

Photogrammetrie der Westküste Schleswig-Holsteins

Von Rudolf Dolezal

Inhalt

I. Einleitende Bemerkungen	1
II. Luftbild und Karte – Grundlagen zur Beurteilung der Wattengebiete	2
III. Die Luftbildvermessung an der schleswig-holsteinischen Westküste seit dem Jahre 1935	3
1. Aufgabenstellung	3
2. Das Verfahren der Watt-Luftbildvermessung	5
2.1 Die Flugplanung	6
2.2 Die Paßpunkte im Wattengebiet	8
2.3 Der Bildflug	9
3. Die Bildplanherstellung	11
3.1 Die Filmbearbeitung	11
3.2 Die Bildtriangulation	12
3.3 Die Einzelbildauswertung	15
3.4 Die Reproduktion	17
3.5 Die Bildplangenauigkeit	17
IV. Der Bildflug für Sonderaufgaben an der Küste	19
1. Ermittlung von Sturmflutschäden an Deichen	19
1.1 Auswertung	19
1.2 Eine stereoskopische Untersuchung von Deichschäden aus dem Hamburger Katastrophengebiet des Jahres 1962	22
2. Hilfsmittel bei der Lösung hydrologischer Fragen	23
3. Eisbeobachtungen für den Küstenschutz	23
4. Anwendung bei der Höhenvermessung der Watten. Das Wasserlinienverfahren – eine neue Methode zur Herstellung von Höhenwattkarten aus Luftbildern	24
V. Zusammenfassung	25
VI. Summary	26
VII. Schriftenverzeichnis	27

I. Einleitende Bemerkungen

Vom ehemaligen Reichsamt für Landesaufnahme wurden seit dem Jahre 1928 von der Westküste Schleswig-Holsteins nur kleine Teilgebiete des Festlandes und einige Inseln und Halligen mit Hilfe von Luftbildern erstmalig erfaßt. Sie dienten zur Herstellung der Deutschen Grundkarten im Maßstab 1:5000. Da seinerzeit weder das Watt noch die engere Umgebung der Inseln mitaufgenommen wurde, fehlte die Darstellung der Verbindungsflächen zwischen der Festlandküste und den Inseln und Halligen. Große zusammenhängende Wattflächen wurden erst in den Jahren 1935–1938 als Teilgebiet der Westküstenforschung durch Luftbild-Senkrecht-aufnahmen dargestellt und damit die Verwendungsmöglichkeiten von Luftbildern der Nordsee-küstenlandschaft für spezielle Forschungsaufgaben (Wattkartierungen) und dem Küstenschutz dienende Ziele des Landes Schleswig-Holstein ausgenutzt. Es wurden entzerrte Luftbildpläne im Maßstab 1:10000 im Schnitt der Wattgrundkarten hergestellt.

Das eine Fläche von rund 2500 km² darstellende Bildmaterial wurde teilweise auch zu Bildplänen im Maßstab 1:25000 verarbeitet.

Um die im Jahre 1935 begonnenen terrestrischen Wattvermessungen abschließen zu können, wurden in den Jahren 1946–1950 der ehemaligen Forschungsstelle Westküste durch die *Royal Air Force* einige nicht entzerrte Senkrechtaufnahmen zur Verfügung gestellt. Sie dienten

lediglich zur Orientierung im Wattengebiet und zur Festlegung der Standlinien, da sie den derzeitigen Zustand der noch aufzunehmenden Gebiete zeigten.

Mit ihrer Hilfe konnten die im Jahre 1946 wieder aufgenommenen Wattvermessungen und die Herstellung der restlichen Wattgrundkarten der schleswig-holsteinischen Westküste zum Abschluß gebracht werden.

II. Luftbild und Karte – Grundlage zur Beurteilung der Wattengebiete

Entsprechend der historischen Entwicklung der Kartographie spielt in der von den Landesvermessungsämtern hergestellten topographischen Karte 1:25 000 das Watt bisher nur eine untergeordnete Rolle (BREDOW 1953).

Es werden die eingedeichten Inseln dargestellt, aber als untere Wattgrenze findet man lediglich eine im Wasser verlaufende Linie, deren Lage der amtlichen Seekarte entnommen wurde.

Die Seevermessung räumt der Darstellung der Watten eine größere Bedeutung ein als die Landvermessung. Es werden in den Seekarten die Wattränder dargestellt und das Wattgebiet selbst durch die gelbe (Warn-)Farbe gekennzeichnet. Während in den Seeflächen zahlreiche Tiefenzahlen angegeben sind, sind die dargestellten Wattflächen nur spärlich mit Höhenpunkten versehen. Die Höhenangaben selbst sind auf das in Landkarten ungebräuchliche und zeitlich schwankende Seekartennull (M_{Sp}T_{nw}) bezogen. Aus den Veröffentlichungen der Landes- und der Seevermessung erkennt man, daß sie die exakte Fixierung der Watten nicht zu ihrer eigentlichen Aufgabe zählen.

ERMEL (1952) sagt: „Die Landkarte im Sinne einer Karte, die das Festland darstellt, ist allgemein bekannt. Die Seekarte ist meist nur einem beschränkten Kreis von Fachleuten geläufig, der sich im wesentlichen aus der seefahrenden und der Küstenbevölkerung zusammensetzt. Es ist daher nicht weiter verwunderlich, daß die Kartographie des Meeres nahezu völlig getrennt von der des Landes einhergeht, daß die Küstenlinien des Meeres beide scheiden und daß für sie eine fremde Welt an der Küste beginnt“ [9].

Die Westküstenforschung wie auch die staatlichen Organe des Küstenschutzes waren daher um eine einheitliche kartographische Erschließung des gesamten Wattgebietes an der schleswig-holsteinischen Westküste bemüht, da diese für ihre großräumigen Untersuchungen, Planungen und für die Durchführung von Küstenschutzbauten die genaue morphologische Beschaffenheit des Küstenvorlandes kennen mußten.

Wie die seit dem Jahre 1934 systematisch erfolgte Wattvermessung durchgeführt wurde, haben HABERSTROH und LORENZEN (1938) [14, 21] sowie DOLEZAL (1952) [5] beschrieben, und wie aus den Wattgrundkarten die topographischen Wattkarten im Maßstab 1:25 000 entstanden sind, hat PETERSEN (1959) [30] mitgeteilt.

Das Luftbild wird dabei stets als ein wertvolles Hilfsmittel zur Orientierung für die notwendige Planung der terrestrischen Wattaufnahme und letztlich auch für die Herstellung der Wattkarten verwendet.

Alle topographischen Wattkarten sind auf NN bezogen. Für die Interpretation der Luftbildpläne 1:10 000 und 1:25 000 ist diese Tatsache von Bedeutung, denn die in den Bildplänen dargestellten Küstenlinien werden hiermit auch auf die amtlichen topographischen Karten der Landesvermessung festgelegt.

Luftbilder mit kleineren Maßstäben als 1:25 000 sind im allgemeinen als Übersichten verwendbar. Die Bildpläne im Maßstab 1:10 000 zeigen kleinere Objekte, doch lassen sich Klein-

formen des Watts unterhalb 1 m Größe nicht mehr erkennen. Es werden daher auch für ausgewählte Gebiete Senkrecht-Luftbilder im Maßstab 1 : 5000 und 1 : 3000 hergestellt.

Die Gezeitenverhältnisse und die unterschiedliche Durchsichtigkeit des Wassers müssen bei der Auswertung von Luftbildern der Watt- bzw. Küstenlandschaft beachtet werden, weil die lokalen Verhältnisse von besonderer Bedeutung sind.

Jede wissenschaftliche Auswertung und Interpretation von Wattleuftbildern für Landgewinnung, Deich-, Damm-, Wasserstraßen- und Hafenbau erfordert außer allgemeinen geographischen, ozeanographisch-hydrographischen und seemännisch-nautischen Kenntnissen auch spezielle Kenntnisse der jeweiligen Örtlichkeit.

Dunkle Flecken können Legden, also wassergefüllte Mulden, aber auch mit Algen oder Seegras bewachsene Wattflächen sein. Muschelbänke im Watt können sehr oft durch die Reflexion des Lichtes im Augenblick der Aufnahme zu falschen Deutungen führen (vgl. Aufsatz KÖNIG in diesem Heft).

In jüngster Zeit bedient man sich auch des „Infrarotluftbildes“, weil die tiefschwarz erscheinenden Wasserflächen gut abgegrenzt werden können. Auch Schrägaufnahmen sind für die Küstenforschung wertvoll. Sie bringen sogar in die flachen Wattgebiete plastische Anschaulichkeit und Panoramawirkung.

Die von HEISER (1933) gezeigten 9 „Flugbilder“ von Inseln, Halligen, Kögen, Watt- und Lahnungsnetzen sind von historischem Wert. Sie wurden im Jahre 1933 von der Hamburger Luftbild GmbH, Hamburg-Flughafen, hergestellt und zeigten zum erstenmal in Schrägaufnahmen aus der Vogelperspektive die bisher wenig bekannte Watt-Landschaft. Sie haben orientierenden Wert, lassen sich aber für exakte Vergleiche mit entzerrten Senkrecht-Luftbildern nicht verwenden [15].

III. Die Luftbildvermessungen an der schleswig-holsteinischen Westküste seit dem Jahre 1935

1. Aufgabenstellung

Mit dem Beginn des Forschungsprogramms im Herbst 1934, das die Grundlage des Zehn-Jahresplanes für Küstenschutz und Landgewinnung durch umfassende Untersuchungen im Wattenmeer klären sollte (LORENZEN 1938, HABERSTROH 1938), ergab sich als größte und vordringliche Aufgabe die erstmalige Erfassung des Wattenmeerraumes zwischen den Seedeichen und der offenen See in seinen Formen und seinem Aufbau. Von diesem, rund 200 000 ha großen Gebiet vor der Westküste zwischen Elbe und der Landesgrenze im Norden Sylts waren bis dahin lediglich die küstennahen Wattränder bekannt, soweit sie für den Schutz der Deiche, für die Landgewinnung oder die Entwässerung der Marschen für wichtig gehalten wurden. Die Peilungen der Deutschen Seewarte beschränkten sich im wesentlichen auf die Seewasserstraßen und die schiffbaren Wattströme, wobei aber nicht einmal die angrenzenden Wattflächen in ihrer Umgrenzung ausreichend aufgenommen werden konnten. Die weiten Gebiete des eigentlichen Watts aber waren weder in ihrer Ausdehnung noch in ihrer Höhenlage vermessen oder untersucht worden.

Für die weiteren Untersuchungen über den Aufbau des Wattenmeeres durch Bohrungen und Schürfungen, über die Formen und ihre Veränderlichkeit, über die tierische und pflanzliche Besiedlung ist die vermessungsmäßige Feststellung der Wattflächen nach Lage und Höhe die erste und wichtigste Voraussetzung. Ein Bild der Lage und Formen seiner Oberfläche erhält man durch Vermessung, mit deren Hilfe Umriss und Höhenlage der Watten ermittelt und zeichnerisch in Lage- und Höhenplänen dargestellt werden. Auf dem Festlande „liegt die Landschaft“

in der Regel fest. Sie ist nur an bestimmten Stellen durch die Entwicklung der Technik, der Großindustrie und des Großverkehrs und die dadurch bewirkten Siedlungen größeren Änderungen unterworfen. Im Wattenmeer liegen die Verhältnisse wesentlich schwieriger. Hier kann man durch Vermessung stets nur einen Augenblickszustand erfassen, der sich, man kann fast sagen laufend, zum Teil tiefgreifend ändert. Die Zustandsänderung wird durch die zweimal täglich auftretenden Gezeiten, durch Wind (Brandung), Strömung bewirkt. Es kommt darauf an, die Zustandsänderung in der Wattlandschaft, insbesondere die Richtung der Entwicklung (Aufhöhung, Verlandung, Abtrag, Beharrung) festzuhalten. Deshalb ist es nicht mit einer einmaligen Ermittlung und Darstellung eines jeweiligen Ausschnittes getan. Die Wattgestalt muß in ihrer Änderung so oft festgehalten werden, wie dies für die Deutung der Gesamtentwicklung notwendig ist. Die Lösung dieser Aufgabe begegnet im Wattenmeer selber erheblichen Schwierigkeiten. Das Watt fällt im Gezeitenrhythmus nur für die Dauer weniger Stunden trocken, so daß eine Vermessung mit dem Nivellierinstrument oder Tachymeter mit wirtschaftlich vertretbaren Mitteln sehr langsam fortschreitet und der Zustand zu einer bestimmten Zeit stets nur für sehr kleine Flächenausschnitte erfaßt wird. Nun genügt es zwar, wenn man nicht das ganze Wattenmeer „gleichzeitig“ erfaßt, sondern sich jeweils auf bestimmte, in sich geschlossene „Wattstromgebiete“ beschränkt. Aber selbst die Vermessung eines bestimmten Stromgebietes, wie zum Beispiel das der „Norderhever“, der „Eidermündung“ oder der „Piep“ erfordert auf terrestrischem Wege die Arbeit etwa eines Jahres. Ein Lage- und Höhenplan von einem solchen Bezirk ist also genaugenommen eine Zusammenstellung von vielen nicht gleichzeitig aufgenommenen Einzelgebieten, in denen sich die Gestalt des Watts sowohl durch den fortwährend wechselnden Wasserstand als auch durch Strömung und Wellen ständig ändert. Nimmt man zum Beispiel an, daß in stark beweglichen Wattgebieten die Veränderung innerhalb eines Tages gerade noch als praktisch nicht ins Gewicht fallend anzusehen ist, so würde der in 200 Arbeitstagen, also in einem Jahr hergestellte Vermessungsplan eines Gebietes 200 verschiedene Zustände mit einer wesentlichen Gesamtveränderung erfassen. Deshalb ist die Zusammensetzung mehrerer, nicht gleichzeitig vermessener Einzelpläne zur Karte eines Stromgebietes infolge eingetretener Formänderungen in Einzelgebieten nicht absolut einwandfrei möglich. Hinzu kommt, daß bei der Größe der aufzunehmenden Wattflächen auf die Einmessung kleinerer Watt- und Prielformen verzichtet werden muß, obwohl diese, besonders in Deichnähe, fast immer bedeutungsvoll für die weitere Wattveränderung sind.

Wie schon dargelegt wurde, führten diese Mängel der „terrestrischen“ Vermessungen auf der Suche nach besseren Methoden zur Einschaltung des Luftbildes in die Wattvermessung [32]. Der Stand des Luftbildwesens ließ erwarten, daß durch Senkrecht-Aufnahmen und deren Entzerrung zu maßstabgetreuen Bildplänen der gleichzeitige Zustand von einem erheblich größeren Gebiet erfaßt werden würde. Die Luftbildaufnahme und ihre weitere Verarbeitung zu entzerrten Luftbildplänen sollte und konnte die terrestrische Vermessung nur ergänzen, nicht aber ersetzen; denn es erschien bei den geringen, nach Dezimeter und Zentimeter zu messenden Höhenunterschieden im Wattenmeer und dessen eintöniger Farbgebung die Erreichung einer hinreichenden Plangenaugigkeit bei der Herstellung von Watt Höhenplänen aus Luftbildern von vornherein aussichtslos. Eine Ausnahme bilden die weit nach See zu vorgeschobenen Watten und Sände, deren Vermessung auf terrestrischem Wege nicht durchführbar ist und bei denen es im allgemeinen genügt, die großförmige Gestalt und ihre Änderung zu erfassen. Hier ist das Luftbild überhaupt die einzig mögliche Form einer hilfswisen Vermessung. Dagegen versprach der Luftbildplan über die Arbeitsgrenzen der terrestrischen Vermessung hinaus eine anschaulichere Darstellung der Kleinformen des Wattenmeeres mit seinen unendlich feinen Prielen und auch die für Biologen und Geologen besonders wichtige, auswertbare Darstellung der Oberflächenzusammensetzung der Sedimente.

Besondere Erfahrungen über die Brauchbarkeit der Luftbildpläne für den Zweck der Wattenmeervermessung lagen in systematischer Richtung bei Beginn der Forschungsarbeiten (1934) noch nicht vor. Einzelbilder und Schrägaufnahmen vom Watt hatten lediglich die Möglichkeit verschiedener Auswertung des „Luftbildes“ erkennen lassen.

Bevor auf die durchgeführten Arbeiten und ihre Verwendbarkeit im einzelnen eingegangen wird, seien einige Bemerkungen über das Verfahren der „Watt-Luftbildvermessung“ vorausgeschickt.

2. Das Verfahren der Watt-Luftbildvermessung

Die Luftbildvermessung im Wattenmeer unterscheidet sich, abgesehen von den erforderlichen Vorbereitungen im Aufnahmegelände, im Aufnahmeverfahren nur unwesentlich von der üblichen Luftbildvermessung des Festlandes. Die Aufnahme erfolgt mit einer im Flugzeug besonders eingebauten, automatisch betriebenen Reihenmeßkammer, welche Senkrecht-Aufnahmen liefert. Das Watt wird in einzelnen Streifen befliegen. Innerhalb der Streifen ist die Bildfolge so eingestellt, daß jede Aufnahme etwa 60–80% von der vorhergehenden und nachfolgenden Aufnahme überdeckt. Auch die seitliche Überdeckung der Aufnahmestreifen soll möglichst groß sein, eine Forderung, die bei der schwierigen Orientierungsmöglichkeit im Wattengebiet nicht immer erfüllt werden kann.

Die erste Frage vor Inanspruchnahme der Bildmessung ist die nach der Genauigkeit der Bildpläne, d. h. ihre Maßstabtreue. Die Genauigkeit des Luftbildes hängt von der Zahl der im aufgenommenen Gelände vorhandenen und im Bild gut erkennbaren und koordinatenmäßig eingemessenen oder einmeßbaren Punkten, den sogenannten *Paßpunkten* ab.

Unabhängig davon sind die durch das Aufnahmegerät und seine Verwendung im Flugzeug gegebenen Grenzen. Die Paßpunkte sind für die Entzerrung des Luftbildes und seine Verarbeitung zum maßstabgetreuen Plan unerlässlich. Auf dem festen Lande läßt sich meist eine beliebige Zahl von vorhandenen, bleibenden Paßpunkten ermitteln, die entweder vermessen sind oder leicht vermessen werden können. Außerdem ist das Landschaftsbild des festen Landes meist so eindeutig, daß fast immer genügend Hilfsmittel für das Zurechtfinden im Gelände und später auf den Luftbildern vorhanden sind. Das Watt dagegen stellt von Natur aus eine mit nur wenigen deutlich erkennbaren, bleibenden Punkten und Linien versehene Landschaft dar. Hier müssen daher Paßpunkte künstlich neu erstellt oder moderne Auswerteverfahren angewendet werden.

Über die bei den Wattaufnahmen erreichbare Genauigkeit konnten zu Beginn der Befliegung in den dreißiger Jahren keine bindenden Abmachungen mit der beauftragten Firma getroffen werden. Es wurde lediglich das Ziel der Luftbildaufnahme bekanntgegeben, das sich in folgenden allgemeinen Forderungen zusammenfassen läßt:

1. Es müssen klare, anschauliche Bilder von der Landschaft des Wattenmeeres geliefert werden.
2. Wichtig ist die gleichzeitige Erfassung größerer Watträume zum Zwecke der Schaffung eines Gesamtplanes für weitere Untersuchungen und technische Planungen.
3. Der Luftbildplan soll durch spätere Wiederholung die Möglichkeit geben, eingetretene Veränderungen der Wattformen genügend genau nach Lage und Umfang festzustellen.

Um diese Forderungen zu erfüllen, waren nach vorliegenden, allgemeinen Erfahrungen folgende Voraussetzungen notwendig:

- a) Als erster Anhalt für die zu erstrebende Plangenaugigkeit wurde zunächst in Anlehnung an die Richtlinien der Landesaufnahme für die bei Herstellung der topographischen Grundkarten zulässige Fehlergrenze (bei der Luftbildvermessung eine Plangenaugigkeit von ± 10 m in der Natur) auch für die Grundkarten der Wattaufnahme im Maßstab 1 : 10 000 als wünschenswert bezeichnet.

- b) Bei der ständigen Änderung der über Wasser sichtbaren Wattformen infolge der Wasserstandsschwankung ist zu berücksichtigen, daß die Aufnahme Flüge in der Zeit der geringsten Wasserpiegelschwankung ausgeführt werden. Dies ist der Zeitraum von etwa einer Stunde vor bis äußerstenfalls eine Stunde nach Tideniedrigwasser, wobei die Tiden von den mittleren Verhältnissen nicht zu stark abweichen dürfen.
- c) Um schließlich die für die vielseitige Benützung der Luftbildpläne erforderliche Deutlichkeit der Wattformen im Bildplan zu erreichen, ist die Aufnahmezeit an bestimmte Wetterlagen gebunden. Zur Erzielung klarer, alle wichtigen Geländeeigenschaften darstellender Aufnahmen ist möglichst sichtiges, wolkenloses Wetter und eine entsprechende Tageszeit zu wählen.

2.1 Die Flugplanung

In den Jahren 1934–1939 sind jeweils nur in sich abgeschlossene Teilgebiete der Watten befliegen worden. Der Aufnahmeflug erfolgte in etwa 2000 m Höhe für den gewünschten Planmaßstab 1 : 10 000 (Anlage 1). Schon damals wurde zur Erleichterung der Entzerrung und zur Erhöhung der Plangenauigkeit besonders in Gebieten mit großen Wasserflächen und allein liegenden Außensänden eine zusätzliche Hochbefliegung durchgeführt. Diese Aufnahmen wurden mit einer Weitwinkel-Kammer (10–20 cm Brennweite) gemacht. Sie erfaßten gleichzeitig ein größeres Gebiet, so daß die auch entfernter liegenden Paßpunkte mitverwendet werden konnten.

Nachdem Deutschland im Mai 1955 die Lufthoheit wiedererhalten hatte, waren mehrere Privatfirmen bereit, Aufträge für Befliegung und Auswertung zu übernehmen. Die Wasserwirtschaftsverwaltung des Landes Schleswig-Holstein hatte bereits 1952 mit der Planung der Luftbildvermessung ihres gesamten Wattengebietes begonnen.

Zweck der schließlich im Jahre 1958 erfolgten Befliegung war, einen einheitlichen Bildplan – „in einem Guß“ – zu bekommen. Dabei war zu berücksichtigen, daß sich eine sogenannte „Luftbild-Aufnahmezeit“ in Deutschland auf einen Zeitraum von Ende März bis Anfang Oktober erstreckt. In dieser Zeit stehen für Luftbild-Meßflüge im Durchschnitt nur etwa 20 bis 30 einwandfreie Aufnahmetage zur Verfügung, da Bildflüge dieser Art nur bei wolkenlosem Himmel möglich sind. Erschwerend kommt hinzu, daß ein solcher Flugauftrag an bestimmte, von der Tide abhängige Termine gebunden ist.

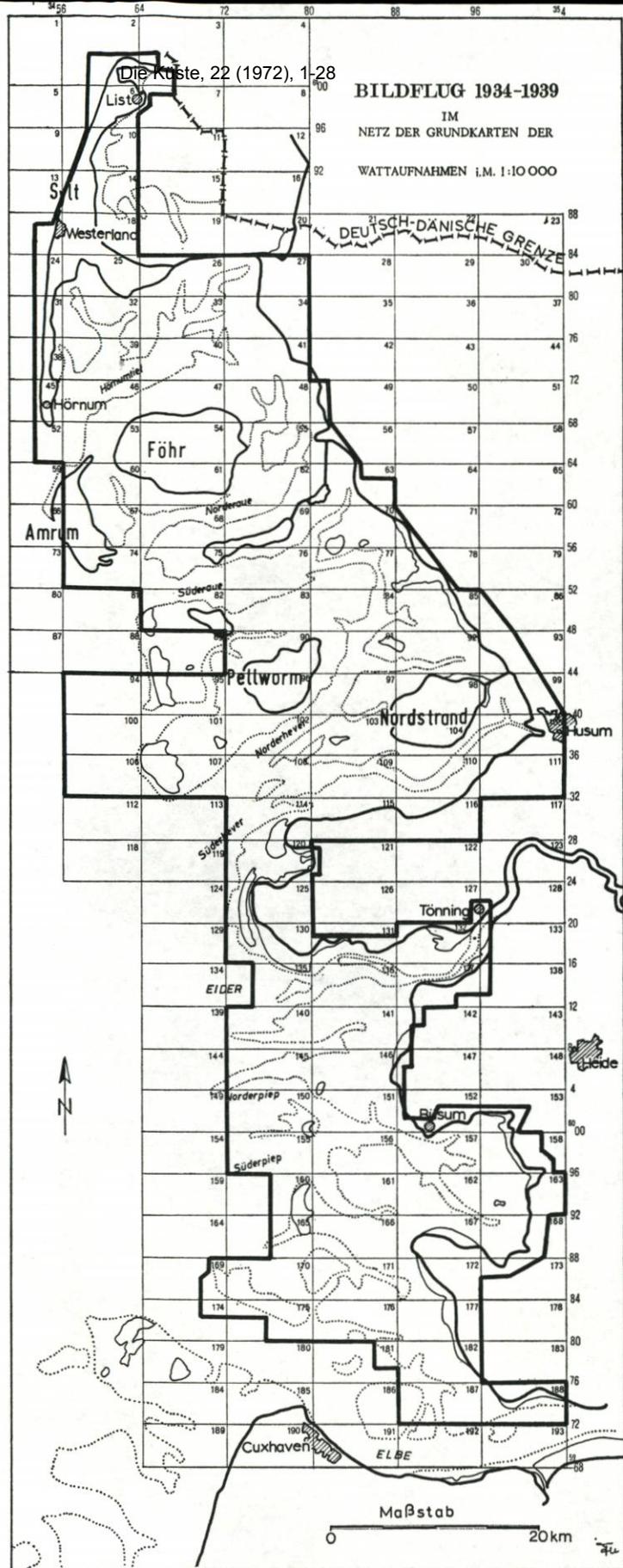
Die Bildpläne sollen den Zustand des Wattenmeeres im Zeitpunkt des niedrigsten Wasserstandes zeigen. Daraus folgt, daß die Aufnahmearbeiten stets unter erheblicher Zeitnot stehen. Um also diesen Gesamtplan in kürzester Zeit, während nur einer Luftbild-Aufnahmesaison, herstellen zu können, war es notwendig, einen kleineren Maßstab als 1 : 10 000 zu wählen. Der Auftrag lautete daher:

Für den Bereich der gesamten Westküste Schleswig-Holsteins sind maßstabsgerechte Luftbilder, sogen. Luftbildpläne, im Schnitt und Format der amtlichen topographischen Karten i. M. 1 : 25 000 und 1 : 50 000 herzustellen. Schnitt und Format entsprechen dabei der inzwischen fertiggestellten topographischen Wattkarte i. M. 1 : 25 000 (Anlage 2).

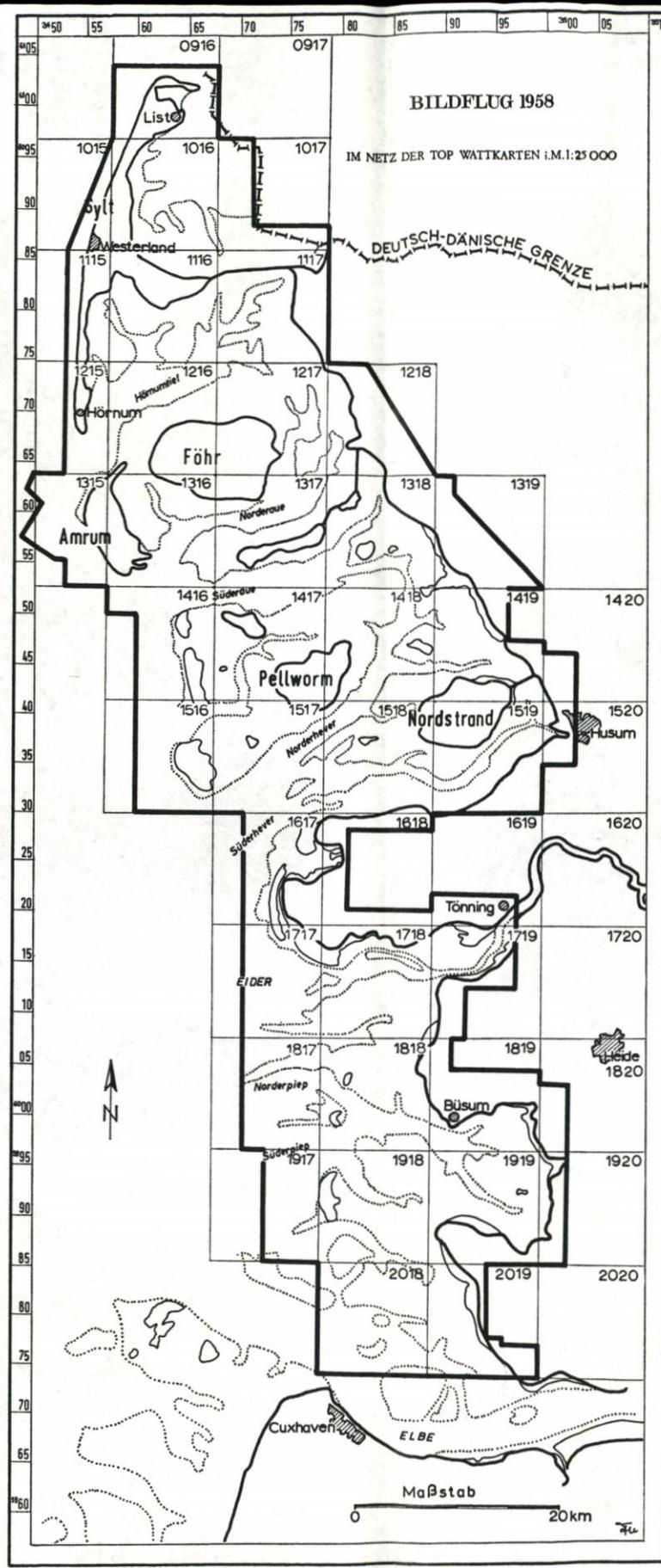
Um Bildpläne 1 : 25 000 und 1 : 50 000 sowie auch eventuelle Teilentzerrungen bis zum Maßstab 1 : 5000 fertigen zu können, wurde für die Befliegung der Bildmaßstab 1 : 20 000 gewählt. Dieser Bildmaßstab erfordert eine Flughöhe von 4000 m. Die Einzelluftbilder zeigen einen Geländeausschnitt von 6×6 km. Um eine hohe Bildqualität zu erhalten, sollten für die Herstellung der Bildpläne nur Bildmitten verwendet werden. Aus diesem Grunde und auch, weil eine Flugorientierung im Wattengebiet erschwert ist, wurde eine Längsüberdeckung der Bilder von 75–80% und eine Querüberdeckung der Flugstreifen von 40% gewählt. Hieraus ergibt sich ein Streifenabstand von 2400 m.

Die Planung der Flugstreifen für die Gesamtbefliegung des Wattengebietes ist weitgehend von zwei Faktoren abhängig:

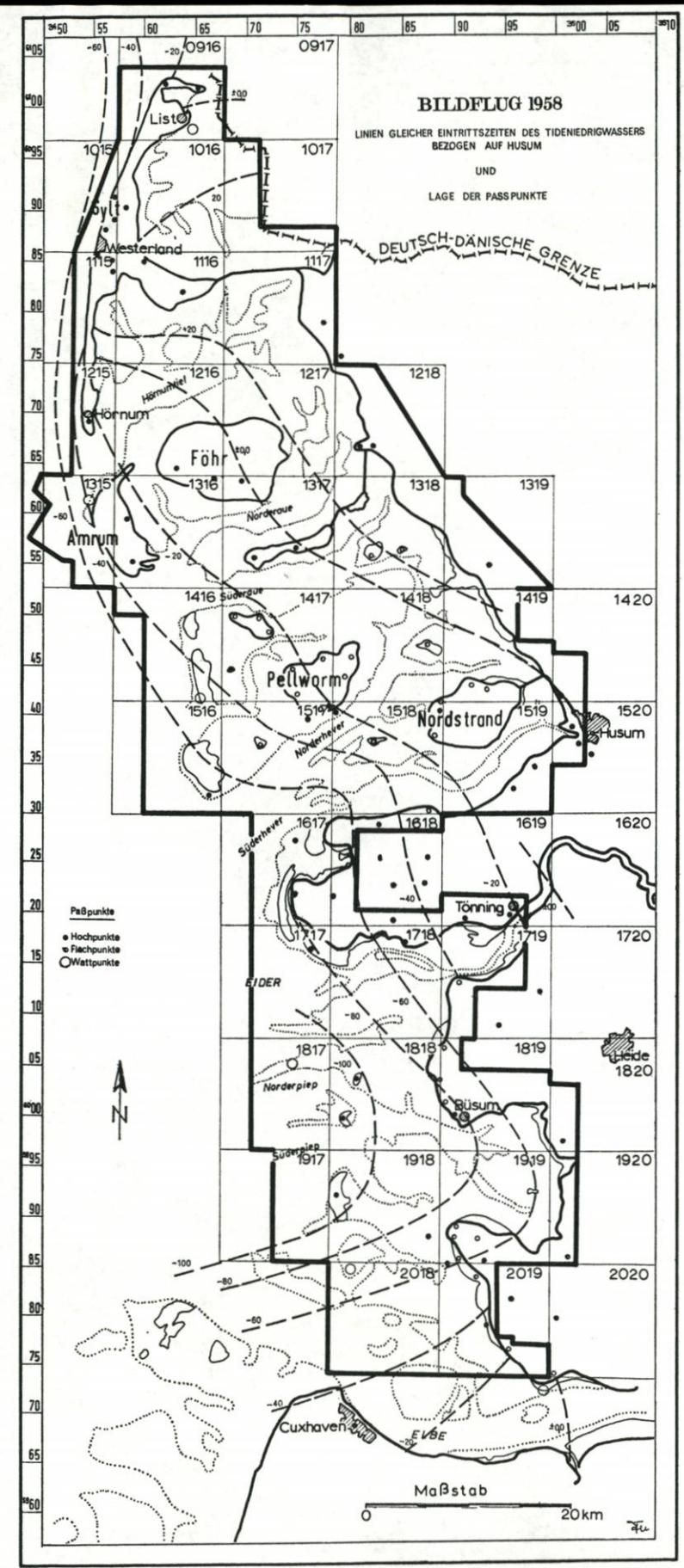
1. Die Streifen müssen, um die Flugzeiten voll ausnützen zu können, etwa parallel zum Ver-



Anlage 1



Anlage 2



Anlage 3

lauf der Linien gleicher Tideniedrigwasserzeiten liegen (Anlage 3). Sie folgen also stets dem ablaufenden Wasser und gehen vor dem auflaufenden Wasser wieder landwärts zurück.

2. Es ist nötig, für jeden Streifenanfang einen markanten, aus der Luft sichtbaren Bodenpunkt zu wählen. Auf Grund dieser Bedingungen liegt jeder Flugstreifen mit seinem Anfangspunkt über festem Land bzw. über einer markanten Sandbank.

Unter Berücksichtigung der Flugdauer für jeden Streifen und der Flugzeit für Schleife oder Anflug zum nächsten Flugstreifen wurde ein Zeitplan aufgestellt. Durch ihn wurde festgelegt, zu welchem Zeitpunkt der betreffende Flugstreifen begonnen werden mußte, nämlich zur Zeit des niedrigsten Wasserstandes im Bereich des jeweiligen Flugstreifens.

Bei günstigem Flugwetter wurde an Hand des Tiden-Planes (er enthält alle für die Befliegung möglichen Tideniedrigwasserzeiten) für Null der Zeitskala die Tnw-Zeit von Husum in den Zeitplan eingefügt, weil die Linien gleicher Eintrittszeiten des Tideniedrigwassers auf Husum bezogen sind ($-20 = 20$ Minuten früher als Husum) [29], und der Zeitpunkt des Einfluges in jeden Flugstreifen in M.E.-Zeit eingetragen. Auf diese Weise wurden Zeitpläne für 60 Flugstreifen aufgestellt. Für die Einhaltung des genauen Zeitplanes während des Bildfluges ist engste Zusammenarbeit zwischen dem Flugkapitän, dem Navigator, dem Operateur, den Wasserstands-Beobachtungsstellen (Pegeln) und den Meteorologen notwendig.

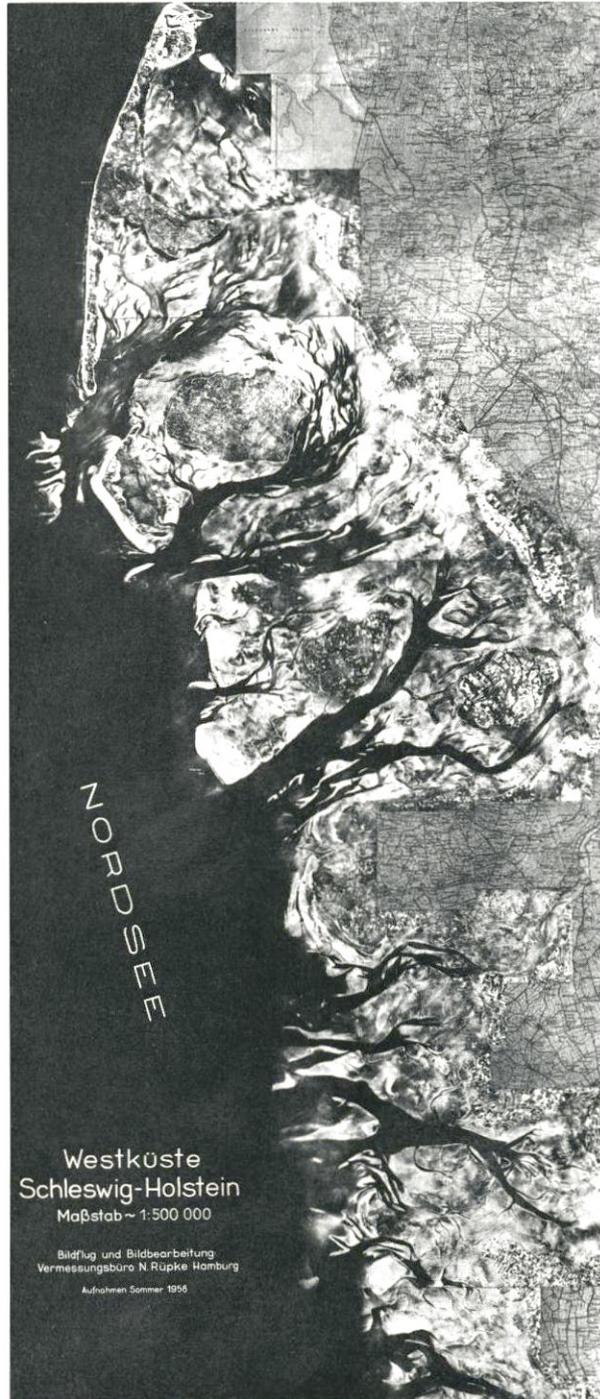


Abb. 1. Gesamtbildplan der schleswig-holsteinischen Westküste, Befliegung 1958. Bildmaßstab 1 : 500 000. Bildarchiv Landesamt für Wasserwirtschaft Schleswig-Holstein

2.2 Die Paßpunkte im Wattengebiet

Soweit die Auswertung aus Luftbildern nicht auf bereits bekannte Kartenlinien, z. B. in der Karte vorhandene Wege u. a., bezogen werden kann, sind die photogrammetrischen Messungen ähnlich in ein Netz von Bezugspunkten einzuhängen wie jede sonstige vermessungstechnische Aufnahme. Dabei sind an die photogrammetrischen Bezugspunkte besondere Anforderungen zu stellen. Sie müssen im Luftbild eindeutig und zweifelsfrei erkennbar, am Auswertegerät einstellbar und nach ihren Koordinaten der Lage und bei Doppelbildauswertungen auch der Höhe nach bekannt sein. Es lassen sich selten bereits bekannte Punkte des Landesfestpunktnetzes verwenden. Es ist daher notwendig, daß der photogrammetrischen Auswertung eine Paßpunktbestimmung vorausgeht. Die Paßpunkte können sowohl polygonometrisch als auch trigonometrisch bestimmt werden.

Die Entzerrung der Luftbilder erfolgte mit Hilfe eines Paßpunktnetzes. Als Paßpunkt dienten die bereits in ihrer Lage nach Koordinaten bekannten trigonometrischen Punkte der Landesaufnahme. Bei diesen Paßpunkten handelte es sich zu einem erheblichen Teil um Hochpunkte (Leuchttürme, Kirchen, Baken und dergl.). Zur Verdichtung dieses Punktnetzes wurden etwa 50 Paßpunkte auf den Inseln, Halligen und Festlandsdeichen und 6 Paßpunkte auf dem Watt ausgelegt und koordiniert (Anlage 3). Die Auslegung der Paßpunkte und die Paßpunktbestimmungen waren Sache des Landesamtes für Wasserwirtschaft und der Marschenbauämter Husum und Heide.

Auf dem Festland erfolgte die Signalisierung der Paßpunkte mittels weißer Metallscheiben, sogen. Markierungshauben, mit einem Durchmesser von 60 cm. Zur besseren Identifizierung der Scheiben wurden zusätzlich zwei Metallstreifen von $1,4 \times 0,30$ m im rechten Winkel zur Scheibe stehend ausgelegt und sorgfältig befestigt. Im Watt wurden die Paßpunkte durch viereckige Platten 1×1 m dargestellt. Diese Wattpunkte waren etwa kniehoch über dem Watt befestigt, so daß keine Gefahr für eine Auskolkung bzw. Verschlammung bestand. Trotzdem war es notwendig, diese Paßpunkte kurz vor und während der Aufnahmezeit auf ihre Lage und Sichtbarkeit zu kontrollieren. Von allen signalisierten Paßpunkten wurden orientierende Lageskizzen, auch von Wattpunkten durch Einmessung zum nächsten Priel oder Stack (Landgewinnungswerk), angefertigt.

Die spätere Erfahrung, insbesondere bei der Feststellung der auf den Fliegerfilmen und den Kontaktabzügen abgebildeten Paßpunkte, hat eindeutig ergeben, daß Markierungsscheiben mit einem Durchmesser von 1 m oder Scheibengruppen besser gewesen wären [10, 33].

Für die Herstellung der Luftbildpläne wurden im Jahre 1958 verhältnismäßig wenig Feldarbeit und Kosten für die terrestrische Paßpunktbestimmung aufgewendet. Dafür wurden zur Überbrückung der paßpunktlosen Räume die Luftbilder selbst im Wege der „Bildtriangulation“ zur Paßpunktbestimmung mitverwendet.

Da diese Methode für die Herstellung der Luftbildpläne der Westküste erstmalig angewendet wurde und auch bei späteren Befliegungen die notwendigen Entzerrungsunterlagen liefern wird, soll später darauf noch näher eingegangen werden.

Die Schwierigkeiten, die sich bei der Herstellung der Watt-Luftbildpläne in den Jahren 1934–1939, insbesondere bei der Auslegung der vielen Paßpunkte für den geforderten Bildmaßstab 1:10 000 ergaben, waren ausschlaggebend, daß für die Wiederholung der Luftbildmessung der Bildmaßstab 1:25 000 vorgesehen wurde.

Deshalb soll an dieser Stelle noch einmal kurz die Herstellung der Entzerrungsgrundlage – Paßpunkte im Watt – für den Bildmaßstab 1:10 000 erläutert werden. Der große Bildmaßstab erfordert schon rein theoretisch zur Erreichung einer den Festlandverhältnissen ähnlichen Genauigkeit bis zu drei Paßpunkte je km^2 Wattfläche – eine Forderung, die aber im Watt

nicht immer erfüllbar war und ist. Für den größten Teil der damaligen Wattaufnahmen betrug der Abstand der Paßpunkte im Watt im Mittel 3–5 km.

Die große Entfernung der Punkte voneinander und das teilweise unwegsame Watt erschwerten den Antransport der Baustoffe und verlangten erheblichen Aufwand an Zeit und Personal.

Bei der damaligen Flughöhe von 2000 m hatte sich nach mancherlei Versuchen mit Fliegerkreuzen und Winkeln verschiedener Abmessungen, für die es keinerlei Vorbilder gab, folgende Form der Paßpunkte im Watt als brauchbar erwiesen:

Es wurden auf dem Watt Winkel mit einer Schenkellänge von 10–12 m und 50–60 cm Breite hergestellt. Diese Winkel bestanden aus einfachen, weißgestrichenen Schalbrettern. Sie wurden in Brettabstand 30 cm über dem Boden verlegt, um den Auftrieb zu verringern, und mit 0,5–1,0 m langen Pfählen im Watt befestigt. Der Winkelpunkt jedes Paßpunktes wurde alsdann mit dem Theodoliten nach mindestens 4 trigonometrischen Festpunkten eingemessen und durch Berechnung als Rückwärtseinschnitt die Lage der Paßpunkte im Gauß-Krügerschen Koordinatensystem bestimmt.

Da bei der terrestrischen Vermessung die Endpunkte der Standlinien im Watt durch Eisen-schraubpfähle gesichert wurden, konnten einige dieser Punkte als Paßpunkte mitverwendet und damit die Berechnung der Koordinaten erspart werden [5, 14].

2.3 Der Bildflug

Das Aufnahmeflugzeug soll eine stabile Fluglage haben, damit Schwankungen des Flugzeuges während des Bildfluges und damit Abweichungen von der gewollten Senkrecht-Aufnahme gering bleiben. Die mittleren Abweichungen liegen heute in der Größenordnung von 2–3°, wenn entsprechend geeignete zweimotorige Flugzeuge verwendet werden.

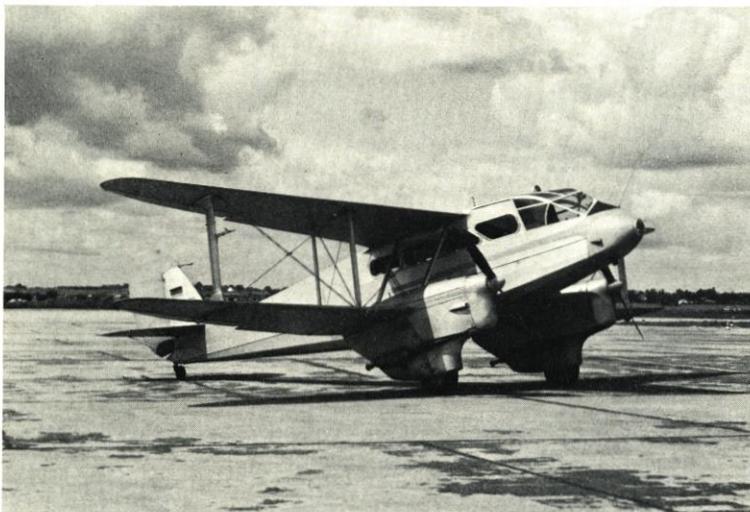


Abb. 2.
Das Bildflugzeug – De Hevilland-Rapide – mit dem im Jahre 1958 die Wattaufnahmen gemacht wurden

Das Flugzeug hat stets hinsichtlich der Reichweite, der Gipfelhöhe (Arbeitshöhe), der Zuladung (Nutzlast), der Sichtverhältnisse und der Möglichkeit des Einbaus von Geräten (Meßkamera, Zusatzinstrumente, Sauerstoffgerät usw.) ausreichende Leistungsdaten zu besitzen.

Eine Vollsicht-Plexi-Kanzel muß dem Navigator genügend Gesichtsfeld freigeben, die

durch Vergleich identischer Punkte im Gelände und in der Karte erfolgt. In Ländern, die über ausreichende topographische Kartenwerke verfügen, befliegt man größere, zusammenhängende Gebiete systematisch nach „Flugkarten“, in die die Lage der Flugstreifen zueinander nach entsprechender Berechnung eingetragen ist.



Abb. 3.
Eine Spezialmaschine im
Luftbildwesen
– Lockheed Aermacchi
AL 60 –

Während mittlere und kleinere Bildmaßstäbe zwischen etwa 1:15 000 und 1:40 000 bei Geschwindigkeiten von 200 bis 280 km/h erreicht werden können, muß man die Fluggeschwindigkeit für große Aufnahme-Maßstäbe von etwa 1:5 000 bis 1:10 000 auf 160 bis 180 km/h vermindern. Die Notwendigkeit der Geschwindigkeitsbegrenzung folgt aus den Aufnahmeintervallen der Reihenbild-Meßkammer, deren schnellste Bildfolge 5 Sekunden beträgt.

An die Aufnahmekammern und insbesondere an die Aufnahmeobjektive wurden in den letzten Jahren immer höhere Anforderungen gestellt.

In Deutschland werden u. a. folgende Reihenbild-Meßkammern verwendet:

Von ZEISS-Aerotopograph die RMK 21/18 (Bildformat 18×18 cm mit dem Meßobjektiv „Topar“ und einer Brennweite $f = 21$ cm); die RMK 15/23 (Bildformat 23×23 cm und einer Brennweite von $f = 15$ cm).

Von WILD die RC 5 a mit zwei auswechselbaren Objektivstutzen (einmal für ein Normalwinkel-Objektiv mit der Brennweite $f = 21$ cm, zum anderen für ein Weitwinkel-Objektiv mit $f = 11,5$ cm; in beiden Fällen für das Bildformat 18×18 cm); ein dritter Stutzen ist für ein Objektiv mit der Brennweite von $f = 17$ cm und einem Bildformat von 23×23 cm eingerichtet.

Für die Aufnahmen der Westküstenbefliegung im Jahre 1958 diente eine Zeiss-Reihenmeßkammer, und zwar die RMK 20/30 (Bildformat 30×30 cm) mit einer Brennweite $f = 20$ cm.

In Abbildung 4 wird die Innenansicht der Bildmaschine (Abb. 2) mit eingebauten Zeiss-Reihenmeßkammern gezeigt.

Vor Beginn des Bildfluges sind Wetterauskünfte einzuholen, besonders für Gebiete, die in größerer Entfernung vom Einsatz-Flughafen liegen, damit wetterbedingte Fehlflüge auf ein Mindestmaß beschränkt bleiben.

Dennoch kam es vor, daß trotz günstiger Wettervoraussagen beim Eintreffen der Bildmaschine im Aufnahmegebiet plötzlich aufziehende Wolken oder Seenebelfelder den vorzeitigen Abbruch der geplanten Aufnahmearbeit erzwingen. Die Unsicherheit der Wasserstände, ver-

ursacht z. B. durch Windstau, machte die laufenden Beobachtungen mindestens eines Pegels im Bereich der zu befliegenden Fläche notwendig. Erst auf Grund der Tendenz ist ersichtlich, ob eine normale Tide zu erwarten ist. Die Einsatzleitung für den Bildflug und der zuständige Pegelsachbearbeiter verständigten sich etwa 2 Stunden vor Tideniedrigwasser über die tatsächlich eingetretenen Tideverhältnisse. Sie hatten zu entscheiden, ob ein Bildflug durchführbar war.

Der Start der Maschine erfolgte nach Zeitplan. Dabei war zu beachten, daß für die Erreichung der Befliegungshöhe von 4000 m eine volle Flugstunde gebraucht wurde. Für den Bildflug standen sodann jeweils rund 2 Stunden zur Verfügung. Eventuelle Verzögerungen gegenüber dem Zeitplan sind durch das Auslassen eines Streifens und einer Warteschleife wieder ausgeglichen worden. Zeitgewinne wurden ebenfalls durch Warteschleifen korrigiert. Da brauchbare topographische Karten als Orientierungsunterlage fehlten, wurden die einzelnen Flugstreifen nach vorausberechnetem Kurs abgeflogen. Für den Rückflug zum Einsatz-Flughafen sind 30 Minuten vorgesehen worden.

Außer vom Flug- und vom Aufnahmegerät sowie vom Filmmaterial hängt das Gelingen einwandfreier Meßflüge entscheidend von dem Können und der Umsicht der Bildbesatzung ab. Diese besteht aus dem Navigator und dem Kameramann. Die Kamera arbeitet zwar selbständig, aber an Hand des Überdeckungsreglers muß laufend die vorgeschriebene Überdeckung geprüft und gegebenenfalls berichtigt werden. Ebenso ist die Horizontierung der Kamera ständig zu beobachten und nachzustellen. Bei Gegenwind sind längere, bei Rückenwind kürzere Bild-



Abb. 4.
Innenansicht der Bild-
maschine – De
Hevilland-Rapide –
mit eingebauten Zeiss-
Reihenmeßkammern

folgen einzuschalten. Eine Abdrift bei Seitenwind muß man durch Gegenhalten des Flugzeuges und Einrichten der Kamera ausgleichen. Mit besonderer Sorgfalt ist die Feinorientierung der vorgeschriebenen Flugstreifen auszuführen.

Alles dies setzt eine gute Verständigungsmöglichkeit und ein reibungsloses Zusammenspiel zwischen dem Flugzeugführer, dem Navigator und dem Kameramann voraus.

3. Die Bildplanherstellung

3.1 Die Filmbearbeitung

Nach dem Bildflug wurde der Fliegerfilm (Perutz-Panfilm 10/20) sofort entwickelt und getrocknet. Danach erfolgte die Eintragung der Bildmitten und Bildnummern in vorbereitete

Karten 1 : 25 000. Damit sollte festgestellt werden, ob alle Flächen vollständig bildgedeckt sind und auch eine ausreichende Überdeckung der Streifen erreicht wurde. Nach endgültiger Sichtung und Ordnung der Filme stand das Aufnahmematerial für die Bildplanherstellung zur Verfügung.

Wegen des Fehlens einer ausreichenden Zahl von Paßpunkten für die Entzerrung jedes einzelnen Photos des Fliegerfilms ist die entsprechende Entzerrungsgrundlage mittels der vorhandenen Luftbilder wie vorgesehen durch die Radialtriangulation vorgenommen worden.

3.2 Die Bildtriangulation

Man unterscheidet in der Bildtriangulation zur Paßpunktbestimmung die Radialtriangulation und die Aerotriangulation. Bei der Radialtriangulation dienen die Luftbilder selbst der Richtungsfestlegung zwischen den einzelnen zu bestimmenden Bild- bzw. Paßpunkten. Ein gut identifizierbarer Bildpunkt in der Nähe des Bildzentrums – Radialpunkt R – wird gewissermaßen als Beobachtungsstandpunkt eines Theodoliten aufgefaßt, von dem die einzelnen bestimmenden Richtungsstrahlen ausgehen. Um mit diesen Richtungsstrahlen eine ganze Bestimmungskette aufbauen zu können, müssen die Luftbilder sich zu etwa 80 % überdecken. Es ergeben sich dann senkrecht zur Flugrichtung Geländeausschnitte, die jeweils in dem vorhergehenden, im mittleren und folgenden Bild abgebildet sind. In diesen dreifach gedeckten Geländeausschnitten sind gut identifizierbare Punkte im Luftbild als Übertragungs- bzw. Paßpunkte aus-

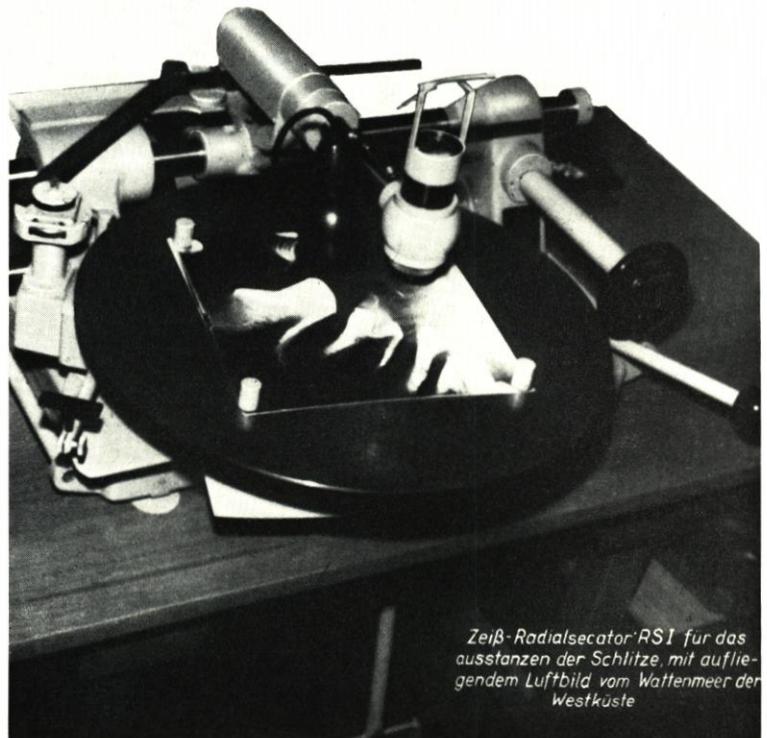


Abb. 5a.
Paßpunktbestimmung
mittels Radialtriangu-
lation. Luftbild der
Wattaufnahme vom
Jahre 1958 im Radial-
secator RSI von Zeiss-
Aerotopograph,
München

*Zeiss-Radialsecator RSI für das
ausstanzen der Schlitze, mit auflie-
gendem Luftbild vom Wattenmeer der
Westküste*

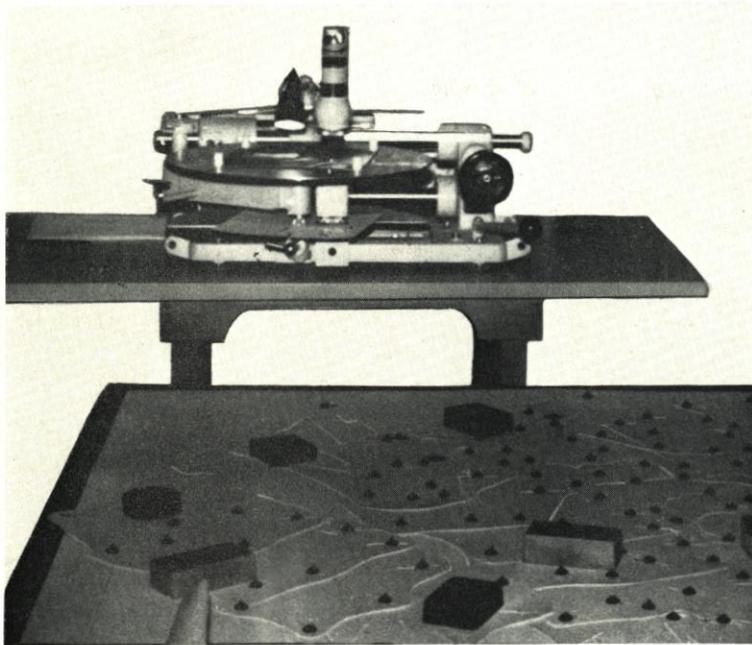


Abb. 5b.
Radialsecator RSI
von Zeiss-Aerotopo-
graph, München,
und ausgelegter Verbund
der Befliegung 1958

zuwählen. Zwischen bekannten Anfangs- und Endpunkten eines Flugstreifens lassen sich auf Grund rechnerischer Auswertungen nach angemessenen Bildwinkeln am Radialtriangulator oder auf Grund einer graphischen Auswertung nach transparenten Radialpausen die Koordinaten der Zwischenpunkte eines Streifens bestimmen.

Zur flächenhaften Bestimmung bedient man sich mit Vorteil der Radialschlitzmethode. Statt rechnerisch ermittelter Richtungen oder graphisch aufgetragener Richtungsbüschel werden die Richtungsstrahlen als Schlitze aus einer Schablone mit einer Radialschlitzstanze (Abb. 5a) ausgestanzt. Die Schlitze verlaufen von dem Radialpunkt aus gesehen radial über den jeweiligen Bestimmungspunkt. Die Schablonen aller Flugstreifen werden zu einem Verband zusammengeknüpft, so daß sich die Schlitze der gleichen Bildpunkte der verschiedenen Schablonen in einem Punkte schneiden (Abb. 5b). Ist der Plan voll ausgelegt und maßstabsmäßig zwischen den bekannten Punkten eingepaßt, gibt der Durchstich durch die Mitte der Verknüpfungspunkte auf eine Zeichenunterlage graphisch die Gesamtheit aller Paßpunkte des Verbandes.

Da die Radialtriangulation nur die Lage, nicht aber die Höhe der Punkte liefert, ist sie zur Bestimmung der zur Entzerrung von Luftbildern notwendigen Paßpunkte besonders in kleineren Maßstäben geeignet. Die Bestimmung wird um so genauer, je geringer die Höhenunterschiede im Gelände und je kleiner die Bildneigungen sind.

Das flache Gelände der Watten bot sich also förmlich an, die Radialtriangulation anzuwenden. Zur Vorbereitung mußte von jedem zweiten Originalbild ein Kontaktabzug auf Korrektostatpapier angefertigt werden. Auf Zeichenkarton mit Aluminiumeinlage wurde das Koordinatennetz des Gauß-Krüger-Systems im Maßstab 1 : 20 000 aufgetragen. Man wählte die Platten etwa im Format 1 × 2 m, um das Zusammenknüpfen einer Vielzahl von kleinen Platten zu vermeiden. Diese Maßnahme dient der Erhaltung der Genauigkeit des Maßstabes. Auf diese Platten wurden alle Paßpunkte, die terrestrisch eingemessenen wie auch die durch die Radialschlitz-Triangulation gewonnenen, koordinatenmäßig kartiert und mit einem Schnapp-



Abb. 5c.
Radialtriangulation –
Befliegung 1958.
Einstanzen der kartierten
Koordinaten der
Paßpunkte mittels
Schnapplocher in Platten

locher die Löcher für die Aufnahmen der Knöpfe und Knopfscheiben in die Platten gestanzt (Abb. 5c).

Die Radialschlitz-Triangulation selbst wurde mit dem Radialsecator RSI wie oben beschrieben durchgeführt. Die Auslegung der Schablonen und die Markierung der Neupunkte erfolgte auf den Platten mit Aluminiumeinlage, wobei wegen der Größe des Gesamtverbandes eine Unterteilung in zwei Hälften (Nordteil und Südteil) erfolgte.

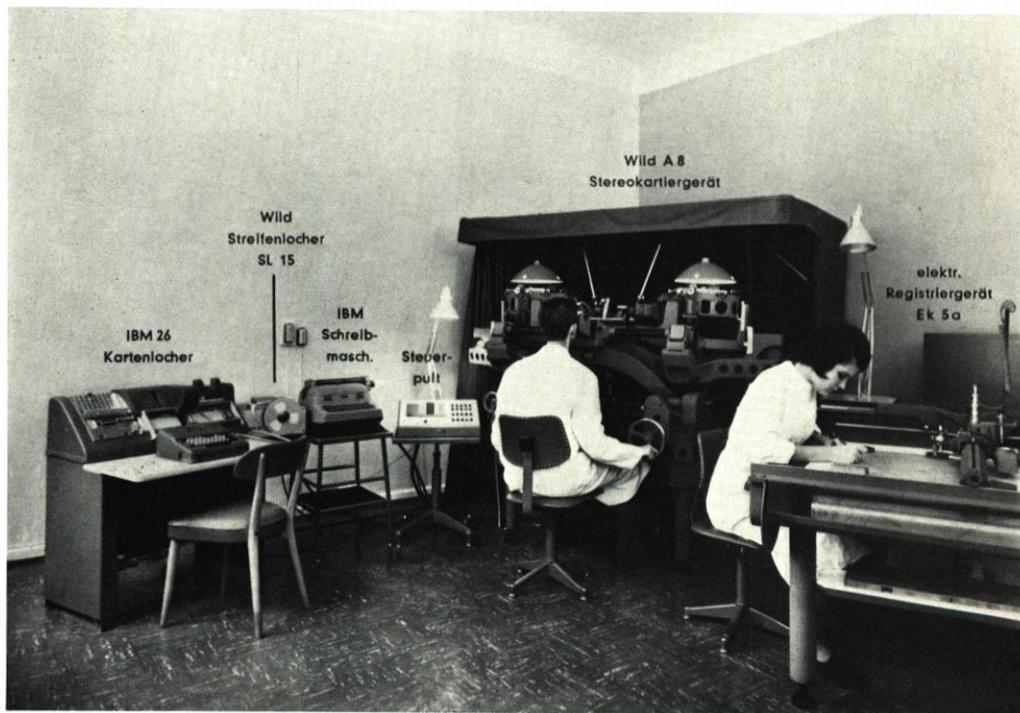


Abb. 6. Stereokartiergerät – Wild A 8 – mit elektronischer Koordinaten-Registrieranlage

Universeller ist dagegen die räumliche Bildtriangulation (Aerotriangulation), die neben der Lage der Paßpunkte auch deren Höhe ergibt und damit in paßpunktlosen Gebieten die Grundlagen für die Stereoauswertung schaffen kann. Nach gleichen Gesichtspunkten wie bei der Radialtriangulation ist der Flugplan mit mindestens 60–80 % Bildüberdeckung vorzusehen, da auch hier die zu bestimmenden Übertragungspunkte und Paßpunkte im dreifach gedeckten Bildraum auszuwählen sind. Zur Ausführung der Triangulation sind jedoch nicht mehr einfache (rechnerische, graphische oder mechanische) Auswerteverfahren mit entsprechend einfacheren Geräten anwendbar, hier ist es erforderlich, universell verwendbare Doppelbildauswertegeräte zur Bestimmung heranzuziehen (Abb. 6).

3.3 Die Einzelbildauswertung

Beim Auswerten der Luftaufnahmen unterscheidet man hauptsächlich zwei Verfahren:

- a) Das Entzerren (Einzelbildauswertung) und
- b) das photogrammetrische Ausmessen.

Da die ausgedehnten Wattflächen als eine Ebene angesehen werden können, läßt sich die Umbildung von der Zentralprojektion in eine kartenähnliche Parallelprojektion geometrisch genau erreichen. Insofern geben entzerrte Luftbilder und die aus einzelnen Luftbildern zusammengefügte und auf den Kartenschnitt 1:25 000 abgestimmten Luftbildpläne kartengleiche Lagebeziehungen. Es brauchen daher für die Bildplanherstellung nur entzerrte Einzelbilder hergestellt zu werden. Ohne auf bestimmte Details eingehen zu wollen, sollen Arbeitsweise und Gerät kurz erläutert werden.

Einen ersten Überblick über einen größeren Teil des Aufnahmegebietes kann man durch die einfache Zusammenfügung von Luftbildern zu einem Bildmosaik gewinnen. Jedoch lassen sich die einzelnen Luftbilder nicht zwanglos aneinanderfügen.

Es zeigen sich zwischen ihnen Sprünge, die aus den Flugzeugschwankungen und den sich daraus ergebenden Unregelmäßigkeiten in den Maßstäben der aneinandergefügte Bilder herrühren. Ja, selbst innerhalb eines Luftbildes ist infolge der Abweichung von der genauen Senkrecht-Aufnahme der Maßstab unterschiedlich, so daß man auf diesen Luftbildern keine genauen Entfernungsmessungen vornehmen kann.

Zur Umbildung dieser verzerrten Luftaufnahmen in genaue Senkrecht-Aufnahmen mit einem runden Maßstab werden Entzerrungsgeräte verwendet. Entzerrungsgeräte sind mit photographischen Reproduktionsgeräten vergleichbar, an die zwei zusätzliche entscheidende Forderungen gestellt werden. Die Geräte müssen die Umbildung von Schrägaufnahmen oder von

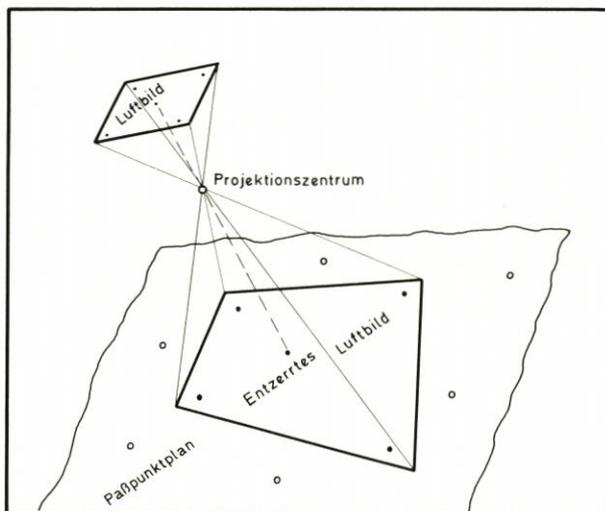


Abb. 7a. Entzerrungsprinzip einer Schrägaufnahme

nicht erreichten Senkrecht-Aufnahmen in genaue Senkrecht-Aufnahmen zulassen und dabei gleichzeitig die gesamte Bildebene automatisch scharf abbilden.

Diese Forderungen bedingen Neigungen der Bildebene, der Objektivenebene und der Projektionsebene zueinander, die ihrerseits durch automatische Steuerungen so aufeinander einwirken müssen, daß an allen Stellen des projizierten Bildes die Bildschärfe erhalten bleibt und gewisse Vergrößerungs- und Verkleinerungsbereiche zur Abstimmung auf runde Entzerrungsmaßstäbe möglich sind (Abb. 7a).

Aus der Entwicklungsreihe der Entzerrungsgeräte sei nur das neueste Entzerrungsgerät von Zeiss-Aerotopograph, das „SEGV“, das für die Entzerrung der Luftbilder der Wattaufnahme verwendet wurde, herausgegriffen (Abb. 7b). Es besitzt einen Vergrößerungsbereich von 0,5- bis 6,4fach. Dieses Entzerrungsgerät konnte durch die zur Zusammenführung des Lichtes benutzte Stufenlinse nach *Fresnel* trotz seines weiten Vergrößerungsbereichs im Höhenmaß kleiner gehalten werden als frühere Entzerrungsgeräte. Besonders bemerkenswert ist das SEGV durch die elektronische Nachsteuerung von zwei der zur Entzerrung notwendigen 5 Freiheitsgrade mittels eines Rechengerätes. Mit Eingabe der Aufnahme- und Auswertebrennweite der Objektive in das Rechengerät brauchen nur noch die Vergrößerungseinstellungen und zwei Kippungen um die kardanisch gelagerte Ebene des Projektionstisches zur Entzerrung eingestellt zu werden. Die Einstellungen müssen so ausgeführt werden, daß jeweils 4 Paßpunkte, die vorher auf einen Plan koordinatenmäßig aufgetragen sind, mit den entsprechenden identischen Punkten im entzerrten Luftbild zusammenfallen. Die Genauigkeit der Luftbildpläne hängt also auch von der Art und dem geodätischen Wert dieser Unterlagen ab.

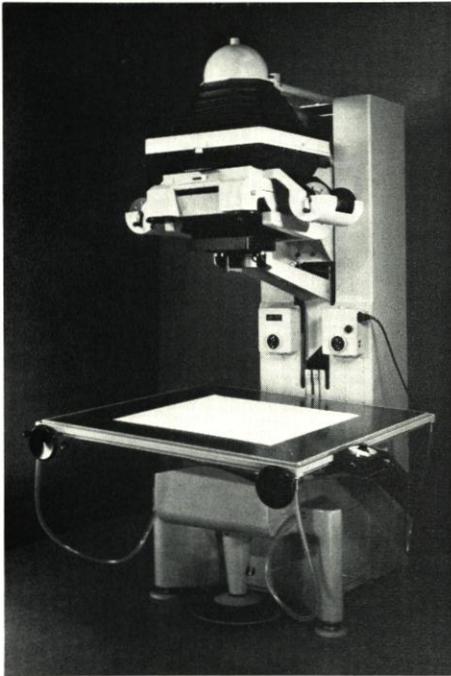


Abb. 7 b. Entzerrungsgerät SEG V von Zeiss

Nachdem das Einzelluftbild so entzerrt worden ist, wird die Alu-Zeichenplatte, die nur zur Unterlage für die Entzerrung der Einzelbilder im Entzerrungsgerät dient, durch ein Photopapier ersetzt. Das belichtete, entwickelte und fixierte Bild stellt dann die Wiedergabe im entzerrten Zustand dar. Aus der Summe der entzerrten Einzelaufnahmen wird der Original-Luftbildplan durch Bildmontage wie folgt zusammengestellt: Auf beiderseits kaschierten Tischlerplatten im Format $1,3 \times 2,5$ m trägt man wieder das Koordinatennetz im Gauß-Krüger-System im Maßstab 1:20 000 auf und überträgt in dieses Netz die durch Radialschlitztriangulation gewonnenen Paßpunkte.

Man verfuhr dann weiter wie folgt:

Auf die kaschierte Platte wurden die entzerrten Bildausschnitte eingepaßt und -geklebt. Bildschnitte und ungleiche Abtönungen von Flächen an den Schnittkanten wurden durch Positivretusche etwas angeglichen, aber auf Wunsch des Auftraggebers *nicht* verdeckt.

Von jedem im Maßstab 1:20 000 entzerrten Bildplan wurden auf Transparentpapier die Teilbildgrenzen gezeichnet. In jede Einzelfläche wurde das Datum der Befliegung mit Uhr-

zeit, Nummer des Bildstreifens und Nummer des für den Bildplan verwendeten Einzelbildes eingetragen. Damit können z. B. für jeden Bildplan und Einzelteile davon Beziehungen zum Wasserstand während der Aufnahme hergestellt werden. Eine Beschriftung der Bildflächen erfolgte wunschgemäß nur von wenigen Orten, Inseln und Sänden.

3.4 Die Reproduktion

Für die Reproduktion in den Maßstäben 1:25 000 und 1:50 000 wurden Rahmenmasken für die einzelnen Blätter angefertigt, die die erforderlichen Angaben über Numerierung und Benennung des Blattes, Rechts- und Hochwerte, geographische Koordinaten, Planmaßstab und sonstige Angaben, einschließlich Freigabevermerk des Luftamtes Hamburg, enthielten.

Dabei war zu berücksichtigen, daß die Rahmen im Maßstab 1:20 000 gefertigt werden mußten. Nach erfolgter Reproduktion wurden die auf den endgültigen genauen Kartenmaßstab verkleinerten Repro-Negative einer nochmaligen Retusche unterzogen. Diese Negativ-Retusche diente der Ausschaltung von Schönheitsmängeln im Bild wie auch im Bildplan-Rahmen. Von diesen überarbeiteten Reproduktions-Negativen konnten nunmehr die Bildplanabzüge in beliebigen Auflagenhöhen kopiert werden.

Die Herstellung erfolgte auf kartonstarkem Photopapier im Kontaktverfahren.

Auch Hochglanz-Abzüge wurden gefertigt, doch ist bei diesen Luftbildplänen mit einer Maßstabungenauigkeit zu rechnen, da der natürliche Trocknungsprozeß durch das Einspannen in die Hochglanzpresse unterbrochen wird.

Die im Jahre 1958 über eine Fläche von insgesamt 3600 km² erfolgte Befliegung stellte man im Schnitt und Format auf

42 topographischen Karten i. M. 1:25 000

in Form von maßstabgerechten Bildern, sogenannten Luftbildplänen dar.

Daraus wurden

15 Luftbildpläne i. M. 1:50 000 und
1 Luftbildplan i. M. 1:100 000

auf photographischem Wege hergestellt.

Die Bildbefliegung und Bildplanherstellung geschah im Auftrage des Landesamtes für Wasserwirtschaft Schleswig-Holstein, Kiel, durch das Ingenieur- und Vermessungsbüro N. Rüpke, Hamburg.

Nur die hervorragende Zusammenarbeit aller Beteiligten hatte es ermöglicht, die Befliegung innerhalb von ca. 1½ Monaten abzuwickeln, wobei allerdings die Wetterlage besonders günstig war.

3.5 Die Bildplangenauigkeit

Eine planmäßige Überprüfung von Luftbildplänen erfolgte erstmalig im Jahre 1938 [32]. Hierbei stellte man einige Unstimmigkeiten fest, die zum Vergleich von besonderen, terrestrischen Wattaufnahmen mit den entsprechenden Luftbildplänen führten. Die Untersuchung ergab damals, daß sowohl die Vermessungspläne wie auch die Luftbildpläne hier und da Fehler enthielten. Diese Fehler lagen nicht, wie man zunächst annahm, nur in den sogenannten Außengebieten, den schwer zugänglichen Außensänden, bei denen die geringe Zahl der Entzerrungsgrundlagen die Ungenauigkeit ohne weiteres hätte verständlich erscheinen lassen, sondern auch zum Teil in küstennahen Gebieten und hier sogar gelegentlich an den Stellen, wo feste Land-

marken die Orientierung und Entzerrung entscheidend erleichtert hätten (z. B. Nordstrander Damm).

Bei der Prüfung zeigten sich verschiedene Gruppen von Fehlern:

- a) Lagefehler bei Paßpunkten
- b) Lagefehler bei Landmarken
- c) Ungenauigkeiten im Koordinatennetz
- d) Lagefehler bei veränderlichen Punkten (Sände usw.)

Zu a) Gelegentliche Fehler in der terrestrischen Lagebestimmung der Paßpunkte waren nicht ganz zu vermeiden. Sie sind aber selten und meistens leicht auffindbar und konnten bei der Weiterentwicklung der terrestrischen Meßverfahren im Watt mehr und mehr ausgeschaltet werden.

Zu b) Größere Ausmaße nahmen die Fehler bei festen Landmarken wie Deichen, Dämmen und Uferlinien ein. Ihre Lage war im allgemeinen von der Hansa-Luftbild aus Mangel an anderen Unterlagen aus den topographischen Karten 1:25 000 übernommen worden. Die Fehler betragen hierbei im Plan 1:10 000 etwa 6–20 mm = 60–200 m in der Natur.

Zu c) Die Fehler im Koordinatennetz betragen 0,4–1,2 mm im Plan 1:10 000 oder durchschnittlich 4–12 m in der Natur. Sie sind von geringerer Bedeutung und lassen sich zum Teil auch auf das immer noch recht beträchtliche Arbeiten des Photopapiers zurückführen.

Die Längsverzerrung beträgt zum Beispiel bei einer Planlänge von 80 cm bis zu 8 mm = 1%. Versuche mit Korrektostat-Papier, das eine Folieneinlage besitzt, ließen erkennen, daß hierbei geringere Verzerrungen auftraten. Die Verwendung zwingt aber zu einer besonderen Filmbehandlung und schließt die Herstellung von Photoabzügen auf normalen Papieren von den gleichen Filmen aus; man ließ sie daher fallen.

Zu d) Die Lagefehler bei veränderlichen Punkten, zum Beispiel bei Sänden, Prielen usw. besonders in den Randgebieten nahe der offenen See waren am größten und betragen im Plan bis zu mehreren hundert Metern in der Natur. Diese großen Fehler sind allerdings zum Teil infolge Aneinandersetzens von Plänen aus verschiedenen Aufnahmejahren entstanden.

Die genannten Fehler wurden ermittelt durch:

1. Vergleich der Luftbildpläne mit den Grundkarten der Wattaufnahme.
2. Vergleich der Luftbildpläne mit den von Einzelgebieten vorhandenen Deutschen Grundkarten.
3. Vergleich der Luftbildpläne von gleichen Gebieten, aber verschiedenen Aufnahmejahren.

Die Genauigkeit der neuen Luftbildpläne im Maßstab 1:25 000 ist abhängig von der Genauigkeit der Entzerrung. Diese wurde nach der Radialschlitzmethode im Maßstab 1:20 000 ausgeführt. Kontrollmessungen im Watt während der Befliegung dieses Gebietes im Jahre 1958 und ein späterer Vergleich mit den koordinatenmäßig eingetragenen Standlinien in den entsprechenden Luftbildplänen ergaben eine einwandfreie Übereinstimmung in den Kontrollstrecken.

Die Luftbildpläne im Maßstab 1:25 000, 1:50 000 und in kleineren Maßstäben sind vor allem Übersichtspläne, sie haben aber die gleiche Genauigkeit wie die topographischen Karten der Landesaufnahme im entsprechenden Maßstab.

3.6 Luftbildsonderpläne, ausgewählte Bilddarstellungen

Aus dem vorhandenen, entzerrten Bildmaterial wurden verschiedene Sonderpläne angefertigt.

Eine anschauliche Übersicht über das gesamte Wattengebiet von der dänischen Grenze bis

zur Elbemündung zeigt ein Gesamtbildplan im Maßstab 1:25 000, der alle 42 Karten zusammenfaßt. Er hat ein Ausmaß von ca. 6×2 m; später wurde er durch einen Gesamtbildplan im Maßstab 1:50 000 ersetzt. Dieses Luftbild ermöglicht die Gesamtschau des schleswig-holsteinischen Wattenmeeres, wie sie für die wasserwirtschaftlichen Arbeiten vor der Westküste bisher noch nicht zur Verfügung stand. Vor allen Dingen sind es die großräumigen Planungen in diesem Raum, die aus der Vogelperspektive eine wesentlich sicherere Beurteilung und Deutung der Vorgänge im Wattenmeer ermöglichen.

Durch Verkleinerung des Gesamtbildplanes im Maßstab 1:100 000 entstand auf photographischem Wege der kleine Übersichtsplan im Maßstab 1:500 000 (Abb. 1).

Von den Inseln Föhr, Amrum, Pellworm und Nordstrand wurden aus dem vorhandenen Bildmaterial übersichtliche Sonderpläne im Maßstab 1:20 000 angefertigt.

Teilgebiete der inneren Meldorfer Bucht sind bereits im Jahre 1960 nochmals befliegen worden für die Herstellung von entzerrten Luftbildplänen im Maßstab 1:10 000 im Schnitt der Grundkarten der Wattaufnahmen.

Vom Weststrand der Insel Sylt wurden mehrfach Luftbildpläne für den Bildmaßstab 1:5000 befliegen. Sie sind teils entzerrt im Schnitt der Deutschen Grundkarten, teils nicht entzerrt als zusammenhängende Flugstreifen vorhanden. Spezielle Ausschnitte von verschiedenen Teilen des Nordfriesischen Wattengebietes haben inzwischen für wissenschaftliche bzw. heimatkundliche Publikationen Verwendung gefunden.

IV. Der Bildflug für Sonderaufgaben an der Küste

1. Ermittlung von Sturmflutschäden an Deichen

Nachdem die schwere Sturmflut vom 16./17. Februar 1962 abgeklungen war, ist eine Bestandsaufnahme der Deichschäden von allen See- und Flußdeichen der Westküste Schleswig-Holsteins vorgenommen worden.

Die Einzelfeststellungen über das Ausmaß der Schäden, die sofort von den einzelnen Abschnitten gemeldet wurden, erbrachten kein klares Bild, da sie meist aus subjektiven Eindrücken und daher unterschiedlich entstanden waren.

Um rasch einen Überblick über das tatsächliche Ausmaß und die Art der Deichschäden zu bekommen, wurden im Februar 1962 von sämtlichen Landesschutzdeichen des Festlandes zwischen Hamburg und dem Hindenburgdamm Luftbild-Reihenaufnahmen aus ca. 600 m Höhe hergestellt.

Da private Firmen bereits für die Befliegung des Hamburger Katastrophengebietes (Deichbrüche und Überschwemmungsflächen) eingesetzt waren, führte im Zuge des Katastropheneinsatzes eine Heeresfliegerstaffel der Bundeswehr diese Bildflüge aus.

Das Landesamt für Wasserwirtschaft erhielt so in kürzester Zeit Kontaktabzüge von den Originalfliegerfilmen. Von der Heeresfliegerstaffel waren bereits die Bildmitten und Bildnummern auf topographischen Karten 1:25 000 eingetragen worden.

Diese wenigen Unterlagen genügten, um eine einheitliche Auswertung vornehmen zu können.

1.1 Auswertung

Nachdem alle Bilder gesichtet waren, wurde ein „Interpretationsschlüssel“ für die Art der erkennbaren Deichschäden aufgestellt. Es wurden folgende Schadenstypen an den Deichen festgestellt:

- Deichbrüche: a) Totalbrüche (Deich ganz weggerissen)
 b) Teilbrüche (Deichrest bleibt an der Außenseite stehen)
- Brandungsschäden: a) Rasenbeschädigungen (Rasendecke abgespült oder aufgerissen)
 b) Kliffbildungen
- Schäden durch
überlaufendes Wasser: a) Rinnen
 b) Kolke
 c) Rutschungen

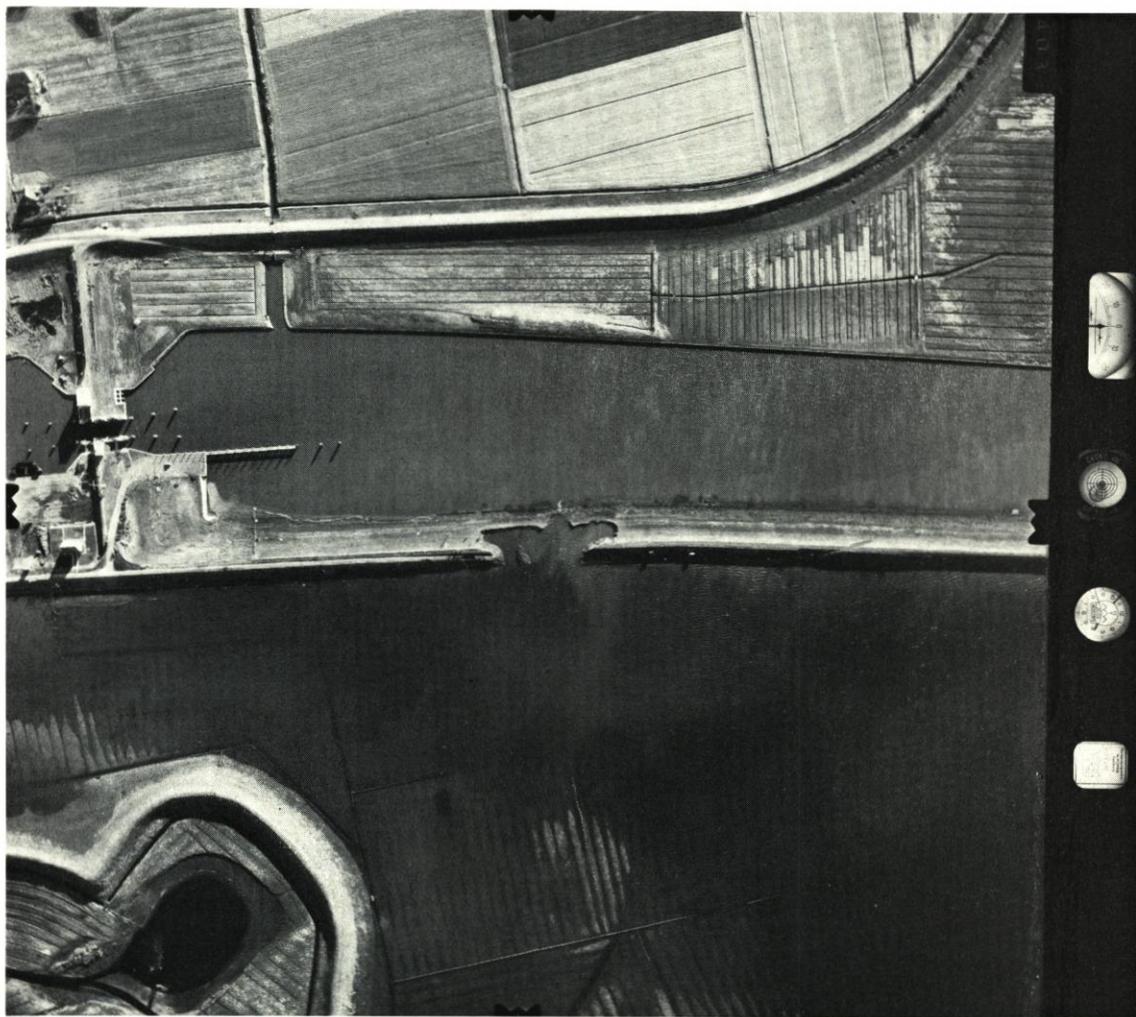


Abb. 8a. Deichbruch bei Husum - Dockkoog - Original-Senkrechtaufnahme der Deichbefliegung vom 21. 2. 1962 mit Zeiss-RMK. $f = 15$ cm, Format 23×23 cm. Flughöhe über Grund ungefähr 600 m. Aufnahmemaßstab ungefähr 1:4000

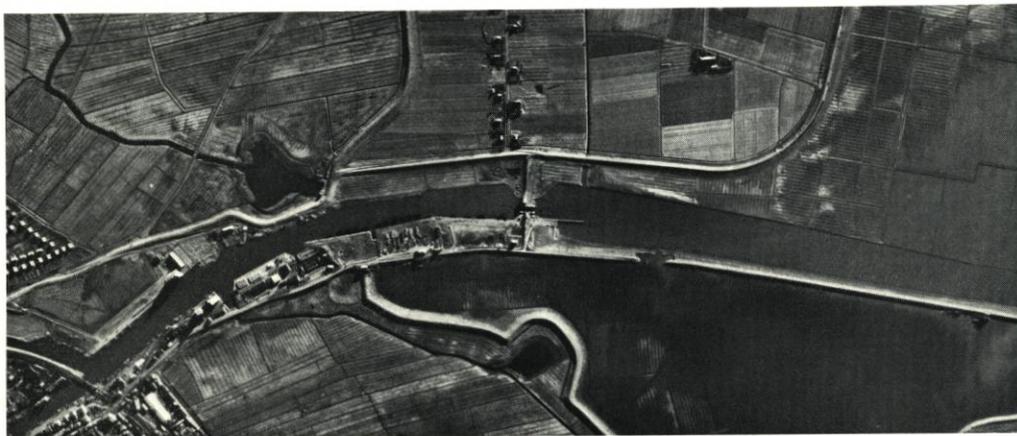


Abb. 8b. Deichbruch bei Husum – Dockkoog – Ausschnitt aus der Luftbild-Senkrechaufnahme (Abb. 8a)

Um die erfaßten Deichschäden der Lage nach in einen Übersichtsplan einzeichnen zu können, wählte man eine statistische Darstellungsweise. Durch gleichmäßige Strichsignaturen in den Farben

- rot = sehr schwere Schäden
- grün = schwere Schäden und
- gelb = leichte Schäden

ließen sich sehr rasch aus dem ausgewerteten Bildmaterial die Deichschäden sowohl der Lage nach als auch der Schwere nach in die entsprechenden topographischen Karten eintragen [26].

Am 21. Februar 1962 erfolgte eine zweite Befliegung des Dock-Kooges bei Husum. Den überschwemmten Dock-Koog mit Deichbruchstelle zeigen die Abbildungen 8a und 8b.

Die gute Qualität des verwendeten Filmmaterials bestätigt die Abbildung 8c. Sie zeigt die

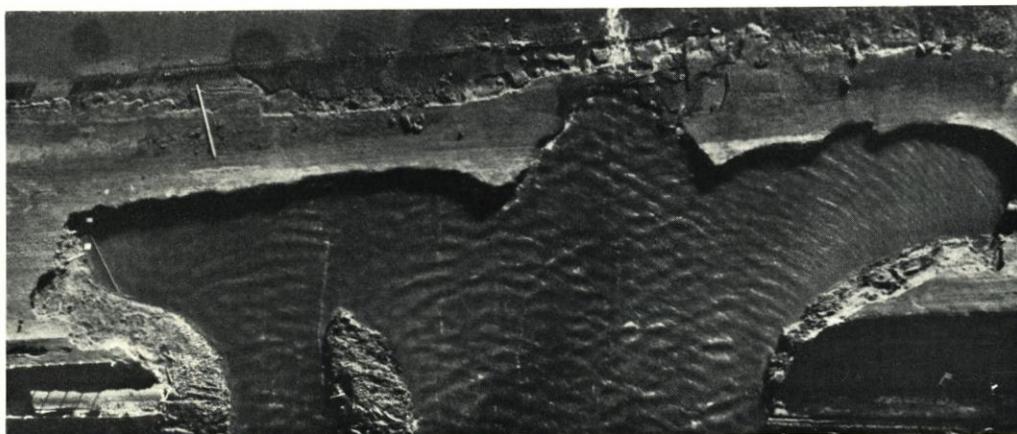


Abb. 8c. Deichbruch bei Husum – Dockkoog – Die gleiche Deichbruchstelle wie in Abb. 8a, ca. 8fach vergrößert

gleiche Deichbruchstelle in 8facher Vergrößerung aus der in einer Höhe von 600 m hergestellten Original-Senkrecht-Aufnahme.

Von großen Deichschäden und den Zerstörungen auf den Halligen wurden außerdem Schrägaufnahmen vom Hubschrauber aus gemacht.

1.2 Eine stereoskopische Untersuchung von Deichschäden aus dem Hamburger Katastrophengebiet

Aus Anlaß der schweren Schäden an den Deichen im Hamburger Unterelbegebiet (Abb. 9) ließ die zuständige Hamburger Behörde sofort eine Luftbildbefliegung des Katastrophenge-



Abb. 9. Deichbrüche in der Elbmarsch bei Moorburg. Luftbild-Senkrehtaufnahme vom 18. 2. 1962, Flughöhe 2000 m, Bildmaßstab 1:10 000

gebietes durchführen. Später wurden von KOLB im Jahre 1962 die morphologischen Formen der Deich- und Flurbeschädigungen im Gebiet zwischen Moorburg und Cranz untersucht [19].

SCHROEDER-LANZ hat im Jahre 1962 an Hand von drei Stereogrammpaaren aus diesem Katastrophengebiet die Möglichkeit der Beurteilung von Deichschäden aus Luftbildern erläutert [34]. Es stand Bildmaterial aus dem Raum Francop-Moorburg, das den Zustand vor und während der Flutkatastrophe zeigt, zur Verfügung. Vergleiche konnten somit einwandfrei angestellt werden.

SCHROEDER-LANZ kommt nach Auswertung der Stereogramme zu folgendem Ergebnis: „Luftbilder im Maßstab 1 : 16 000, die auch untersucht wurden, vermitteln nur eine grobe Übersicht über die Deichbrüche und die größten Schäden. Luftbilder im Maßstab 1 : 6400 eignen sich gut für die Ermittlung der Deichschäden nach Lage, Art und Größe. Nur kleinere Beschädigungen können nicht immer einwandfrei festgestellt werden.

- a) Lage: Mittels eines Luftbildumzeichners (LUZ von ZEISS-Aerotopograph) lassen sich die Schäden lagegetreu auf Karten mit größeren Maßstäben umzeichnen.
- b) Art: Deutlich unterscheidbar sind Teil- und Totalbrüche, En-Bloc-Rutschungen, Erosionsrinnen und -kolke, Wand- und Kliffbildungen und mittlere Brandungsschäden. Rasenschäden (Absetzen, Abschälen, leichte Brandungsschäden) sind nur bei günstiger Beleuchtung sichtbar. Als günstige Beleuchtung wird der schräge Lichteinfall auf den Deich angesehen.
- c) Größe: Mit Meßlupen lassen sich Schäden bis 0,5 m Breite (Minimum in diesem Maßstab) ausmessen. Die Tiefe ist nur bei größeren Schäden zu ermitteln, da die Meßmarke für schmale Schäden zu breit ist. Die Stereoschwelle liegt bei etwa 40 cm für den vorliegenden Maßstab. Es lassen sich daher alle Schäden mit einer Größe über 0,5 m Breite, Länge und Höhe ausmessen, sofern dies nicht durch Schattenwurf oder Enge der Schäden verhindert wird.

Die Untersuchung hat gezeigt, daß das Luftbild eine empfindliche Lücke der Information aus Überschwemmungsgebieten schließen kann. Es gibt zur Zeit keine bessere Methode, die Deichschäden – noch während das Wasser steht und jegliche Geländearbeiten verhindert oder erschwert – ihrer Lage, Art und Größe nach zur Planung ihrer Beseitigung zu ermitteln, als die Auswertung von Luftbildern.“

2. Hilfsmittel bei der Lösung hydrologischer Fragen

Auch zur Lösung hydrologischer Fragen hat sich das Luftbild bewährt. Besonders die Infrarotphotographie scheint dazu geeignet, da das Wasser darauf schwarz erscheint. Dieses Phänomen gestattet die genaue Kartierung von Küstenlinien oder von Überschwemmungsgebieten nach Naturkatastrophen. Das farbige Luftbild liefert Informationen über die küstennahe Unterwassertopographie, über Rinnen, Untiefen und Klippen. Weiter wendet man die Luftphotographie für die Bestimmung der Richtung und Geschwindigkeit von Flut- und Ebbeströmen bei Hafeneingängen (durch stereoskopische Auswertung von fotografierten treibenden Schwimmern) an, um bessere Unterlagen für die Instandhaltung der Anlagen zu erhalten.

3. Eisbeobachtungen für den Küstenschutz

Als praktisches Beispiel sei die Eisüberwachung durch Bildflüge im Jahre 1963 erwähnt. In diesem strengen Eiswinter hatten die Eismassen das Wattengebiet umschlossen und zum größten Teil bedeckt.

Auf Anforderung der Wasserwirtschaftsverwaltung des Landes Schleswig-Holstein setzte



Abb. 10. Eislage westlich der Hallig Habel. Luftbild-Senkrechaufnahme vom Bildflug am 25. 1. 1963, Bildmaßstab 1:3000

die Bundeswehr eine Aufklärungsstaffel für Eisüberwachungsflüge ein. In regelmäßigen Abständen sind dabei von besonders gefährdeten Gebieten Luftbild-Senkrecht-Aufnahmen gemacht worden, die auf dem schnellsten Wege zur Auswertung übermittelt wurden. Größe und Bewegungsrichtung von Treibeisflächen wurden aus diesem Bildmaterial ermittelt und danach notwendige Schutzmaßnahmen im Küstenvorland, auf den Inseln und Halligen eingeleitet.

Die am 25. Januar 1963 im Maßstab 1 : 3000 gemachte Aufnahme zeigt die Eislage westlich der Hallig Habel (Abb. 10).

4. Anwendung bei der Höhenvermessung der Watten Das Wasserlinienverfahren – eine neue Methode zur Herstellung von Wathöhenkarten aus Luftbildern

In jüngster Zeit ist in Arbeiten von FÖRSTER (1964) und GROTHEHN (1964) angegeben worden, daß die Luftbildvermessung auch mit ausreichender Höhengenaugigkeit zur Herstellung

von „Watt Höhenplänen“ wirtschaftlich möglich ist. Dabei handelt es sich einmal um die stereometrische Auswertung von Luftbildreihenaufnahmen, bei der, je nach Flughöhe, eine Reihe von genauen Höhenpaßpunkten notwendig ist. Im günstigsten Falle wird der Höhenfehler etwa $\pm 0,1\text{‰}$ der Flughöhe betragen. Die notwendigen Orientierungspunkte und Höhenpaßpunkte müssen auf den Watten errichtet und genau eingemessen werden. Diese Methode wird für ausgedehnte Wattengebiete kaum zur Anwendung kommen, da die erzielbare Genauigkeit in keinem vertretbaren Verhältnis zu dem dafür notwendigen Aufwand an zusätzlicher Feldarbeit steht [10].

Zu größerer Hoffnung gibt das von GROTHENN aufgezeigte „Wasserlinienverfahren“ Anlaß. Es beruht auf dem Gedanken, die Höhenverhältnisse im Watt durch Photos der Wassergrenze bei Flut zu genau bekannter Zeit und vergleichbaren Pegelständen zu ermitteln. Man entzerrt die einzelnen Luftbilder und übernimmt aus ihnen jeweils die Lage der Wasserlinie, die unter dem Einfluß der Gezeiten veränderlich ist. Es handelt sich also um die Auswertung von Serien-Einzelbildaufnahmen, bei der man aus der veränderlichen Lage der Wasserlinien im Verlauf einer Halb tide, beginnend bei Tideniedrigwasser, ein Formlinienbild des Watts erhält.

Während des Bildfluges wird mit Hilfe von mehreren über das Aufnahmegebiet verteilten Pegeln der Wasserstand registriert. Unter Berücksichtigung des Spiegelgefälles berechnet man für mehrere Punkte der einzelnen Formenlinie ihre Höhe über NN und interpoliert daraus das Höhenlinienbild – den Watt Höhenplan [13].

Die hiermit erzielbare Genauigkeit (vorausgesetzt, daß die Wasserlinie einwandfrei erkannt wird) liegt im cm-Bereich und erfordert einen geringeren Aufwand als die bisherigen Meßmethoden.

Nach einem Test auf einer ausgewählten Wattfläche in der Eidermündung wurden die Ergebnisse aus der stereoskopischen Ausmessung dem Wattnivellement und dem Wasserlinienverfahren gegenübergestellt.

Dabei wurde eine brauchbare Übereinstimmung zwischen dem herkömmlichen, aber aufwendigen Wattnivellement und dem Wasserlinienverfahren festgestellt. Es ist beabsichtigt, dieses Aufnahmeverfahren im Zusammenhang mit der Eiderabdämmung für Sandbewegungsuntersuchungen auf einer Fläche von rund 130 km² in kurzen regelmäßigen Zeitabständen mehrere Jahre hindurch anzuwenden.

Neben der Wirtschaftlichkeit des Verfahrens ist sein wesentlicher Vorteil darin zu sehen, daß der Verlauf der Höhenschichtlinien nicht mehr aus den Höhenangaben der einzelnen Meßpunkte konstruiert, sondern aus den Formenlinien des Wasserspiegels abgeleitet wird (RÜPKE 1966, SINDERN u. KATHAGE 1966 und LUCK 1967).

V. Zusammenfassung

1. Das Luftbild und die Luftbildmessung sind heute auch in der Wasserwirtschaft als wichtige Hilfsmittel anerkannt. Dies trifft insbesondere für komplizierte Küstenvermessungen und für Detailmessungen im Wasserbau zu. Die Luftbildmessung ist dabei in bezug auf Präzision der Lagebestimmung allen anderen Meßverfahren mindestens gleichzusetzen. In bezug auf Vollständigkeit und Wirtschaftlichkeit ist sie aber allen anderen Meßverfahren weit überlegen.
2. Der Luftbildplan hat sich als Hilfsmittel bei der terrestrischen Wattvermessung bewährt; er kann diese ergänzen, nicht aber ersetzen.
3. Wattkarte und Luftbildplan werden mit den amtlichen topographischen Land- und Seekarten verglichen. Die gebräuchlichen Maßstäbe für Arbeiten im Wattengebiet werden erläutert.

4. Das Luftbild ist ein unersetzbares Dokument für die Feststellung von Landschaftsveränderungen in ausgedehnten Wattenbereichen.
5. Die erste, in den Jahren 1935 bis 1939 durchgeführte Luftbildvermessung an der Westküste im Maßstab 1 : 10 000 wird dargestellt. Aufgabenstellung, Vorbereitung des Bildfluges, Auslegung der Paßpunkte, Bildflug und Planherstellung werden geschildert.
6. Über die Herstellung eines Gesamtbildplanes von der Westküste im Maßstab 1 : 25 000 in einem Jahr (1958) und über die dazu notwendige Flugplanung wird berichtet.
 - 6a) Der technische Ablauf des Bildfluges, die Eigenschaften der Bildmaschine, die verwendete Reihenmeßkamera und die Aufgaben der Bildflugbesatzung werden beschrieben.
 - 6b) Auf die Methode der Bildtriangulation wird ausführlich eingegangen. Sie soll auch in Zukunft die kostspielige Vermarkung von zahlreichen Paßpunkten im Wattengebiet ersetzen.
 - 6c) Als Ergebnis der Bildplanherstellung und Reproduktion liegen von der Befliegung 1958 vor:

42 Luftbildpläne i. M. 1 : 25 000
15 Luftbildpläne i. M. 1 : 50 000
1 Luftbildplan i. M. 1 : 100 000
- Als Nachfolgearbeiten der Reproduktion werden laufend Sonderpläne (Schnitt, Maßstab) angefertigt.
- 6d) Mit folgenden Zeiten kann für die Befliegung gerechnet werden: An insgesamt 20 bis 30 geeigneten Tagen zwischen Ende März und Anfang Oktober jeweils maximal 2 Stunden um die Niedrigwasserzeit.
7. Es wird hingewiesen auf Sonderverwendung der Luftbilder bei folgenden Arbeitsbeispielen: Beurteilung der Sturmflutwirkungen vom Februar 1962
 - a) an Seedeichen (Senkrecht-Aufnahmen der gesamten Westküstendeiche und Auswerteschlüssel),
 - b) im Hamburger Elbegebiet (stereoskopische Untersuchung von Reihen-Luftbildern),
 - c) Messung von Strömungen, Eisüberwachung.
8. Ein bisher im niedersächsischen Watt und an der Eidermündung angewendetes neues Verfahren zur Herstellung von Wattkarten (Höhenlinienbilder) mit Hilfe der aus Luftbildern entnommenen Wasserrand-Linien wird angesprochen.

VI. Summary

Based on experience gained in Schleswig-Holstein, the usefulness of aerial photographs for hydrological planning especially in coastal regions is described. The application for measuring techniques is discussed as well as the accuracy of this method. The first aerial photographic survey of the West Coast, which was carried out from 1934 till 1939, is described.

The task, the preparation of the flight, the display of the fixed points, the flight and the construction of the plans are shown, especially the construction of an overall plan of the West Coast on a scale of 1 : 25 000, which was performed in 1958.

The technical procedure of an aerial photographic flight, the features of the picture machine, the used aerial camera is reported as well as the duties of the flight crew.

Special emphasis is put on the method of picture triangulation, which in the future will replace the expensive marking of many points in the flats.

Further applications of aerial photographs are discussed taking the 1962 storm tide as an example.

Damages of dikes can be estimated, currents can be measured, the icing of the sea can be surveyed.

VII. Schriftenverzeichnis

1. BREDOW, E.: Das Watt in der Topographischen Karte. – Kartograph. Nachr. 2 (1953), S. 7–9.
2. BUHSE, H. J.: Versuche zur photogrammetrischen Wattvermessung. – Forschungsstelle Norderney (unveröffentlichter Arbeitsbericht) – (1960).
3. BUHSE, H. J.: Entwicklungstendenzen in der Technik der Wattvermessung. – Forschungsstelle Norderney, Jahresbericht 1965, Bd. XVII.
4. DEGN, CHR., u. MUUSZ, U.: Topographischer Atlas Schleswig-Holstein. – Wachholtz 1963.
5. DOLEZAL, R.: Grundkarten der Wattaufnahmen an der Westküste Schleswig-Holsteins. – Allg. Vermess.-Nachr. (1952), S. 276–285.
6. DOLEZAL, R.: Das Luftbild im Dienste der Landerhaltung und Landgewinnung. – Transact. Sympos. on Photo Interpretation Delft, 1962. – Intern. Arch. f. Photogrammetrie XIV (1962), S. 322–326.
7. DOLEZAL, R.: Das Luftbild im Dienste wasserwirtschaftlicher Maßnahmen. – Dtsch. Gewässerkl. Mitt. 6 (1966), S. 174–182.
8. DOLEZAL, R.: Die Luftbildvermessung als Planungsvoraussetzung. – Veröff. des Seminars für Planungswesen der T.U. Braunschweig 4 (1969), S. 85–107.
9. ERMEL, H.: Seekarte und Landkarte. – DHZ 5/6 (1952), S. 213–219.
10. FÖRSTER, R.: Die photogrammetrische Vermessung der Watten. Ein Versuch im Gebiet von Norderney. – Mitt. Inst. f. angew. Geodäsie, Nr. 70 (1964), Reihe B: Angewandte Geodäsie, H. 108.
11. GIERLOFF-EMDEN, H. G.: Luftbild und Küstengeographie am Beispiel der Nordseeküste. – Landesk. Luftbildauswertung im mitteleurop. Raum, Nr. 4 (1961).
12. GIERLOFF-EMDEN, H. G.: Das Luftbild als Hilfsmittel zur Aufklärung der Dynamik von Schwebstoff- und Sinkstofftransport in der Nordsee. – DHZ 20 (1967), H. 6, S. 275–278.
13. GROTHENN, D.: Untersuchungen zur Wattvermessung. – Wiss. Arb. Inst. Geodäsie u. Photogrammetrie d. T.H. Hannover, H. 23 (1964), Dissertation.
14. HABERSTROH, E. G.: Forschungsarbeiten im dithmarscher Wattenmeer. – Westküste, H. 2 (1938), S. 16–51.
15. HEISER: Landerhaltung und Landgewinnung an der deutschen Nordseeküste. – Die Bautechnik, H. 13 u. 17 (1933).
16. KNOP, F.: Untersuchungen über Gezeitenbewegung und morphologische Veränderungen im nordfriesischen Wattgebiet als Vorarbeiten für Dammbauten. – Mitt. aus dem Leichtweiß-Inst. für Wasserbau und Grundbau der T.H. Braunschweig, H. 1 (1961), Dissertation.
17. KNOP, F.: Küsten- und Wattveränderungen Nordfrieslands. Methoden und Ergebnisse ihrer Überwachung. – Die Küste 11 (1963), S. 1–33.
18. KÖNIG, D.: Interpretation von Luftbildern des schleswig-holsteinischen Wattenmeeres. Beispiele und Probleme. – Die Küste 22 (1972).
19. KOLB, A.: Sturmflut 17. Februar 1962. Morphologie der Deich- und Flurbeschädigungen zwischen Moorburg und Cranz. – Hamburger Geogr. Studien, H. 16 (1962), Hamburg.
20. LAMPRECHT, H. O.: Die Photographie als Hilfsmittel in der Wattenforschung. Photographie und Wissenschaft. – Agfa-Mitt. f. wiss. Inst. u. Forsch.-Stätten, H. 3/4 (1957), S. 13–14.
21. LORENZEN, J. M.: Planung und Forschung im Gebiet der Schleswig-Holsteinischen Westküste. – Westküste, H. 1 (1938), S. 12–23.
22. LORENZEN, J. M.: Gedanken zur Generalplanung im nordfriesischen Wattenmeer nach dem Manuskript von 1940. – Die Küste 5 (1956), S. 9–48.
23. LUCK, G.: Diskussionsbeitrag zum Aufsatz von Sindern, J. und Kathage, F. – Das Wasserlinienverfahren (Serien-Einzelbildmessung) – eine neue Art der Wattvermessung (mit Stellungnahme des oben erstgenannten Aufsatzverfassers). – Dtsch. Gewässerkl. Mitt., H. 4 (1967), S. 95–97.
24. MÄDJE, W.: Die Bedeutung des Luftbildes für die Raumforschung im Küstengebiet der Nordsee. – Arch. Nieders., H. 22/2 (1951), S. 119–125.
25. Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten – Amt für Wasserwirtschaft – Schleswig-Holstein: Dtsch. Gewässerkl. Jb. – Küstengebiet der Nord- und Ostsee – Kiel, versch. Jahre.
26. Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten – Amt für Wasserwirtschaft – Schleswig-Holstein: Die Sturmflut vom 16./17. Februar 1962 an der Schleswig-Holsteinischen Westküste. – Die Küste 10 (1962), H. 1, S. 55–80.

27. MÜLLER, F., u. FISCHER, O.: Das Wasserwesen an der Schleswig-Holsteinischen Nordseeküste. – Dritter Teil – Das Festland u. Kartenmappe (1955).
28. NEWTON, R. S., u. WERNER, F.: Luftbildanalyse und Sedimentgefüge als Hilfsmittel für das Sandtransportproblem im Wattgebiet vor Cuxhaven. – Hamburger Küstenforschung, H. 8 (1969).
29. PETERSEN, M.: Der nordfriesische Inselbereich. Natur und Mensch als gestaltende Kräfte. – Ber. z. Landeskunde, H. 2 (1956), S. 222–229.
30. PETERSEN, M.: Die topographische Wattkarte und ihre Bedeutung für den Küstenschutz. – Die Wasserwirtschaft, H. 3 (1959), S. 62–65.
31. RÜPKE, N.: Neue Erfahrungen der photogrammetrischen Vermessung von Watten. – Bildmessg. und Luftbildwesen, H. 3 (1966), S. 103–109.
32. SCHELLING, E., u. LORENZEN, J. M.: Über die Luftbildaufnahmen vom Wattgebiet vor der Westküste Schleswig-Holsteins. – Unveröffentl. Arbeitsbericht (1940).
33. SCHLEIDER, W.: Untersuchungen zur Anwendung des Wasserlinienverfahrens in hydrologisch schwierigen Gebieten. – Wiss. Arb. der Lehrstühle für Geodäsie, Photogrammetrie und Kartographie an der T.U. Hannover, H. 38, 1969 (Dissertation 1968).
34. SCHROEDER-LANZ, H.: Zur Ermittlung von Sturmflutdeichschäden mit Hilfe von Luftbildern. – Transact. Sympos. on Photo Interpretation Delft 1962.
35. SINDERN, U., u. KATHAGE, F.: Das Wasserlinienverfahren (Serien-Einzelbildmessung) – eine neue Art der Wattvermessung. – Dtsch. Gewässerkr. Mitt., H. 6 (1966), 182–189.
36. TROLL, C.: Geographische Luftbildinterpretation. – Transact. Sympos. on Photo Interpretation Delft 1962. – Intern. Arch. f. Photogrammetrie XIV, S. 266–275.
37. VOIGT, H.: Amrum-Ood im Luftbild. Ein Beispiel rezenter Küstenmorphologie. – Bildmessg. u. Luftbildwesen, H. 2 (1965), S. 67–76.
38. WRAGE, W.: Luftbild und Wattforschung. – Petermanns Geogr. Mitt., H. 1 (1958), S. 6–12.
39. WUNDERLICH, W.: Zur Leistungssteigerung großmaßstäblicher Luftbildauswertungen. – Wiss. Arb. der Inst. für Geodäsie und Photogrammetrie der T.H. Hannover, H. 15 (1961).