

201 | November 1967

## SCHRIFTENREIHE SCHIFFBAU

H. Keil und P. Schenzle

**Über die im Herbst 1966 und im  
Frühjahr 1967 auf dem Lotsenschiff  
„Kommodore Ruser“ durchgeführte  
Messung der Schiffsbewegungen**

**TUHH**

*Technische Universität Hamburg-Harburg*

INSTITUT FÜR SCHIFFBAU DER UNIVERSITÄT HAMBURG

Bericht Nr. 201

Über die im Herbst 1966 und Frühjahr 1967 auf dem Lotsenschiff  
"Kommodore Ruser" durchgeführte Messung der Schiffsbewegungen.

2. Zwischenbericht

von

H. Keil

und

P. Schenzle

Hamburg, November 1967

## Inhalt:

	Seite
A Aufgabenstellung	1
B Vorbemerkung	1
C Durchgeführte Messungen und Registrierungen	2
D Sammeln und Aufbereiten der Daten	
1. Daten der Schiffsbewegung	3
2. Daten der Seegangsbeobachtungen	4
3. Kombinierte Daten von Seegang und Schiffsbewegungen	5
E Möglichkeiten der Auswertung	6
F Literatur	9
Anhang I Zwischenauswertung nach 7 Monaten	
1. Statistik der wesentlichen Kenngrößen von Seegang und Schiffsbewegung	10
2. Versuch der Ermittlung der Korrelation zwischen den Kennziffern der Schiffsbewegung und denen der Seegangsbeobachtung	11
Anhang II Daten für die ersten 7 Monate	12

## A Aufgabenstellung

Die Mitarbeit des Instituts für Schiffbau der Universität Hamburg (IFS) an den von der Deutschen Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt e.V. (DFL) Stuttgart durchgeführten Hubschraubererprobungen im Küstengebiet erstreckt sich auf folgende Punkte:

1. Entwicklung, Bau und Erprobung einer Anlage zur automatischen Erfassung der Meßwerte auf dem Schiff.
2. Messung und Auswertung der quadratischen Mittelwerte der Bewegungen des Schiffes und Versuch der Herleitung einer Beziehung zu den Seegangsmodellversuchen.
3. Versuch der Ermittlung des Einflusses des Schiffskurses auf die Bewegungen.
4. Bestimmung der durch die Schiffsbewegung bedingten Grenzen der Landemöglichkeit des Hubschraubers auf dem Schiff.
5. Ergänzungsmessungen der Seegangs- und Bewegungsspektren in einzelnen Fällen.

Die Ergebnisse zu Punkt 5 wurden im ersten Zwischenbericht [1] mitgeteilt.

## B Vorbemerkung

Im Folgenden soll berichtet werden über die bisherigen Arbeiten, die zweckmäßig erscheinende Weiterführung und die sich abzeichnenden Möglichkeiten der Auswertung der Schiffsbewegungsmessungen auf dem Lotsenschiff.

In dem ersten Zwischenbericht über die Vorbereitung dieser Messungen [1] wurde gezeigt, daß die Seegänge im Einsatzgebiet des Lotsenschiffes (in der Elbemündung zwischen den Feuerschiffen ELBE I und ELBE II) sich nicht in ausreichender

Weise durch das Modell des 'langkämmigen Seegangs' beschreiben lassen. Sowohl das Seegangsspektrum, als auch etwaige Uebertragungsfunktionen für die verschiedenen Bewegungskomponenten des Schiffes müßten also abhängig nicht nur von der Frequenz, sondern auch von der Wellenaufrichtung betrachtet werden.

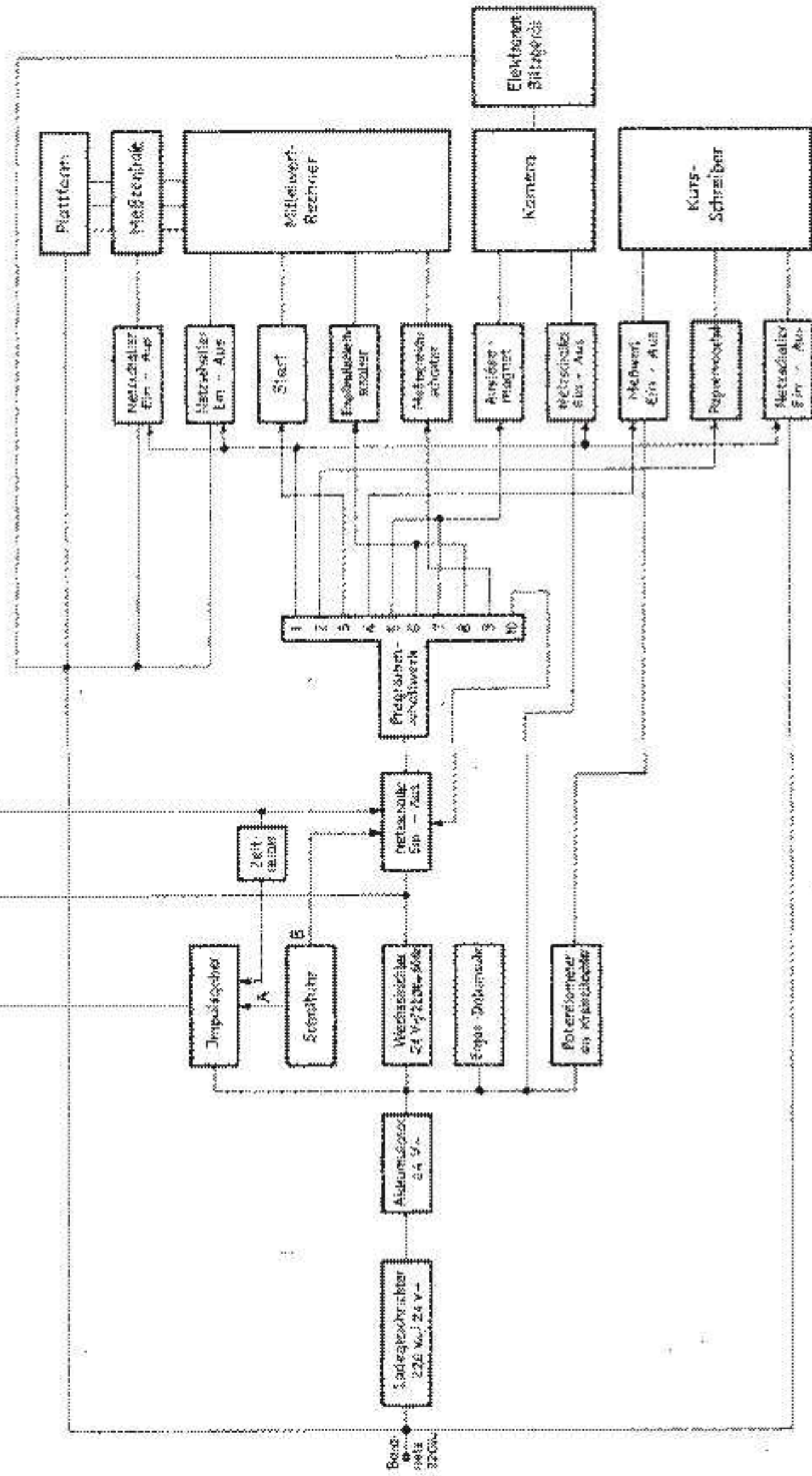
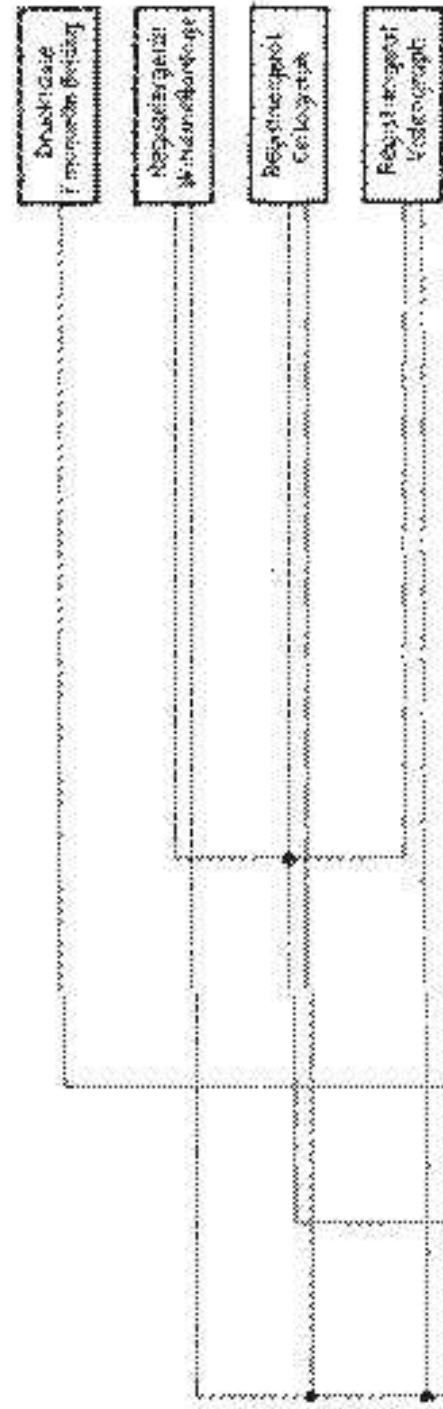
Dazu fehlen sowohl die Mittel, als auch die meßtechnischen Möglichkeiten. Andererseits gehen solche eingehenden Untersuchungen sicher über das hinaus, was im Rahmen des hier verfolgten Zwecks angemessen ist. Daher wurde in [1] vorgeschlagen, sich auf die über lange Zeit ausgedehnte Registrierung der automatisch aus den Schiffsbewegungsmessungen errechneten  $m_0$ -Werte zu beschränken. Die Korrelation dieser Größe (die als mittlere Energie der jeweiligen Bewegungskomponente interpretiert werden kann) mit den Seegangsbeobachtungen der Feuerschiffe sollte die Erweiterung der Statistik der Schiffsbewegungen mit Hilfe der Statistik der Seegangsbeobachtungen ermöglichen.

### C Durchgeführte Messungen und Registrierungen

Für diese automatische Messung, Rechnung und Registrierung wurde die schon beschriebene Anlage vereinfacht und automatisiert (Abb.1).

Alle 3 Stunden wird von einer Uhr ein Programm gestartet, das bewirkt, daß zweimal über ca. 10 Min. <sup>der</sup>  $m_0$ -Wert des Rollwinkels, des Stampfwinkels und der Vertikalbeschleunigung in der Meßzentrale bei verschiedenen Meßbereicheinstellungen berechnet wird. Diese Werte gelangen je mit zwei verschiedenen Verstärkungen zur Anzeige und werden als Zeigerstellungen von Meßgeräten gemeinsam mit Datum, Uhrzeit und Kompaßkurs von einer automatischen Kamera durch 4 Aufnahmen registriert. Während der gleichen Zeitspanne läuft ein Kursschreiber, der den Kurswinkel des Schiffes während der Rechenzeit

## Automatische Messanlage für Kommodore Reuser



in zwei verschiedenen Verstärkungen aufgezeichnet. Einmal den groben Kursverlauf und einmal die kleinen Kurschwankungen, das Gieren. Außerhalb dieser regulären Zeitpunkte alle 3 Stunden kann das Programm noch durch Knopfdruck dann gestartet werden, wenn z.B. eine Hubschrauberlandung erfolgt.

Hier soll noch bemerkt werden, daß die berechneten  $m_0$ -Werte nicht als Momente null-ter Ordnung von Bewegungsspektren aufgefaßt werden können. Es hat sich nämlich gezeigt, daß selbst während der kurzen Zeitspanne von 10 Min. während der Rechnung sich die Kursänderung zwischen  $5^\circ$  und  $300^\circ$  bewegt. Ein Spektrum ist aber nur für einen stationären Vorgang definiert.

Der  $m_0$ -Wert muß also verallgemeinert gesehen werden als Kennziffer für die mittlere Energie oder die mittlere Varianz der betreffenden Bewegungskomponente.

#### D Sammeln und Aufbereiten der Daten

##### 1. Daten der Schiffsbewegung

Die Daten der Schiffsbewegung werden von Film und Kursschrieb abgelesen, in einer Liste gesammelt und von Hand in einem Kartensatz abgelocht. Alle Daten, auch die später beschriebenen, sind mit Dezimalpunkt und Trennkomma abgelocht. Eine glatte Null bedeutet fehlende Angabe, nicht verschwindenden Wert. Für Zeitpunkte, für die durch irgendwelche Fehler der Anlage keine Varianzen der Bewegungen vorliegen, werden auch keine Karten gelocht. Der fotografierte Kompaßkurs wird nicht mit abgelocht, er dient nur der Zuordnung der Kursschriebe zu den Filmablesungen und der Kontrolle des Eichmaßstabs für die Kursablesung. Dafür wird dem Kursschrieb der kleinste und größte Kurswinkel  $\chi_1, \chi_2$  (Reihenfolge rechtweisend) während der Rechenzeit entnommen, wobei kurzzeitige Ausreißer (z.B. an den Enden der Zeitspanne) unberücksichtigt bleiben.

Außerdem wird die nach dem Gierschrieb geschätzte mittlere Gieramplitude  $\star_{av}$  mit abgelocht. Datum, Uhrzeit und Position des Lotsenschiffs vervollständigen diese Daten.

Dabei bedeuten: E=1 - bei ELBE I

E=2 - bei ELBE II

E=0 - nicht in deren Nähe

Diese Karten werden automatisch umgestanzt in solche ähnlichen Inhalts mit dem einzigen Unterschied, daß die abgelesenen Analogwerte der Varianzen in die dimensionsrichtigen Varianzen  $V=\sigma^2=S^2$  umgerechnet werden und deren Quadratwurzeln, die Streungen  $\sigma=S$  auf der Karte erscheinen. Spalte 73-80 ist einer Kennzeichnung vorbehalten.

Reihenfolge der Daten auf der Karte:

DATUM	STUNDE	KURS- BEREICH --(GRD)-----	GIER <sup>1</sup> AMPL -----	STREUNGEN: ROLL.STAMPF.BESCHL,E,KENNZ. (GRD)----- (G)
z.B. 06,09,66,	12.19,	260,005,	0.5,	4.7, 1.05, 0.035, 1, K.RUSER

Der Kartensatz mit der Kennzeichnung K.RUSER ist nach den 14-tägigen Einsatzperioden des Lotsenschiffes unterteilt. Die erste Periode mit voll einsatzfähiger Meßzentrale vom 6.9.66 - 20.9.66 ist Periode 5. Während fehlender Perioden war die Meßanlage ausgefallen.

## 2. Daten der Seegangsbeobachtungen

Die Seegangsbeobachtungen, die auf den Feuerschiffen ELBE I und ELBE II alle drei bzw. sechs Stunden durchgeführt werden, liefern Schätzungen der drei Größen:

Mittlere Wellenlaufrichtung aus  $X_v [^\circ]$

Bezeichnende Wellenperiode  $T_v [s]$

Bezeichnende Wellenhöhe  $H_v [m]$

Diese Daten werden zusammen mit Datum, Uhrzeit und Nummer des Elbefeuerschiffs direkt nach Listen von Hand abgelocht.



Wurden zu einem Zeitpunkt von einem Feuerschiff aus zwei deutlich unterschiedene Seegänge (z.B. Dünung und Windsee) beobachtet, so enthält der Kartensatz für diesen Zeitpunkt zwei Karten. Die Kartensätze für die beiden Feuerschiffe sind nach Monaten unterteilt.

Reihenfolge der Daten auf der Karte:

DATUM	STUNDE	AUS RICHTUNG (GRD)	BEZEICHNENDE PERIODE (S)	BEI HOEHE (M)	KENNZEICHN. ELBE
z.B. / 06,09,66,	12.00,	270,	5.0,	2.5,	1, ELBE I

### 3. Kombinierte Daten von Seegang und Schiffsbewegungen

Die Daten des Seegangs und der Schiffsbewegung werden durch ein Hilfsprogramm automatisch auf einem Kartentyp mit der Kennzeichnung SEE+K.R. kombiniert.

Das Programm prüft, ob zwischen den Zeitpunkten der zu kombinierenden Daten keine größere Differenz als 25 Min. besteht und ob die Position des Lotsenschiffs in der Nähe des Feuerschiffs liegt, von dem die Beobachtung stammt. Wenn diese Prüfung positiv ausgefallen ist, werden aus der mittleren Seegangsrichtung  $X_v$  und den Kursen  $X_{s_1}, X_{s_2}$  die Extrema der Relativrichtung  $DX_1 = \mu_1, DX_2 = \mu_2$  <sup>zwischen</sup> nach vorne weisender Mittschiffsebene und mittlerer Wellenlaufrichtung während der  $m_0$ -Rechenzeit berechnet.

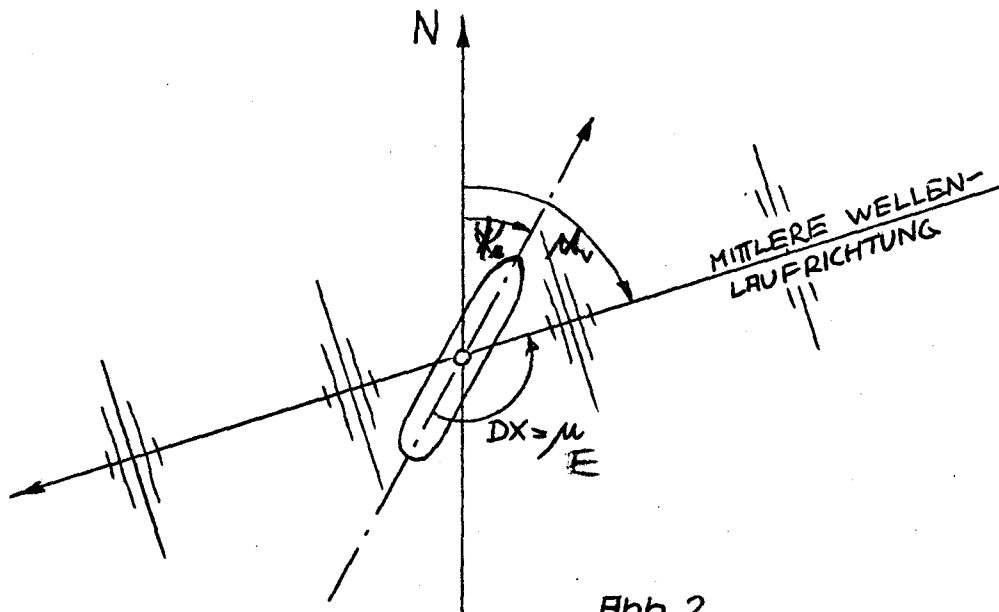


Abb. 2

Die kombinierten Daten werden dann mit dem Zeitpunkt der Seegangsbeobachtung zusammen automatisch abgelocht.

Reihenfolge der Daten auf der Karte:

DATUM	STUNDE	<del>HE</del> -BEREICH	PA	TV	HV	SRO	SSTA	SBES	E	KENNZ.
		---(GRD)-----		(S)	(M)	-(GRD)--		(G)		
z.B. / 06,09,66,12.00, +170,-85, 0.5,5, 2.5, 4.7,1.05,0.035,1,SEE+KR										

Der Kartensatz SEE+K.R. ist nach Einsatzperioden unterteilt.

#### E Möglichkeiten der Auswertung

Ziel der Untersuchung ist die Formulierung eines Landekriteriums für den Hubschrauber auf dem Schiff und die Erarbeitung einer Statistik derjenigen Kenngrößen, die in dieses Kriterium eingehen.

Die folgende Erörterung beschränkt sich natürlich auf die Kenngrößen, die mit den Schiffsbewegungen zusammenhängen und sieht ab etwa von Wind, Sicht usw.

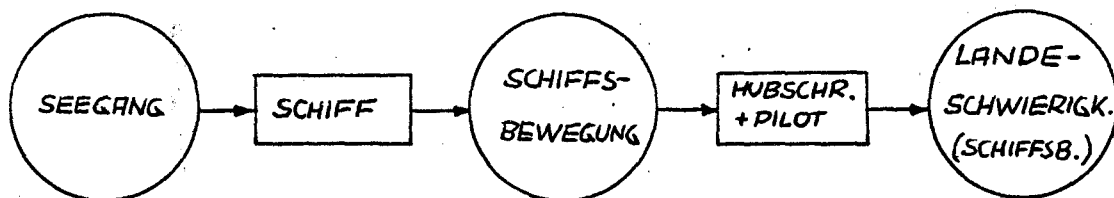
Dieses Landekriterium kann man formulieren als Grenze derjenigen Kombinationen der  $n$  Kenngrößen  $X_i$ , für die das Landen möglich ist. Eine solche Grenze ist mathematisch darstellbar als Hyperfläche in einem  $n$ -dimensionalen Raum  $R_n$  durch eine Gleichung der Form:



$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = C_{KRIT}$$

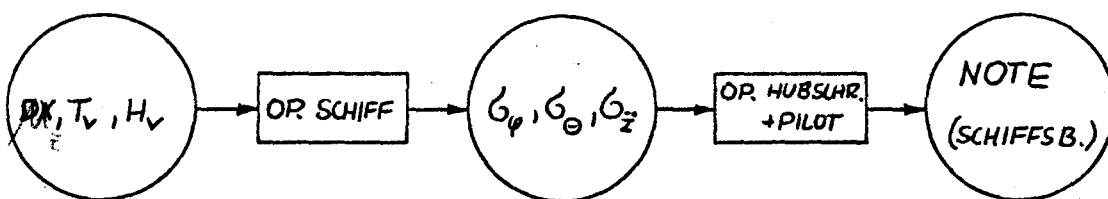
Läßt man die Konstante auf der rechten Seite variabel, so stellt die Gleichung eine Schar von Flächen dar, deren Parameter  $C$  sich beispielsweise als Schwierigkeitsgrad der Landung definieren läßt. Uebersteigt dieser den kritischen Wert  $C_{KRIT}$ , so wird die Landung unmöglich. Mit diesem Modell läßt sich trotz der seltenen Fälle unmöglicher Landungen auf Grund von Schiffsbewegungen etwas über die Grenze aussagen durch Extrapolation von verschiedenen schwierigen Landungen aus. Dazu könnte eine Benotung des Schwierigkeitsgrades

der einzelnen Landungen durch den Piloten verhelfen. Die Notenskala hierzu müßte am Ende eine Note für unmögliche Landung enthalten.

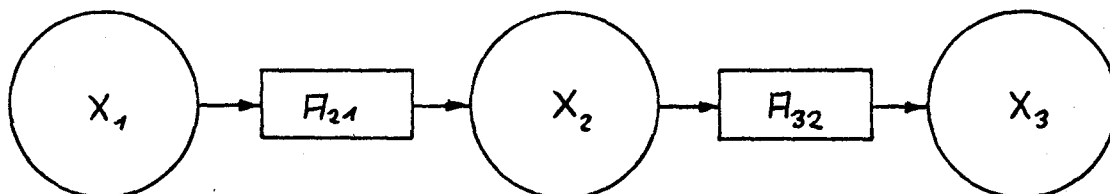
Dem Ueberblick über die Zusammenhänge kann folgendes 'Schaltbild' dienen:



Kennzeichnung der drei voneinander abhängigen Prozesse  durch Kennziffern und ihrer Verknüpfung durch Operatoren  :



Formal:



Wenn man die Anwendung eines Operators  $A$  auf eine Größe  $X$  als Multiplikation  $A \cdot X$  darstellt:

$$X_2 = A_{21} \cdot X_1$$

$$X_3 = A_{32} \cdot X_2 = A_{32} \cdot (A_{21} \cdot X_1)$$

Oder als Funktionen geschrieben:

$$X_2 = f_{21}(X_1)$$

$$X_3 = f_{32}(X_2) = f_{32}(f_{21}(X_1))$$

Wenn diese Operatoren oder funktionalen Zusammenhänge bekannt sind, oder wenigstens mit einiger Sicherheit abgeschätzt werden können, so ermöglichen sie die Herleitung oder Abschätzung von Statistiken der Prozesse 2 und 3 aus einer vorhandenen Statistik des Prozesses 1 (Seegangsbeobachtung). Die letztere steht aber in der umfangreichsten Form zur Verfügung.

Die Korrelationen zwischen den Prozessen sind auf statistischem Wege abschätzbar durch Regression, wenn genügende Mengen einander zugeordneter Daten, aller sich wesentlich beeinflussenden Kenngrößen zur Verfügung stehen. Die letzte Bedingung ist im ersten Fall (für dieses spezielle Schiff) nur in sehr beschränktem Maße erfüllt (siehe Abb:I.5).

Im zweiten Fall (Hubschrauber und Pilot) fehlen überkritische Fälle, in denen die Landung wegen der Seegangsbewegungen unmöglich ist. Hier scheint die erwähnte Notengebung weiterzuführen.

Die Verallgemeinerung der Untersuchung auf andere Schiffe wird durch ein Rechenprogramm möglich sein, das z.Zt. am IFS entwickelt wird, und das die theoretische Berechnung der Schiffsbewegungen in beliebig unregelmäßigen Seegängen erlaubt.

F Literatur

[1] Keil H. und Thiemann H.:

Messungen der Schiffsbewegungen auf  
dem Lotsenschiff 'Kommodore Ruser'  
im Frühsommer 1965.

IFS-Bericht Nr. 162 Hamburg, Juni 1966

[2] Jasper N. H.:

Statistical Distribution Patterns of  
Ocean Waves and Wave-Induced  
Ship-Stresses and Motions, with  
Engineering Applications.

DTMB-Report 921 October 1957

### Anhang I Zwischenauswertung nach 7 Monaten

Für die Perioden 5 - 14 entsprechend 6.9.66 bis 28.03.67 wurde eine Zwischenauswertung vorgenommen, um ein Gefühl für die Möglichkeiten der Daten zu bekommen.

#### 1. Statistik der wesentlichen Kenngrößen von Seegang und Schiffsbewegung

Eine Langzeitverteilung solcher Kenngrößen in einem Seegebiet läßt sich, wie Jasper [2] für Seegangsbeobachtungen und Schiffsbewegungs- und Beanspruchungsmessungen zeigt, sehr gut durch eine logarithmische Normalverteilung annähern.

Verteilungsdichte mit  $\mu$  = Mittelwert und  $\sigma$  = Streuung von  $\log x$  :

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} \exp\left(-\frac{(\log x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

Die Verteilungsfunktion:

$$F(x) = \int_0^x f(x) dx$$

erscheint auf logarithmischem Wahrscheinlichkeitsnetz als Gerade. In Abb. I1 - I4 sind Punkte nach den Klassierungen der beschränkten Daten eingetragen. Um die angenäherte log-Normalverteilung (Gerade) sind die Konfidenzgrenzen nach Kolmogoroff für 90% eingezeichnet. Die Stichprobe liegt bei diesem Datenumfang innerhalb 90% der möglichen Stichproben einer logarithmisch normalverteilten Gesamtheit.

2. Versuch der Ermittlung der Korrelation zwischen den Kennziffern der Schiffsbewegung und denen der Seegangsbeobachtung.

Als Regressionsansatz für die Abhängigkeit der Kennziffern der Schiffsbewegungen  $G_y, G_\theta$  und  $G_z$  von denen der Seegangsbeobachtung  $T_v$  und  $H_v$  und dem Winkel der Relativrichtung  $\mu$  ist sinnvoll:

$$G = A \cdot H_v$$

wobei:

$$A = A(T_v, \mu)$$

Die Abhängigkeit von  $T_v$  wurde nicht betrachtet, da die Beobachtung der Periode sehr unzuverlässig erscheint (siehe Abb. II 1). Für  $\mu$  wurde das Mittel zwischen den Extremwerten  $\mu_1$  und  $\mu_2$  während der  $m_0$ -Rechnung eingesetzt. Fälle in denen die Differenz dieser Extremwerte mehr als  $20^\circ$  beträgt wurden nicht mitbetrachtet. Durch diese Bedingung, den zeitweiligen Ausfall einzelner Geräte und das Fehlen von Beobachtungen verringerte sich die Zahl der betrachteten Fälle in diesem Zeitraum von 608 auf 48 bzw. 45. Statt des obigen linearen Ansatzes wurde der Quotient betrachtet:

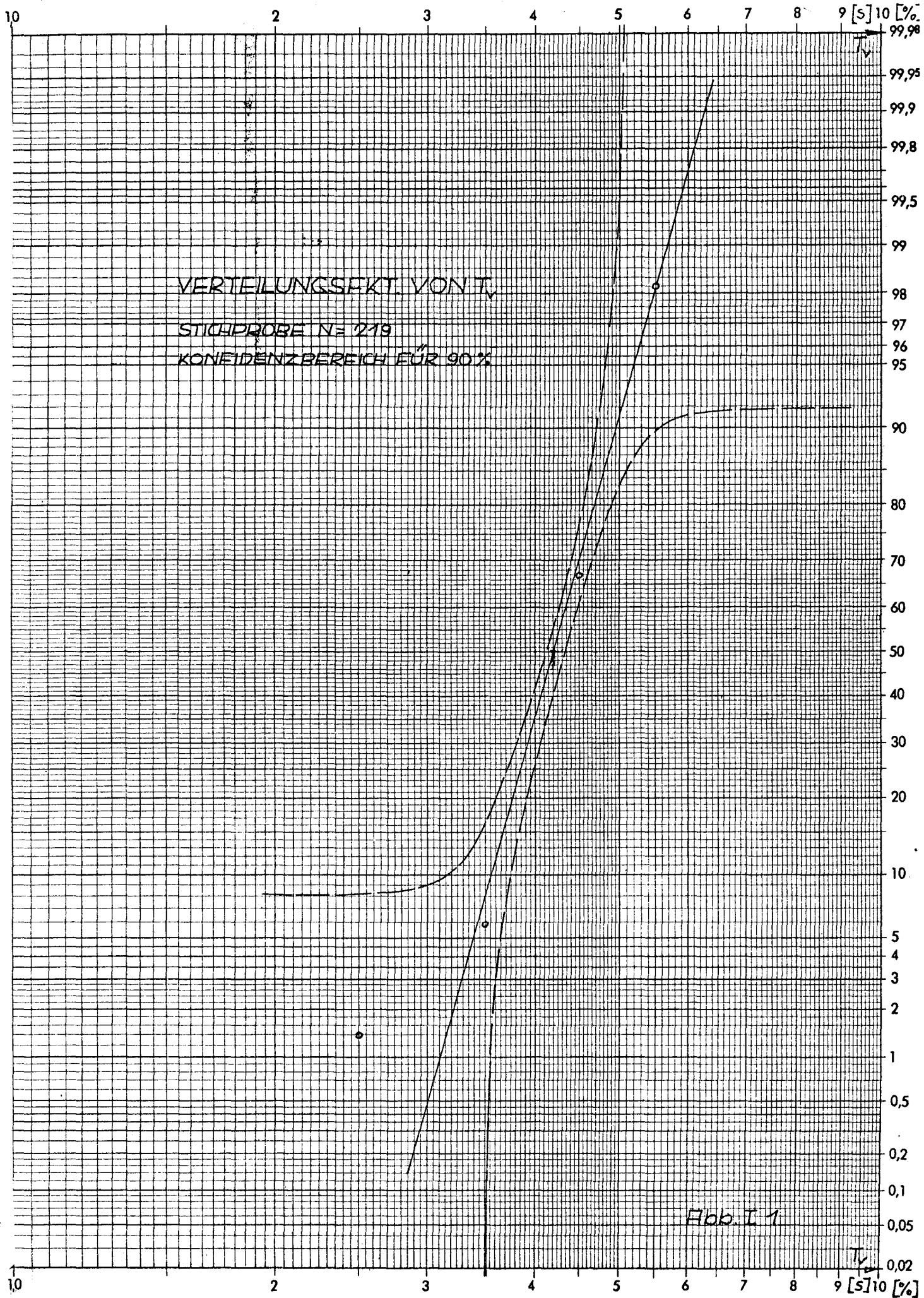
$$\frac{G}{H_v} = A(\mu)$$

Die Abhängigkeit von  $\mu$  wurde einmal durch sektorenweises Mitteln von  $A$  abgeschätzt (Abb. I 5 gestrichelt) und durch Regression auf den Ansatz

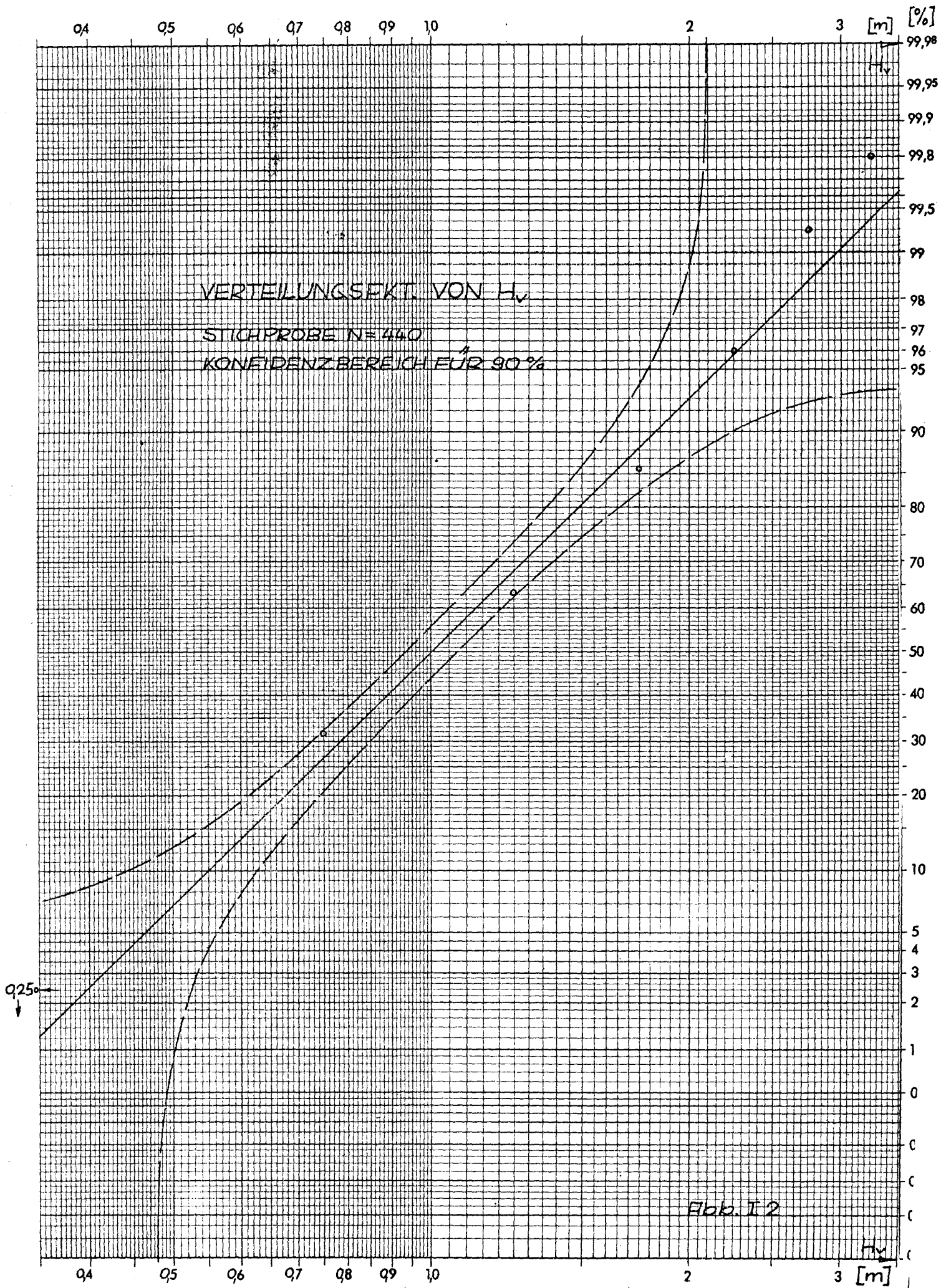
$$A = a + b \cdot \cos 2\mu + c \cdot \cos 4\mu$$

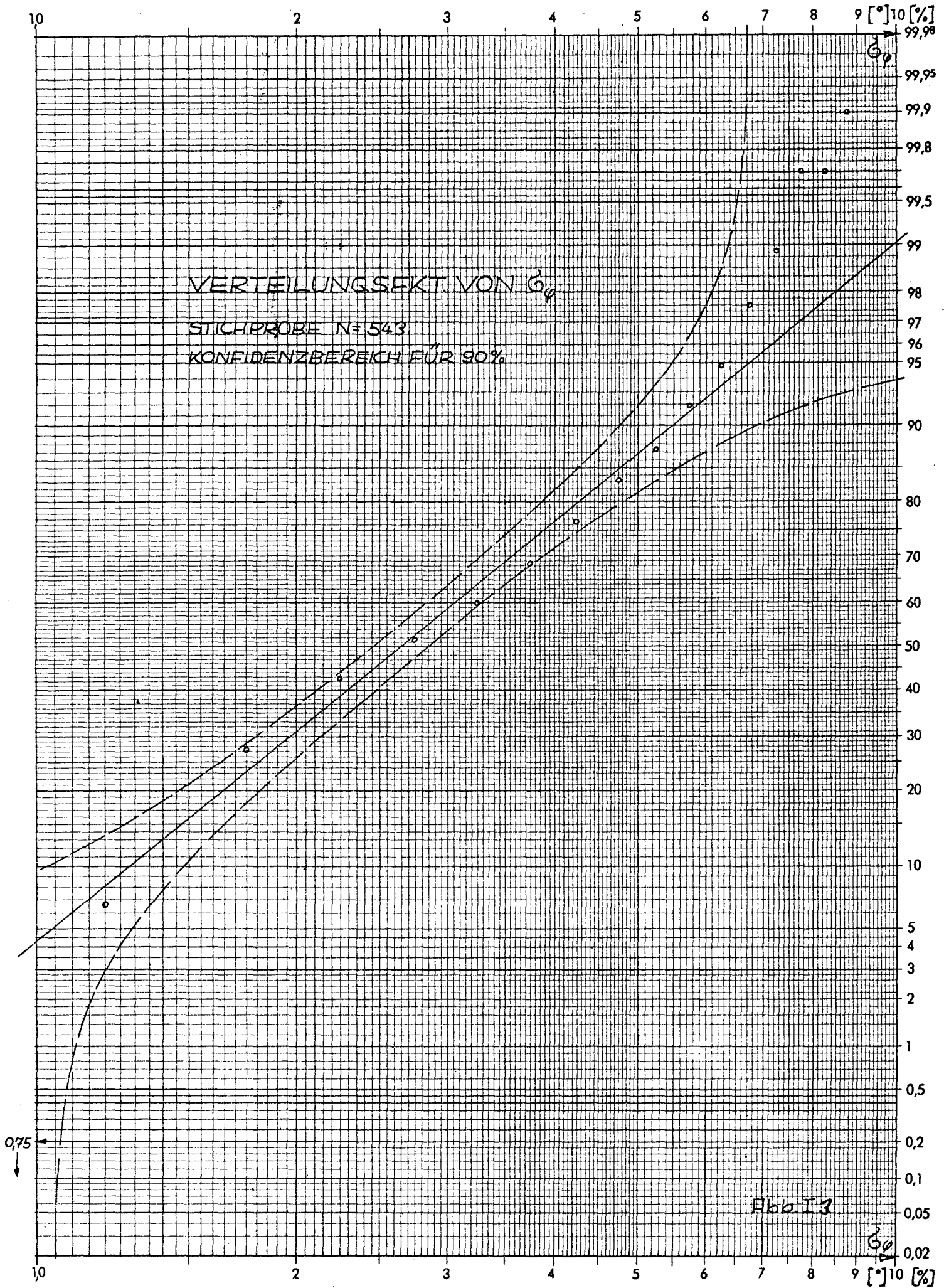
(ausgezogene Linie)

Im ersten Fall wurde der Konfidenzbereich <sup>des Mittelwerts</sup> für 93% Wahrscheinlichkeit und die hier pro Sektor verarbeiteten Datenanzahlen (im Kreis) eingezeichnet; strichpunktiert die Breite des Bereichs für die dreifache Datenzahl, wenn man annimmt, daß deren Streuung gleich ist.

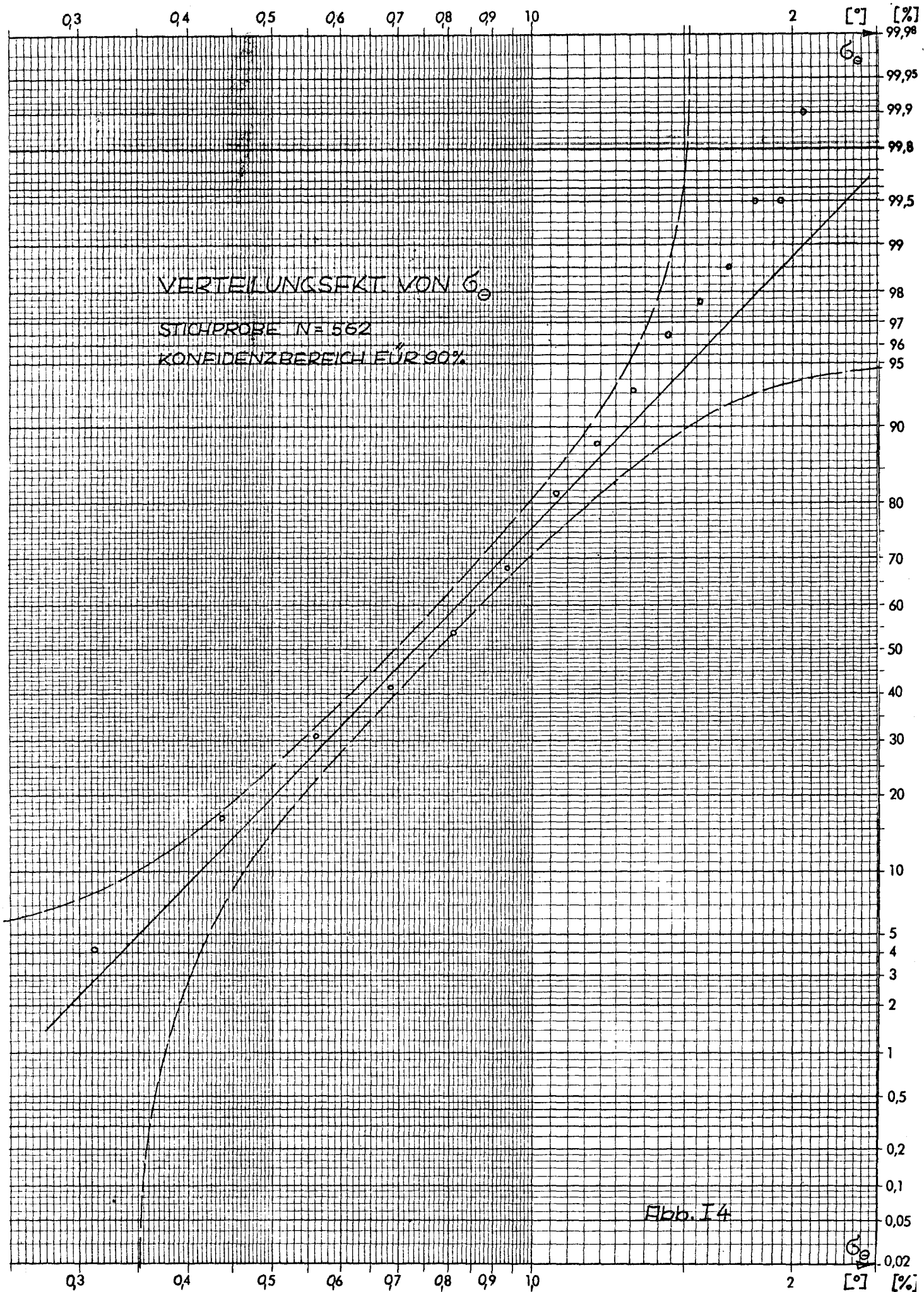


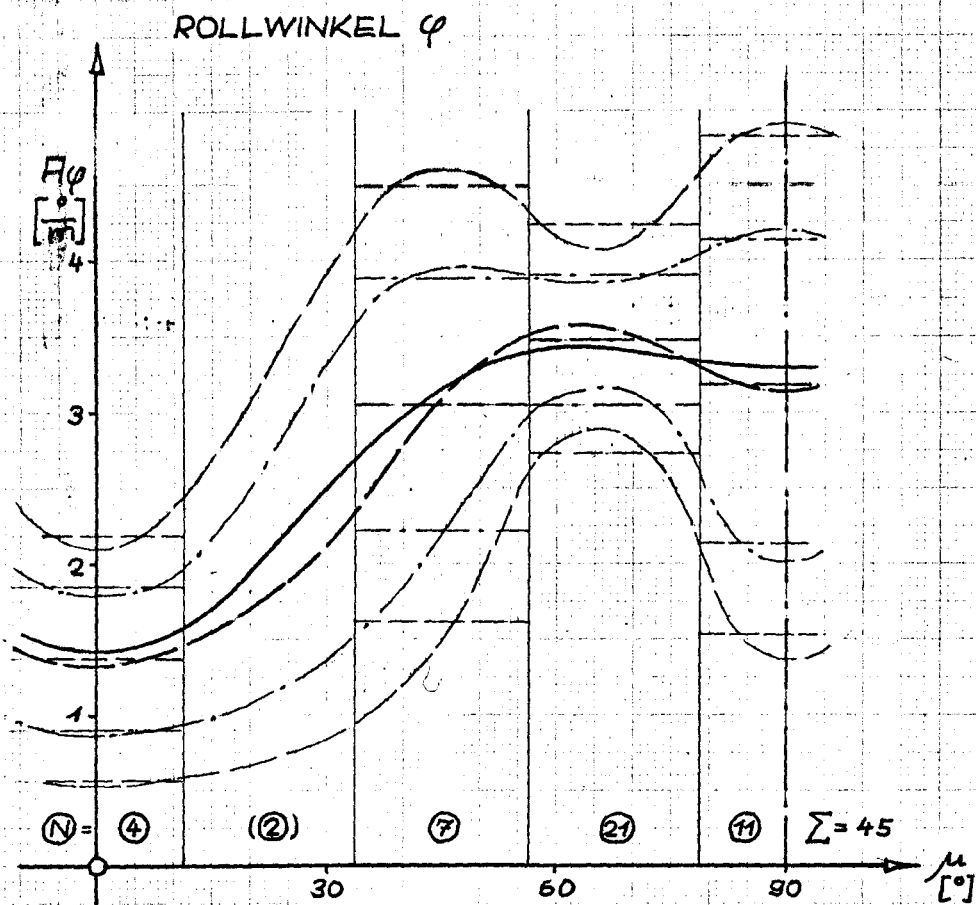






Abszissenachse logarithmisch, Ordinatenachse nach dem Gauß'schen Integral, geteilt





REGRESSION VON  $\frac{G}{H_v} = R(\mu)$

Abb. I 5

Anhang II Daten für die ersten 7 Monate

Die tabellierten Daten der ersten 7 Monate sind nur dem Original Exemplar für die DFL beigeheftet.

Für die Zeit der Periode 9 sind als Beispiel die Seegangsbeobachtungen und die Kennwerte des Datensatzes K.RUSER über der Zeit aufgetragen (Abb. II1, II2).



# SEEGERINGSBEOBACHTUNGEN: FEUERSCHIFF ELBE I — WÄHREND DES EINSATZES VON LOTSENSCHIFF „KOMMODORE RUSER“ VON 30.11 BIS 13.12 1966

