

Informationsausschöpfung fotografischer Aufnahmen mit nicht
identifizierbaren Himmelsobjekten (NHO)

(Dipl.-Ing. A. Schneider)

Übersicht

Mit der Entwicklung fotografischer Verfahren vor etwa 150 Jahren wurden hin und wieder seltsame Objekte oder Strukturen auf fotografischen Platten oder Filmen bekannt, welche aber meist von Fachleuten in eindeutiger Weise interpretiert werden konnten. Erst mit dem Auftauchen unbekannter Flugobjekte, welche sich offenbar auch ablichten ließen, trat die Diskussion um Echtheit, Manipulation oder technische Fehlerquellen bei fotografischen Aufnahmen in ein neues Stadium. Infolge mangelnder Fachkenntnisse oder Verstrickung in Vorurteile - sowohl auf Seiten der Gegner als auch Befürworter der UFO-Szenerie - beschränkte sich die "Beweisführung" meist auf qualitative Plausibilitäts-Betrachtungen.

In den letzten Jahren, wo sich in wachsendem Maße auch ernsthaftere Forscher mit der UFO-Materie zu befassen begannen, ist ein verstärkter Trend zu einer wissenschaftlichen Auswertung von fotografischen Aufnahmen mit unbekannten Himmelsobjekten zu beobachten. Gestützt wird diese Entwicklung durch eine Reihe von mathematischen und instrumentellen Hilfsmitteln, welcher sich heute die modernen Verfahren der industriellen Fotoanalyse bedienen.

Der vorliegende Beitrag will eine methodische Einführung in die Techniken der Photogrammetrie und Densitometrie geben, soweit sie zur Analyse unbekannter Bildobjekte von Bedeutung sind. Im allgemeinen erweisen sich diese Verfahren sehr vorteilhaft, um Tricks oder Fehler bei der Aufnahme oder am Negativ zu erkennen. Auch Bilder mit außergewöhnlichen, aber durchaus natürlichen Himmelsphänomenen oder Flugobjekte in verfremdender Perspektive werden so leichter interpretierbar. Eine Reihe praktischer Beispiele wie Fotografien von Venus und Saturn - welche zunächst als UFOs angesehen wurden -, Retuschen an einem NASA-Foto oder einfache Luftblasen auf Negativen illustrieren die Technik solcher Auswertungen.

Daß gelegentlich auch UFO-Fotos auftauchen, welche trotz sorgfältiger Analyse "unidentifiziert" bleiben, erscheint angesichts der gewaltigen Zahl von UFO-Beobachtern in den letzten 30 Jahren keineswegs verwunderlich. Drei solcher Fälle - es handelt sich um die UFO-Fotografen Frégnale, Schwier und Trent - wurden bereits von kompetenten UFO-Forschungszentren wie SOBEPS/Belgien, ICUFON/USA und CUPOS/USA untersucht und für echt befunden. Eigene Analysen der Bilder von Lars Thörn/Schweden und Giampero Monguzzi ergaben ebenfalls starke Indizien für die Echtheit der Aufnahmen. Die einzelnen Auswertungsschritte einschließlich des mathematischen Kalküls wurden mit in den Beitrag aufgenommen, um interessierten Forschern Anregungen für eigene Untersuchungen zu geben. Ein umfangreicher Tabellenanhang sowie ein ausführliches Verzeichnis der verwendeten Literatur und weiterführender Werke schließt den Artikel ab.

Informationsausschöpfung fotografischer Aufnahmen mit nicht
identifizierbaren Himmelsobjekten (NHO)

(Dipl.-Ing. A. Schneider)

1. Einführung

Die Frage nach der Existenz unbekannter Flugobjekte (UFOs) wird auch heute noch von vielen Fachwissenschaftlern mit Skepsis beurteilt, obwohl inzwischen Tausende ernst zu nehmender Zeugenberichte und sogar Hunderte fotografischer Aufnahmen vorliegen. Sicherlich wird sich eine wissenschaftliche Untersuchung und Verifizierung eines neuen Phänomentyps auf zuverlässige objektive Informationen stützen müssen. Eine echte Nachprüfbarkeit oder gar Reproduzierbarkeit von flüchtigen Erscheinungen, wie sie unbekannte Flugobjekte oder seltene atmosphärische Phänomene, z.B. Kugelblitze, darstellen, ist jedoch im allgemeinen nicht gegeben. So stellen die subjektiven Berichte einzelner oder mehrerer Augenzeugen in den meisten Fällen den einzigen Zugang zu einem vermuteten objektiven Geschehen dar.

Verständlicherweise sind solche auf die menschlichen Sinne begrenzten Wahrnehmungen häufig mit Fehlern behaftet und den verschiedensten Interpretationen zugänglich. Erfahrungsgemäß koppelt die menschliche Psyche die Glaubwürdigkeit einer subjektiven Zeugenaussage viel eher mit der reziproken Fremdartigkeit (Strangeness) des beobachteten Geschehens als mit der Qualifikation des Beobachters. Selbst hervorragende Fachleute wie Piloten, Meteorologen, Astronomen mit langjähriger Erfahrung im Beobachten von Himmelserscheinungen sind vor einer Disqualifizierung daher nicht sicher. Ihre Wahrnehmungen werden i.a. sofort mit Bewußtseinsstörungen, Halluzinationen, Netzhaut-Nachbildern u.ä. erklärt, wenn sie detaillierte Schilderungen über untertassenförmige, bizarr dahin fliegende Objekte - eventuell sogar mit merkwürdig aussehenden Insassen 'bestückt' - ihrer verdutzten Umwelt zu schildern beginnen.

Das psychische Informationsfilter, welches ungewöhnliche, unreal erscheinende Vorgänge automatisch sublimiert und verdrängt, läßt sich nur dann umgehen, wenn die subjektiven Daten durch möglichst viele materielle Beweisstücke objektiviert werden können. Hierzu zählen Landes Spuren, Metallsplitter, elektromagnetische Phänomene wie Magnetisierung, Radioaktivität usw. (Schneider 1975). Als besonders wichtige Informationsquelle erweisen sich fotografische Aufnahmen in ihrer Eigenschaft als zweidimensionale Datenspeicher. Das beachtliche Akkumulationsvermögen der Fotoplatte bzw. des Fotofilms ist in vielen Wissenschaftszweigen (Astronomie, Geophysik, Medizin, Kriminalistik) zu einem unentbehrlichen Hilfsmittel geworden. Welche erstaunlichen Fortschritte der Bildauswertung durch chemische und computergestützte Verarbeitungsprozesse heute schon erreicht worden sind, soll Thema des vorliegenden Beitrages sein.

Gerade die modernen Methoden der Äquidensitenherstellung und der elektronischen Digitalisierung liefern eine Vielzahl von Zusatzinformationen, die dem menschlichen Auge bei der normalen Betrachtung von Fotobildern verborgen bleiben. Diese Verfahren sind daher ein nicht zu unterschätzendes Hilfsmittel, um UFO-Aufnahmen auf ihre Echtheit hin zu überprüfen.

2. Informationskapazität fotografischen Bildmaterials

Die vielfach geäußerte Auffassung, daß Bilder mehr als tausend Worte auszusagen vermögen, gewinnt angesichts der heutigen Analysemethoden eine erneute Aktualität. Um eine ungefähre Vorstellung von der "Aussagefähigkeit" fotografischen Bildmaterials zu vermitteln, sei hier zunächst der maximale Informationsgehalt eines Bildes angegeben. Theoretische Untersuchungen haben gezeigt, daß die optimale Speicherdichte für digitale Signale mit nur zwei Helligkeitsstufen erreicht wird. Die Informationskapazität eines Bildes errechnet sich dann allgemein zu

$$C = (AV)^2 \cdot 10^2 \quad (\text{bit/cm}^2)$$

AV = Auflösungsvermögen in Perioden/mm

Übliche Werte: Photoplatte 1000 L/mm $C = 10^8 \text{ bit/cm}^2$
 (Krug/Weide 1976) Amateurfilm 100 L/mm $C = 10^6 \text{ bit/cm}^2$

Auf einem Kleinbildfilm im Format 24x36 mm lassen sich somit 8,6 Millionen Informationsbits unterbringen. Naturgemäß liegt die effektive Informationsrate infolge zahlreicher systembedingter Störgrößen wesentlich unter diesen Werten. Außerdem interessiert sich der Beobachter eines Bildes unter Umständen nur für gewisse Bildpartien. Die übrigen Bildteile tragen entweder keine Information oder bleiben für ihn 'irrelevant'. Allerdings mag eine solche Zusatzinformation, z.B. im Zusammenhang mit UFOs oder Meteoriten, durchaus wünschenswert erscheinen, weil sie eine Zuordnung des Objektes zur Umgebung ermöglicht.

3. Strategien zur Auswertung von UFO-Fotos

In den folgenden Abschnitten werden verschiedene Wege und Verfahren dargestellt, die eine optimale Auswertung fotografischer Aufnahmen mit nicht identifizierbaren Objekten erlauben. Ausgangspunkt der einzelnen Untersuchungen sollte stets das Negativ-Material sein, weil jede Kopie einen beträchtlichen Informationsverlust mit sich bringt. Übliche Negativfilme weisen einen maximalen Dichteumfang von 3, d.h. einen Kontrast von 1000:1 auf, während der Dichteumfang bei normalen Positivpapieren bei 1,5 oder einem Kontrast von 30:1 liegt. Außerdem sind bei Papierkopien geometrische Verfälschungen infolge von Schrumpfungseffekten und Verzerrungen bei nicht sachgemäßer Herstellung der Kopien zu erwarten.

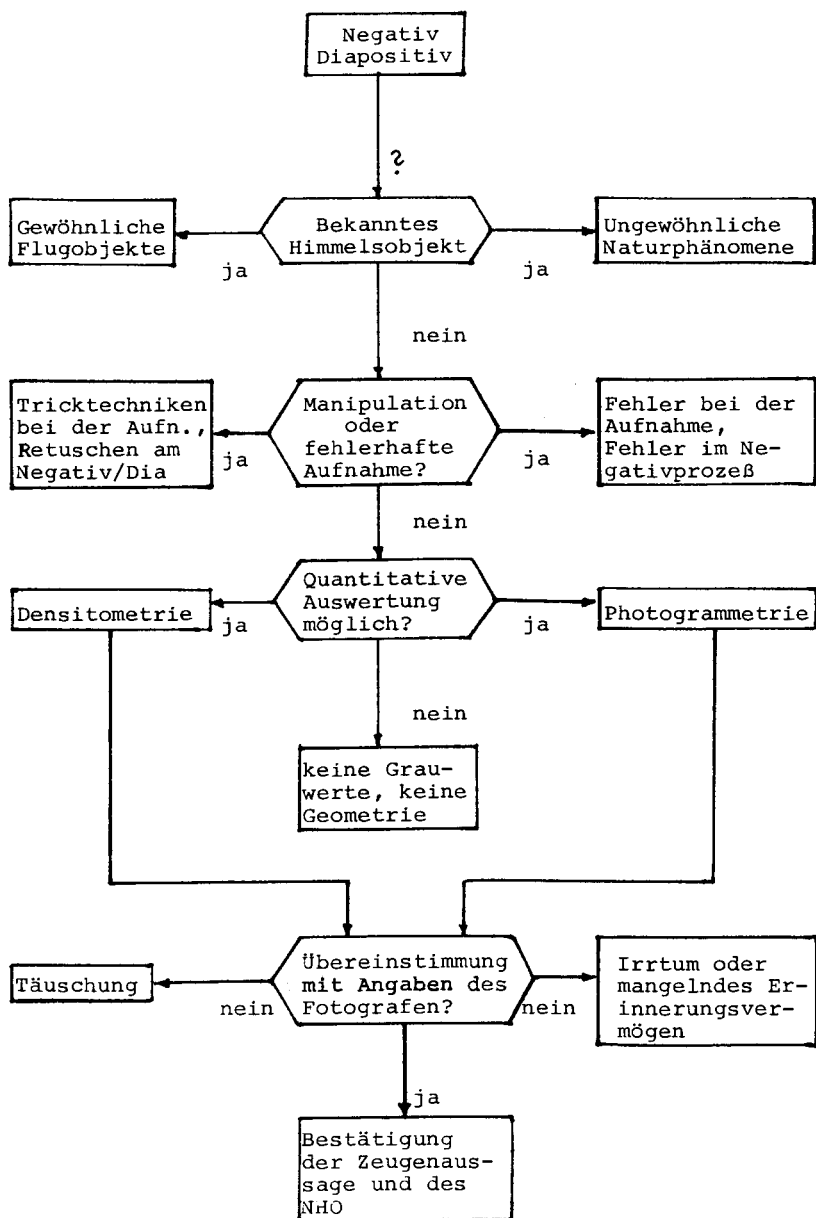
Der vereinfachte morphologische Kasten in Bild 1 zeigt die wesentlichen "Bestimmungsstücke", die zu Beginn einer Analyse von UFO-Fotos vorliegen können. In der Regel wird man durch einen mündlichen oder schriftlichen Report von einer UFO-Sichtung eines oder mehrerer Zeugen erfahren. Optimale Voraussetzungen wären dann erfüllt, wenn wenigstens einer dieser Zeugen einen Schnappschuß oder gar einen Film, möglichst von verschiedenen Beobachtungsstandpunkten aus, aufnehmen konnte. Die Aussagen der Zeugen über das Aussehen des Objektes, eventuell durch Handskizzen ergänzt, würden dann wertvolle Zusatzhinweise erbringen. Einerseits läßt sich die Glaubwürdigkeit der Beobachter abschätzen, andererseits sind auf dem Foto vielleicht einige Informationen verlorengegangen oder in anderer Weise wiedergegeben worden. Hieraus lassen sich wiederum eine Reihe von Rückschlüssen, z.B. auf die Natur der Lichtstrahlung des Objektes oder dessen Geschwindigkeit entnehmen. Ein sicherer "Beweis" für die objektive Realität eines solchen "Unbekannten Flugobjektes" würde nach Ansicht des Physikers William K. Hartmann erst dann zu erbringen sein, wenn mehrere Aufnahmen desselben Flugobjektes von verschiedenen unabhängigen und einige Kilometer voneinander entfernten Fotografen vorliegen (Condon 1969). Da flüchtige Naturphänomene wie UFOs oder Kugelblitze üblicherweise nicht auf Bestellung erscheinen, muß sich eine Analyse auf eine möglichst umfassende Auswertung der vorhandenen Fotos konzentrieren.

UFO	Bericht
Foto	Fotograf

Bild 1

Die Bedeutung solcher Auswerteverfahren wird ganz besonders wichtig, wenn z.B. überhaupt keine Zeugenaussagen bekannt sind oder der Fotograf zur Zeit der Aufnahme gar kein UFO beobachtet hat. Im allgemeinen wird im letzteren Fall der Verdacht auf einen technischen Fehler (Linsenrückspiegelung, Lichteinfall usw.) besonders naheliegen. Welche Überlegungen und Fragestellungen im Zuge einer umfassenden Fotoauswertung auftreten können, sind im Flußdiagramm nach Bild 2 übersichtsartig zusammengestellt. Viele sogenannten UFO-Fotos erweisen sich bei objektiver Prüfung, insbesondere durch geeignete Fachleute, als durchaus erklärbar. So lassen sich in vielen Fällen ungewöhnliche Aufnahmen bekannter Flugobjekte oder seltene Naturphänomene von vornherein ausscheiden. Andere Fotos wiederum sind schon auf den ersten Blick als billige Fälschungen oder als fehlerhafte Aufnahme zu erkennen. Diejenigen Bilder, welche bei dieser Vorab-"Filterung" immer noch unerklärbar bleiben, können heute mit modernen Meßverfahren untersucht werden. Allerdings erfordern diese Methoden ein Mindestmaß an Informationsinhalt im Negativ, das heißt, es sollten verschiedene Grauwerte und eine gewisse Geometrie erkennbar sein. Nach einer ersten Densitometrie- bzw. photogrammetrischen Analyse kann dann erneut entschieden werden, ob das "unbekannte Objekt" vielleicht doch nur ein Fehler oder ein ins Bild hineinmanipulierter Flugkörper war.

Auswertung von Bildern mit
nicht identifizierbaren Himmelsobjekten (NHO)



4. Ungewöhnliche Aufnahmen normaler Flugobjekte

Gelegentlich mag es vorkommen, daß durchaus bekannte Objekte in ungewöhnlichen Flugsituationen oder unter ungewöhnlichen Beleuchtungsverhältnissen fotografiert werden. Hierzu zählen alle technischen Flugapparate wie Motor- und Segelflugzeuge, Drachensegler, Raketen, Satelliten, Ballonsonden, Zeppeline. Falls eine Erklärung dieser Art nahe liegt, kann durch Überprüfen des Flugverkehrs zur Aufnahmezeit eine zusätzliche Bestätigung erbracht werden. Um eine eindeutige Aussage zu bekommen, sollten allerdings exakte Zeit- und Ortsangaben für den Flugverkehr bzw. für Satellitenbahnen vorliegen. Immerhin sind bis zum April 1976 8929 Raumflugkörper erfaßt worden, die seit dem ersten Sputnik in eine Umlaufbahn geschickt wurden oder sich als Teile von Satelliten selbständig gemacht haben. Rund 77 Prozent des "Weltraummülls" geht auf auseinandergebrochene Satelliten zurück. Beim Verglühen in der Erdatmosphäre können u.U. auch kleinere Objekte sichtbar werden (Bärwolf 1976). Manchmal werden auch Vogelschwärme oder einzelne Tiere, etwa im Licht der untergehenden Sonne angestrahlte Möwen, als "UFOs" interpretiert. Ein gutes Vergrößerungsglas, eine geeignete Dia-Projektion oder eine sorgfältige Überprüfung des Negativstreifens unter dem Mikroskop im Durchlicht oder Dunkelfeld schafft hier meist Klarheit. Allerdings dürfte der Prozentsatz solcherart fehlinterpretierter UFO-Aufnahmen im statistischen Mittel recht gering sein.

5. Spektrum ungewöhnlicher Himmelsphänomene

Eine Reihe von sogenannten UFOs entpuppen sich bei näherer Untersuchung häufig als bekannte, allerdings selten vorkommende Himmelsphänomene. Eine solche Erklärung erscheint vor allem dann gerechtfertigt, wenn das Phänomen teilweise minuten- oder stundenlang zu sehen war (z.B. bizarre Wolkenformen, Nordlichter usw.) oder sich gleichmäßig über den Himmel bewegt hat (Meteore, Sternschnuppen). Die folgende Liste gibt einige der bekanntesten meteorologischen, astronomischen und künstlich erzeugten Himmelsphänomene wieder. Diejenigen Leser, welche sich eingehender über diese Erscheinungen informieren möchten, seien auf die angegebenen Quellen verwiesen.

a) meteorologische Phänomene

- 1) Ungewöhnliche Wolkenformen
(Süring 1941, Westphal 1968, Schneider/Malthaner 1976, Flohn 1974), Corliss 1977)
- 2) Luftspiegelungen (Fata Morganas)
(Trautmann 1960, Meyer 1935, Condon 1970, S. 598ff., Fraser/Mach 1976, Dietze 1957, S. 42ff., Skudelny 1977, Corliss 1977)
- 3) Halos (Ring-Nebensonnen, Lichtsäulen)
(Dietze 1957, S. 56ff., Corliss 1977)

- 4) Kugelblitze, Plasmaphänomene
(Wittmann 1976/16, Condon 1970, S.723, Mühleisen 1972, Brand 1923, Klass 1966, Corliss 1977)

b) astronomische Phänomene

- 1) Meteore (Sternschnuppen und Feuerkugeln)
(N.N. 1976, S. 9 -97, Boschke 1970, N.N. 1975, S.12 , Lützenkirchen 1976, Krinov 1960, McKinley 1961, Zeidmann 1976, Corliss 1977)
- 2) Stern-/Planetenbahnen
(Voigt 1975)
- 3) Kometen
(Wurm 1954)

c) künstlich erzeugte Phänomene

- 1) Spuren von Leuchtraketen
- 2) Kondensstreifen von Himmelsschreibern
- 3) Spuren von Metaldampfwolken (Barium, Strontium),
die aus Höhenforschungsraketen ausgestoßen werden
- 4) Scheinwerfer-Reflexionen, Laserblitze
(Wittmann 1976/24)

Sicherlich werden manche der hier angeführten Erscheinungen eine gewisse Ähnlichkeit zu UFO-Phänomenen aufweisen, die sich teilweise ebenfalls mit plasmaartigen Formen umgeben (Schneider/Malthaner S. 194ff.) Nicht von ungefähr ist eine Argumentation in dieser Richtung bei leichtfertigen Kritikern sehr beliebt. So versucht beispielsweise der Wissenschaftsredakteur Peter G. Westphal in seinem Buch "UFO-UFO" nachzuweisen, daß die 5 etwa kreisförmigen UFOs in V-förmiger Formation, die am 28.3.1950 von der Bildagentur Keystone veröffentlicht wurden, sehr leicht zu erklären seien. Die Zeitschrift Science hatte am 15.9.1967, also viele Jahre später, einen Bericht publiziert, in dem vom Blitzleuchten erhellte Regentropfen während eines elektrischen Ladungsaustausches in der Atmosphäre wiedergegeben waren. Aufgrund der teilweisen Ähnlichkeit von Regentropfen und UFOs erschien für Westphal die Sache geklärt. Kein Wort von unterschiedlichen Randstrukturen (die Regentropfen hatten aufgrund der Oberflächenspannung eine völlig harmonische elliptische Form, während die dunklen UFOs ausgefrante, gewölbte Ränder aufwiesen) oder von den vermutlichen sehr unterschiedlichen Größen (die UFOs erschienen als relativ große Gebilde innerhalb von Wolkenstrukturen, während die Regentropfen auf gleichmäßigem Hintergrund nur wenige Millimeter Durchmesser gehabt haben dürften). Vermutlich waren diesem Autor die Aufnahmen von Bouffioulx am 16.5.1953 (Schneider/Malthaner S. 172) und Cluj am 24.4.1974 (Georghita 1976) unbekannt. Auch hier zeigen sich ähnlich dunkle kreisförmige Strukturen in der Umgebung von UFOs. Nach Ansicht von Physikern könnte es sich bei diesen Dunkelzonen um extreme Refraktionerscheinungen als Folge eines sehr hohen Feldgradienten handeln.

Mit welchen Methoden angebliche UFO-Aufnahmen getestet werden können, soll hier zunächst an zwei Beispielen verdeutlicht werden. Am 12./13. April 1975 veröffentlichte der Münchner Merkur eine "UFO-Sichtung" über Ebersberg. Das auf dem Zeitungsfoto schlecht erkennbare zylinderähnliche hellweiße UFO war um 48 Grad nach links oben geneigt. Rechts erkannte man die dunkle Spitze eines Kirchturms, welcher zur Effektsteigerung von der Bildredaktion in das Foto hineinkopiert worden war. Eine ausführliche Recherche durch MUFON-CES-Leiter I. Brand und den Autor dieses Berichtes erbrachte folgendes Ergebnis: Der begabte Kunstmaler und leidenschaftliche Naturbeobachter J.H. hatte am 22.3.1975, etwa gegen 19.00 Uhr, den schwach bewölkten Abendhimmel beobachtet. Der Abend war noch nicht ganz hereingebrochen, als er unter einem Azimuth von 275 Grad (fast im Westen) ein helles Objekt in 11 Grad Winkelhöhe über dem Horizont beobachtete. Nachdem Herr J.H. schon in den vergangenen Monaten ein solches Leuchtobjekt verfolgt hatte, rief er diesmal einen im Nachbarhaus wohnenden Pressefotografen an. Dieser schätzte das Objekt auf einen Durchmesser von $1/5$ Winkelgrad. Als dominierende Farbe nannten diese beiden Zeugen und ihre Frauen ein grelles Weiß, teils vergleichbar mit der weiß-violetten Flamme eines Schweißbrenners. Das Objekt soll angeblich zwei Stunden sichtbar gewesen sein und sich während der gesamten Beobachtungszeit von etwa zwei Stunden nicht vom Fleck bewegt haben.

In der Erwartung, eine sensationelle Aufnahme zu bekommen, holte Herr H.W. seine Leica M4, schraubte ein 400mm Teleobjektiv davor und belichtete bei Blende 5,6 auf Stativ rund 60 Sekunden bzw. bei der zweiten Aufnahme rund 30 Sekunden. Auf dem 22 DIN Ilford-Film zeichnete sich jeweils ein schräg geneigter Strich ab (siehe Skizze). Unter Berücksichtigung des Filmformates von 24x36 mm und der 10-fachen Vergrößerung auf der Kopie entspricht die Strichlänge 27,4 bzw. 15,4 Bogenminuten. Eine Überprüfung der Planetenbahnen ergab nun, daß die Venus am 22.3. um

19 Uhr in 21,5 Grad Höhe und unter einem Azimuth von 262,5 Grad sichtbar war. Da dieser Planet mit einer Helligkeit von -3^m die Leuchtkraft der hellsten Fixsterne bei weitem übertrifft, übt er auf den Beschauer eine eigentümliche Faszination aus. Die Schräglage der Planetenbahn auf dem

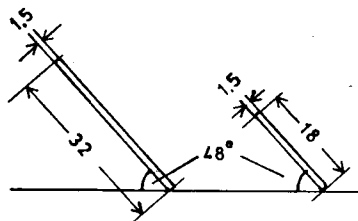


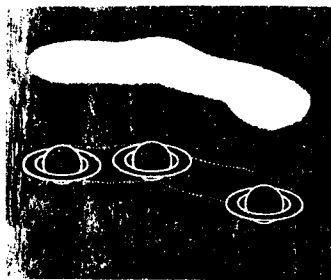
Foto 1

Foto 2

Foto stimmt ziemlich genau mit der geographischen Breite von Ebersberg $48^{\circ}28'$ überein, was bei der nahezu westlichen Orientierung des Planeten zu erwarten war. Aus der Spurlänge von 32 bzw. 18 mm errechnen sich die wahren Aufnahmezeiten zu 1min48sec bzw. 1min1,6sec, wenn man den bekannten Lauf des Himmelsgewölbes berücksichtigt. Fazit: Aus der von den Zeugen angegebenen Position des Leuchtobjektes am Himmel, aus der Beobachtungszeit und dem Beobachtungstag sowie aus der foto-

grafischen Spur der Langzeitaufnahme und der geographischen Breite des Beobachtungsortes konnte das angebliche UFO eindeutig als der Planet Venus identifiziert werden. Eine derartige Beweisführung, die sich auf konkrete Angaben und konsequente Berechnungen stützt, erscheint in der Diskussion um die Echtheit von UFO-Aufnahmen angemessener als eine pauschale Bewertung aufgrund unzureichender Analogieschlüsse. Eine etwas detaillierte Anleitung zu ähnlichen Untersuchungsverfahren findet sich im Abschnitt über Photogrammetrie. Zunächst soll noch ein zweiter Fall einer "astronomischen" UFO-Aufnahme erwähnt werden, welche in der amerikanischen Zeitschrift "Skylook" Nr. 99 und 102/1976 wiedergegeben wurde.

Der Reporter Scott Price vom News-Journal in Clovis, NM, hatte am 23.1.1976 gegen 2.30 Uhr morgens ein leicht abgewinkeltes, längliches Objekt fotografiert. Er benutzte hierzu eine 35 mm-Kamera, die an ein kleines Teleskop mit Stativ aufgeschraubt war. Fast jeder Bürger der kleinen Stadt will in jener Nacht unbekannte Objekte gesichtet haben. In den Abendstunden registrierte die Polizei zahlreiche Anrufe von Zeugen, welche bis zu 30 ruhig dahinziehende Objekte mit pulsierenden Lichtern gesehen haben wollen. Verständlicherweise wurden die Zeitungsberichte und besonders das Foto mit regem Interesse aufgenommen. Allerdings konnte eine Untersuchungsgruppe des Projektes Starlight International (P.S.I.) am 25.1.1976 sehr schnell nachweisen, daß die Teleskopaufnahme auf Tri-X-Film nichts anderes als den Planeten Saturn darstellte. Infolge des nicht sehr stabilen Stativ-aufbaues und der Driftbewegung des Planeten in Richtung Westen bildete die Kamera nur eine verschmierte Bahnkurve ab. An jenem Morgen stand Saturn tatsächlich im Westen und zwar genau in Opposition zur Sonne. Ein texanischer UFO-Forscher, der bereits kurz nach Erscheinen des Fotos Zweifel bekam, identifizierte das Objekt etwas eilfertiger als die Venus, ohne zu bemerken, daß dieser Planet am frühen Morgen nie im Westen erscheinen kann. Auch dieser Fall zeigt erneut, daß sich nur nach sorgfältigem Überprüfen eines Fotos die Behauptung der "Unidentifizierbarkeit" eines Objektes aufrecht erhalten läßt.



· Bild 3

6. Tricktechniken bei der Aufnahme

Der im fotografischen Metier wenig bewanderte Laie unterschätzt häufig die erstaunlichen Möglichkeiten, welche die Fotomontage heute bietet. Hierbei genügen im Vergleich zur Negativ-Retusche oder -Montage bereits sehr einfache Hilfsmittel oder Verfahren, um Pseudo-Flugobjekte in den Objektbereich hineinzuzaubern. Die folgende Übersicht soll ein paar kurze Anregungen zu diesen in der Werbefotografie gerne verwendeten Tricks und Spielereien geben.

Wer mit möglichst wenig Aufwand an sich bekannte Objekte im Bild "unidentifizierbar" werden lassen will, braucht sich nur gewisse Verfremdungseffekte zunutze machen. Hierzu zählen ungewöhnliche Perspektiven (Fischauge, Makro-/Mikroobjektive), besondere Unschärfereinstellungen (Lampen und Leuchtstoffröhren werden zu "UFOs") oder spezielle Effektfiltervorsätze. So lassen sich mit Weichzeichner- bzw. Punktlinsen gleichmäßige Unschärfen oder vom Mittelfeld zum Rand hin zunehmende Unschärfe erzeugen. Bifo-Linsen ermöglichen andererseits, zwei Aufnahmeabstände (vom Nahbereich bis "unendlich") wiederzugeben. Hierdurch lassen sich insbesondere bei Table-Top-Aufnahmen sowohl Vorder- als auch Hintergrund völlig scharf wiedergeben, was die "Echtheit" einer solchen Trick-Aufnahme suggeriert. Durch Mehrfachprismen mit parallel oder sektorenweise verlaufenden Feldern zaubern geübte Amateure die phantastischsten UFO-Formationsflüge ins Bild. Kombiniert man dies mit Mehrfachfarbenprismen, dann scheinen die Pseudo-UFOs (z.B. Tischtennisbälle) sogar ein typisches "Ionisationsleuchten" auszustrahlen. Ein zweistrahliges Sterngitter, wie es in der Astronomie häufig zur besseren Helligkeitsauflösung in bestimmten Richtungen eingesetzt wird, verleiht den UFOs schließlich das gewünschte Untertassenförmige Aussehen (B+W-Trickvorsätze). Zusätzliche Effekte lassen sich durch Cromo-Verlauffilter beimischen, welche bestimmte Motivpartien speziell farbverfremden oder beim Schwarz-Weiß-Bild den Detailkontrast beeinflussen (Wildbolz 1975).

Um auf relativ billige Weise gefälschte UFO-Aufnahmen zu erzielen, eignet sich in besonderer Art die Verwendung der Spiegeltechnik. Allerdings müssen hierbei entweder Oberflächenspiegel oder 45 Grad-Prismen verwendet werden. Gewöhnliche Glasspiegel würden infolge ihrer zweifachen Reflexionsebenen doppelte Konturen erzeugen. Wie eine halbdurchlässige Spiegelglasplatte zweckmäßig eingesetzt werden kann, zeigt der Aufbau nach Bild 4. Ein lichtdichter, innen mit schwarzem Samt ausgekleideter Kasten enthält drei Öffnungen. Der im Winkel von 45 Grad angeordnete halbdurchlässige Spiegel ermöglicht ein Fotografieren von Objekten, die sich sowohl in Aufnahme-richtung als auch im rechten Winkel dazu befinden. Werden beide Szenen gleichmäßig beleuchtet, so ergibt sich ein Kombinationsbild, in dem sich beide Bilder, je nach ihrer räumlichen Anordnung, zu einem einzigen zusammenschließen oder gegebenenfalls überlagern. Dabei können die Szenen reale Gegenstände in der freien Natur, Objekte in einer Modellandschaft oder auch nur Projektionen auf einer Dialeinwand sein.

So kann beispielsweise ein Modell-UFO ohne weiteres in eine blühende Frühlingslandschaft "hineinfotografiert" werden. Ebenso lassen sich zwei auf verschiedene Leinwände projizierte Diabilder miteinander kombinieren. Nachteilig bei dieser Direktmethode ist die teilweise gegenseitige Schwächung der Bildkontraste. Um diesen Qualitätsverlust auszuscheiden, empfiehlt es sich, den Hintergrund der Modell-UFO-Szene dunkel zu lassen, so daß der volle Kontrastumfang des unter 90 Grad eingespiegelten zweiten Hintergrundes erhalten bleibt. (Croy 1966).

Im allgemeinen wird es schwierig sein, mit einer einzigen Fokuseinstellung die sehr unterschiedlichen Entfernungsbe-
reiche der Landschaftsaufnahme und der eingespiegelten Mo-
dellaufnahme gleichzeitig zu erfassen. Hier empfiehlt sich
eine Mehrfachbelichtung, wobei für jede Belichtung der opti-
male Tiefenschärfebereich eingestellt wird. Die jeweils nicht
betrachtete Szene kann durch einfaches Abdecken der entspre-
chenden Kastenöffnung (siehe Bild 4) ausgeschaltet werden.
Illustrative Beispiele für diese häufig auch in der Werbe-
industrie eingesetzte Technik finden sich in dem Buch: Foto-
montage (Croy 1966). Falls eine genaue gegenseitige Positio-
nierung der Aufnahmeszenen bzw. Objekte nicht erforderlich
ist, können Mehrfachbelichtungen auch aus freier Hand vor-
genommen werden. Beispiele hierzu finden sich im Aufsatz von
R. Sheaffer 1976.

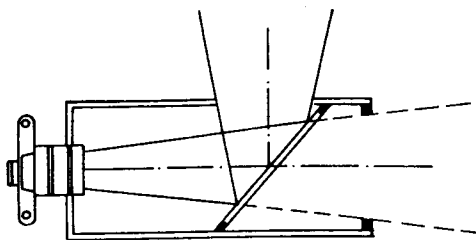


Bild 4

Als sehr praktisch erweisen sich auch Verfahren mit Hinter-
grundprojektion. In den Ateliers der Berufsfotografen werden
hierzu meist Spezialleinwände verwendet, die nur das Licht
in der Projektionseinrichtung in die Kamera zurückwerfen und
somit eine gesonderte Ausleuchtung des Vordergrundes erlau-
ben. (Bild 5). Vor dem projizierten Hintergrund bizarrer Gebirgsformationen oder eines farbschillernden Sonnenuntergan-
ges am Meer läßt sich ein an dünnen Nylonfäden oder Haaren
aufgehängtes Modellobjekt leicht ins Bild hineinzaubern.
Illustrative Beispiele hierzu finden sich auf den UFO-Filmmon-
tagen von I.Brand (s. Anmerkung des Herausgebers auf S.267).

Die Projektionsmethode hat gegenüber einem gemalten Hintergrund den Vorteil erhöhten Kontrastumfanges, was die "Echtheit" einer solchen Aufnahme verstärkt. Bei Farbaufnahmen muß allerdings auf eine exakte Farbtemperaturabstimmung von beleuchtetem Vordergrund und projiziertem Hintergrund geachtet werden (Giebelhausen 1974). Als weitere Variante kommt noch eine Mehrfachprojektion in Betracht, wie sie auch schon beim Spiegelverfahren angesprochen wurde. Beispielsweise läßt sich ein in leuchtendes Plasma eingehülltes UFO (als unscharfe und überbelichtete Glühlampe oder bunte Neonröhre) sehr effektiv in den funkelnden Sternenhimmel einer klaren Äquatornacht einbauen.

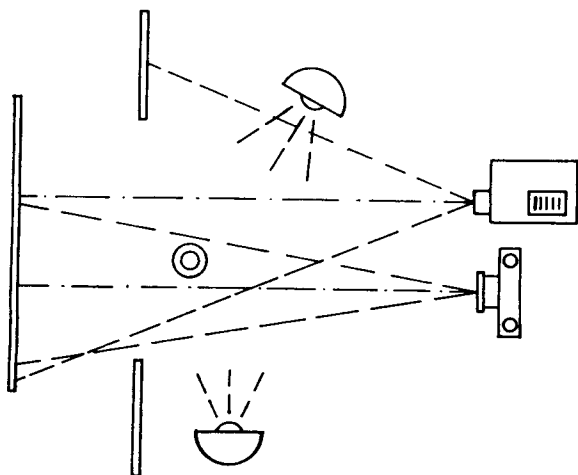


Bild 5

Wer über etwas Geschick und rasche Reaktionsfähigkeit verfügt, kann auch ohne fototechnische Spezialausrüstung Trickaufnahmen fliegender Objekte produzieren. Hierzu genügen einfache Modelle wie Frisbee-Scheiben, Hüte oder Wurftauben, welche von einem Helfer in einigerem Abstand in die Luft geschleudert werden. Mit geeignetem Hintergrund und leichter Bewegungsunschärfe gewinnen solche Bilder leicht den Hauch des Authentischen. Allerdings soll nicht verschwiegen werden, daß es heute eine Reihe von Auswertungsverfahren gibt, welche solche Fälschungsmethoden aufzudecken gestatten. Hierüber soll in den Abschnitten über Densitometrie und Photogrammetrie ausführlicher berichtet werden.

Filmaufnahmen entsprechender Länge sind bereits wesentlich schwieriger zu manipulieren. Regelmäßig verlaufende Flugbahnen eines unbekannten Flugkörpers wirken hier jedoch verdäch-

tig. So läßt sich etwa aus der Umlaufsdauer eines kreisenden Objektes leicht die Länge des vermuteten Aufhängefadens errechnen. Bei einer Periode von z.B. 4 Sekunden befindet sich der Aufhängepunkt in einer Höhe von $l = g \cdot t^2 / 4\pi^2 = 13,3 \text{ m}$ über dem Flugobjekt. Will der Fotograf einen schnellen Anflug des Objektes vortäuschen, dann kann er dies sehr leicht durch kontinuierliches Zoomen erreichen. Allerdings sollte er dann tunlichst schräg zum Himmel hinauf filmen. Sonst scheint auch die umliegende Landschaft heranzukommen, womit der simple Trick offenbar wird. Um dies zu vermeiden, müßte mittels einer zweiten Filmkamera, welche gegenläufig zur Aufnahmekamera gezoomt wird, eine künstliche Landschaft eingespiegelt werden. Auf diese Weise bleibt der Hintergrund stets gleich groß, während das an sich ruhende Modellobjekt durch Drehungen um seinen Schwerpunkt und durch den Zoomeffekt der Aufnahmekamera in beliebigen Flugfiguren abgebildet wird. (N.N. 1976 Dec.)

7. Retuschen am Negativ oder Diapositiv

Geübte Fotografen, welche leichte Mängel bei einer fotografischen Aufnahme beseitigen oder gewisse Bildanteile stärker zur Wirkung bringen wollen, greifen gerne zur unsichtbaren Retusche. Naturgemäß eignen sich derartige Verfahren, welche die Deckung von Bildschichten entweder verstärken oder abschwächen ohne weiteres für absichtliche Fälschungen von Bildinhalten. Allerdings erfordern solche Retuschierarbeiten, insbesondere am Kleinbildnegativ oder Diapositiv, außerordentliche Sorgfalt und lange Erfahrung. Im allgemeinen wird man solche Eingriffe nur bei Negativen von Großformatkameras oder bei vergrößerten Zwischennegativen von Diapositiven durchführen. Als relativ einfach und unproblematisch gilt das Retuschieren mit geeigneten Graphit- und Bleistiftminen. Für größere Flächen wird Kreide- oder Graphitpulver mittels Tampons oder Wildlederwischern auf dem Negativ verrieben. Erfahrene Retuscheure setzen jedoch meist Lasur- oder Deckfarben ein, welche mit feinen Haarpinseln sehr gezielt aufgetragen werden können. Bei der einfachen Bleistiftretusche werden nur die Kuppen der Mattierung angeschwärzt, wodurch eine grobe Kornstruktur entsteht. Diese wird beim Vergrößern mit gerichtetem Licht leicht sichtbar. Die hier angeführten Methoden verstärken die Deckung im Negativ beziehungsweise führen zu einer Aufhellung der entsprechenden Bildstellen im Papier-Positiv. Dadurch lassen sich beispielsweise dunkle Aufhängungsdrähte oder verräterische Strukturen bei UFO-Modellen zum Verschwinden bringen.

Im umgekehrten Fall wünscht der Retuscheur, gewisse Bildpartien im Negativ aufzuhellen bzw. im Positiv abzdunkeln, also im Kontrast zu verstärken. Dies läßt sich leicht durch Abschaben oder Abschleifen der Negativschicht erreichen, in welcher die Silberteilchen mehrfach übereinander liegen. Wird das Negativ während dieser Arbeit mehrmals gedreht, fällt die abgeschabte Fläche völlig gleichmäßig und strukturlos aus. Bessere Ergebnisse zeigen jedoch die chemisch-mechanischen Methoden mit sogenannten Abschwächern. Selbstverständlich läßt sich die Negativdeckung durch chemische Retusche auch ver-

stärken. Nach Ansicht von James E. Oberg, einem US-Fotoexperten und Wissenschaftsredakteur, dürfte ein anonymes Fälscher das NASA-Foto S65-63722 auf diese Weise verfälscht und erneut als "Nasa-Foto mit UFOs" in Umlauf gesetzt haben. Hierbei hatte der Retuscheur offensichtlich nichts weiter getan, als die feine helle Trennungslinie zwischen der dunklen Nase des Raumschiffes, welche von unten in das Bild hereinragt, und dem dunklen unteren Erdschatten zu übermalen. Danach bleiben in der unteren Bildhälfte nur noch zwei völlig frei im Weltraum schwebende "UFOs" übrig. In Wirklichkeit handelt es sich hierbei um zwei kleine Zusatzdüsen, welche zur Lagestabilisierung dienen und zufällig von der untergehenden Sonne angestrahlt wurden (Oberg 1976). Auf einer Vergleichsaufnahme von Gemini V, welche über der Florida-Küste aufgenommen wurde, sind diese peripheren Zusatzraketen deutlich erkennbar (NASA-Foto S65-45599). Verständlicherweise steht das retuschierte "NASA"-Negativ für eine Untersuchung nicht zur Verfügung. Denn jegliche Retusche dieser Art wird bei genauer Untersuchung des Negatives mittels Mikroskop nachweisbar. Dies gilt erst recht für Farbaufnahmen, wo Retuschen nur zum Abdecken heller, farbloser Fehlstellen angewendet werden können. Ein Abschaben dunkler Flächen ist nicht möglich, da hierbei die drei übereinanderliegenden Farbschichten zerstört werden. Die Chancen für erfolgreiche UFO-Fälschungen durch Foto-Retusche bleiben daher sehr begrenzt. Nur wenn die Original-Negative nicht eingesehen werden können und ausschließlich Positiv-Abzüge zur Verfügung stehen, kann sich der unerfahrene Laie und gelegentlich auch ein Fachmann täuschen lassen (Teicher 1974:371-387, Croy 1965).

8. Fehler bei der Aufnahme

Erfahrene Amateure und Fotosachverständige kennen Dutzende von Fehlerquellen, welche seltsame Strukturen oder fremdartige Objekte ins Bild hineinzubringen vermögen. Unkundige Laien suchen oft vergeblich nach Erklärungen für rätselhaftes Lichtspuren, Dunkelzonen oder Geisterbilder. Einige typische Fehler, welche solche "unidentifizierten Objekte" entstehen lassen, sollen in diesem Abschnitt kurz angesprochen werden. Sie sind meist auf eine falsche Handhabung der Kamera zurückzuführen. Der Fachmann unterscheidet im allgemeinen zwischen ungewollten teilweisen Abdeckungen der Aufnahmeszene und unerwünschtem Lichteinfall.

Jede Art von Abdeckung macht sich im Negativ durch glasklare Partien oder schwach geschwärzte Zonen, vornehmlich an den Rändern, bemerkbar. Eine gleichmäßige Aufhellung an den Negativecken wird vom Fachmann als Vignettierung bezeichnet. Als Ursache kommen zu kurze Brennweiten, zu enge oder zu lange Gegenlichtblenden, Verwendung von Zwischenringen und ungeeignete Vorsatzlinsen in Betracht. Zufällige, häufig seltsam geformte Abdeckungen entstehen, wenn beim Film- oder Kassettenwechsel Pflanzenteile oder gar Insekten in die Kamera gelangten. Auch durch teilweises Abschirmen mit der Hand oder eine seitlich ins Bild hineinragende Klappe der Bereitschaftstasche können merkwürdig aussehende Figuren entstehen. Nach

Meinung von I. Brand dürfte es sich bei dem "UFO" am Monte Rosa, wo eine längliche braune Struktur von links ins Bild hereinragt, um die zufällig ins Aufnahmefeld hineinschwingende Lasche der Kameratasche handeln (Schneider 1973, S.112).

Die häufigsten Fehler, welche sofort ins Auge fallen, sind auf unbeabsichtigten oder auch unvermeidbaren Lichteinfall zurückzuführen. So zeigen viele NASA-Bilder, die von Erdumlaufbahnen oder auf dem Mond aufgenommen wurden, hell glänzende Flecken, welche durch Reflexionen an den Kameraobjektiven oder auch an den Bordfenstern der Raumfahrtkapseln entstanden sind. Das grelle Sonnenlicht erzeugt dort extrem harte Kontraste, so daß die Vergütung der Objektive meist nicht ausreicht, um Spiegelungen innerhalb der Kamera zu verhindern. Eine ausführliche Darstellung solcher Katadioptrien, welche von unkritischen UFO-Anhängern oft jahrelang als Beweis für ihre Theorien angeführt wurden, beschreibt H. Malthaner in dem Buch: Das Geheimnis der unbekannten Flugobjekte (Schneider/Malthaner 1976).

Einfache Spiegelungen auf Glas, Wasser, poliertem Holz - nicht aber Spiegelungen auf Metall! - lassen sich durch gezielten Einsatz von Polarisationsfiltern vermeiden.

Besonders häufig finden sich ungewöhnliche Lichtspuren auf Nacht- bzw. Langzeitaufnahmen. Bewegte Lichtquellen (Autocheinwerfer etc.) hinterlassen streifige oder schlangenförmige Schwärzungen im Negativ. Wird nach einer Zeitaufnahme der Verschuß nicht sofort geschlossen, dann kann es u.U. zu einer mehrfachen Abbildung von Lichtquellen (Kerzen, Lampen etc.) kommen. Dieser Fehler tritt besonders leicht auf, wenn eine automatische Kamera wie etwa die Yashica Elektro 35 verwendet wird. Deren Verschuß kann bis zu 30 Sekunden geöffnet bleiben, wenn die Beleuchtung des Motivs gering ist. Hunderte von Dias mit unheimlichen Leuchtspuren sind für den Lehrer Walther Machaletti die endgültige Bestätigung, daß er die sogenannten karzinogenen, also krebserzeugenden "Erdstrahlen" gefunden hatte. Leider mußte ein wissenschaftliches Untersuchungsteam seine voreiligen Illusionen zerstören, nachdem es ohne Schwierigkeiten gelang, die Phänomene nach Belieben zu reproduzieren. Eine ausführliche Beschreibung dieser "Technik" findet sich bei Bungartz, v. Ludwiger, Malthaner (1975).

Mittels Langzeitaufnahmen oder Mehrfachbelichtungen lassen sich auch sogenannte "Geisterfotos" erzeugen, wo gewisse Objekte oder Personen durchsichtig erscheinen. Manche Aufnahme von UFOs im "Dematerialisations-Zustand" dürfte auf eine solche Weise entstanden sein. Hierbei braucht nur ein im Vordergrund befindliches Objekt angeblitzt zu werden, während der schwach erleuchtete Hintergrund mit einer Langzeitbelichtung aufgenommen wird (Fritsche 1974).

Sehr helle Lichtquellen können den Kontrastumfang üblicher Negativmaterialien übersteigen. In diesem Fall tritt eine Über-Exposition auf. Extrem helle Lichter, wie z.B. eine überbelichtete Direktaufnahme der Sonne, führen dann zu So-

larisationseffekten, d.h. die Negativschwärzung nimmt trotz zunehmender Lichtintensität ab (Angerer 1952). Manche UFO-Forscher haben die Vermutung ausgesprochen, daß gewisse Bilder mit fleckigen Dunkelzonen inmitten extrem heller "UFOs" solche Solarisationseffekte aufweisen. Allerdings kann es auch zu Pseudosolarisationen kommen, wenn das Negativ während der Entwicklung von hellem Licht getroffen wird (Fritsche 1974).

9. Fehler im Negativprozeß

In den großen Fachlabors treten bei der automatisierten Entwicklung und Überprüfung von Negativ- und Diapositivfilmen nur noch selten Verarbeitungsfehler auf. Sehr viel eher sind solche Fehler in den Heimlabors zu erwarten, die heute besonders für Schwarz-Weiß, in zunehmendem Maße aber auch für Farbentwicklungen angeboten werden.

Aus der breiten Palette möglicher Fehlerquellen wie Staufflecken, Verblitzungen, Feuchtigkeitseinwirkung, Druckschleier, Kontaktstellen, Trübungen, Schichtverletzungen usw. sollen hier nur solche herausgegriffen werden, welche Anlaß zu Spekulationen über mögliche "UFO-Objekte" geben könnten. Ein häufiger Fehler bei der Tank- und Dosen-Entwicklung äußert sich in hellen Flecken auf dem Negativ. Ursache hierfür können ungelöste Entwicklerchemikalien sein oder Luftblasen, die an der Filmschicht haften bleiben. Langgezogene helle ovale Flecken, die manchmal auch zonige Abstufungen zeigen oder dunkle Streifen an ihren Rändern aufweisen, sind die Folge (Fritsche 1974). Beispiele für solche wahrscheinlich durch Luftblasen auf der Schichtseite entstandenen Flecken zeigt eine Aufnahme des Österreichers J. Tichy und A. Fuchs (siehe Foto-Anhang). Andere Beispiele finden sich auch bei Matthias 1974.

Als weitere Fehlerursachen kommen Kontaktstellen in Frage, wie sie besonders bei der Dosenentwicklung auftreten können. Wenn bei diesem Verfahren ein Teil des Filmes aus den Führungsnuten der Spule springt und die Emulsion mit den Klammern des Führungsbandes des Spiralsatzes in Berührung kommt, dann gelangt der Entwickler an diesen Stellen u.U. nicht ausreichend zur Wirkung. Um diese weißen Flecken im Negativ bilden sich dann meist noch dunkle Höfe aus, weil dort infolge der veränderten Strömungsverhältnisse eine intensivere Entwicklung einsetzt. Solche Fehler lassen sich vermeiden, wenn zuerst der Entwickler eingefüllt und dann der Film eingespult wird. Eine weitere Ursache für helle Flecken können Wasserspritzer sein, welche auf der Schichtseite eines trockenen, fertig entwickelten Filmes gelangen. Hierdurch verändert sich das metallische Silber der betreffenden Stelle des Negativs in seiner Struktur und erscheint an dieser Stelle heller als die nicht davon betroffenen Filmflächen.

10. Photogrammetrische Auswertung von Fotos

In verschiedenen wissenschaftlichen und technischen Disziplinen wie der Geophysik, Meteorologie, Astronomie, Architektur, Kriminalistik u.a. werden heute mit Erfolg photogrammetrische Methoden eingesetzt. Insbesondere durch geeignete Aufnahmeverfahren und die Hilfsmittel der projektiven Geometrie bei der Fotoauswertung gelingt es, genaue Maß- und Winkelbeziehungen des fotografierten Raumes abzuleiten. Diese Verfahren kommen vor allem in der zivilen und militärischen Luft- und Raumfahrt zur Anwendung, wo mittels stereoskopischer Großformatkameras und speziellem Filmmaterial Luftbildaufnahmen und Satellitenfotos angefertigt und später auf großen Meßtischen oder mittels Computerverarbeitung ausgewertet werden (Schneider 1974).

Da der normale Fotograf über derartige Hilfsmittel meist nicht verfügt und sie etwa bei der Schnappschußaufnahme eines UFOs wohl auch kaum einsetzen könnte, sollen hier nur einige elementare Gesichtspunkte zu einer geometrischen Bildauswertung angegeben werden. Grundsätzlich erscheint ein Foto um so informationsreicher, je mehr Bezugobjekte erfaßt worden sind. Ein hell glänzender Punkt an einem blauen wolkenlosen Himmel ohne sonstigen Hintergrund ist für eine photogrammetrische Analyse wertlos. Sobald jedoch Wolkenformationen erkennbar sind, in welchen etwa ein UFO teilweise verschwindet, kann das Foto genauere Aufschlüsse geben. Mit Hilfe meteorologischer Angaben über die mittlere Wolkenhöhe am Aufnahmeort und zu der bekannten Aufnahmezeit läßt sich immerhin eine ungefähre Entfernung und aufgrund der bekannten Winkelgröße der angenäherte Durchmesser des Objektes angeben. Eine solche Analyse wurde bei der Nagora-Foto-Serie versucht (Geigenthaler 1976).

Für eine optimale Auswertung sollte der Fotograf das Objekt möglichst vor einem geeigneten Hintergrund (Berge) aufnehmen und auch noch genügend Vordergrund in die Bildszene mit einbeziehen. Falls sich das unbekannte Objekt eine Zeit lang ruhig verhält, sollten möglichst mehrere Schnappschüsse aus verschiedenen Bildwinkeln und voneinander entfernten Aufnahmepunkten (einige hundert Meter) geknipst werden. Dann kann durch Triangulationsverfahren, wie sie auch in der Geodäsie üblich sind, der genaue Abstand des UFOs im nachhinein errechnet werden.

Im allgemeinen sind solche idealen Voraussetzungen nicht gegeben, ja in manchen Fällen fehlen sogar einige elementare Angaben über die Aufnahmedaten. Selbst wenn diese vorliegen sollten, lohnt sich eine Überprüfung aufgrund der Fotoergebnisse, um die Zuverlässigkeit der Zeugen zu testen.

Als erstes kann versucht werden, die Objektivbrennweite abzuschätzen. Der Laie glaubt im allgemeinen, daß diese recht leicht aus der Perspektive des Bildes zu ermitteln sei. Dies ist allerdings nur bedingt richtig. Vom gleichen Aufnahmestandpunkt aus zeigen Objektive aller Brennweiten die gleiche perspektivische Darstellung, nur in unterschiedlichen Abbil-

ungsmaßstäben. Aufnahmen aus verschiedenen Entfernungen weisen dagegen eine unterschiedliche Perspektive auf. Bei kurzen Aufnahmeentfernungen (z.B. vom Vordergrund einer Landschaft aus gerechnet), die man mit kurzen Brennweiten bevorzugt, um das Format voll auszunutzen, wird der Vordergrund im Verhältnis zur Ferne (für die Perspektive ist dieses Verhältnis entscheidend) groß abgebildet, so daß der Eindruck einer übergroßen Tiefe entsteht. Nimmt man die gleiche Landschaft aus entsprechend größerer Entfernung auf - hier benutzt man lange Brennweiten, um den gleichen Bildausschnitt erfassen zu können - so wird der Vordergrund im Verhältnis zur Ferne kleiner abgebildet. Dadurch entsteht der Eindruck, daß er der Ferne näher liegt, d.h., die Tiefe des Raumes wird scheinbar verkürzt (Fernrohrwirkung). Echte Verzerrungen bei kurzbrennweitigen Objektiven (sphärische Perspektive mit stürzenden Linien) treten erst bei Weitwinkelobjektiven mit extremem Bildwinkel oder bei Fischaugen-Objektiven auf. Ein 35 mm-Objektiv für das Format 6x6 hat einen Bildwinkel von über 100 Grad und beginnt bereits zu verzerrern. Die bei einer Aufnahme verwendete Objektivbrennweite läßt sich auch unmittelbar ausrechnen, sofern sich im Bild ein Objekt bekannter Größe in ebenfalls bekannter Entfernung befindet, d.h. wenn die sogenannte Winkelgröße festliegt. Bei einer astronomischen Aufnahme von Mond und Sternen oder auch bei einer abgeblendeten Aufnahme der untergehenden Sonne sind diese Werte bekannt. Die Sonne hat, von der Erde aus betrachtet, ohne Refraktionswirkung einen Winkeldurchmesser von rund $1/2^\circ$. Dieser Wert gilt in etwa auch für die Mondscheibe. In Horizontnähe wirkt die vertikale Achse wegen der astronomischen Refraktion jedoch um $1/5$ kürzer als die horizontale Achse. Infolge der bekannten Fehlschätzung von Höhenwinkeln in Horizontnähe erscheinen dort Sonne und Mond subjektiv um den Faktor 2 bis $3 \frac{1}{2}$ mal größer als sie in Wirklichkeit sind (Dietze 1957).

Die bei einer Aufnahme benutzte Objektivbrennweite läßt sich wie folgt errechnen. Allgemein gilt die elementare Abbildungsformel

$$B = \frac{G \cdot f}{g - f} \approx \frac{G}{g} \cdot f$$

B = Bildgröße
 G = Gegenstandsgröße
 f = Brennweite
 g = Gegenstandsweite

oder für die Brennweite $f = B \cdot \frac{g}{G}$

Das Verhältnis G/g ist mit guter Näherung gleich dem Winkeldurchmesser im Bogenmaß, also bei Mond und Sonne $0,5$ Grad mal $\pi/180$ Grad = $0,0087$. Hat nun der Durchmesser dieser Gestirne im 24×36 mm Negativ eine Bildgröße von $1,2$ mm - d.h. $1/20$ der Bildhöhe - dann muß es sich entsprechend der oben angeführten zweiten Formel um ein Objektiv von 135 mm gehandelt haben. Eine ähnliche Rechnung läßt sich selbstverständlich auch bei Sternbildern durchführen. Es genügt hierbei völlig, den Abstand einiger charakteristischer Sterne zu kennen. So schließen etwa die beiden äußeren Sterne des Großen Wagens - Alkaid und Dubhe - einen Bogenwinkel von

23 Grad ein, sind also 46 Sonnen- oder Mondscheibendurchmesser voneinander entfernt.

In manchen Fällen liefern Zeugen einer UFO-Sichtung auch relative Größenschätzungen des Objektes oder gewisser Vergleichsgegenstände. Zur behelfsmäßigen Winkelbestimmung gilt folgende Merkregel: Die Breite des Daumens hat bei ausgestrecktem Arm und einäugigem Visieren eine Winkelausdehnung von ungefähr 2 Grad. Der sogenannte Daumensprung beim einäugigen Visieren mit dem einen und dann mit dem anderen Auge entspricht einem Winkelunterschied von 6 Grad. Die Endpunkte von Daumen und kleinem Finger bei ausgestreckter und weit ausgespreizter Hand bilden einen Winkel von rund 20 Grad. Kann also ein Zeuge zum Beispiel bestätigen, daß zwei bekannte Berggipfel vom Standpunkt des Fotografen aus einen Abstand von 20 Grad gebildet hatten, dann läßt sich mit Hilfe der Gegenstandsgröße (Gipfelabstand aus der Landkarte unter Berücksichtigung des Winkels zum Aufnahmepunkt) und der Gegenstandsweite im Foto wiederum sehr leicht die Brennweite des benutzten Objektivs vermitteln. Andererseits kann natürlich bei bekannter Brennweite sofort die Entfernung der Berggipfel bestimmt werden. Erscheint das UFO deutlich vor der Bergsilhouette, so ist bereits seine maximal mögliche Entfernung und über dessen Winkelgröße auch seine maximale Ausdehnung eingegrenzt.

Wesentlich erleichtert wird die Fotoauswertung, wenn im Vordergrund der Bildszene Vergleichsobjekte mit bekannten Abmessungen wie Häuser, Verkehrsschilder, Telefonmasten u.ä. stehen. Zu einer Maßbestimmung reicht es sogar aus, daß ein Weg oder eine Straße unbekannter Breite den Öffnungskegel der Kamera - allerdings möglichst frontal - schneidet. Ist die Objektivbrennweite und die Aufnahmehöhe über Grund bekannt, dann läßt sich aus den Abmessungen der Straße im Vordergrund des Negativs deren wirkliche Breite bestimmen. Einfachheitshalber sei hier vorausgesetzt, daß der perspektivische Fluchtpunkt in der Mitte des Bildes liegt, d.h. die Aufnahme stets horizontal erfolgte.

Die Koordinaten im Objektraum seien x, y, z , während die Koordinaten im Bildraum durch gestrichene Größen dargestellt werden. Der Aufnahmeentfernung y entspricht im Bildraum die Größe y' , welche gleich der Brennweite f des Objektes ist. Im einzelnen gelten folgende Beziehungen (Lacmann 1950, S.22):

$$x : y : z = x' : f : z' \quad x = x' \cdot z/z' = x' \cdot y/f \\ y = f \cdot z/z' = f \cdot x/x'$$

$\alpha = \arctan (x'/f)$ Horizontalwinkel, den die Richtung (OP) mit der positiven y -Achse oder der Aufnahmeachse OH' einschließt

$\beta = \arctan \left(\frac{z'}{f} \cos \alpha \right)$ Vertikalwinkel, den die Richtung (OP) mit der Horizontalebene ($z=0$) bildet

$z' = \sqrt{f^2 + x'^2} \tan \beta$ Hyperbelschnitt für alle Bildpunkte mit konstantem Vertikalwinkel

Die Bilder 6a und b zeigen diese elementaren Beziehungen. In Bild 6b sind verschiedene Hyperbeln eingetragen, die für die jeweils angegebenen Objektbrennweiten gelten. Die Winkel in den Ecken sowie die z' -Werte in der Mittensenkrechten für konstante Vertikalwinkel sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt (Bildformat 24x36mm).

		α	β	$z' (\alpha=0)$
Weitwinkel	35 mm	$27,4^\circ$	18°	11,1 mm
Normal	50 mm	$19,8^\circ$	$12,6^\circ$	11,6 mm
Tele	135 mm	$7,6^\circ$	$5,4^\circ$	12 mm

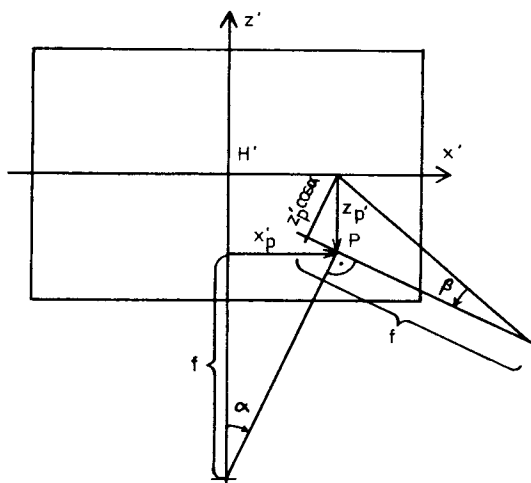


Bild 6a

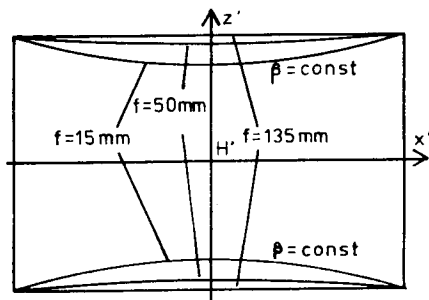


Bild 6b

Wie Bild 6b anschaulich illustriert, bleiben die hyperbelartigen Verzerrungen bei üblichen Weitwinkelobjektiven noch recht gering. Selbst ein Objektiv mit 15 mm Brennweite, z.B. ein Takumar SMC-T (Asahi Pentax) mit einem Öffnungswinkel von 110° , ergibt in Bildmitte für gleichen Vertikalwinkel wie am Bildrand nur eine Verkürzung von $12-9,4 \text{ mm} = 2,8 \text{ mm}$. Erst ein Fischaugen-Objektiv mit $f = 17 \text{ mm}$ und dem extremen Bildwinkel von 180° führt zu störenden Verzerrungen.

Bei einer Aufnahmehöhe von 1,6 m und einer Straßenbreite von 10 m ergeben sich in Abhängigkeit des Objektivtypes die in den Bildern 7a, b, c und 8 a, b, c dargestellten Ansichten. Das in den Bildern eingetragene Koordinatennetz errechnet sich aus den Abbildungsgleichungen. Um die Koordinaten eines am Boden befindlichen Objektes in der Landschaft sowie seine Größe zu bestimmen, genügt es auch, den Aufnahme-standpunkt über dem Boden sowie die Höhe und Entfernung eines im Bild sichtbaren Berges zu wissen. Aus den letzten beiden Angaben errechnet sich die Brennweite und aus der Aufnahmehöhe läßt sich die Entfernung der Straßenvorderkante und damit auch das gesamte Koordinatennetz für die Punkte der Ebene ermitteln. Falls die fotografierte Landschaft keine Erhebungen aufweist, kann auch aus der Position von Gestirnen (Mond etc.) - sofern Aufnahmezeit und Aufnahmeort bekannt sind - der Höhenwinkel und damit die Brennweite ermittelt werden. Ist diese jedoch bekannt, dann läßt sich aus der Abbildung der Gestirne die genaue Aufnahmezeit kontrollieren.

Die Abbildungen 7 a-c zeigen, daß sich bei kleiner werdender Brennweite die in konstantem Abstand von 10 m angeordneten Straßenmasten in der Ferne zusammenzudrängen scheinen. In gleicher Weise verstärken sich in der Bildebene die Unterschiede von Winkeln, welche im Objektfeld - hier $2 \times 45^\circ$ - Winkel auf der Straßenebene - konstante Größen im nahen und fernen Bereich aufweisen. Die rechte Bildserie 8a, b, c zeigt recht anschaulich, wie sich die Bildausschnitte in Abhängigkeit von der benutzten Objektivbrennweite verändern. Grundsätzlich werden bei einer horizontalen Weitwinkelaufnahme ein sehr viel größerer Bereich des Himmels, d.h. auch eventuelle Wolken- oder Sternbilder erfaßt. Die Teleaufnahme dagegen "holt" entfernte Berge sehr stark "heran", wobei der Eindruck der natürlichen Perspektive verlorengeht. Als "natürlich" gilt eine Aufnahme dann, wenn der Beobachter das Bild unter dem gleichen Sehwinkel betrachtet, wie ihn auch der Fotograf hatte. Allgemein wird zur objektiven Prüfung der Perspektive die bekannte Perspektive-Formel benutzt. Sie lautet für normale Objektentfernungen:

$$\tan \sigma' / \tan \sigma = v \cdot f / e' \quad (\text{Flügge 1955})$$

Hierbei ist σ der Aufnahmesehwinkel, σ' der Bildbetrachtungswinkel, v die Nachvergrößerung des Negativs, f die Objektivbrennweite und e' der Sehabstand. Eine natürliche Perspektive ist stets durch ein Verhältnis $\sigma' / \sigma = 1$ gekennzeichnet.

Ein normales Kleinbildnegativ, das mit einer Standardbrennweite von 50 mm aufgenommen wurde, erscheint bei einer Nachvergrößerung auf eine Kopie von 13x18cm und einem Betrachtungsabstand von 250mm in richtiger Perspektive. Das gilt entsprechend für ein Diapositiv, das auf eine Leinwand von 1,8 m Breite projiziert und in einem Abstand von 2,50 m betrachtet wird.

Masthöhe 5m

$f = 35\text{mm}$

Format 24x36mm

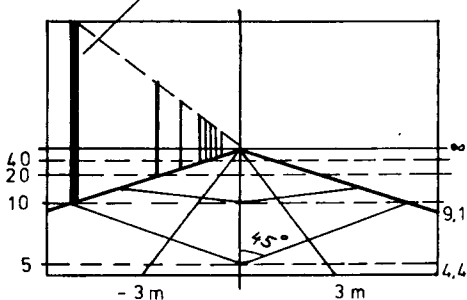
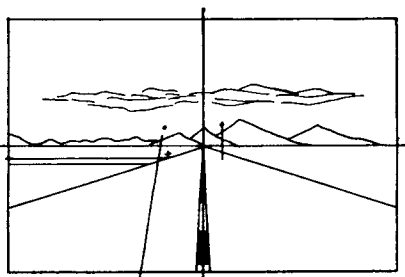


Bild 7 a



0,31mm Bild 8 a

$f = 50\text{mm}$

Mond

0,45mm

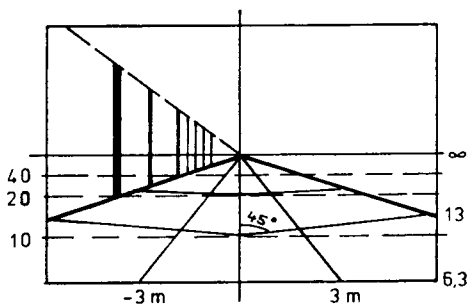


Bild 7b

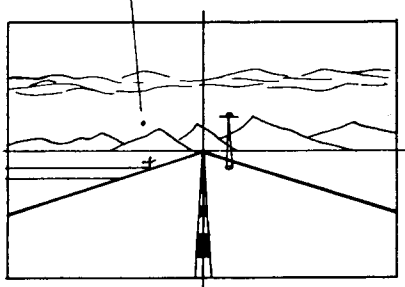


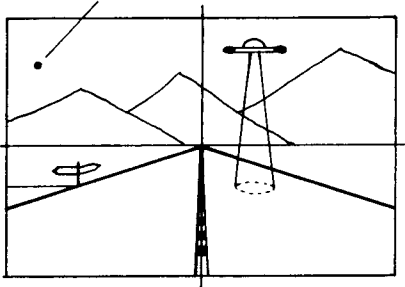
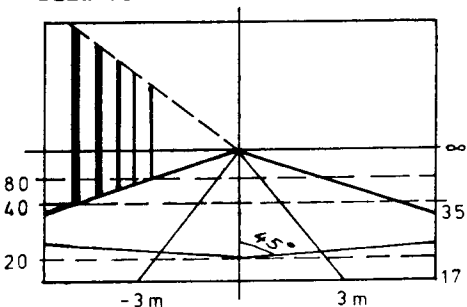
Bild 8b

Bild 7c

$f = 135\text{mm}$

Mond 1,2mm

Bild 8c



Im folgenden soll anhand eines praktischen Beispiels gezeigt werden, wie eine einfache photogrammetrische Vermessung durchgeführt werden kann. Hierzu dienen zwei Aufnahmen, die der Schwede Lars Thörn am 6. Mai 1971 von einem schwebenden UFO machen konnte. Die Einzelheiten seiner Sichtung sind in "Flying Saucer Review", Vol. 17, No.5, S.9-11, wiedergegeben.

Kamera:	Minolta 16	Bildwinkel:	$\gamma = 40^\circ$ vertikal
Objektiv:	$f = 22 \text{ mm}$		$\beta = 28^\circ$ horizontal
Bildformat:	$12 \times 17 \text{ mm}$		

Bekannte Größe: Abstand des Fotografen zum Bunker: 11,5 m

Anhand der Mauerblöcke des Bunkers läßt sich der Fluchtpunkt der beiden Aufnahmen ermitteln. Die vertikale Neigung der Aufnahmen I und II (Bild 9, 10) errechnen sich zu:

$$\alpha_1 = \gamma (0,5 - z'_u / (z'_o + z_u)) = 5,9^\circ; \alpha_2 = 5^\circ$$

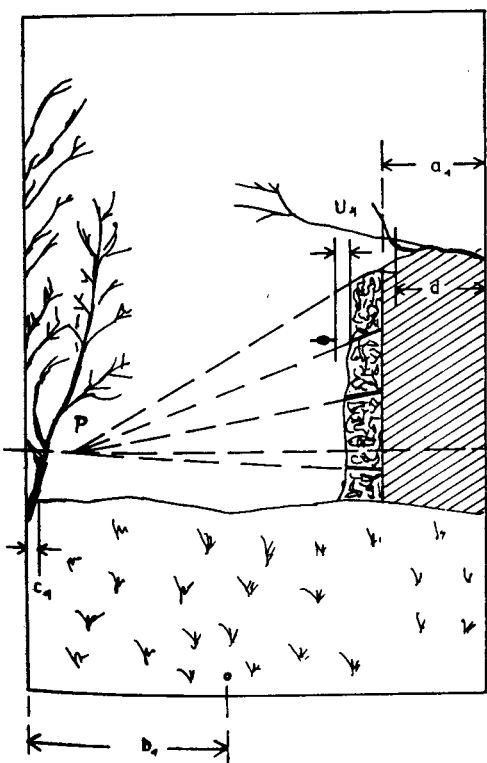


Bild 9

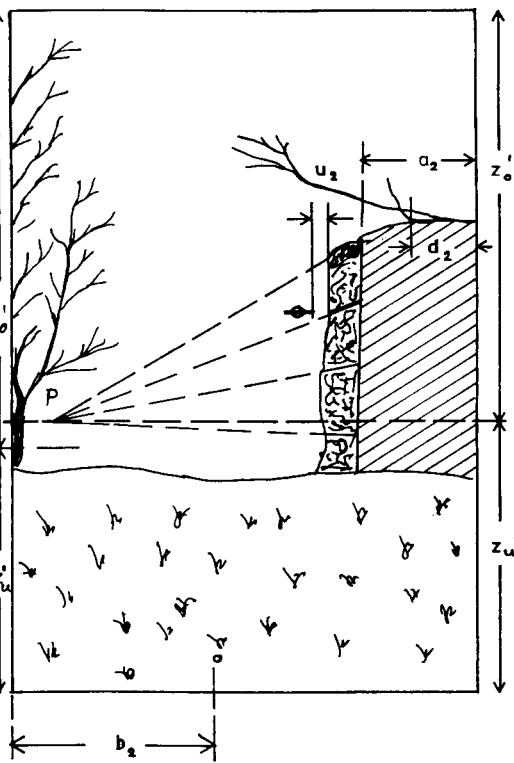


Bild 10

Aus den gestrichenen Größenangaben im Negativ lassen sich die wirklichen Maße errechnen, wenn die jeweiligen Entfernungen bekannt sind. Für die Bunkerabmessungen in Foto II (Bild 11) gilt:

Höhe des Mittenstrahls der Kamera zur Bunkerkannte:

$$h_s = h'_s \quad \bullet \quad D/f = 1,6 \text{ mm} \cdot 11,5 \text{ m} / 0,022 \text{ m} = 0,8 \text{ m}$$

Abstand Mittenstrahl
zur Bildoberkante:

$$G_s = 5,16 \text{ m}$$

Perspektivische Höhe
des Bunkers

$$H_s = 3,17 \text{ m}$$

Die tatsächliche Höhe H des Bunkers ist entsprechend Bild 11 etwas größer und beträgt 3,19 m.

Dieser Wert stimmt mit der Angabe in Rehn 1973, S. 188, überein, nach der die Bunkerhöhe etwas über drei Meter betragen soll.

Der Abstand der Kamera von der unteren Bildkante errechnet sich bei einer geschätzten Augenhöhe des Fotografen von 1,60 m zu:

$$k = q / \tan (\gamma/2 - \alpha) = 1,6 \text{ m} / \tan (15^\circ) = 6 \text{ m}$$

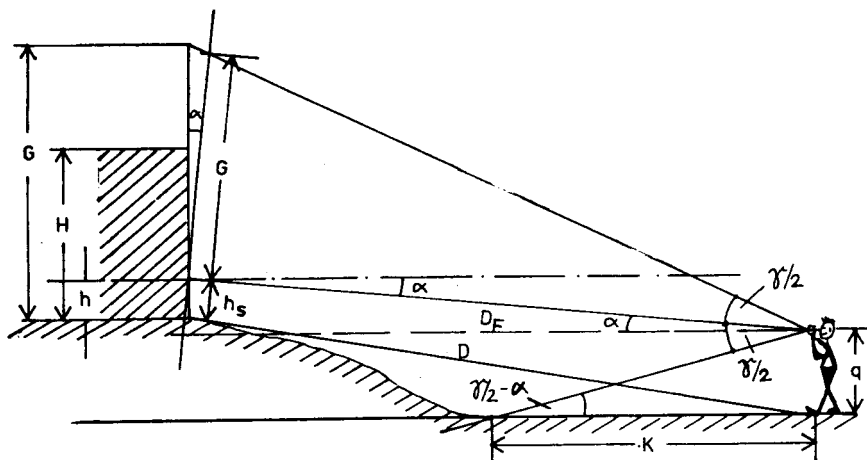


Bild 11

Aus Bild 12 kann die Basisbreite Δx der beiden Standpunkte des Fotografen entnommen werden. Hierzu wurden zunächst die Verschiebungen Δa des Bunkers und Δb eines hellen Referenz-

punktes an der Bildunterkante zwischen den beiden Fotos ausgemessen. Die Position der linken Bunkerkante, welche parallel zur Fluchtpunktlinie verlaufen muß, konnte ebenfalls eingezeichnet werden. Die Entfernungen des am linken mittleren Bildrand erkennbaren Baumes (u) sowie des rechts ins Bild hereinragenden Zweiges (v) ergeben sich einfach dadurch, daß die zugehörigen Negativdifferenzen Δc und Δd mit dem linken und rechten Strahlenbündel geschnitten werden. Aus dem so bestimmten Abstand $v = 2,5$ m bestätigt sich andererseits der zunächst frei geschätzte Durchmesser des rechten unteren Weidenzweiges von etwa einem Zentimeter. Die aus der Zeichnung gewonnene Basisbreite dürfte unter Einschluß aller Toleranzen etwa folgende Größe aufweisen:

$$\Delta x = 10 \text{ cm} \pm 3 \text{ cm}$$

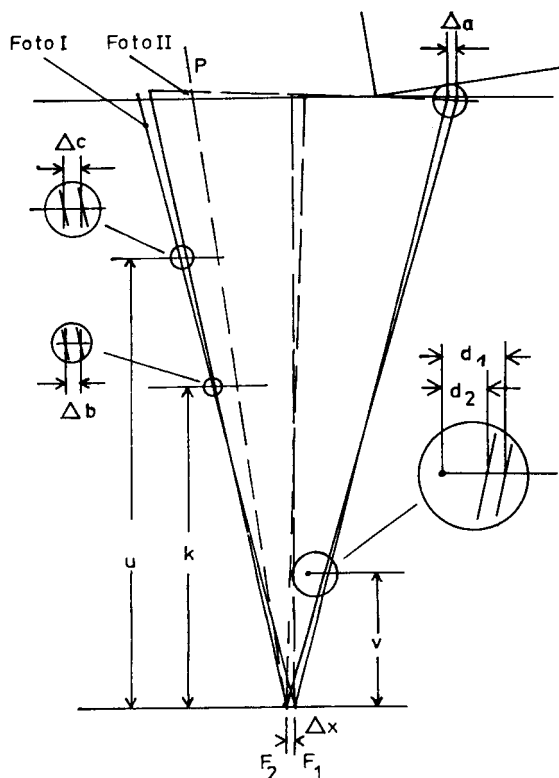


Bild 12

Eine gesicherte Aussage ist jedoch nur dann möglich, wenn die Originalnegative bzw. sehr gute Vergrößerungen 13x18 (ohne

Randbeschneidungen) vorliegen. Diese standen nicht zur Verfügung.

Unter Berücksichtigung des um 5 cm vergrößerten Abstandes des UFOs zur linken senkrechten Kante des Bunkers in Foto II errechnet sich mit Hilfe des Strahlensatzes dessen wahre Entfernung zu:

$$l = 11,5 \text{ m} / (1 - 5/10) = 23 \text{ m}$$

Die wahre Größe würde bei dieser Entfernung und einem Sichtwinkel von 2 Grad etwa 80 cm betragen. Falls sich das UFO zwischen Aufnahme I und II jedoch seitlich bewegt hat, haben die angestellten Berechnungen keine Gültigkeit mehr. Die Entscheidung darüber, ob ein 80 cm großer Gegenstand in dieser geringen Höhe allerdings als "unidentifizierbar" eingestuft werden sollte und nicht eher als Spielzeugmodell bezeichnet werden muß, hängt weitgehend von einem psychologischen Gutachten über die Glaubwürdigkeit des Zeugen ab.

Die Kenntnis der Objektivbrennweite erlaubt in bestimmten Fällen auch eine Abschätzung über die räumliche Ausdehnung eines Körpers. Bild 13 zeigt, wie kugelförmige Objekte bei großen Winkelabständen zur Bildmitte verzerrt erscheinen. Ist die Objektentfernung groß im Verhältnis zu dessen Durchmesser, dann verlaufen die Randstrahlen stets nahezu parallel und die Verzerrung errechnet sich mit sehr guter Näherung aus folgender leicht abzuleitender Formel:

$$\Delta = (\sin (90 - \gamma/2) + \cos (90 - \gamma/2 \cdot \tan (\gamma/2) - 1) \cdot 100 \quad \%$$

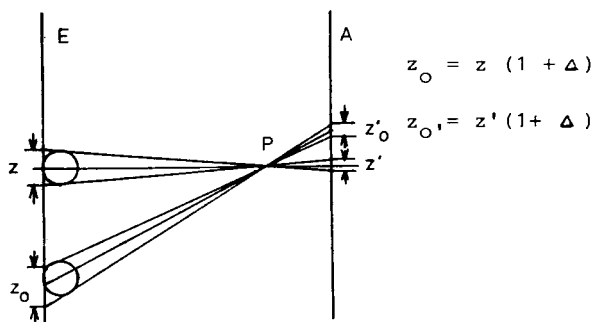


Bild 13

Die maximale Verzerrung wird jeweils in den Bildecken erkennbar, wo der volle Öffnungswinkel des Objectives zum Tragen kommt. In Bild 14 sind drei Verzerrungen für folgende Objekttypen eingezeichnet:

	Diagonalwinkel γ	Verzerrung
50 mm	46°	7,9 %
35 mm	62°	15,7 %
20 mm	94°	46,5 %

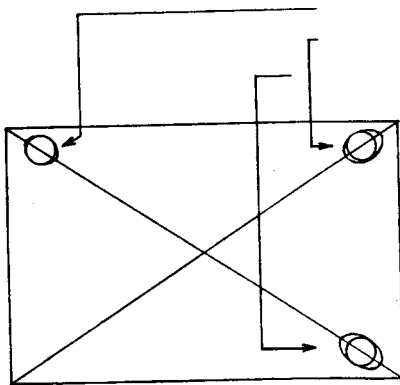


Bild 14

Diese elliptische Verzerrung in den Bildecken lässt sich leicht testen, wenn man ein Sonnen- oder Mondbild mit einem Weitwinkelobjektiv unter starker Neigung aufnimmt. Eine sogenannte Nebensonne, die ja nur ein Projektionsbild ohne räumliche Tiefenausdehnung ist, würde diese Verzerrung nicht erleiden. Dies gilt für jedes scheibenförmige Objekt, das sich mit seiner Längsachse in der Ebene E von Abb. 13 bewegt. Da die geometrischen Ausdehnungen bei Weitwinkelauflnahmen meist sehr klein sind, empfiehlt sich zur Ausmessung der Verzerrungen eine entsprechende Ausschnittsvergrößerung.

Eine weitere Art von Verzerrung wird gelegentlich bei Kameras mit Schlitzverschluss beobachtet. Bewegt sich das aufzunehmende Objekt sehr schnell über die Landschaft, z.B. nach links, während die Abbildung nach rechts und in Abbläufrichtung der Schlitzverschlußvorhänge läuft - dann erscheinen die horizontalen Ausdehnungen verlängert. Runde Kreise wie z.B. Räder werden somit zu Ovalen. Bewegen sich die Objekte in gleicher Richtung wie der Schlitzverschluß, dann erscheinen sie im Bild verkürzt. Im allgemeinen bleiben allerdings die Verzerrungen dieser Art gering. Ein Rechenbeispiel soll dies illustrieren. Ein Düsenflugzeug von 20 m Länge fliegt mit Schallgeschwindigkeit in 100 m Abstand quer zur Kamera vorbei. Bei einer Kamera mit der Brennweite $f = 50$ mm ist das Bild des Flugzeugs etwa 10 mm lang und eilt mit einer Geschwindigkeit $v' = 0,165$ m/s über das Bildfeld. Die Ablaufzeit T des Schlitzverschlusses beträgt etwa 10 bis 20 ms, was einer Schlitzgeschwindigkeit von 3,6 bzw. 1,8 m/s ent-

spricht (Negativbreite 36 mm). Im letzteren Fall ist diese Geschwindigkeit rund 10 mal größer als die Geschwindigkeit des abgebildeten Objektes. Immerhin erscheint dieses dann in der Horizontalen um etwa 10 % gestaucht oder gestreckt. Bei schnell bewegten Objekten wird der geübte Fotograf im allgemeinen versuchen, die Kamera "mitzuziehen". In diesem Fall erscheinen die ruhenden Gegenstände der Landschaft verzerrt (Stüper 1962 S. 195).

Zusätzlich zu den geometrischen Verzerrungen können auch noch Bewegungsunschärfen auftreten, falls die Verschlußzeit zu groß gewählt wurde. Die erforderliche Aufnahmezeit errechnet sich zu

$$T = y / (\xi \cdot u)$$

y - Abstand des bewegten Objektes
 u - Transversalgeschwindigkeit des Objektes
 ξ - physiologischer Grenzwinkel des Auges im Bogenmaß
 (1/1500 wird i.a. als ausreichend betrachtet)

Diese Formel gilt allerdings nur bei perspektivisch richtiger Betrachtung (Stüper 1962, S. 147). Das im obigen Beispiel angeführte Flugzeug müßte danach mit einer Zeit von $T = 100m / (1500 \cdot 330ms) = 1/5000$ s aufgenommen werden, um keine Bewegungsunschärfe zu hinterlassen. Da übliche Fotoapparate höchstens für Schlitzverschlüsse bis $1/1000$ s gebaut werden, wäre hier ein "Mitziehen" der Kamera unbedingt zweckmäßig.

Bei manchen Aufnahmen unbekannter Flugobjekte ist deutlich eine Bewegungsunschärfe erkennbar. Als Beispiel seien hier die Bilder von Herrn Frégnale aus Frankreich erwähnt, der am 18.7.1952 eine Serie von UFO-Aufnahmen machen konnte. Auf dem linken Ausschnittsfoto im Bildband von Schneider (1976, S. 116) läßt sich eine Unschärfe in Flugrichtung von $1/15$ des Objektdurchmessers ermitteln. Das UFO selbst nimmt etwa $1/40$ der Bildbreite ein. Da das Aufnahmeobjektiv ein Tessar mit 45 mm Brennweite gewesen war, welches einen horizontalen Bildwinkel von etwa 40 Grad erfaßt (für den Diagonalwinkel gilt ungefähr $\gamma = 2300/f$), durchflog das UFO in der Aufnahmezeit von $1/250$ s einen Winkel von $40/(15 \cdot 40)$ Grad = $1/15$ Grad. Dies entspricht einer Winkelgeschwindigkeit von rund 17 Grad/s, also pro Sekunde etwas mehr als die Spanne zwischen Daumen und Zeigefinger einer ausgestreckten Hand. Der Zeuge verglich die Geschwindigkeit mit der eines Sportflugzeuges in 1000 m Distanz. Schätzt man dessen Geschwindigkeit zu 180 km/h oder 50 m/s, so errechnet sich eine Winkelgeschwindigkeit von 3 Grad/s. Aufgrund der Bildverzerrung muß das UFO aber etwa um den Faktor 6 schneller gewesen sein ($17/3$), d.h. in 1000 m Distanz fast Schallgeschwindigkeit erreicht haben. Vermutlich hat der Fotograf die Kamera noch etwas nachgezogen - was sich durch Ausmessen der Bewegungsunschärfen der Bäume mittels einer Vergrößerung testen ließe -, so daß die tatsächliche Geschwindigkeit noch höher gewesen sein könnte. Falls die Entfernungsschätzung des Fotografen gestimmt haben sollte, würde sich der Objektdurchmesser zu rund 20 m errechnen (s.a. Vertongen, J.-L., 1977).

Bei üblichen fotografischen Aufnahmen sind auch solche Bewegungsunschärfen zu betrachten, die durch Drehen oder Kippen der Kamera entstehen. Bei ruhiger Hand treten i.a. keine Verwacklungen auf, wenn die Belichtungszeit kleiner als $50/(30 \cdot f)$ sec bleibt (f in mm).

Sehr viel häufiger machen sich Bildverwaschungen infolge endlicher Tiefenschärfe bemerkbar. Da diese in enger Beziehung zur Blende und Objektivbrennweite steht, kann aus der tatsächlichen Schärfe naher und ferner Objekte abgeschätzt werden, wie der Fotoapparat bei der Aufnahme eingestellt gewesen war. Bei perspektivisch richtigem Betrachtungsabstand der Bilder (s.o.) bleibt für alle Brennweiten $\xi' = 1/1500$ konstant. Bei üblicher Betrachtungsweite von 250 mm und konstanter Kopiengröße von 13x18 cm gilt dagegen $\xi = 1/(30 \cdot f)$. Für f steht der Zahlenwert der Brennweite in mm. Die vordere und hintere Grenze des Schärfenbereiches ergibt sich nach Stüper (1962) zu:

$$y_v = \frac{y}{1 + y'} \quad y_h = \frac{y}{1 - y'} \quad \begin{aligned} y' &= (y-f)/y_\infty \\ y_\infty &\approx f/(B \cdot \xi') \end{aligned}$$

Die Gesamttiefe des Schärfenbereiches ist dann:

$$T \approx \frac{2 \cdot y \cdot y'}{1 - (y'/f)^2}$$

Wird das Objektiv auf $y_h = y_\infty$ eingestellt ($\hat{=}$ Nah-Unendlich), dann errechnet sich die vordere Grenze zu: $y_v = y_h/2$. Diese Einstellung ist günstig, wenn sowohl ferne Motivgruppen als auch nahe Objekte scharf erfaßt werden sollen. Aus den Kurven im Anhang können die Schärfenebenen für verschiedene Blenden und Objektive entnommen werden. Der Durchmesser des Unschärfekreises im Negativ beträgt:

$$2 k' = e' \cdot \xi' / v$$

Beispiel: $e' = 250$ mm (Sehabstand), $v = 5$ (Vergrößerung), $\xi' = 1/1500$. Der zulässige Unschärfekreis wird hier $1/30$ mm. Für Objekte außerhalb des Tiefenschärfebereiches beträgt der Unschärfekreis:

$$2 k'' = \left| \frac{f}{B} \left(1 - \frac{1-f/y_u}{1-f/y} \right) \right| \quad \begin{aligned} y_u &- \text{Entfernung des unscharfen Bereiches} \\ y &- \text{eingestellte Entfernung} \end{aligned}$$

Beispiel:

Einstellung: 10m, Brennweite $f = 50$ mm, Blende 2,8
Ein Punkt in der Nahentfernung 3 m wird unscharf abgebildet und hat einen Unschärfekreisdurchmesser von $2k'' = 1/4,8$ mm.

Bei sehr kleinen Blendenwerten macht sich andererseits die sogenannte Beugungsunschärfe bemerkbar. Sie kann aufgrund folgender einfacher Formel errechnet werden (Angerer 1952):

$$\delta = B/2000 \text{ [mm]} \quad (1. \text{ Beugungsring für } \lambda = 410 \text{ nm})$$

Für Blende 32 wird $\delta = 1/63 \text{ mm}$. Die Beugungsunschärfe erreicht somit erst bei der doppelten Blendenzahl (= halb so große Blendenöffnung) den kritischen Wert von $1/30 \text{ mm}$.

Die unscharfe Abbildung infolge des endlichen Tiefenschärfebereiches der Objektive kann u.U. sehr hilfreich zur Bestimmung von Entfernungen sein. Aus Bild 15 ist zu entnehmen, daß nur die Punkte der Einstellebene absolut scharf auf der Filmebene abgebildet werden. Das von einem näheren Punkte B im Objektraum ausgehende Strahlenbündel bildet den Bildpunkt B' und durchsetzt dabei die Filmebene bei n in einem kleinen Zerstreungskreis. Ebenso erzeugt der Objektpunkt C den Zerstreungskreis m, indem sich das betreffende Bündel bereits vor der Filmebene zu einem scharfen Bildpunkt C' vereinigt.

Jedes Objekt, das sich hinter der Einstellebene befindet und sich dieser langsam nähert, wird zunehmend größer und gleichzeitig schärfer abgebildet. Andererseits werden Objekte, welche sich im Nahbereich befinden, also vor der Einstellebene, mit zunehmender Annäherung und Vergrößerung immer unschärfer abgebildet. Hat der Fotoauswerter mehrere Aufnahmen eines unbekannten Objektes in verschiedenen Bildabständen zur Verfügung, so kann er durch Ausmessung der Kantenschärfe leicht feststellen, ob es sich bei dem Gegenstand um ein Modell in geringem Abstand oder um ein großes Objekt in entsprechender Entfernung handelt. Wie die Kantenschärfe zweckmäßig errechnet wird, zeigen die folgenden Ableitungen.

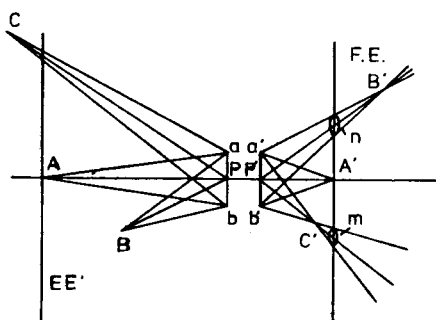


Bild 15

In der linearen Übertragungstheorie besteht ein enger Zusammenhang zwischen der sogenannten MTF (Modulation Transfer Function) und der Impulsfunktion. Für die eindimensionale

Richtung x wird:

$$M(\omega) = \left| \int_{-\infty}^{\infty} 1(x) e^{-2\pi i \omega x} dx \right|$$

Für fotografische Materialien gelten nach Frieser (1960) mit guter Approximation beim einfachen Entwicklungsprozess:

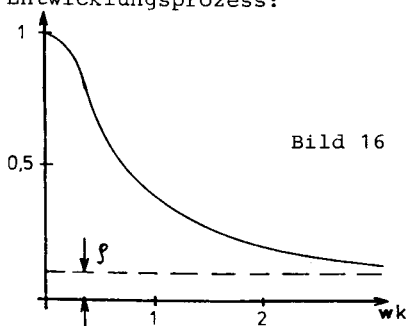
Modulations-Übertragungs-Funktion

$$M(\omega) = \rho + (1 - \rho) \frac{0,54}{0,54 + \omega^2 k^2}$$

ω [Linien/mm]

ρ = relativer Streulicht-
anteil in der Schicht

k = Ausbreitungskonstante
des Streulichtes in
der Schichtebene



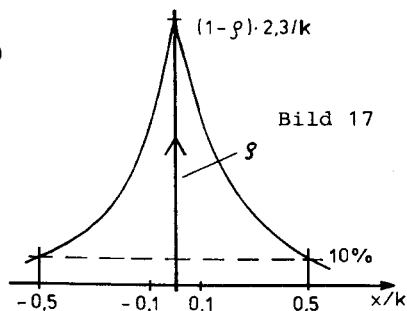
Impuls-Funktion

$$1(x) = (1 - \rho) \cdot \frac{2,3}{k} \cdot 10^{-2|x|/k} + \rho \cdot \delta(x)$$

$\delta(x)$ - Deltafunktion

= 1 für $x = 0$

= 0 für $x \neq 0$



Sprung-Funktion

$$s(x) = 1 - 0,5 \cdot (1 - \rho) \cdot 10^{-2|x|/k} \text{ für } x > 0$$

$$s(x) = + 0,5 \cdot (1 - \rho) \cdot 10^{-2|x|/k} \text{ für } x < 0$$

Der Sprung im Anstiegswinkel bei der Amplitude 0,5 verläuft in Wirklichkeit nicht senkrecht, weil die MTF üblicher Emulsionen bei $\omega/k > 6$ von dem zunächst konstanten Wert nach Null zurückgeht.

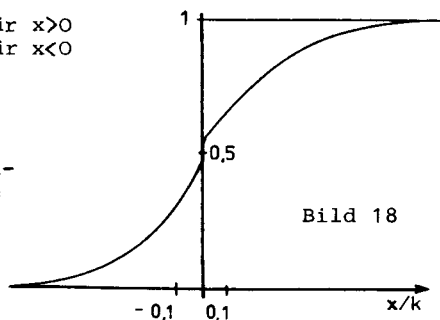


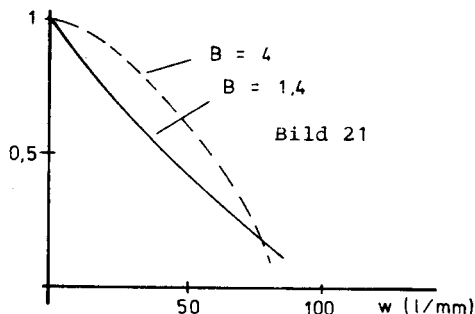
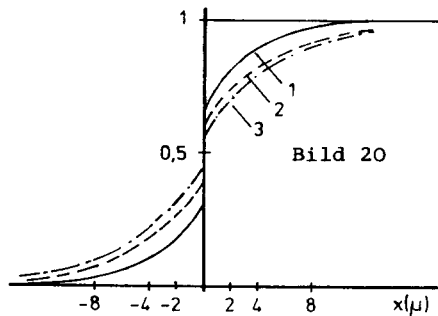
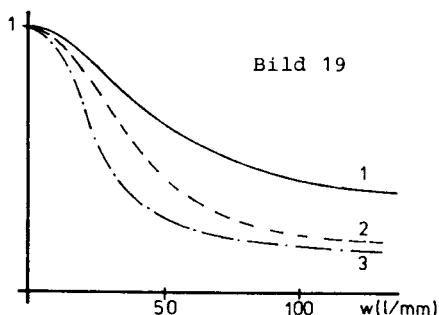
Bild 16 zeigt die Modulationsübertragungsfunktionen einiger s/W - Handelschichten, die einer Zusammenstellung der Firma Eastman Kodak entnommen sind. (Frieser 1975, S.166).

Die gemessenen Kurven verlaufen nach der für Bild 19 angegebenen Funktion und können durch folgende Konstanten angenähert werden:

	k	ρ	
13 DIN	17	0,33	(1)
17 DIN	24	0,21	(2)
21 DIN	40	0,17	(3)

Die mit diesen Werten berechneten Kantenfunktionen $s(x)$ sind in Bild 20 dargestellt.

In Bild 21 ist die Kontrastübertragungsfunktion eines Standardobjektives (Zeiss Planar T 1,4/50mm) wiedergegeben. Die Kurven gelten für weißes Licht und die Mitte des Objektives (Rüberg 1976). Vor allem bei offener Blende ist der Verlust an Kontrast mit wachsender Linienzahl vergleichbar mit dem Kurvenverlauf üblichen Filmmaterials. Um die tatsächliche Abflachung einer Schwarz-Weiß-Kante erfassen zu können, müßten die beiden Übertragungsfunktionen miteinander multipliziert und danach mit Hilfe der Fouriertransformation die endgültige Sprungantwort errechnet werden. Diese Ergebnisse stimmen jedoch nur in Bereichen, wo die Gradationskurve des Filmmaterials als linear angesehen werden kann.



Im weiteren soll nun der Schwärzungsverlauf an einer Kante betrachtet werden, wenn das Objektiv nur unvollkommen fokussiert ist. Da innerhalb des Zerstreuungskreises eines Bildpunktes die Lichtintensität gleichverteilt ist, wird die Schwärzung an einer Kante linear ansteigen bzw. abfallen. An den Grenzen des Tiefenschärfebereiches entspricht die Breite einer Schwarz-Weiß-Kante in etwa dem zulässigen Zerstreuungskreisdurchmesser von z.B. 33μ . Die Kantenfunktion, welche sich aus der endlichen MTF des Objektives und der Schicht (Diffusionslichthof) ergibt, hat bei üblichen Verhältnissen einen merklich steileren Anstieg. Die Anstiegsflanke (10-90%) errechnet sich nach der Übertragungstheorie vereinfacht aus $x = \sqrt{x_F^2 + x_G^2 + x_S^2}$. Am Rand und außerhalb des Tiefenschärfebereiches wird die Flankenbreite x im wesentlichen durch die Fokussierung und nur wenig durch die Optik und die Schicht bestimmt, wie das folgende Beispiel zeigt.

$$x_F = 33\mu$$

$$x_O = 10\mu \quad x = \sqrt{33^2 + 10^2 + 16^2} \mu = 38\mu$$

$$x_S = 16\mu$$

In Bild 22 sind die Schwärzungskurven zweier verschiedenen großer Objekte vor einem neutralen Hintergrund (Himmel) eingezeichnet. Die Dichte verläuft proportional dem tatsächlichen Helligkeitsverlauf, da die Werte innerhalb des linearen Teils der Schwärzungskurve des verwendeten Filmmaterials liegen. Falls das zweite Objekt in der Bildebene relativ weit vom ersten entfernt ist, muß u.U. die Vignettierung des Objektives, d.h. der Helligkeitsabfall zum Rand hin, berücksichtigt werden. Wie eine solche Normierung durchgeführt wird, ist im Kapitel über Densitometrie ausführlich dargelegt. Handelt es sich beim zweiten Objekt um den gleichen Flugkörper, dann sollte er bei gleichen Umfeldbedingungen (keine Wolken-schatten, keine Dunststreuung bzw. keine allzu große Entfernung (< 1 km)) in etwa den gleichen Kontrastumfang aufweisen, wie im Bild angedeutet ist. Der Schärfeverlauf an den Kanten läßt sich relativ einfach messen, wenn vom Original-Negativ zwei Filme (9x13) mit den Äquidensiten erster und zweiter Ordnung hergestellt werden. Die I. Äquidensite, welche aus dem originalen Dichteverlauf ein "Scheibchen" von etwa 0,1 Dichtestufen herauschneidet, liefert eine einzige Linie, deren Breite dem Kantenanstieg entspricht. Die zweite Äquidensite differenziert diese Linie nochmals, d.h. es entstehen nunmehr zwei Linien, welche genau die Breite der ersten Linie angeben. Diese Abstände können unter einem Mikroskop oder auf einer vergrößerten Kopie leicht ausgemessen werden.

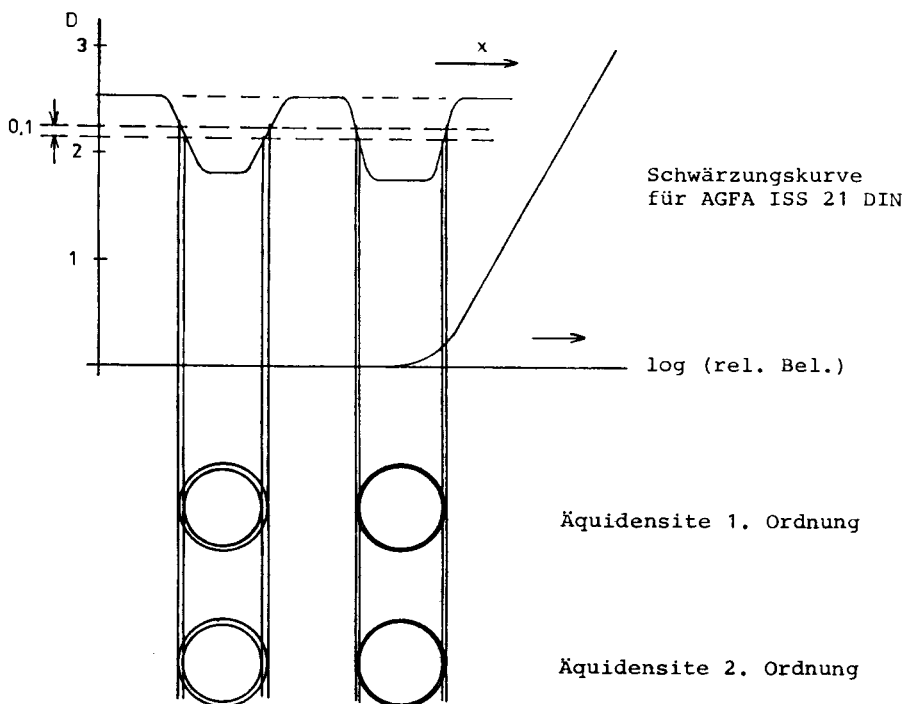


Bild 22

Um die absolute Breite der Kanten zu erhalten, können auch zwei Äquidensiten 1. Ordnung erstellt werden. Diese müssen den Beginn und das Ende der Kantenanstiege erfassen. Durch Übereinanderkopieren der beiden Äquidensiten ergibt sich eine Differenzäquidensite, aus der sehr leicht die Kantenbreiten ausgemessen werden können.

Wie solche Messungen zur Entfernungsabschätzung von Bildobjekten benutzt werden können, sollen die folgenden Beispiele verdeutlichen.

Beispiel 1: Einstellung der Kamera auf ∞

Kameradaten: $f = 50 \text{ mm}$, $B = 2,8$

Dies ergibt eine Tiefenschärfe von 27 m bis Unendlich. Für den Unschärfekreis bzw. die Breite eines Schwarz-Weiß-Sprunges gilt:

$$u = \frac{f \text{ [mm]}}{B} \cdot \frac{f \text{ [m]}}{y \text{ [m]}}$$

Die Unschärfe nimmt also mit kleiner werdender Entfernung zu, wobei die Ausmaße eines bewegten Objektes proportional größer werden. Dies gilt allerdings nur innerhalb des Unschärfereiches von 0 m bis 27 m. Darüberhinaus nähert sich die Unschärfe wegen der Auflösungs Grenze von Optik und Film einem konstanten Wert, um bei sehr großen Entfernungen (einige Kilometer) infolge der atmosphärischen Dunststreuung wieder abzunehmen. In Bild 23 ist die im Unschärfereich hyperbolisch verlaufende Kurve sowie ihre Fortsetzung für große Entfernungen eingetragen.

Sind also auf einer fotografischen Aufnahme, welche mit $f = 50 \text{ mm}$ und $B = 2,8$ geknipst wurde, die fernen Landschaftsteile scharf abgebildet, dann wird ein entfernt fliegendes Objekt in vergleichbarer Schärfe abgebildet sein. Ergibt die Ausmessung der Kanten - was senkrecht zur Bewegungsrichtung geschehen soll - eine merkliche Unschärfe von z.B. $120 \mu\text{m}$, so könnte es sich um ein Modell in 7,5 m Entfernung gehandelt haben.

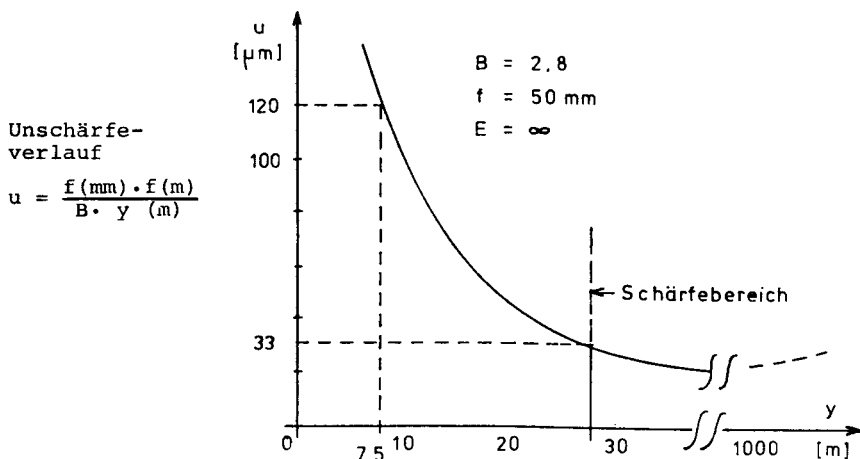


Bild 23

Beispiel 2: Einstellung der Kamera auf 20 m

$f = 50 \text{ mm}$ $B = 2,8$

Mit diesen Werten ergibt sich ein Schärfeverlauf, wie er in Bild 24 eingetragen ist. Nähert sich zum Beispiel ein Flugkörper aus einer Entfernung von 400 m auf 100 m - wobei sein Bild im Film um den gleichen Faktor größer wird - so wird sich seine Kantenschärfe nur sehr wenig verbessern. Handelt es sich jedoch um ein kleines Modellobjekt, welches etwa in Aufnahme I 12m entfernt und in Aufnahme II 3m entfernt gewesen ist, dann erhöht sich die Kantenunschärfe von

33 μm auf 250 μm .

Durch exakte Ausmessung der Kantenschärfe läßt sich also mit gewisser Toleranz die tatsächliche Entfernung von Bildobjekten abschätzen. Dies gelingt umso besser, je geringer der Tiefenschärfebereich bei der Aufnahme war. Längerbrennweitige Objektive, kleine Blendenwerte und gute Kontraste im Bild erleichtern eine solche Analyse. Will ein Fotograf unbekannter Flugobjekte die Evidenz seiner Beobachtungen erhöhen, dann sollte er auch einige Bilder mit unterschiedlicher Entfernungseinstellungen bei möglichst offener Blende aufnehmen.

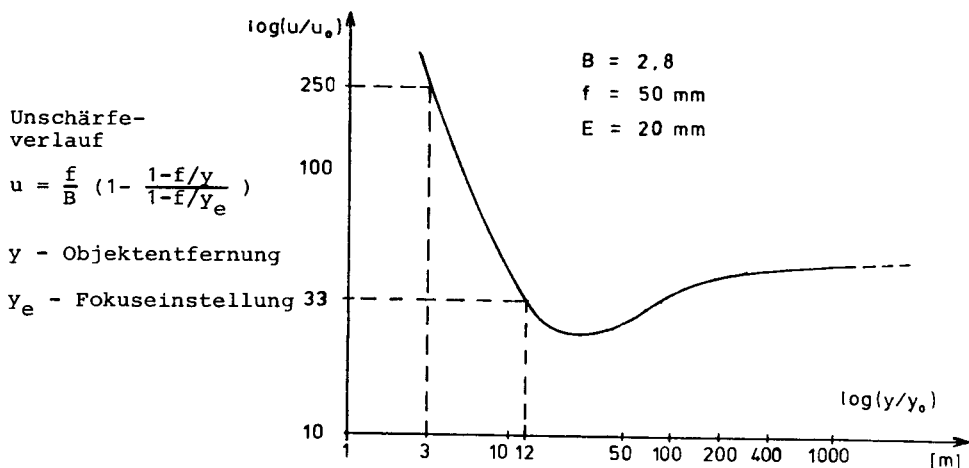


Bild 24

Bestimmung der Aufnahmedaten aus Schattenlängen

In manchen Fällen wird es sehr hilfreich sein, wenn die Fotoauswerter, z.B. anhand von Häuserschatten, die genaue Aufnahmezeit oder Position des UFO-Fotografen nachträglich errechnen und damit zugleich die Verlässlichkeit des Zeugen überprüfen können. Andererseits liefert eine photogrammetrische Vermessung der Bildschatten auch Hinweise auf eine eventuelle Montage im Aufnahmeprozess. Falls ein in der Luft schwebendes UFO selbst einen Schatten zu Boden wirft, läßt sich die Größe und Höhe des Flugobjektes errechnen.

Die Höhe des Sonnenstandes ergibt sich aus:

$$\tan h = H/S$$

H Objekthöhe, z.B. Baum, Haus
 S Schattenlänge am ebenen Boden

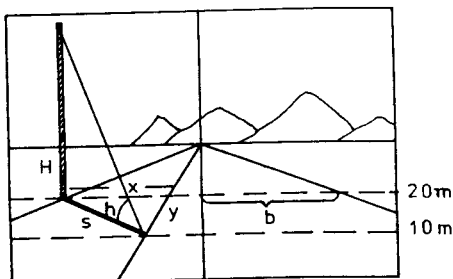


Bild 25

Die Diagramme in Bild 26, 27 und 28 geben relative Schattenlängen und die zugehörigen Sonnenhöhenwinkel für verschiedene Jahreszeiten, Uhrzeiten und Standorte wieder. Anhand von Bild 25 sei hier ein einfaches Beispiel durchgerechnet.

Gegeben sind:

Geographische Breite
des Aufnahmeortes

+ 50°

Halbe Straßenbreite: $b = 5 \text{ m}$

Geographische Länge
des Aufnahmeortes

+ 9°

Länge $x = 0,76 \cdot b = 3,8 \text{ m}$

Tag: 21. März

Länge $y = 10 \text{ m}$

$S = \sqrt{x^2 + y^2} = 10,7 \text{ m}$

Relative Schattenlänge: $H/S = 0,62$

Somit ist der Winkel:

Masthöhe: $H = 6,6 \text{ m}$

$h = \arctan H/S = 31,8^{\circ}$

Aus dem Diagramm in Bild 27 ergibt sich für $\beta = 32^{\circ}$ und 21. März eine Uhrzeit von 10,24 Uhr MEZ.

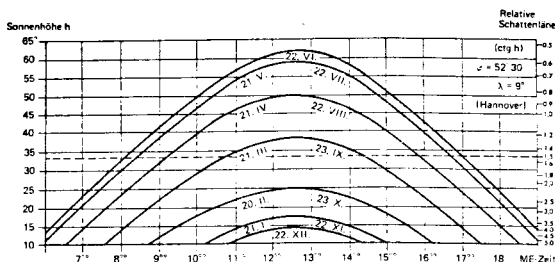


Bild 27

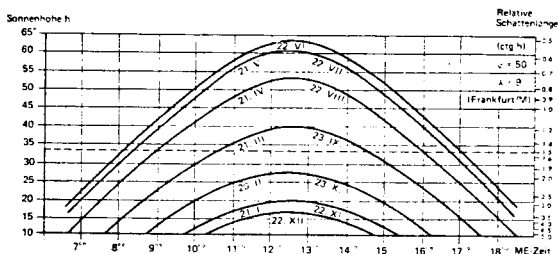


Bild 28

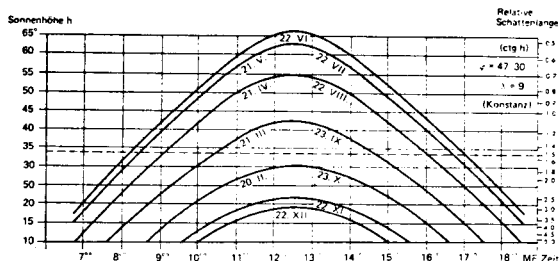


Bild 29

Kurvendarstellung von Sonnenhöhenwinkel und relativer Schattenlänge in Abhängigkeit von Jahres- und Tageszeit für drei Orte in der Bundesrepublik Deutschland mit unterschiedlicher geographischer Breite (Werte berechnet durch Photogrammetrie GmbH, München): Hannover, Frankfurt a.M. und Konstanz. Nach Baumann, 1957.

Für allgemeine Standortsbestimmungen werden die aus der Astronomie bekannten Koordinatentransformationen zwischen dem Horizontsystem (Bild 30a) und dem Äquatorsystem (Bild 30b) benutzt. Der Höhen- und Azimutwinkel errechnet sich danach zu (Schwidersky 1963):

$$h = \arcsin \left[\sin \varphi \cdot \sin \delta - \cos \varphi \cos \delta \cos t \right] \quad \text{Höhenwinkel}$$

$$a = \arctan \left[\frac{\cos \varphi \tan \delta}{\sin t} + \sin \varphi \cot t \right] \quad \text{Azimut}$$

Hierbei bedeuten:

$t = \tau + 180^\circ$ Stundenwinkel, von Mitternacht an berechnet
 $t \cdot 24^h / 360^\circ \hat{=} \text{wahre Sonnenzeit}$

$\tau =$ Stundenwinkel, vom Meridian (12 Uhr) an berechnet
 $\tau \cdot 24^h / 360^\circ \hat{=} \text{wahre Ortszeit}$

$\varphi =$ geographische Breite des Beobachtungsortes

$\delta =$ Deklination des Gestirnes

$a =$ Azimut, von Norden an gezählt

$A = a - 180^\circ$ Azimut, von Süden (Meridian) an gezählt

Die angegebenen Formeln der sphärischen Trigonometrie sind aus dem nautischen Dreieck in Bild 30 b abgeleitet.

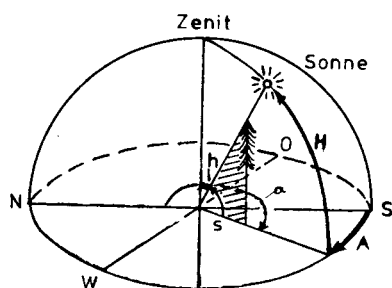


Bild 30 a

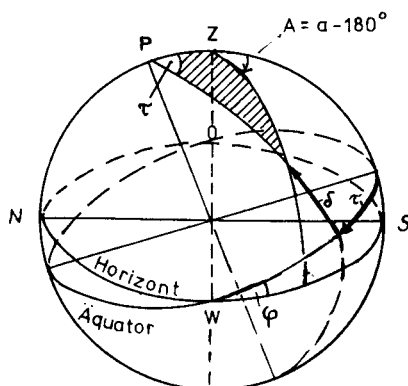


Bild 30 b

Der Stundenwinkel der Sonne kann wie folgt bestimmt werden:

$$t = 360^\circ \left[GT + LT + ZGL \right] / 24^h$$

GT = Greenwich-Zeit = MEZ - 1^h

LT = Längenzzeit = $\frac{1}{150} \cdot 60^m$

Bsp. München:

$$1 \hat{=} + 11^\circ 36,5'$$

$$1 \hat{=} + 46^m 26^s$$

ZGL = Zeitgleichung

= wahre Sonnenzeit minus mittlere Sonnenzeit

Die Deklination der Sonne sowie die Zeitgleichung sind in jedem astronomischen Jahrbuch tabelliert. Mit guter Näherung gilt für die Deklination:

$$\delta = -23,45^\circ \cdot \cos \left[(d+10-0,25 \cdot z) \cdot \frac{360}{365} \right]$$

d ist die Zahl der vom 1. Januar an aufgelaufenen Tage im Jahr.
z hat je nach Jahr folgenden Wert:

- z = 1 1. Jahr nach einem Schaltjahr
- z = 2 2. Jahr nach einem Schaltjahr
- z = 3 3. Jahr nach einem Schaltjahr
- z = 0 Schaltjahr.

Die Zeitgleichung läßt sich analytisch nicht so einfach darstellen, weil sich zwei verschiedene Perioden überlagern. Sie kann mit hinreichender Genauigkeit aus dem Diagramm in Bild 31 gewonnen werden (Hermann, 1974).

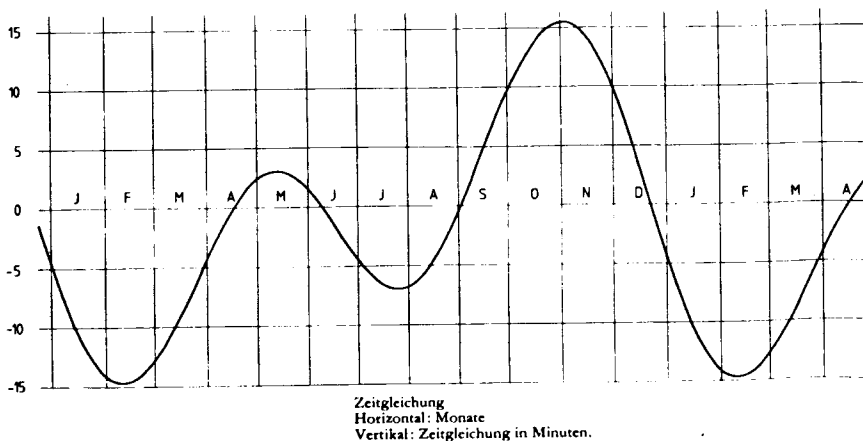
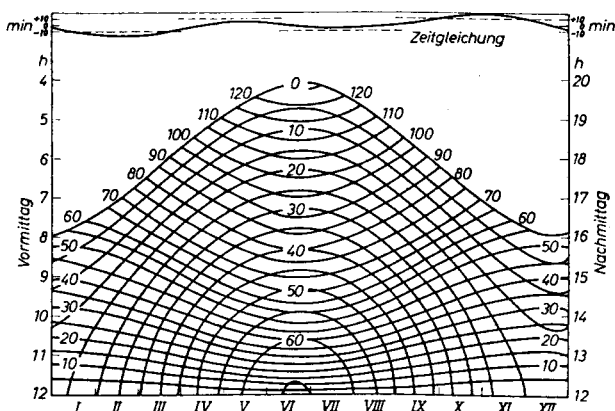


Bild 31 *)

Für überschlägige Abschätzungen genügt es meist völlig, die Sonnenhöhe und den Azimutwinkel direkt aus einem entsprechend angefertigten Diagramm zu entnehmen. Bild 32 zeigt eine zweckmäßige Darstellung für 48° Breite und mitteleuropäische Zeit (Dirmhirn 1964). Die in diesem Diagramm eingetragenen Azimutwerte sind von Süden nach Osten bzw. Westen zählend zu verstehen. Aus der Ortszeit in MEZ wird zunächst die wahre Sonnenzeit durch Addition der Zeitgleichung und Abzug des Längenzeitunterschiedes ermittelt. Am 21. März entspricht 10.00 Uhr MEZ in Frankfurt einer wahren Sonnenzeit von $10^h - 1^h - 7 \text{ Min}/23 \text{ Sek.} + 36 \text{ min.} = 9^h 28 \text{ Min. } 37 \text{ Sek.}$ Aus dem Diagramm in Bild 31 ergibt sich für diese Zeit eine Sonnenhöhe von etwa 32° und einen von Norden gerechneten Azimutwinkel von $180^\circ - 45^\circ = 135^\circ$.

*) Quelle: Schult, H., 1977: Über die Zeitgleichung. Orion 35 Jg., No. 160: 80-84

Mit diesen Angaben kann aus der perspektivisch verkürzten Schattenlänge von senkrechten Objekten in einem Foto ohne weiteres ein Maßstab für die Vermessung des Bildes gewonnen werden. So errechnet sich in Bild 25 bei bekannter Masthöhe $H = 6,2\text{m}$ über die relative Schattenlänge unmittelbar die absolute Schattenlänge $s = H / \tan h = 10,7\text{ m}$. Die horizontale Linie x , welche am Fußpunkt des Mastes beginnt, ergibt sich durch Vergleich zu $x = 3,8\text{ m}$. Über das rechtwinklige Dreieck (rechter Winkel zwischen Horizontale x und Fluchtpunktstrahl) ermittelt man $y = \sqrt{s^2 - x^2} = 10\text{ m}$ und hat damit bereits einen Maßstab in Fluchtpunkttrichtung. Das Azimut der Fotoaufnahme ergibt sich zu $135^\circ + \arctan x/y = 156^\circ$. Anhand einer topographischen Karte kann sofort überprüft werden, ob der im Foto gezeigte Bildausschnitt (z.B. eine Bergkette) mit dem errechneten übereinstimmt ($156 + \gamma_h/2$, γ_h = horizontaler Objektivwinkel).



Darstellung zur Ablese von Sonnenhöhe und -azimut für 48° geographische Breite, nach REIDAT (1960)

Bild 32

(aus Dirmhirn 1964)

Eine formelmäßige Berechnung lieferte folgende Ergebnisse:

$$GT = 10^h - 1^h = 9^h$$

$$LT = 36 \text{ min}$$

$$ZGL = - 7 \text{ Min.} / 23 \text{ Sek.}$$

Der Stundenwinkel errechnet sich hiermit zu $t = 142,15^\circ$. Die Deklination ergibt sich nach der Formel zu $\delta = 0,1^\circ$. Unter Berücksichtigung der geographischen Breite von 48° erhält man:

$$h = 31,8^\circ$$

$$a = - 46,3^\circ \quad \text{oder} \quad 133,67^\circ$$

Da die Sonne in nördlichen Breiten von Osten über Süden nach Westen läuft, kann es sich bei dem Azimut nur um den

größeren Winkel handeln. Die Genauigkeit der Azimut-Berechnung wächst mit fallender geographischer Breite. Am Äquator ist bei der Deklination $\delta = 0$ (Tag- und Nachtgleiche) ein Zeitfehler Δt ohne Einfluß. Dort steht während des ganzen Vormittags die Sonne im Osten, von der Kulmination an bis zum Untergang im Westen.

Zur Vervollständigung seien hier noch die Formeln zur Bestimmung der Aufnahmezeit und der geographischen Breite des Aufnahmeortes wiedergegeben:

Aufnahmezeit: $AZ = GT - 1^h$

$$GT = t \cdot 24^h / 360^\circ - LT - ZGL$$

$$t = \arccos \left[\tan \varphi \tan \delta - \frac{\sin h}{\cos \varphi \cos \delta} \right]$$

Ein Azimut von etwa 45° ist für die Zeitbestimmung am günstigsten. In polnahen Gebieten mit großen Breitengraden wirken sich Fehler bei der Schattenmessung stärker aus als in äquatornahen Gegenden. Die Wirkung eines Sonnenhöhenfehlers ist am geringsten, wenn h sehr klein ist, d.h. bei Sonnenauf- und Sonnenuntergang. In diesem Fall kann der zweite Term in t vernachlässigt werden, und der Stundenwinkel ist nur von der geographischen Breite und der Sonnendeklination abhängig.

Geographische Breite: (nach Rube 1943, S. 26)

$$\varphi = M + \arccos \left[\frac{\sinh \sin M}{\sin \delta} \right] \quad M = - \arctan \frac{\tan \delta}{\cos t}$$

$$h = \arctan H/S$$

Die Genauigkeit der Breitenbestimmung ist am besten, wenn sie nahe der Sonnenkulmination vorgenommen wird (Mittagszeit).

Bestimmung von Sternpositionen im Horizontsystem

Viele unidentifizierte Leuchtkörper auf nächtlichen Himmelsaufnahmen erweisen sich im nachhinein als Bahnspur eines Planeten oder hellen Sternes. Ein Vergleich der astronomischen Position eines Gestirnes mit den Azimut- und Elevationswinkel-Angaben des Fotografen schafft hier meist Klarheit. Zur Berechnung werden dieselben Formeln wie im vorhergehenden Kapitel benutzt, wobei sich der Stundenwinkel hier wie folgt zusammensetzt:

$$\tau = \Theta - \alpha \quad \begin{array}{l} \Theta \text{ Sternzeit} \\ \alpha \text{ Rektaszension} \end{array} \quad l - \text{geographische Länge in Zeit}$$

$$\Theta = \Theta_g + \ell \quad \begin{array}{l} \Theta_g \text{ Greenwich Stundenwinkel des Frühlingspunktes} \\ \text{= siderischer Stundenwinkel von Greenwich} \\ \text{= Ephemeridenzeit (ET) + Greenwich-Zeit (GT) + Sternzeitkorrektur (CO)} \end{array}$$

$$\odot = ET + GT + CO + 1$$

$$GT = MEZ - 1^h$$

$$CO = GT / 365$$

$$\tau = (ET + GT (1 + 1/365) + 1 - \alpha) \cdot 360^\circ / 24h$$

Als Beispiel sei hier die Position der Venus am 22. März 1975 um 19.00 Uhr in Ebersberg bei München berechnet.

$$\varphi = 48^\circ 05'$$

$$\alpha = 2^h 01^m$$

$$\ell = 11^\circ 57' \hat{=} 48^\circ 48'$$

$$\delta = 12^h 26^m$$

$$ET = 11^h 55^m$$

Nach obiger Formel ergibt sich:

$$\tau = 71,6^\circ$$

$$t = 71,6^\circ + 180^\circ = 251,6$$

(Gerstenberger 1975)

Damit wird:

$$h = 21,5^\circ \quad a = 82,5^\circ \text{ oder } 262,5^\circ$$

Die Venus befand sich um 19.00 Uhr in einer Höhe von $21,5^\circ$. Da sie nach Sonnenuntergang nur im Westen stehen konnte, gilt für den Azimut der zweite Wert von $262,5^\circ$. Sie war somit $7,5^\circ$ in südlicher Richtung, von Westen aus zählend, zu beobachten. Sie näherte sich in etwa 2,5 Stunden dem Horizont und beschrieb dabei eine gegen Norden um 48° geneigte Bahn. Die vergleichbaren Positionswerte für 19.30 Uhr waren: $t = 259,1$, $h = 16,7^\circ$, $a = 269,6^\circ$.

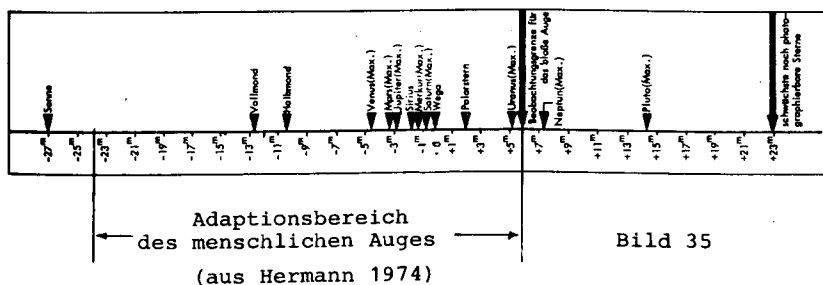
Wie die Lage eines Gestirnes durch Himmelskoordinaten beschrieben wird, zeigt Bild 33. Die Himmelskugel dreht sich um die Himmelspole und steigt hierbei im Westen auf und geht im Osten unter. Die Position eines Sternes oder Planeten ist durch seine Rektaszension α , vom Widderpunkt an gerechnet, bezeichnet sowie durch seine Deklination δ , welche senkrecht vom Himmelsäquator nach Norden oder Süden gerechnet wird. In Bild 34 ist zusätzlich die Ekliptik eingezeichnet, welche die jährliche scheinbare Bewegung der Sonne unter den Sternen markiert. Zur Frühlings- oder Herbst-Tag- und Nachtgleiche geht die Sonne genau im Osten auf und im Westen unter. Die Koordinaten eines Planeten in Bezug auf die Ekliptik werden als seine Länge, vom Widderpunkt an gerechnet, und seine Breite, senkrecht zur Ekliptik, bezeichnet. Die größte östliche Elongation (=Länge) der Venus, wo sie der Sonne hinterherläuft und als Abendstern sichtbar wird, beträgt 48° . Um den gleichen maximalen Betrag kann dieser Planet als Morgenstern der Sonne vorausziehen. (Unsöld 1967). Die Winkelwerte entsprechen einer jeweiligen Zeitdifferenz von 4,5 Stunden. Weitere Beispiele für Sternidentifikationen finden sich auch in Prieb's 1976.

11. Densitometrische Auswertung von Fotos

a) Beleuchtungsstärken und Leuchtdichten

Der Informationsgehalt eines Bildes liegt nicht allein in seiner geometrischen Struktur, sondern wird zu einem großen Teil auch durch seine Helligkeitsverteilung bestimmt. Je mehr Graustufen auf einem Negativ bzw. Diapositiv darstellbar sind, umso brillanter und kontrastreicher erscheint die Aufnahme. Durch analoge oder digitale Vermessung und Verarbeitung (picture processing) gelingt es heute, ein Maximum an Informationen aus einer fotografischen Aufnahme herauszuholen. Die modernen Verfahren der Äquidensitometrie, elektronischen Bildrestaurierung und Fouriertransformation mittels kohärenter Optik haben besonders in der Röntgendiagnostik, Mikrofotografie, Astrophysik und für die Auswertung von Satellitenaufnahmen Bedeutung erlangt.

In Bild 35 sind die in der Astronomie vorkommenden Helligkeitswerte dargestellt. Die Sonne im Zenit erzeugt eine visuelle Helligkeit von $-26^m,86$, was einer Lichtstärke von 144784 Lux in physikalischer Maßeinheit entspricht. Der schwächste noch fotografierbare Stern liegt bei einer Magnitude von $+23^m$ oder 1,5 · 10⁻¹⁵ Lux. Dies entspricht der Helligkeit einer Kerze in 66 680 km Entfernung. Der Vollmond hat eine visuelle Helligkeit von $-12^m,55$, was der Lichtstärke einer Kerze in 3,6 m Abstand gleichkommt (Hermann 1974).



Die Beziehung zwischen astronomischen Helligkeitswerten und den in der Physik üblichen Beleuchtungsstärken lautet:

$$m_1 - m_2 = -2,5 \log s_1 / s_2 \quad s_1 / s_2 = 10^{-0,4 (m_1 - m_2)}$$

Den 50 Magnituden des Sternenhimmels entsprechen somit 20 Zehnerpotenzen oder Dekaden im Strahlungsstrom. Das menschliche Auge vermag in der Intensitätsskala rund 12 Zehnerpotenzen zu überbrücken. Dies wird durch Änderung des Pupillendurchmessers ermöglicht sowie durch die Fähigkeit der Rezeptoren, auf eine gegebene Beleuchtungsstärke zu adaptieren (Flügge 1976). Der Bereich umfaßt somit die astronomische Skala von +6^m (untere Grenze) bis zur verhangenen Sonne (-24^m).

Die Anpassung an die jeweilige Szenenbeleuchtung wird beim Fotoapparat über die Blende und die Verschlusszeit gesteuert. Mit einem Bereich von 1-1/1000 sec und einer Blendenskala von 1,4 bis 16 können 5 Dekaden überbrückt werden. Der in einem Motiv gleichzeitig vorkommende Helligkeitsumfang liegt in der Regel um 2 Dekaden tiefer, wie die folgende Tabelle zeigt (Lindner 1968):

Sonnige Landschaft	1 : 50
Porträt im dunklen Umfeld	1 : 100
Normales Gegenlichtmotiv	1 : 500
Tordurchfahrt vor sonniger Straße	1 : 1000

Der durchschnittliche Szenenumfang wird üblicherweise zu 1 : 160 angenommen, was 2,2 Dekaden entspricht. Heutige Negativfilme können diesen Bereich ohne weiteres wiedergeben. Infolge des Streulichteinflusses der Linsensysteme wird dieser Wert jedoch erheblich reduziert. Moderne vergütete Objekte weisen einen Streulichtanteil von 1,5 % auf, so daß der Kontrastumfang auf 64:1 oder 1,8 Dekaden eingeschränkt wird (Vieht 1974, S. 332).

b) Exposition und Schwärzung im Negativ

Die Bestrahlungsstärke in der Aufnahmeschicht hängt nach der folgenden Formel mit der Leuchtdichte der Aufnahmeszene zusammen:

$$E [L_x] = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{1}{B^2} \cdot \tau \cdot h \cdot c \cdot h \cdot \cos^4 \Theta \cdot L [cd/m^2]$$

Für Nahaufnahmen tritt noch der Faktor $1/(1-m')$ mit m' = Abbildungsmaßstab hinzu. Für Fernaufnahmen wird m' näherungsweise Null.

Die Bedeutung der übrigen Symbole ist:

- τ - Transmission des Objektivs (meist 0,9)
- c - Korrektionsfaktor für das Kamera-Streulicht (1,015)
- B - Blendenzahl
- Θ - Winkel zwischen optischer Achse und dem Hauptstrahl außerhalb der optischen Achse
- h - Vignettierungsfaktor

Die Abnahme der Beleuchtungsstärke von der Mitte des Filmformates zu dessen Ecken hin wird auch natürliche Vignettierung genannt. Der Faktor h steht für die künstliche Vignettierung, welche bei großen Blendenöffnungen (kleinen B -Zahlen) merkbar wird. Sie ist durch die Abschattung seitlicher Bildpunkte durch die Fassungsänder einzelner Objektivlinsen bestimmt. Bild 36 zeigt die Funktion der natürlichen Vignettierung für verschiedene Winkel. Die für einzelne Objektivytypen maximal zu erwartenden Werte sind ebenfalls eingetragen. Bild 37 enthält Meßkurven der Firma Zeiss für ein Tessar 2,8/50mm mit einem diagonalen Öffnungswinkel von 45° . Der starke Abfall bei Blende 2,8 ist durch die künstliche Vignettierung bedingt.

nettierung bedingt, während bei Blende 8 praktisch nur die natürliche Vignettierung wirksam ist.

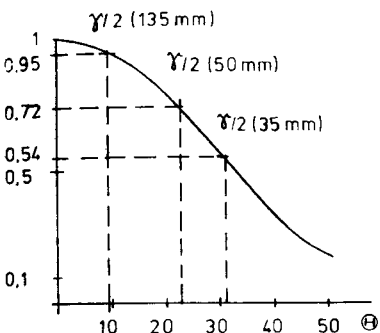


Bild 36

Natürliche Vignettierung

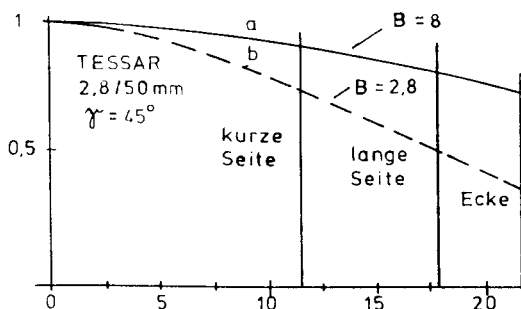


Bild 37

Beleuchtungsstärke in Abhängigkeit von der Bildhöhe

a - natürliche Vignettierung

b - nat.+ künstliche Vignettierung

Die Belichtung in der Filmebene der Kamera ergibt sich durch Multiplikation der Bestrahlungsstärke mit der Zeit. Nach dem neuesten amerikanischen Normblatt für Belichtungsmesser PH3.49-1971 für Außenaufnahmen mit modernen Kameras, welche Objektive mit Reflexschicht besitzen, werden folgende Werte zur Eichung zugrunde gelegt:

$$\Theta = 12^\circ (\cos^4 \Theta = 0,915), \tau = 0,9, h = 1, m' = 1/80, C = 1,03$$

Damit ergibt sich für die Belichtung oder Exposition des Filmes:

$$H = 0,65 \cdot L \left[\text{cd/m}^2 \right] \cdot t \left[\text{sec} \right] / B^2$$

Entsprechend Bild 38, welches die Dichtekurve eines Negativfilmes zeigt, liegt die Anzeige eines normgerecht kalibrierten Belichtungsmessers für ein mittleres Objekt (Kontrastumfang 64:1) bei der zehnfachen Belichtung des Empfindlichkeitpunktes H_M . Der Wert H_M steht nach Definition an dem Punkt, wo die Dichtekurve 10% über den Schleier angestiegen ist. Er hängt mit der DIN-Zahl nach folgender Beziehung zusammen:

$$H_M = H_0 \cdot 10^{-S/10} \quad \begin{array}{l} S = \text{DIN-Zahl} \\ H_0 = 1 \text{ Lxs} \end{array}$$

Somit errechnet sich die erforderliche Belichtung aus der

mittleren Objektleuchtdichte zu:

$$t \text{ (sec)} = 15,4 \cdot 10^{-S/10} \cdot B^2 / L \text{ [cd/m}^2\text{]}$$

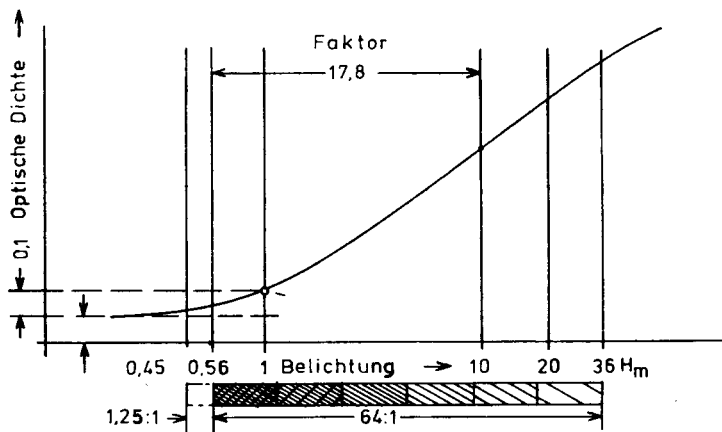


Bild 38

Anmerkung: Die Schwärzung oder optische Dichte wird als dekadischer Logarithmus der Opazität oder reziproken Transparenz definiert.

Das folgende Beispiel soll die praktische Anwendung bei Nachtaufnahmen illustrieren, wo normale Belichtungsmesser im allgemeinen versagen. Die Objektszene sei eine Schneelandschaft bei klarem Vollmond, welcher 30° über dem Horizont steht. Die Leuchtdichte des Mondes hat einen Wert von $3 \cdot 10^3 \text{ cd/m}^2$ (siehe Tabelle im Anhang), sein relativer Durchmesser ist $2 \sigma_1 = 31'$. Entsprechend Bild 39 errechnet sich die Beleuchtungsstärke, welche der Mond auf der Erdoberfläche erzeugt, zu (Flügge 1976, S. 95):

$$E_1 = L_1 \cdot \pi \cdot \sin^2 \sigma_1 \cdot \sin 30^\circ = 0,094 \text{ lx}$$

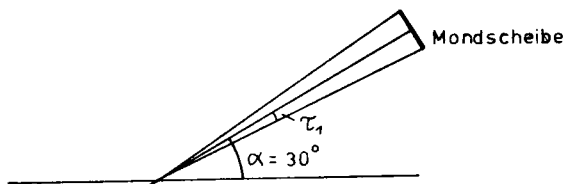


Bild 39

Ferner muß die Leuchtdichte der Schneefläche berechnet werden. Sie ist $L_2 = \rho E_1 / \pi$, und zwar in jeder Richtung; mit der Albedo $\rho = 0,78$ wird die Leuchtdichte des Schnees:

$$L_2 = 0,023 \text{ cd/m}^2$$

Als Filmempfindlichkeit sei 27 DIN angenommen, wobei auf 30 DIN entwickelt wird. Die Aufnahme erfolge mit Blende 2,8.

Hiermit ergibt sich eine Belichtungszeit von

$$t = 15,4 \cdot 10^{-30/10} \cdot 2,8^2 / 0,023 \text{ sec} = 5,25 \text{ sec}$$

Bei dieser Langzeitbelichtung macht sich bereits der Schwarzschildeffekt bemerkbar, der bei extrem kurzen oder extrem langen Belichtungszeiten eine Korrektur des einfachen Reziprozitätsgesetzes für Beleuchtungsstärke mal Zeit erfordert. Die Bilder 40 a, b zeigen einige Kurven für verschiedene Filmsorten. Bei dem hier betrachteten Film von 27 DIN, z.B. Ilford HP5, muß der errechnete Wert von 5,25 sec auf 10 sec erhöht werden.

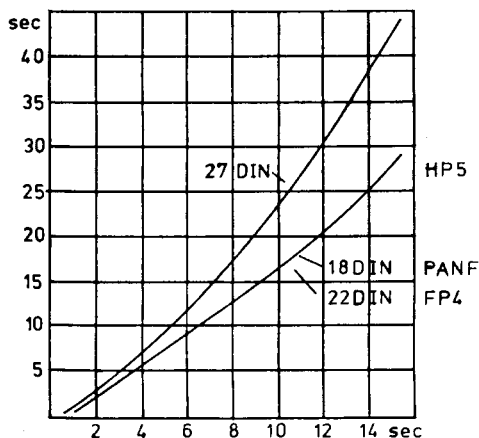


Bild 40 a

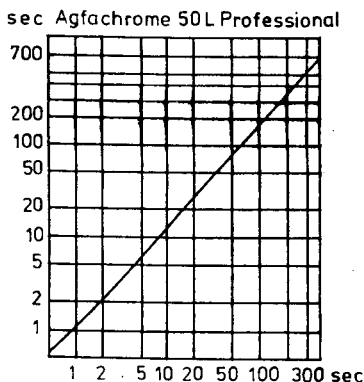


Bild 40 b

Auf der horizontalen Achse ist die jeweils gemessene bzw. nach obiger Formel errechnete Belichtungszeit aufgetragen, während die senkrechte Achse die korrigierten Belichtungszeiten enthält.

Wird der Fotoapparat auf den Sternenhimmel gerichtet, ohne daß der Mond ins Bild kommt, dann ist für den mondlosen Nachthimmel eine Leuchtdichte von etwa $5 \cdot 10^{-4} \text{ cd/m}^2$ anzusetzen. Die Belichtungszeit verlängert sich nunmehr - ohne Berücksich-

tigung des Schwarzschildeffektes - auf 4 Minuten. Soll der Mond selbst fotografiert werden, so muß dessen Leuchtdichte von $3 \cdot 10^3 \text{ cd/m}^2$ in Rechnung gesetzt werden, insbesondere bei Teleaufnahmen. Eine Aufnahme mit einem 11/1200 mm Objektiv (Bildwinkel $2,1^\circ$) holt die Mondscheibe auf $1/4$ der Bild-diagonale heran. Damit die Kraterstrukturen kontrastreich abgebildet werden, gilt für die Aufnahmezeit bei einem 18 DIN-Film:

$$t = 15,4 \cdot 10^{-18/10} \cdot 11^2 / 3 \cdot 10^3 \text{ sec}$$

$$t = 1/100 \text{ sec}$$

Zur Abschätzung der Belichtungszeiten üblicher Aufnahmeszenen kann auch die im Anhang wiedergegebene Tabelle verwendet werden. Als Beispiel werden die Monguzzi-Bilder betrachtet (Schneider/Malthaner 1976). Nach der Tabelle gilt für 18DIN und Blende 8 bei voller Sonne und Schneelandschaft eine Belichtungszeit von $1/500 \text{ sec}$. Da die Aufnahme am 31.7. um 9.25 gemacht wurde, müßte die Belichtungszeit verdoppelt werden. Da Monguzzi jedoch einen 21 DIN-Film verwendete, bleibt die Belichtungszeit unverändert. Monguzzis Angabe von $1/500 \text{ sec}$ stimmt somit genau mit den damaligen Lichtverhältnissen überein.

Sind die Daten einer UFO-Aufnahme bekannt, dann kann aus der Dichte oder Schwärzung eines Objektes im Negativ auf dessen wahre Leuchtdichte zurückgeschlossen werden. Das hell strahlende UFO, das am 2.10.1971 von einem Studenten über Rio de Janeiro gegen 19.40 Uhr fotografiert wurde, soll von 10 Zeugen gleichzeitig beobachtet worden sein (Schneider/Malthaner 1976, S. 216). Die Aufnahmedaten waren: $B = 2,8$, $t = 1/40 \text{ sec}$, Film 20 ASA, auf 150 ASA entwickelt. Für die Umrechnung von ASA in DIN gilt die Beziehung:

$$S [\text{DIN}] = 10 \cdot \lg (1,25 \cdot S^*) \quad S^* \text{ Angabe in ASA}$$

Die mittlere Leuchtdichte im Objektfeld ergibt sich zu:

$$L [\text{cd/m}^2] = 15,4 \cdot 10^{-23/10} \cdot 2,8^2 / (1/40) = 24,2$$

Unter der Annahme, daß der Fotograf die Belichtung so gewählt hatte, wie sie der Belichtungsmesser in der Leica II F angezeigt hatte, kann die Leuchtdichte des Objektes errechnet werden. Das UFO selbst hatte nur eine Größe von etwa einen Millimeter auf dem $24 \times 36 \text{ mm}$ - Negativ erreicht und damit nur $1/864$ der Negativfläche eingenommen. Der Spitzenwert der Leuchtdichte muß daher um eben diesen Betrag über der mittleren Leuchtdichte gelegen haben. Damit könnte das UFO eine Helligkeit von rund 21000 cd/m^2 ausgestrahlt haben. Reduziert man diesen Wert um einen Faktor zwei - der Belichtungsmesser dürfte auch noch auf Umgebungshelligkeiten wie Straßenlampen etc. angesprochen haben -, dann war die Leuchtdichte des UFOs mit der Helligkeit von Leuchtstofflampen vergleichbar.

Falls das Negativ einmal zur Auswertung zur Verfügung stehen sollte, ließen sich diese Abschätzungen durch eine genaue

Ausmessung der absoluten Dichte überprüfen. Anhand der aufgeteilten Schwärzungskennlinie (Entwicklungszeit betrug 20 Minuten bei 20°C) kann dann direkt die Exposition des Filmes und damit auch die absolute Leuchtdichte des unbekannten Flugkörpers ermittelt werden (Bougard 1975).

c) Streulicht - Berechnung entfernter Objekte

Sehr nützlich erweist sich die Densitometrie auch zur Abschätzung der Entfernungen unbekannter Flugkörper. Aus der Physik ist bekannt, daß sich die Leuchtdichte eines Objektes infolge der atmosphärischen Streuung mit zunehmender Distanz aufhellt. Vergleicht man daher die Dichte der Schattenpartien eines solchen UFOs mit den Schatten im Vordergrund eines Bildes, dann läßt sich bei bekannter meteorologischer Sichtweite sofort die Objektentfernung errechnen. Hierzu dient die bekannte Formel für die Horizontalsicht nach Koschmieder (Dietze 1957, S. 213ff.), Gierloff II, 1970, S. 207). Sie setzt sich aus der Extinktion der Objektleuchtdichte (Bouguer-Formel) und des mit der Entfernung zunehmenden Himmelslichtanteiles zusammen.

$$B_Y = B_H (1 - e^{-\beta x}) + B_O \cdot e^{-\beta x}$$

B_Y - Leuchtdichte eines Objektes
nach der Entfernung y

B_O - Objektleuchtdichte

B_H - Himmelsleuchtdichte am Horizont

β - Streulichtkoeffizient [$1/\text{km}$]

Häufig ist es zweckmäßig, die Leuchtdichte B_Y eines Referenzobjektes in bekannter Entfernung auf den Abstand $y = 0$ umzurechnen. Nach Umstellung der obigen Formel erhält man:

$$B_r = B_H + (B_Y - B_H) \cdot e^{\beta x} \quad \text{mit } B_r = \text{Referenzleuchtdichte}$$

Nach Einführen dieser Referenzleuchtdichte ergibt sich die Entfernung des unbekannten Flugkörpers wie folgt:

$$y = \frac{1}{\beta} \ln \left(\frac{1 - B_r/B_H}{1 - B_Y/B_H} \right) \quad \begin{array}{l} B_r - \text{Referenzleuchtdichte} \\ \text{eines Objektes mit glei-} \\ \text{chem Albedowert wie das} \\ \text{UFO} \\ B_Y - \text{Leuchtdichte des UFOs in} \\ \text{der Entfernung } y \end{array}$$

Der unbekannte Streulichtkoeffizient kann auf zweierlei Weise bestimmt werden. Falls die fotografische Aufnahme größere Flächen mit konstantem Albedowert enthält (z.B. Wälder, Wiesen), welche vom Himmelslicht gleichmäßig beleuchtet werden (also keine Abschattung durch Wolken), dann ergibt sich der Wert β aus dem Vergleich zweier Leuchtdichten:

$$B = \frac{1}{y_2 - y_1} \ln \left(\frac{1 - B_y 1/B_H}{1 - B_y 2/B_H} \right)$$

Vorteilhafterweise werden mehrere Punkte ausgemessen und dann eine Mittelung durchgeführt. Dieser so gefundene Wert kann bei bekannter meteorologischer Sichtweite S zur fraglichen Aufnahmezeit überprüft werden. Hierfür gilt die Formel:

$$B = \frac{1}{S} \cdot \ln \frac{1}{\epsilon} \quad \epsilon = (B - B_S)/B \text{ (minimaler unterscheidbarer Kontrast)}$$

Mit $\epsilon = 0,02$ nach Koschmieder (Dietze 1957) wird

$$B = 3,912/S$$

Einer Sichtweite von 20 km entspricht somit ein Streulichtkoeffizient von $B = 0,2$.

Die Entfernungsberechnung anhand des Vergleiches zweier Schatten setzt voraus, daß Schattenlage und Albedowert des UFOs und des Referenzobjektes übereinstimmen. Erfahrungsgemäß weist ein senkrechter Schatten an einer Hauswand eine hellere Leuchtdichte auf als der Horizontalschatten auf der Unterseite eines fast waagrecht fliegenden Flugkörpers. Wie groß der Unterschied ist, hängt von den jeweiligen Beleuchtungsverhältnissen am Ort ab und muß ggf. nachgemessen oder simuliert werden. Bei der erneuten Untersuchung der McMinnville UFO-Fotos zeigte eine Vergleichsuntersuchung, daß dort der entsprechende Faktor zwischen 2,4 und 4,7 gelegen haben dürfte (Maccabee 1976).

Da der Albedowert des unbekannten Flugkörpers i.a. nicht bekannt ist, wird für den "worst case" zunächst eine hell-weiße Fläche angenommen mit einem Albedo zwischen 60 und 80%. Als Vergleichsfläche dient zweckmäßigerweise eine weiß gestrichene Hauswand. War das UFO in Wirklichkeit dunkler, dann dürfte es weiter als die errechnete Minimaldistanz entfernt gewesen sein, um die gleiche Aufhellung infolge atmosphärischer Streuung zu erreichen. Sollte es jedoch eine Eigenstrahlung aufgewiesen, also zum Beispiel gegläht haben, dann muß die Entfernung kürzer gewesen sein.

d) numerische Berechnung von Objektleuchtdichten

Die in der Formel zur Berechnung der Entfernung auftretenden relativen Leuchtdichten können durch densitometrische Ausmessung des Negatives bestimmt werden, sofern die Schwärzungskurve und der Streulichtanteil des Objektivs bzw. der Kamera bekannt ist. Mit guter Näherung gilt die Beziehung (Maccabee 1976):

$$B = E_0 \cos^{-4} (\theta) \cdot \exp 2.303 \left[(D_i/\gamma - k_0/D_i^3) \right] - G_i$$

γ = Steigung der Schwärzungskurve im gradlinigen Teil

D_i = Dichte (image density)

G_i = Streulicht (image glare)

E_0, k_0 Konstanten in Abhängigkeit von γ

Für Verichrome-Filme und Plus-XX-Filme gelten folgende Werte:

γ	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	1.0
E_0	0,0093	0,0084	0,0076	0,0068	0,0063	0,00436
k_0	0,00009	0,0001	0,0002	0,00055	0,0017	0,0025

Der Faktor $\cos^{-4}\theta$ berücksichtigt die Zunahme der tatsächlichen Exposition mit größer werdendem Winkel zwischen Objekt und Linsenachse und entspricht der natürlichen Vignettierung. Bei sehr kleinen Blendenwerten (großen Eintrittspupillen) muß ggf. zusätzlich der Faktor $1/h$ der künstlichen Vignettierung beachtet werden (s.o.).

Übliche Negative werden auf einen Gammawert von 0,6 bis 0,7 entwickelt. Die entsprechende Entwicklungszeit für Refinal-Verarbeitung in der Dose beträgt bei 20°C 5 bis 7 Minuten. Umkehrfilme für Diapositive haben eine wesentlich steilere Gradation, die zwischen 1,5 und 1,6 liegt. Solche Gammawerte weisen auch Fotopapiere von normalem Kopierumfang auf.

Der Anteil des Gesamtstreulichtes G_i bei der Aufnahme ist abhängig vom Bildinhalt, da die hellen Bildteile die dunklen aufhellen. Allgemein sind Außenaufnahmen mit Schnee, Himmel oder ähnlich hellen Bildteilen dem Streulichte-nfluß stärker ausgesetzt als z.B. Studioaufnahmen. Bei Landschaftsaufnahmen errechnet sich G_i aus der Beziehung

$$G_i = g_i \cdot B_s \quad B_s = \text{Leuchtdichte des Himmels}$$

Moderne Kameras erreichen Streulichtanteile von 1,5 - 3 %, während ältere oder auch stark verschmutzte neuere Objektive Werte zwischen 5 - 10 % erzeugen. Im Einzelfall muß der Streulichtanteil durch Simulation bestimmt werden (Maccabee 1976).

Ein wesentliches Hilfsmittel zur Informationsausschöpfung fotografischer Aufnahmen bilden die verschiedenen Verfahren zur Bildrestaurierung und Äquidensitenerstellung. Sie dienen einerseits dazu, den Kontrastumfang und die Detailerkennbarkeit zu verbessern und erleichtern andererseits die analoge oder digitale Ausmessung bestimmter Bildpartien. Mit diesen Methoden lassen sich zum Beispiel feinste Helligkeitsabstufungen in Wolken und atmosphärischen Schichten erkennen, welche das menschliche Auge in der Originalaufnahme überhaupt nicht unterscheiden kann. Diese Techniken gestatten es auch, etwaige Aufhängedränge von UFO-Modellen sichtbar zu machen oder bestimmte "Halos" bzw. Refraktionerscheinungen um UFOs - vermutlich verursacht durch künstliche Feldantriebe - hervortreten zu lassen. Besondere Bedeutung kann auch die Verteilung der Kornstruktur gewinnen, welche an den Kanten von Objekten im Vordergrund meist sehr scharf verläuft, während die weiter entfernten Objekte - bedingt durch die Lichtstreuung an Luftmolekülen - statistisch schwankende Kantenstrukturen aufweisen. Da die Kantenschärfe zugleich eine Funktion der Fokussierung ist, gibt die Ausmessung der Anstiegsflanken eine Information über den bei der Aufnahme eingestellten Tiefenschärfebereich (s.o.). Die räumliche Ausdehnung von Gegen-

ständen bewirkt im allgemeinen auch eine tiefenmäßige Abstufung der Grauwerte, welche in Äqudensitendarstellungen leicht zu erkennen und auszumessen ist.

Die verschiedenen Verfahren lassen sich in folgende Gruppen unterteilen:

- e) Variierung von Schwärzungen
- f) Markierung von Schwärzungen

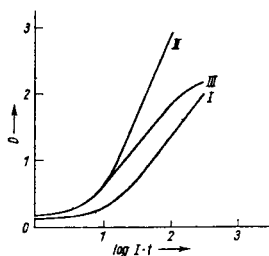
Die Methoden zur Anhebung oder Absenkung der Dichtekurven, vor allem im Bereich der "Schwelle" und "Schulter" bewirken häufig auch eine Anhebung höherer Ortsfrequenzen und damit eine Verbesserung des Detailkontrastes. Die auf eine solche Weise vorbehandelten Negative erleichtern eine Markierung oder Selektierung bestimmter Intensitätsbereiche ganz wesentlich. Eine ausführliche Beschreibung der verschiedenen Verfahren findet sich in der entsprechenden Literatur. Hier möge eine tabellarische Übersicht der wichtigsten Methoden genügen.

- e) Variierung von Schwärzungen und Kontrastausgleich von Negativen.

Um die Schwärzungskurven unterbelichteter Negative, besonders auch im Bereich der "Schwelle", aufzurichten, werden heute mit Erfolg die Chromogenverstärkung, das Blautonbad und die Dunkelfeld-Fotografie eingesetzt. Unter Chromogenverstärkung versteht man die farbige Wiederentwicklung schwarzweißer Aufnahmen zur Empfindlichkeits- und Gradationssteigerung. Die Farbkupplung ist an einzelnen Silberkörnern besonders aktiv. Somit wird bei den noch unterhalb der "Schwelle" befindlichen geringen Silberkornkonzentrationen, die in Transparenz keine merkbare Schwärzung ergeben, bevorzugt Farbstoff gebildet. Der an den Silberkörnern zusätzlich niedergeschlagene Farbstoff verändert die spektrale Durchlässigkeit der Schicht. Zu dieser reinen Abschattungswirkung der Silberkörner, die unterhalb der "Schwelle" zu keiner sichtbaren Schwärzung führt, kommt die Filterwirkung des Farbstoffs, also eine Einfärbung der Schicht, hinzu. Der besondere Vorteil dieses Verfahrens der Farbstoffanlagerung liegt in der nur geringfügigen Kornvergrößerung. Bild 41 zeigt die Aufteilung der Kennlinien und besonders die Verschiebung der Schwelle bei geringen Schwärzungen. Nach Entfernen des Bildsilbers (Kurve III) bleibt das Negativ wegen der abgerundeten Schulter gut kopierfähig. Der Verstärkungsfaktor der Empfindlichkeit, d.h. die Verschiebung der 10%-Schwelle der Dichte in Richtung eines geringeren Belichtungszeit-Produktes, beträgt etwa 2,5.

Ein für Amateure einfacher zu handhabendes und billigeres Verfahren ist die sogenannte Eisenblau-Verstärkung, bei der das Bildsilber in die komplexe Eisenverbindung Ferriferrozyanid (Berliner Blau) umgewandelt wird. Die unter- oder schwachbelichteten Stellen werden vollständig in Farbstoff übergeführt, während die dichteren Teile nur oberflächlich Farbstoff bilden und im Innern noch gebleichtes Silber enthalten. Ein be-

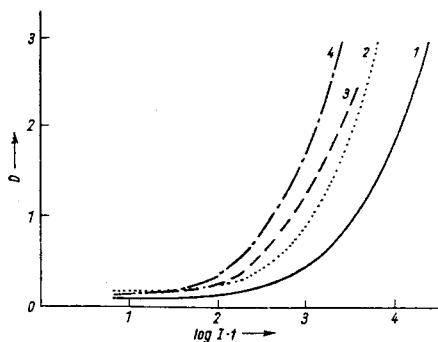
sonders großer Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, daß das Blau auch in den höchsten Schwärzen transparent ist und daher der gesamte Informationsgehalt des Negativs gut kopierbar wird. Für Astro-Platten und Röntgenfilme wurden Empfindlichkeitsgewinne bis zum Faktor 4 erzielt (siehe Bild 42). Nachteilig kann allerdings die unter Umständen auftretende Kornvergrößerung sein. Grundsätzlich verschieden zu den eben beschriebenen Methoden ist das Streulichtverfahren, bei dem hauptsächlich die geringen und geringsten Schwärzungen noch sinnvoll ausgenutzt werden. Dieses Prinzip, welches der Dunkelfeldaufnahmetechnik beim Mikroskopieren entspricht, erweist sich vor allem bei stark unterbelichteten Negativen als sehr wirkungsvoll.



Chromogenverstärkung

- a) Unterbelichtetes Mikrophoto eines Chromosoms;
- b) die gleiche Aufnahme nach Chromogenverstärkung

Bild 41



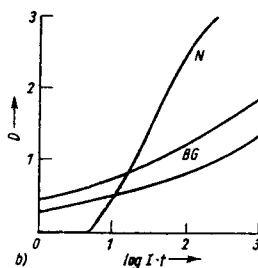
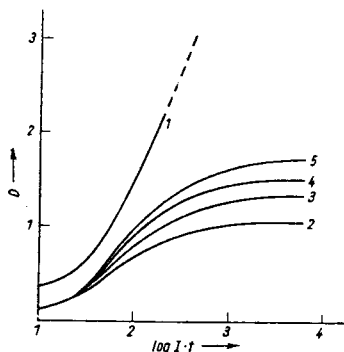
Variation der Eisenblau-Verstärkung durch verschiedene Säuren (ohne Fixage).

- Kurve 1: unbehandelter Graukeil;
- Kurve 2: Eisenblau-Verstärkung mit Schwefelsäure
- Kurve 3: Eisenblau-Verstärkung mit Oxalsäure;
- Kurve 4: Eisenblau-Verstärkung mit Salzsäure

Bild 42

In manchen Fällen muß versucht werden, einen zu großen Kontrastumfang eines Negativs durch entsprechende Nachbehandlung zu reduzieren. Viele Aufnahmen der Astronomie oder auch Bilder von leuchtenden "Unbekannten Flugobjekten" vor dunklem Hintergrund werden durch solche Verfahren erst kopierfähig und interpretierbar. Besonders vorteilhaft erweist sich das Holokopierverfahren, welches die Gradation eines zu hart belichteten Negatives stark herabsetzt und gleichzeitig die Detailwiedergabe verbessert. Vor allem aber wird durch einen Rehalignierungsprozeß das entwickelte Silber wieder abgebaut, so daß die verbleibenden Körner nur unwesentlich größer sind als die des unentwickelten Negativs. Damit wird auch der Hinter-

grund einer Aufnahme ruhiger und eventuelle Unschärfen infolge atmosphärischer Streuung oder ungünstiger Fokus-Einstellung können besser beurteilt werden. Durch die Holokopie gelingt es zum Beispiel, den unmittelbar neben Polaris befindlichen Begleiterstern sichtbar zu machen, welcher in normalen Aufnahmen völlig überstrahlt wird (Krug-Weide 1976, S. 61). Bild 43 zeigt eine Reihe von Gradationsvariationen der Holokopie.



Gradationsvariation bei der Holokopie.
Kurve 1: Ausgangsnegativ;
Kurve 2: gebleichtes Negativ;
Kurve 3 bis 5: nachbelichtete gebleichte Negative

Ausgleich mit Blaugelb-Verfahren (BG)

Bild 43

Bild 44

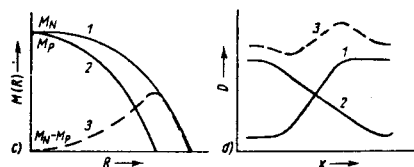
Eine einfache und wirtschaftliche Methode zur Einebnung des Kontrastumfanges ist das bekannte Blaugelbverfahren (Bild 44). Das Negativ wird hierzu mit einem Blautonbad getönt und anschließend mit einem gelben wasserlöslichen Farbstoff eingefärbt. Die gegensätzliche Wirkung der beiden Farbkomponenten führen zu einem Stufengewinn in "Schulter" und "Fuß", wobei gleichzeitig eine gewünschte Anhebung der hohen Ortsfrequenzen auftritt. Die Verbesserung der Kantenschärfe kann bis zu 33 % betragen. Der Kontrastausgleichsgrad N läßt sich nach Bedarf bis auf 85 % steuern. Er ist wie folgt definiert:

$$N = \frac{\gamma - \gamma'}{\gamma} \cdot 100 \%$$

γ normaler Kontrast, γ' gesteuerter Kontrast

Seit langem bekannt sind auch die sogenannten Maskenverfahren, welche allerdings wegen der erforderlichen Positionierungsgenauigkeit etwas problematisch in der Handhabung sind. Bei der sogenannten unscharfen Maske wird der Detailkontrast angehoben, während der Gesamtkontrast je nach Schwärzungsunterschied bis

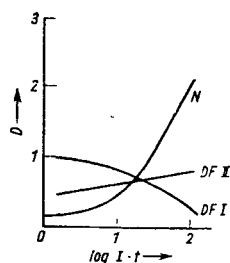
zu Null heruntergesteuert werden kann. In diesem Grenzfall bleibt nur ein differenziertes Bild übrig, welches die Konturen und die feinen Details wiedergibt.



Unschärfe Maske.

- a) MÜF mit unscharfer Maske
b) zu Teilbild a) gehörender Dichteverlauf;

Bild 45



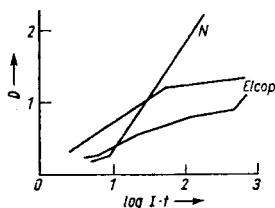
Charakteristische Kurven
Ausgleich mit DF-Verfahren

Bild 46

Wesentlich besser zu beherrschen sind die sogenannten Detail-Filterverfahren, welche nach einem photochemischen Maskenprinzip arbeiten. Neben der Verflachung der Gradation tritt eine zusätzliche Resonanzanhebung der hohen Ortsfrequenzen bei etwa 5 bis 12 Linien/mm auf. Die so behandelten Bilder wirken außerordentlich scharf und plastisch in den feinen Details. Das Entwicklungs-Detail-Filter-Verfahren erlaubt sogar eine Resonanzüberhöhung bei 30 bis 40 L/mm, was allerdings von vorneherein qualitativ sehr hochwertige, scharfe Aufnahmen verlangt. Niedrige Ortsfrequenzen, die größeren Flächen im Bild entsprechen, werden auch bei dem EDF-Verfahren kontrastgemindert.

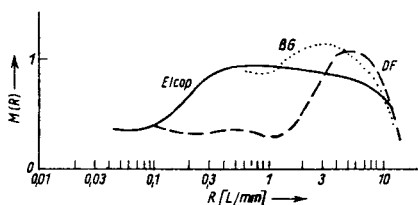
Da die chemischen Verfahren im allgemeinen etwas umständlich sind, macht man heute vielfach von automatisch arbeitenden elektronisch gesteuerten Kopiermaschinen mit weitgehend variablem Kontrastaussgleich Gebrauch. Als Beispiel sei hier das Gerät von Elcop erwähnt. Hier gelangen die durch das Negativ und das Kopiermaterial fallenden Lichtanteile auf einen Sekundärelektronikvervielfacher und werden zur Steuerung der Intensität des Elektronenstrahls benutzt, und zwar nach dem Prinzip der negativen Rückkopplung. Bei großer Transparenz wird die Belichtungsintensität geschwächt, bei kleiner dagegen verstärkt. Die Leuchtfleckgröße selbst beeinflusst direkt die Modulationsübertragungsfunktion. Details, die kleiner sind als der Leuchtfleck werden vom Regelvorgang nicht erfaßt, während die Leuchtfleckintensität den niederen Ortsfrequenzen folgen kann; wegen der negativen Rückkopplung erscheinen die niederen Frequenzen in der Kopie analog der unscharfen Maske geschwächt. Die Kontraststeuerung mit diesen

elektronischen Verfahren ist allerdings nur in Dichtebereichen unter etwa 1,5 möglich.



Ausgleich mit Elcop-Gerät
(Elcop)

Bild 47



Modulationsübertragungsfunktionen

Bild 48

Bild 47 zeigt die erreichbaren Gradationsabflachungen, während in Bild 48 die verschiedenen Bereiche der Anhebung hoher Ortsfrequenzen in Abhängigkeit der angewendeten Verfahren eingezeichnet sind. Welche der Methoden sich als jeweils zweckmäßig erweisen, hängt vom Bildmaterial und dem subjektiven Gefühl und der Erfahrung des Fotoexperten ab.

Eine echte Bildrestaurierung, welche alle Störeinflüsse bei der Aufnahme, Übertragung oder Wiedergabe kompensiert, würde eine genaue Kenntnis der Störparameter erfordern. In vielen Fällen ist die Übertragungsstrecke (Luftturbulenzen) durch statistische Schwankungen mit gaußscher Amplitudenverteilung beeinträchtigt. Dies ist zum Beispiel der Fall bei astronomischen Untersuchungen mit terrestrischen Teleskopen, bei Bildaufnahmen geologischer Objekte mit Satelliten oder bei Fotos von weit entfernten unbekannten Flugobjekten. Unter der Voraussetzung, daß die Störfunktion S räumlich (d.h. über die Bildebene) und zeitlich (d.h. während der Beobachtungs- und Belichtungszeit) invariant ist, resultiert eine isotrope Störung über die gesamte Bildfläche. Ihre Gleichung ist:

$$S(\xi, \eta) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp \left[-\frac{(\xi-x)^2 + (\eta-y)^2}{2\sigma^2} \right]$$

Das gestörte Bild läßt sich durch ein Faltungsintegral darstellen, welches im Ortsfrequenzbereich einer Multiplikation der entsprechenden Übertragungsfunktionen von Bild und Störgröße entspricht.

$$D(\xi, \eta) = \iint_{-\infty}^{+\infty} I(x, y) S(\xi-x, \eta-y) dx dy$$

Dabei ist I die Intensitätsverteilung des idealen Bildes oder Objektes in der x, y -Ebene. S stellt die Störfunktion dar. Es läßt sich mathematisch zeigen, daß Frequenzen k -ter Ordnung exponentiell mit k^2 gedämpft werden. Das störende Medium wirkt

also in bezug auf die Ortsfrequenzen des Bildes wie ein Tiefpaß. Für kleine Werte des Störparameters genügt es in erster Näherung, die zweite örtliche Ableitung dem gestörten Bild linear zu überlagern. Diese Methode wird auch in der Fernseh-technik zur Verbesserung der Auflösung verwendet. Praktische Versuche haben gezeigt, daß dieses photoelektronische Verfahren die Bildqualität bedeutend verbessert. Allerdings werden durch die Vergrößerung der Amplitude der zweiten Ableitung auch die im Signal enthaltenen hohen Rauschfrequenzen unerwünscht verstärkt. Die maximale Kontrastanhebung wird daher meist durch das Rauschen der elektronischen Verstärker eingeschränkt (Bloss 1971).

Wesentlich bessere Ergebnisse lassen sich durch eine rein optische Bildverarbeitung erzielen, wie sie seit einigen Jahren durch die Entwicklung der kohärenten Optik möglich geworden ist. Durch diese Verfahren können alle Bilder, welche im inkohärenten Licht normaler Objektszenen aufgenommen worden sind, wesentlich verbessert werden. Hierzu werden geeignete optische Filter ausgewählt, deren Übertragungsfunktion genau der inversen Fouriertransformierten der Impulsantwort des störenden Systems (Luftstreuung, Defokussierung usw.) entspricht. Ein solches Filter wird dann zusammen mit dem Original-Negativ bzw. Diapositiv in den Strahlengang eines laseroptischen System gehalten und die Bildverbesserung auf einem Projektionsschirm kontrolliert. Wenn das optimale Filter nach einigen Versuchen gefunden wurde, braucht das im kohärenten Licht rein optisch verarbeitete Bild nur noch erneut abfotografiert zu werden. Die früher übliche digitale Bildverarbeitung mittels der schnellen Fourier-Transformation war sehr zeit- und damit kostenintensiv. Ein schneller Elektronenrechner benötigt zur Verarbeitung einer Matrix von $250 \times 250 = 62500$ Bildpunkten eine Gesamtzeit von rund zwei Stunden. Die Auswahl eines passenden Filters für das kohärente optische "Processing" dauert hingegen wenige Sekunden (Stroke 1972, Lugt 1974).

f) Markierung von Schwärzungen

Für wissenschaftliche Zwecke ist es oftmals erforderlich, bestimmte Schwärzungswerte im Bild hervorzuheben, zu "markieren", oder für Meßzwecke zu gewinnen. Es lassen sich zwei prinzipielle Wege unterscheiden: Wahrung des Bildzusammenhangs unter Verwendung des freien Parameters Farbe oder Verzicht auf diesen Zusammenhang zugunsten einer bis zur völligen Informationsausschöpfung gesteigerten Genauigkeit. Durch Kombination (oder Montage) lassen sich die Vorteile beider Wege vereinen. Der erste Weg wird bei der Chromogenstaffelung beschritten. Hier ändert sich beim Übergang von einem Schwärzungsbereich zu einem anderen vor allem die Farbe. Innerhalb der Schwärzungsbereiche werden die Bilddetails durch Farbdichteänderungen wiedergegeben. Auf Farbdichteunterschiede innerhalb einer Farbe reagiert das Auge außerordentlich empfindlich. Für aneinandergrenzende Farben kommen insbesondere Kontrastfarben (z.B. Grün und Rot) in Frage. Wegen des Maximums der spektralen Empfindlichkeit des menschlichen Auges bei 550nm werden die grünen und gelben Farben am günstigsten für die

unter- bzw. schwachbelichteten Teile des Bildes verwendet. Das Verfahren läßt sich auch zur Markierung eines relativ schmalen Dichtebereiches einsetzen, ohne daß der gesamte Bildzusammenhang verlorengeht. Als besonders günstig hat sich hierbei eine farbige Primärentwicklung, kombiniert mit einer andersfarbigen Umkehrentwicklung, erwiesen. Positiv und Negativ werden also in einer Schicht verarbeitet (Krug/Weide 1976).

Verzichtet man auf die gleichzeitige Wiedergabe des gesamten Intensitätsbereich eines Bildes, dann lassen sich einzelne Graustufen getrennt verarbeiten. Die Kurven mit $D =$ konstant entsprechen den Höhenlinien auf der Landkarte. Durch Vorgabe verschiedener Werte $D = \text{konst.}$, erhält man eine Kurvenschar, die den Schwärzungsverlauf gleichsam "gerüstmäßig" beschreibt; je feiner die Werte gestuft werden, desto vollständiger wird die Beschreibung. Die Kurven $D = f(x,y) = \text{konst.}$ aus einem Photogramm wurden von Krug und Lau (1952) als "Äquidensiten" definiert. Seit einigen Jahren gibt es einen speziellen Film, den Agfacontour, welcher Äquidensiten zu erzeugen vermag. In diesem Film sind Silberchlorid und etwas -bromid zu einer Emulsion vermischt worden, die in einem Spezialentwickler entwickelt werden muß. Dieser Entwickler ist so abgestimmt, daß physikalische und chemische Entwicklung parallel verlaufen, d.h. eine zu kurze Belichtungszeit führt ebenso wie eine zu lange zu einer vollständigen Schwärzung. Durch eine geschickte Dosierung erreichte man, daß gleichzeitig eine positive und eine negative Gradationskurve mit einer dazwischenliegenden Einsattelung entstehen. Beide Äste des Agfacontour haben ein hohes Gamma. Während der negative Ast "nur" ein Gamma von etwa 7 hat, schafft der positive Ast mehr als 13. Ein bei der Belichtung mitkopierter geeichter Graukeil gibt die Lage der Einsattelung an, so daß schnell und gezielt bestimmte Dichtestufen ausgefiltert werden können. Die Breite der Einsattelung ist von der spektralen Zusammensetzung des Kopierlichtes abhängig, deshalb kann die Äquidensitenbreite einfach durch Zwischenschalten von Farbfiltern variiert werden. Gelb bedeutet enger werdende Äquidensiten, purpur eine Verbreiterung. Die minimal erreichbare Äquidensitenbreite liegt bei $\Delta D = 0,1$. Die erforderliche Belichtungszeit in Abhängigkeit von der Schwärzung errechnet sich einfach aus:

$$t_2 = t_1 \cdot 10^{(D_2 - D_1)}$$

t_1 = Belichtungszeit für die Dichte D_1

t_2 = Belichtungszeit für die Dichte D_2

Kopiert man eine Äquidensite I. Ordnung erneut auf Agfacontour Professional Material, erhält man mit wenigen Ausnahmen Linien, die sich wie weiße, d.h. im Film transparente Linien an den Grenzflächen zwischen hellen und dunklen Partien in der Vorlage entlangziehen. Mit den Äquidensiten II. Ordnung können aus einer Vorlage Dichteunterschiede bis zu $\Delta D = 0,02$ als Äquidensiten wiedergegeben werden.

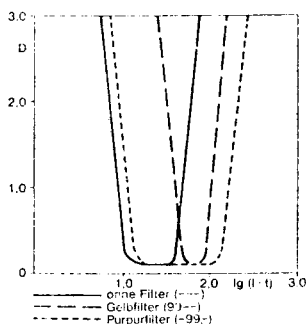


Bild 49

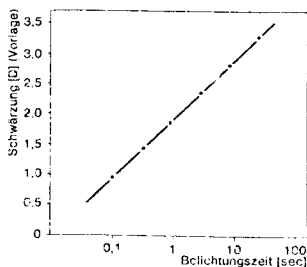


Bild 50

Eine zusätzliche Aussagesteigerung erzielt man, wenn einzelne Äquidensiten für verschiedene Dichtewerte auf Reprofilm umkopiert und farbig (chromogen) entwickelt werden. Bei paßgerechter Montierung ergibt sich ein außerordentlich aussagekräftiges Bild (Koner mann 1971, Schöttle 1975). Die über 30 Anwendungsgebiete reichen von der Archäologie, Röntgentherapie, Mikroskopie bis zur Kriminalistik. Besonders wertvolle Ergebnisse liefert das Agfacontour-Verfahren in der Astrophysik bei der Ausmessung von Sternennebeln (N.N 1971). Viele illustrative Beispiele finden sich bei Sauer (1973, 1974). Eine weitere Methode, "Äquidensiten" zu erzielen, die über ein Zwischengerät EDV-mäßig (digital) ausgewertet werden können, besteht darin, zwischen Vorlage und Film ein Raster zu legen. Durch Modulation dieser Folie mit der Vorlage entsteht auf dem Agfacontour ein Muster, das von der jeweiligen Dichte und der Belichtungszeit abhängt und aus Punkten, Kreisen und Rauten gebildet wird (Ruge 1972).

Die amerikanische UFO-Forschungsgruppe Ground Saucer Watch (GSW) hat bereits Dutzende von UFO-Fotos auf ihre Dichteverteilung untersucht. Sie bedient sich hierzu dreier elektronischer Verfahren, welche die Detailwiedergabe verstärken (Edge Enhancement), eine Chromogenstaffelung von Grauwerten erlauben (Color Contouring) und eine Digitalisierung von Bildpunkten (Computer Image-Digitizing) ermöglichen. (Spaulding 1976).

Feine Grautonunterschiede reflektierender Oberflächen werden durch die Äquidensitenverfahren außerordentlich verstärkt und damit leicht interpretierbar. Da die diffuse Reflexion vom Einfallswinkel unabhängig, die spiegelnde Reflexion dagegen vom Einfallswinkel abhängig ist, ändert sich die Oberflächenreflexion um so stärker mit dem Einfallswinkel, je größer der Glanz (polierte Metallflächen) des Mediums ist. Außerdem läßt sich aufgrund der Leuchtdichte über einem Objekt feststellen,

ob es in Richtung zum Beobachter eine Tiefenausdehnung hat oder nur eine ebene Fläche aufweist. Die Bilder 51 und 52 geben zwei derartige Beispiele wieder.

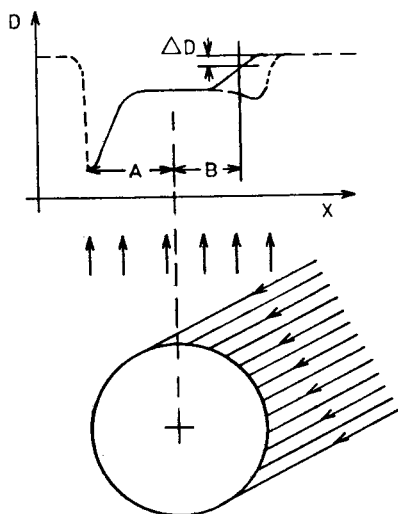


Bild 51

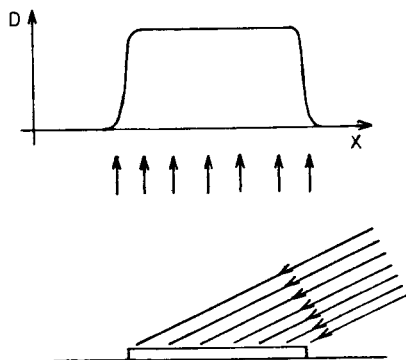


Bild 52

Bild 51 stellt die Schwärzungsverteilung eines Horizontalschnittes durch einen runden Körper (Kugel oder Zylinder) dar. Hierbei ist angenommen, daß das Objekt einerseits vom umgebenden Himmelslicht gleichmäßig aufgehellt und zweitens seitlich von direktem, auch teilweise geschwächtem Sonnenlicht angestrahlt wird. Bei einer solchen Belichtung werden die Dichteunterschiede auf der unbestrahlten Seite größer sein als auf der vom Sonnenlicht aufgehellten Seite. Tritt außerdem infolge spiegelnder Reflexion bei einem bestimmten Ausfallswinkel der Objektoberfläche eine zusätzliche Leuchtdichtezunahme auf, dann wird dies zu einer unsymmetrischen Abbildung führen. In Bild 51 erscheint die rechte Objektkante um den Faktor B/A verkürzt, weil sie infolge Reflexion soweit aufgehellt wurde, daß sie bereits am Punkt B, wo der minimal erkennbare Dichteunterschied ΔD , liegt, mit dem Himmelslicht verschmilzt. Beispiele zu diesem Effekt wurden von H. Malthaner untersucht (Schneider/Malthaner 1976, S. 104-107). Eine ebene diffus oder auch spiegelnd reflektierende Fläche wird eine wesentlich gleichförmigere Dichteverteilung aufweisen, wie aus Bild 52 zu ersehen ist.

Neben der Profilvermessung mittels densitometrischer Verfahren erlauben diese Methoden auch eine Beurteilung des Kantenausbaus, wie es infolge der Luftstreuung nach Rayleigh für Teilchen mit Radien kleiner als $1/20\lambda$ oder nach der Mie'schen

Theorie für größere Aerosole auftritt. Die Bilder 53 und 54 illustrieren diesen Sachverhalt bei den McMinville-Fotos (Maccabee 1976). Die etwa 7 m entfernten Telefondrähte zeigen auch in der Äquidensiten-Abbildung eine völlig einheitliche Kantenschärfe, während das in etwa 1,4 km Distanz befindliche UFO bereits eine erhebliche Kantenunruhe aufweist. Da dieses Kantenrauschen auch von der Modulationsübertragungsfunktion des Objektivs und der Empfindlichkeit des verwendeten Filmtyps abhängt, kann eine Entfernungsabschätzung nur über Vergleichsmessungen durchgeführt werden.

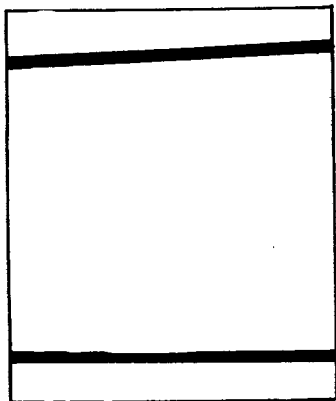


Bild 53

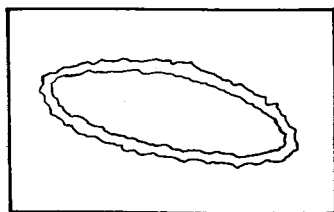


Bild 54

Bild 53 zeigt die Telefondrähte, welche in der Original-Aufnahme Nr. I von Paul Trent genau über dem UFO zu sehen sind. Der Abstand des untersten Drahtes zur Mitte des UFOs beträgt 8 Winkelgrad. Der Vergrößerungsfaktor der hier wiedergegebenen Ausschnitte liegt bei etwa 24.

Obwohl der in diesem Beispiel angeführte Unterschied des Kantenrauschens an und für sich ausreicht, um eine beachtliche Entfernungsdifferenz zwischen dem unbekannten Flugkörper und den darunter befindlichen Telefonleitungen zu begründen, kann mittels mikroskopischer Untersuchung des Originalfilmes oder der entsprechenden Äquidensiten zusätzlich das Vorhandensein irgendwelcher Aufhängungsdrähte überprüft werden. Im Fall der Trent-Totos wurde dies mittels eines Elektronenmikroskopes durchgeführt, ohne irgendwelche verdächtigen Spuren zu entdecken. In ähnlicher Weise hatte das Fotolabor von A-Kopia in Göteborg die Negative des Lars Thörn kontrolliert und trotz Einsatz von Laserstrahlen und 120-fachen Vergrößerungen auf härtestem Kopierpapier nichts Verdächtiges gefunden (Schneider/Malthaner 1976, S. 81).

Aufgrund der endlichen Auflösungsgrenze von Objektiven und

Filmemulsionen erscheint es dennoch denkbar, daß dünne Aufhängungsdrähte in entsprechender Entfernung - vor allem wenn sie in ihrem Farbton dem Hintergrund, z.B. dem Himmelsblau, angeglichen sind - im Bild verschwinden. Die Kontrastverminderung von schmalen Strichen läßt sich bei bekannter MTF der Schicht bzw. der Kantenreaktion aus der Subtraktion der um die Strichbreite verschobenen Sprungantworten ermitteln. Für das Maximum der Antwort eines Striches der Breite b gilt daher:

$$I_{\max}/I_0 = 1 - (1 - \rho) \cdot 10^{-b/k}$$

Der Wert k entspricht der Ausbreitungskonstanten des Streulichtes in der Schichtebene. Im folgenden wird $k = 20$ und $\rho = 0,28$ gesetzt, was für einen Film zwischen 13 und 17 DIN gilt. Bild 55 zeigt die Kontrastreduktion in Abhängigkeit von der Strichbreite. Im gleichen Bild ist die entsprechende Übertragungsfunktion für ein Linienraster mit $\omega k = k/2b$ eingetragen. Hierfür gilt die Gleichung:

$$M(\omega k) = \rho + (1 - \rho) \cdot \frac{0,54}{0,54 + \omega^2 k^2}$$

Bild 56 gibt einige Kurven für die objektive Grenzauflösung von Sinusrastern wieder. Die Schwankung der Schichtstreuung $\mathcal{G}$ ist hier dem gerade noch erkennbaren Schwärzungsunterschied ΔS gleichgesetzt (Frieser 1975, S. 392).

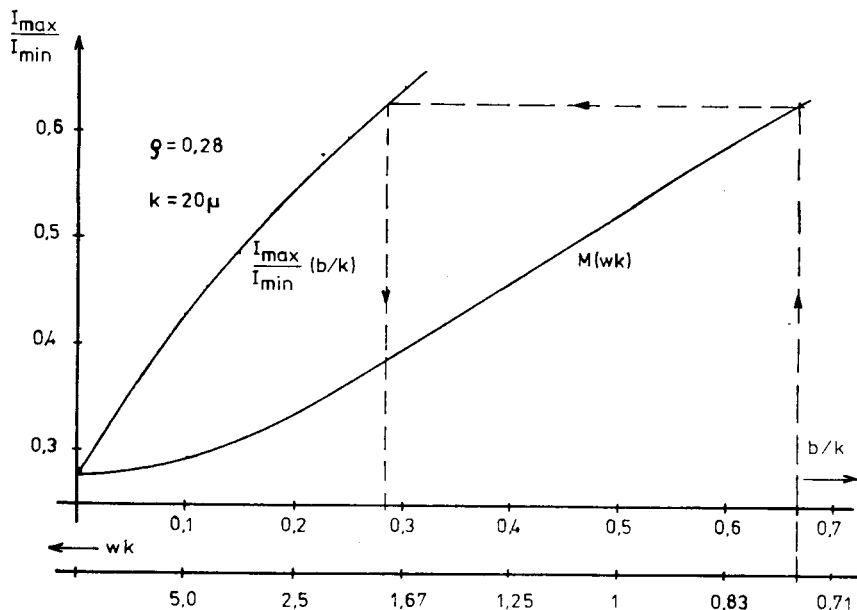


Bild 55

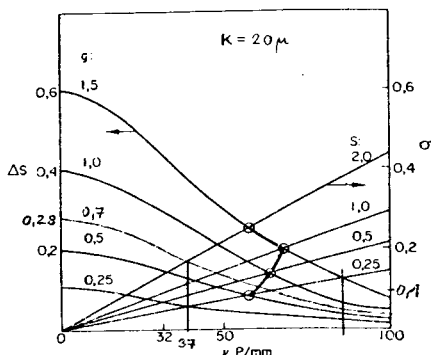


Bild 56

Die folgende Tabelle gibt einige Beispiele für Grenzauflösungen:

Schwärzung im Negativ	Gamma	Max. Auflös.	Einzel- strich	Min.Schw.- Differenz
S	γ	ω	b	ΔS
2	0,7	37 L/mm	6 μ	0,18
0,25	1,5	86 L/mm	1 μ	0,13

Die maximale Auflösung bei einer minimal erkennbaren Schwärzungsdifferenz ist aus Bild 56 für ein gegebenes Gamma und eine bestimmte Grundschwärzung zu entnehmen. Die entsprechende Einzelstrichbreite, welche unter diesen Voraussetzungen noch auflösbar ist, kann aus Bild 55 abgelesen werden. Hierzu wird von dem Wert ωk auf die Kurve M (ωk) hoch gelotet, waagrecht zur Kurve $I_{\max}/I$ weiter verbunden und vom Schnittpunkt wieder herunter gelotet, wo der entsprechende b/k -Wert auf der Horizontalachse abzulesen ist.

Nimmt man im Beispiel den Wert von $b = 1 \mu$ als Auflösungsgrenze an, etwa für ein Diapositiv mit $\gamma = 1,5$, dann kann ein Faden von 0,06 mm Dicke in 3 m Abstand auf dem Bild noch entdeckt werden (Objektiv $f = 50$ mm). In Wirklichkeit liegen die Werte etwas ungünstiger, weil die Verluste infolge der Übertragungsfunktion des Objektives noch zu berücksichtigen sind. Andererseits lassen sich die so bestimmten Grenzwerte durch entsprechende Ortsfrequenzfilterung oder Äquidensiten-Auswertung noch etwas verbessern.

Bei allen Verfahren, welche eine extreme Verstärkung von Dichtestufen oder eine selektive Verstärkung der hohen Ortsfrequenzen gestatten, wird die Kornstruktur der Filmemulsion

sichtbar und damit einer vergleichenden Untersuchung zugänglich. Der mittlere Korndurchmesser errechnet sich wie folgt:

$$d = 0,05 \cdot K - 0,3 \quad (\text{Frieser 1975, S. 323})$$

Die Körnungszahl K läßt sich meßtechnisch aus dem Callierquotienten Q ermitteln. Dieser ist als Quotient der Schwärzung, gemessen nur mit gerichtetem Licht $S_{\parallel}$, zu der Schwärzung, die beim Messen des gesamten durchgelassenen Lichtes $S_{\#}$ entsteht, definiert. Im allgemeinen hängt Q noch von der Dichte der gemessenen Stelle ab. Die K-Zahlen werden daher im allgemeinen bei einer Dichte $D = 0,5$ bestimmt. Es gilt die Beziehung:

$$K = 100 \lg Q = 100 \lg (S_{\parallel} / S_{\#})$$

Übliche Werte von K-Zahlen und mittlerem Korndurchmesser sind in folgender Tabelle zusammengestellt (Teicher 1974, S. 164):

Film	DIN	K-Zahl	Mittl.Korn-Durchmesser
Geringempfindlich	10...15	12...16	0,3...0,5 μ
Mittlempfindlich	17...23	20...26	0,7...1,0 μ
Hochempfindlich	25...30	36...46	1,5...2,0 μ

Häufig wird auch der sogenannte Körnungswert G angegeben, welcher der Schwärzungsschwankung σ , multipliziert mit der Wurzel aus der Meßfläche F, entspricht. Nach Frieser 1975, S. 338, errechnet sich bei feinkörnigen Filmen oder bei grobkörnigen Filmen und niedrigen Schwärzungswerten G wie folgt:

$$G = \sqrt{S} (0,055 \cdot K - 0,3)$$

Der Körnungswert ist somit bei kleinen Schwärzungen geringer als bei großen Dichtewerten. Außerdem hängt die Körnung einer entwickelten Schicht in starkem Maße von der Entwicklung ab, sowohl von der Zusammensetzung des Entwicklers als auch von der Entwicklungszeit. Bild 57 zeigt diesen Zusammenhang für verschiedene Entwickler und Entwicklungszeiten (Frieser 1975, S. 341).

Die weiter oben bereits angedeutete Kornreduzierung durch eine geeignete Rehalogenierung ist in Bild 58 dargestellt. Man sieht, daß die Körner nach der Silberrückwandlung nur unwesentlich größer sind als die des unentwickelten Negativs, während die Silberkörner des entwickelten Films deutlich an Größe zugenommen haben (Krug, Weide 1976, S. 59).

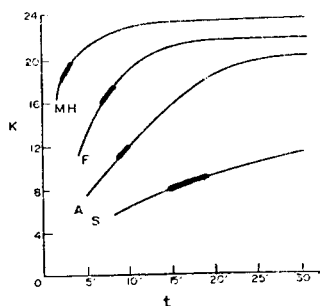


Bild 57

($S = 0,5$) in Abhängigkeit von der Entwicklungszeit für verschiedene Entwickler. In der unteren Kurvenschar sind die Stellen markiert, an denen $\gamma = 0,65 - 0,75$ ist.

MH Metol-Hydrochinon

A Atomal (alt)

F Final

S Sease (p-Phenylendiamin-Glycin)

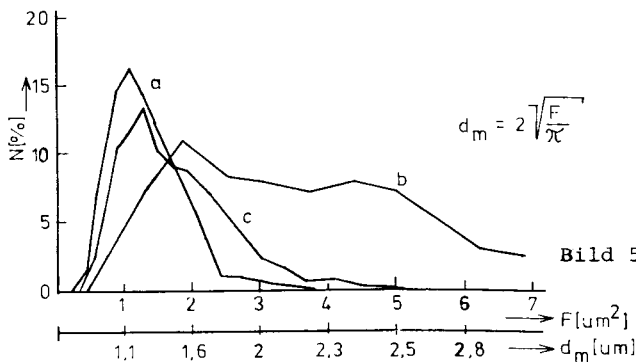


Bild 58

Korngrößenverteilung (Kornzahl N in % über der Fläche F in μm^2).

Kurve a: unentwickelte Schicht

Kurve b: entwickelte Schicht

Kurve c: rehalogenierte Schicht

Für praktische Auswertungen erscheint es häufig vorteilhaft, die Grenzvergrößerung zu kennen, bei der die Kornstruktur eines bestimmten Filmmaterials sichtbar wird. Mit guter Näherung gilt bei einem Betrachtungsabstand von 250 mm nach Frieser 1975, S. 371:

$$V_G = 1 / \left[(0,0125K - 0,055) \sqrt{S} \right]$$

Mit Hilfe dieser Formel wurden die entsprechenden Werte für einige K-Zahlen und verschiedene S-Werte bestimmt. Sie sind aus folgender Tabelle zu entnehmen:

Film	DIN	K	$V_G (S=0,5)$	$V_G (S=1)$	$V_G (S=2)$
Geringempfindlich	15	16	9,8	6,9	4,9
Mitteempfindlich	21	24	5,8	4,1	2,9
Hochempfindlich	27	40	3,2	2,2	1,6

Eine exakte Beurteilung der Kornstruktur und der feinen Details in einem UFO-Foto wird erst durch eine fotografische Auswertung möglich. Als sehr geeignet für diese Zwecke hat sich das Zeiss Ultraphot III erwiesen, welches über einen "beam-splitter" auch eine fotografische Aufnahme erlaubt. Ausführliche Unterlagen sind beim Hersteller zu erfahren. Über praktische Erfahrungen bei der Auswertung einer 15-teiligen UFO-Fotoserie berichtet R.B.Klinn in den Proceedings of the 1976 CUFOS Conference. Die New Yorker Zentrale von ICUFON unter Leitung von Colman VonKeviczky hat ebenfalls schon zahlreiche UFO-Fotos mittels mikroskopischer Verfahren überprüft. Im Anhang ist eine 45-fache Vergrößerung der Aufnahme der dreiteiligen Serie von Robert Schwier wiedergegeben (s.a. Schneider/Malthaner S. 200-202). In der Kopie von 18x24 läßt sich der mittlere Korndurchmesser des Hintergrundes auf etwa 1/3 mm abschätzen. Für solche Messungen erweisen sich Meßlupen mit 6- bis 10-facher Vergrößerung als sehr geeignet. Eine preisgünstige Ausführung vertreibt die Firma Chr.Beck & Söhne KG, 3500 Kassel. Die Meßlupe 10x weist ein Gesichtsfeld von 15 mm auf und hat eine Großfeldskala von 10 mm mit 1/10 mm Teilung. Der Preis beträgt 15,40 (1976). (Anmerkung 1)

Sehr zu empfehlen sind die Meßlupen der Firma Flubacher & Co, CH-8810 Horgen. Sie vergrößern 8-fach und haben einen Präzisionsmaßstab aus Glas. Die Meßgenauigkeit beträgt 0,05 mm, der Meßbereich ist 15 mm. Der Typ B enthält zusätzlich eine Winkelskala von 0-90°, Radien von 0,5 bis 6,0 mm steigend um 0,5 mm und Kreise von 0,1 bis 1,0 mm. Diese Ausführung kostet 78.- Franken, die einfache Ausführung mit Maßstab allein 74.- Franken.

Bild 59 zeigt die mit einem Gerät von Diehl (1961) gemessenen mikrophotometrischen Reemissionskurven einer Luftbildaufnahme von Gersten- und Kartoffelfeldern (Schneider, 1974)

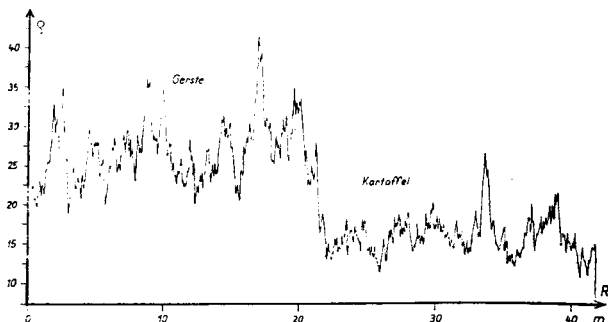


Bild 59

Mikrophotometrische Reemissionskurven

Meßdaten: Lichtstromquerschnitt des messenden Lichtfleckes $2 \times 5 \mu^2$, Vergrößerung: $33 \frac{1}{2}$ (1mm im Luftbild entspricht 10m in der Wirklichkeit, bei $33 \frac{1}{2}$ facher Vergrößerung entsprechen diesen 10 m dann 3,35 cm in der Reemissionskurve). Nach Ruppert u. Lehmann, 1961

Eine rechnerische Erfassung und Klassifizierung der Strukturen läßt sich mit Hilfe des in der Statistik verwendeten Trennverfahrens (Diskriminanzanalyse) erreichen. Hierbei werden das arithmetische Mittel der Grautonvariationen (H), die mittlere quadratische Abweichung vom arithmetischen Mittel des Grautons (ΔH) und die mittlere Ortsfrequenz der Grautonvariationen (F), die größer sind als 0,15 Grautoneinheiten sind, in geeigneter Weise kombiniert. Das Zeiss-Scanning-Mikroskop-Photometer 05, welches mit einem Computer gekoppelt werden kann, erlaubt die Bewertung feinsten Details. Von einer etwa 1 mm^2 großen Fläche werden in weniger als einer Minute 2300 Einzelmessungen vorgenommen. Ein Bildanalyse-Gerät von großer Vielseitigkeit ist der von der amerikanischen Firma Interpretation Systems Inc. konstruierte VP-8 Image Analyser, der aus einem Steuergerät, einer Vidicon-Eingabekamera und einem Ausgabe-Monitor besteht. Außer dem normalen Fernsehschirm für farbige oder einfarbige Darstellung kann auch ein X-Y-Monitor zur Wiedergabe von Scanline-Profilen (z.B. densitometrischen Kurven), dreidimensionalen Modellen und mehrfachen Vergrößerungen eingesetzt werden.

Die Digitalisierung der einzelnen Bildelemente durch hochfrequente elektronische Abtastung gestattet eine automatisierte Bildauswertung mittels schneller Rechnersysteme. Die amerikanische UFO-Forschungsgruppe Ground Saucer Watch (GSW) benutzt für ihre Analysen einen Video Digitizer 270, welcher ein Abtastraster von $512 \times 480 = 245\,760$ Punkten aufweist und insgesamt 256 Graustufen (d.h. eine Kontrastauflösung

von 2,4 Zehnerpotenzen) überstreicht. Mit diesem Gerät wurden auch die Trent-Fotos analysiert und die exakte Form des unbekannten Flugobjektes, seine Helligkeit, und die ungefähren Abmessungen bestimmt. Sehr aufschlußreich erwies sich die Korrelation der Oberfläche des UFOs mit den eingespeicherten Daten von Vergleichsoberflächen verschiedener Metalle einschließlich deren Reflexionseigenschaften. Eine solche Korrelationsanalyse läßt sich auch besonders leicht mit den Methoden der kohärenten Optik durchführen, wie dies heute mit Erfolg in der Wettersatelliten-Fotografie durchgeführt wird (Vander Lugt 1974).

Für andere Spezialaufgaben wie Röntgendiagnostik, Thermografie, Archäologie u.a. haben sich vor allem elektronische Bildverarbeitungssysteme mit Mikroprozessorsteuerung bewährt. Führend auf diesem Gebiet sind die Firmen Ramtek Corporation, 585 N.Mary Ave., Sunnyvale, CA 94086, sowie Tektronix von Rohde & Schwarz, Sedanstr. 13-17, 5000 Köln 1.

Da nur wenige UFO-Forscher Zugang zu solchen Großanlagen haben werden, soll hier noch kurz auf eine relativ einfache elektronische Schaltung zur Erzeugung von Äquidensiten auf dem Farbschirm eines Fernsehers hingewiesen werden. Hierzu wird eine Schwarz-Weiss-Fernsehkamera mit Dia-Vorsatz benötigt, z.B. die Marke Astro TV Testator Testbildprojektor 68 292.

Aus dem Helligkeitssignal der Kamera wird auf analoge Weise mittels eines elektronisch steuerbaren Phasenmodulators eine Farbinformation abgeleitet. Die genaue Lage der transformierten Grauwerte im Farbdreieck kann frei gewählt werden. Diese zusätzliche Farbinformation wird zusammen mit dem Helligkeitssignal zu einem normgerechten FBAS-Signal aufbereitet. Damit kann jeder Farbmonitor angesteuert werden. Nach entsprechender Modulation (VHF) läßt sich das Signal auch über die Antennenbuchse normaler Farbfernsehgeräte einspeisen. Eine komplette Schaltung für einen elektronischen Umsetzer von Grauwerten in Farbtöne wurde am Institut für Physikalische Elektronik der Universität Stuttgart entwickelt (Bauer 1975).

Hier soll kurz das Prinzip der Phasendrehung in Abhängigkeit vom BAS-Signalpegel sowie der Fensterdiskriminator zur Auswahl der gewünschten Graustufen erläutert werden.

Bild 60a zeigt die Brückenschaltung des Phasenschiebers mit dem zugehörigen Zeigerdiagramm Bild 60 b. Als Träger, der in der Phase gedreht werden soll, wird eine Quarzfrequenz von 13,56 MHz verwendet. Diese hohe Frequenz ist erforderlich, damit die Phasenbrücke im gesamten Video-Frequenzbereich von 5 MHz einwandfrei arbeitet. Als variabler Widerstand in der Brücke wird ein Feldeffekttransistor eingesetzt, dessen Widerstand R_{DS} sich in Abhängigkeit von der BAS-Steuerspannung sehr schnell verändert. Eine einzige Stufe erlaubt eine einwandfreie Drehung von etwa 72 Grad, weshalb fünf solcher Stufen hintereinander geschaltet werden müssen, um alle im Farbfernsehen darstellbaren Farben (360°-Phasendrehung) zu erzeugen. Mit einem zweiten derartigen Phasenmodulator, der

von einer einstellbaren Gleichspannung angesteuert wird, können der Anfangs- und Endpunkt im Farbkreis ebenfalls um 360° gedreht werden. Dies erlaubt eine Zuordnung jeder gewünschten Farbe zu einer ausgesuchten Graustufe. Für bestimmte interessante Bildbereiche wird daher eine Gelb-Grün-Colo-rierung gewählt, wo die maximale Farbempfindlichkeit des Auges liegt. Die Wirkung des Fensterdiskriminators ist in Bild 61 dargestellt. Innerhalb des Schwar-Weiß-Bereiches kann jede Grauzone, deren Breite ebenfalls einstellbar ist, auf die volle Signalamplitude verstärkt werden. Dies entspricht einer steilen Gradationsverstärkung, wie sie bei Äquidensitenbildern zu beobachten ist. Ein nach dem beschriebenen Prinzip aufgebauter und weiterentwickelter Farbumsetzter wird von der Firma Habelt Electronic in 8861 Baldingen unter der Bezeichnung HE 0376/00 vertrieben.

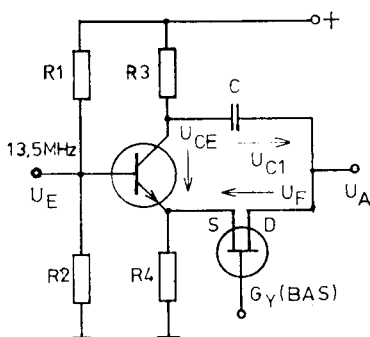


Bild 60a

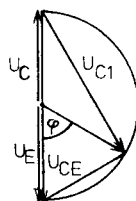


Bild 60b

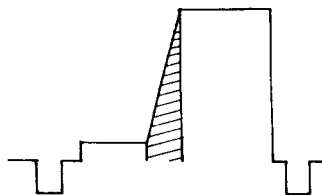
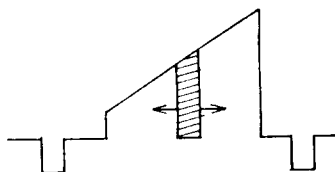


Bild 61

12. Anhang: Beispiele für Fotoauswertungen

12.1 "UFOs" über dem Jochenstein-Kraftwerk (Bild 62)

Der Drogist Alois Fuchs (55) aus Wels in Oberösterreich hatte am 3. Juni 1974 während einer Urlaubsfahrt gegen 17.30 Uhr das Kraftwerk Jochenstein in der Nähe von Passau fotografiert. Unmittelbar vor dem Auslösen will er ein leises Rauschen gehört und im Sucher seiner Kamera drei eiförmige Scheiben gesehen haben, welche sich donauaufwärts entfernten (1). Eine fast gleichartige Beobachtung hatte der junge Deutsche Martin P. gemeldet, der im Kraftwerk beschäftigt ist. Dieser zweite Zeuge, welcher sich damals auf dem westlichen Trenndamm befand, sah zunächst ein ovales Objekt, welches in steilem Flug herunterkam, sich in zwei Teile auflöste und dann in spitzem Winkel donauaufwärts flog (2,3).

Technische Daten zur Aufnahme

Kamera: Exakta Varex IIb
Objektiv: Zeiss Tessar, 2,8/50 + Gelbfilter
Blende: ~ 8
Belichtung: ~ 1/100 sec
Film: Ilford 18 PANF

Technische Daten zur Entwicklung

Tageslichtentwicklungsdose
Entwicklungsdatum: Dezember 1974
Entwicklungszeit: 8 Minuten
Temperatur: 20° C
Entwickler: Neofin-Blau

Densitometrische Ausmessung (Bild 63):

Unter Berücksichtigung der Objektivvignettierung und der bekannten Entfernungen verschiedener Referenzpunkte im Bild errechnet sich ein atmosphärischer Streulichtfaktor von $\beta = 0,17$. Die Minimaldistanz des rechten UFOs, welches direkt über der Bergkuppe zu stehen scheint, ist 2,5 km. Für eine einheitliche Objektgröße von 45m, welche sich über die Objektivbrennweite ergibt, sind die wahren Albedowerte der Objekte wie folgt verteilt:

Distanz:	5,1 km	4,0 km	2,5 km
Albedo:	< 0	0,19	0,24

Die Aufhellung des linken Objektes erscheint bei der angegebenen Entfernung zu gering. Nimmt man einen einheitlichen Albedowert von 0,05 an, dann errechnen sich folgende Größen und Entfernungswerte:

Distanz:	4,0 km	4,9 km	4,5 km
Größe:	33 m	43 m	81 m

Diese merkwürdige Größenverteilung läßt an der physikalischen Realität der Objekte zweifeln. Um die Kornverteilung und Detailstruktur besser erkennen zu können, wurden vom Kontaktdia-

positiv der Originalaufnahme Äquidensiten erstellt. Auf der Negativ-Äquidensite in Bild II ist ein heller parabelförmiger Halo (Lichthof) zu erkennen, welcher von einem potentiallinienartigen Muster mit zusätzlichen radialen Strahlen durchschnitten wird. Nach Ansicht des Instituts für wissenschaftliche Fotografie der Technischen Universität München sowie der Fa. Ilford dürfte es sich bei den Objekten um Verarbeitungsfehler im Negativprozeß handeln. Beispielsweise könnte die Spirale von der vorhergehenden Entwicklung noch mit eingetrockneten Fixierbadresten behaftet gewesen sein. Ein kleiner Spritzer auf dem Film würde ausreichen, um solche "UFOs" entstehen zu lassen. Eine andere Möglichkeit wäre eventuell eine Verunreinigung durch eingetrocknete Unterbrechersubstanz. Bei Überprüfung des gesamten Negativfilmstreifens von Alois Fuchs konnten diese "Verunreinigungen" allerdings nur auf dem Jochenstein-Negativ festgestellt werden. A.Fuchs ist Drogist und entwickelt seit 30 Jahren seine Filme selbst.

Quellen:

- (1) Welser Zeitung Nr. 3 16. Jänner 1975
- (2) Welser Zeitung Nr. 5 30. Jänner 1975
- (3) ESOTERA Nr. 7/1975

"UFOs" über Ost-Tirol (Bilder 64 und 65)

Der Wiener Josef Tichy hatte am 6. Juli 1975 eine Bergtour zum Karnischen Kamm in einer Höhe von ca. 2300 m unternommen. Der Himmel war bedeckt und es herrschte zeitweise Regen.

Etwa um 14 Uhr, rund 20 m unterhalb der Porzescharte an der österreichisch-italienischen Grenze, hatte er eine erste Aufnahme gemacht (Bild IV). Die Blickrichtung war 50 Grad Nord-osten. Nach etwa 20 Minuten knipste Herr Tichy sein zweites Foto, dieses Mal rund 100 m tiefer und mit Blickrichtung 150° SSO zur Porze (2588 m) (Bild V).

Technische Daten zur Aufnahme

Kamera: Olympus Pen 18x24 mit Gelbfilter
Objektiv: D. Zuiko 1:2, 8/30
Film: Ilford PANF

Technische Daten zur Entwicklung

Entwicklungsdose: Paterson Tank System 4
Entwicklungszeit: 10 Minuten
Temperatur: 20° C
Entwickler: Neofin Blau von Tetenal
Fixierung: Expressfixierbad Fa. Daniel

Die Überprüfung der übrigen Negative ergab, daß dort ebenfalls Flecken mit haloartigen Strukturen wie auf den Bildern IV und V zu erkennen waren. Ein Film, welcher im Juni 1975 mit einer Praktika-Kleinbildkamera (Meyer Lydith 3,5/30) vollgeknipst wurde, zeigte nach der Entwicklung dieselben ovalförmigen Gebilde in unterschiedlicher Größe. Zu keiner Zeit hatte Herr Tichy irgendwelche ungewöhnlichen Flugkörper am Himmel bemerkt. Aufgrund der Ähnlichkeit dieser Flecken mit den Objekten auf dem Film von A. Fuchs dürften auch die "UFOs" vom Jochenstein auf Entwicklungsfehler zurückzuführen sein. Herr Tichy, der seit 15 Jahren seine Schwarz-Weiß-Aufnahmen selbst entwickelt, hat allerdings zu früherer Zeit keine ähnlichen Erscheinungen entdeckt.

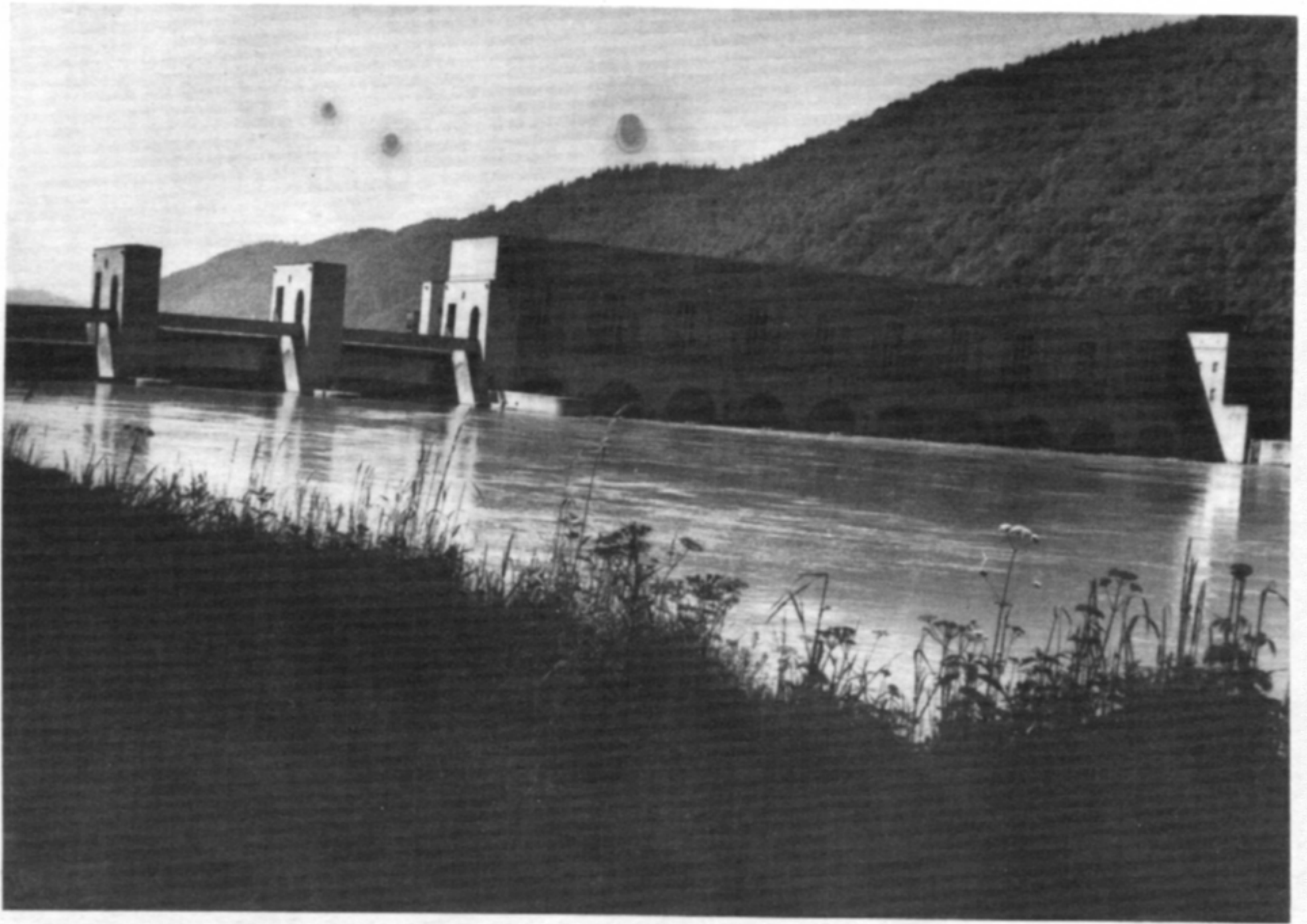


Bild 62: "UFOs" über dem Jochenstein-Kraftwerk?

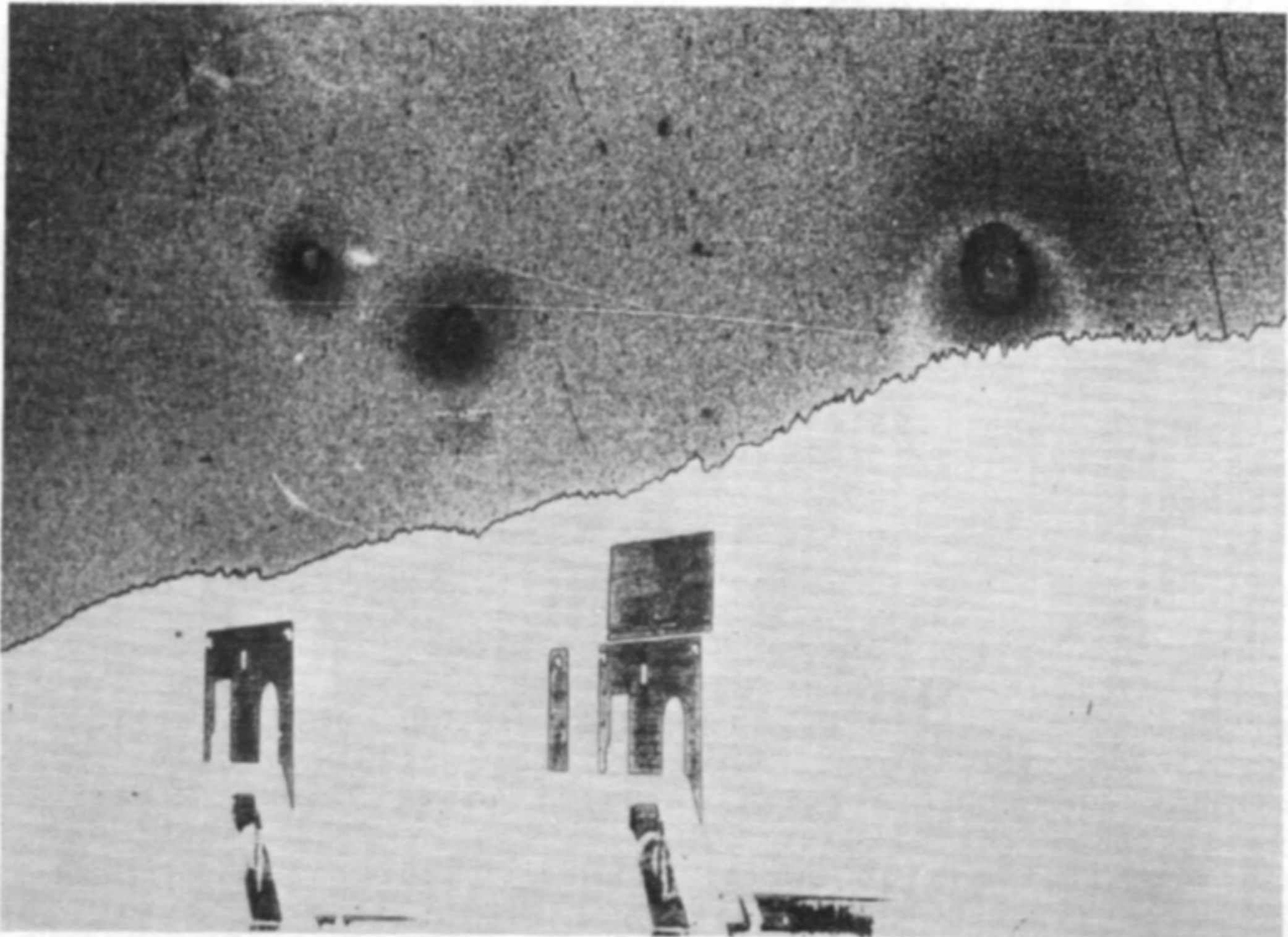


Bild 63: Densitometrische Darstellung eines Ausschnittes des Fotos in Bild 62.

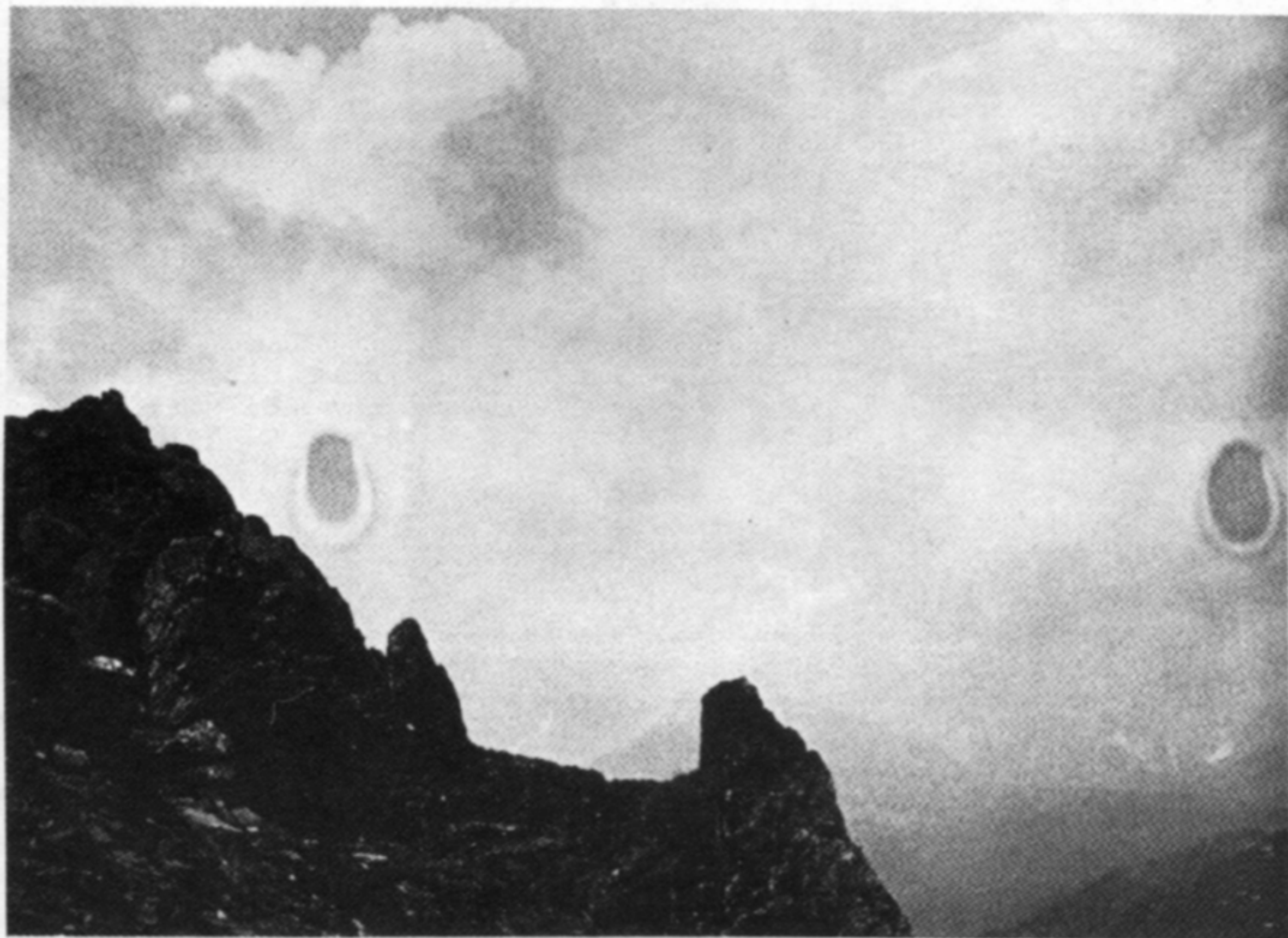


Bild 64: "UFOs" über Ost-Tirol?

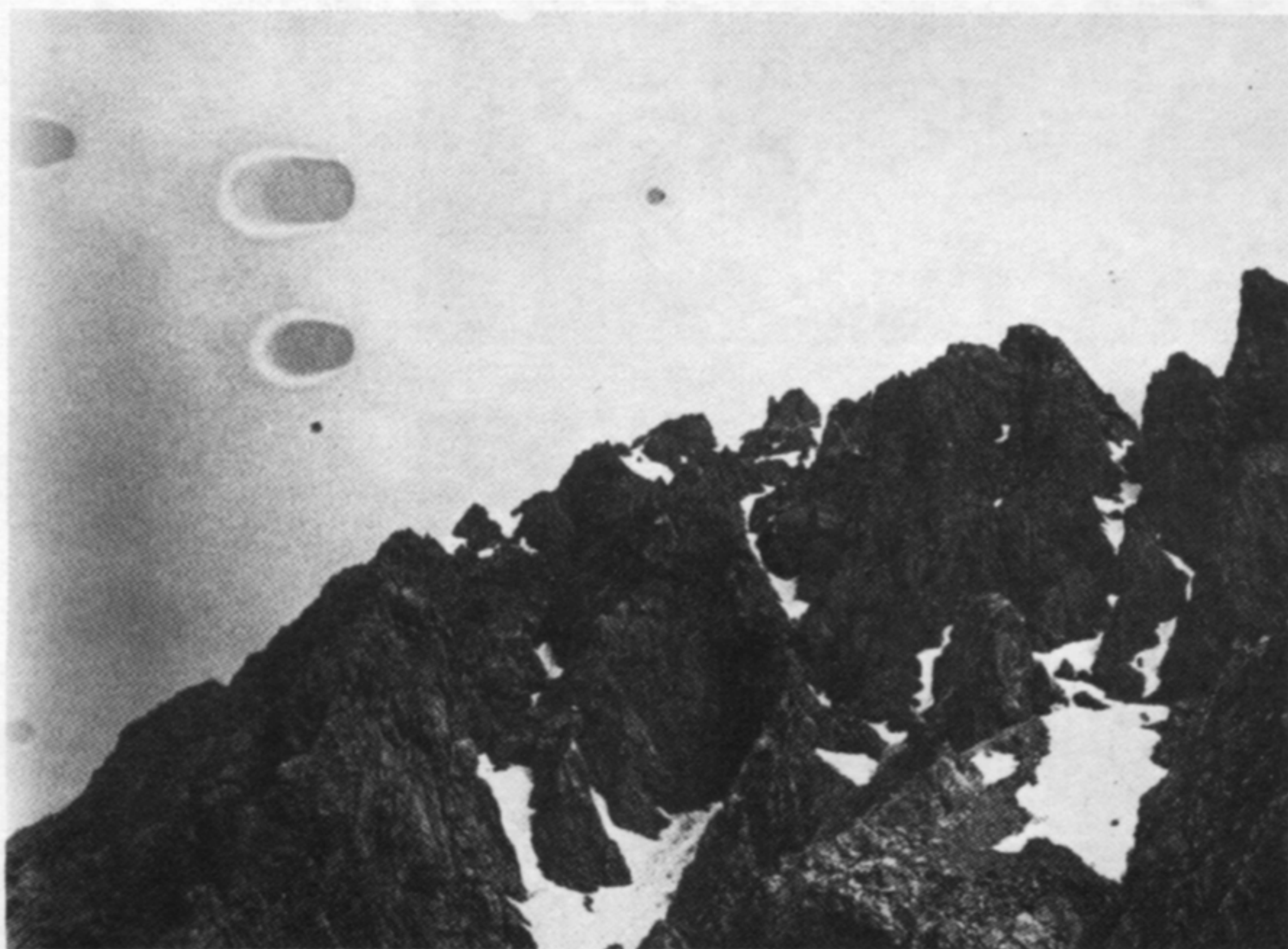


Bild 65: Dieselben Fehler im Negativ wie in den Aufnahmen 62 und 64.



Bild 66:
Aufnahme eines UFOs
über Cincinnati, Ohio,
vom 28. März 1974.
Der 16jährige Schüler
Robert Schwier benützte
für die Aufnahmen eine
Kodak X-15-Kamera.
(Copyright ICUFON)

Copyright ICUFON

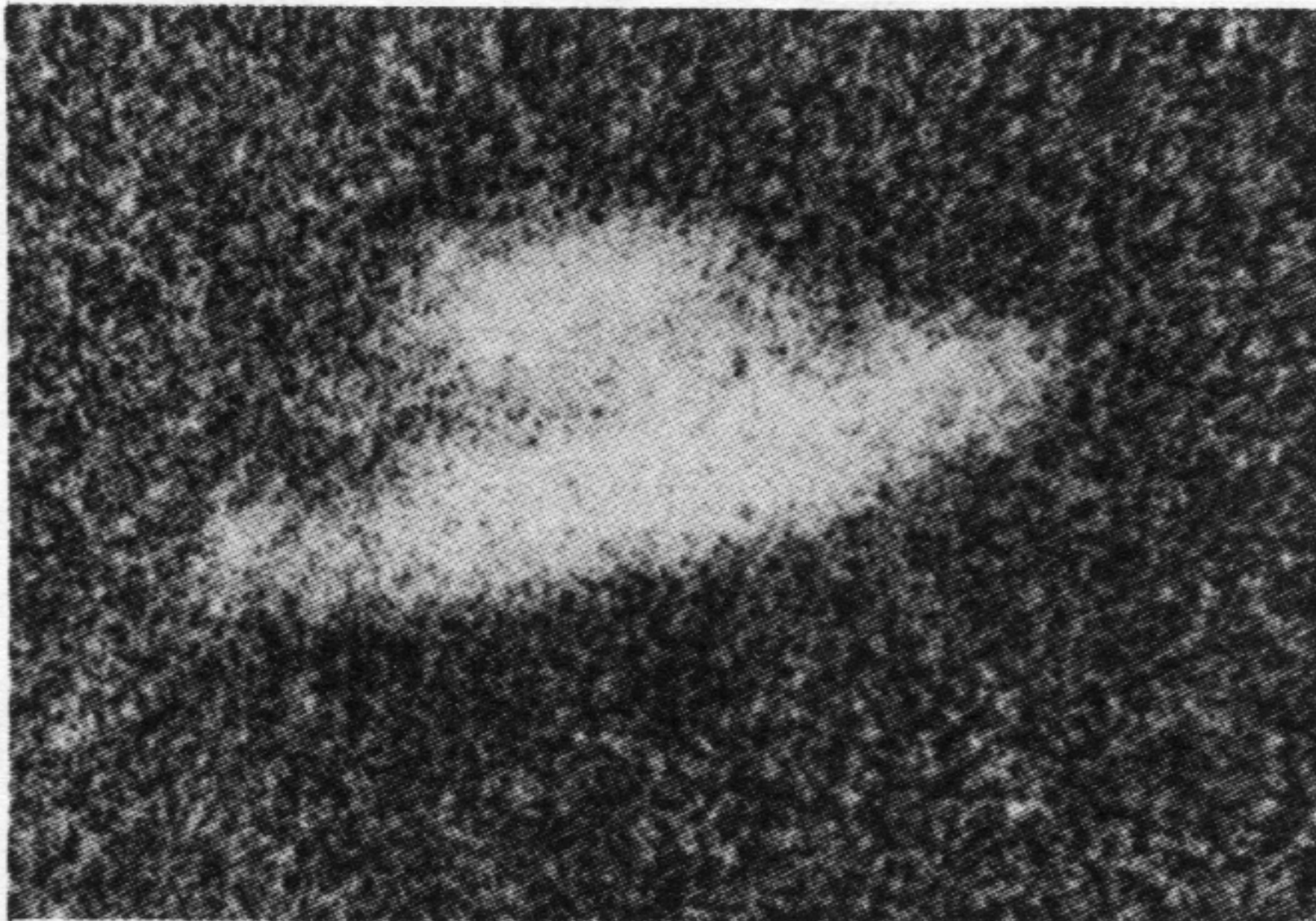


Bild 67:
Alle 3 Fotos sind
45fache Vergrößerun-
gen aus den Original-
negativen.

Copyright ICUFON

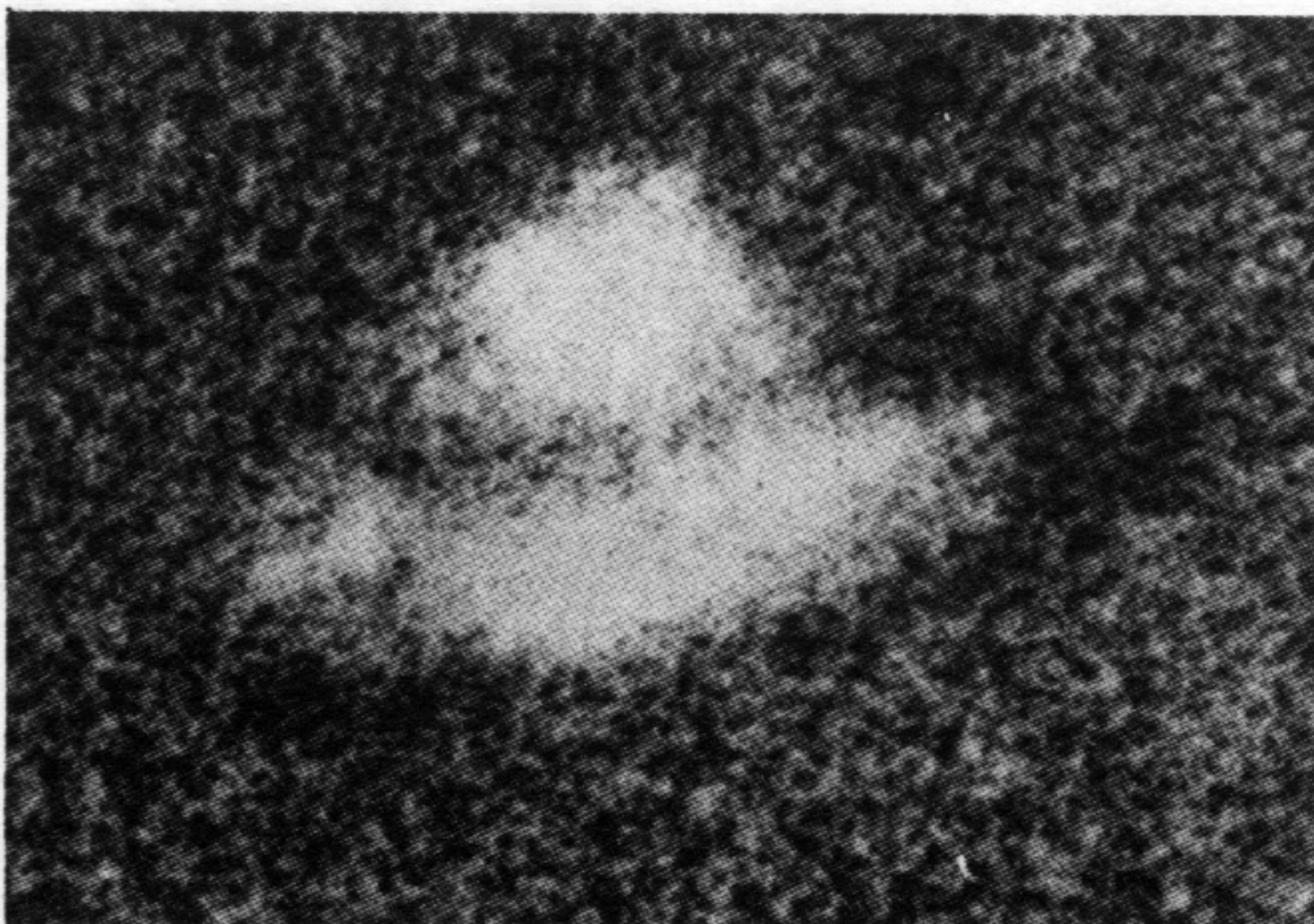


Bild 68:
Die Aufnahme zeigt
ein etwa 12 m großes
Objekt, wie aus der
Ermittlung der Ent-
fernung (Unschärfe
aufgrund atmosphäri-
scher Streuung) ge-
folgert werden kann.

Copyright ICUFON



Bild 69:

Ausschnitt aus Bild Nr. 3 der Monguzzi-Fotoserie vom 31.7.1952.
Die Analyse dieses Fotos ergibt für das Objekt eine Größe von mehreren Metern (≈ 10 m). Die von Monguzzi genannten Aufnahmedaten können verifiziert werden, seine Entfernungsschätzungen dagegen nicht.

12.2 Ein kuppelförmiges Flugobjekt über Cincinnati, Ohio

Der 16jährige Gymnasiast Robert Schwier hatte am 28. März 1974 mit seiner Kodak X-15-Kamera drei Aufnahmen eines unbekannten Flugkörpers geknipst. Der langjährige Fotoexperte und Direktor des Intercontinental UFO Network (ICUFON), Maj. Colman von Keviczky, fertigte von den Originalnegativen mikroskopische Aufnahmen mit 45facher Vergrößerung an. Die 35mm-Zwischennegative wurden anschließend erneut 11fach ausschnittsvergrößert. Die hier wiedergegebenen Kopien lassen die Kornstruktur des Originalfilmes erkennen. Die unscharfe Abbildung der "Fliegenden Untertasse" ist durch die starke Streuung der atmosphärischen Luftteilchen bedingt. Nach Schätzung von Keviczkys dürfte die Distanz zwischen Fotograf und UFO bei etwa einem Kilometer gelegen haben. Bei einer Objektivbrennweite von 43 mm und einer Objektgröße von etwa 1/2 mm auf dem Negativfilm 28x28 mm ergibt sich der wahre UFO-Durchmesser zu:

$$D = 1000 \text{ m} \cdot \frac{1/2}{43} = 11,6 \text{ m}$$

Quelle: Von Keviczky, C., 1976: The Robert Schwier Photos.
Official UFO 5: 22-23, 51-52.

Schneider/Malthaner, 1976: Das Geheimnis der unbekannten
Flugobjekte, S. 100-102.

12.3 Auswertung des Monguzzi-Fotos Nr.3

Angeregt durch die kritischen Hinweise eines jungen Lesers des Buches "Das Geheimnis der unbekannten Flugobjekte", in welchem auch die bekannte Monguzzi-Fotoserie veröffentlicht ist, wurde eine erste Analyse von Bild Nr. 3 versucht. Die Echtheit dieser Aufnahme, welche neben dem schalenförmigen UFO auch einen "Astronauten" zeigt, wird in Fachkreisen immer wieder angezweifelt. Obwohl der italienische Ingenieur Monguzzi, welcher am 31. Juli 1952 die sieben UFO-Fotos in Begleitung seiner Frau auf dem Scerscen-Gletscher im Bernina-Gebiet geschossen haben will, nie Geld aus den Bildern gemacht hat und aufgrund von Verleumdungen sogar aus der Edison-Gesellschaft ausgestoßen wurde, halten mehrere Wissenschaftler eine Fälschung der Bilder für wahrscheinlich. Der oben erwähnte junge Leser M.E. illustrierte anhand eigener Aufnahmen, wie durch einen geschickten Table-Top-Aufbau eine Monguzzi-ähnliche Landschafts-Szenerie nachgestellt werden kann. Mit einem geeigneten Plastik-Teller und einer passenden Perry Rhodan-Figur wirkte der Aufbau ziemlich echt und brauchte nur noch abfotografiert zu werden.

Falls die Monguzzi-Fotos auf diese Weise entstanden sein sollten, ist anzunehmen, daß gewisse Unzulänglichkeiten in der Aufnahmetechnik den Trickaufbau verraten. Um diese Hypothese zu testen, wurde anhand von Bild Nr. 3 eine quantitative Auswertung versucht. Hierzu dienten vor allem die photogrammetrischen Hilfsmittel, wie sie im Text des obigen Beitrages angedeutet wurden. Eine densitometrische Analyse war nicht möglich, da die Original-Negative zur Zeit nicht zur Verfügung stehen.

Fotografische Ausgangsdaten

<u>Fotoapparat:</u>	Kodak Retina 1
<u>Objektiv:</u>	Schneider Xenar 50mm, 1:3,5, Diagonalwinkel 50° Hieraus errechnet sich: Aufnahmewinkel der Schmalseite: 28° Aufnahmewinkel der Breitseite: 42°
<u>Einstellung:</u>	Blende 8, Zeit: 1/500
<u>Film:</u>	24x36 Ferrania 21 DIN

1. Kontrolle der Aufnahmedaten

Aus der Belichtungstabelle für 21 DIN entnimmt man für eine Schneelandschaft im Hochgebirge bei klarem Himmel und eine Belichtungszeit von 1/500 Sekunde den Blendenwert 11. Für den Monat Juli und 9 Uhr vormittags ist dieser Wert nach der Zusatztablelle um einen Blendensprung in Richtung größerer Öffnung zu korrigieren. Dies ergibt somit Blende 8, was genau den von Monguzzi angegebenen Aufnahmedaten entspricht.

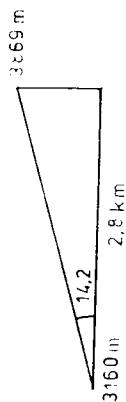
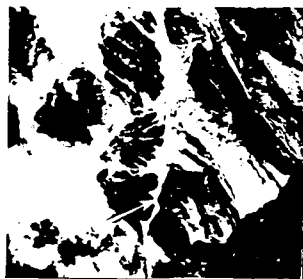
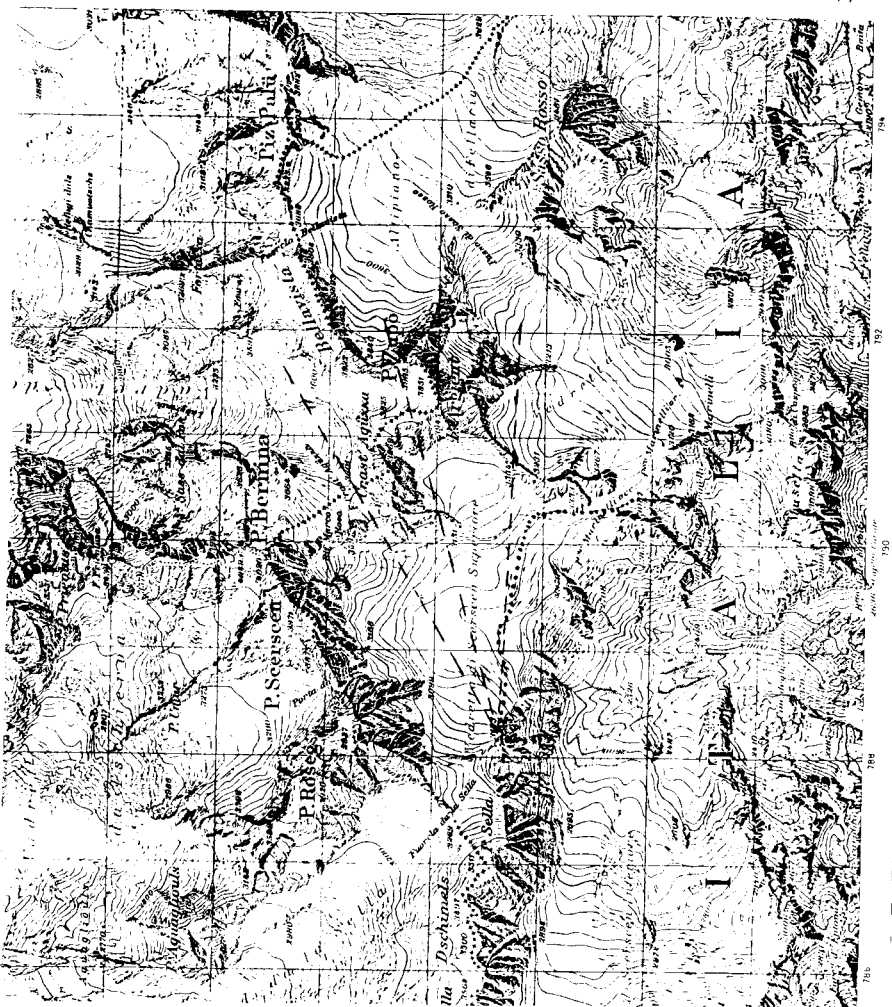


Bild 2

Monguzzi

Bild 1: Standort des Ehepaars Monguzzi am 31.7.1952, von wo aus es das Objekt beobachtete und fotografierte.

2. Kontrolle der Entfernungsschätzung des UFOs durch Monguzzi

Setzt man die Größe des "Astronauten" zu 1,8 m an, dann ergibt sich über die Abbildungsformel:

$$E = f \cdot B/b = 0,05 \text{ m} \cdot 1,8 \text{ m} / 0,0023 \text{ m} = 40 \text{ m}$$

Nimmt man an, daß der "Astronaut" etwa 3 m vor der horizontalen Querachse des UFOs gestanden hat, dann war das Zentrum des UFOs genau 43 m entfernt.

Monguzzi will das Objekt zusammen mit seiner Frau zunächst aus einer Distanz von etwa 200 m gesehen haben und sich dann für die Fotoaufnahmen weitere 50 m genähert haben. Danach wäre seine Aufnahmeentfernung rund 150 m gewesen, was mit der obigen Abschätzung nicht übereinstimmt. Monguzzi muß sich daher in der Entfernungskalkulation verschätzt haben, falls der "Astronaut" nicht ein Riese gewesen war.

3. Kontrolle der Größenschätzung des UFOs durch Monguzzi

Monguzzis Angaben: Durchmesser des Objektes $D = 10 \text{ m}$
Höhe des Objektes $H = 3 \text{ m}$

Aus der Abbildungsformel errechnet sich:

$$D = \frac{E}{f} \cdot d = 43 \text{ m} \cdot 0,0133 / 0,05 = 11,4 \text{ m}$$

$$H = 0,27 \cdot D = 3,1 \text{ m}$$

Diese Schätzungen Monguzzis stimmen recht gut mit der Rechnung überein.

4. Kontrolle der Unschärfezone

Mit den angegebenen Aufnahmedaten errechnet sich die Unschärfezone wie folgt:

Bei Einstellung des Apparates auf Unendlich:

$$E_v = f / (B \cdot \{ \}) = 0,05 / (8 \cdot 1/1500) = 9,4 \text{ m}$$

{ physiologischer Auflösungsgrenzwinkel
des menschlichen Auges im Bogenmaß

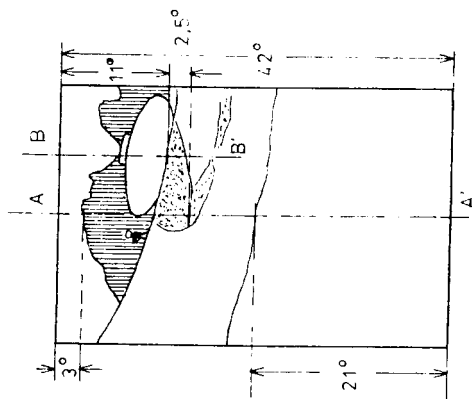
Bei Einstellung des Apparates auf Nah-Unendlich (hier wird statt der Mitte die Grenze der Schärfengabel für Blende 8 auf Unendlich eingestellt):

$$E_n = E_v / 2 = 4,7 \text{ m}$$

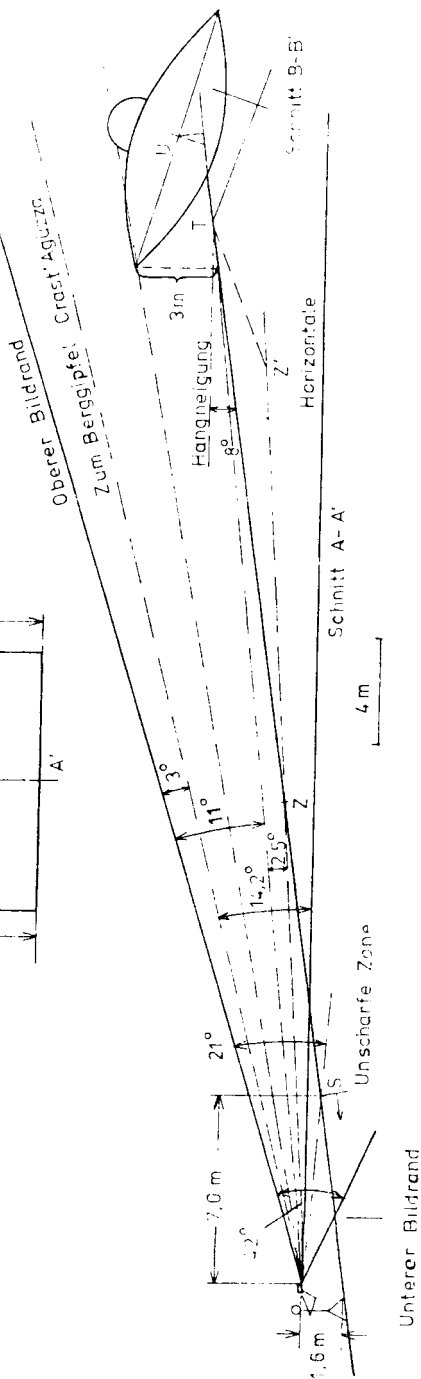
Die Überprüfung dieser Werte erfolgt anhand von Bild 3, das einen Vertikalschnitt durch die Mitte von Foto Nr. 3 darstellt. In Bild 1 ist der Standpunkt von Monguzzi sowie der horizontale Aufnahmewinkel des Fotoapparates eingetragen. Aus den kartographischen Angaben errechnet sich der Höhenwinkel

Monguzovi - Bild Nr 3

Schnitte A-A' B-B'



Unschärfezone



der in Foto Nr. 3 sichtbaren linken Bergspitze des Crast' Agüzza zu $14,2^\circ$. Ausgehend von dieser Referenz-Sichtlinie können in Bild 3 die anderen Vertikalwinkel eingetragen werden (Gesamter erfaßter Vertikalwinkel ist 42° beim Schneider-Xenar-Objektiv).

Nimmt man die Aufnahmehöhe von Monguzzi zu 1,6 m an (Fuß bis zu den Augen) und zieht von dessen Standpunkt eine Linie zum 38m (Vorderkante) entfernten UFO, dann schneidet diese Linie den vom oberen Bildrand nach unten eingetragenen Winkelstrahl von 21° (Schärfebereich) bei Punkt S. Der Abstand von diesem Ort zum Fotografen und damit der Unschärfebereich beträgt 7m.

Monguzzi hat also offensichtlich nicht auf Unendlich, aber auch nicht auf Nah-Unendlich fokussiert, sondern sehr wahrscheinlich die Entfernung zum UFO einkalkuliert. Die vordere Grenze der Tiefenschärfe errechnet sich in diesem Fall wie folgt:

$$E_v = \frac{E}{1 + E'} \quad \begin{aligned} E &= 38 \text{ m} \\ E' &= (38\text{m} - 0,05\text{m})/E_\infty \\ E_\infty &= 0,05\text{m} / (8 \cdot 1/1500) = 9,4 \text{ m} \end{aligned}$$

$$E_v = \frac{38\text{m}}{1+4,04} = \underline{7,5\text{m}}$$

Die hier errechnete Tiefenschärfe bei einer optimalen Fokussierung des 38m entfernten UFOs stimmt erstaunlich gut mit der aus dem Foto selbst erkennbaren Schärfe und den entsprechenden kartographischen Daten überein.

5. Kontrolle des Sonneneinfallswinkels

Aus den Formeln zur Umrechnung des astronomischen Äquatorsystems in das Horizontalsystem folgt:

Höhenwinkel eines Gestirnes:
$$h = \arcsin [(\sin \varphi \sin \delta - \cos \varphi \cos t \cos \delta)]$$

Azimut eines Gestirnes (von Nord über Ost gerechnet)
$$a = \arccot \left[\frac{\cos \varphi \tan \delta}{\sin t} + \sin \varphi \cot t \right]$$

Datum 31.7.1952 Uhrzeit: 9.20 MEZ (Ende der Sichtung 9.27Uhr)

Ortskoordinaten: $\varphi = 46,4^\circ$ $\lambda = 10^\circ$

Stundenwinkel:
$$t = 360^\circ \cdot \left[\frac{GT + LT + ZGL}{24^h} \right]$$

$$\begin{aligned} GT &= 9.20 - 1.00 = 8^h 25^m \\ LT &= 1 \cdot 60^m / 15^\circ = 40^m \\ ZGL &= -6^m 24^s \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t &= 133,94^\circ \\ \delta &= 18^\circ 21' = 18,35^\circ \text{ Deklination aus Ephemeride} \end{aligned}$$

Ergebnis: $h = 42,85^\circ$ $a = -66,84^\circ$ oder $a = 113,16^\circ$

Bild 7

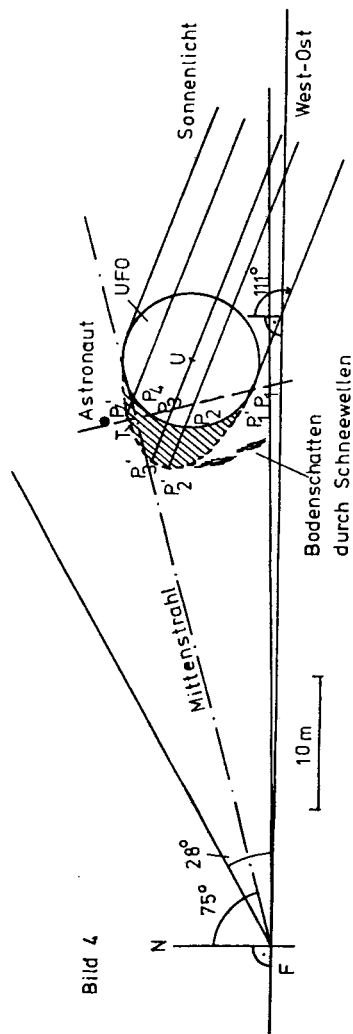
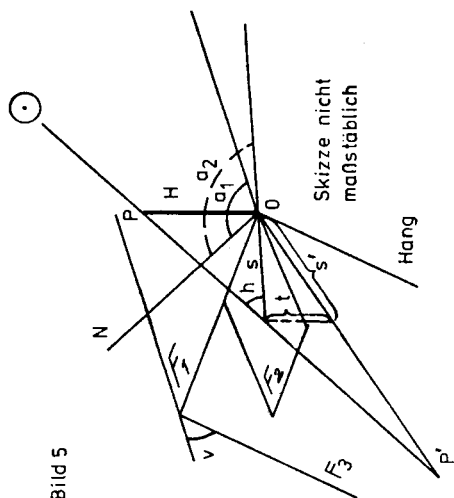
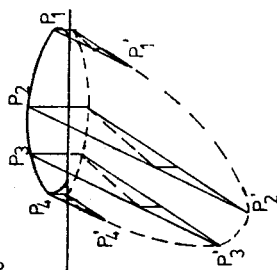


Bild 5



9 p.i.B



$$S = H / \tanh$$

$$S' = S \cdot \sqrt{1 + \tan^2 \alpha_2 \cos^2(\alpha_2 - \alpha_1)}$$

$$h = 42.92^\circ$$

α

$\alpha = 113^\circ$

$0.78 = 0$

$$S = 1,08H$$

$S' = 1.1H$

$$t = S \cdot \tan v \cdot \cos(a_2 - a_1) = 0.077 \text{ H}$$

$$OP' = S' \cdot \frac{H/t}{H/t - 1} = 1.2H$$

Für das Azimut kommt nur der zweite Wert in Frage. 90° ist Osten. Die Sonne stand also in OOS.

Aus Bild 5 kann leicht entnommen werden, wie die wahre Schattenlänge OP' auf der geneigten Ebene F_3 errechnet wird. Für die vorliegenden Daten gilt:

$$s = 1,08 \cdot H; t = 0,077 \cdot H$$

$$s' = 1,1 \cdot H; \underline{OP' = 1,2 H}$$

Für die Punkte P_1 bis P_4 auf dem Rand des UFOs wurden die entsprechenden Werte errechnet und sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

	P_1	P_2	P_3	P_4		
H_i	0,8	3	2,5	1,4	m	(Höhen h_i in Bild 6
OP'_i	0,96	3,6	3,0	1,68	m	mit $i = 1...4$)

In Bild 6 sind diese Werte skizzenhaft und in Bild 4 (Horizontalschnitt) maßstäblich eingetragen. Die etwa 12 Grad betragende Hangneigung von links nach rechts im Foto wurde hier nicht berücksichtigt.

Ein Vergleich mit dem vorliegenden Foto Nr. 3 zeigt, daß die Richtung des Sonnenschattens genauso verläuft, wie dies aufgrund der angegebenen Uhrzeit, der Ortskoordinaten, des Datums, der kartographischen Daten und der Hangneigung zu erwarten war.

6. Kontrolle der Schattenlänge

Die Schattentiefe, welche entsprechend Bild 7 aus Monguzzis Foto Nr. 3 vermessen wird, beträgt $1/17$ der Formathöhe oder $36/17\text{mm} = 2,1\text{mm}$. Dies ergibt einen Sichtwinkel von $42^{\circ} \cdot 1,1^{\circ}/36 = 2,5$ Grad. Zeichnet man diesen Winkel in Bild 3 von der Linie FT nach untenweisend ein, dann liegt der Schnittpunkt z mit dem Hang 21,5m vom Punkt T entfernt.

Aus Bild 4, welches die theoretisch ermittelten Schattenlängen enthält, entnimmt man jedoch nur einen Wert von 5 m. Der Unterschied kann unter Umständen damit begründet werden, daß der Schneehang in der Umgebung des UFOs stärker geneigt war. Bild 3 zeigt die hierbei notwendige Korrektur des Hangverlaufes (Z'T).

Verwendete Quellen:

Boncompagni, S., 1974: UFO in Italia. Corrado Tedeschi Editore
Firenze

Schneider/Malthaner: Das Geheimnis der unbekannten Flugobjekte,
1976 Hermann Bauer Verlag.

UFO-Nachrichten Nr. 242, Dezember 1976

Zusammenfassung

Die photogrammetrische Untersuchung des Bildes Nr. 3 aus der 7-teiligen Monguzzi-Fotoserie hat ergeben, daß folgende Werte mit den Angaben des Fotografen übereinstimmen:

	<u>Kriterien:</u>
1) Blendenwert	Tiefenschärfe
2) Verschlußzeit	Blende, Filmempfindlichkeit, Lichtverhältnisse
3) Größenschätzung des UFOs	Objektiv, Entfernungsdaten
4) Schatten-Azimet	Datum, Aufnahmezeit

Unstimmigkeiten bestehen in folgenden Punkten:

1) Entfernungsschätzung des UFOs	Objektiv, Ufonauten-Größe (Annahme: 1,8 m)
2) Schattenlänge	Aufnahmezeit, Datum, Hangneigung

Monguzzi hatte nach den vorliegenden Literaturquellen die Aufnahmeentfernung auf $200\text{m} - 50\text{m} = 150\text{m}$ geschätzt, während aus dem Foto selbst eine Distanz von $(43-5)\text{m} = 38\text{m}$ zu ermitteln ist. Diese Rechnung basiert auf der - wohl nicht unrealistischen - Annahme von 1,8 m für die Größe des "Ufonauten". Die Schattenlänge hängt im wesentlichen von der genauen Aufnahmezeit und der Hangneigung ab. Die Unterschiede zwischen dem aus dem Sonnenstand errechneten und dem aus dem Bild photogrammetrisch bestimmten Wert kann unter Umständen auf eine nicht gleichförmige Neigung des Gletscherfeldes zurückzuführen sein.

Nachdem die überwiegende Zahl der untersuchten Größen sich als richtig erwiesen haben, spricht einiges für die Echtheit der Aufnahme Nr. 3. Es ist kaum anzunehmen, daß Monguzzi die umfangreichen Berechnungen, welche hier angedeutet wurden, selbst durchgeführt und aufgrund der Ergebnisse eine exakte Table-Top-Aufnahme einschließlich der passenden Geschichte selbst fabriziert hat. Um ein endgültiges Urteil zu fällen, müßten noch die übrigen Aufnahmen Monguzzis, auch in ihrer gegenseitigen Korrelation, überprüft werden.

12.4 Anmerkungen des Herausgebers:

Die folgenden Fotos zeigen die plumpen Trickaufnahmen des Eduard Meier aus Hinwil (Schweiz), die von vielen Illustrierten für "echt" angesehen worden sind.

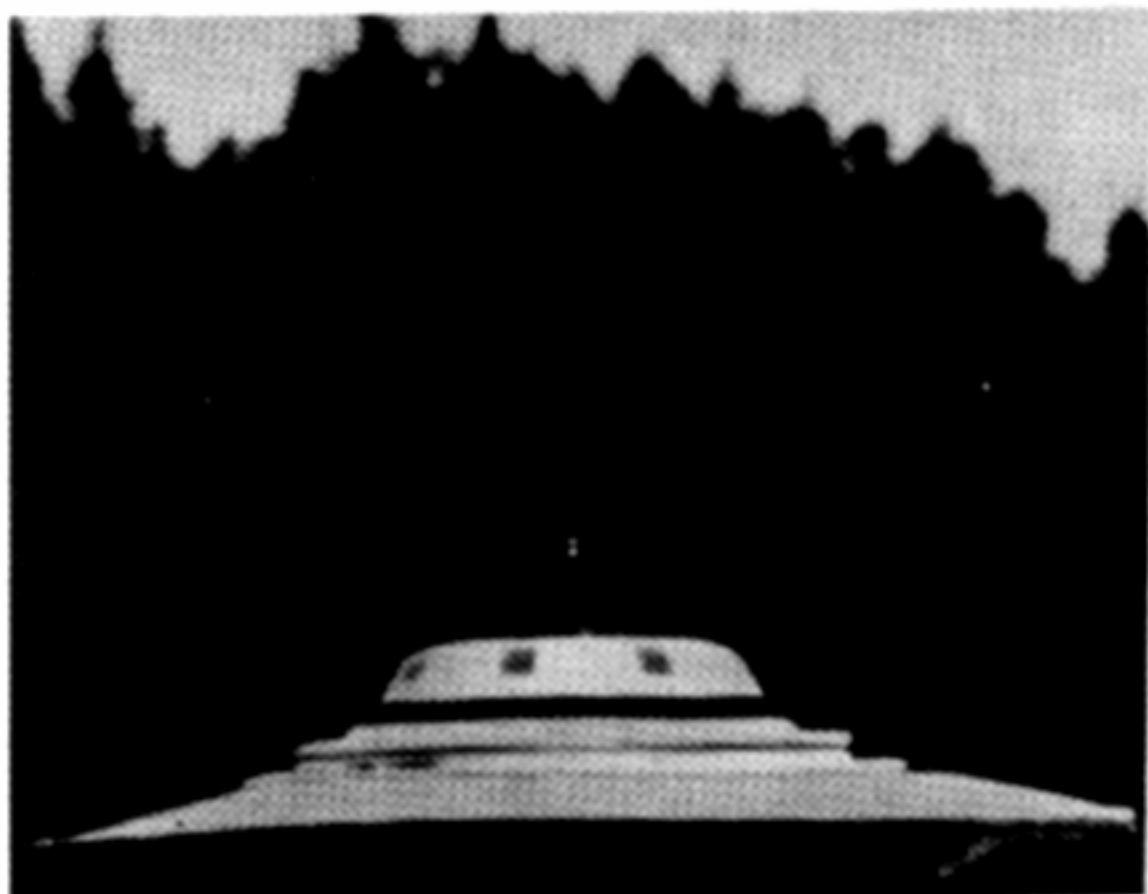


Bild 70: Das Modell ist scharf abgebildet. Da es groß erscheinen sollte, mußte Herr Meier das Modell nahe vor den Fotoapparat stellen, für den Preis, daß die Waldsilhouette völlig unscharf wurde. Aus dem Verhältnis der Randschärfen von Vorder- und Hintergrundobjekt kann geschlossen werden, daß das Modell höchstens 1/2 m groß ist. Die Pappe, aus der das Modell besteht, wellt sich etwas, wie man durch Anlegen eines Lineals an den Rand feststellen kann.



Bild 71:
Das mit Silberbronze bestrichene Modell wird an einem Faden aufgehängt und ...



Bild 72:
... an einem Stab um ein Bäumchen geschwenkt. Das Bäumchen ist etwa 1 - 1,50m hoch, wie der Vergleich zwischen der Länge der Äste mit dem Modell zeigt. (Herr Meier "schätzte" das Objekt auf 3,5m Durchmesser!), lt. "Quick", Nr. 29, 8.7.1976, S. 87)

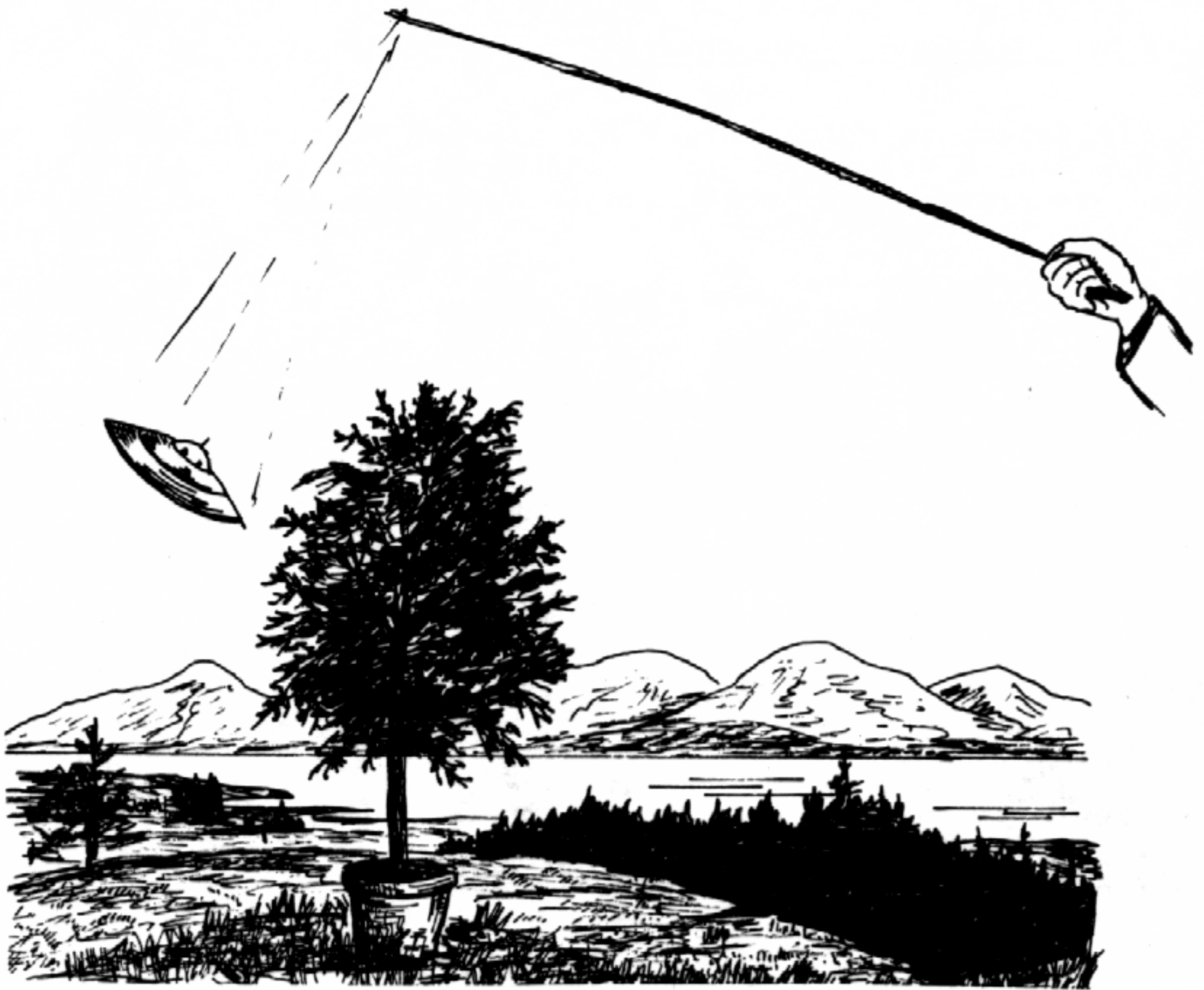


Bild 73: Wahrscheinliche Anordnung der Meier-"UFO"- Trickaufnahmen.



Bild 74:



Bild 75:



Bild 75:
Ein Modell wie dasjenige
von Herrn Meier (30 cm
groß!)



Bild 76:
Die Fäden, an denen das Modell hängt,
sind nicht zu sehen.



Bild 77:
Die Perspektive erweckt den
Eindruck, als würde ein Mann
auf ein großes Objekt zu-
laufen.

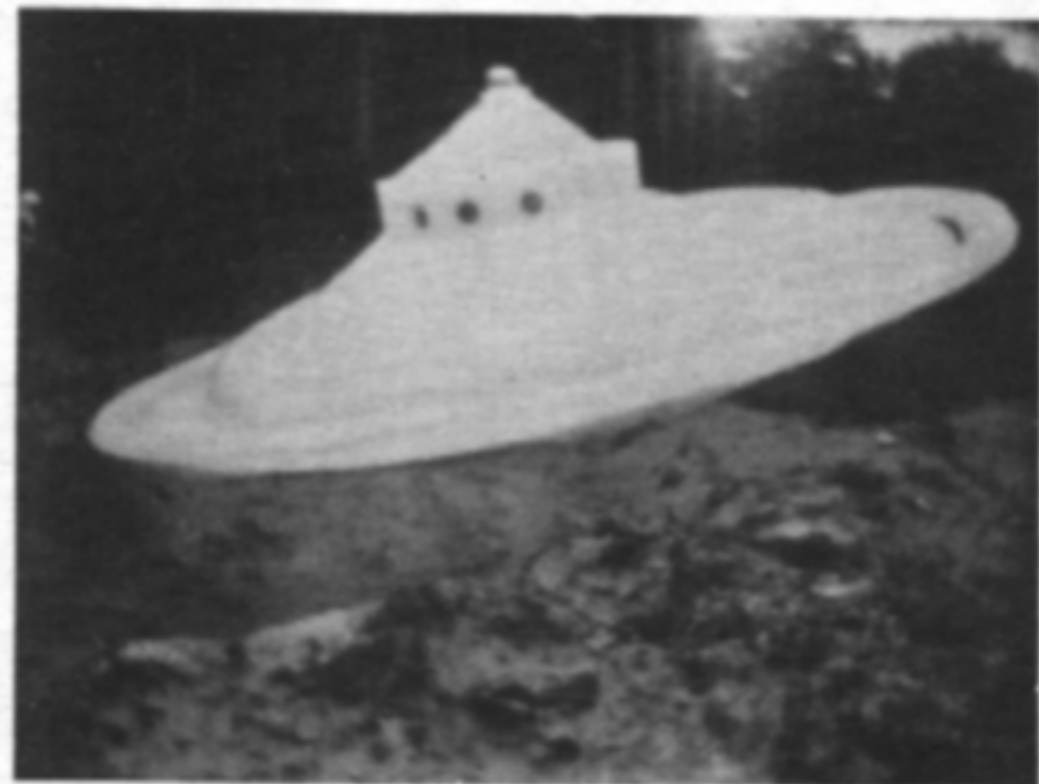


Bild 78:
Das gleiche Objekt wie im Bild 77
Links neben dem Objekt steht ein
"Raumfahrer" mit Helm. Die Größe
des Kunststoffmodells betrug 40 cm!
(Modellbauer: I. Brand)

12.5 Tabellen

1. Photometrisches Maßsystem

Photometrische Größen	genormte photometrische Einheiten	ältere, aber noch oft benutzte Einheiten
Lichtstärke I	Candela cd	
Leuchtdichte L	cd/m ²	Stilb $sb = cd/cm^2$ $sb = 10^4 cd/m^2$ Apostilb (für Sekundärstrahler) $asb = \frac{10^{-4}}{\pi} sb$ *) $asb = \frac{1}{\pi} cd/m^2$
Lichtstrom Φ	Lumen lm	$lm = cd \cdot sr$
Lichtmenge Q	Lumenstunde lmh	$lmh = lm \cdot h$
Beleuchtungsstärke E	Lux lx	$lx = lm/m^2$
Belichtung H	Luxsekunde lx·s	$lx \cdot s = lx \cdot s$

*) Der Faktor $\frac{1}{\pi}$ folgt aus der Integration über die bestrahlte Fläche

Die Größe L oder Leuchtdichte einer leuchtenden Fläche ist die wichtige Ausgangsgröße für photometrische Zusammenhänge, denn das Auge empfindet als Helligkeit eines Gegenstandes seine Leuchtdichte. Die leuchtenden Gegenstände können Primärstrahler oder Sekundärstrahler sein.

2. Primärstrahler (nach Flügge S. 88)

	Leuchtdichten in cd/m ²
Laser	10 ¹⁸
Atombombe	10 ¹²
Xenon-Hochdruckbrenner	bis 10 ¹⁰
Sonnenscheibe	5 · 10 ⁹

Bogenlampenkrater	$2 \cdot 10^8$
Kleinkinolampe 12V 100 W	$1,5 \cdot 10^7$
Autoscheinwerfer	10^7
Kleinkinolampe 6V 15 W	$6 \cdot 10^6$
Elektrische Opalglaslampen	$1,5 \dots 5 \cdot 10^4$
Leuchtstofflampen	$0,3 \dots 1,3 \cdot 10^4$
Raumleuchten	$2 - 3 \cdot 10^3$

3. Sekundärstrahler (nach Flüge S. 88)

Leuchtdichten in cd/m^2

Bedeckter Tageshimmel	$1 \dots 6 \cdot 10^3$
Himmelsgewölbe bei heller Dämmerung	1
Zwielicht zwischen Tag und Nacht	$2,5 \cdot 10^{-3}$
Himmelsgewölbe in mondloser klarer Nacht	10^{-4}

Der Anteil des zurückgestrahlten Lichtes eines Primärstrahlers wird Albedo genannt. Diese wird in Bruchteilen der senkrecht eingestrahlten Intensität angegeben.

4. Albedowerte (visuelle)

(nach Dirmhirn S.271)

[%]

Weißer Mauer	60-80
Gelbe Mauer	40-60
Graue Mauer	28-52
Naturstein	15-45
Holzwände	15-47
Betonstraße	15-40
Granitpflaster	11-25
Asphalt	8-20
Schotter gestr.	6-14

(nach Gierloff/Schröder S.204)

[%]

Frische Schneedecke	81-85
Alt-Schneedecke	42-70
Dünensand, Brandung	26-63
Wiesen, Felder	14
Heide	10
Laub, Mischwald	9
Nadelwald	7
Sehr dunkler Mischwald	0,045

5. Beleuchtungsstärken

(nach Gierloff/Schröder S. 178)

Landschaft im Sonnenlicht	10.000 Lux	(Dezember, Breite 50°)
um Mittag 12 Uhr	70.000 Lux	(Juni, Breite 50°)
	130.000 Lux	(März, Sept., Breite 0°)

Landschaft im Vollmondlicht um Mitternacht	
0 Uhr	0,3 Lux

Straßenbeleuchtung	20 Lux
--------------------	--------

Ganz allgemein errechnet sich die Beleuchtungsstärke, welche Mond oder Sonne auf der Erdoberfläche erzeugen, zu:

$$E_1 = L_1 \cdot \pi \cdot \sin^2 \sigma \cdot \sin h$$

L in Lux
E in cd/m²

h - Höhenwinkel über Horizont

σ - halber Öffnungswinkel (bei Mond und Sonne 15')

Die Leuchtdichten der Landschaften ergeben sich aus den entsprechenden Albedowerten zu

$$L_2 = \rho \cdot E_1$$

Die Beleuchtungsstärke auf dem Film einer Kamera ist dann:

$$E = L_2 \cdot \pi \cdot \sin^2 \sigma'$$

σ' - halber Öffnungswinkel der Blende am Bildort

$\sin \sigma' \approx 0,5 / \text{Blendenzahl}$

6. Filmempfindlichkeiten

Beziehung von DIN- zu ASA-Empfindlichkeitszahlen

DIN	ASA	DIN	ASA
1	1	19	64
2	1,2	20	80
3	1,6	21	100
4	2	22	125
5	2,5	23	160
6	3	24	200
7	4	25	250
8	5	26	320
9	6	27	400
10	8	28	500
11	10	29	650
12	12	30	800
13	16	31	1000
14	20	32	1250
15	25	33	1600
16	32	34	2000
17	40	35	2500
18	50	36	3200

7. Belichtungstabellen für 18° DIN

Für Filme mit 21° DIN müssen die halben, für Filme mit 15° DIN die doppelten Belichtungszeiten eingesetzt werden. Oder bei konstanter Belichtungszeit sind die Blendenzahlen zu erhöhen bzw. zu erniedrigen.

Volle Sonne	2,8	4	5,6	8	11	16	22			
Leicht dunstig		2,8	4	5,6	8	11	16	22		
Bedeckt (trübe)			2,8	4	5,6	8	11	16	22	$\sqrt{1/15}$ sec
Wolken, Schneelandschaft, am Strand, im Hochgebirge										$\sqrt{1/8}$
Offene Landschaft, Fernsicht, Landschaft mit hell. V. G.										$\sqrt{1/4}$
Architekturen-hell, Landschaft mit dunklem Vordergrund										$\sqrt{1/2}$
Straßen und Plätze - breit, hell, Personen im Freien										$\sqrt{1}$
Straßen und Plätze - eng, dunkel - Bauwerke dunkel, P. i. Schatt.										$\sqrt{2}$
Wald - licht Personen unter lichten Bäumen										$\sqrt{4}$
Wald dunkel, Personen unter dichten Bäumen										$\sqrt{8}$
Personen im Zimmer - hell (am Fenster)										$\sqrt{16}$
Personen im Zimmer - dunkel (am Fenster)										$\sqrt{32}$
Innenräume - hell										
Innenräume - dunkel (Kirchen)	2	4	8	16	32	1	2	4	8	

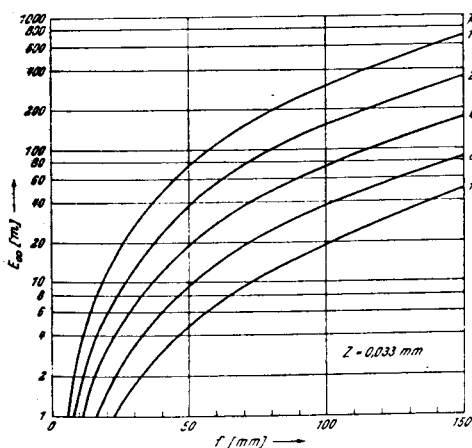
sec

min

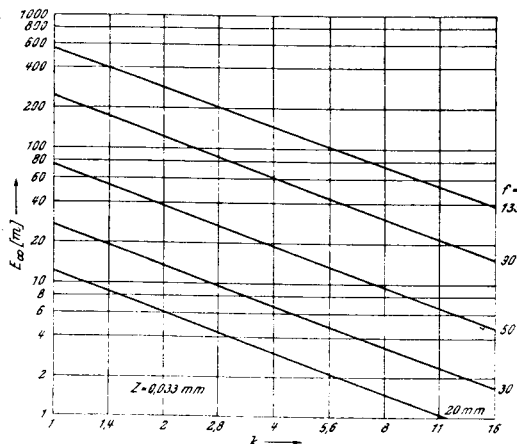
Zusatztabelle der Blenden-Zeitsprünge	Uhrzeit bis	10	9	8	7	6	5
		14	15	16	17	18	19
Jan., Nov., Dez.		2	2	-	-	-	-
Febr., Oktober	Blenden-	1	2	3	-	-	-
März, September	Zeit-	0	1	2	3	-	-
April, August	Sprünge	0	1	1	2	3	-
Mai, Juni, Juli		0	1	1	1	2	3

Diese Tabelle enthält die erforderlichen Blenden-Zeit-Sprünge, die in der Belichtungstabelle in Richtung auf die weiteren Blendenöffnungen oder auf längere Belichtungszeiten auszuführen sind.

8. Schärfentiefen-Tabelle (Lindner S. 76)



Naheinstellung auf Unendlich;
Abhängigkeit von der Brenn-
weite bei verschiedenen Blen-
denzahlen k



Naheinstellung auf Unendlich;
Abhängigkeit von der Blenden-
zahl k bei verschiedenen Brenn-
weiten

Wenn neben dem unendlich Fernen ein größerer Bereich der Tiefe abgebildet werden soll, z.B. Landschaften mit Mittel- oder gar Vordergrund, dann ist es besser, die Entfernung nicht auf Unendlich einzustellen, sondern so, daß die hintere Grenze des Schärfentiefenbereiches im Unendlichen liegt.

In diesem Fall der "Naheinstellung Unendlich" ergibt sich für die vordere Grenze des Schärfenbereiches

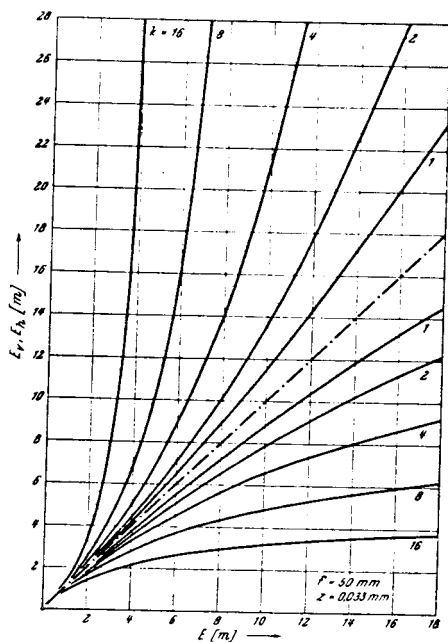
$$E_{V\infty} = E_{\infty} / 2$$

Sie liegt also genau in der Mitte zwischen der eingestellten Entfernung E_{∞} und der Kamera.

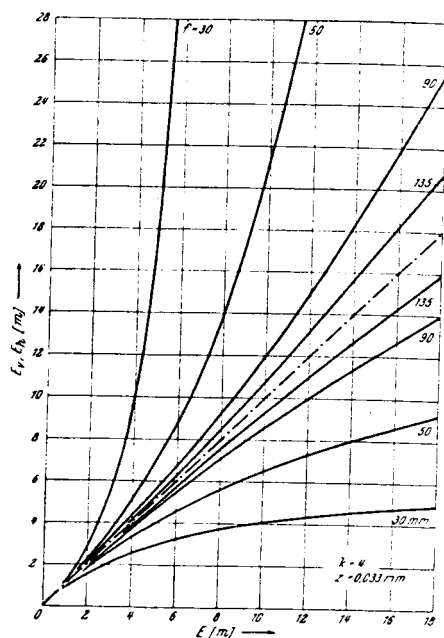
Beispiel: Steht ein Kleinbildobjekt ($z = 33\text{ mm}$) von der Brennweite $f = 50\text{ mm}$ mit der Blende $k = 9$ auf Unendlich, so beginnt der Schärfenbereich vorn bei $E_v = 8,3\text{ m}$. Stellt man dagegen das Objektiv auf $E_\infty = 8,3\text{ m}$ ein, so befindet sich die hintere Grenze der Schärfentiefe im Unendlichen ($E_h = \infty$) und die vordere bei $E_{v\infty} = 4,15\text{ m}$.

9. Schärfentiefen-Kurven

(Stüper S. 63 - 67)



Wirkung des Abblendes auf die Tiefe des Schärfenbereiches



Einfluß der Brennweite auf die Tiefe des Schärfenbereiches

In beiden Abbildungen sind über der eingestellten Entfernung E die Grenzen des Schärfenbereiches E_v und E_h aufgetragen. Die Kurven links der strichpunktiierten Geraden ($E_v = E$) geben die Werte von E_h , rechts die von E_v an.

Anmerkung

Rechnet man den oben erwähnten relativen Korndurchmesser von $1/3$ mm auf das 28×28 mm Negativ der AGFA-X-15-Instamatic-Kamera zurück, so ergibt sich unter Berücksichtigung der 45-fachen mikroskopischen Vergrößerung der wahre Korndurchmesser zu $0,33 \cdot 28 / (240 \cdot 45) \text{ mm} = 0,9 \mu$. Dieser Wert entspricht nach der Tabelle auf S. 272 einem Film von rund 23 DIN. Nach Angaben des Fotografen wurde ein Plus-X Pan-Film von 125 ASA = 22 DIN eingesetzt. Die Umrisse des Objektes tauchen ziemlich weich aus dem umgebenden Himmels-Hintergrund auf, was auf eine erhebliche Distanz zwischen Fotograf und Objekt hindeutet. Die Hauptursache der Unschärfe dürfte auf die atmosphärische Dunststreuung zurückzuführen sein.

Neben der Kornstruktur eines Bildes kann auch die sogenannte Feinstruktur oder Kleinmusterung bzw. Textur von Formelementen für die vergleichende Auswertung Bedeutung erlangen. Hierunter werden alle Objektdetails verstanden, deren Ortsfrequenz größer als 5 Linien/mm ist (beim 24×36 mm Negativformat). Solche Feinstrukturen, etwa auf der Oberfläche eines unbekannten Flugkörpers, werden im allgemeinen durch ihre Form, Größe, räumliche Orientierung, Verteilung und die Tönungskontraste gekennzeichnet. Zur quantitativen Bestimmung dieser Modulationen eignet sich ein Mikrophotometer mit automatischer Abtastung. Übliche Querschnitte des messenden Lichtfleckes liegen bei $2 \times 5 \mu^2$. Um sowohl die Feinstrukturen als auch die Kornschwankungen zu erfassen, empfiehlt sich die Anfertigung eines Zwischennegatives oder -positives von 6×9 cm.

Zusammenfassung und Ausblick

Die in diesem Beitrag angesprochenen Verfahren der photogrammetrischen und densitometrischen Analyse bilden bei sachgerechter Anwendung ein brauchbares Hilfsmittel, um falsche oder getriggerte "UFOs" auf fotografischen Aufnahmen auszufiltern. Die echten, nach dieser Vorselektion übrig bleibenden "Unbekannten Objekte" können dann in ihrer geometrischen und dichte-mäßigen Struktur exakt eingekreist, quantitativ erfaßt und einer rechnergestützten Verarbeitung, etwa zum Zwecke statistischer Vergleiche oder zur Erstellung orthografischer Projektionen, zugeführt werden. Allerdings vermögen zweidimensionale Abbildungen nur einen Teil der räumlichen Wirklichkeit wiederzugeben. Wichtige Bildpartien erleiden zuweilen auch beträchtliche Verzerrungen und Verwaschungen infolge störender atmosphärischer Effekte. Dies scheint bei UFOs besonders häufig zuzutreffen. Möglicherweise werden die verschiedenfarbigen Halos oder refraktionsähnlichen Dunkelzonen indirekt durch den Feldantrieb dieser Objekte erzeugt. In diesem Falle könnte die physikalische Optik durch geeignete Simulations-Programme für Luftschichten unterschiedlicher Struktur und Temperaturgrade Hinweise über den tatsächlichen Verlauf dieser Feldzonen liefern. Der französische Raketenspezialist und UFO-Forscher Claude Poher weist darauf hin, daß die plasmaartigen Leuchterscheinungen in der Umgebung von UFOs wesentlich besser gedeutet werden könnten, wenn die Fotografen solcher UFOs vor ihre Objektive sogenannte Diffraktionsfilter setzen würden. Solche Gläser mit zum Beispiel 600 Rasterlinien pro Millimeter ergeben eine geometrische Aufspaltung von Farblichtquellen über den gesamten sichtbaren Bereich. Aus der Position der Spektrallinien lassen sich Rückschlüsse über die beteiligten chemischen Elemente gewinnen, aus dem Profil der Linien zusätzliche Informationen über eventuell vorhandene Magnetfelder und aus der relativen Intensität der Linien Hinweise über Polarisations-effekte durch elektrische Felder. Seit Jahrzehnten schon wendet die Astrophysik derartige Methoden an, um die Sterntemperaturen zu bestimmen und den chemischen Aufbau der Sterne einschließlich ihrer elektromagnetischen Felder zu ermitteln. Es wäre daher zu wünschen, daß auch UFO-Amateure auf relativ billige Weise an diese im Prinzip einfachen Hilfsmittel herankommen. Claude Poher schlägt vor, solche Streifenfilter in künftigen Buchproduktionen über UFOs beizulegen. Dann bleibt nur zu hoffen, daß irgendwann einmal echte UFO-Aufnahmen auftauchen, welche mit solchen Filtern gemacht wurden und damit eine erheblich verbesserte und wissenschaftlich wertvolle Informationsausschöpfung erlauben (Poher, C., 1976).

Literaturverzeichnis:

- Angerer, E.v., 1952: Wissenschaftliche Photographie.
Akad.Verlagsgesellschaft Leipzig.
- Bärwolf, A., 1976: Ein Handschuh auf der Umlaufbahn.
Die Welt Nr. 91, 17. April.
- Bauer, K., 1975: Elektronischer Umsetzer für Grauwerte in Farbtöne. Elektronik 24,5: 56 - 58.
- Bloecha, T., 1975: A Catalog of Humanoid Reports for 1974, in MUFON 1975 UFO Symposium Proceedings. MUFON, Quincy, III., S. 52 ff.
- Bloss/Bauer/Metz/Saackel, 1971: Ein elektronisches Verfahren zur Verbesserung statistisch gestörter Bilder. NTZ 2:77-80.
- Blum, R.und J., 1974: Beyond Earth: Man's Contact with UFOs, Banton Books, Inc., New York
- Boschke, F.L., 1970: Erde von anderen Sternen.
Fischer TB 6011
- Bougard, M., 1975: Le dossier photo d'inforespace
Inforespace No. 22, August
- Brand, W., 1923: Der Kugelblitz, Hamburg.
- Bungartz, E. 1975: Aus Wissenschaft und Forschung.
Grenzgebiete der Wissenschaft II: 107-111.
- Condon, E., 1969: Scientific Study of UFOs. Vision Press Limited, London.
- Corliss, W.R., 1977: Handbook of unusual natural phenomena. Glen Arm. ISBN 0-915554-01-1.
- Croy, O., 1966: Fotomontage. W. Knapp Verlag, Düsseldorf.
- CUFOS, 1977: Conference of the Center for UFO Studies 1976. 924 Chicago Ave., Evanston, IL 60202
- Dietze, G., 1957: Einführung in die Physik der Atmosphäre. Leipzig.
- Dirmhirn, I., 1964: Das Strahlungsfeld im Lebensraum. Akad. Verlagsgesellschaft. Frankfurt.

- Flohn, H., 1974: Vom Regenmacher zum Wettersatelliten. Fischer TB 6252.
- Flügge, J., 1955: Das photographische Objektiv. Springer/Wien
- Fraser/Mach, 1976: Mirages, Scientific American. 1102-111.
- Fredrickson, Sven Olof, 1971: Recent Observations over Southern Sweden. FSR Vol, 17, No. 5: 9-11.
- Frieser, H., 1960: Spread function and contrast transfer function of photographic layers. Photographic Science Eng. 4, 324.
- Fritsche, K., 1974: Fotofehlerbuch. VEB Fotokino-Verlag Leipzig.
- Geigenthaler, A., 1976: UFO's - außerirdische Weltraumschiffe existieren wirklich. Ventla, Wiesbaden.
- Georghita, F., 1976: Weird "Flying Globe" photographs in Romania. FSR. Vol. 22, No.1:3-9.
- Gerstenberger, M., 1975: Das Himmelsjahr. Francksche-Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Giebelhausen, J., 1974: Tabletop Photos - Werbetricks und Spielereien. AGFA-GEVAERT AG, Leerkusen.
- Gierloff/Schröder, 1970: Luftbildauswertung, Teil II. BI 367/367a.
- Haslinde. G., 1977: Die verirrtten Astronauten. Bild der Wissenschaft 2: 136 - 140.
- Hermann, J., 1974: DTV-Atlas zur Astronomie. DTV-TB 3006.
- Keyhoe, D.E., 1954: Der Weltraum rückt uns näher. Blonvalet, Berlin.
- 1973: Aliens from Space. Doubleday, New York
- Klass, P.J., 1966: Plasma Theory may explain many UFOs. Aviation Week & Space Technology. August 22: 48-61
- Klass, Ph.,: 1968: UFOs Identified. Rondon House
- 1975: UFOs Explained. Rondon House
- Klinn, R., 1976: Photomicrography: a way to salvage film images of UFOs ... Proceedings of the 1976 CUPOS Conference. Center for UFO Studies, Evanston, III.

- Konermann, H., 1971: Röntgen-Diagnose in Agfacontour. Bild der Zeit 6:65-71.
- Krug-Weide, 1976: Wissenschaftliche Photographie in der Anwendung. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig.
- Lacmann, O. 1950: Die Photogrammetrie in ihrer Anwendung auf nicht-topographischen Gebieten. Hirzel/Leipzig.
- Lindner, G., 1968: Wir fotografieren. Bertelsmann, Gütersloh.
- Lorenzen, C. und J. 1976: Encounters with UFO Occupants. Berkley Medaillon Book, New York.
- Lützenkirchen, W., 1976: Beschuß aus dem All. Hobby 14:52-57.
- Lugt, A.V., 1974: Coherent Optical Processing. Proceedings of the IEEE, Vol. 10, Oct: 1300-1319.
- Maccabee, Bruce S., 1976: On the possibility that the McMinnville photos show a distant unidentified object (UFO). Proceedings of the 1976 CUFO Conference. Center for UFO-Studies, Evanston.
- Matthias, R., 1974: Verarbeitungsfehler im Schwarz-Weiß-Negativprozeß. AGFA-GEVAERT AG, Köln-Leverkusen.
- McKinley, D.W.R., 1961: Meteor Science and Engineering. McGraw Hill W., N.Y.
- Meyer, R., 1935: Die Entstehung optischer Bilder durch Brechung und Spiegelung in der Atmosphäre. Meteorologische Zeitschrift, Vol. 52, Nov.:405-408.
- Mühleisen. R., 1972: Der Kugelblitz - ein Plasmazustand? Kosmos 4: 159-163.
- N.N., 1971: Fotovermessung flächenförmiger Himmelsobjekte. Bild der Wissenschaft 4:394.
- N.N., 1975: Meteoritenortungskameras. Umschau 12:362.
- N.N., 1976: Sternschnuppen und Feuerkugeln. Bild der Wissenschaft 2:96-97.
- N.N. 1976: American Cinematographer, Dec.: 1362-1363.

- Oberg, J.E. 1976: Astronauts and UFOs: The whole story. Official UFO 10: 12-15, 38-42.
- Pearson, D.E., 1975: Transmission and Display of Pictorial Information. London.
- Poher, C. 1976: Ideas for an experimental approach. Proceedings of the CUFOS Conference Evanston, Ill./USA.
- Priebs, R., 1976: Über die Anwendung programmierbarer Kleinrechner in der Ortung und Navigation am Beispiel des HP65. Ortung und Navigation II/III: 79-123.
- Rüberg, W., 1976: Normtest von 11 Zeiss-Objekten zur Contax RTS. Color-Fotos 7:89-104.
- Ruge, W., 1972: Eine neue fotografische Interpretationshilfe in der Meteorologie und der Physik in der Atmosphäre. Mitt. aus dem Institut für Geophysik und Meteorologie der Universität Köln. Mätz, Heft 18.
- Sagan, G. und Th.Page, 1972: UFOs - A Scientific Debate. Cornell University Press, Ithaca und London
- Sandner, W., 1974: Steine, die vom Himmel fielen. Sonderheft des "Sirius". Mitteilungsblatt des Astronomischen Arbeitskreises der Starkenburg Sternwarte Heppenheim.
- Sauer, C., 1973: Agfacontour Professional in der Photographik. AGFA GEVAERT, Heft Nr. 151.
- Sauer, C., 1974: Agfacontour Professional in Wissenschaft und Technik. AGFA GEVAERT, Heft Nr. 152.
- Schmidt, R.O. 1960: The Reinhold Schmidt Story. Los Angeles, AFSCA World Report 4⁰20
- Schneider, A., 1973: Besucher aus dem All. Hermann Bauer Verlag KG, Freiburg.
- Schneider, A., 1976: Elektromagnetische und gravitative Wirkungen von UFOs. In: Ungewöhnliche Gravitationsphänomene. Icking.
- Schneider/Malthaner, 1976: Das Geheimnis der unbekannten Flugobjekte. Hermann Bauer Verlag KG, Freiburg.

- Schneider, S., 1974: Luftbild und Luftbildinterpretation. Walter de Gruyter/Berlin/New York.
- Schöttle, H., 1975: Agfacontour - Fotografie zwischen Design und Kunst. Hobby 5: 26-34.
- Schwidefsky, K., 1963: Grundriß der Photogrammetrie. Teubner/Stuttgart.
- Sheaffer, R., 1976: Is seeing always believing? Official UFO Oct.: 26-28, 56-60.
- Skudelny, H., 1977: Fata Morgana. Hobby Nr. 3: 87-89.
- Stanford, R., 1976: Clovis, N.M. 'UFO' was unfocused Saturn. Skylook May:8-9.
- Stanford, R. 1958: Look Up - deutsch - Schaut empor. Ventla, 1960
 1976: Socorro Saucer in a Pentagon Pantry
 1975: Project Starlight International
 Journal of Instrumented UFO Research
 Vol. 1. Nr. 1, P.O. Box 5310, Austin, Texas.
- Stroke, G.W., 1972: Optical computing, IEEE-Spektrum. Dec.:24-41.
- Stüper, J., 1962: Die photographische Kamera. Springer, Wien.
- Süring, R., 1941: 'Die Wolken' in "Probleme der kosmischen Physik".
- Teicher, R., 1974: Handbuch der Fototechnik. Leipzig VEB Fotokino-Verlag.
- Trautmann, E., 1960: Die Luftspiegelung der Alpen.
- Unsöld, A., 1967: Der neue Kosmos, Springer-Verlag.
- Van der Lugt, A., 1974: Coherent Optical Processing. Proceedings of the IEEE, Vol. 62, No. 10:1300-1319.
- Vertongen, J.-L. 1977: Le dossier photo d'Inforespace. Inforespace n° 32, mars:24-28.

- Vieth, G., 1974: Meßverfahren der Photographie. Oldenburg, München.
- Voigt, H.H., 1975: Abriß der Astronomie. Mannheim, Bibl.Inst.
- Westphal, P.G., 1968: UFO-UFO. Das Buch von den fliegenden Untertassen. DVA Stuttgart.
- Wildbolz, J., 1975: Matador der Kamera. Color Foto 10:74-81.
- Wittmann, A., 1976: Gibt es Kugelblitze? Umschau 16:516-521.
- Wohner, H., 1975: 'UFO' über Ebersberg gesichtet? Münchner Merkur, 12./13. April.
- Wurm, K., 1954: Die Kometen.
- Zeichmann, J., 1976: UFO- Helicopter close encounter over Ohio. FSR V. 22, No. 4: 15-19.

