Die Küste, 22 (1972), 1-74

Die Küste

ARCHIV
FÜR FORSCHUNG UND TECHNIK
AN DER NORD- UND OSTSEE

3950-A-2012-00000083

Heft 22 1972

Die Küste, 22 (1972), 1-74

Die Küste

ARCHIV
FÜR FORSCHUNG UND TECHNIK
AN DER NORD- UND OSTSEE

HERAUSGEBER:
DER KÜSTENAUSSCHUSS NORD- UND OSTSEE

Heft 22 - 1972

DRUCK UND KOMMISSIONSVERLAG:
WESTHOLSTEINISCHE VERLAGSANSTALT BOYENS & CO. HEIDE I. HOLST.

Die Küste, 22 (1972), 1-74

Anschriften der Verfasser dieses Heftes:
DOLEZAL, Rudolf, Dr.-Ing., Regierungsvermessungsdirektor, Landesamt für Wasserhaushalt und Küsten, 23 Kiel, Saarbrückenstr. 38; KÖNIG, Dietrich, Dr. phil., Landesamt für Wasserhaushalt und Küsten, 23 Kiel, Saarbrückenstr. 38; SNUIS, Heinrich, Ltd. Ministerialrat, Leiter der Abteilung Wasserwirtschaft des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Schleswig-Holstein, 23 Kiel, Düsternbrooker Weg 104–108.

Die Verfasser sind für den Inhalt ihrer Aufsätze allein verantwortlich.
Nachdruck aus dem Inhalt nur mit Genehmigung des Herausgebers: Küstenausschuß Nord- und Ostsee, Präsident i. R. Dr.-Ing. E. h. LORENZEN, Kiel-Wik, Feldstraße 251/253, gestattet.
Schriftleiter: Dr. habil. E. WOHLENBERG, Husum, Nissenhaus.

Die Küste, 22 (1972), 1-74

Inhaltsverzeichnis

Snuis, Heinrich, Ltd. Ministerialrat
Vorwort I

Dolezal, Rudolf, Dr.-Ing.
Photogrammetrie der Westküste Schleswig-Holsteins 1

König, Dietrich, Dr. phil.
Deutung von Luftbildern des schleswig-holsteinischen Wattenmeeres, Beispiele und Probleme (mit gesonderter Bildmappe) 29

Die Küste, 22 (1972), 1-74

Vorwort

An der Westküste des Landes Schleswig-Holstein ist dem Festland ein umfangreiches Wattengebiet vorgelagert. Für den Schutz der bedeichten Niederungsflächen entlang der Küste sind diese Watten von ausschlaggebender Bedeutung. Sie haben die heutige Gestalt der Küste mit den Inseln und Halligen mitgeformt und werden auch zukünftig ein wichtiger Faktor für die weitere Entwicklung des gesamten Küstengebietes bleiben. Ohne Schutzmaßnahmen würden die Inseln und Halligen im Laufe der Zeit verlorengehen und dann Watt und Festlandsküste schutzlos dem ungehinderten Angriff der Nordsee preisgegeben sein. Es ist daher die wichtigste Küstenschutzaufgabe der Wasserwirtschaftsverwaltung des Landes Schleswig-Holstein, neben dem eigentlichen Deichschutz das vor den Seedeichen liegende Vorland und die Watten mit den Inseln und Halligen zu sichern und sie weiterhin als Wellenbrecher für die Seedeiche wirken zu lassen.

Seit langer Zeit werden daher durch Vermessungen die Veränderungen im Wattenmeer laufend beobachtet und durch künstliche Eingriffe, wie den Bau von Verbindungsdämmen vom Festland nach den Inseln und Halligen, gefahrdrohende Priele abgeriegelt und damit der fortschreitenden Ausräumung des Wattengebietes Einhalt geboten und größere Verlandungsbuchten geschaffen. Bevor solche baulichen Maßnahmen durchgeführt werden können, müssen genaue Untersuchungen des Wattengebietes und der in ihm wirkenden Kräfte vorliegen. Die in diesem Heft enthaltenen Beiträge zeigen uns, wie mit der Weiterentwicklung der Technik bei der Herstellung von Luftbildplänen die Veränderungen im Wattenmeer genauer und kurzfristiger beobachtet werden können. Erstmalig wird in diesem Heft eine Gesamtübersicht über die bisher der Wasserwirtschaftsverwaltung vorliegenden Wattluftbildpläne gegeben, während bisher nur Teile der vorhandenen Pläne veröffentlicht oder nur Hinweise auf die Teilpläne gegeben wurden. Wattluftbildpläne von der gesamten Westküste Schleswig-Holsteins stehen jetzt allen im Wattenmeer planenden Stellen zur Verfügung.

Heinrich Snuis
Leiter der Abteilung Wasserwirtschaft des Ministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Schleswig-Holstein

Die Küste, 22 (1972), 1-74

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-Senkrechtaufnahmen dargestellt und damit die Verwendungsmöglichkeiten von Luftbildern der Nordseeküstenlandschaft für spezielle Forschungsaufgaben (Wattkartierungen) und dem Küstenschutz dienende Ziele des Landes Schleswig-Holstein ausgenutzt. Es wurden entzerrte Luftbildpläne im Maßstab 1 : 10 000 im Schnitt der Wattgrundkarten hergestellt.

Das eine Fläche von rund 2500 km² darstellende Bildmaterial wurde teilweise auch zu Bildplänen im Maßstab 1 : 25 000 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 Watträndер 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 (MSpTnw) 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-

Die Küste, 22 (1972), 1-74

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 Wattluftbildern 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 Watträndер 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 Umrisse 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 Plangenauigkeit bei der Herstellung von Watthöhenplänen 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 erfahren. Hier ist das Luftbild überhaupt die einzig mögliche Form einer hilfsweisen 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.

Die Küste, 22 (1972), 1-74

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 beflogen. 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 Plangenauigkeit wurde zunächst in Anlehnung an die Richtlinien der Landesaufnahme für die bei Herstellung der topographischen Grundkarten zulässige Fehlergrenze (bei der Luftbildvermessung eine Plangenauigkeit 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 Aufnahmeflüge in der Zeit der geringsten Wasserspiegelschwankung 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 Benutzung 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 beflogen 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:

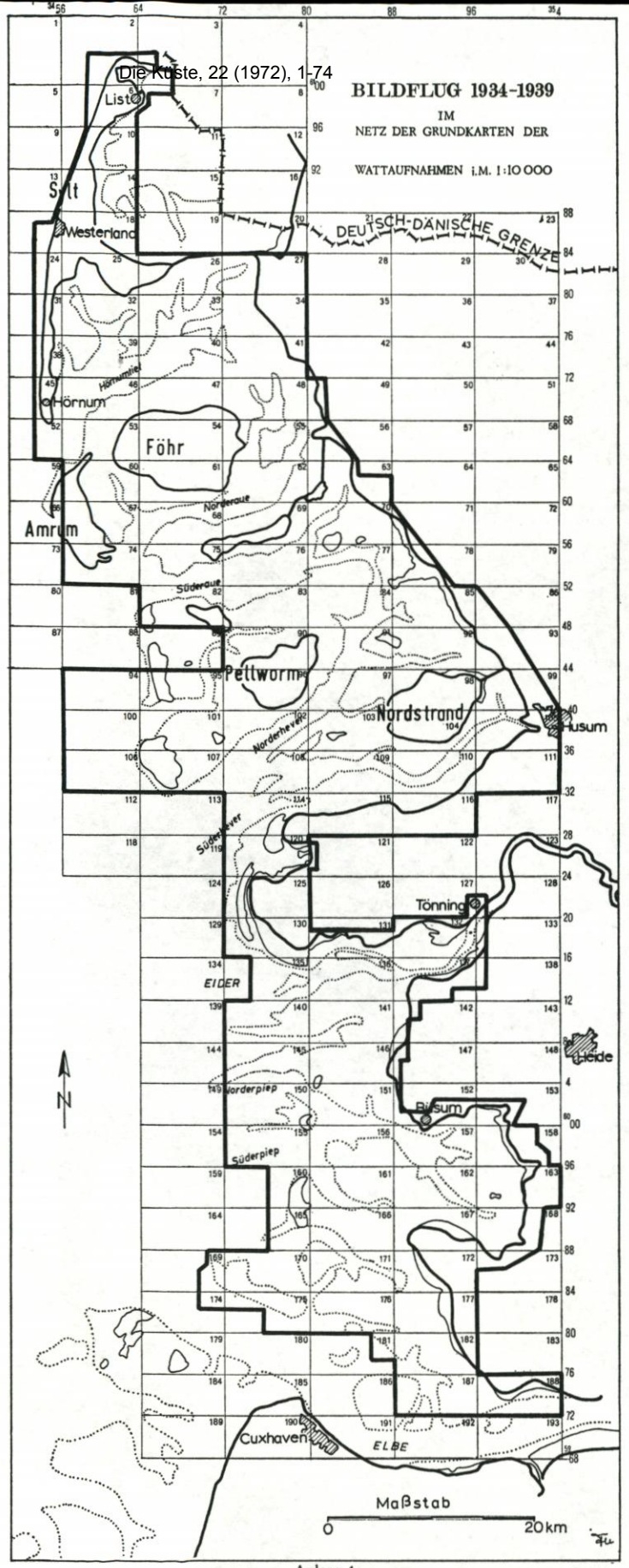
Für den Bereich der gesamten Westküste Schleswig-Holsteins sind maßstabsgerechte Luftbilder, sogen. Luftbildpläne, im Schnitt und Format der amtlichen topographischen Karten i. M. 1 : 25 000 und 1 : 50 000 herzustellen. Schnitt und Format entsprechen dabei der inzwischen fertiggestellten topographischen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

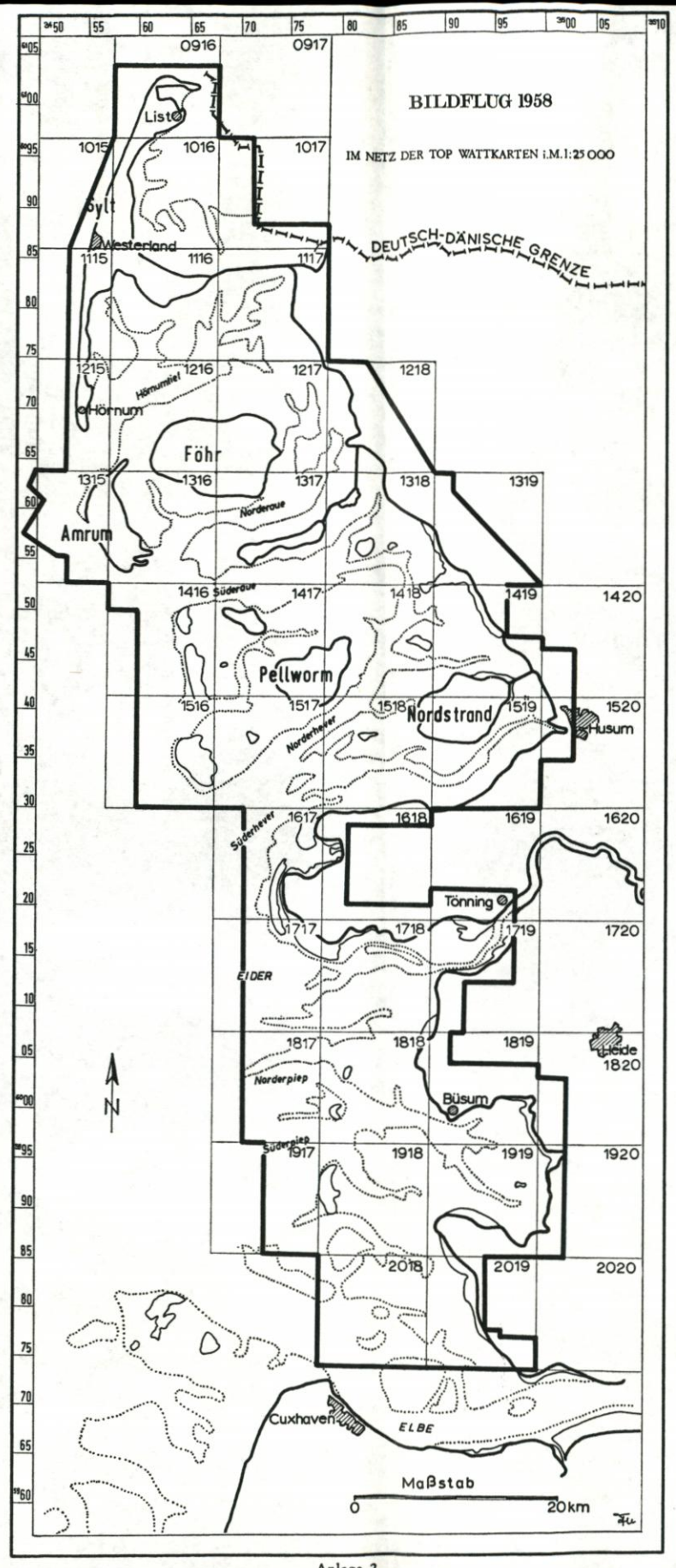
Die Planung der Flugstreifen für die Gesamtbefliegung des Wattengebietes ist weitgehend von zwei Faktoren abhängig:

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

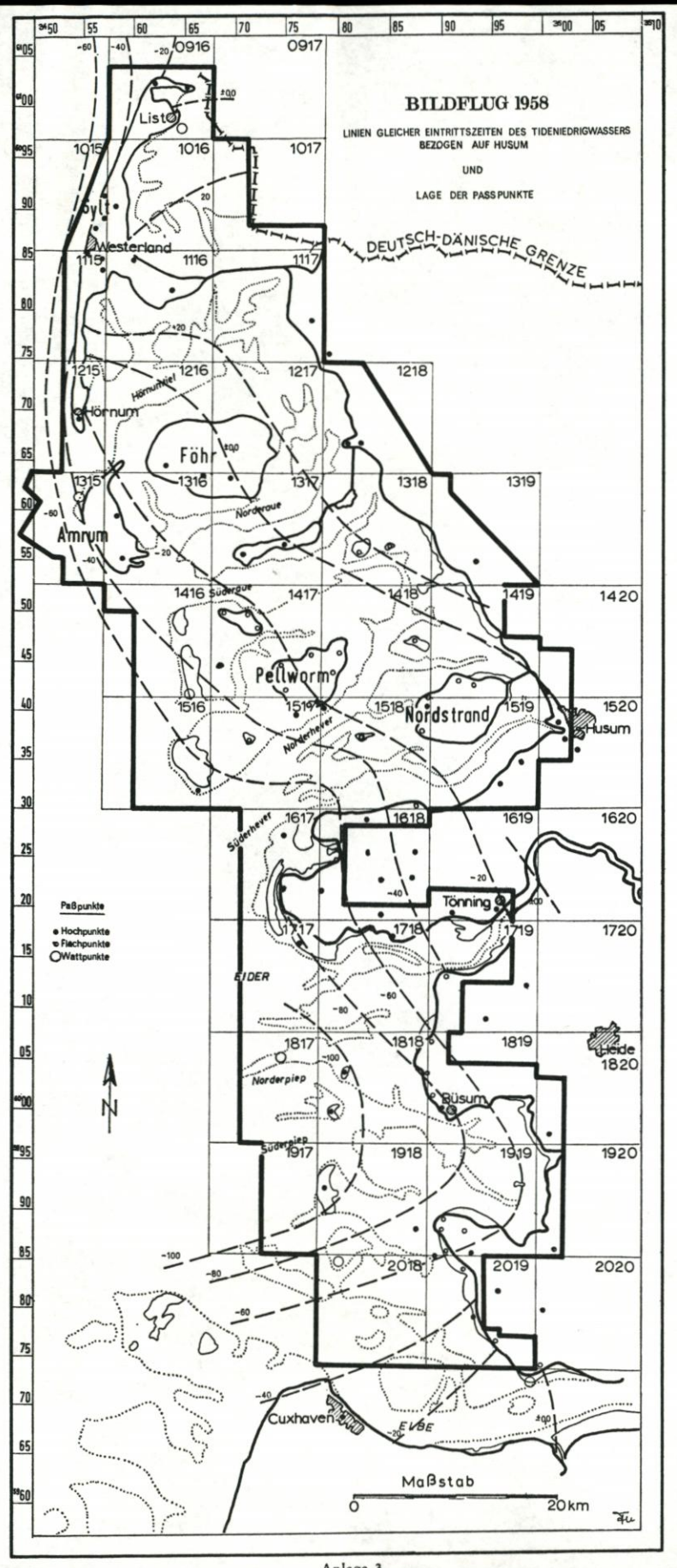
Die Küste, 22 (1972), 1-74



Anlage 1



Anlage 2



Anlage 3

Die Küste, 22 (1972), 1-74

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.

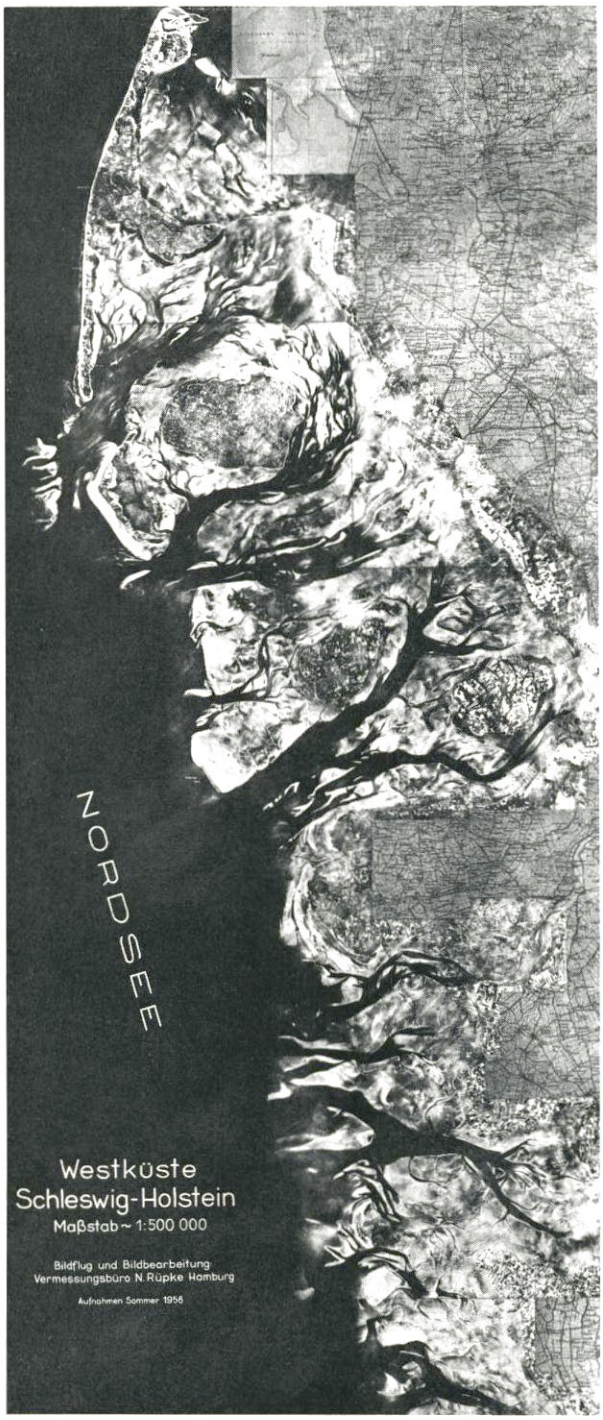


Abb. 1. Gesamtbildplan der schleswig-holsteinischen Westküste, Befliegung 1958. Bildmaßstab 1 : 500 000. Bildarchiv Landesamt für Wasserwirtschaft Schleswig-Holstein

Die Küste, 22 (1972), 1-74

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 Wattenpunkte 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 km² Wattfläche – eine Forderung, die aber im Watt

Die Küste, 22 (1972), 1-74

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 Eisenschraubpfähle 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.

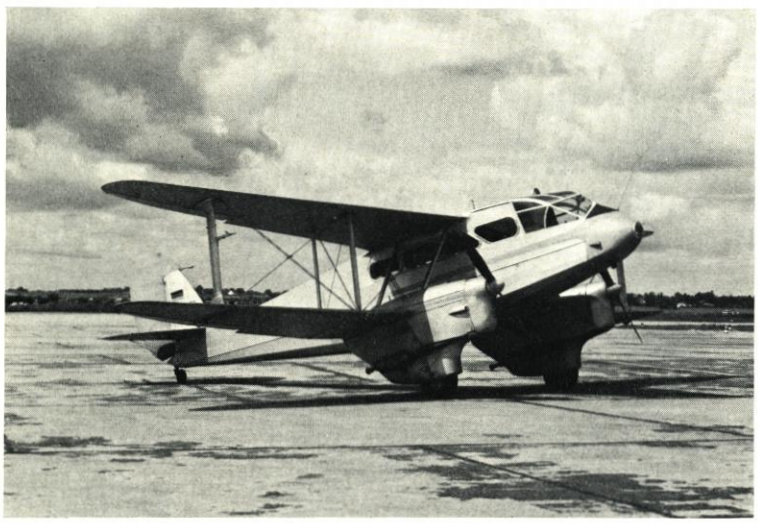


Abb. 2.
Das Bildflugzeug – De Hevilland-Rapide – mit dem im Jahre 1958 die Wattaufnahmen gemacht wurden

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 : 5000 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 erzwangen. Die Unsicherheit der Wasserstände, ver-

Die Küste, 22 (1972), 1-74

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 Bildmaschine – 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 Radialtriangulation. Luftbild der Wattaufnahme vom Jahre 1958 im Radialsecator RSI von Zeiss-Aerotopograph, München

Die Küste, 22 (1972), 1-74

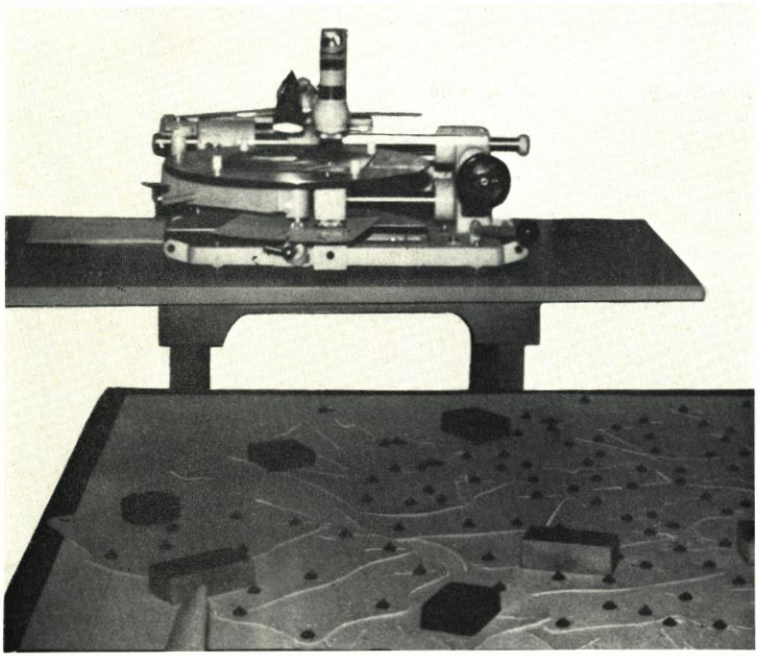


Abb. 5b.
Radialsecator RSI von Zeiss-Aerotopograph, München, und ausgelegter Verbund der Befliegung 1958

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.

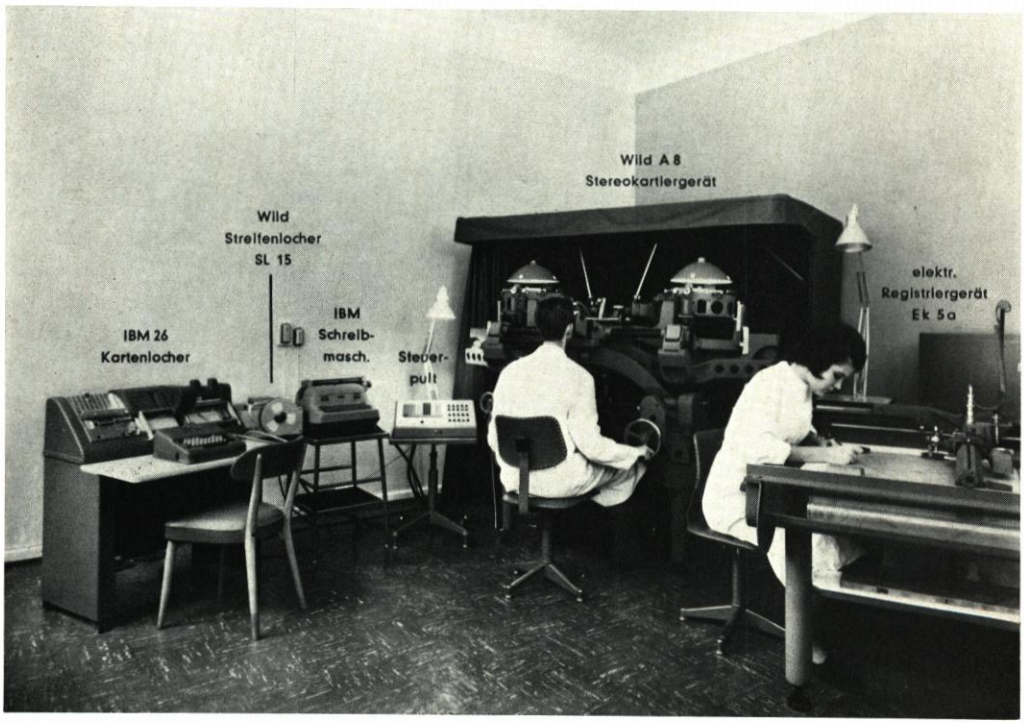


Abb. 6. Stereokartiergerät – Wild A 8 – mit elektronischer Koordinaten-Registrieranlage

Die Küste, 22 (1972), 1-74

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 zusammengefügten und auf den Kartenschnitt 1 : 25 000 abgestimmten Luftbildpläne kartengleiche Lagebeziehungen. Es brauchten daher für die Bildplanherstellung nur entzerrte Einzelbilder hergestellt zu werden. Ohne auf bestimmte Details eingehen zu wollen, sollen Arbeitsweise und Gerät kurz erläutert werden.

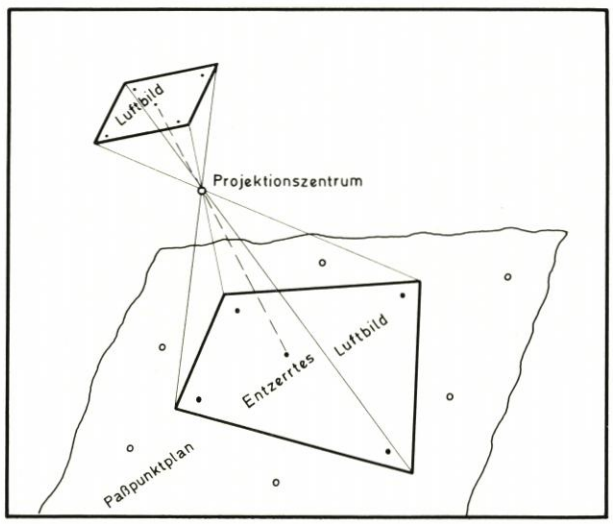


Abb. 7a. Entzerrungsprinzip einer Schrägaufnahme

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 aneinandergefügten 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

Die Küste, 22 (1972), 1-74

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 Objektivebene 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 Höhenausmaß 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.

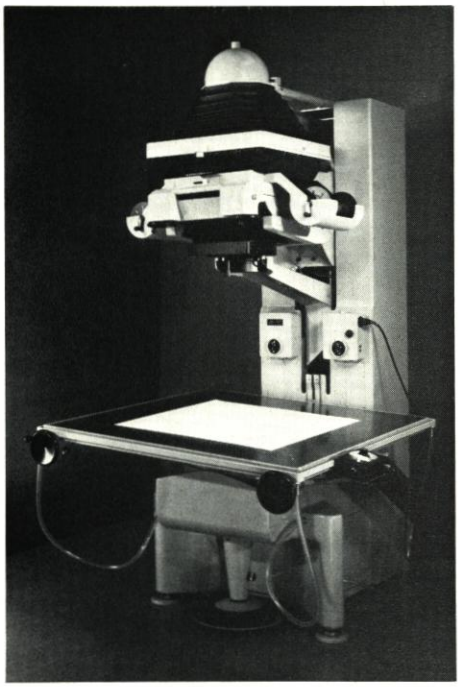


Abb. 7 b. Entzerrungsgerät SEG V von Zeiss

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 × 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-

Die Küste, 22 (1972), 1-74

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 Maßstabsungenauigkeit 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 maßstabsgerechten 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 betrugen hierbei im Plan 1 : 10 000 etwa 6–20 mm = 60–200 m in der Natur.

Zu c) Die Fehler im Koordinatennetz betrugen 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 betrugen 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

Die Küste, 22 (1972), 1-74

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 beflogen 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 geflogen. 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

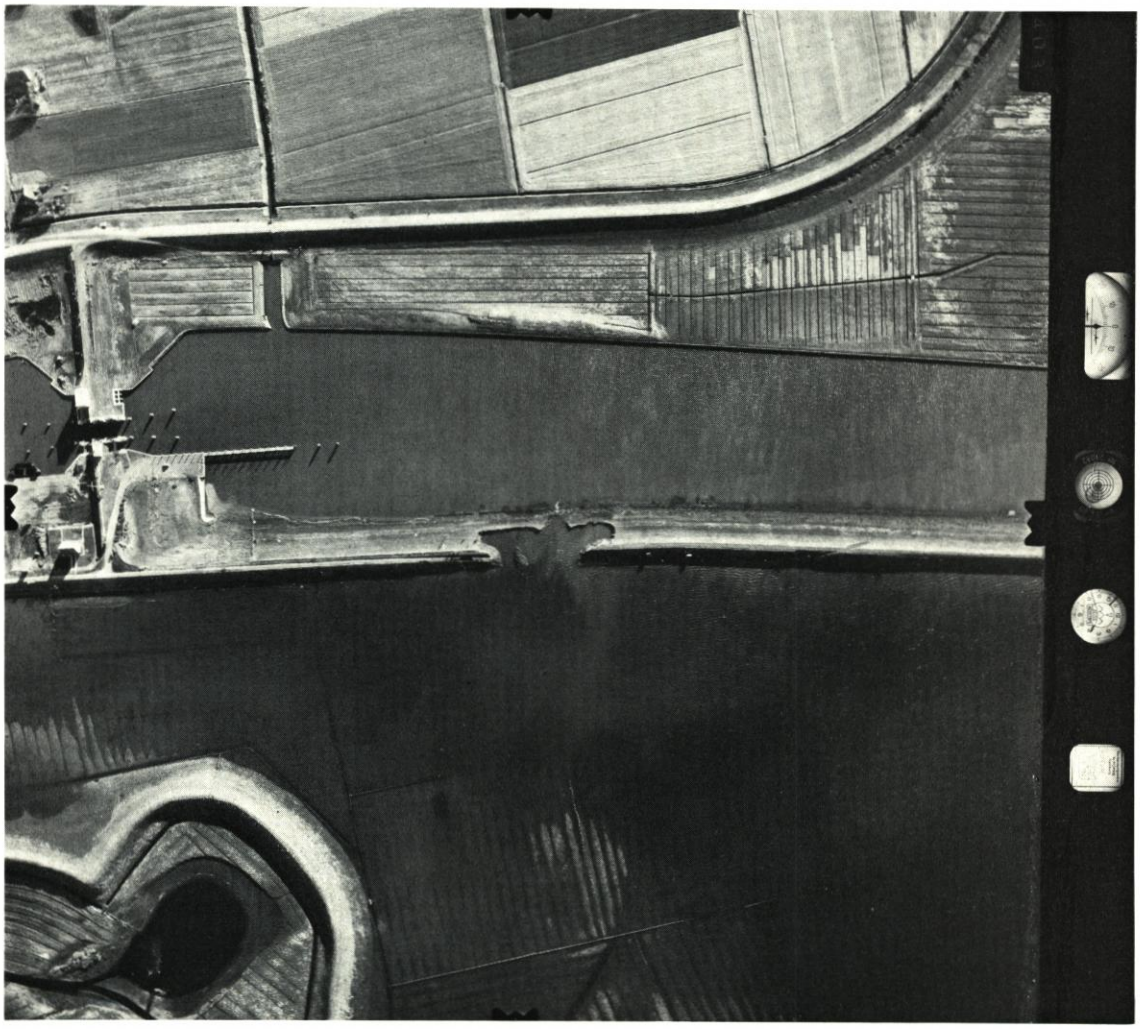


Abb. 8a. Deichbruch bei Husum – Dockkoog – Original-Senkrechtaufnahme der Deichbefliegung vom 21. 2. 1962 mit Zeiss-RMK. f = 15 cm, Format 23 × 23 cm. Flughöhe über Grund ungefähr 600 m. Aufnahmemaßstab ungefähr 1:4000

Abb. 8b. Deichbruch bei Husum – Dockkoog – Ausschnitt aus der Luftbild-Senkrechtaufnahme (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

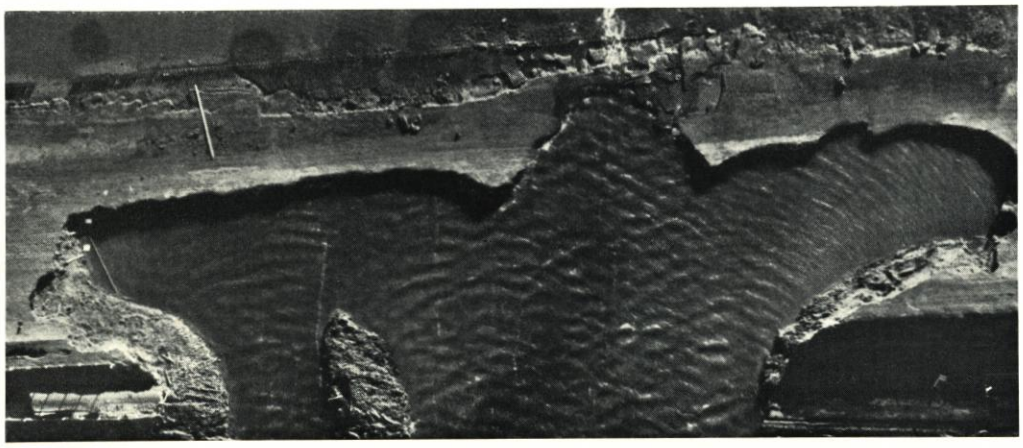


Abb. 8c. Deichbruch bei Husum – Dockkoog – Die gleiche Deichbruchstelle wie in Abb. 8a, ca. 8fach vergrößert

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 Katastrophen-

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

Die Küste, 22 (1972), 1-74

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 photographierten 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-Senkrechtaufnahme 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 Watthöhenkarten aus Luftbildern

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

Die Küste, 22 (1972), 1-74

von „Watthöhenplänen" 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 ± 0,1 ‰ 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 Halbtide, 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 Watthöhenplan [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 ein 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. Gewässerk. 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. Gewässerkdl. 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. Gewässerkdl. 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. Gewässerk. 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).

Die Küste, 22 (1972), 1-74

Deutung von Luftbildern des schleswig-holsteinischen Wattenmeeres, Beispiele und Probleme*)

Von Dietrich König

Summary

The present exposition has as basis the air photograph maps of the wadden region of Schleswig-Holstein (North Germany), accomplished 1935/38 (interior area, 2500 km²) and 1958 (total wadden region, 3600 km²).

Moreover, rectified air photograph maps as early as 1926 exist of the North Frisian "Hallig"-islands Langeneß, Oland, Nordstrandischmoor, Norderoog.

Many oblique air photographs and photographs from the ground were used for the explanation.

The interpretation was worked out in virtue of the author's own knowledge of the described areas.

The total region from the western border of the wadden sea to the islands and to continental territories bordering on the wadden region was regarded by the following localities and their surroundings as examples:

5 land reclaiming areas and marshland shores: Hauke-Haien-Koog, Hamburger Hallig, Nordstrand Dam, Wöhrden Harbour, Hallig Helmsand;

4 "Halligen" (a "Hallig" is a little marshland island without any dike or only with a low dike): Langeneß, Gröde, Norderoog, Südfall;

10 bare wadden flats: Amrum, Hooge/Norderoog, Süderoog, Eider Estuary, Blauort, Christianskoog, Helmsand, Kronprinzenkoog, Marner Plate, total Waddenregion of Northern Dithmarschen between Meldorf Harbour and Trischen;

7 dune areas and high and low sand banks: Northern end of Amrum, sandbanks northwards of Amrum, Kniepsand at Amrum, Süderoogsand, west coast of Eiderstedt, Tertius-Sand westwards of Büsum, shallow sandbanks seawards of Trischen.

Some special phenomenons and problems of air photographs are treated: variabilities of little tidal gullies, manifestation of diatom and barnacle colonies, influence of incidence of sunlight, different scales, details of air photographs of the Eider area, different transformations in the different wadden regions.

Finally, the possibilities and impossibilities of interpretation of wadden air photographs are collated and discussed.

Gliederung

A. Vorbemerkung 30
B. Beispiele 32
1. Übersicht über das Gesamtluftbild des schleswig-holsteinischen Wattenmeeres . . 32
2. Verlandungsgebiete
a) Gebiet des Hauke-Haien-Kooges 34
b) Verlandungsgebiet bei der Hamburger Hallig und Wattstrom „Strand" . . . 35
c) Verlandungsgebiet am Nordstrander Damm 36
d) Verlandungsgebiet am Wöhrdener Hafen 38
e) Verlandungsgebiet bei Hallig Helmsand 38
3. Nordfriesische Halligen
a) Hallig Langeneß 39
b) Hallig Gröde 40
c) Hallig Norderoog 42
d) Hallig Südfall 43
4. Freie Wattflächen
a) Watt bei Amrum 44

*) Mit besonderer Bildmappe.

b) Wattgebiet südlich Hallig Hooge 45
c) Watt bei Hallig Süderoog 46
d) Dithmarscher Watt vor der Eidermündung 46
e) Watt bei Blauort-Sand 47
f) Watt vor Christianskoog 48
g) Watt bei Hallig Helmsand 49
h) Watt vor Kronprinzenkoog 50
i) Marner Plate 51
k) Dithmarscher Watt zwischen Meldorfer Hafen und Trischen 53
5. Dünengebiete, Außensände und Sandbänke
a) Nordspitze von Amrum 54
b) Sandbänke nördlich der Insel Amrum 56
c) Kniepsand vor Amrum 56
d) Süderoogsand 58
e) Strandgebiet an der Westküste von Eiderstedt 58
f) Tertius-Sand 59
g) Sandbänke bei Trischen 60
6. Besondere Einzelerscheinungen
a) Veränderlichkeit kleiner Priele 61
b) Wiedergabe der Siedlungen von Kieselalgen (Diatomeen) auf Luftbildern . . 62
c) Seepocken im Luftbild 63
d) Der Einfluß des Gegenstandwinkels auf die Grautönungen im Luftbild . . . 64
e) Verschiedene Abbildungsmaßstäbe, Bildgröße auf den Fotos 65
f) Einzelheiten im Luftbild der Eider bei der Grünen Insel 66
g) Unterschiedliche Veränderungen in den verschiedenen Wattzonen 67
C. Zusammenfassung 69
D. Schriftenverzeichnis 72
E. Verzeichnis der Abbildungen (in besonderer Mappe)

A. Vorbemerkung

Die Möglichkeit, im schleswig-holsteinischen Wattgebiet bei Geländearbeiten, Planungen, wasserwirtschaftlichen, bautechnischen, biologischen und anderen Vorhaben maßstabsgerechte Senkrechtluftaufnahmen zu verwenden, ist noch relativ jung. In den Archiven der Wasserwirtschaftsverwaltung liegen die Luftbildpläne von vier Halligen. Die Aufnahmen wurden im Sommer 1926 gemacht. Daraus wurden 1928 entzerrte Bildpläne hergestellt, welche schon die wesentlichsten Anforderungen an solche erfüllen: Sie sind maßstabsgerecht in das Gitternetz eingetragen, mit Aufnahmetag und Uhrzeit versehen. Allerdings haben sie einige phototechnische Mängel. Sie sind wenig kontrastreich und zum Teil nur mit Mühe zu lesen. Immerhin können sie schon als wertvolle Ergänzungen der vorhandenen Landkarten und Katasterkarten dienen. Es sind m. W. die ältesten für dieses Gebiet vorhandenen Luftbildpläne.

Für die Interpretation liegen als Hauptmaterialien die Luftbildpläne der Befliegung des Wattenmeeres von 1935/37 und von 1958 vor, darüber hinaus eine ganze Reihe von Luftbildern von irgendwie wichtigen Einzelgebieten aus verschiedenen Jahren bis in die neueste Zeit hinein (1968). Obwohl also seit geraumer Zeit das kartenmäßig verarbeitete Gesamtluftbild des schleswig-holsteinischen Wattenmeeres vorhanden ist (Dolezal in Vorbereitung), ist bisher noch keine interpretierende Gesamtübersicht davon gegeben worden. Verwendung und Erörterung von Luftbildern (Senkrecht- und Schrägaufnahmen) *einzelner* Watt- und Küstengebiete aus dem schleswig-holsteinischen Raum ist zu verzeichnen bei folgenden Autoren: Bantelmann (1966), Bielfeldt (1967), Bobek (1941), Busch (1954), Dolezal (1966), Gierloff-Emden (1961), Gripp (1968), Knop (1963), König (1964, 1968a, b), Lorenzen (1960), Degn/Muusz (1965, 1968), Petersen (1954, 1967), Rüpke (1966), Sindern/Kathage (1966), Voigt (1965), Wohlenberg (1950), Wrage (1958).

Die Küste, 22 (1972), 1-74

Die für das Luftbildwesen am Meer auftauchenden Aufgaben sind natürlich von vielen Stellen und Personen, welche mit diesem Bereich zu tun haben, erkannt und herausgestellt worden. Als Beispiel sei auf die Zusammenstellung von RUELLAN (1962) hingewiesen. Er nennt die Einzelaufgaben, welche sich für die Bearbeitung der Küstenprobleme durch interpretierende Verwendung des Luftbildes (besonders des stereoskopischen) ergeben. Eine ganze Reihe davon gelten auch für das Wattenmeer: Formenstudium, Versandung und Verschlickung von Häfen, Küstenerosion, Veränderung der Formen, Beziehung zu Modellversuchen, Lagunen, Deltas, Dünen.

In den nachfolgenden Ausführungen werden zum Verständnis der auf den Senkrechtluftbildern sichtbaren Erscheinungen auch Karten herangezogen, Schrägaufnahmen aus geringeren Höhen verwendet, Schilderungen von Beobachtungen am Boden gegeben, zeitliche und regionale Vergleiche in verschiedener Hinsicht gezogen, Betrachtungen in allen Maßstäben durchgeführt – vom geographischen Überblick bis zum Mikroskopbild von Einzelerscheinungen (s. z. B. Abschnitt B, 6b). Je länger man sich mit diesen Luftbildern befaßt, desto deutlicher wird einem die Notwendigkeit eines solchen möglichst reichhaltigen „Instrumentariums" von Betrachtungsmitteln und -weisen für die Deutung. Es ergibt sich dabei – trotz verbleibender Zweifel über die Art einzelner Erscheinungen – doch vielfach ein guter Eindruck von den Zusammenhängen innerhalb der Gesamtheit einer Landschaft, von der Abhängigkeit des Kleinen vom Großen wie auch umgekehrt, von der unerschöpflichen Formenfülle wie auch Variabilität einzelner Erscheinungstypen. Ein Gesamtbild des schleswig-holsteinischen Wattenmeeres als Luftbild zeigt auf den ersten Blick eine größere Fülle von Einzelheiten als die entsprechenden geodätisch oder durch Lotung gewonnenen Karten des Gebietes, die Wattkarte und die Seekarte. Das Luftbild wirkt als Photographie gerade in der heutigen, auf Lichtbilder eingewöhnten Zeit unmittelbar auf die Anschauungskraft. Bei näherer Betrachtung treten aber, wie es in jeder Naturaufnahme der Fall ist, in der Fülle des Dargestellten neben klar erkenn- und deutbaren Dingen eine Menge Einzelheiten hervor, welche nicht ohne weiteres klar sind. Die Verwendung des Luftbildes für die verschiedenerlei Zwecke erfordert daher eine Beschreibung, Erläuterung, Deutung, Auswertung.

Es wird aus den Darlegungen hervorgehoben, daß vielfach eine Deutung von Einzelheiten des Luftbildes unmöglich ist, da die sichtbaren Erscheinungen auf diesem durch verschiedenartige Ursachen hervorgerufen sein können. Die Kenntnis der dargestellten Flächen durch Begehung und Besichtigung zu Fuß ist gerade bei der Auswertung von Wattluftbildern vielfach unerläßlich. Es wird sogar oft so sein, daß man Einzelerscheinungen nur unmittelbar nach Fertigstellung des Luftbildes draußen wiederfinden und durch Vergleiche mit der Natur richtig deuten kann. Die Kontrolle des Dargestellten draußen zu einer späteren Zeit, einer anderen Jahreszeit oder in einem anderen Jahr zur gleichen Jahreszeit wird oft schon unmöglich sein, weil dann an der betreffenden Stelle etwas ganz anderes zu sehen ist. Gerade bei Wattluftbildern ist es wichtig, den genauen Zeitpunkt der Aufnahme und die Umstände – soweit möglich – anzugeben; denn das sind wesentliche Voraussetzungen für Beurteilungen, Interpretation und Vergleichsmöglichkeit.

Bei der Wattkarte und der Seekarte ist die Deutung des Kartenbildes von vornherein gegeben. Diese beiden Karten sind keine Abbilder der Natur, sondern Teildarstellungen von ihr mittels festgelegter Signaturschemen. Sie machen in ganz bestimmter Art und Weise Aussagen über ganz bestimmte Einzelelemente der Landschaft; alles andere fehlt auf ihnen. Dagegen ist auf dem Luftbild alles erhalten, was optisch von der Landschaft wahrnehmbar ist – sowohl das, um dessentwegen das Luftbild angefertigt wird (das wird jedenfalls erhofft), wie auch alles mögliche andere, nach welchem nicht gefragt war. Und alles das ist in den natürlichen Lage- und Größenverhältnissen zu sehen. So ist das Luftbild ein Komplex, der erst durch die Interpretation gegliedert und erklärt werden muß. Sein Gebrauch kann also nur mit Vorsicht geschehen.

In den folgenden Einzeldarstellungen sollen die charakteristischen Erscheinungen des schles-

wig-holsteinischen Wattenmeeres, wie sie nur auf dem Luftbild oder differenzierter als auf den Karten der terrestrischen Vermessung zu sehen sind, in einer Reihe von Beispielen beschrieben und interpretiert werden. Hierdurch soll der Blick auf Einzelheiten dieser nicht jedermann aus eigenem Erleben bekannten Regionen gerichtet werden, welche im vorliegenden Zusammenhang bemerkenswert oder wichtig erscheinen. Die Reihenfolge der einzelnen Schilderungen soll – nach einer Gesamtüberschau – im großen und ganzen vom Festland aus nach See zu in der folgenden regionalen Anordnung gehen: Verlandungsgebiete – freie Watten – Außensände. Innerhalb dieser Abschnitte sind die Beispiele jedesmal von Norden nach Süden zu aneinandergereiht. In der Natur verzahnen sich diese Regionen weitgehend; deshalb darf die Einteilung nicht zu streng genommen werden.

Die Abbildungen sind 1. eine nach dem Ermessen und den Kenntnissen des Verfassers ausgewählte Serie von Beispielen aus der schleswig-holsteinischen Küstenlandschaft.

Sie können 2. im Zusammenhang mit Veröffentlichungen anderer Autoren betrachtet werden, so daß sich mehrere Arbeiten zu einem um so deutlicheren Bild des dargestellten Landschaftsteiles ergänzen.

Es werden 3. auch einige ältere Bilder mit technischen Mängeln gebracht, weil diese historisch und entwicklungsgeschichtlich von Wert, aber nicht allgemein zugänglich und außerdem nur jeweils in einem Einzelstück vorhanden sind.

Die Abbildungen sollen 4., auch da, wo sie nicht mit allen Einzelheiten beschrieben und interpretiert worden sind, anderen Interessenten für eine anders gerichtete oder ausführlichere Auswertung verfügbar sein. Die Reichhaltigkeit und Mannigfaltigkeit der Formen im Wattenmeer wird um so größer, je mehr man es kennenlernt, und je mehr man sich in die Luftbilder vertieft. Es können in dem hier gegebenen Rahmen unmöglich alle Wattgebiete bildlich wiedergegeben werden.

Deshalb wollen die hier abgebildeten 5. zur Beschäftigung auch mit den übrigen, hier nicht dargestellten Wattgebieten anregen[1]).

B. Beispiele

1. Übersicht über das Gesamtbild des schleswig-holsteinischen Wattenmeeres (Abb. 1)

Der Blick auf das Gesamtluftbild des schleswig-holsteinischen Wattengebietes ergibt, wie gesagt, wegen der reichhaltigen Tönungen einen ganz anderen Eindruck als eine Karte der terrestrischen Vermessung oder eine Seekarte. Dieses Gesamtbild soll daher zuerst übersichtlich beschrieben werden, wobei besonders auf das hingewiesen wird, was nur auf der Luftbildkarte oder besser als auf der Seekarte erkennbar ist (Abb. 1).

Es fallen eine Reihe von Wattflächen auf, welche vor dem Festlande mehr oder weniger zusammenhängen, nach See hin aber – je weiter nach draußen, desto deutlicher – durch 1 bis 2 km breite Wattströme getrennt sind. Sehr unscharf und undeutlich in der randlichen Begrenzung ist nur das Wattstromsystem zwischen Sylt und Föhr, bestehend aus dem *Eidum-Tief*, das nach dem Rantum-Becken zu ausläuft und dem *Hörnum-Tief*, welches sich nach dem Lande hin in die völlig diffus erscheinenden Senken *Wester-* und *Osterley* gegen den Winkel zwischen Hindenburgdamm und Deich des Lübke-Kooges ausbreitet. Die oberen Enden dieses Systems,

[1]) Viele der hier beschriebenen Einzelheiten sind auf den als Druckvorlagen benutzten Photobildern gut zu erkennen, aber auf den gedruckten Bildern infolge Verkleinerung und Rasterstruktur nicht immer so deutlich.

besonders des Hörnum-Tiefs, ersticken gleichsam in dem Schlickgebiet, welches sich seit dem Bau des Hindenburgdammes gebildet hat und zur Eindeichung des Friedr.-Wilh.-Lübke-Kooges geführt hat. Aber auch vor dem Bau dieses Dammes (1927) war an dieser Stelle die Verbindung der Wattströme, welche um die Nord- und die Südspitze von Sylt herum den Wasserwechsel leiten, offenbar (z. B. nach der Seekarte von 1869 und 1898) nur in Form schmaler und flacher Priele vorhanden. Von den übrigen Hauptwattströmen Nordfrieslands zeigt die *Norderaue* entlang der Südküste von Föhr scharfe Konturen. Dagegen teilt sie sich östlich von Föhr, wo sie sich mit den festlandnahen Ausläufern des Hörnum-Tiefs verbindet, ähnlich wie dieses in ein Nebeneinander sehr veränderlicher, flacher und tiefer, steil- und flachrandiger Parallelpriele und Legden (Senken) mit trockenfallenden Bänken dazwischen. Die Wattströme Nordfrieslands standen oder stehen in Festlandsnähe untereinander in Verbindung; auch dies tritt auf dem Gesamtluftbild viel differenzierter hervor als auf der Seekarte. Die Verbindung zwischen Norder- und Süderaue war (nach der Seekarte von 1869) im letzten Jahrhundert nie scharf ausgeprägt. Der Damm von Dagebüll über Oland nach Langeneß hat sie dann ganz unterbrochen. Doch zeigt das Luftbild, daß sich der Priel *Schlütt*, das obere Ende der Süderaue, als scharf markierte Rinne herausgebildet hat, während von der Norderaue zum Damm herüber nur verwaschene Senken vorhanden sind. Die Verbindung zwischen Süderaue und Norderhever vor der Hamburger Hallig, der *„Strand"*, ist auf dem Luftbild als scharfkantige Rinne ausgebildet. Er war früher bekanntlich (Knop 1963) nicht so tief und breit, aber (nach der Seekarte von 1898) schon deutlich ausgeprägt. Die Verbindung zwischen *Norder-* und *Süderhever* östlich von Nordstrand ist durch den Dammbau unterbunden worden, und durch intensive Landgewinnungsarbeiten sind die Priele beiderseits des Dammes in ihren Oberabschnitten völlig zugeschlickt und verschwunden.

Im südlichen, dem Dithmarscher Wattabschnitt, tritt als ein den nordfriesischen Wattströmen ebenbürtiger Strom nur die *Piep* hervor, welche zum Wattsystem der Meldorfer Bucht gehört. Demgegenüber wirken die beiden anderen großen Rinnen, die *Außeneider* und das *Klotzenloch* vor der Süderdithmarscher Küste, unauffällig. Im Dithmarscher Abschnitt gehen aber mehr als im nordfriesischen Wattströme geringerer Breite (bis etwa 1 km Breite) und Länge von der offenen Nordsee aus in das Wattgebiet hinein: Das *Wesselburener Loch* sowie die Begrenzungspriele der Marner Plate, *Flackstrom* und *Neufahrwasser*. Ihnen ist im nordfriesischen Watt größen- und lagemäßig nur das *Rummelloch* westlich von Pellworm vergleichbar.

Die Systeme der großen Wattströme, die auf dem Luftbild schwarz erscheinen und somit tieferes Wasser auch bei Niedrigwasser erkennen lassen, verästeln sich in die Wattflächen hinein in immer feinere Priele. Teils ist bei diesen auf dem Luftbild ebenfalls bei Niedrigwasser noch Wasserführung erkennbar, teils fallen sie nach oben hin ganz trocken. Auf die Untergliederung von Hauptwattstromsystemen wird in den nachfolgenden Einzeldarstellungen gelegentlich weiter eingegangen werden.

Einige der Ausmündungen der großen Ströme sind durch Sandbänke verschiedenster Form (was auf starke Veränderlichkeit hindeutet) verbaut: das *Vortrapptief*, die *Hever*, die *Eider*, die *Piep* (durch den stabiler wirkenden Tertius-*Sand*), *Flackstrom* und *Klotzenloch*. Der Außenrand des Wattengebietes ist im Nordabschnitt im Luftbild schärfer markiert als im Südabschnitt. Die bei normalem Hochwasser nicht überfluteten Außensände, welche die Grenzzone gegen die See bilden, stoßen am Kniepsand von Amrum, am Japsand und Norderoogsand sowie Süderoogsand mit ihren seeseitigen Rändern unmittelbar an die Wattenmeergrenze. Nur flachere Sublitoralbänke (Riffe) und weiter abgesetzte vorgelagerte Sandbänke wie z. B. westlich des *Vortrapptiefs* vor Amrum, liegen noch zwischen Außensand und freier Nordsee. Aber schon vor der Westküste von Eiderstedt, vor dem *Westerheversand* und den beiden *Sandplaten von*

St. Peter-Ording liegen, mehr oder weniger parallel zu ihnen, ein bis zwei km breite, nur wenig durch Längs- und Querrinnen abgetrennte kleinere Wattflächen, Bänke oder Riffe vor den hochwasserfreien Sänden. Im Dithmarscher Raum erstrecken sich vor den hochwasserfreien Sänden Blauort (nördlich der Norderpiep) und Tertius (zwischen Norder- und Süderpiep) noch sieben bis acht Kilometer weit nach Westen spitz auslaufende Sände. Auch dem Buschsand mit Trischen sind, besonders im Südwesten und Norden, solche Sandbänke vorgelagert.

2. Verlandungsgebiete

a) Gebiet des Hauke-Haien-Kooges (Abb. 2a–c)

Ein gutes Beispiel für das Erkennen der künstlichen Veränderungen im Verlandungsbereich durch wasserwirtschaftliche Maßnahmen ist das Gebiet des heutigen Hauke-Haien-Kooges in Nordfriesland. Auf dem Bild von 1935 (Abb. 2a) sieht man am oberen Bildrand noch ein Stück des Fahretofter Kooges mit dem Seedeich. Südöstlich davor liegt der Blumen-Sommerkoog, darin eine Ringdeichtränke und eine Tränkkuhle auf jeder Parzelle. Vor dem Fahretofter Koog erstreckt sich ein 300 bis 400 m breites Vorland. Es wird, wie die Aufnahme vom 10. August deutlich zeigt, in der Nordwesthälfte als Mähland (Mehde) genutzt; man erkennt das an den langen hellen gemähten Streifen. Die Südosthälfte dagegen zeigt einen gleichmäßig grauen Ton; hier ist das Vorland Schafweide, ebenso vor dem Blumen-Sommerkoog. Die seewärtige Grenze des hohen Rotschwingel-Vorlandes ist vor dem Fahretofter Koog sehr deutlich durch eine helle Abbruchkante erkennbar, ein Zeichen für das längere Bestehen dieses Vorland-Abschnittes vor Beginn der Landgewinnungsarbeiten. Vor dem Sommerkoog ist diese Grenze nicht deutlich; hier hat sich das Grünland nach Einsetzen der Landgewinnungsarbeiten fast stufenlos nach draußen entwickelt. Vor dem Vorland ist das nach SW gerichtete System der Lahnungsfelder und Entwässerungsgräben zu sehen, damals in etwa 700 m Breite schon gegrüppt, in den oberen Partien auch schon etwas bewachsen (dunkle Tönung der Wattäcker), im unteren, 400 m breiten Lahnungsstreifen aber noch ungegrüppt und teilweise mit Seegras oder Algen bewachsen (dunkle Flecken). Jede Entwässerungsrinne aus den Lahnungsfeldern heraus bildet bei den äußeren Lahnungen eine flache, in der Fließrichtung gestreckte Pfütze von der Breite des Abstandes der Lahnungsenden. Nach draußen setzt sie sich selten gleich in einem deutlich markierten Priel fort. Ein solcher bildet sich erst etwas weiter zum Wattstrom *Schlütt* hin.

Von der Nordwestecke des Fahretofter Deiches aus (bei der Lütt-Jens-Warf) zog nach SW zur Hallig Oland der erste Damm, großenteils ein Faschinendamm mit Pfählen, welcher 1896/99 gebaut wurde, das Schlütt durchquerte und während des 1. Weltkrieges verfiel. Er ist auf dem Luftbild von 1935 in seinen Resten und an den an ihm durch Auskolkung gebildeten Wasserstreifen in der ganzen Länge sichtbar, sogar im Schlütt. Auch auf dem Luftbild von 1958 ist die Dammlinie zu größeren Teilen noch erkennbar.

Das Luftbild nach der Eindeichung und Besiedlung des Hauke-Haien-Kooges (Abb. 2c) nach einer Aufnahme vom 5. November 1962 gibt nicht nur ein gutes landschaftliches Bild, sondern läßt auch die Stadien der historischen Entwicklung dieser lange Zeit amphibisch gewesenen Landschaft erkennen. Im Deckblatt zu Abbildung 2c sind die einzelnen Stadien der Bedeichung markiert: Die Eindeichungen der damaligen Hallig Ockholm (1) und des Waygaarder Kooges (2) im 16. Jahrhundert, der Dammbau zur benachbarten damaligen Hallig Fahretoft (1632–1638) durch das Bottschlotter Tief, die Bedeichung des Maasbüller Herrenkooges (3), des Blumenkooges im Bottschlotter Tief (4), der Hallig Fahretoft und des Bottschlotter Kooges (5) (alle im 17. Jahrhundert), wobei der heutige Bottschlotter See in der

Die Küste, 22 (1972), 1-74

Wattniederung entstand. Im 18. Jahrhundert wurde der Juliane-Marien-Koog (6) geschaffen, keine 100 Jahre später der Blumen-Sommer-Koog (7) und schließlich in unserem Jahrhundert der Osewoldter Koog (8) und der Hauke-Haien-Koog (9). Alle diese Etappen sind im Luftbild in Gestalt der alten Deiche, Deichsiedlungen und Wege deutlich sichtbar, dazu das Entwässerungssystem der Bongsieler Wasserlösung. Man sieht im Hauke-Haien-Koog noch die Linie des Sommer-Kooges (dessen Deich abgetragen ist), die Tränkkuhle darin, den hellen Fleck, wo sich vordem der Ringdeich erhob, die Vorlandzone, die Lahnungsbezirke. Neu hinzugekommen sind die Straße, die Bauernhöfe sowie der Damm und Graben von Nordwesten nach Südosten, welcher die nordöstlichen Landwirtschaftsflächen von den Speicherbecken trennt. Die Bongsieler Wasserlösung ist im Bild besonders scharf hervorgehoben durch die schwarzen Wasserflächen. Der Bottschlotter See (oben rechts), der auch als Speicherbecken mit Verbindung zum Bongsieler Kanal dient, hat zum Teil an seinen Ufern und im ganzen Norddrittel Schilfbestände, welche gut als solche erkennbar sind. Der eingedämmte Bongsieler Kanal in der alten Marsch mit seinen beiden Brücken bei Waygaard und Munksbrück endet heute bei Bongsiel blind. Man sieht aber noch seine Fortsetzung außerhalb des alten Seedeiches von der abgetragenen Sielstelle an als toten Wasserarm im Südzipfel des Kooges, der mit dem ausgebaggerten Hauptgraben des Speicherbeckens in Verbindung steht. Ferner sind der neue Kanal mit den Speicherbeckenteilen, das Schlüttsiel und der Außenpriel zum Schlütt klar zu erkennen. Die auf dem Bild sichtbare Schlickfläche des Speicherbeckens liegt 1962 noch nackt da als Ansiedlungsfläche für die standortsgemäße Vegetation. Jetzt, fünf Jahre später, würden hier schon Schilf- (Phragmites) und Strandbinsenhorste (Scirpus maritimus) auf dem Luftbild erkennbar sein; denn die Vegetationsentwicklung geht schnell voran. Heute wird im Sommerhalbjahr das Speicherbecken gewöhnlich bis zu einem gewissen Wasserstand mit Süßwasser überstaut, so daß jetzt um diese Jahreszeit meist nur ein Teil der Schlickfläche zu sehen wäre.

Vor dem neuen Seedeich erkennt man (siehe Pfeile mit „B") noch einige Baggerlöcher, Sandentnahmestellen, die in den vier bzw. drei Jahren seit 1958/59 schon mehr oder weniger zugeschlickt sind.

So bietet dieses Luftbild, teils auf den ersten Blick, teils bei näherer Betrachtung, ein wirklichkeitsgetreues, nicht schematisiertes Abbild einer jahrhundertelangen Entwicklung dieser Landschaft.

b) Verlandungsgebiet bei der Hamburger Hallig und Wattstrom „Strand" (Abb. 3a, b)

Im Gebiet der Hamburger Hallig liegen ein Gebiet mit starker Anlandung und eine Zone erheblicher Eintiefung auf die geringe Entfernung von wenigen 100 m nebeneinander. Von der Nordostecke des Bildes ausgehend, sieht man auf dem Luftbild zunächst vor dem Dorfe Bordelum die alte Bordelumer Marsch mit den kleinsten, schmalsten Landparzellen, vielfach Grünland; davor als etwa ein Kilometer breiten Streifen den Reußenkoog mit etwas größeren Ackerflächen; davor bis zum Seedeich das neue Landwirtschaftsgebiet des *Sönke-Nissen-Kooges*. Dieses wird überwiegend ackerbaulich genutzt (helle Tönung); nur an den entlang der Straße liegenden Höfen sind dunkle Grünlandflächen zu sehen. Vor dem in flacher S-Kurve verlaufenden Seedeich liegt das dreieckige Verlandungsgebiet beiderseits des flachen Erddammes zur Hamburger Hallig hin, welche als kleineres Dreieck diesem Bezirk aufsitzt. Die Fortschritte der Verlandung von 1935 bis 1958 bemerkt man besonders daran, wie scharf 1958 die beiden Entwässerungspriele markiert sind, welche nördlich und südlich des Dammanfanges in das Watt hinausziehen. Die geschlossene Salzgraswiese ist an der helleren Farbe erkennbar, 1935 nördlich des Dammes mit „gesägtem", stufigem Rand (infolge der An-

lehnung an die Landgewinnungswerke), südlich des Dammes in etwas breiterer, ebenfalls keilförmiger Zone, beide Male mit feiner weißlicher Kante (Abbruchkante). An der nördlich des Dammes geringeren, südlich desselben größeren Breite des Vorlandes drückt sich die Schutzwirkung des Dammes vor den am stärksten aggressiven Nordwestwinden aus. 1958 ist die alte Vorlandkante wenigstens auf der Südseite des Dammes immer noch erkennbar, nun mit neuem Grünland davor. Die Länge der Vorlandstreifen zwischen je zwei Grüppen ist 1958 besonders deutlich zu erkennen an dem einen, nach Südosten gerichteten, beträchtlich dunkleren Graslandstreifen. Es ist ein eingezäuntes Stück Mähland mit hohem, geschlossenem (daher dunklem) Halligrasen, während das übrige kurzgrasiges Weideland für Schafe ist, wahrscheinlich deshalb etwas heller, weil hier der dunkle Schatten fehlt, der zwischen den aufragenden Halmen des Graslandes herrscht.

Westlich der Hamburger Hallig sieht man in beiden Luftbildern den Wattstrom *„Strand"*, welcher *Norderhever* und *Süderaue* (an Appelland-Gröde vorbeigehend) verbindet. 1935 hat er ziemlich verwaschene Ränder, 1958 dagegen eine sehr scharf abgesetzte, also steilere Böschung. Es ist auch im Luftbild erkennbar, was KNOP (1963) darüber sagt: „Die Verbindungsrinne am Strand hat sich sowohl beträchtlich vertieft als auch verbreitert, besonders an der Innenkante der Krümmung zur Pellwormer Plate hin, wo das Wasser offenbar den kürzesten Weg zwischen Norderhever und Süderaue sucht. Am Strand wird infolge der Verbindung der beiden großen Wattströme der Wattsockel von Pellworm mit jeder Tide fortschreitend vom Festland „abgesägt".

c) Verlandungsgebiet am Nordstrander Damm (Abb. 4–6)

Dieser Verlandungsbereich ist einer der am häufigsten besuchten; er soll deshalb auch hier vorgestellt werden. Im Luftbild (Abb. 4) ist gerade das Gebiet beiderseits des Dammes vom Festland nach der Insel Nordstrand wenig kontrastreich und daher schlecht zu lesen (ähnlich ist das auch bei anderen Verlandungsgebieten). Im Südwestviertel des Bildausschnittes liegt die Marschinsel Nordstrand mit ihren teilweise sichtbaren östlichen Kögen: Elisabeth-Sophien-Koog, Morsumkoog, Pohnshalligkoog, deren Deiche als dunkle (durch Graswuchs bedingte Tönung) Linien von Westen nach Osten durch das Land und darumherum ziehen. Diese drei Nordstrander Köge stammen aus verschiedenen Zeiten. Der Elisabeth-Sophien-Koog wurde 1771 wiederbedeicht, der Morsumkoog 1866, der Pohnshalligkoog 1920/24. Alle (bis auf den Ostteil des Pohnshalligkooges) haben als Unterlage Marschboden aus der Zeit vor der Sturmflut von 1634. Diese historischen Unterschiede sind auf dem Luftbild nicht erkennbar. Alle drei Köge zeigen durch die Aufteilung in rechteckige oder doch geradlinig begrenzte, vorwiegend dem Ackerbau dienende Landwirtschaftsflächen (fast nur hell erscheinende Acker-, wenig dunkle Grünlandflächen) im Luftbild eine recht gleichartige Bewirtschaftung. Im Pohnshalligkoog, nahe dem Bildrand zwischen Gitterzahl 95 und 96 ist wenigstens ein lang geschlängelter alter Priel aus der Zeit vor der Eindeichung als natürlich gebildetes Landschaftselement zu erkennen. Diagonal gegenüber liegt im Nordostquadranten ein Abschnitt des Festlandes. Dieser zeigt im Luftbild den ganz anderen Charakter dieses Gebietes. Am rechten Bildrand von Gitterzahl 43 bis 45 liegt Geestgelände mit Gehöften an seinem Westrand. Die Straße, die zwischen Zahl 42 und 43 von Husum her ins Bild führt und sich in S-förmiger Biegung nach dem Nordstrander Damm hinzieht, verläuft nahe dieser Geestgrenze. Die Wiesen westlich von ihr gehören bis zum Strand auch noch zur Geest. Doch ist das im Luftbild nicht deutlich sichtbar. Nordwestlich von dieser Geest breitet sich die Hattstedter Marsch aus (das Dorf Hattstedt liegt östlich außerhalb des Bildes). Es handelt sich um mehr oder weniger tief liegende alte Marsch, die vor 1500 ein-

Die Küste, 22 (1972), 1-74

gedeicht wurde. Nur das abgebildete nordwestlichste Marschstück dieses Komplexes, dort wo der Deich vorspringt, ist eine neuere Eindeichung, nämlich der 1903 bis 1905 bedeichte Cecilienkoog. Die alte Marsch besteht besonders im Gebiet hinter dem Seedeich größtenteils aus Grünland, wie der dunkle Ton im Bilde zeigt. Die Wege sind – im Vergleich zu Nordstrand – gewunden und winkelig, so z. B. der als weißliche Linie von der Siedlung Wobbenbüll nach Nordwesten verlaufende. Nordöstlich dieses Weges sind die Parzellen größer, es sind mehr Ackerflächen als hinter dem Hattstedter Seedeich vorhanden.

Diese Marsch gehört zu einer etwa 7 Kilometer tiefen Marschbucht. Ihre beiden Hauptentwässerungen sind als schwarze Linien im Bild zu erkennen: Da ist einerseits der *Jelstrom*, zwischen der S-förmigen Straße und der oberen Bildecke in das Bild tretend und durch ein Deichsiel am Deich mit einem kleinen Speicherbecken endend. Ein Deichdurchlaß und im Watt ein fadenförmiger Priel zeigen den weiteren Weg des Wassers. Daß die Entwässerung mit Hilfe eines Schöpfwerks geschieht, ist hier nicht erkennbar. Die *Arlau*, das größere der beiden Marschgewässer, ist dort, wo der Deich nach Nordwesten hin an den oberen Bildrand stößt, mit ihrem Ende (kaum als Mündung zu bezeichnen) sichtbar. Dieses wird verdeutlicht durch den anschließenden Wattpriel. Die letzte Strecke der kanalisierten Arlau geht parallel zum Seedeich. Auch hier ist das Schöpfwerk, welches neben der Sielentwässerung bei schlechten Abflußverhältnissen die Wassermengen befördert, auf dem Luftbild kaum zu erkennen. Der Priel, der die Vorflut zum Wattstrom *„Holmer Fähre"* bildet, wird wegen seiner Wichtigkeit für den Abfluß gelegentlich geräumt; daher der geradlinige Verlauf. Zwischen den beiden Gewässermündungen sieht man als gebogene dunkle Linie einen Verbindungsgraben. Er dient zur Entlastung des Jelstrom-Schöpfwerkes im Notfall.

Festland und Insel sind durch den Straßendamm verbunden. Bis 1906 zeigte die Seekarte in diesem Wattgebiet einen, wenn auch flachen und unscharfen, durch Priggen für kleinen Schiffsverkehr brauchbar gemachten Priel, der die beiden Wattströme bei Nordstrand, *Holmer Fähre* im Norden und *Süderhever* im Süden, verband. Er zog am damaligen Vorlandrand (jetzt Seedeich des Pohnshalligkooges) entlang. Ein kleinerer, ihm paralleler Priel lag etwas weiter östlich. 1906/07 (Müller/Fischer 1936) wurde ein erster Landgewinnungsdamm an dieser Stelle gebaut, dessen Krone 0,50 m über MThw lag. Da höhere Fluten über ihn hinweggingen, hatte er wenig Auflandungswirkung.

Der auf dem Luftbild kräftig hervortretende sturmflutfreie Straßendamm ist 1933–1935 gebaut worden. Die 800 m lange, 200 m breite Sandgrube, aus der das Material für den Deichkern genommen wurde, ist mit ihrem Westteil im Geestgebiet am rechten Bildrand im Bild vorhanden, aber im Schwarzweißphoto nicht mehr als Sandgrube erkennbar; denn eine Anzahl von Häusern und ein Weg sind darin erbaut worden.

Von den ehemaligen, oben erwähnten Prielen ist der Hauptpriel entlang dem Ostdeich des Pohnshalligkooges völlig verschwunden, dagegen der weiter östlich vorhanden gewesene als System beiderseits des Dammes noch erhalten. Im Schutz des Pohnshalligkooges hat sich neues Vorland gebildet, welches sich einigermaßen deutlich durch seine Dunkelfärbung heraushebt. Von Andelgras (Puccinellia maritima) sowie Schlickgras (Spartina) und Queller-(Salicornia-) Bewuchs ist beiderseits des Dammes im Luftbild weniger Bodendeckung zu vermuten, als in Wirklichkeit vorhanden ist. Immerhin erkennt man auf dem entzerrten Bildplan schon mit bloßem Auge, noch besser trotz Unschärfe mit der Lupe, an den Grüppen zwischen den Lahnungsstreifen das zur Begrünung mindestens der Höhenlage nach neigende Gebiet. Es ist nicht nur an der Ostseite der Insel, sondern auch vor dem Festland beiderseits schon weiter vorangewachsen als im mittleren Bereich des Dammes. Nördlich der westlichen Dammhälfte ist noch ein fast buchtartiges, nacktes, nach dem Deich zu nur durch „grieselige" Punktierung (Spartina-

Horste) markiertes Areal zu bemerken. Auch hier nimmt, wie fast überall, das Spartinagras die dominierende Rolle ein.

Phototechnisch ist die hier verwendete Bildvorlage nicht sehr gut. Die bei der Entzerrung nebeneinandergeklebten Teilstücke (nördlich des Pohnshalligkooges) sind, obwohl sie hier an einem und demselben Tage (4. 9. 1958) aufgenommen wurden, z. T. sehr kontrastreich gegeneinander abgesetzt. Doch mag ein solcher wenig gelungener Bildplan hier mitgebracht werden, um auch daran die Interpretationsmöglichkeiten zu zeigen.

Zur Verdeutlichung des soeben über das Verlandungsgebiet Gesagten werden noch zwei Abbildungen von Schrägaufnahmen aus geringerer Höhe (ca. 200 m) gebracht. Abbildung 5 zeigt einen Ausschnitt aus dem Gebiet des Dammes mehr nach der Insel zu. Links oben liegt das dammnächste, höchste Schlickwatt mit schon relativ glatten Andel-Queller-Äckern. Sie gehen nach unten (rechts unten im Bild) in mehr oder weniger einheitliche Spartina-Bestände über, deren einzelne Pioniere nahe der rechten unteren Bildecke zu sehen sind. An der Breite der Wattäcker (10 m) kann man die Größe der runden Pflanzenhorste abmessen.

Ähnlich ist die Zonierung der Pflanzen auf Abbildung 6, welche das Gebiet vor dem Pohnshalligkoog sowie den Blick über diesen und die südliche Hälfte von Nordstrand wiedergibt. Die Grüppen reichen bis zum Deichfuß. Vor dem Deich liegt eine noch ziemlich scharf abgesetzte, hellere, glatte Andelzone, davor (nach dem unteren Bildrande hin) wieder reines Spartinagebiet. Die Grüppen sind im Andelgebiet schmal, vor dessen Rand aber (der dadurch noch betont wird) doppelt so breit. Links unten im Bild sieht man wieder Einzelhorste von Spartina als Pioniere.

d) Verlandungsgebiet am Wöhrdener Hafen (Abb. 7a, b)

In der Nordostecke der *Meldorfer Bucht* tritt der künstliche Wasserlauf aus dem Marschgebiet durch den Deich heraus, der die Ländereien westlich und südwestlich der Stadt Heide entwässert. Er zieht als *Wöhrdener Hafenpriel* von da ab heute ca. 2,5 km ziemlich geradlinig nach Westen, eingeengt zwischen den Landgewinnungswerken. Erst weiterhin biegt er plötzlich nach Süden in das freie Watt ab. Dieser heutige Verlauf ist, wie man schon nach der Linienführung und der Prielgestalt im Luftbild vermuten kann, nicht natürlich. Er entstand (nach Auskunft des Marschenbauamtes Heide) durch Ausbaggern um 1950, seine frühere, weitgehend natürliche Form sieht man im Luftbild von 1935 (Abb. 7a). Schon im Deichwinkel zog er damals hin und her, und auch weiter ins Watt hinaus verlief er in verschiedenartigen Windungen. Von Norden und Süden her wurden Lahnungen bis in seine Nähe gebaut. Diese Windungen sind z. T. noch im Bild von 1960 erkennbar auf den ersten 500 m an dem buchtigen Verlauf der Grünlandkante an beiden Ufern. Weiterhin hat sich eine alte Schlängelstrecke noch südlich vom jetzigen Hafenpriel erhalten. Sie ist durch Grüppel- und Lahnungsbauten nun ziemlich festgelegt. Ein Baggerloch von 300 m Länge auf dem Vorland stammt aus der Zeit der Deichverstärkung in den 50er Jahren.

e) Verlandungsgebiet bei Hallig Helmsand (Abb. 8, 9)

Helmsand ist, nachdem Trischen bedeicht wurde und dann unterging, die zur Zeit einzige Hallig im Dithmarscher Wattenmeer. Auch sie ist nur ein Reststück. Sie ähnelt in ihrer Gestalt, der Lage vor dem Festlande und der Verbindung mit dem Festland der Hamburger Hallig im nordfriesischen Raum (s. Abb. 3). Während diese aber schon im vorigen Jahrhundert durch einen bis über MThw aufragenden Erddamm Festlandsverbindung bekam, wurde nach Helm-

sand erst 1936 ein hochwasserfreier Damm gebaut (PFEIFFER 1938). Dieser Damm hat eine Basaltdecke, seine Oberkante liegt 1,20 m über MThw, mittlere Sturmfluten gehen also über ihn hinweg. Er ist auf Abbildung 8 als schnurgerade, vom rechten Bildrande nach Südwesten führende Linie zu erkennen. Beiderseits sind Landgewinnungswerke angelehnt. Deren Grüppen sind deutlicher zu erkennen als auf manchen sonstigen Luftbildern. Sie sind nämlich breiter und tiefer als in vielen anderen Verlandungsgebieten. Das kommt daher, daß sie in einem einheitlichen Spartina-Gebiet liegen, in welchem Grüppen üblichen Ausmaßes zu schnell von dieser Pflanze wieder bewachsen werden; sie erfüllen dann ihren Zweck nicht mehr. Man sieht auch, daß 1960 im Westabschnitt des Dammes, im letzten km vor der Hallig, nördlich des Dammes noch fast kahles Watt liegt, südlich davon aber schon in größerem Umfange die dunkle Grünlandzone vorhanden ist; sie besteht, was im Luftbild nicht unterscheidbar ist, in Dammnähe teilweise aus Andelwiese, weiter draußen nur aus Spartina. Diese ungleichmäßige Verteilung der Vegetation beiderseits des Dammes liegt daran, daß er nur das südlich von ihm gelegene Gebiet vor den am stärksten angreifenden Nordwest-Winden schützt. 700 m östlich der Hallig sieht man am Damm einen viereckigen Schutzhügel als Zufluchtsort für die Schafe und für Landgewinnungsarbeiter. Für diese sind auch am Damm entlang mehrere Schutzhütten auf Pfählen errichtet.

Der alte Halligkörper selbst hebt sich wegen der gelblichen, hauptsächlich aus Strandquecke (Agropyrum littorale) und Rotem Schwingel (Festuca rubra littoralis) bestehenden Grasvegetation hell (beide Arten bilden reichlich gelbe Ähren bzw. Rispen) aus der Umgebung heraus. Er ist auf der Südseite bogenförmig bis unmittelbar an den Damm abgenagt. Dies ist eine Folge von Muschelschalen-Aufschüttungen gewesen, welche durch das Meer von Süden her gerade hier in beträchtlichen Massen abgelagert wurden und den Halligrasen erstickten (Abb. 9). Der dann nackt daliegende Halligrand wurde leicht von den Wellen zerstört. Erst in den 50er Jahren konnte mit einem neuen, engen Lahnungsnetz diese Muschelanlagerung gestoppt werden. So entwickelt sich vor der Südkante der kleinen Hallig ein neuer Andelrasen, die dunkel gefärbte Zone. Östlich von dieser Stelle erkennt man im 1 : 10 000-Maßstab in den ungegrüppten Lahnungsfeldern deutlich die einzeln oder gehäuft stehenden Spartina-Horste als dunkle Flecken.

Die Westkante der Hallig ist geradkantig, weil sie durch ein Steindeckwerk geschützt ist. Von ihr ragen wie starrende Speere starke Steinbuhnen in das Watt. Der Priel westlich der Hallig muß sich daher vor ihrem Ende vorbeizwängen. Er bildet vor jedem Buhnenende einen Kolk. Dieser Priel hat sich erst nach dem Buhnenbau an dieser Stelle gebildet.

3. Nordfriesische Halligen

a) Hallig Langeneß (Abb. 10a, b)

Von der Hallig Langeneß werden zwei Bildausschnitte gegeben. Derjenige von 1958 (Abb. 10a) zeigt die Osthälfte der Hallig nach der Durchführung der Flurauftteilung und dem Bau der Betonstraße mit ihren Abzweigungen zu den Warfen. Die Ufersicherung ist als helle Kante sichtbar neben dem Sommerdeich. Neben diesen älteren und neuesten Bauwerken ist das Gewimmel der zahlreichen natürlichen Halligpriele und Schlenken erhalten. Das Bild der Hallig wirkt durch dieses Nebeneinander sehr uneinheitlich, unorganisch.

Den Bildausschnitt vom 27. 8. 1936 (Abb. 10b) wird man nach den klaren Linien des Halligumrisses und der Priele leicht in den anderen einordnen können. An Bildschärfe, mit der Lupe betrachtet, sind beide Aufnahmen etwa gleichartig. Manche der kleinen Schlenken, die auf dem Bild von 1936 z. B. nahe dem Südrande der Hallig als dünne wurmartige Schnörkel

zu sehen sind, sind da besser auffindbar, weil sie offenbar nackt, unbewachsen waren und das Wasser in ihnen vertrocknet war, so daß sie sich hell hervorheben. 1958 sind sie zum Teil verschwunden, zum Teil mit Gras bewachsen und heben sich deshalb nicht als helle Linien heraus.

1936 sieht man übrigens auf dem Luftbild in der Südwestecke auf dem dunklen Watt streifige hellere Tönung. Das sind die Torfabbaue aus dem Mittelalter (vgl. Karte bei BANTELMANN 1936).

Das älteste Langeneßer Luftbild, 1926 entstanden, ist als Druckvorlage ungeeignet; deshalb soll es nur in Worten vergleichend dargestellt werden. Die kleinen Schlenken im Grasland der Hallig sind auf dem Bild von 1958 im Vergleich zu 1926 erheblich reduziert. Die großen Priele aber sind allesamt 1926 in derselben Ausbildung vorhanden wie auf den beiden späteren Aufnahmen. Der Uferschutz, der auf dem Bilde von 1936 schon vorhanden ist, fehlt 1926 im Ostteil der Hallig noch. Der Damm nach Oland, 1897–1899 gebaut, ist nur in Bruchstücken erhalten. Auf dem Luftbild von 1936 ist er wieder vorhanden. Die Verlandung beiderseits seines Anschlusses an die Hallig ist in den 30 Jahren merklich fortgeschritten. Östlich vom Damm sieht man auf dem Bild von 1958, heller getönt, noch deutlich das dreieckige höhere Grasland, welches schon 1926 vorhanden war. Seine helle Farbe ist offenbar bedingt durch Rotschwingelvegetation (Festuca rubra). Scharf stufig abgesetzt schließt sich nach Osten hin dunkleres, gegrüpptes Grasland an, vorwiegend noch Andelbereich. Es zieht sich nach Nordosten hin am Damm entlang; die Grüppenbezirke gehen noch weiter als der begrünte Anwachs. Auch westlich vom Dammanschluß ist das Grünland etwas größer geworden.

b) Hallig Gröde (Abb. 11, 12)

In Abbildung 11b wird von dieser Hallig ein Ausschnitt im Maßstab 1 : 10 100 gebracht, der den Ostabschnitt mit einer Reihe von für Halligen charakteristischen Erscheinungen zeigt. Er ist aus einer Vergrößerung des Originalfliegerfilms genommen, welcher am 27. 7. 1968 aufgenommen wurde.

Auf der Westhälfte des Bildes liegt das Halligland. Die Umrisse haben sich gegenüber der topographischen Karte 1 :25 000, Ausgabe 1942, kaum geändert. Es ist zu keiner Anlandung auf der Ostseite gekommen, wie sie bei Langeneß und Oland infolge Vorhandenseins eines schützenden Dammes stattgefunden hat.

Das Halligland wird durch den Südwest-Nordost verlaufenden Priel in zwei Teile geteilt: südlich des Priels die eigentliche Hallig *Gröde*, nördlich desselben die früher von ihr getrennt gewesene Hallig *Appelland*. Beide Halligen wurden zur Jahrhundertwende im Zuge der Halligsicherung an der Westseite durch einen auf Hallighöhe liegenden Damm verbunden (MÜLLER 1917). Die Hauptentwässerung geschah danach durch den breiten Priel nach Osten hin. Das Watt zwischen den beiden Teilhalligen verlandete zuerst im Westen, im Schutz der Ufersicherung und Dammverbindung. Ein Brückensteg führte über den Priel; an dessen Stelle ist 1930 eine Abdämmung geschüttet worden. Seitdem entwässert nur noch der Ostteil nach Osten hin, der Westteil dagegen durch einen Durchlaß (ebenfalls 1930 gebaut) durch den alten Steindamm nach Westen hin.

Auf dem Luftbild erkennt man folgende Einzelheiten („Gröde" und „Appelland" im folgenden als Ortsteile unterschieden). Auf Gröde ist in der unteren Bildmitte das nach Nordosten zeigende Ende der Ufersicherung als gradliniger, heller Damm zu sehen. Das Halligland, das er schützt, ist in der Südwestecke des Bildes Weideland – eine gleichmäßig graue Fläche mit wurmförmigen, etwas helleren kleinen Prielen und Schlenken. Abbildung 12 zeigt dieses Gelände in Erdsicht. Nach Nordosten hin zwischen Halligrand und Mittelpriel breitet sich eine in parallele

Die Küste, 22 (1972), 1-74

Streifen zerlegte Fläche aus (das Gelände ist nicht mehr in Gemeinschaftsnutzung wie früher, sondern Einzeleigentum geworden), das *Mähland*. Es ist umgeben von einem niedrigen Sommerdeich (älteren Datums, 1952 verbessert). Auch dieses Mähland ist durchsetzt mit einem dichten Netz von kleinen Halligprielen, größtenteils 1 bis 2 m breit. Diese Kleingewässer sind sehr deutlich erkennbar auf den hellen Parzellen, weniger deutlich auf den dunklen. Auf den dunklen sind zahlreiche weiße Tupfen sichtbar, die Heuhaufen. Sie fehlen gänzlich auf den helleren Parzellen. Auf diesen liegt offenbar das Heu noch ausgebreitet zum Trocknen; es ist schon gebleicht. Daß diese Flächen ebenfalls gemäht sind, kann man bei Lupenbetrachtung erkennen (im Druck nicht wiederzugeben). Die Halligleute können nur da, wo die Schlenken nicht so eng beieinander liegen oder wo sie flach sind und in trockenen Sommern durchquert werden können, mit einer treckergezogenen Mähmaschine arbeiten. Meist nehmen sie (nach Angabe von Herrn Bürgermeister Schwennessen/Gröde) motorisierte Handmähmaschinen. Man sieht nun auf den einzelnen Grasflächen zwischen den kleinen Schlenken die deren Verlauf angepaßten parallelen Spuren des Grasmähers. Ebenso und in derselben Breite sind sie auf dem dunklen Streifen mit den Heuhaufen vorhanden. Dagegen fehlen sie erklärlicherweise völlig auf den Weideländereien in der Umgebung der Warf. Auf den hellsten Flächen ist anscheinend am saubersten an die Schlenken herangemäht worden; diese haben daher ganz scharfe Konturen. Nicht so gut gemäht wurde auf dem östlicheren hellen Mähland von Gröde; hier wirken manche Schlenken etwas verschwommen. Vielleicht ist dort das Gelände auch etwas unebener. – Das eben für das Mähland von Gröde Gesagte gilt in ganz ähnlicher Weise für Appelland.

Der Priel hat östlich der Durchdämmung (welche übrigens einen kleinen offenen Durchlaß behalten hat) noch ganz seinen alten, auf dem Meßtischblatt schon verzeichneten Querschnitt – ebenso, wie die kleinen Rinnen und Schlenken des Graslandes seit langem ihre individuelle Gestalt behalten haben. Sein Querschnitt wird neuerdings etwas verengt durch die Ausbreitung des Spartina-Grases. Dessen Prielrand-Bestand rückt mit der Reihe der runden Randhorste deutlich erkennbar gegen die Prielmitte vor. So ist der Spartina-Streifen in Höhe des Ostendes des Mähl andes in den 10 Jahren von 1958 (wovon das Luftbild der großen Befliegung vorliegt) bis 1968 nach Ausmessung des Luftbildes um 9 bis 10 m breiter geworden. Im Schlick des Priels sieht man isolierte dunkle Punkte, die einzelnen Spartina-Horste. Von ihnen waren 1958 nur erst die beiden größten (165 bzw. 60 m vom Damm entfernt) vorhanden. Damals war auch die Fläche des Prielendes am Damm noch frei davon; heute ist sie bedeckt mit einander schon berührenden Einzelhorsten.

Das Watt östlich der Hallig, soweit es auf dem vorliegenden Bild zu sehen ist, hat bis an das Wasser des Wattstromes der Süderaue heran (Südostecke des Bildes) Kleigrund von untergegangenem Halligland. Die Einzelheiten beiderseits des Prielausganges sind ohne Ortskenntnis nicht zu identifizieren. Doch kann auf Grund der Begehung gesagt werden, daß die hellen Stellen Sand mit Schill sind. Das Watt taucht hier sehr allmählich in die Süderaue ein. Diese bildet zwischen Gröde und Hallig Habel eine undeutliche Bucht.

Im Schlickwatt des Prieles westlich des Dammes erkennt man auf dem Luftbild noch keine Spartina- oder sonstigen Pflanzenbestände. Doch ist Spartina in qm-großen Horsten schon am Prielrand entlang vorhanden. Die eigentliche wasserführende Rinne beginnt ganz schmal, ein Zeichen, daß durch den westlichen Prielabschnitt weniger erodierendes Wasser ein- und ausläuft als durch den östlichen, vielmehr eine Aufschlickung erfolgt ist. Das ehemalige Wattland zwischen Gröde und Appelland westlich des Dammes ist, wie man nach dem Luftbild vermuten, aber nicht sicher sagen kann, noch heute mit einer deutlichen schrägen Stufe vom alten Halligland beiderseits abgesetzt. Es ist gegrüpptes Grasland, vorwiegend noch Andelbestand (Puccinellia maritima), welcher großenteils noch nicht zu einer glatten Rasendecke zusammengewachsen ist. In der Natur ist es unebener, als man nach dem Luftbild vermuten kann. Auch Queller

ist in der Vegetation noch beteiligt. Durch die Grüppen hebt es sich deutlich als künstlich gestaltetes Gebiet ab.

Auf dem Luftbild von 1935 (Abb. 11a) scheint der westliche Prielabschnitt noch einen größeren Querschnitt zu haben; er ist bei Niedrigwasser mit schwarzgetöntem Wasser gefüllt. Die kleinen Schlenken im Grasland sind in allen Einzelheiten schon so vorhanden wie heute. An der Ostseite der Hallig hat beiderseits des Priels ein merklicher Abbruch stattgefunden. Hier gibt es – auch heute noch – eine typische Abbruchkante. Sie hat sich im Lauf der 30 Jahre um durchschnittlich etwa 30 bis 50 m zurückverlegt.

c) Hallig Norderoog (Abb. 13a, b)

Diese kleine Hallig (zur Zeit knapp 9 ha groß) ist nach der Sturmflut von 1825 als ständiger Wohnplatz verlassen worden. Sie ist seit 1909 Eigentum des Vereins „Jordsand zum Schutze der Seevögel" und dadurch ausschließlich Vogelschutzgebiet. Die Hallig ist bis heute ständig im Abbruch, da sie nicht wie die anderen um die Jahrhundertwende mit einer Steinsicherung umgeben wurde. Im Laufe der Zeit ist mancherlei über sie veröffentlicht worden, z. B. von Schulz (1957) und Knop (1963). Hier soll an den beiden Luftbildern von 1927 (Abb. 13a) und 1958 (Abb. 13b) einiges gezeigt werden, was aus den entsprechenden topographischen Karten nicht zu ersehen ist. Das Luftbild von 1927 ist aus Teilstücken zusammengesetzt, entzerrt und als Bildplan in das Gitternetz eingeordnet. Höhenzahlen und Lage des T.P. sind später, vermutlich vom Marschenbauamt, eingetragen worden. Die Veränderung der Umrisse, die Verkleinerung der Fläche ist z. B. ersichtlich bei Knop (1963). Im Luftbild bemerkt man zusätzlich, daß die als Umrißlinie genommene „grüne Kante" nicht überall eine geschlossene Linie ist, und daß man daher über den Verlauf der Uferlinie an diesen Stellen verschiedener Meinung sein kann. Der Vergleich der beiden Luftbilder zeigt, daß die zahlreichen kleinen Tümpel und Schlenken im Innern der Hallig (die auf der topographischen Karte nicht eingetragen sind) ebenso wie die beiden Hauptpriele über die 30 Jahre hinweg ihre Form trotz zahlreicher Überflutungen der Hallig bis in alle Einzelheiten erhalten haben. Der Hauptpriel hatte an seinem westlichen Ende, welches rechtwinklig nach Norden abgebogen war, 1927 noch einen Abstand von 75 m von der damaligen Westspitze der Hallig im Grünland. Es ist durch die Abrasion in den späteren Jahren soweit verkürzt worden, daß dieser Endhaken 1958 etwa 60 m außerhalb des Grünlandes liegt. Er ist auf dem Luftbild in abradiertem Halligklei noch schwach erkennbar. Das obere Prielende, durch welches die Fluten erodierend und abradierend in die Hallig eindringen wollen, ist alljährlich von den Vogelwärtern mit Klei wieder zugeschüttet worden. Deshalb ist auf dem Luftbild kein Ausgang des Priels nach Westen hin vorhanden. Schon auf dem Bild von 1927 sind solche Uferschutzarbeiten zu sehen, und zwar in den Gruppen von rechteckigen Streifen um die Westspitze herum. Hier hatte der Vogelwart Jens Wandt anscheinend den Boden abgegraben.

Die Luftbilder, besonders das von 1958, lassen auch einige Hauptzüge der Vegetation erkennen. Die dunkleren Flächen auf der Hallig sind die Bestände der „normalen" Halligvegetation – besonders Andel (Puccinellia maritima) und Roter Schwingel (Festuca rubra littoralis) sind beteiligt –, die flächenmäßig überwiegenden hellen Flächen sind die Bestände der Strandquecke (Agropyrum littorale). Sie bestimmen das Aussehen dieser Hallig (König 1957). Auf dem Bild von 1927 sieht man im Grasland einige geradlinig begrenzte besonders helle Flächen. Diese zeigen offenbar an, daß das Gras damals noch von einem Hooger Einwohner gemäht wurde. Diese Bilderscheinung spricht auch dafür, daß die Luftbildaufnahme, welche zu dem entzerrten Bildplan verwendet wurde, im *Hochsommer* 1927 gemacht wurde, also zur Zeit der Heuernte auf den Halligen. Nach dieser Aufnahme wurde später der Luftbildplan mit Gitternetz „angefertigt im Februar 1928".

Die Küste, 22 (1972), 1-74

Die beiden östlichen Prielanfänge sind 1927 als scharf umrissene, wannenförmige, wassererfüllte Senken vorhanden, während sie 1958 verwaschener im Watt enden. Auf beiden Luftbildern sieht man südlich der Hallig ungefähr ostwestlich verlaufende parallele bänderartige, dunkle Strukturen. Das sind die mehr oder weniger eingeebneten Abrasionsstufen des geschichteten Halliglandes. Der T.P. Norderoog liegt auf dem Bild von 1927 wie das Wärterhaus etwas vor der „grünen Kante". Damals war auch an der Nordostkante der Hallig merklicher Abbruch. Dieser wurde später durch die vermehrt errichteten Lahnungen zum Stillstand gebracht. Heute steht das alte Wärterhaus (neben dem neuen) wieder innerhalb von Grünland, einige Meter von der Lahnung an der Uferkante.

d) Hallig Südfall (Abb. 14–16)

Der Wattweg von der Westseite der Insel Nordstrand nach der Hallig Südfall ist einer der festesten und gleichmäßigsten, welche es im nordfriesischen Watt zwischen Inseln gibt. Nur unmittelbar vor dem Nordstrander Deich befindet sich eine weiche Schlickzone (König 1956). Dann liegen noch etwa 1,5 km und 3,5 km vom Deich entfernt weichere, etwas feinkörnigere Sedimente; das sind die oberen Einzugsgebiete kleiner Priele, welche auch im Luftbild hervortreten. Doch auch im übrigen besteht das Watt aus festgelagertem Sand. Das ist aus den beiden Luftbildern von 1936 und 1958 keineswegs herauszulesen. Die reichhaltige Hell-Dunkel-Tönung täuscht größere Unterschiede vor. Diese liegen aber nicht im Bewuchs oder in der Sedimentart, sondern hauptsächlich in den Feuchtigkeitsunterschieden. Feuchte Stellen lassen den Sand dunkler erscheinen.

Östlich der Hallig und auf deren Nordrand liegen starke, im Luftbild sehr hell erscheinende Ansammlungen von Muschelschalen, welche gerade für diese Hallig besonders charakteristisch sind (König 1956). Das Watt ist auf beiden Luftbildern recht ähnlich – so wie es auch in der Natur sich sehr gleich geblieben ist (im Gegensatz zu manchen anderen Wattgebieten, z. B. dem Watt bei Norderoog, s. Abschn. 4. b). Der „Wattweg" ist 1936 als gerade Linie von Nordstrand nach der Ostspitze von Südfall deutlich zu erkennen, 1958 dagegen gar nicht bemerkbar. Das mag liegen an der früher mehr oder weniger genauen Innehaltung eines Weges und daran, daß 1936 der Pferdewagen, 1958 dagegen der Jeep auf diesem Weg benutzt wird.

Westlich der Hallig wird der Wattzipfel zwischen der Hever und der Norderhever durchschnitten durch das „Dwarsloch", welches den kleineren Wattschiffen zur Abkürzung des Weges bei Hochwasser als Fahrrinne dient. Die Form dieses Lochs hat sich im Lauf der Jahrzehnte stark verändert, wobei sich der Fahrpriel über das Watt nach der Norderhever hin parallel nach Nordosten verlagerte. Die buchtartige Tiefe des Lochs zwischen „Heversteert" und „Korbbakensand" hat 1936 sehr verwaschene Ränder, 1958 dagegen tritt sie viel deutlicher hervor. Man erkennt in der Nordwestecke des Bildes von 1936 am Priel nach der Norderhever hin die gebündelten Scharrspuren der Schiffskiele, die hier bei steigendem oder fallendem Wasser oft Grundberührung haben.

Von der Vernichtungstendenz des Meeres auch an dieser Hallig ist beim Vergleich der beiden Luftbilder mit einem zeitlichen Abstand von 22 Jahren einiges zu sehen. Die Westkante ist durch einen Uferschutz festgelegt. Man bemerkt, daß dieses Deckwerk 1958 anders liegt als 1936, also zwischen beiden Jahren erneuert sein muß. In der Tat ist es besonders in den 40er Jahren vom Meer so zerstört worden, daß es 1954 neu gesetzt und zugleich zurückverlegt werden mußte. Das Wandern des Muschelaufwurfes über die Nordflanke der Hallig ist zu erkennen an der Veränderung seines Südrandes auf der Halligwiese und an dessen Abstand von dem ziemlich festliegenden Priel: 1936 betrug der Abstand von der nördlichen Verbindungs-

linie der Prielbögen bis zur Muschelkante 230, 1958 nur noch 150 m, von der vorspringenden Schillpartie sogar nur 115 m. So geschieht die Halligvernichtung an der Nordseite in stets gleichbleibendem Ablauf: Überlagerungen mit Schill – Absterben des bedeckten Rasens – Abrasion des beim Weiterwandern dann freiliegenden Kleis. Dementsprechend beträgt die Länge der Grünlandkante am Schillrand auf der Hallignordseite 1936 1420 m, 1958 1250 m. Ersichtlich ist auch die Zerstörung der Uferzone im Mündungsgebiet des Hauptpriels. Dagegen ist die 1936 sichtbare große nackte Muschelsandfläche um die Warf herum, die sich bis an die südöstliche Uferkante zog, 1958 bis auf einen kleinen Fleck östlich der Hallig wieder mehr oder weniger bewachsen (etwas fleckige Dunkelzone). – Einzelheiten zu dem eben Gesagten und weitere Veränderungen zeigen die Abbildungen 15 und 16, welche aus geringerem Abstand als die Senkrechtaufnahmen und sieben Jahre später aufgenommen wurden. Der „Schwanz" aus Muschelschalen, der von der Ostspitze der Hallig in das Watt hinauszieht, ist in diesem Jahr als schmaler Wall aufgeschüttet, der sich nur am östlichen Ende verbreitert (und hier großenteils aus Sand besteht). Abbildung 16 zeigt, daß der Muschelfleck mitten auf der Hallig östlich der Warf gegenüber 1936 und 1958 bis auf einen Rest verschwunden, durch die darübergewachsene Vegetation verdeckt ist.

Im Luftbild von 1936 (Abb. 14a) ist noch mancherlei erkennbar von den Kulturspuren des alten Rungholtgebietes. 200 m nördlich der Ostspitze der Hallig sieht man Komplexe von je 20 bis 30 parallelen Gräben in Südwest-Nordost-Richtung. Im Watt südlich der Hallig liegen südlich der Warf zwei viereckige Warfreste, ein ebensolcher auch 800 m westlich der Halligwarf. 200 m südlich der Südspitze der Hallig ist ein ostwestlich verlaufender Deichrest mit zwei warfartigen Verbreiterungen zu erkennen. Diese Reste (bis auf die Gräben vor der Ostspitze) sind auch in Karten von Busch (1954 und – „nach genauer Vermessung" – 1962a) und in zwei Luftbildern (Busch 1954) zu sehen und dort näher erläutert. Auf dem Luftbild von 1958 ist nichts von alledem mehr vorhanden. Das liegt nicht an der ungeeigneten Aufnahme, sondern daran, daß diese Reste tatsächlich seitdem verschwunden, teils wegerodiert, teils noch wieder zugedeckt sind (Busch 1940, 1957, 1962b). – Die Luftbilder aus dem Watt sind also auch für die Untersuchung von Kultur- und Siedlungsspuren brauchbar.

4. Freie Wattflächen

a) Watt bei Amrum (Abb. 17)

Auf dem Luftbild tritt der starke Gegensatz zwischen West- und Ostseite des Amrumer Strandgebietes deutlich hervor. Während der hochwasserfreie, reinsandige Kniepsand keinerlei Priele oder Senken enthält, ist das Watt östlich der Insel ziemlich reich gegliedert. Vor dem Geestufer der Insel und vor dem Deich des Norddorfer Kooges befindet sich, an der dunklen Feuchtigkeitsfarbe erkennbar, weiches Schlickwatt. Es ist in Deichnähe fast unbegehbar. Vor dem Koog ist es zum Schutz des Deiches in Lahnungsfelder gegliedert, welche gegrüppt werden. Hier ist infolgedessen eine Begrünung mit Queller (Salicornia) und Andel (Puccinellia), in den letzten 10 Jahren besonders auch mit Schlickgras (Spartina) eingetreten, welche auf dem Luftbild noch nicht deutlich hervortritt. Die kleinen Priele, welche aus diesem Schlickwatt nach Osten zum großen Wattstrom *Amrumtief* ziehen, haben bemerkenswert scharf ausgeprägte Steilränder. Dagegen ist der Priel, der um die Nordspitze der Insel herum über das Watt hinweg die Verbindung mit dem Amrumtief herstellt, weniger scharf eingeschnitten. Jedoch ist er als durchgehende Rinne erkennbar. Es ist aber aus dem Luftbild nicht ersichtlich, daß der häufig benutzte Wattwanderweg über diese Wattwasserscheide zwischen Föhr (Abgang an der Westküste nörd-

Die Küste, 22 (1972), 1-74

lich Utersum) und Amrum (Ankunft an der schmalsten Stelle der fingerartigen Nordspitze) genau an der durch Pfähle markierten Linie innegehalten werden muß. Bei Abweichung schon um hundert bis wenige hundert Meter gerät der Wanderer in diesem Prielsystem in zu tiefes Wasser. Der Schlickcharakter des Watts außerhalb der dunklen Zone vor dem Ufer ist auf dem Luftbild nicht deutlich zu erkennen, auch wenn man die Ergebnisse vorliegender bodenkundlicher und biologischer Wattkartierungen (OSTENDORFF 1943, PLATH 1943) heranzieht. Miesmuschelhorste von 10 bis 50 m Durchmesser sind als winzige, aber scharf abgegrenzte schwarze Fleckchen auf dem Watt und in Prielnähe zerstreut sichtbar. Der größere Teil des Watts im vorliegenden Kartenabschnitt ist, wie die hellere Tönung schon vermuten läßt, Sandwatt.

b) Wattgebiet südlich Hallig Hooge (Abb. 18)

Der Wattkomplex südlich von Hallig Hooge bildet fast eine Insel. Im Westen grenzt er an die freie Nordsee, im Süden an den Wattstrom *Rummelloch*, im Norden an den Wattstrom *Süderaue*. Nur östlich von Hooge hat er Verbindung nach der weiten Wattfläche der Pellwormer Plate. Er zeigt eine große Fülle von verschiedenen Wattarten und Oberflächenformen.

Zwei Halligen liegen darauf: Hooge und Norderoog. Hooge liegt am Nordrand des Bildes. Die Mitte der Hallignordkante stößt direkt an das tiefe Fahrwasser der Süderaue; man erkennt dort die Anlegebrücke. Hooge wird rings von einem Sommerdeich umschlossen. Nur auf der Ostseite, im Windschutz, liegt noch ein Streifen Vorland außendeichs. Die alten Halligpriele sind als dunkle Linien zu erkennen. Im Gegensatz dazu sieht man die hellen geraden Betonstraßen, die in den letzten Jahren gebaut worden sind. Sie verbinden die Warfen untereinander.

Über Hallig Norderoog ist schon im Abschnitt 3. c) gesprochen worden.

Der Wattkomplex ist durch ein großes, von Osten nach Westen ziehendes Prielsystem, das *Hooge-Loch*, in zwei Hälften gegliedert. Während dessen Mündung im Westen zum Teil scharf ausgeprägte Formen mit Steil- und Flachkanten hat, wird es nach der Wasserscheide zu sehr flach und verwaschen. Die Wasserscheide liegt nicht in der Mitte des Watts, sondern sie ist eine ziemlich breite Zone, etwa 1 km vom Rummelloch entfernt, auf der Verbindungslinie Norderoog – Osthälfte von Hooge. Von den oberen flachen Verästelungen dieses Hooge-Loches findet ein wenig ausgeprägter Übergang nach kleinen Prielrinnen zum Rummelloch hin statt. Nach Westen hin ist das Hooger-Loch die einzige Ent- und Bewässerungsstelle, allerdings die weitaus mächtigste insgesamt. Auf der Nord-, Ost- und Südseite dagegen gibt es eine größere Anzahl kleiner Priele.

Diese ungleichmäßige Verteilung kommt daher, daß entlang der Westkante des Gebietes sich die ca. 1,5 km breite Zone der mächtigen Außensände, des Jap-Sandes – lokal „Die Jap" genannt (nördlich des Priels) – und des Norderoogsandes (südlich des Priels) erstreckt. Sie werden von der Brandung aufgeworfen und liegen etwa 80 cm über MThw. Sie bestehen dementsprechend aus reinem Sand von etwas gröberem Korn als die sonstigen Sandwatten. Sie trocknen wegen der hohen Lage oberflächlich ab, und der Wind kann den Sand formen. Man erkennt das an der hellen Farbe und den feinen rippelartigen Sandkleinformen. Östlich des hohen Außensandes wird die Farbe etwas dunkler. Es ist der Übergang in ein feuchteres Feinsandwatt, welches den größten Teil des vorliegenden Gebietes ausmacht, meist auch die Umgebung der „Unterläufe" der Priele. In den Einzugs- und Anfangsgebieten der Priele herrscht dagegen eine dunkle Tönung vor, welche zum Teil ohne scharfe Grenzen in das Hellere übergeht, zum Teil scharf gegen das Hellere abgesetzt ist (wie z. B. am baumartig feinverzweigten Priel an der Südkante). Dieses Dunkel zeigt entweder Wasser an oder Pflanzenwuchs oder beides.

Es handelt sich in Wirklichkeit meist um mehr oder weniger schlickige Gebiete, welche wasserübersättigt sind. Der Anteil und die Zusammensetzung der Vegetation kann von Jahr zu Jahr, je nach den wechselnden ökologischen Verhältnissen, sehr verschieden sein. In der Zone der Wasserscheide zwischen Norderoog und Hooge handelt es sich meist um dichte Teppiche von verschiedenen Algen (besonders Enteromorpha und Chaetomorpha). Entwickeln sich diese nicht so stark, dann gewinnt wieder das Zwergseegras (Zostera nana) an Boden und bewirkt mit seinen polsterartigen, oft geschlossenen Beständen die gleiche dunkle Tönung auf dem Luftbild. An den kleinen flachen Prielrinnen selbst gibt es oft jahrelang auch Miesmuschelbänke, welche eventuell ebenfalls dunkle Bildstellen, meist scharf abgegrenzte kleine tiefschwarze Flecken, ergeben können. Die Konsistenz des Watts zwischen Hooge und Norderoog, seine Weichheit oder Festigkeit, ist infolge dieser wechselnden hydrologischen und vegetationsmäßigen Verhältnisse von Jahr zu Jahr recht verschieden. Das merkt man am deutlichsten beim Begehen dieses Watts in den verschiedenen Jahren.

c) Watt bei Hallig Süderoog (Abb. 19)

So wie die Hallig Südfall der Insel Nordstrand auf einem beiden gemeinsamen Wattsockel vorgelagert ist, so die Hallig Süderoog der Insel Pellworm. Sie liegt aber nicht wie Südfall nahe dem Westende des Wattsockels, sondern ziemlich in dessen Mitte. Ja, nach Westen hin verbreitert sich das Watt sogar noch und erhöht sich schließlich zu dem etwa 12 km² großen *Süderoogsand*. Daher mag es kommen, daß das Watt um Süderoog im Südwest-Nordost-Längsschnitt mehr Schlick- und Schlicksandgebiete enthält als das um Südfall. Aus dem Luftbild ist die Verteilung der Schlick- und Sandgebiete nicht einwandfrei abzulesen. Eine ganze Reihe dunkler, also feuchter Flächen sind allerdings erkennbar: So von der Hallig an nach Norden auf der Wattscheide; ferner nach Südwesten hin sowohl im Bereich der Priele wie auf der Wattmitte. Das sind aber nicht alles Schlickgebiete. Im Südwestabschnitt handelt es sich bei dem Priel direkt an der Hallig um Schlick, auch bei dem nächsten, baumförmigen Prielsystem an der Hever um etwas schlikkigen, bindigen Sandboden; im übrigen überwiegt aber Sandwatt. Die Bodenverhältnisse sind also hier einheitlicher, als man nach den mannigfachen Tönungen in diesem Abschnitt vermuten mag. Der Verbindungs-„Weg" von der Südwestseite von Pellworm zur Hallig ist für Fußgänger unbequemer als der von Nordstrand nach Südfall; denn meist ist er weicher und unregelmäßiger in der Festigkeit des Watts. Nebenpriele des *Rummellochs* und kleine Priele nach der Hever hin engen die Hochwattfläche hier sehr ein. An der Südwestecke von Pellworm ist das nach Süden entwässernde Prielgebiet so hell getönt wie das Watt beiderseits davon. Es ist nicht erkennbar, daß nur die inselnahen Verzweigungen leicht schlickig sind.

Man kann das Luftbild eines solchen Wattgebietes beim Begehen also wohl zur Wahl des Weges in bezug auf Priele u. ä., nicht aber zum Ausweichen vor schlickigen Gebieten verwenden.

Über die Hallig selbst ist bei diesem kleinen Maßstab wenig zu sagen. Deutlich erkennbar ist nur die Steinsicherung an der Westkante und die etwas unregelmäßig gezackte, in Abbruch befindliche und mit einem hellen Muschel-Sand-Streifen belegte Nordost- und Südostkante.

d) Dithmarscher Watt vor der Eidermündung (Abb. 20a–c)

Das Wattgebiet *Dithmarscher Gründe* liegt im Zentrum der flachen Wattbucht, welche durch die neue Eiderabdämmung bei Hundeknöll–Vollerwiek entstehen wird. Die hier gebrachten Luftbilder mögen daher zugleich als Illustrationsmaterial für deren Vorgelände dienen.

Die Küste, 22 (1972), 1-74

Dieser Wattkomplex wird im Norden von der Eider, im Süden von dem Wattstrom *Wesselburener Loch* begrenzt[2]). Das Watt ist, wie eigene Begehungen zeigten, vorwiegend sandig, ist aber nicht so sehr typisches Arenicola-Watt, sondern wird großflächig von dem Wurm Scoloplos armiger als Charaktertier besiedelt. Eine solche Scoloplos-Dominanz deutet auf lockere Lagerung des Sandes hin. In der Umgebung der oberen Prielabschnitte liegen auch feinere, schluffige Sedimente, z. T. mit dichten Siedlungen von Herzmuscheln (Cardium) und Klaffmuscheln (Mya). Eigentliche Schlickgebiete sind beschränkt auf einige kleine Prielrandgebiete am Wesselburener Loch und auf der zentralen Prielscheide. Diese Sedimentunterschiede sind im Luftbild nicht erkennbar, da offenbar Feuchtigkeitsunterschiede größere Unterschiede in der Tönung des Bildes bewirken.

Die Abbildung 20c läßt die erheblichen Veränderungen im Vergleich der Zustände 1938 und 1958 erkennen. Dabei ist bemerkenswert, daß sich die Gesamtgestalt der *Dithmarscher Gründe* erhalten hat. Die Priele haben sich um Beträge von 100 m bis mehr als 1 km verlagert, und der gesamte Wattkomplex hat sich um mehr als 100 m nach Norden verschoben, oder – anders ausgedrückt – das *Wesselburener Loch* und die *Eider* haben sich nordwärts verlagert. Hierdurch sind die großen „Löcher" an der Eiderseite bis auf kleine Priele zugeschüttet worden. Dabei hat sich jedoch der biologisch-bodenkundliche Gesamtcharakter des Gebietes erhalten.

e) Watt bei Blauort-Sand (Abb. 21a–c)

Das Meßtischblatt Blauort enthält die ganze Skala der Wattzonen vom Verlandungsgebiet über die freien großen Wattflächen bis zu den hochwasserfreien Außensänden[3]) und deren Ausläufern.

Am Ostrande sieht man – von oben (N) aus gerechnet – zunächst einen Sommerkoog mit alten Prielen und Tränkkuhlen. Sein Südteil ist vor dem letzten Kriege mit Seedeich versehen worden, da dieses Gelände Übungsgebiet für Flugabwehrwaffen werden sollte; daher stammt die breite Rampe auf dem Deich mit den seitlichen Ausbauten und die Zufahrtsstraße im Koog.

Zwischen der Südkante dieses Kooges und dem nächsten Sommerkoog zieht ins Watt hinaus der Priel, der das dahinterliegende Marschland entwässert (Stinteck). Anschließend ist noch ein Randabschnitt des Büsumer Kooges zu sehen, in ihm zwischen den Flurstücken einige runde Gewässer, alte Wehlen (Deichbruchkolke) und alte Priele.

Vom Deich aus nach Westen erstreckt sich die Wattfläche zwischen den Wattströmen *Wesselburener Loch* im Norden und *Piep* im Süden. Von diesen beiden Strömen her greifen mehrere Priele auf das Watt hinauf; die deichnächsten berühren sich in ihren obersten Bereichen fast. Bei den weiter draußen liegenden ist eine 1 km breite Prielscheide vorhanden. Während vor dem Deich mehr oder weniger schlickiges Sediment liegt, sind die Prielränder vielfach schluffig, die großen freien Wattflächen aber vorwiegend rein sandig, weithin typisches Arenicola-Watt mit großer Besiedlungsdichte (60 bis 70 große Würmer je m²). Diese Untergrundverhältnisse lassen sich allerdings nicht aus dem Luftbild ablesen. Die obersten Prielverästelungen deuten mit ihren fast eisblumenartigen Zackenrändern auf rückschreitende Kleinerosion. Diese Prielränder sind,

---

[2]) Hier sei auch einmal auf die zur Charakterisierung von Watten geeignete Besiedlung mit im Boden lebenden Tieren hingewiesen, obwohl diese auf den Luftbildern nicht zu sehen sind. Es sollen nur wenige – unveröffentlichte – Beispiele davon gebracht werden; im übrigen sei von den Veröffentlichungen über Tiergemeinschaften im Watt die Arbeit von PLATH (1943) als Beispiel genannt, welche das größte bisher dargestellte Wattgebiet im schleswig-holsteinischen Bereich behandelt.

[3]) Mit „hochwasserfreien" Sänden sind die über MThw liegenden gemeint.

wie an der hellen Farbe kenntlich wird, am Aufnahmetag offenbar wegen des schnell fallenden Wassers relativ trocken geworden.

Wo das Watt nach Westen zu schmaler zu werden beginnt, liegt über einer flachen, in der Natur kaum merklichen, im Photo etwas dunkleren Wattsenke der hochwasserfreie mondsichelförmige Blauort-Sand mit seiner Bake als Seezeichen. Er fällt nach Westen hin beträchtlich ab. Bemerkenswert sind die z. T. fast 1 km langen parallelen Bänke und Rinnen zur Piep hin, die andererseits über eine Strandrinne hinweg z. T. durch bogige Sandzungen mit dem hohen Sand verbunden sind. Der westliche Sandwattzipfel reicht noch etwa 8 km weit über den linken Bildrand hinaus.

Die *Piep* gabelt sich in Höhe von Blauort in die *Norder-* und in die *Süderpiep*. An dieser Stelle liegt isoliert der ebenfalls hochwasserfreie Außensand Tertius. Über ihn wird in Abschnitt 5. f) im einzelnen gesprochen.

Die Abbildung 21c zeigt die Veränderungen der Priele und der Wattkanten von 1938 gegenüber 1958. Man sieht, daß sich die Priele sowohl des Blauortwattes wie auch des „Bielshöven"-Sandes (südlich der Piep) sehr verschiedenartig verlagert haben. Westlich von Blauort ist der 1938 zur Piep führende Priel fast verschwunden, dafür ist ein zum Wesselburener Loch gehender entstanden. Die beiden anderen, getrennt zum *Wesselburener Loch* führenden Priele waren 1938 im wesentlichen vereinigt. – Von den drei Prielen, die vom Blauortwatt zur Piep ziehen, haben sich der westliche und der östliche fast gar nicht verlagert, der mittlere dagegen hat sich in den 20 Jahren um mehr als 1 km nach Westen verschoben. Von den drei Hauptprielen des Bielshöven-Sandes zur Piep hin haben der mittlere und der östliche die Lage ziemlich unverändert behalten, der westliche dagegen hat sich parallel um 1 km nach Westen verlagert.

Eine Gesetzmäßigkeit oder die Gründe für dieses verschiedene Verhalten sind beim Vergleich der beiden Luftbilder nicht zu erkennen. Die Wandergeschwindigkeit wäre hier nicht so groß, wie sie LÜDERS (1934) für ein bestimmtes Prielsystem bei Wangerooge mit 25 bis 30 m/Jahr im Mittel, gelegentlich auch 100 m/Jahr angibt. Solche Vorgänge sind wegen der Einbindung in die stark wechselnden örtlichen sonstigen Verhältnisse naturgemäß von Ort zu Ort sehr verschieden.

Die Piep ist 1958 gegenüber 1938 um einige 100 m schmaler geworden, was aber bei ihrer großen Breite ohne praktische Bedeutung ist.

Bei allen derartigen Vergleichen weniger, zeitlich weit auseinander liegender Stadien muß immer die Möglichkeit erwogen werden, daß in der Zeit zwischen den einzelnen Aufnahmen die Veränderungen nicht nur in der durch die Bilder scheinbar erkennbaren Richtung geschehen sein *muß*. Bei manchen Erscheinungen wird es der Fall sein, bei anderen nicht.

f) Watt vor Christianskoog (Abb. 22, 23)

Der Bildausschnitt der Abbildungen 22a und 22b zeigt ein weiteres Stück des Dithmarscher Verlandungsgebietes nördlich des Meldorfer Hafenprieles (am Südrand des Bildes) mit dem vorgelagerten Watt.

Die Verlandung geht trotz der Anlage von Lahnungsfeldern und Grüppen in diesem Raum nur langsam voran, da die Sedimentzufuhr nicht so groß ist wie in Nordfriesland. Zudem beschränkt man sich heute darauf, die Landgewinnung als aktiven Küstenschutz anzusehen und im wesentlichen nur als Erhaltung des Gewonnenen zu betreiben. Der Christianskoog (1845 eingedeicht) ist als Ackerbaukoog zu erkennen. Vor ihm liegt ein relativ schmaler, alter Vorlandstreifen, der teilweise durch eine Steindecke (gerade, helle Linie) vor dem Abbruch geschützt wird; davor, auf beiden Bildern in gleicher Breite, ein Lahnungsgebiet. 1936 war ein „langes Werk" neu gebaut, welches noch 1 km über die Lahnungszone hinausragt. Man sieht an seinem

Ende frische Grüppen. Doch hat man diesen Ausläufer, zumal er auf dem rein sandigen Watt keinen wesentlichen Landgewinn brachte, nicht immer weiter unterhalten. Er ist auf dem Bilde von 1960 noch zu sehen, aber im Verfall.

Das Sandwatt weiter draußen ist 1960 an den Anfängen der Prielsysteme mit der gleichen streifigen Oberflächentönung versehen, wie sie zur gleichen Zeit auch in anderen Wattgebieten zu erkennen ist, z. B. bei Helmsand (Abb. 24) (s. Abschnitt 4. g).

Beiderseits vor dem Kopf des langen Lahnungswerkes ist eine eigentümlich helle wellenförmige Struktur zu sehen, bei der die hellen Einzelelemente in dem Abschnitt nördlich des Werkes die Größenordnung von 20 bis 30 m Länge und 8 bis 10 m Breite haben. Auch diese Erscheinung dürfte durch Feuchtigkeitsunterschiede infolge minimaler Höhenunterschiede bedingt sein. Es handelt sich vermutlich nicht um Wasserwellen; denn am Aufnahmetage herrschte hier nur Südost-Wind von durchschnittlich 4 m/sec, so daß höchstwahrscheinlich kein Wasserfilm auf diesem Watt stehenblieb.

Ein solcher wurde aber an dieser Stelle ein andermal festgestellt, zusammen mit einer eigentümlichen Wellenerscheinung. Diese sei anschließend geschildert, weil sie bei Luftbildern unter entsprechenden Wind- und Wasserverhältnissen in irgendwelchen Reflexen, Strukturen oder Tönungen bemerkbar werden kann, und weil sie ein wohl nicht häufiges, aber charakteristisches Phänomen auf dem Watt zu sein scheint. Auf den Watten kann bei westlichen Windrichtungen und Windstärke von etwas mehr als 6 Bft. auch bei Niedrigwasser ein Wasserfilm auf dem Watt erhalten bleiben, welcher flimmernd und in böengetriebenen Striemen und Flecken eine unterschiedliche Aufhellung und Verschleierung der Wattoberfläche bewirken kann. Dazu sei das Lichtbild (Abb. 23) als Illustration gegeben. Am Aufnahmetage, dem 15. 3. 1967, gegen 11 Uhr, herrschte (nach Angabe der Pegelaußenstelle Büsum) in diesem Gebiet Westsüdwest-Wind mit einer Geschwindigkeit von durchschnittlich 18 m/sec, in Böen bis 23 m/sec (= Windstärke nach Beaufort 8 bzw. 9). Diese freie weite Sandwattfläche (Standpunkt etwa 2 km vom Deich entfernt) war um diese Zeit (Niedrigwasser war gegen 9.45 Uhr) infolge des Windes mit einem durchgehenden, ungefähr 2 cm tiefen Wasserfilm bedeckt. Der stark böig darüberhinfahrende Wind erzeugte ein streifiges Gischtwehen, ähnlich wie das Sandtreiben auf den Außensänden. Im Original der Aufnahme ist das ein wenig erkennbar, da die Blickrichtung genau gegen den Wind geht. Die Wasserfläche ist dabei mit flimmernden kleinen Kräuselwellen bedeckt (s. Abb.). Jedoch sind von dieser Oberflächenbewegung Flecken von $^1/_2$ bis 1 m² ausgenommen. Es sind auf dem Photo die hellen, quer zur Blickrichtung gehenden Streifen und Flecken. Auf ihnen ist diese ständige Kleinwellenstruktur nicht ausgebildet, sondern hier ist das Wasser fast glatt, wie das Bild zeigt. Das Eigentümliche an dieser Erscheinung ist nun, daß die glatten Flecken nicht rasch wechselnde Augenblickserscheinungen waren, sondern länger dauernde Zustände. Diese Flecken bewegten sich vor dem Wind, und sie alle behielten dabei erstaunlicherweise über etwa 20 bis 30 sec hinweg auf ihrem Weg, der in dieser Zeit etwa 20 m betrug, ihre Umrisse ziemlich genau bei. Es ist dabei noch zu beachten, daß die Windgeschwindigkeit ja etwa zehnmal so groß war wie die Wandergeschwindigkeit der glattbleibenden Flecken. – Genau die gleiche Erscheinung wurde am 30. 9. 1968 auf einer Sandwattfläche beim Bielshövensteert (südlich von der Sandbank Tertius) beobachtet. Hier herrschte etwas schwächerer Wind (Stärke 4 bis 5 Bft.). Eine physikalische Erklärung für dieses Phänomen, welche wohl besonders auf die Luftbewegungen eingehen müßte, kann hier nicht gegeben werden.

g) Watt bei Hallig Helmsand (Abb. 24–26)

In Fortführung des in Abschnitt 2. e) über das Verlandungsgebiet bei der Hallig Helmsand Gesagten wird noch das nördlich von Helmsand liegende Watt betrachtet. Hier läuft ein

Priel, welcher fast ohne Nebenpriele im Bogen in 300 m Entfernung an der Hallig vorbeizieht und von dieser Stelle an breit und tief ist. Eigentümlich ist eine fast geradlinige prielartige Senke, welche diesen Prielbogen als Sehne abschneidet. Sie wirkt wie künstlich ausgebaggert. Nach Aussage des Marschenbauamtes Heide ist jedoch hier keine künstliche Prielbildung durchgeführt worden.

Die übrigen Priele im Nordabschnitt des Bildes zeigen eine ganze Reihe Feinheiten in großer Klarheit. Schraffenartige zarte Streifensysteme, die wie eine weiche Feder aussehen, laufen in der Bildmitte auf die obersten Prielabschnitte zu und geben dadurch die Zuflußrichtungen an. Sie sind wenigstens zeitweise bei der Wattbegehung identifizierbar; so am 15. 11. 1968 (Abb. 25, 26). Man sieht aus den beiden Abbildungen, daß es sich mindestens an jenem Tage nicht nur um Feuchtigkeitsunterschiede handelte, sondern um parallele Rücken- und Muldensysteme. Deren Höhenunterschiede sind allerdings minimal; sie betragen kaum 10 cm und sind vielleicht zu vielen Zeiten kaum nivellitisch erfaßbar. Je nach Sedimentart, Entfernung vom Priel, Niedrigwasserstand, Luftfeuchtigkeit u. ä. Faktoren mögen die „Muldchen" bei Trockenlage des Watts noch etwas blankes Wasser führen oder nicht. Am besagtem 15. 11. 1968 hatten sie, bei Ostwind Stärke 5 Bft., etwas weniger deutliche Rippeln, so daß mehr blankes Wasser vorhanden war – was offenbar den dunklen Streifen auf dem Luftbild entspricht. Man vermißt sie an denselben Stellen, wo sie im Juli 1958 deutlich erkennbar waren, auf dem sonst so kontrastreichen Luftbild vom August 1966.

Alle drei im Nordabschnitt nach Nordwesten ziehenden Priele verbreitern und vertiefen sich plötzlich. Das ist bei den beiden nördlichen gerade angesichts der besonders dünnen Anfangsrinnen auffällig. Auf der topographischen Wattkarte sind solche „Löcher" auch zu sehen, soweit sie durch die NN-2-m-Linie umrissen werden können. Die kleineren Rinnen sind aber darauf nicht in ihrer Feinstruktur erkennbar.

Die gleichmäßige, fast samtartige Grautönung des Watts westlich der Hallig zwischen den Buhnen mag bedingt sein durch dichte Diatomeen-Siedlungen, welche, wie alljährlich, sicher auch in den Herbstwochen 1960 hier vorhanden waren (vgl. Abschn. 6. b). Man vergleiche diese Oberflächenstruktur mit der weiter westlich, jenseits des Priels, welche fleckig-streifig ist.

h) Watt vor dem Kronprinzenkoog (Abb. 27a–c)

Als Beispiel der Kleinformen eines Wattgebietes wird noch ein Luftbildausschnitt aus dem oberen Einzugsbereich des *Sommerkoogsteertloches* im Südostwinkel der Meldorfer Bucht vom 12. 9. 1960 wiedergegeben. Es handelt sich um ein vorwiegend mehl- bis feinsandiges Watt; nur am Westufer des breiteren Prieles am linken Bildrande ist das Sediment mehr oder weniger schlickig. Man sieht Entwässerungserscheinungen in verschiedener Ausprägung. Da sind in der Bildmitte die etwas diffusen streifigen Oberflächentönungen, welche von allen Seiten her auf das Prielsystem zuführen. Sie sind, wie in Abschnitt 4. g gezeigt wurde, bedingt durch Feuchtigkeitsunterschiede, welche wiederum durch minimale rinnenartige Reliefbildungen verursacht sind. Wenn man über das Watt geht, sind sie oft nicht zu erkennen.

Näher zum Priel hin differenzieren sie sich in gut ausgebildete kleine Ebbe-Erosionsrinnen. Diese liegen zum Teil in Vielzahl parallel nebeneinander an dem großen Priel. Ihre Länge hängt mehr oder weniger von dem Gebiet ab, welches sie entwässern. Dies sind natürliche Gebilde, die sich oft recht schnell ändern (vgl. Abschnitt 6. a). Nicht selten kann man den Umbildungen dieser Priele zusehen, z. B. wenn Mäander sich verstärken oder gar enge Schlingen durchbrechen, oder wenn sich die oberen Enden solcher kleiner Rinnen durch rückschreitende Erosion weiter hinauf in das Watt einfressen. Diese kleinen Rinnen liegen z. T. nur 20 bis 30 m

Die Küste, 22 (1972), 1-74

auseinander. Sie sind daher auf dem Luftbild nur bei genügend großem Maßstab wiederzugeben. Maßstäbe kleiner als 1 : 10 000 lassen diese Erscheinungen nur noch undeutlich erkennen. Das zeigt der Vergleich mit dem Meßtischblatt-Luftbild vom 19. 7. 1958 (hier nicht wiedergegeben). Auf diesem 1 : 25 000-Blatt ist immerhin deutlich, daß alle längeren Priele, sowohl die ständig wasserführenden als auch die ganz trocken fallenden, im Laufe der dazwischenliegenden Jahre ihre Gestalt praktisch nicht verändert haben. Selbst die kleinen Nebenrinnen, soweit sie genau erkennbar sind, haben ihre Gestalt in allen Krümmungen beibehalten. Solche Feinheiten könnten natürlich auch durch terrestrische Vermessung festgestellt werden; doch würde das wegen der Vielzahl der kleinen Gebilde einen sehr großen Zeitaufwand erfordern.

Zur Darstellung der Weiterentwicklung und der Veränderungen des Gebietes innerhalb von 6 Jahren nach der Aufnahme von 1960 wird ein – etwas größerer – Ausschnitt von 1966 gebracht (Abb. 27b und c). Er zeigt, daß die beiden wasserführenden Priele nahezu gleich geblieben sind. Die zwischen ihnen liegenden beiden kleineren wasserführenden Priele sind auch noch vorhanden. Der östliche von ihnen ist stärker verändert als der westliche – ein Zeichen, wie wenig die Bedingungen der Veränderungen solcher Formen ohne genauestes beobachtendes Einzelstudium zu erkennen sind. Die nördliche Wattkante am *Sommerkoogsteertloch* hat sich um etwa 100 m nach Süden verlagert.

Bemerkenswert ist noch die Zunahme der Spartina-Vegetation in den 6 Jahren. Das sind die dunklen, z. T. punktförmigen Stellen in den deichnahen Lahnungsfeldern vor dem Sommerkoog, nördlich der Gitterlinie 5990 und in den äußersten Lahnungsfeldern vor dem Kronprinzenkoog, südlich der genannten Gitterlinie und westlich der Gitterlinie 3500. Nur die punktförmigen Spartina-Horste 300 m westlich der kleinen Deichbucht bei Zahl 5990, welche auf dem Bild von 1960 deutlich zu erkennen sind, sind 1966 verschwunden. Mit der Lupe ist zu sehen, daß das Watt an dieser Stelle inzwischen gegrüppt worden war. Dadurch sind die Pflanzenhorste teils ausgehoben, teils zugedeckt worden. – Im Sommerkoog sind in dem gegrüppten Grasland eine Anzahl kreisrunder Tränkkuhlen bemerkbar.

i) Marner Plate (Abb. 28a, b, 29 und 50)

Die Marner Plate beginnt an der Nordwestspitze des Friedrichkooges, zunächst als breiterer Wattsockel zwischen den Anfangsrinnen der großen Priele, dem *Altfelder Priel* (in Deichnähe) sowie *Dieksander Priel* an der Nordflanke und dem *Neufahrwasser* an der Südflanke. Sie verschmälert sich nach draußen, in etwa 7 km Abstand vom Deich sehr stark und schließt an den Buschsand an. Dieser war am Anfang des vorigen Jahrhunderts noch von der Marner Plate getrennt. Das zeigen z. B. die Karte bei Degn/Muusz (1963) und alte Karten bei Wohlenberg (1950). Danach traten die genannten Wattströme an der Stelle der heutigen Einschnürung der Plate miteinander in Verbindung. Die Wattbreite und die Lage der schmalsten Stelle hat sich, wie der Vergleich der Luftbilder von 1935 und 1958 zeigt, nicht unwesentlich verändert. 1935 lag sie bei einer geringsten Wattbreite von 2,7 km in 7,5 km Entfernung von der Deichspitze, 1958 bei 2 km geringster Breite 7 km davon entfernt.

Die wattmorphologischen Einzelheiten der Marner Plate und ihrer Randgebiete als geographische Objekte sind eingehend untersucht worden von Wrage (1930), der später auch die Bedeutung des Luftbildes für solche Arbeiten herausgestellt hat (Wrage 1958). Auf seine Arbeiten muß hier hinsichtlich der Einzelheiten hingewiesen werden. Die Marner Plate ist im schleswig-holsteinischen Seewattgebiet die erste und bisher einzige größere Wattfläche, welche eingehend analysiert und in ihren Bildungsvorgängen und -tendenzen dargestellt worden ist. Es ist zu hoffen, daß, gerade auch unter Verwendung des Luftbildes, weitere Wattgebiete vor unserer Westküste in absehbarer Zeit ähnlich eingehend bearbeitet werden.

Hinsichtlich der Insel Trischen sei hier noch auf die beiden Luftbilder von 1935 und 1946 (WOHLENBERG 1950, Abb. 1 und 30) sowie insbesondere auf folgende Einzelheiten hingewiesen: GIERLOFF-EMDEN (1961) hat ein Luftbild von Trischen vom 13. 9. 1957 erläutert; seine Ausführungen können im großen und ganzen übernommen werden. Eine kleine Revision in der Deutung sei gegeben, um zu zeigen, daß ohne genaue örtliche Kenntnis aus der Tönung des Luftbildes allein oft nicht mit Sicherheit abgelesen werden kann, um welche Formen und Oberflächenerscheinungen es sich handelt. Das Verlandungsgebiet östlich des ehemaligen Kooges ist heute, wie schon 1957/58 und einige Jahre vorher, fast gänzlich einheitliches Spartina-Gebiet, in der Art, wie sie sich schon vorher anbahnte (KÖNIG 1949). Nicht nur die (auf dem Luftbild dunkel getönte) von GIERLOFF-EMDEN auf dem Deckblatt so genannte „Spartina-Wiese" ist Spartinetum, sondern auch alles, was daneben als „erhaltenes Kulturwatt", „Inselwatt", „Wiese", „Marsch" bezeichnet ist und durch eine gemeinsame Umrißlinie als geschlossener Komplex richtig umgrenzt ist.

Ein (hier nicht veröffentlichtes) Trischen-Luftbild von 1958 läßt im Vergleich mit dem von 1957 erkennen,

1. wie sich im Laufe eines einzigen Jahres auf der Oberfläche des Außensandes erhebliche Struktur- und Formveränderungen vollzogen haben,
2. welche großen Unterschiede entstehen durch phototechnische Reproduktion, die Papiersorte, die Abstufung der Tönung auf die hellen oder dunklen Stellen als Schwerpunkte.

Im Fall Trischen spielt bei der Dunkeltönung auf dem Buschsand gerade in den Jahren 1957/58 schon die verstärkt einsetzende Bildung von Primärdünen mit Strandweizen (Agropyrum junceum) eine Rolle.

Der Luftbildplan, welcher für die Abbildung 28a benutzt wurde, ist das entzerrte 1 : 25 000-Blatt, welches bei der Herstellung mittels Radialschlitztriangulation aus einzelnen ungleichmäßigen Stücken zusammengesetzt wird, Stücken, welche oft nicht alle von einem Flugtag stammen. Welche Verschiedenheiten durch diese Ungleichzeitigkeit in ein Luftbild kommen können, wird durch das Deckblatt zu Abbildung 28a herausgestellt. Es umfaßt das Gebiet vor dem Damm zur Sicherung der Friedrichkoogspitze. Über dessen Sinn, die Bausausführung und die Auswirkungen ist von HABERSTROH (1938), RÖHRS (1938) und KÖNIG (1943) berichtet worden. Er ist nach dem Kriege, wie auch auf der Abbildung 28a zu sehen ist, durch ein dichtes Netz von Lahnungen beiderseits bewehrt worden. Auch erkennt man, wie noch jetzt das vom Damm behinderte Gezeitenwasser kolkend um den Buhnensporn vor der Dammspitze herumzieht. Erstaunlich ist jedoch besonders das unterschiedliche Aussehen der Wattoberfläche direkt vor dem Dammkopf und etwa 500 m weiter draußen. Am Deckblatt ist erkennbar, daß diese Verschiedenheit durch die Trennlinie zweier Bildteilstücke markiert ist. Der nordwestlich dieser Linie liegende Abschnitt wurde am 19. 7. 1958 gegen 9.30 Uhr, der südöstlich davon liegende am 20. 7. 1958 gegen 10.00 Uhr aufgenommen. Am 19. 7. wehte um diese Zeit West-Wind von 4 m/sec, am 20. 7. Ostsüdost-Wind von 6 m/sec. Am 19. 7. scheint durch den Windfaktor das Wasser nicht so vollständig vom Watt abgelaufen zu sein wie am 20. 7. Die Wattfeuchtigkeit und besonders ihre kleinräumlichen Unterschiede blieben größer, und dies äußerte sich in der sehr unterschiedlichen Tönung, welche Höhenunterschiede oder verschiedenartige Oberflächenbedeckung vortäuschen könnte.

Auch im Nord-Drittel liegt eine solche Trennungslinie zweier ungleichzeitig aufgenommener Bildstücke. Dadurch werden wiederum beiderseits der Trennlinie sehr unterschiedliche Aspekte auf dem Luftbild erzeugt, diesmal besonders im Altfelder Priel erkennbar. Die Bildstücke stammen vom 7. 6. 1958 und vom 19. 7. 1958, liegen also $1^1/_2$ Monate auseinander. Man sieht an den streifig angeordneten Wellen im Priel, daß am 7. 6. kräftiger Wind herrschte; ob aus Südost oder Nordwest, ist dagegen nicht auszumachen. Nach den Windmesserwerten war es

Südost-Wind von 12 m/sec. Am 19. 7. dagegen wehte West-Wind von nur 4 m/sec, so daß in den anschließenden Flächen des Priels nichts von Wellenbewegung zu sehen ist.

Diese „unpassende" Aneinandersetzung von Teilstücken mit verschiedenen Aufnahmezeiten ergab sich bei der Herstellung des entzerrten Bildplanes als technische Notwendigkeit. Es wurde übrigens absichtlich unterlassen, die Trennlinien wegzuretuschieren; denn es ist besser, kleine Schönheitsfehler auf dem Bildplan in Kauf zu nehmen, dafür aber Gewißheit über alle Einzelheiten des Planes und damit auch Sicherheit über die Auswertungs- und Beurteilungsmöglichkeiten zu haben.

Als Abbildung 28b wird noch ein Ausschnitt aus dem Luftbild vom 14. 3. 1935 gebracht. Er zeigt die Gefährdung des Deiches am Friedrichskoog durch den sich immer mehr herannagenden Altfelder Priel, der deswegen hier durchdämmt wurde (die zukünftige Dammlinie ist angedeutet). Dieses Luftbild zeigt daneben besonders deutlich die helle Tönung aller Prielränder. Diese sind damals in diesem Gebiet teils schlickig, teils sandig gewesen (König 1943). Die helle Tönung ist jedoch unterschiedslos bei beiden Sedimentarten ausgeprägt. Sie ist bedingt durch die geringere Feuchtigkeit der Prielränder, wo um die Niedrigwasserzeit das Watt mehr entwässert ist als auf den großen Wattflächen.

k) Dithmarscher Watt zwischen Trischen und Meldorfer Hafen (Abb. 29)

Vom Zentralgebiet des Dithmarscher Watts liegt ein neuer Luftbildplan vor vom August 1966. Er zeigt die Eigentümlichkeiten des Gebietes und eine Reihe von Veränderungen auf einer kontrastreichen panchromatischen Luftbildaufnahme so klar, daß er, zugleich als Zusammenfassung der aus dem Dithmarscher Bereich gebrachten Bildausschnitte, hier noch gesondert gezeigt werden soll.

Man sieht von der Festlandküste die ganze Strecke von Büsum (nahe der Mitte des nördlichen Bildrandes) über Meldorfer Hafen bis zur Spitze des Friedrichkooges (gegenüber Büsum am Südrande des Bildes). Die Wattströme mit ihren Verästelungen sind als schwarzes Adersystem besonders scharf herausgehoben. Die *Piep* ist der Hauptstrom von der Gabelung in der Nordwestecke des Bildes bis zu ihren Aufzweigungen vor Büsum: am Beginn der Verzweigung die beckenartige *Schell-Ledge* vor Büsum; das *Sommerkoog-Steert-Loch,* in die Südostecke der Bucht ziehend; das *Kronenloch* in Richtung auf den Meldorfer Hafen; das *Wöhrdener Loch,* auf die Nordostecke der Bucht zuführend. Im Südwest-Quadranten des Bildes liegen die Umfassungsströme der Marner Plate: auf deren Nord-Seite der *Flackstrom* mit seinen Sandbänken, der sich nach Südosten in den *Dieksander Priel* und den *Altfelder Priel* fortsetzt; südlich der Marner Plate noch ein Stück des *Neufahrwassers.*

Man sieht die mächtige Ausdehnung der Piep. Sie hat nach der Seekarte bis in das Kronenloch und Sommerkoog-Steert-Loch hinein Wassertiefen zwischen 10 und 20 m, während die Schell-Legde 2 bis 5 m, die Priele weiter hinauf rasch unter 5 m abnehmende Wassertiefen haben.

Im Gebiet dieses Bildausschnittes liegt auch die im Generalplan für die Verkürzung der Deichlinie vorgesehene Deichtrasse in der Meldorfer Bucht (eingezeichnet als gebrochene geschwungene Linie östlich von Büsum beginnend und auf den Kronprinzenkoog im Süden hinziehend). Binnendeichs von ihr bleiben Wattflächen (unter MThw) von etwa 34,5 km², während im Einzugsgebiet der Piep vor dieser Deichlinie (bis zu einer Linie von der Westseite des Büsumer Kooges nach Friedrichskoogspitze) etwa 68,5 km² Wattflächen + etwa 20 km² Wasserflächen (hier dunkel) bei Niedrigwasser vorhanden sind. Die östliche Hälfte des auf dem Bild sichtbaren Einzugsgebietes der Piep wird also durch die geplante Deichlinie flächenmäßig um

knapp 20 % verkleinert werden; es sind aber Flächen, welche infolge der hohen Wattlage ein relativ kleines Wasservolumen haben.

Auf folgende Einzelheiten ist noch aufmerksam zu machen. Die Verlandungsgebiete heben sich wenigstens in der südlichen Bildhälfte sehr schön dunkel heraus und sind daher auf diesem Luftbild besser zu erkennen als auf allen anderen. Vor allem auffällig ist dasjenige am Damm nach Helmsand, der in der Mitte des östlichen Bildrandes nach Südwesten verläuft. Man sieht hier (vgl. Abschn. 2. e), um wieviel weiter die Verlandung auf der mehr windgeschützten Südostseite des Dammes vorgeschritten ist als auf der den Nordwestwinden ausgesetzten Dammseite. – Auch auf Trischen ist das Verlandungsgebiet (Spartina-Gebiet) (vgl. Abschn. 4. i) sehr deutlich zu sehen als fast schwarze Fläche beiderseits des alten Hafenprieles. Nach dem hohen Sand hin (Richtung Südwesten vom Priel aus) hellt sich die dunkle Tönung etwas auf; hier wächst trockenerer Rasen des Supralitorals.

Recht eindrucksvoll sind auch einige Veränderungen der Priele im Laufe der letzten acht Jahre. – Von den Prielen an der Nordkante des Bielshöven-Sandes zur Piep (vgl. Abb. 21c) hat der westliche seine Mündung etwas nach Osten verlagert. – Der Priel, welcher östlich von Blauort in die Piep mündet, hat seine Form und die Lage der Mündung ebenfalls stark verändert. – Kaum verändert hat sich das Aufgabelungsgebiet des Dieksander Priels vor der Friedrichskoogspitze. – Die Sandbänke nördlich und südlich von Trischen (vgl. Abb. 50) haben sich erwartungsgemäß ebenfalls erheblich gewandelt; besonders bemerkenswert sind der Durchbruch an der Westkante des Bielshöven und die scharfen Kanten an der Süd- und Südwestflanke des Buschsandes in der Südwestecke des Bildes.

5. Dünengebiete, Außensände und Sandbänke

a) Nordspitze von Amrum (Abb. 30–39)

Auf Abbildung 30 ist die fingerförmige Nordspitze von Amrum nach dem entzerrten Luftbildplan 1 : 25 000 von 1958 wiedergegeben. Dieser zeigt die Lage, die Umrißform, die Hauptverteilung von hellen, nackten Strandhaferdünen und dunklen, verheideten Dünen und von Strandgebieten sowie die vor dem Ufer liegenden Sandbänke; aber damit ist der Inhalt auch ziemlich erschöpft. Wieviel mehr noch zu sehen ist – und bei der Befliegung zu sehen war –, läßt sich aus einer Vergrößerung eines Originalfliegerbildes erkennen (Abb. 33). Das Photo ist, um die subjektive plastische Wirkung der Schatten besonders deutlich zu machen, so orientiert, daß Norden links liegt. Dasselbe Photo ist im Originalmaßstab der Arbeit von Voigt (1965) beigefügt und liegt seinen Ausführungen zugrunde. Voigt hat das wesentliche Allgemeine in bezug auf die Bilderklärung schon ausgesagt. Das Photo wird im Rahmen der vorliegenden Veröffentlichung noch einmal als Vergrößerung gebracht, a) um zu zeigen, wieviel mehr hierauf zu sehen ist, als man nach der Reproduktion des Originals vermutet, b) um es zum Vergleich mit der Aufnahme von 1958 zu haben, c) um die Veränderungen zu erkennen, die innerhalb von drei Jahren (1962–1965) eingetreten sind (im Vergleich mit König 1967).

Dieses Luftbild wurde im Auftrage des Amtes für Wasserwirtschaft aufgenommen, weil es die Auswirkungen der Sturmflut vom Februar 1962 an diesem typischen Beispiel eines Dünenhakens im schleswig-holsteinischen Bereich zeigen sollte, eines Gebietes, welches zudem – da es alljährlich bewachtes Naturschutzgebiet ist – in seinem biologischen und geologischen Bestand seit Jahrzehnten bekannt und unter Kontrolle ist.

Die Nordspitze von Amrum, die „Odde" (friesisch „åd"), hat im Laufe der durch brauchbare Karten erfaßten Zeit (etwa seit dem 17. Jahrhundert) an Länge zu-, an Breite abgenommen (Voigt 1965, König 1967). Von den Kliffabbrüchen ist vor allem die Westseite betroffen,

Die Küste, 22 (1972), 1-74

und zwar am meisten in ihrem Südteil, da wo jetzt infolgedessen die stärkste Einschnürung stattgefunden hat. Bei jeder Sturmflut, die bei Wasserständen von ca. 1,60 m und mehr über MThw die wild anbrandenden Wogen wenigstens mit ihren Ausläufern auf den Dünenfuß wirken läßt, geht das Kliff um Meter zurück. Der Dünenfuß liegt nach der Vermessung durch das Marschenbauamt Husum bei etwa NN + 3,00 m, d. h. etwa 2 m über MThw (MThw = NN + 1,05 m). Wie oft Abbruch geschieht, ist natürlich von Jahr zu Jahr ganz verschieden. Da hier der Vergleich zwischen den Bildern vom November 1962 und vom Februar 1965 gezogen wird, sei als Beispiel angegeben, daß in dieser Zeitspanne von 2¼ Jahren nach dem Pegel Wittdün der Dünenfuß wahrscheinlich dreimal von den Wellen angeschlagen worden ist; weitere dreimal dürften die Wellen ihn wenigstens punktweise erreicht haben. Ob die Wiederansandung im ruhigeren Sommerhalbjahr, wie sie Voigt (1965) und Gripp (1968) beschreiben, wirklich stattfindet, hängt von der Gunst des Windes und auch der Niederschläge in den einzelnen Jahren ab. Durch die Sturmflut 1962 fand ein besonders starker Angriff des Meeres auf diese Dünen statt (s. Deckblatt). Über den Asphaltdamm, auf dessen Seeseite sich dank der Dünenpflege wieder Sand in 50 m Breite und bis zur Höhe der Dammkrone (NN + 4,50 m) angehäuft hatte, war die Flut hinweggegangen und hatte in der ganzen Länge des Dammes den Dünensand auf die als Viehweide genutzte Salzwiese gebreitet. Die Wiese liegt auf dem üblichen Halligniveau und ist an der Wattkante nicht durch einen Deich oder einen Dünenrand geschützt. Jede mittlere Sturmflut setzt sie unter Wasser. Ganz ähnlich ging es im benachbarten Tal 1 der Odde. Dessen Westranddüne war im Laufe des letzten Vierteljahrhunderts durch den Meeresangriff so erniedrigt worden, daß erstmalig 1954 das Wasser darüber hinweglief und das Tal einschließlich des Backsteinhauses für den Vogelwärter unter Wasser setzte. Obwohl man anschließend nach besten Kräften im Rahmen der vorhandenen Mittel und Arbeitsmöglichkeiten um Dünenneubildung bemüht war, war doch auch 1962 das Tal wieder überflutet. Der Sand der Randdüne wurde, wie man sieht, in mehr oder weniger dicker Schicht über die dunkle Empetrum-Calluna-Heide gebreitet (s. auch Abb. 38) und erstickte diese, soweit sie nicht durch das Salzwasser abgetötet wurde. Das Heidekraut (Calluna) vertrug das Salz nicht, wohl aber die Krähenbeere (Empetrum) (vgl. auch den Empetrum-Bestand im sandigen Vorland vor den Dünen von St. Peter, Abschn. 5. e). Neue Sandfangzäune sind zu sehen. Deutlich ist auch der helle Trampelpfad vom Haus auf dem kürzesten Wege zum Watt sichtbar. Ihn hatte man 1954 als Notmaßnahme vertieft, um dem Wasser in dem schüsselförmigen Tal Abfluß zu verschaffen. Er sandete in den folgenden Jahren nicht recht von selbst wieder auf. So schoß das Wasser 1962 hier wie durch eine Düse in das Watt und es entstand an der Dünenkante ein tiefer Kolk, den man an dem Schatten vielleicht auch auf der Reproduktion des Luftbildes erkennt. Diese Gasse ist im Laufe der folgenden Jahre durch Sandfahren und Halmpflanzung wieder aufgefüllt worden, und die Randdüne ist auch hier wieder stark genug gegen höhere Fluten. – Abbildung 38 zeigt die übersandete Westseite dieses Tales im Jahr der großen Sturmflut aus der Erdsicht.

Am stärksten zerstört ist das nördlich anschließende Tal 2 („Sahara" der Vogelwärter, s. auch Abb. 39). Diese infolge der Dünenzerstörungen an der Westseite in ganzer Breite offene Tal war Anfang der 50er Jahre bis auf den schotterreichen (Feuerstein und andere Steine des Diluviums) Fundamentboden ausgeräumt; im Osten, auf der Wattseite, war es durch eine junge kompakte Düne abgeschlossen. Danach ist auch im ganzen Tal wieder Sand eingeweht worden, welcher sich zunächst locker mit Strandhafer (Psamma) besiedelte und so einen huckeligen Rücken entstehen ließ. Der nahtlose sanfte Übergang zu den Randdünen dieses Tales (II und III) war aber nicht mitvollzogen. So blieben hier zwei breite Furchen, in welchen Wasser und Wind abtragend und ausblasend wirken konnten. Besonders bei der Februar-Sturmflut 1962 war das der Fall. Dies ist im Luftbild sehr gut zu erkennen. Die Fluten gingen damals bis an die hintere (wattseitige) Abschlußdüne des Tales. An der Nordostecke dieser „jungen Düne" ist

aber auch von der Wattseite her ein schluchtartiger Einbruch entstanden; er ist durch seinen Schatten im Luftbild hervorgehoben. – Die Erdansicht dieses Tales zeigt Abbildung 39.

Außer diesem und dem „Durchbruch" in Tal 4 ist die Wattseite der Odde relativ unversehrt geblieben. Vor Tal 3 sind durch die Schattenwirkungen die weiteren scharfkantigen Kliffabbrüche markiert, ebenso die mehr oder weniger aufgebrochenen, ausgeblasenen Kessel. Um so ruhiger wirkt die geschlossene Vegetation in dem dahinterliegenden Tal 3. Die dunklen Flecke sind vorwiegend Krähenbeere (Empetrum). In ihrer Umgebung gibt es auch Reinbestände von Sandsegge (Carex arenaria). Es ist verwunderlich, daß diese zu der Jahreszeit, wo sie stark vergilbt sind, nicht heller hervortreten. Dieses Tal hat durch kleinere Zwischendünenrücken ein stärkeres Relief als das große Tal 4, wo solche in der ebenfalls geschlossenen Vegetation nur ganz schwach hervortreten.

Der Vergleich des Dünengeländes der Odde 1962 mit dem Zustand 1937 ist nicht möglich. Der Luftbildplan von 1937 ist so flau, daß Einzelheiten kaum zu identifizieren sind.

Schließlich sei noch der Luftbildvergleich 1962–1965 gemacht (Abb. 34–37), der Vergleich einer Senkrechtaufnahme vom Herbst (5. 11. 1962) mit den Schrägaufnahmen vom Winterende (24. 2. 1965), die auch bei KÖNIG (1967) wiedergegeben sind. Die Strandverhältnisse haben sich (was nicht aus dem Luftbildvergleich ersichtlich ist) in der Richtung der früheren Abbrüche weiterentwickelt. Erhebliche Unterschiede sind in der Vegetationsdichte zu finden. Schon im Tal 1 sieht man – selbst bei dem etwas kreidig gewordenen Druckbild –, daß die 1962 so scharfe Grenze zwischen alter Heide und neu darübergeschüttetem Sand verwaschen ist. Pflanzen haben sich auch schon auf dem Sand wieder entwickelt oder neu angesiedelt, so daß dieser schon mehr gefleckt aussieht. Im Tal 2 ist der neue Dünenrücken im Kern des Tales, welcher 1962 nur in der Mitte mit einer schütteren Strandhafer-Vegetation bewachsen war (hellgrau granulierte Tönung), 1965 in seiner ganzen Breite von fast geschlossenen Beständen dieses Grases bedeckt. Die seitlichen Rinnen im Tal dagegen, wo Wasser und Wind oft fegen und blasen, sind auch jetzt nackt; teilweise haben sich an den neuen Strandhaferbüschen sogar schon wieder Kleinkliffs gebildet. – Auch in der „zipfelförmigen Ausräumung" vor Tal 3 ist solche Vegetationszunahme auf dem 1962 noch ganz nackten Sand im Luftbild zu konstatieren.

So zeigen sich in dem Vergleich beider Stadien Wachstum und Zerstörung dicht nebeneinander.

b) Sandbänke nördlich der Insel Amrum (Abb. 30–32)

In Abbildungen 30a und 30b werden zwei Vergleichsbilder des Wattrandgebietes nördlich der Nordspitze von Amrum gebracht. Es ist der Bereich, wo der starke Wasserwechsel um die Nordspitze der Insel herum vom Vortrapptief (westlich Amrum) zum Watt zwischen Amrum und Föhr erfolgt. Die Formen der Bänke zeigen schon, auf jedem der beiden Luftbilder in sich, welche Unruhe in dieser Region herrscht. Das wird beim Vergleich der beiden Aufnahmen von 1937 und 1958 noch deutlicher. Bei stürmischem Wetter mit hohen Wasserständen wird auch die Sandfläche vor den Dünen der Nordspitze noch an Ort und Stelle mit umgelagert. Dies zeigen die Abbildungen 31 und 32. Auch sie mögen als Beispiel dienen, wie sich Luftphoto und Erdphoto bei der Beschreibung, Deutung und Auswertung in Landschaftsdarstellungen ergänzen.

c) Kniepsand vor Amrum (Abb. 40–43 und 17)

Auf den vergleichbaren Luftbildern ist die Hakenentwicklung seit 1937 gut erkennbar. Vor der Dünenkante im Westteil des Südstrandes und der Ufermauer im Ostteil (vor dem Ort) liegt ein beckenförmiges Watt. 1937 taucht es in flachen Bänken nach Süden unter Wasser, ein Priel

in Strandmitte entwässert nach Süden. An der Stelle, wo die Dünenkante nach Nordwesten abbiegt, setzt 1937 ein nur einige hundert Meter langer Haken nach Südosten an. Dieser hat 1958 seinen Ansatzpunkt zu einer breiten und hohen Sandfläche erweitert, und er selbst zieht nun in einem halben Kilometer Abstand vom Inselrand in flachem Bogen nach Osten bis fast an das Ostende der Insel. Von ihm aus gehen ähnlich wie 1937 flache Sandbrücken nach Süden und Südwesten ab. Durch diesen Haken ist vor der Inselkante das Becken nun fast ganz abgeschlossen. Der früher nach Süden gehende Priel ist abgeschnitten, die Entwässerung geschieht bei normalen Wasserständen jetzt nach Osten.

Die dunkle Tönung dieses Beckens auf dem Luftbild entspricht seiner Eigenart, wie sie beim Begehen hervortritt (Abb. 41, 42). Es hat beiderseits des flachen Priels, der hindurchzieht, schluffiges, weiches Sediment. Dieses ist allenthalben von *Lanice*-Würmern dicht besiedelt, deren Sandröhren wie Stoppeln aus dem Sand ragen. Am Priel selbst liegen auch Miesmuschelhorste; in deren Umgebung ist das Sediment infolge der Kotausscheidungen dieser Tiere schlickig. So ist das Becken, umgeben von reinem Sand, ein gar nicht zum Kniepsand gehöriges, ganz von ihm umschlossenes Gebilde.

Der südöstliche Außenrand dieses Sandes, der 1937 vor dem Wittdüner Inselvorsprung als ein großer, teilweise unter Wasser liegender isolierter Bogen nach Südwesten zog, ist 1958 schärfer markiert. Der hohe Sand geht bis an diese Bogengrenze heran, welche durch die Tiefe des Außenwassers festgelegt ist.

Der Kniepsand (Abb. 17) erstreckt sich im Südwest-Abschnitt in der gleichbleibenden Breite von 1 km vor der Dünenzone. Er grenzt an die See mit einer scharfen Kante, welche auch durch die Reihe flacher Strandwannen nicht durchbrochen wird. Ein 5 bis 6 km² großer Komplex von cirrusartigen, nur wenig über die Niedrigwasserlinie ragenden Sandbänken ist von der Kniepsandkante abgesetzt. Die Bänke streichen zudem in West-Ost-Richtung, also anders als die Kante des hochwasserfreien Sandes.

Im Nordwest-Abschnitt des Kniepsandes, vom Knick der Dünenkante an, ist die Strandlinie nicht so scharf markiert. Schon in der Biegung beginnen schräg zur Uferlinie ziehende Wannensysteme. Dann verschmälert sich der hohe Sand; er ist von hier ab nur noch 500 m breit. An dieser Einengungsstelle liegt ein diffuser Sandbank-Komplex mit bogig angedeuteten Rücken, und weiterhin setzen grätenartige, parallele Bänke an dem hohen Sand an, die sich nördlich des Norddorfer Kooges zu einem bogig gefächerten System vergrößern.

In diesem Nordwest-Abschnitt lag früher der Kniephafen. Der Kniepsand bestand hier aus einer langen Zunge, welche in 1/2 km Abstand parallel zur Dünenkante zog und das nach Norden offene natürliche Hafenbecken gegen die See abschloß. Dieser Kniephafen ist im Laufe der drei Jahrzehnte ganz zugesandet (Voigt 1964). Auf dem Luftbild von 1958 sind nur noch einige feuchte und daher dunkel erscheinende Stellen vorhanden, wo zeitweise oder meist noch blankes Wasser in flacher Schicht steht – so in Höhe des Weges, der von Norddorf zum Badestrand führt, und 1 1/2 km südlich davon vor der Dünenkante. Das Wasser versickert wahrscheinlich auch deshalb nicht so schnell, weil gerade hier an der Oberfläche eine gewisse Abdichtung durch ein „Farbstreifenwatt" und durch gelegentliche feinkörnige Einschwemmungen stattfindet.

Anschließend an die Zuschüttung hat sich das Nordende des Kniepsandes weiter nordwärts geschoben – von 1937 bis 1958 mitsamt dem gefächerten Riffbogenkomplex um 400 m. Der Sand reicht jetzt bis zur schmalsten Stelle des Nordhakens, bis dahin, wo man auf dem Luftbild den 1955 gebauten Asphaltdeich (schwarzer Strich nahe dem Westrand) an den ersten Dünenkomplex der Nordspitze stoßen sieht. Weiter als bis hierhier ist die Anlagerung des Kniepsandes an die Nordspitze aber nicht gekommen, wohl weil von da ab unmittelbar vor der Dünenkante die Wasserbewegung zu stark und die Tiefe zu groß ist. Die Dünenkante der Nordspitze wird daher bei jeder Sturmflut um Meter-Beträge zurückverlegt (König 1967).

d) Süderoogsand (Abb. 44–46)

Dieser Sand stößt mit der glattesten Uferzone an die See. Ihm fehlen die den meisten anderen hochwasserfreien Außensänden vorgelagerten Sandbänke. Nur die unmittelbar vor der Brandungskante liegenden Strandrinnen mit den entsprechenden Riffen sind auch hier vorhanden. Auf der großen Sandfläche ist ein 1 bis 2 km breiter Streifen entlang dem Seestrand am hellsten, d. h. am trockensten; das ist besonders auf eigentümlichen, wellig-flockig aussehenden Strukturen der Fall. Weiter einwärts, nach Nordosten hin, wird der Sand etwas grauer. Er ist hier feuchter; und er enthält fleckenweise auch noch dunklere Stellen, wahrscheinlich hervorgerufen durch aufgespülte Algen, Schlickhäute u. ä. Ein kleiner nach Norden entwässernder Priel mit fast schwarz erscheinendem nassem Ursprungsgebiet zeigt, wo das vom normalen Hochwasser erreichte Watt beginnt: Dessen Grenze verläuft in Höhe der obersten Prielanfänge in Nordwest-Südost-Richtung. Die eigentümlichen welligen Sandstrukturen sind auch zu sehen auf den beiden Schrägaufnahmen Abbildung 45 und 46. Auf Abbildung 45 bemerkt man, ähnlich wie auf den Senkrechtaufnahmen, daß sie in Strandnähe dichter liegen als weiter ab vom Ufer. Ihre Größe ergibt sich aus der mitfotografierten Bake; deren Fuß ist 7 m breit. Noch deutlicher werden diese Bildungen auf Abbildung 46, welche mit steilerem Blickwinkel aufgenommen wurde. Jede helle Wellenlinie hat doppelte Konturen, so als handele es sich um eine total verwackelte Aufnahme. Das ist aber nicht der Fall, sondern hier ist der Unterschied der trockneren und feuchteren (helleren bzw. dunkleren) Teile jeder dieser großrippelartigen Sandanwehungen wiedergegeben. Das Vorhandensein dieser Strukturen sowohl auf der Senkrechtaufnahme vom Sommer 1958 wie auf den Schrägaufnahmen vom Februar 1965 zeigt, daß sie in verschiedenen Jahren und Jahreszeiten, vielleicht sogar ständig hier vorhanden sind.

e) Strandgebiet an der Westküste von Eiderstedt (Abb. 47a, b)

Dieser Bildausschnitt zeigt den am weitesten nach W bis an die freie Nordsee vorstoßenden Festlandsteil Schleswig-Holsteins. Er soll hier nicht in allen Einzelheiten beschrieben und gedeutet werden; doch wird auf folgende Einzelheiten aufmerksam gemacht:

Das Marschland von St. Peter-Ording wie das von Westerhever ist an seinen ungleichmäßig geformten und nicht geradlinig begrenzten Flurstücken als alt erkennbar. Demgegenüber hat der 1933/35 eingedeichte Tümlauer Koog (Mitte des rechten Bildrandes) rechtwinklige Ackerflächen.

Der Südrand des Luftbildes schneidet folgende Zonen (vom Deich beim Ortsmittelpunkt St. Peter-Dorf beginnend): a) ein etwa 800 m breites Vorland, welches infolge des reinen Sandbodens und des Süßwasseranteiles aus den Dünen, vegetationskundlich sehr interessant, mit anderen Vegetationseinheiten besetzt ist als die übrigen Marschländer und Halligen der Westküste, sogar *Empetrum* und *Salix repens* enthält; b) eine ebenso breite, mehr oder weniger schlickige Prielsenke, welche c) den hochwasserfreien Außensand (Badestrand) vom Festlande trennt; d) vor diesem eine 200 bis 300 m breite Strandrinne und jenseits derselben e) eine niedrigere vorgelagerte Sandbankzone bis zum tiefen Wasser hin.

Nach Norden hin fasert sich diese vorgelagerte Zone cirrusartig auf. Sie schüttet die Prielarme, welche aus der Tümlauer Bucht (zwischen Westerhever und Ording) kommen, an ihren Mündungen weitgehend zu.

Vor dem Deich von Westerhever liegt der etwa 3 km lange, 1 km breite *Westerheversand* mit der Leuchtturmwarf und einem Ringdeich als Schutzort im Südteil. Von da nach Westen erstreckt sich noch eine etwa 3 km breite Sandwattzone bis zu einer von Ebbe- und Flutstrom ge-

Die Küste, 22 (1972), 1-74

bildeten und durchbrochenen Sandbank. Welche Sandzonen hochwasserfrei sind, vermag man aus dem Luftbild nicht genau zu erkennen. Die beiden hellsten Sandflecke – westlich vom Leuchtfeuer Westerheversand am Vorlandrande und weiter draußen – liegen nicht, wie man vermuten könnte, über MThw.

Der Vergleich der beiden Luftbilder von 1938 und 1958 soll hauptsächlich die Veränderungen im Bereich der Tümlauer Bucht und des Westerheversandes erkennen lassen. Hinsichtlich der tiefliegenden vorgelagerten Sandbänke und Riffe von Ording-St. Peter ist der Luftbildplan von 1938 nicht in allem vergleichbar, da wohl nicht so viele Einzelheiten im Niedrigwasserbereich darauf zu sehen sind wie im Bild von 1958. Doch ist deutlich, daß die Breite des hochwasserfreien Sandes in den 20 Jahren z. B. bei der Badebrücke von St. Peter um etwa 150 m abgenommen hat, daß dafür aber vor ihr sich eine fast 1 km breite, bei Niedrigwasser freiwerdende vorgelagerte Bankzone aufgebaut hat.

f) Tertius-Sand (Abb. 48, 49)

Der Tertius ist ein Sand mit sehr markanter Lage und Gestalt; beides tritt auf dem Luftbild besonders deutlich hervor. Dort, wo 10 km westlich von Büsum *Norder-* und *Süderpiep* sich gabeln, liegt dieser hochwasserfreie Außensand. An ihn sind 3 (im Norden) bis 6 (im Süden) km lange, seewärts nach Westen gerichtete Sandschwänze angelagert. Um dies in allen interessanten Einzelheiten zu erkennen, ist das Luftbild – in Verbindung mit Karten und mit Geländebeobachtungen – erstrangig wichtig und unerläßlich. Die Karten allein (Seekarte und Wattkarte) können jedenfalls nur die groben Umrisse dieses Gebildes, nicht seine ganze lebendige Gestalt zeigen. Das möge die nachfolgende Darlegung dieses Sandes verdeutlichen.

Die hochwasserfreie Fläche ist offenbar nicht immer vorhanden gewesen. Auf der Seekarte um 1900 ist als „Tertius" nur eine im Gezeitenbereich liegende Wattfläche eingetragen, welche nach Westen hin schon – ähnlich wie heute – zwei Zipfel ausstreckt und nach Osten hin in die (heute nicht mehr vorhandene) „Mittelplate" übergeht. – Vergleichsweise sei erwähnt: Der Buschsand lag damals hochwasserfrei, der Blauortsand dagegen nicht. Ob dieses Vorhandensein oder Nichtvorhandensein so wechselnd ist, wie WRAGE (1958) annimmt, soll hier nicht ausführlich diskutiert werden. WRAGE ist anscheinend bei Sandplaten von der Art des Tertius- und Blauort-Sandes der Meinung, daß „eine Sturmflut sie über MHW aufgehöht oder eine andere überflutende Wassermasse sie darunter abgeschwemmt" haben kann. Nach den Beobachtungen an isolierten Außensänden (Tertius, Blauort, Süderoog-, Norderoog-, Jap-Sand) sind diese über längere Zeiträume – jedenfalls Jahrzehnte – in diesem Randgebiet des Wattenmeeres stets vorhanden. Es ist allerdings dennoch nicht angebracht, sie als „Inseln" zu bezeichnen, da sie eben – unbewachsen, wie sie sind – doch Zwischenstadium zwischen Sandplate und Insel sind. Neue Entwicklungen, Aufkommen von bewachsenen Primärdünen, wie sie außer auf dem Buschsand auch auf dem Kniepsand neuerdings zu beobachten sind, deuten ebenfalls auf die Veränderlichkeit solcher Gebilde hin und verwischen die Begriffsgrenzen. – Die *Süderpiep* war um 1900 eine schmale, flache, schlecht zu befahrende Rinne.

Auf der Seekarte von 1922 ist die mehrzipfelige Gestalt schon vorhanden. Die Mittelplate ist verschwunden. Doch ist noch nichts Hochwasserfreies verzeichnet (wohl aber auf Blauort).

Auf dem ersten Luftbild – von 1938 – ist der hochwasserfreie Sand von U-förmiger Gestalt vorhanden. Diese Form ist auf die topographischen Karten auch der Nachkriegszeit übernommen worden, obwohl sie sich nun schon längst wieder verändert hat. Jener Sand der 30er Jahre umschließt auf seiner Ostseite ein offenbar schluffiges Watt, ein typisches „Beckenwatt" nach WRAGE (1930). Es entwässert durch einen im Luftbild sehr deutlichen, verästelten Priel nach

Nordosten hin. Darin ähneln die Verhältnisse sehr denen an der Nordspitze des Buschsandes, wo gerade in den letzten Jahren die Spitze nach Osten umbiegt und das Beckenwatt mit Priel immer schärfer abgegrenzt wird.

Auf dem Luftbild von 1958 – also 20 Jahre später – ist diese U-Form wieder halb zerstört, und zwar ist ihre Südhälfte verschwunden. Das Wattbecken ist von Westen, vom Hochsand her, mehr oder weniger zugeschüttet. Die Süderpiep hat den Sand in einer scharfen, Nordost–Südwest verlaufenden Kante angeschnitten.

1966 ist die hochwasserfreie Fläche zu einem elliptischen Teller zusammengeschmolzen. Die Lage des ehemaligen Beckenwattes ist nur noch durch eine feuchtere (dunklere) Zone im Ostteil angedeutet.

Die drei Stadien 1938, 1958, 1966 sind in Abbildung 48c übereinandergezeichnet. Man erkennt dadurch die Lagebeziehungen und Veränderungen. Man sieht 1. daß die Nordkante (an der *Norderpiep*) fast völlig unverändert geblieben ist; 2. daß dagegen die Südkante offenbar kontinuierlich abgeschnitten worden ist (was andererseits mit einer Verbreiterung und teilweise auch Vertiefung der Süderpiep verbunden ist – nach der Seekarte); 3. daß das Wattbecken verschwunden ist, und zwar dadurch, daß der hohe Sand vom Wasser und – vielleicht noch mehr – vom Wind darübergeschüttet wurde. Der hochwasserfreie Sand hat also seine Form verändert, er ist kleiner geworden, und er ist nach Osten gewandert. Diese Ostwanderung zeigt sich auch daran, daß die verschütteten Schluffschichten des Wattbeckens jetzt schon an der Westseite des Sandes wieder zutage kommen (Geländebegehung am 30. 9. 1968 und Abb. 49, zwei schwarze Striche an der Sandkante rechts im Bild). Die kontinuierliche Verlagerung der MTnw-Linie am Südostrand des Tertius ergibt sich aus der jeweiligen Entfernung des Baken-Seezeichens von dieser Wasserlinie:

1958 (Luftbild)	– 450 m	landwärts	der	MTnw-Linie
1962 (Meßplan)	– 280 m	landwärts	der	MTnw-Linie
1966 (Luftbild)	– 75 m	landwärts	der	MTnw-Linie
1968 (Schätzung nach Schrägluftbild und Erdbild)	– 20 m	seewärts	der	MTnw-Linie

Man kann mit Hilfe des Luftbildes durch Vergleich der verschiedenen Zustände sogar eine ungefähre Vorstellung davon bekommen, welche Sedimentmengen bei diesen Veränderungen erfaßt wurden. Aus der Rückwärtsverlegung der Uferböschung des Sandes ergibt sich rechnerisch: In der Zeit von 1966 bis 1968 wurden auf etwa 2 km Strandlänge ca. 120 000 m³ Sand vom Südrand des Tertius abgehobelt. Von 1958 bis 1966 wurden ebenda auf etwa 800 m Strandlänge ca. 1,5 Millionen m³ abgetragen.

g) Sandbänke bei Trischen (Abb. 50–52)

In Abbildung 50 wird eine Übersichtsaufnahme der Sandbänke bei Trischen gegeben. Im Zentrum des Bildes liegt der Buschsand mit dem Hafenpriel und dem Spartina-Gebiet in der Mitte. Nach Südosten beginnt die Marner Plate. Gewaltig sind die Komplexe der Sandbänke, welche einerseits den Flackstrom im Norden der Marner Plate und andererseits das Neufahrwasser im Süden derselben begleiten oder sogar verstopfen. Die Aufnahme spricht für sich. Im Flackstrom liegen die Bänke zur Hauptsache in Stromrichtung. Die S-förmige Bank, ebenso wie die doppel-S-förmige südwestlich des Buschsandes, „Trischensteert" genannt, zeigen ihre Entstehung durch die Wechselwirkung von Flut- und Ebbestrom. Besonders beim Trischensteert lassen die scharfen Uferkanten erkennen, daß heftige Strömungen hier vorbeiziehen.

Die Küste, 22 (1972), 1-74

Westlich der Mitte des Buschsandes liegt das von GIERLOFF-EMDEN (1961) größer abgebildete und erläuterte Außenwatt.

Die in Abbildungen 51 und 52 gezeigten Bänke liegen im Nordteil des Bildes. Abbildung 51 zeigt drei merklich voneinander abgesetzte Bezirke der Bank: 1. Die beiden linken Drittel werden eingenommen von einem nahe dem MTnw-Niveau gelegenen, durch flache, mehr oder weniger parallele Wasserrinnen und Pfützen auch zur Niedrigwasserzeit „amphibischen" Sandwatt. 2. Das rechte Drittel der Bank liegt etwas höher, trocknet mehr ab (hellere Tönung), es sind nicht so viele Wasserrinnen vorhanden. 3. Die relativ steile und scharfe Sandkante am Vorderrande der Bank ist die bei Niedrigwasser trockenste Zone, der Sand leuchtet hell.

Abbildung 52 gibt einen Begriff von den Grenzzonen einer solchen vor der offenen See liegenden Sandbank, die nur für kurze Zeit bei Niedrigwasser an die Luft kommt. Die am rechten Bildrande soeben noch über Wasser ragenden Großrippeln setzen sich nach links hin unter Wasser fort. An ihren Buckeln brechen sich die Wellen; der Schaumgischt wird vom Wind um die Brecher herum ausgebreitet.

6. Besondere Einzelerscheinungen

a) Veränderlichkeit kleiner Priele (Abb. 53, 54)

Das Bild der Ränder von Wattflächen nach den großen Prielen und Wattströmen hin wird, wie aus manchen Beispielen zu ersehen war, bestimmt durch eine große Zahl kleiner paralleler mäandernder Rinnen mit einem gegenseitigen Abstand von etwa 15 bis 50 m und einer Länge von oft nur 50 bis 200 m. Wenn auch deren starke Veränderlichkeit schon dem Luftbild nach vermutet werden kann, so sind doch beispielhafte genauere Angaben über die Bildung und Veränderung am Platze, um eine der Wirklichkeit entsprechende Vorstellung von solchen Vorgängen zu bekommen. Eine solche Schilderung wird deshalb hier gegeben.

Diese kleinen Rinnen sind Gebilde, welche durch den Abfluß des Wassers von der Wattfläche entstehen. Gewiß nimmt auch das Flutwasser in ihnen seinen Weg, es ist aber weniger auf sie allein angewiesen, da es in breiter Front den Wattrand berührt. Das Ebbewasser dagegen schafft sich aktiv solche Rinnen während der Zeit, wo sich das Wasser von der Wattfläche zurückgezogen hat. Die Wattoberfläche ist nicht ganz eben, deshalb bilden sich Stellen stärkeren und Stellen geringeren Wasserabflußdruckes. Von pfützigen Stellen aus beginnt die Bildung kleiner Erosionsrinnen. Sie wird eventuell durch die Windwirkung verstärkt oder abgeschwächt.

Das abfließende Wasser muß aber nicht in jedem Falle Seewasser sein, Restwasser von der Zeit der Wasserbedeckung her; es kann auch – etwa nach vollständigem Abfluß dieses Ebbe-Restwassers – Regenwasser sein. Und dieses Regenwasser kann die gleichen Rinnen bilden. Ein solcher Vorgang wurde am 30. 9. 1968 am *Bielshövensteert* (an der *Süderpiep*, südlich vom Außensand *Tertius*) beobachtet. Dort war das Ebbewasser, 5½ Stunden nach Hochwasser, im wesentlichen von der Wattfläche abgeflossen. Gegen das Fahrwasser hin lag eine relativ stark geneigte, ziemlich trockene Sandkante. Ein zu Beginn der Beobachtungszeit einsetzender stärkerer Regenschauer von ca. ½ Stunde Dauer brachte so viel Wasser, daß dieses nicht ganz versickerte, sondern nach einiger Zeit von der Wattfläche abzufließen begann. Prielwärts versickerten seine Spitzen zuerst noch im Randsand, etwa 4 bis 5 m vom Wasser entfernt. Doch nach einiger Zeit lief es über die ganze Breite des Sandhanges hinunter bis in das tiefe Prielwasser, und sofort begann die Umformung schon vorhandener und die Neubildung kleiner Abflußrinnen. Eine der 15 bis 20 m langen Rinnen (Abb. 53) z. B. ist bei Beginn der Beobachtung ca. 50 cm breit, nach 5 Minuten schon 1 m breit. Dabei geht eine ständige Veränderung der

Form des Bettes vor sich. Eine kleine Erosionsstufe weicht in 4 Minuten um 1 m rinnenaufwärts zurück, dann verwischt sie sich. Die Verbreiterung der Rinne erfolgt durch seitliches Bespülen der ca. 5 bis 8 cm hohen Kanten, Unterspülen und Abrutschen von Sandschollen von jeweils etwa 30 cm Länge und 10 cm Breite. Dieses Abgerutschte wird dann von dem vorbeistrudelnden Wasser sofort zerspült; der Sand wird abwärtsgeführt, und er lagert sich am Rande des tieferen Wassers zunächst in der glatten Fläche ab, die das untere Ende der Rinne auslöscht. Bald jedoch schneiden sich hier durch den Wasserdruck neue kleine Rinnen ein, welche sich rasch vertiefen. Stellenweise bleibt das Abgespülte auch nahebei liegen und verengt das Bett. Dadurch entsteht an der Stelle vermehrter Druck, es folgt neue Sekundärrinnenbildung. So greifen die verschiedenen Miniaturerscheinungen ineinander, bedingen sich, ergänzen sich oder heben sich in ihrer Wirkung auf. – Eine halbe Stunde später, 20 bis 25 Minuten nach Aufhören des Regens, als die Stelle erneut betrachtet wurde, war die eben beschriebene Rinne ausgetrocknet, der Regenabfluß hatte aufgehört. Der Vorgang der Rinnengestaltung hatte vorerst ein Ende. – Alle diese kleinen Regenrinnen hatten im Ursprungsgebiet die baumartigen feinen Verästelungen, wie man sie auch sonst bei Ebberinnen sieht (Abb. 54).

Die Veränderung der Kleinformen geschah in diesem Falle besonders schnell, weil es sich bei diesem Randstreifen um reinen Feinsand handelte. In schlickigeren Gebieten, wo die Sedimentteilchen bindiger zusammenhaften, geht die Abspülung und Zerspülung der Schollen nicht so schnell; doch sind das nur graduelle Unterschiede.

b) Wiedergabe der Siedlungen von Kieselalgen (Diatomeen) auf Luftbildern (Abb. 55–58)

Zu den meisten Zeiten des Jahres, maximal im Frühjahr und Herbst, minimal bei und nach Frostperioden und stürmischen Wetterlagen, sind auf vielen Stellen der Watten geschlossene Diatomeensiedlungen in den Ausmaßen von einigen m² bis zu Hektargröße vorhanden. Sie sind besonders auf feinkörnigen Sedimenten erkennbar und entstehen durch das dichte Neben- und Übereinander dieser einzelligen Kieselalgen, welche in einer Schicht von etwa 1/3 mm Dicke leben (König 1962). Durch die goldbraunen Ölkugeln, welche als Reservestoff gebildet werden, und durch die grün-bräunlichen Farbkörper wird ihre Farbe bestimmt, ein Olivgrün oder Goldbraun, welches meist dunkler als das Sediment getönt ist. Die Diatomeensiedlungen treten daher im farbigen Luftbild durch ihre ganz besondere, von den anderen Farben des Watts abweichende Farbtönung hervor, im Schwarzweißphoto durch eine dementsprechende dunkle Grautönung.

Besonders dickschichtig sind diese Diatomeensiedlungen an den Prielrändern, in der Umgebung der vielen kleinen parallelen Rinnen. Doch kommen sie auch auf glatten Schluff- und Schlickwatten großflächig vor. Weniger deutlich sind sie meist auf Sandwatten zu sehen, da die Feinsandkörner des Watts im Vergleich zu den Diatomeenzellen so groß sind, daß kein so dicker geschlossener, fein-gallertiger Diatomeen-Überzug auf der Sandoberfläche entsteht. Zudem ähnelt ein goldbrauner Diatomeen-Belag, wie er gerade bei Arten des Sandwattes vorherrscht, in der Tönung mehr der Farbe des Sandes, als das bei der dunkleren Färbung der Schlickdiatomeen-Siedlungen auf dem mehr oder weniger grauen Untergrund der Fall ist.

Am 11. 10. 1968 konnte eine Reihe von vergleichbaren Schwarzweiß- und Farbaufnahmen von jeweils ein und derselben Stelle des Wattes vom Flugzeug aus gemacht werden, Bilder aus etwa 200 m Höhe und aus 200 bis 400 m Entfernung mit verschiedenen Blickwinkeln und -richtungen. Die Abbildungen 55–57 geben einige markante Beispiele solcher Vergleichsaufnahmen. Sie zeigen – wie auch die übrigen, hier nicht veröffentlichten – allesamt auch auf den Schwarzweißbildern eine deutlich dunklere Tönung des Wattes im Bereich der Diatomeensiedlungen.

Die Küste, 22 (1972), 1-74

Die Grenzen der einzelnen Diatomeenflecken und -flächen sind aus dieser Entfernung auf den Lichtbildern klar zu umreißen. Auf den Aufnahmen beim Anflug auf Helmsand ist erkennbar, daß diese Dunkeltönung sowohl bei dem flachen Blickwinkel bei größerer Entfernung (etwa 500 m) wie auch bei steilerem Blickwinkel bei geringerer Entfernung (etwa 200 m) in gleicher Intensität vorhanden ist.

Wie wechselhaft diese Erscheinungen sein können, mag als Beispiel die Betrachtung desselben Wattgebietes vor Helmsand vier Wochen später, am 15. 11. 1968, zeigen. Da war bei einer Watt*begehung* von diesen auffälligen Flecken nicht eine Spur zu sehen. An dem Tage wehte Ostwind von Stärke 5 Bft., nachts und am Tage war leichter Frost (das Watt begann zu vereisen) bei hellem Sonnenschein ohne Wolken. Die Wattoberfläche an der langen Buhne (s. Abb. 59) und an anderen, sonst dicht von Diatomeen besiedelten Stellen war mit einer feinen Schlickschicht bedeckt. Die Diatomeen waren hierdurch wohl teils zugedeckt, teils weggeschwemmt.

Die Diatomeensiedlungen können nach dem Grad der Grautönung durchaus den feuchten Flächen ähneln oder gleichen. Wie sind sie dann aber auf dem Luftbild zu unterscheiden? Ein Unterschied zwischen feuchten Wattflächen ohne Diatomeen und Diatomeenflecken liegt oft darin, daß die Diatomeenflecken unregelmäßig und ohne genaue Anlehnung an die Priele vorhanden sind, daß dagegen die Grenzen der durch Feuchtigkeit verdunkelten, unbesiedelten Wattflächen an Prielen ziemlich genau dem Prielverlauf parallel gehen, die Feuchtzonen also Prielrandzonen bestimmter, von Bodenart, Prieltiefe, Wasserstand u. ä. Faktoren abhängiger Breite sind.

Die Diatomeensiedlungen sind im allgemeinen natürlich nur auf den Luftbildern großen Maßstabs (etwa 1 : 10 000 und größer) als erkennbar zu erwarten, da sie eben oft nicht in Hektargröße vorkommen. Doch machen sie unter den genannten Bedingungen und Voraussetzungen markante Einzelerscheinungen eines Wattluftbildes aus.

c) Seepocken im Luftbild (Abb. 59, 60)

Abbildung 59 zeigt eine Buhne bei Helmsand, welche durch ihre helle Farbe vom Watt absticht. Diese helle Tönung ist nicht durch die Färbung der Buhnensteine, etwa hellen Granit, bedingt; denn das Steinmaterial ist hier dunkel (Granitvarianten, Basalt). Sie rührt auch nicht von Lichtreflexen an feuchter Stein- oder Schlickoberfläche her; denn die Buhnenoberfläche war zur Zeit der Aufnahme höchstwahrscheinlich ganz trocken (Niedrigwasserzeit bei schönem Wetter). Die helle Färbung ist verursacht durch die dichte Besiedlung mit Seepocken. Auf Abbildung 60 sind diese dargestellt an einer Stelle, welche nicht die maximale Dichte der Tiere an dieser Buhne aufwies. Es sollte hier, wo die einzelnen Tiere meist noch etwas voneinander getrennt sind, gleichzeitig gezeigt werden, daß es sich weniger um die Art Balanus balanoides handelt (die älteren Exemplare), sondern vorwiegend um die seit Anfang der 50er Jahre in der Deutschen Bucht aufgetretene, aus Australien stammende (Kühl 1954) Art Elminius modestus, welche ich seit 1956 aus der Meldorfer Bucht kenne. Ältere Seepockensiedlungen sind bei röhrenartiger Entwicklung der Einzeltiere, durch Zwischenlagerung von Schlick zwischen den Kalkpanzern, oft von ähnlicher Schlickfarbe wie das benachbarte Watt. In jungen Kolonien aller hier vorkommenden Arten aber, wie im vorliegenden Fall, haben alle Einzeltiere ihre porzellanhelle Tönung sauber erhalten. Dadurch ergibt sich der Eindruck „Weiß" für den ganzen Besiedlungskomplex.

d) Der Einfluß des Gegenstandswinkels auf die Grautönungen im Luftbild (Abb. 61–69)

In den Abbildungen 62 bis 67 sind einige Beispiele gegeben von dem Einfluß des Gegenstandswinkels auf die Grautönungen in den Luftbildern. Unter dem Begriff „Gegenstandswinkel" sei der Winkel verstanden, unter welchem ein Einzelgegenstand (innerhalb eines von der Kamera erfaßten Gesamtbildes) vom Flugzeug aus erscheint. Auf Abbildung 61 ist es der Winkel bei „A" ($\cong$ 53°). Wenn von „Senkrechtaufnahmen" gesprochen wird, so heißt das auch nicht annähernd, daß alle Punkte eines Bildes unter einem Gegenstands-Winkel von 90° aufgenommen wurden. Je höher das Flugzeug sich befindet und je kleiner der Bildwinkel ist (auf Abb. 61 Winkel A-Fl-B), desto geringer wird die Abweichung des Gegenstandswinkels von 90°. Aber bei den für die Wattbefliegung normalen Flughöhen ist der Bildwinkel viel größer. Das ergibt sich aus Abbildung 61. Hier liegen die tatsächlichen Werte des erfaßten Bildraumes und der Flughöhe zugrunde, welche für die Abbildungen 62 bis 67 gelten. Die Kantenlänge der Originalluftbilder (ca. 6 km in der Landschaft ausmachend) ist beträchtlich größer als die Flughöhe (ca. 3,67 km). Aufnahmezeit war an dem betreffenden Tage etwa 10.15–10.35 Uhr, also eine relativ kurze Zeitspanne, innerhalb welcher die Änderung des Sonnenstandes keine wesentliche Rolle spielte. Die Sonne stand im Südsüdosten unter einem Winkel von ca. 45°. Alle Wasserflächen, welche in der Südostecke des Bildes liegen (nahe B von Abb. 61 und Abb. 68), reflektierten daher das Licht fast direkt in das Photo-Objektiv; sie erscheinen deshalb blendend weiß. Das ist zu sehen bei den Objekten Abbildung 62 = a' von Abbildung 68[4]) (Speicherbecken Schlüttsiel), Abbildung 63 = b' von Abbildung 68 (Watt vor der Hamburger Hallig), Abbildung 64 = c' von Abbildung 68 (Umgebung der Hallig Habel). Das Wasser um Habel herum blendet so stark in die Kamera, daß der Halligumriß besonders an der Südostecke stark überstrahlt ist. Sobald die Kamera aus dem Reflexionsbereich heraus ist (schon bei der Lage Abb. 65 = b und Abb. 66 = c"), erscheinen die Tönungswerte in normaler, der Natur entsprechender Abstufung. Um so mehr ist das der Fall, wenn sie nahe dem Nordrande liegen (bei A in Abb. 68 bzw. Abb. 67 = a und Abb. 68 = c).

Auf der gleichen Ursache der verschiedenartigen Reflexion infolge Verschiedenheit des Gegenstandswinkels beruht höchstwahrscheinlich auch die Helldunkel-Verteilung auf Abbildung 74c bzw. ihre Umkehr auf Abbildung 74d (Watt bei der Grünen Insel).

In allen geschilderten Fällen sind bei diesen unterschiedlichen Auswirkungen von verschiedenen Gegenstandswinkeln reflektierende Flächen – im Watt also meist Wasser – Mitbedingung. Trockner Sand ist hell, einerlei aus welcher Richtung man ihn bei bestimmtem Sonnenstand betrachtet. Reflektierendes Wasser muß aber nicht in seeartig großer offener Fläche vorhanden sein; schon das Zwischenraumwasser im wassergesättigten Sediment und winzige Pfützchen, wie sie etwa auf dem Sandwurm-Watt in den Trichtern und zwischen den Häufchen und Rippeln in unzählbarer Menge vorhanden sind, genügen als Reflexflächen.

Nach dieser Beschreibung der Reflexerscheinungen ist auch auf Beispiele von *fehlender* Reflexion hinzuweisen. Zum Beispiel das Originalbild für Abbildung 33, welches in ganzer Ausdehnung bei Voigt (1965) veröffentlicht ist und welches mir bei meinen Ausarbeitungen ebenfalls vorliegt, zeigt an keiner Stelle der Watt- und Wasserflächen irgendwelche Reflektionshöfe. Es ist mit dem gleichen Aufnahmematerial photographiert worden wie die Bilder der Serie zu Abbildungen 62–67. Reflexstellen müßten angesichts der Aufnahmezeit (11.48 Uhr) genau im Süden liegen. Sie müssen aber fehlen, weil am Aufnahmetag (5. 11. 1962) die Sonne auch

---

[4]) Auf Abbildung 68 ist eingetragen, wie die einzelnen Objekte – a = Speicherbecken, b = Watt vor der Hamburger Hallig, c = Umgebung der Hallig Habel – auf den einzelnen Originalaufnahmen liegen.

Die Küste, 22 (1972), 1-74

bei der Kulmination so niedrig stand, daß der Reflex von spiegelnden Flächen nicht in das Photo-Objektiv traf (Abb. 69).

Der Gegenstandswinkel kann wegen der Lichtreflexion sicher auch eine wesentlich hindernde Rolle spielen beim Erkennen von verschieden getrübten Wasserkörpern, wie sie GIERLOFF-EMDEN (1967) bespricht. Besonders bei solchen, wenn auch deutlich, aber doch zart getönten Wiedergaben kommt es auf geeigneten Lichteinfall und geeignete Blickrichtung an.

Lichtreflexe spielen also auch bei der Senkrechtaufnahme auf den Wattflächen und auf ruhigen Wasserflächen unter gewissen Umständen eine wichtige Rolle. Fast immer ist das ferner der Fall bei den Wellen der Priele bei windigem Wetter. Sie ergeben die im Abschnitt 4. i, Abbildung 28a erwähnte helle Wellenmarkierung.

Besser erkennbar wird diese Auswirkung der Richtung der Sonnenstrahlen bei Schrägaufnahmen ein und derselben Fläche aus verschiedenen Richtungen. Als Beispiel hierfür werden Abbildung 70 und Abbildung 71 gebracht. Sie zeigen Aufnahmen von locker verteilten Spartina-Horsten am Rande des Vorlandes bei Süderhöft (St. Peter, Kreis Eiderstedt); Aufnahmedatum 23. 2. 1965, gegen 10.30 Uhr; Aufnahmehöhe etwa 200 m. Bei beiden Bildern handelt es sich um dieselben Pflanzenhorste. Das ist erkenntlich an den besonders markierten, dem ringförmigen Horst „a" und der Gruppe „b". Abbildung 70 wurde schräg *gegen* die Sonne, Abbildung 71 schräg *mit* der Sonne aufgenommen. Dadurch entstehen ganz verschiedene Kontrastwirkungen. Die Feinheiten des Bodenreliefs, besonders die kleinen flachen Rinnen und Pfützen zwischen den Pflanzenhorsten, sind auf der Gegenlichtaufnahme kaum, auf der anderen dagegen deutlich zu sehen. – Die weißen Säume an den Rändern der kleinen Rinnen und zum Teil auch auf dem nackten Watt davor sind übrigens keine Reflexerscheinungen oder heller Sand, sondern frische Eisbildungen; es herrschte an dem Vormittag von der Nacht her leichter Frost. Abbildung 72 zeigt kartenmäßig die geschilderte Situation.

e) Verschiedene Abbildungsmaßstäbe, Bildgröße auf den Photos (Abb. 70–73)

Abbildung 70 und Abbildung 71 und gleichfalls die unter den gleichen Bedingungen aufgenommene Abbildung 73 zeigen außer dem im vorigen Abschnitt Gesagten noch die Auswirkung der verschiedenen Bildmaßstäbe. Auf dem 1 : 25 000-Bild, das einem Objektabstand von 5000 m entspricht, lassen sich Objekte von weniger als 10 m Größe nur an Stellen mit starken Kontrasten oder wegen ihrer charakteristischen Form (Großrippeln am Wasser, Priele) genau erkennen. Auf den Wattflächen mit gleichmäßiger Tönung ist das oft nicht mehr möglich; da werden auch viele beträchtlich größere Objekte undeutlich. Bei einem Objektabstand von 200 bis 300 m (wie bei den abgebildeten Schrägaufnahmen) dagegen sind schon Pflanzenhorste von 1 bis 5 m Durchmesser gut abgebildet. An der Vorlandvegetation von Abbildung 73 kann man nach dem hohen, filzig wirkenden Wuchs sogar mit einiger Sicherheit sagen, daß es sich um Strandquecke (Agropyrum littorale) oder/und um Roten Schwingel (Festuca rubra littoralis) handelt. Außerdem zeigen erst die Schrägaufnahmen, daß im Watt auch Relief, Räumlichkeit vorhanden ist, da schon die 1 bis 2 dcm hohen Grünlandkanten und die Spartina-Horste im Watt, welche bei diesem Winterzustand auch nicht höher sind, Schatten werfen.

Die Auswirkung des Abstandes auf die Erkennbarkeit von Objekten soll noch anhand des Beispieles Trischen besprochen werden. Nach dem Kontaktabzug dieses Gebietes von 1958 (Flughöhe 4000 m, Brennweite f = 20 cm, Maßstab 1 :20 000) ist beispielsweise am Hafenpriel die Prielstrecke von einem Hauptseitengraben bis zum nächsten (= 400 m in der Natur) auf dem Bild 2 cm lang. Danach ist folgende Tabelle aufzustellen:

Die Küste, 22 (1972), 1-74

Für Objekt von 400 m Länge in Natur

Objektiv-brennweite f	Abstand Flugzeug-Gegenstand	Bildgröße auf Photo	Objektiv-Brennweite f	Bildgröße auf Photo	Abstand Flugzeug-Gegenstand	Bildgröße auf Photo
20 cm	4000 m	2 cm	400 m	20 cm	200 m	40 cm
10 cm	4000 m	1 cm	400 m	10 cm	200 m	20 cm
5 cm	4000 m	0,5 cm	400 m	5 cm	200 m	10 cm
3,5 cm	4000 m	0,35 cm	400 m	3,5 cm	200 m	7 cm

Auf 200 m (mein durchschnittlicher Flugabstand) sind auf der 5fachen Vergrößerung einer mit 3,5-cm-Objektiv gemachten Aufnahme (entspricht also f = 18 cm) Möwen noch klar als „weiße Vögel" zu erkennen (Spannweite von Silbermöwe und Sturmmöwe ist 1 bis 1,5 m). Das entspricht obiger Tabelle, wonach bei f = 20 cm eine Strecke von 400 m Länge in Natur auf dem Photo 40 cm groß abgebildet wird. Die fliegenden Möwen haben also auf dem Photo eine Größe von ca. 0,5 mm. Die Deutung ist in diesem Fall – weißer Gegenstand auf buntem oder grauem Hintergrund – selbst bei nicht optimalen technischen Merkmalen der Photos hinsichtlich Auflösungsvermögen des Objektivs und Körnung der lichtempfindlichen Bildschicht einwandfrei möglich.

f) Einzelheiten im Luftbild der Eider bei der Grünen Insel (Abb. 74a–d)

Dieses Wattgebiet wird unter diesem Abschnitt eingeordnet, da sich daran mehrere Phänomene von allgemeinerer Bedeutung demonstrieren lassen. Das Mündungsgebiet der Eider ist durch den Bau des Abschlußdammes Hundeknöll–Vollerwiek jetzt sehr in das Blickfeld der Öffentlichkeit gerückt. Es ist zuerst durch WOHLENBERG (1931) ausführlich dargestellt worden. Von den zuständigen Dienststellen werden nun laufend Untersuchungen der derzeitigen Zustände und Veränderungen aller Art gemacht (siehe z. B. SINDERN/KATHAGE 1966, PETERSEN 1967). Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sollen von diesem Raum deshalb nur einige Bildausschnitte aus verschiedenen Zeiten gegeben werden, bei welchen auf die Vorgeschichte des Gebietes, auf die teils starken, teils geringen Veränderungen in den letzten 30 Jahren sowie auf einige Einzelheiten der Wattwiedergabe im Luftbild hingewiesen wird.

Die Luftbilder von 1935, 1938 und 1958 (Abb. 74a–c) zeigen im Nebeneinander die *starke Veränderung* der Wattbänke und der Stromrinne in diesem Raum. Das Bild von 1935 schließt an die halbschematische Darstellung der „Wanderung der Grünen Insel" bei WOHLENBERG (1931) an. Diese Insel ist später nicht mehr weitergewandert, sondern hat ihre Lage und Form behalten. Einerseits wurde durch natürliche Verlandung und Durchdämmung der Priel *Hundeloch* geschlossen. Damit verband sich auch die Grüne Insel mit dem deichwärts gelegenen Vorland. Dieser Priel ist immerhin auf allen vier Luftbildern noch zu erkennen. Mit seiner Lahmlegung wurde zugleich ein Teil der Erosionskraft in dem Eiderarm geschwächt, welcher bis dahin an dem Südostufer der Grünen Insel nagte. Er verlandete. Man sieht, wie in den drei Jahren von 1935 bis 1938 am Hauptbett der Eider vor der Grünen Insel sich ein schmaler Watthaken an der Südwestecke der „Tönninger Plate" zu einer – zunächst noch isolierten – größeren Wattbank erweitert hat. Die vorher steile Nordwestkante der Plate ist flach geworden. Der frühere größere Haken an der Dithmarscher Seite dieser Plate dagegen ist im Schwinden. 1938 liegt hier nur noch ein isoliertes Wattinselchen. Die Zwischenschritte bis 1958 sind nicht luftbildmäßig belegt. 1958 ist die Versandung des früheren Eiderhauptstromes längst vollzogen. Vor der Grünen Insel breitet sich eine 1 km breite Wattfläche aus.

Dieser starken Veränderung der *Eider* selbst stehen – beim Vergleich der Zustände von 1938 und 1958 – geringe Veränderungen im Verlandungsbereich gegenüber. Zwar ist der Priel,

Die Küste, 22 (1972), 1-74

der das Wasser bei Schülperneuensiel aus dem Dithmarscher Binnenlande in die Eider führt, inzwischen wegen seiner Rolle als Vorfluter begradigt worden. Aber die natürlichen Vorlandpriele daneben haben sich in den 20 Jahren nicht verändert. Lediglich das Grünland ist infolge der Landgewinnungsarbeiten etwas eiderwärts gewandert.

In bezug auf die Ursache für verschiedene Watt-Tönungen auf der Photographie sind die beiden Abbildungen 74c und 74d sehr aufschlußreich (siehe auch Deckblatt zu Abbildung 74c). Bei den drei kleinen Prielsystemen a, b, c östlich der Grünen Insel sieht man im Vergleich der beiden Aufnahmen, daß 1. die Priele mit ihren Nebenästchen sich im Laufe der 25 Monate fast nicht verändert haben, daß 2. die Hell-Dunkel-Verteilung der Grautönung bei beiden Bildern genau umgekehrt ist. 1958 sind die Prielränder dunkel, die dazwischenliegenden Wattstücke hell; 1960 sind die Prielränder hell, die dazwischenliegenden Wattstücke dunkel. Morphologisch hat sich nichts geändert, die Tageszeit ist ähnlich, beide Aufnahmen sind zur Niedrigwasserzeit gemacht worden. Die umgekehrte Tönung ist durch Feuchtigkeitsunterschiede bedingt. Der Grund hierfür ist nicht aus den – bekannten – meteorologischen Verhältnissen ableitbar (Windrichtung und -geschwindigkeit). Die ziemlich gleichmäßige Breite des Prielrandes und die Jahreszeit machen ferner unwahrscheinlich, daß die Dunkeltönung durch Diatomeensiedlungen bedingt ist, denn diese entwickeln sich meist in schmaleren und unregelmäßigeren Komplexen als geschlossene Decke entlang den kleinen Rinnen; und außerdem ist der Juli nicht die Zeit ihrer Maximalentwicklung. Die Lösung des Rätsels liegt in der vorhandenen bzw. fehlenden Reflexion feuchter Wattflächen. Das im Abschnitt 6. d Abgeleitete kann hier angewendet werden. Im Bild von 1960 liegen diese kleinen Priele vermutlich alle nicht im Südbereich des Originalfliegerfilms; es hat also keine Reflexion in das Photo-Objektiv stattgefunden. Das Luftbild von 1958/59 (Abb. 74c) ist bei der Entzerrung aus mehreren unregelmäßigen Teilstücken zusammengesetzt worden, welche teils am 20. 7. 1958, teils am 2. 4. 1959 aufgenommen wurden. Die Verteilung dieser Stücke auf dem Bild ergibt sich aus dem Deckblatt. Man sieht, für die Priele a, b, c ist ein Teilstück vom 20. 7. 1958 genommen worden. Sie müssen im Südostquadranten des betreffenden Bildes gelegen haben. Von hier aus reflektierten die nassen Wattflächen zwischen den Prielen das Licht blendend hell in das Objektiv. Von den trockeneren Prielrandgebieten her war das nicht der Fall; diese erscheinen deshalb dunkel. Dagegen muß das benachbarte Bildstück mit dem Priel b, aufgenommen am 2. 4. 1959, außerhalb des Reflexionsbereiches im betreffenden Fliegerbild gelegen haben. Die trockneren Prielränder sind hier hell, die zwischenliegende Wattfläche ist feucht und dunkel (so wie üblich). Hier ist also die gleiche Verteilung von Hell und Dunkel um die Priele herum wie bei dem Bild von 1960. – Auf der Dithmarscher Seite ist dieses Phänomen ebenfalls zu sehen. Das Vorland beiderseits von Schülperneuensiel ist durch zwei Bildteilstücke vom 2. 4. 1959 dargestellt. Das Gebiet westlich dieses Entwässerungsprieles und dessen östlicher Nebenbereich bis nach der östlichen Grenze dieses Teilstückes zeigen keine Reflexionserscheinung. Dagegen sind auf den nordöstlich anschließenden Teilstücken die baumförmig geordneten Vorlandpriele und das gegrüppte Watt vor der Vorlandkante grell hell. Sie haben im Reflexionsbereich des betreffenden Originalluftbildes gelegen[5]).

g) Unterschiedliche Veränderungen in den verschiedenen Wattzonen

Zum Abschluß der Einzeldarstellungen soll noch einmal allgemeiner auf den besonderen Wert des Luftbildes für die Erfassung der Veränderungen im Wattgebiet hingewiesen werden.

---

[5]) Das Problem des „unterschiedlichen Lichteinfalles bei der Aufnahme" wird, wie sich nachträglich bei der Literaturdurchsicht ergab, auch von Rüpke (1966) kurz angesprochen, ohne daß nähere mathematische Erörterungen angeschlossen werden. Er bezieht sich dabei auf Bildbeispiele aus dem Eiderwatt unterhalb des hier behandelten Abschnittes.

Diese Veränderungen sind in den einzelnen Wattgebieten sehr unterschiedlich. Doch läßt sich gerade mit dem Luftbild, das alle Einzelheiten und besonders die klaren oder diffusen Übergänge zwischen Watt und Wasser zeigt, eine Abnahme der Stabilität der Wattformen vom Verlandungsgebiet am Festland nach den seewärtigen Randbezirken des Wattenmeeres hin erkennen.

Oberhalb des regelmäßigen Tideeinflusses, auf den *Vorländern* und *Halligen,* bleiben Rinnensysteme und Pfützen, soweit sie nicht künstlich verändert werden, über lange Zeiträume erhalten (siehe Abschnitte 3a, b, c).

Ähnlich ist es auch im *Verlandungsbereich.* Hier gibt es allerdings heute nicht mehr viele Beispiele, wo die Verlandung ganz nach der freien natürlichen Entwicklung abläuft; denn meist sind diesen Bezirken durch Lahnungsbau und Entwässerungsanlagen bestimmte Entwicklungslinien vorgezeichnet (siehe Abschnitt 2. b, d). Diese werden nicht selten bei Änderung der Bauplanungen mehr oder weniger stark verändert. Ein deutliches Beispiel der natürlichen Beharrungstendenz im Verlandungsgebiet ist Trischen, allerdings in dem speziellen Vegetationsaspekt „Spartina-Gebiet". Die Priele und Rinnen, welche sich bei dessen Entstehung seit Anfang der 30er Jahre als Be- und Entwässerungssystem gebildet haben, haben sich nach Verdichtung des Spartina-Bestandes über die letzten 30 Jahre nahezu unverändert gehalten; sie haben sich nur, entsprechend dem Vordringen von Spartina, wattwärts verlängert.

Im *freien Watt* sind Verlagerungen der Priele von 100 oder mehreren 100 m im Laufe von zwei Jahrzehnten die Regel. Dennoch bleiben die Prielsysteme als Gesamtheiten in einem Wattgebiet erhalten. Sie haben deshalb unter den Fischern und Schiffern großenteils sogar bestimmte Namen, welche nicht nur auf die Nachbarschaft von Orten u. ä. hinweisen („Wesselburener Loch") oder an ein besonderes Ereignis, etwa den Untergang eines Schiffes, erinnern (so wahrscheinlich das „Pottschiffloch" an der Marner Plate), sondern öfter sogar bestimmte hydrologische Besonderheiten bezeichnen („Schell-Legde" bei Büsum am Bielshöven-Sand, weil sich dort wohl größere Schillablagerungen finden). So bleiben sehr markante Wattgebilde wie die Marner Plate, der Bielshöven-Sand, die Pellwormer Plate über so viele Jahrzehnte sehr ausgeprägt in ihrer „individuellen" Form, daß man oft schon die Vergleichsmessung mit dem Luftbild zu Hilfe nehmen muß, um ihre Veränderungen genauer zu bezeichnen.

Die *Sandbänke in den oberen Abschnitten der großen Wattströme* nach dem Festlande zu verändern sich zum Teil erstaunlich wenig. Das ist besonders im nordfriesischen Bereich der Fall. Als Beispiel hierfür werden die Sandbänke im *„Schlütt"* zwischen den Halligen Oland und Gröde in den Jahren 1958 (Abb. 75a) und 1968 (Abb. 75b) wiedergegeben. Am eingezeichneten Gitternetz sieht man die überraschende Stabilität der Ebbe- und Fluthaken mitten im Strom, der an den südlichen Wattkörper angesetzten Haken, der Wattkanten und selbst kleinerer Priele. Und dies, obwohl das Schlütt seit 1960 Fahrrinne für den neuen Schiffahrtsverkehr von Schlüttsiel aus ist und durch diesen sicher erhebliche unregelmäßige Turbulenz in das Wasser gebracht wird.

Am stärksten sind die Veränderungen der Wattformen am seewärtigen Rand des Wattenmeeres, vor allem in den Mündungsgebieten der großen Wattströme (siehe Abschnitte 5b, e, f, g). Hier sind bestimmte Gestaltungen, welche vom Ebbe- und/oder Flutstrom geschaffen worden sind, oft schon nach wenigen Jahren nicht mehr wiederzufinden. An solchen Stellen ist das Luftbild besonders geeignet, Formveränderungen und Umlagerungstendenzen aufzuzeigen; es ist nur eine genügend häufige Wiederholung von vergleichbaren Aufnahmen nötig. Eine solche Aufnahmenserie würde, mit Zeitraffer filmartig betrachtet, wahrscheinlich meist Vorgänge wie ungleichmäßig flackernde Flammen auf diesen Sandbänken erkennen lassen. Dagegen würden bei derselben Methode die Veränderungen der Prielsysteme mehr wie langsame, kontinuierlich gerichtete Verschiebung und Verbiegung von Formen wirken.

Bei Besprechung der Veränderungen muß auf eine Fehlerquelle beim Vergleich hingewiesen werden. Die Luftbildpläne verschiedenen Alters sind entzerrt, sollten sich also lagemäßig eigentlich decken. Aber sie sind nicht auf gleichartigem Papier kopiert. Hauptsächlich hierdurch entstehen, wie sich bei Benutzung der vorliegenden Pläne ergab, Abweichungen nach allen Richtungen, welche in der Natur mehrere zehn Meter ausmachen können. Man wird sich in solchen Fällen begnügen müssen, klare, feste Linien oder Punkte möglichst nahe dem zu vergleichenden Objekt, z. B. Deiche, Straßen, Häuser, als Bezugsgrundlagen zur Deckung zu bringen und von da aus die Veränderungen zu studieren. Evtl. muß das auf einem größeren Bildplan von mehreren Stellen aus geschehen.

C. Zusammenfassung

Die Grundlage für die hier dargestellte Interpretation von Luftbildern des schleswig-holsteinischen Wattenmeeres (3600 km²) sind die Luftbildkarten dieses Wattgebietes, wie sie großräumig 1935/38 (innerer Wattbereich, 2500 km²) und 1958 (gesamter Wattbereich) geschaffen wurden.

Für die nordfriesischen Halligen Langeneß, Oland, Nordstrandischmoor und Norderoog liegen entzerrte Luftbildpläne sogar von 1926 vor.

Zur Verdeutlichung der Beschreibung wurden Luftbild-Schrägaufnahmen und Lichtbilder von der Erde aus mitverwendet.

Aus dem gesamten Bereich, d. h. von den an das Watt grenzenden Inseln und Festlandsgebieten bis zum äußeren Rand des Wattenmeeres, wurden als Beispiele die Gebiete bei folgenden Örtlichkeiten beschrieben und gedeutet:

5 Verlandungsgebiete	– Hauke-Haien-Koog, Hamburger Hallig, Nordstrander Damm in Nordfriesland, Wöhrdener Hafen, Hallig Helmsand in Dithmarschen;
4 Halligen	– Langeneß, Gröde, Norderoog, Südfall;
10 freie Wattflächen	– Amrum, Hooge/Norderoog, Süderoog, Eidermündung, Blauort, Christianskoog, Hallig Helmsand, Kronprinzenkoog, Marner Plate, gesamtes Dithmarscher Watt;
7 Dünengebiete, hohe Außensände und Sandbänke	– Nordspitze von Amrum, Sandbänke nördlich von Amrum, Kniepsand vor Amrum, Süderoogsand, Westküste von Eiderstedt, Tertius-Sand westlich von Büsum, Sandbänke bei Trischen.

Im folgenden sollen, auch unter Rückblick auf die besprochenen Einzelbeispiele, noch einmal die wesentlichen Punkte zusammengestellt werden, welche bei der Deutung der Luftbilder beachtet werden müssen. Auf manches davon ist schon in der Literatur hingewiesen worden, da naturgemäß diese Probleme jedem Benutzer von Luftbildern begegnen (z. B. Gierloff-Emden, Wrage, Otremba/Müller-Miny).

Folgende Naturerscheinungen sind im Wattgebiet an der Oberfläche zu sehen:

a) im Gezeitenbereich:
Wasser, Priele, Wattsedimente (Sand bis Schlick) naß oder trocken, Tiersiedlungen (Miesmuscheln), Schalenanhäufungen, Pflanzenbestände (Algen, Zwergseegras);
b) im Verlandungsgebiet:
Nach oben hin zunehmende Verlandungsvegetation (*Spartina* in Einzelhorsten und in geschlossenen Beständen, *Salicornia*-Bestände);
c) im Marschland oberhalb MThw:
Salzwiesenvegetation auf „Vorland" = „Halligland" (nicht eingedeicht), Süßgraswiesen-Vegetation mit Resten von Salzvegetation in Sommerkögen (hinter einem Sommerdeich);
d) in Dünengebieten:
Dünen mit Vegetation, Heide, Waldstücke, Kleingewässer.

Bei der Deutung von Luftbildern müssen bekannt sein:

a) Jahr;
b) Monat (Jahreszeit, besonders wegen der Vegetationsentwicklung);
c) Tag;
d) Tageszeit (Lichteinfall);

e) Windverhältnisse (Wolken werden nach Möglichkeit vermieden);
f) Negativ- und Filtermaterial (die hier gebrachten Luftbilder sind fast alle mit Pan-Film aufgenommen worden).

Tag und Uhrzeit sind ganz besonders für den Vergleich von Luftbildern aus verschiedenen Zeiten erforderlich. Wenn man diese Daten nicht hat, kennt man folgende Faktoren nicht:
a) den genauen Wasserstand und die Abweichung vom Niedrigwasserstand (bei welchem die Aufnahmen nach Möglichkeit gemacht werden sollen);
b) die Windverhältnisse mit ihren optischen Wirkungen;
c) den Sonnenstand mit seinen Auswirkungen auf die Reflexion.

Diese Angaben sind sowohl für die Hauptserie der Luftbildwattaufnahme in den dreißiger Jahren wie für die Luftbilder von 1958 und später vorhanden oder feststellbar; die Vergleiche zwischen beiden Serien sind also meist uneingeschränkt möglich.

Wie weit alle eben genannten Dinge und Erscheinungen auf dem Schwarzweißluftbild erkennbar sind, hängt ab:
a) vom Aufnahmeabstand,
b) von den Kontrasten zu benachbarten Erscheinungen,
c) von der Schärfe der Umrißlinien,
d) vom Sonnenstand.

Das sind Faktoren, welche bei jedem Luftbild, auch bei denen vom festen Lande, gegeben sind.

Im eigentlichen Watt, im Gezeitenbereich, kommen zu den eben genannten Faktoren weitere hinzu, welche das Aussehen der Luftbilder bestimmen. Sie hängen weitgehend mit dem Vorhandensein oder Fehlen von Wasser zusammen. Im allgemeinen erscheint das Wasser bei annähernd senkrechter Blickrichtung auf dem Luftbild dunkelgrau bis schwarz (viele Beispiele). Erscheint es bei tieferen Gewässern (z. B. Wattströmen) hell, dann ist meist doch zu erkennen, daß es sich um Wasser in einem Gewässer handelt und warum es hell reflektierend wiedergegeben wird: nämlich bei Wind, weil eine große Anzahl kleiner Reflexe von den Wellen kommt (z. B. Abschn. 4. i); oder bei ruhigem Wasser, weil durch eine entsprechende Kombination von Sonnenstand und Lage der reflektierenden Stelle auf dem photographierten Bildausschnitt (meist in der Nähe des Bildrandes) Reflexlicht ins Bild gelangt (Abschn. 6. d).

Dunkle Flecken auf dem „trocken"-gefallenen Watt können ebenfalls von der Anwesenheit von Wasser herrühren, auch wenn es nur in dünner Schicht oder bis an die Oberfläche des wassergesättigten Sediments steht. Bei entsprechendem Reflexwinkel der Sonne und bei entsprechender Höhe des Flugzeuges kann aber auch auf dem nassen Watt das Wasser hell erscheinen.

Die dunkle Tönung auf dem Watt kann andererseits verursacht sein durch die Wattvegetation (Großalgen, Zwergseegras, Diatomeen), welche durch ihre mehr oder weniger dunkelgrüne Färbung ebenfalls dunkel abgebildet wird (z. B. Abschn. 4. b).

Welcher dieser Faktoren die Dunkelstellen auf einem Luftbild des Watts bedingen, ist – jedenfalls bei Maßstäben von kleiner als 1 : 10 000 – oft nicht mit Sicherheit zu sagen. Hinweise zur Deutung können gegeben sein durch die Größe der Flecken, ihre Lage, ihre Gestalt, den Verlauf und die Schärfe ihrer Grenzen. Durch Wasser bedingte Flecken sind auf Wattflächen meist relativ groß, abgerundet. Die Übergänge zu anderen Tönungen sind oft nicht scharf. Das gilt besonders, wenn es sich um flache Senken auf einer einheitlichen Wattfläche handelt. Auf Prielrändern ist die durch Wasser bedingte Tönungsgrenze dagegen oft sogar sehr scharf. Das hängt ab von der Neigung des Prielhanges. Die Grenzlinie zwischen hell und dunkel läuft dann nach Art einer Isohypse dem Priel und seinen Nebenrinnen parallel (z. B. Abschn. 6. f). Diese geregelte, oft geradezu ornamentale Ausprägung der Dunkelgrenze ist dagegen meist nicht gegeben, wenn es sich entlang den kleinen Prielen um Diatomeensiedlungen handelt. Diese haben gewöhnlich unregelmäßigere Umrisse (Abschn. 6. b). Ähnlich ist es mit den Umrissen von Algen- und Seegrasbeständen. Miesmuschelsiedlungen sind meist als kleine, aber ganz scharf umrissene schwarze Flecke abgebildet (z. B. Abschn. 4. a).

Dagegen sind Anhäufungen von leeren Muschelschalen, wie sie im Watt oft in enormen Mengen (evtl. hunderte von m^3) entlang den Rändern größerer Priele und an Vorlandkanten zusammengeschwemmt werden, fast immer sehr hell abgebildet; sie haben auch in Natur eine weißliche, meist glanzlose Farbe. Selbst die nur 3–4 mm großen *Hydrobia*-Wattschnecken können an Vorlandkanten, in Winkeln von Buhnen usw. in Massen von mehreren m^3 als Reinprodukt vom Wasser zusammengetragen werden und dann sogar auf dem Luftbild sichtbar sein.

Die Tönung der Vegetation auf den Vorländern ist wie die der Binnengrünlandvegetation im allgemeinen relativ dunkel. Doch gibt es gerade auf den Salzwiesen Pflanzen, welche während

Die Küste, 22 (1972), 1-74

einer beträchtlichen Zeit des Jahres einen gelblichen Vegetationsaspekt bedingen, nämlich solange reife Samenbestände erhalten sind. Es sind Pflanzen, welche zugleich auf größeren Flächen bestandsdeckend sind und reichlich blühen, nämlich roter Schwingel *(Festuca rubra littoralis)*, Strandquecke *(Agropyrum littorale)* und Schlickgras *(Spartina Townsendii)*. Bei der letztgenannten Art behalten im Winter vor allem die dichten Teppiche der breiten Blätter die ockergelbliche Färbung, die sich bis zum Beginn des neuen Wachstums (Juni) dominant erhält.

Die Art der Wattsedimente, ob Sand, Schluff oder Schlick, ist auf dem Luftbild nach der Tönung vielfach nicht mit Sicherheit zu erkennen, da alle Varianten der Sedimente je nach Wasserzustand, Geländeneigung und Beleuchtung verschiedene Hell- oder Dunkeltöne ergeben können. Man kann, wenn man ohne Ortskenntnis darüber urteilen soll, nur Wahrscheinlichkeitsaussagen machen unter Beachtung der Lage der betreffenden Stelle auf dem Wattgebiet, wie: am Rande oder in der Mitte, windgeschützt oder windexponiert, im äußeren oder festlandsnahen Watt, im Dithmarscher oder nordfriesischen Wattbezirk, auf großer oder kleiner Gesamtwattfläche, Ausbildung des Prielsystems und ähnliches.

Alles in allem: Es ist nicht möglich, eine allgemeingültige Legende für die Deutung der verschiedengetönten Elemente auf der Luftbildkarte vom Watt zu geben. Die Kenntnis der Einzelheiten durch Geländebegehung ist bei vielen Erscheinungen nötig. Nur aus diesem Grunde wurde auch ausdrücklich erwähnt, daß die Auswahl der Beispiele und die Interpretation unter anderem danach erfolgte, daß der Verfasser die Gebiete selbst aus eigener Begehung und Anschauung kennt.

Wenn bisher lauter einschränkende Bemerkungen hinsichtlich der Deutungsmöglichkeiten und damit hinsichtlich des Gebrauchs der Luftbildpläne gemacht wurden, so sollen und können demgegenüber nun auch die Vorzüge des Luftbildes herausgestellt werden.

Man kann im allgemeinen sagen, daß es die Flächen auf dem Watt sind, die vielfach Schwierigkeiten hinsichtlich der Deutung ihres Inhalts machen, daß aber linienhafte Erscheinungen meist einwandfrei erkannt werden können. Es sind zugleich diejenigen, welche auch auf jeder herkömmlichen Karte den Hauptinhalt ausmachen: Gewässerrinnen, Priele bis in die feinsten Verzweigungen (wobei bei den trockenfallenden Rinnen oft sogar die Querschnittsform erkennbar ist), Grenzen zwischen Gewässer und festem Boden, ebenso Uferränder und Uferbauwerke.

Für die Abbildung der Priele und der Umrißlinien der Wattplaten – und damit auch mehr oder weniger deren Gestalt – ist das Luftbild unübertrefflich. Wenn auch bei sehr flachem Eintauchen des Watts in einen Priel die Grenze Watt–Wasser nicht immer ganz scharf zu erkennen ist, ist sie dennoch praktisch so genau wie die nivellitisch gewonnene. Da das Watt nicht nur ein amphibisches Gebiet ist, sondern da sich manche Erscheinungen darauf – besonders im sandigen, seewärtigen Randbereich – sehr schnell ändern, ist das Luftbild in dem Fall sogar die einzige Möglichkeit, exakte kartenmäßige Einzelbilder in beliebigen Zeitabständen zu bekommen und danach Veränderungsabläufe messend zu bestimmen.

Gelegentlich können sogar höhenmäßig geringfügige Oberflächenwellen (von etwa 10 cm Höhe) auf freien Wattflächen im Luftbild erkennbar werden, welche nivellitisch nicht erfaßt werden: nämlich mit Hilfe der verschiedenen Schwärzung je nach den Wasserverhältnissen an den betreffenden Stellen (z. B. Abschn. 4. g). Auch flache Wattsenken können infolge ihres höheren Wassergehaltes und der dadurch bedingten Dunkelfärbung auf dem Luftbild deutlicher erkennbar sein als beim Begehen (z. B. Abschn. 4. e).

In Abschnitt 3. c wurde ein Beispiel beschrieben, wie aus der Abbildung der Vegetationsverhältnisse die Jahreszeit bei der Aufnahme des Luftbildes (die nicht bekannt war) auf den Monat genau abgelesen werden konnte.

Die kartenmäßige Auswertung der Luftbilder geschieht meist an den entzerrten Bildplänen, welche

a) auf einen anderen Maßstab gebracht wurden (z. B. von 1 : 24 000 im Originalfliegerfilm auf 1 : 25 000 im Luftbildplan), und welche
b) bei der kartentechnischen Bearbeitung aus mehr oder weniger zahlreichen Teilstücken zusammengesetzt sind. Die Einzelstücke sind in vielen Fällen an verschiedenen Tagen aufgenommen worden und zeigen oft beiderseits einer Teilstückgrenze auf einem und demselben Wattobjekt recht verschiedene Tönungen und Strukturen (z. B. Abschn. 2. c und 4. i). Dann sind diese Luftbildpläne wohl vermessungstechnisch einwandfrei, sie sind aber hinsichtlich der Darstellung der verschiedenen Erscheinungen nicht mehr so klar wie die Originalfliegerbilder oder gute Vergrößerungen von diesen.

Luftbilder werden gern zum Vergleich mehrerer Abbildungen desselben Gegenstandes aus verschiedenen Zeiten benutzt, um Veränderungen und Veränderungstendenzen festzustellen. Das ist eine gute Möglichkeit des Gebrauchs, nur muß dabei folgendes beachtet werden: Wenn die

zeitlichen Aufnahmeabstände im Hinblick auf die Veränderlichkeit des Gebildes im Watt groß sind (z. B. zehn Jahre bei Sandbänken vor den Außensänden), kann kaum die Tendenz der Veränderungen erkannt werden; denn in der nicht bildmäßig erfaßten Zwischenzeit sind angesichts der ständig in unvorhersehbarer Weise wechselnden Außenbedingungen die verschiedenartigsten Zwischenstadien nach der einen oder anderen Richtung denkbar und sicher auch verwirklicht. Die Tendenz geht dann vielleicht in einer ganz anderen Richtung, als nach bloß zwei Augenblicksbildern gefolgert werden kann.

D. Schriftenverzeichnis

Bantelmann, A.: Das nordfriesische Wattenmeer, eine Kulturlandschaft der Vergangenheit. – Westküste 2, H. 1, S. 39–115. 1939.

Bantelmann, A.: Die Landschaftsentwicklung im nordfriesischen Küstengebiet, eine Funktionschronik durch fünf Jahrtausende. – Die Küste 14, H. 2, S. 5–99. 1966.

Bielfeldt, C.: Landentwicklung in Bedrängnis. – In: Bielfeldt u. a.: Das Unternehmen Landentwicklung. Programm Nord. Eiderraum. = Materialsammlg. d. Agrarsozialen Ges. e. V., Nr. 62, S. 382–398. Kiel 1967.

Bobek, H.: Luftbild und Geomorphologie. – Luftbild u. Luftbildmessg., Nr. 20. 161 S. 1941.

Busch, A.: Der gegenwärtige Stand der Rungholtforschung. – Natur u. Volk 70, H. 5, S. 223–233. 1940.

Busch, A.: Flurnamen und Fluruntersuchungen in der Gemarkung Hallig Südfall. – Nordelbingen 22, S. 108–116. 1954.

Busch, A.: Die heutige Hallig Südfall und die letzten Spuren Rungholts. – Die Heimat 64, H. 7, S. 212–216. 1957.

Busch, A.: Liliencrons Dichtung und die Rungholtforschung. – Die Heimat 69, H. 1, S. 4–8. 1962a.

Busch, A.: Die Bergung der Schleusenreste im Rungholtwatt. – Die Heimat 69, H. 1, S. 8–10. 1962b.

Degn, Chr., u. Muusz, U.: Luftbildatlas Schleswig-Holstein, I und II. – Neumünster 1965 und 1968.

Deutscher Wetterdienst. Monatlicher Witterungsbericht. – Offenbach, versch. Jahre.

Dolezal, R.: Grundkarten der Wattaufnahmen an der Westküste Schleswig-Holsteins. – Allg. Vermess.-Nachr., Nr. 11, S. 276–285. 1952.

Dolezal, R.: Das Luftbild im Dienste der Landerhaltung und Landgewinnung. – Transact. Sympos. on Photo Interpretation, Delft 1962. = Intern. Arch. f. Photogrammetrie XIV, S. 1963.

Dolezal, R.: Das Luftbild im Dienst wasserwirtschaftlicher Maßnahmen. – Dtsch. gewässerk. Mitt. 10, H. 6, S. 174–182. 1966.

Gierloff-Emden, H. G.: Luftbild und Küstengeographie am Beispiel der deutschen Nordseeküste. – Landeskundl. Luftbildauswertung im mitteldeutschen Raum, H. 4, 117 S. 1961.

Gierloff-Emden, H. G.: Das Luftbild als Hilfsmittel zur Aufklärung der Dynamik von Schwebstoff- und Sinkstofftransport in der Nordsee. – Dtsch. Hydrogr. Zeitschr. 20, H. 6, S. 275 bis 278. 1967.

Gripp, K.: Zur jüngsten Entwicklung von Hörnum/Sylt und Amrum mit einer Übersicht über die Entstehung der Dünen in Nordfriesland. – Die Küste 16, S. 76–117. 1968.

Grothenn, D.: Untersuchungen zur Wattvermessung. – Wiss. Arb. d. Inst. f. Geodäsie u. Photogramm. Techn. Hochsch. Hannover, Nr. 23. 1964.

Haberstroh, E. G.: Forschungsarbeiten im dithmarscher Wattenmeer. – Westküste 1, H. 2, S. 16 bis 51. 1938.

Hamburger Luftbild GMBH: Luftbildsammlung zur Landgewinnung an der Nordsee. – Unveröff. Album, Univ.-Bibl. Kiel, um 1935.

Heiser: Landerhaltung und Landgewinnung an der deutschen Nordseeküste. – Die Bautechn., H. 13 u. 27. 1933.

Knop, F.: Untersuchungen über Gezeitenbewegungen und morphologische Veränderungen im nordfriesischen Wattgebiet als Vorarbeiten für Dammbauten. – Mitt. Leichtweiß-Inst. f. Wasserbau und Grundbau T.H. Braunschweig, H. 1, 1961.

Knop, F.: Küsten- und Wattveränderungen Nordfrieslands. Methoden und Ergebnisse ihrer Überwachung. – Die Küste 11, S. 1–33. 1963.

König, D.: Vergleichende Bestandaufnahmen an bodenbewohnenden Watt-Tieren im Gebiet des Sicherungsdammes vor dem Friedrichskoog (Süderdithmarschen) in den Jahren 1935–1939. – Westküste, Kriegsheft, S. 120–172. 1943.

König, D.: Spartina Townsendii an der Westküste von Schleswig-Holstein. – Planta 36, S. 34–70. 1948.

König, D.: Naturkundliches von der Hallig Südfall. – Die Heimat 63, Nr. 8 u. 11. 1956.

König, D.: Die Pflanzenwelt von Norderoog. – Festschr. Verein Jordsand Hamburg „50 Jahre Seevogelschutz", S. 113–124. – Hamburg 1957.

König, D.: Einige neue Beobachtungen über die Rolle der Diatomeen im Wattenmeer. – Comptes rendus du Congrès international des Algues marines, Biarritz, Sept. 1961. – Pergamon Press Oxford/London/New York, Sympos. Public. Divis., S. 215–221. 1964.

König, D.: Der Bupheverkoog auf Pellworm als Naturlandschaft. – Festschr. „25 Jahre Bupheverkoog" = Schriftenreihe d. Ges. z. Förderung d. Inneren Kolonisation, Arbeitskreis Schleswig-Holstein/Hamburg, H. 7, S. 52–80. 1964.

König, D.: Biologische Auswirkungen des Abwassers einer Öl-Raffinerie in einem Verlandungsgebiet an der Nordsee. – Helgol. wiss. Meeresunters. 17, S. 321–334. 1968.

König, D.: Bemerkungen und Bilder zu den Dünenabbrüchen am Naturschutzgebiet Amrum-Nordspitze. – Jordsand-Mitteil. Hamburg 2, H. 1/2, S. 34–42. 1966 (1968).

Kühl, H.: Über das Auftreten von Elminius modestus Darwin in der Elbemündung. – Helgol. Wiss. Meeresunt. 5, H. 1. 1954.

Lafrenz, P.: Über die Pflege und Nutzung des Anwachses und der Deiche an der Dithmarscher Küste. – Die Küste 6, H. 2, S. 94–129. 1957.

Lebherz, D.: Hochwasserentlastung Bongsiel an der schleswig-holsteinischen Westküste. – Wasser und Boden 16, H. 8, S. 263–267. 1964.

Lorenzen, J. M.: Der Adolf-Hitler-Koog. – Zentrbl. d. Bauverw. 55, H. 31, S. 761–780. 1934.

Lorenzen, J. M.: 25 Jahre Forschung im Dienst des Küstenschutzes. – Die Küste 8, S. 7–28. 1960.

Lüders, K.: Über das Wandern der Priele. – Abhandl. Naturw. Ver. Bremen 29, H. 1/2, S. 19–32. 1934.

Lüders, K.: Kleines Küstenlexikon, 2. Aufl. – Hildesheim 1967.

Mädje, W.: Die Bedeutung des Luftbildes für die Raumforschung im Küstengebiet der Nordsee. – Neues Arch. Niedersachsen, H. 22/2, S. 119–125. 1951.

Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten – Amt für Wasserwirtschaft – Schleswig-Holstein: Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch. Küstengebiet der Nord- und Ostsee. – Kiel, versch. Jahre.

Müller, F., u. Fischer, O.: Das Wasserwesen an der schleswig-holsteinischen Nordseeküste. 15 Bände. – Berlin 1917–1955.

Müller-Miny, H., Otremba, E., u. Göpner, W.: Praktische Hinweise und Hilfsmittel zur länderkundlichen Arbeit. Geographische Luftbildauswertung. In: Geogr. Taschenbuch (Herausg. E. Meynen). – Stuttgart 1953.

Muusz, R.: Rungholt. 3. Aufl. – Lübeck 1934.

Ostendorff, E.: Die Grund- und Bodenverhältnisse der Watten zwischen Sylt und Eiderstedt. – Westküste, Kriegsheft, S. 1–6, 1943.

Petersen, M.: Der Buphever Koog auf der nordfriesischen Insel Pellworm. – Wasser und Boden 6, H. 9, S. 287–295. 1954.

Petersen, M.: Deich- und Wegebau, Entwässerung und Besiedlung des Bupheverkooges. – Festschr. „25 Jahre Bupheverkoog" = Schriftenreihe d. Ges. z. Förderung d. Inneren Kolonisation, Arbeitskreis Schleswig-Holstein/Hamburg, H. 7, S. 14–37. 1964.

Petersen, M.: Der Eiderdamm Hundeknöll–Vollerwiek als Folge künstlicher Eingriffe in den Wasserhaushalt eines Tideflusses. – In: S. Bielfeldt u. a., S. 158–172. 1967.

Pfeiffer, H.: Die Arbeiten an der schleswig-holsteinischen Westküste seit 1933. – Westküste 1, H. 1, S. 24–51. 1938.

Plath, M.: Die biologische Bestandsaufnahme als Verfahren zur Kennzeichnung der Wattsedimente und die Kartierung der nordfriesischen Watten. – Westküste, Kriegsheft, S. 7–46. 1943.

Röhrs, W.: Der Dammbau zur Sicherung des Seedeiches an der Friedrichskoogspitze in Süderdithmarschen. – Westküste 1, H. 2, S. 1–15. 1938.

Ruellan, F.: Les études océanographiques, littorales et sous-marines par l'interprétation de photographies stéréoscopiques. – Archives internationales de photogrammétrie XIV. Transact. Sympos. of Photogramm. Delft, Sept. 1962, S. 432–437. 1963.

Rüpke, N.: Neue Erfahrungen der photogrammetrischen Vermessung von Watten. – Bildmessg. u. Luftbildwesen 34, H. 3, S. 103–109. 1966.

Schneider, S.: Das Luftbild in der Landschaftsforschung. – Natur u. Landsch. 43, H. 2, S. 29–32. 1968.

Schulz, H.: Norderoog. Geschichte, Schicksal und Verwaltung. – Festschr. Ver. Jordsand e. V. „Fünfzig Jahre Seevogelschutz", S. 37–60. Hamburg 1957.

Sindern, J., u. Kathage, F.: Das Wasserlinienverfahren (Serien-Einzelbildmessung) – eine neue Art der Wattvermessung. – Dtsch. Gewässerk. Mitt. 10, H. 6, S. 182–189. 1966.

Voigt, H.: Amrum-Ood im Luftbild. Ein Beispiel rezenter Küstenmorphologie. – Bildmessg. u. Luftbildwesen 33, H. 2, S. 67–76. 1965.

Voigt, H.: Die Insel Amrum. Landschaft und Entwicklung. – In: Amrum. Geschichte und Gestalt einer Insel. Herausg. M. u. N. Hansen. – Itzehoe-Voßkate 1964.

Wohlenberg, E.: Die Grüne Insel in der Eidermündung. – A. d. Arch. d. Dtsch. Seewarte 50, Nr. 2, S. 1–34. 1931.

Wohlenberg, E.: Entstehung und Untergang der Insel Trischen. – Mitt. Geogr. Ges. Hamburg 49, S. 158–187. 1950.

Wrage, W.: Das Wattenmeer zwischen Trischen und Friedrichskoog. – A. d. Arch. d. Dtsch. Seewarte 48, Nr. 5, S. 1–128. 1930.

Wrage, W.: Schlickwattformen im Flußwatt. – Ann. d. Hydr. 63, H. 6, S. 234–237. 1935.

Wrage, W.: Luftbild und Wattforschung. – Petermanns Geogr. Mitt. 102, H. 1, S. 6–12. 1958.