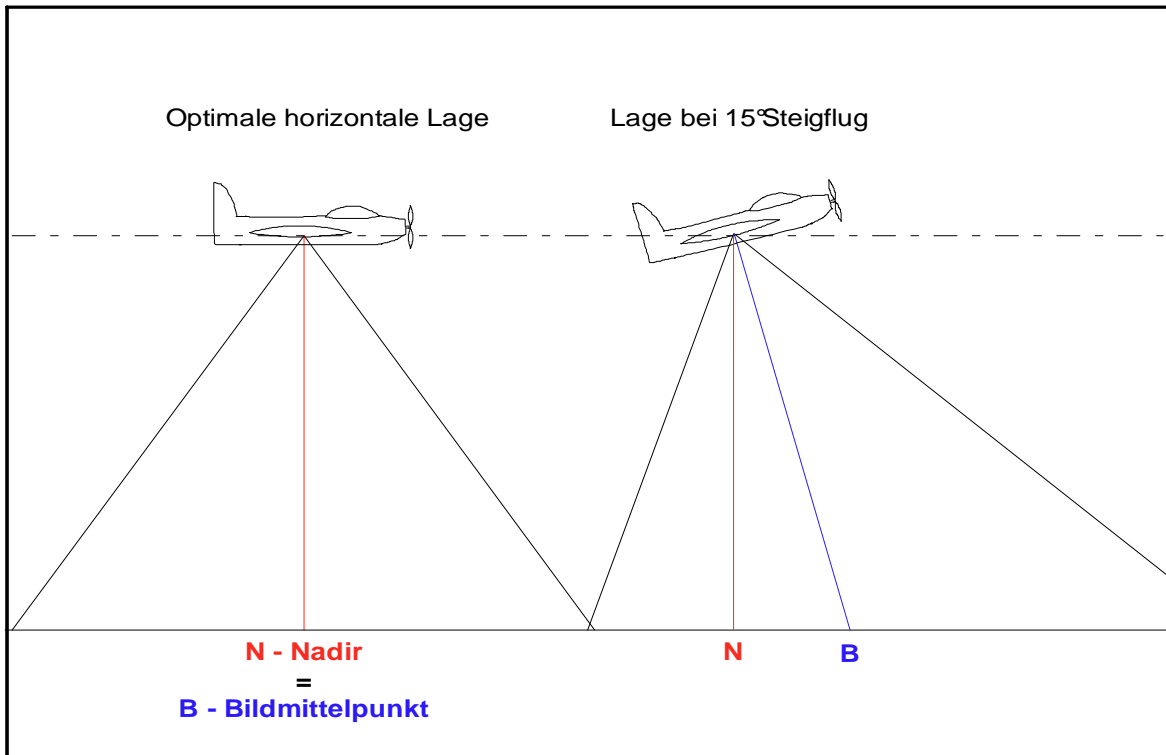


Abb. 5 Verschiebung von Nadir und Bildmittelpunkt 1

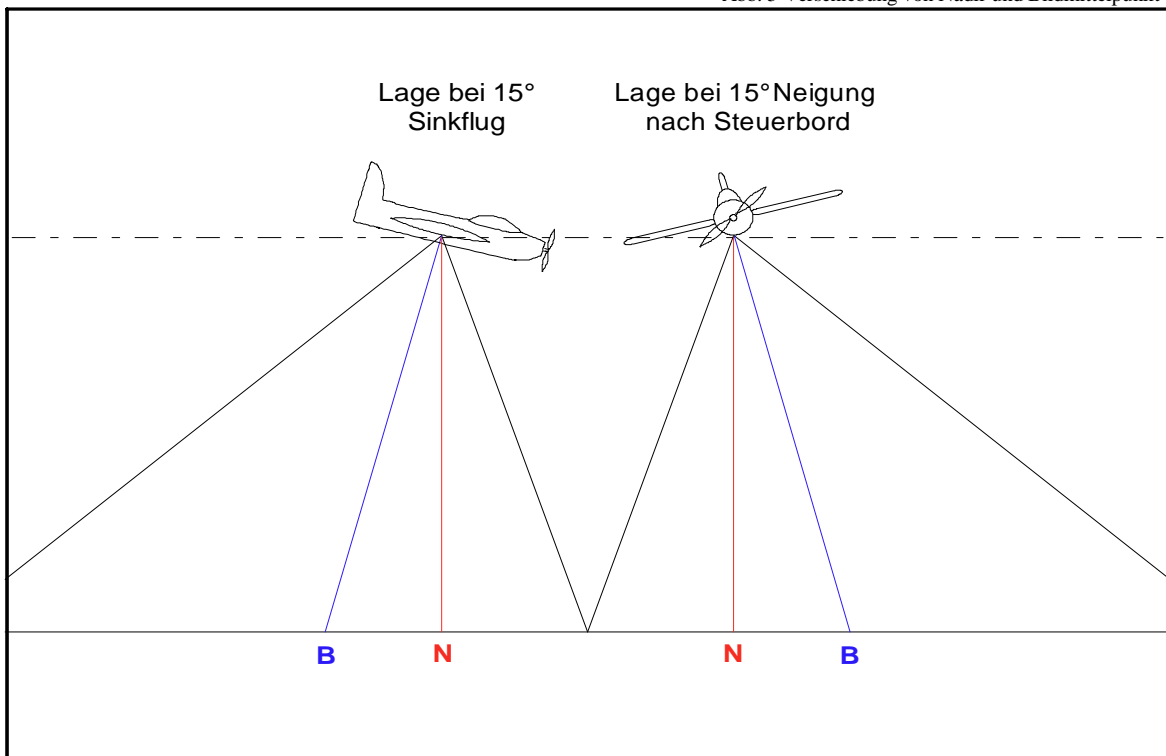


Abb. 6 Verschiebung von Nadir und Bildmittelpunkt 2

Durch dessen Verschiebung kann es zu zum Teil erheblichen Differenzen im Maßstab in verschiedenen Teilen des Bildes kommen. Um diesen Fehler zu beheben, müssen die Bilder entsprechend entzerrt werden. Dazu benötigt man eine Karte, die den gleichen Maßstab besitzt wie das Luftbild in der Umgebung des Nadir. Mittels eines an einem Stativ angebrachten kipp- und drehbaren Tisches kann das Luftbild in seiner Lage verstellt werden. Ziel ist es den Tisch so einzustellen, daß vier markante ecknahe Punkte auf dem Luftbild,

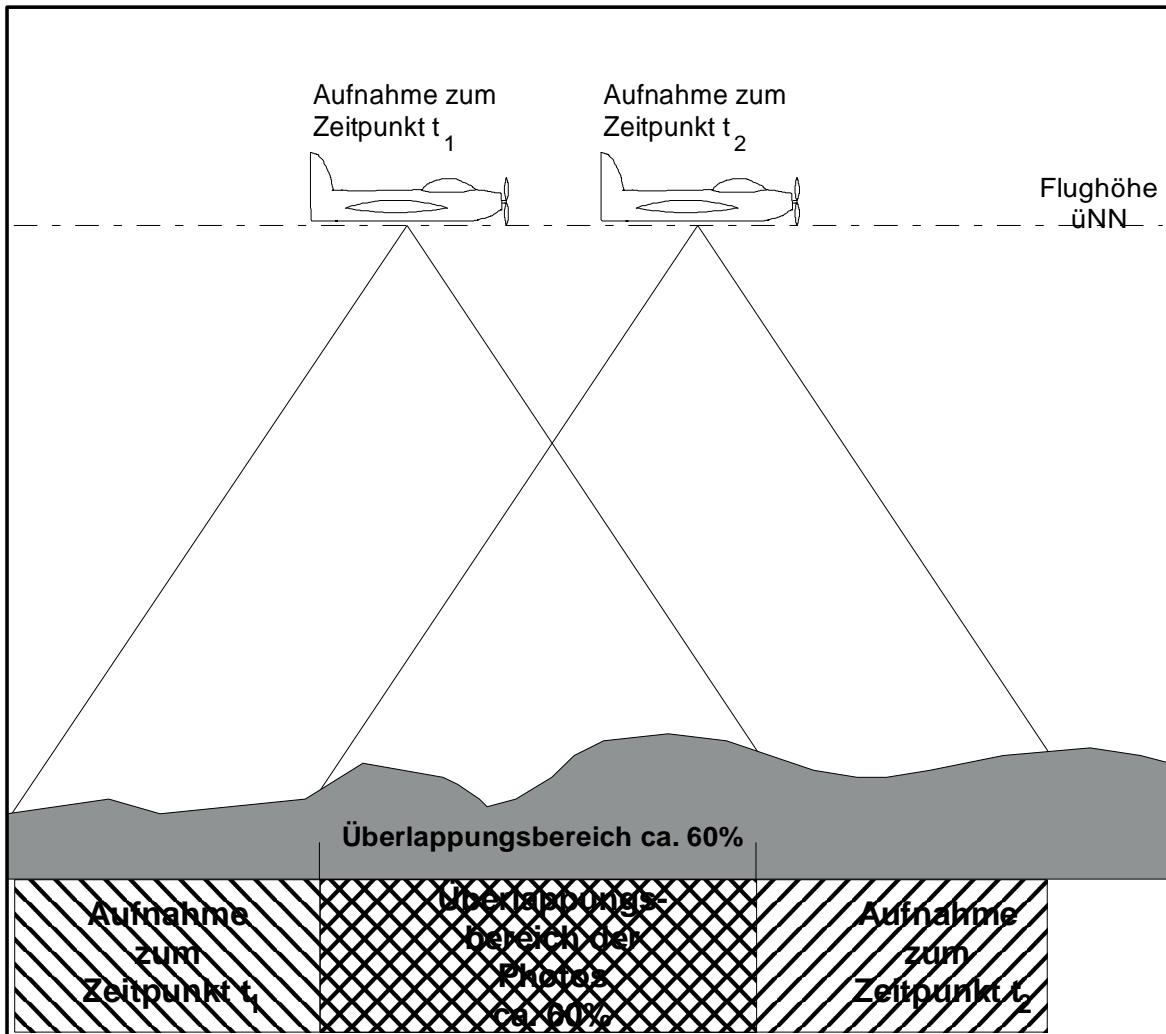


Abb. 3 Überlappungsbereich:

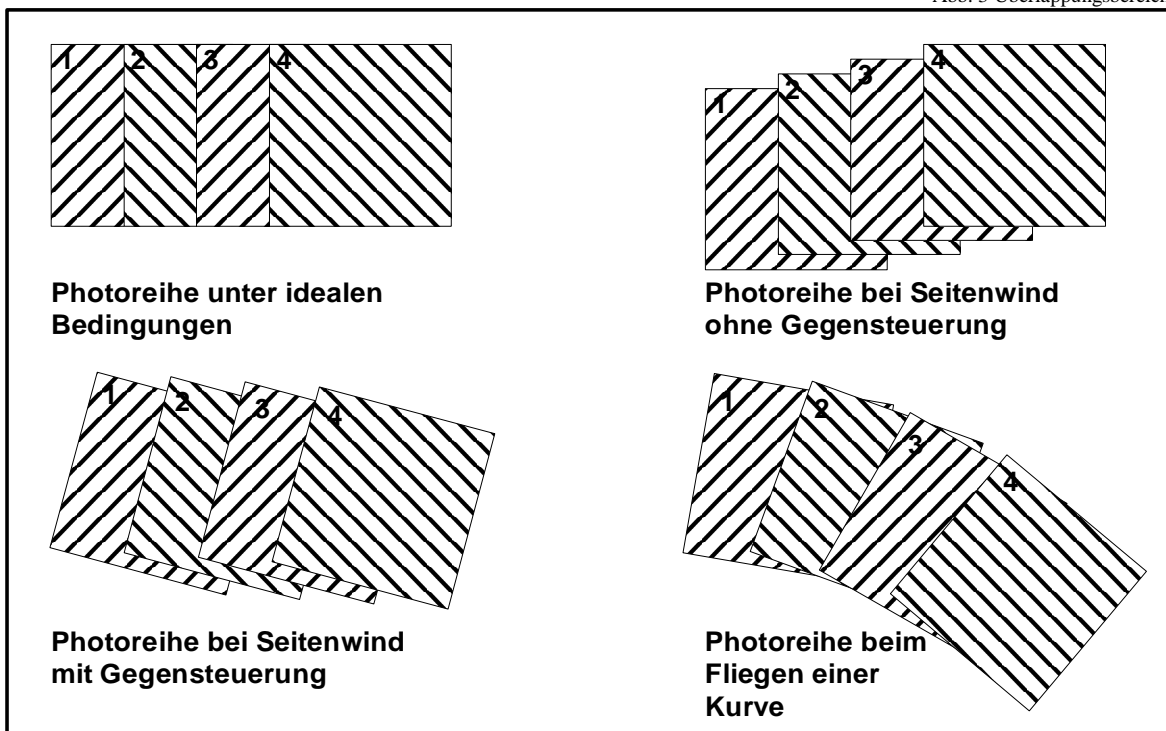


Abb. 4 mögliche Versetzungen

Bei der Luftbildinterpretation wird dem Gehirn mit dem Blick durch ein Stereoskop auf zwei sich überlappende Luftbilder die Illusion eines räumlichen Eindrucks vermittelt. Dafür müssen beide Augen annähernd ihre volle Sehstärke haben, bzw. müssen Sehfehler durch geeignete Brillengläser oder Kontaktlinsen ausgeglichen werden. Außerdem müssen beide Augen orthogonal sehen, d.h. sie müssen im Gegensatz zur sonst üblichen auf einen Punkt fokussierten Zentralperspektive parallel betrachten, bzw. versuchen den Fokus in unendliche Entfernung zu stellen. (vgl. Abb. 2) Diese Umstellung der Augen erfordert meist eine erhebliche Konzentration und kann zu Kopfschmerzen und Ermüdungserscheinungen führen.

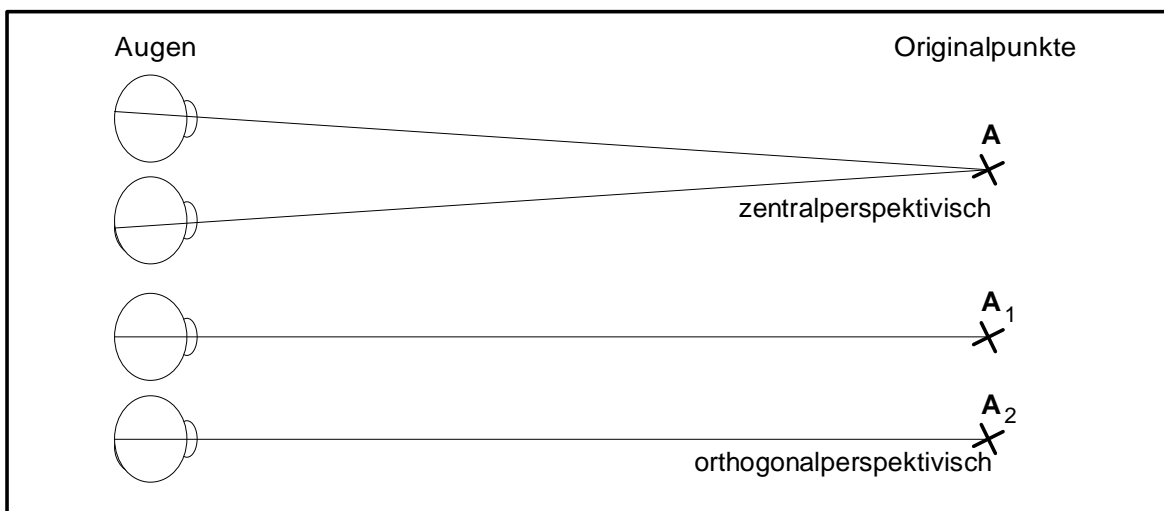


Abb. 2
Orthogonales Sehen

Beschreibung der äußeren Orientierung

Luftbilder werden mit einer fest in einem Flugzeug angebrachten Reihenmeßkamera (RMK) in einem bestimmten Zeittakt, bei etwa gleichbleibender Flughöhe üNN aufgenommen. Die aufeinanderfolgenden Bilder überlappen sich um ca. 60%, d.h. dieser Bereich ist auf beiden Bildern zu erkennen. (vgl. Abb. 3)

Da die Kamera nicht kardanisches aufgehängt ist, sondern fest im Flugzeug installiert ist, sind die Aufnahmen zum Teil verzerrt. Das bedeutet, daß aufgrund von Luftbewegungen und den daraus resultierenden Gegensteuerungsmaßnahmen des Piloten, das Flugzeug während der Aufnahmen nicht die ideale Fluglinie eingehalten hat. Dadurch liegen die Photos nicht mehr hintereinander, sondern sind etwas versetzt angeordnet. (vgl. Abb. 4)

Ein weiteres Problem neben der seitlichen Versetzung ist eine Verschiebung der Horizontalachse. Damit verschiebt sich der Bildmittelpunkt B gegenüber dem Nadir N. Der Nadir ist das von der Kamera auf die Erdoberfläche gefällte Lot. (vgl. Abb. 5 und 6)

Das Prinzip der räumlichen Wahrnehmung

Räumliche Wahrnehmung bedeutet, daß man die unterschiedlichen Distanzen zu Objekten im Raum abschätzen kann. Das Gehirn setzt aus einer Vielzahl von Sinneswahrnehmungen ein räumliches Abbild der Umgebung zusammen, so daß man sich im Raum orientieren kann. Die physikalischen, genauer die optischen Grundlagen dieses Prozesses werden in Abb. 1 veranschaulicht.

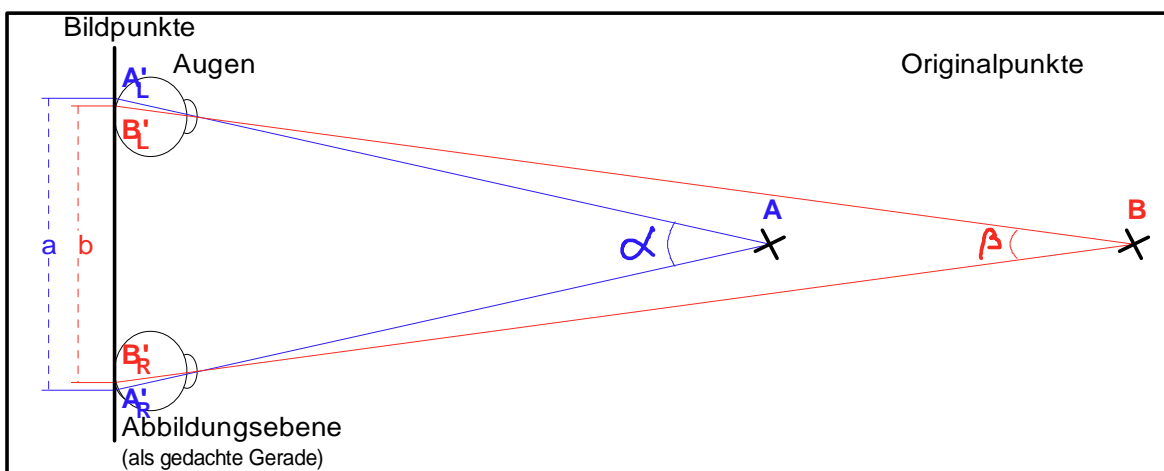


Abb. 1
Konvergenzwinkel

Beim Sehen mit zwei Augen entstehen beim Betrachten eines Punktes A zwei Bildpunkte A' auf der Netzhaut. Die Punkte werden als A_L' im linken und als A_R' im rechten Auge bezeichnet. Betrachtet man die Abbildungsebene der Retina modellhaft als Gerade, ergibt sich ein spitzwinkliges Dreieck aus den drei Punkten A, A_R' und A_L' . Bei diesem Dreieck wird der spitze Winkel - beim Originalpunkt A liegend - als α bezeichnet. Die dem Winkel gegenüberliegende Seite a ist durch die Länge der Strecke von A_L' nach A_R' gegeben. Diese Strecke, d.h. den Abstand der beiden Bildpunkte, bezeichnet man als Parallaxe.

Ein gleichzeitig abgebildeter Punkt B, der weiter vom Betrachter entfernt ist, wird als Punkt B_R' bzw. als B_L' auf der Netzhaut abgebildet. Der im Punkt B des Dreiecks entstehende Winkel β ist kleiner als α . Da die Lichtstrahlen beim Eintritt in die Linse konvergieren und im Glaskörper des Auges wieder divergieren, liegen die Bildpunkte von A auf der Abbildungsebene weiter auseinander als die Bildpunkte von B. Aus dem Konvergenzwinkel beim Eintritt der Lichtstrahlen in das Auge konstruiert das Gehirn einen räumlichen Eindruck von hintereinander liegenden Punkten.

Bei einem mittleren Augenabstand von ca. 65mm ist eine räumliche Wahrnehmung bis zu einer Entfernung von etwa 1500m möglich. Bei weiteren Strecken ist der Konvergenzwinkel für das Gehirn nicht mehr unterscheidbar. Mit einem größeren Augenabstand wird jedoch der Konvergenzwinkel auch bei größeren Entfernungen wieder unterscheidbar, und damit kann für geeignete Personen ein deutlicher räumlicher Eindruck sichtbar werden.

Gliederung

Das Prinzip der räumlichen Wahrnehmung	Seite 3
Beschreibung der äußeren Orientierung	Seite 4
Beschreibung der inneren Orientierung	Seite 7
Bestimmung der individuellen Instrumentenbasis	Seite 9
Bestimmung der Hauptpunkte und Übertragung der Hauptpunkte	Seite 13
Orientierung der Luftbilder unter dem Spiegelstereoskop	Seite 14
Profilzeichnung nach der Luftbildvorlage und nach der topographischen Karte (TK25)	Seite 14
Anfertigung eines Croquis	Seite 15
Beschreibung der Mikrometerschrauben	Seite 15
Messen mit der Mikrometerschraube	Seite 17
Protokoll zu den Messergebnissen mit der Mikrometerschraube	Seite 17
Ermittlung der Höhendifferenzen der angegebenen Punkte - Vergleich mit der Karte	Seite 18
Bestimmung der Höhe über Grund nach Flughöhe und Karte	Seite 19
Bestimmung des genauen Bildmaßstabes	Seite 19
Bestimmung der Höhe über Grund nach Kammerkonstante und Bildmaßstab	Seite 20
Angabe der Eckpunkte des Überlappungsbereichs anhand der Rechts- und Hochwerte	Seite 20
Beurteilung des Seminars aus studentischer Sicht	Seite 20
Anhang	
A) Profilzeichnung nach der Luftbildvorlage und nach der Karte	
B) Croquis	
C) Luftbilder	
D) Photokopierter Ausschnitt aus den beiden topographischen Karten 1:25 000: 4826 Eschwege und 4825 Waldkappel, mit Lageplan und markierten Punkten	

Protokoll

des Seminars

Luftbildinterpretation und Fernerkundung I

Dozent: Prof. Dr. Dieter Jäkel

LV 24 504

Blockseminar 01.04.-03.04.
im Sommer Semester 1998

Protokollant: Dirk Arndt

Matr.-Nr.: 3020328

20 Seiten, 4 Tabellen und 18 Abbildungen