

PHOTOGRAMMETRISCHES STUDIUM ÜBER DIE VERFOLGUNG
DER GIERUNG DER MODELLSCHIFFE IN STATISCHEN BECKEN

Emilia Olteanu Dipl. Ing.	Alex. Guțu Dr. Ing.
Scafaru Serghi Mathem.	Zentrale für den Eisen- bahnbau
Forschungs - und Projek- tierungsinstitut für Lignit Rumänien	Dan Rădulescu Dipl. Ing. Institut für Bauwesen Bukarest - Rumänien

SUMMARY

The study presents the space - time measuring methods of handling parameters of ship models gyrating in waveless wet docks. The method consists in taking photographs under a convergence angle of $\gamma = 88^\circ$ and an inclination angle of $\omega = -43^\circ$ a ship model equipped with both continuous and intermittent operating light marks.

The image coordinates are measured with a comparator device and are automatically processed in an iterative three stages analytic program: relative orientation, calculation of coordinates of the stereomodel points and absolute orientation. Processing this data the gyration path of ships in various situations has been obtained.

ZUSAMMENFASSUNG

Das Studium stellt das raum-zeitliche Messverfahren der Manövrierparameter im Gieren der Schiffsmodelle in wellenlose Becken dar. Die Lösung besteht in der Aufnahme unter einen Konvergenzwinkel von $\gamma = 88^\circ$ und einen Neigungswinkel von $\omega = -43^\circ$, eines Schiffsmodells sowohl mit ständigen wie auch mit aussetzenden Lichtkennzeichen versehen.

Die am Komparator gemessenen Bildkoordinaten werden automatisch und mehrmalig mit einem analytischen Betriebsprogramm in drei aufeinanderfolgende Etappen verarbeitet: relative Orientierung, Berechnung der Koordinaten der Punkte des Stereomodells und die absolute Orientierung. Als Folge der Datenverarbeitung erhielt man die vom Schiffsmodell in verschiedenen Umständen ausgeführte Gierkurve.

I. EINFÜHRUNG

Die Bestimmung der Leistungskennwerte der Schiffsteuerfähigkeit im Gierungszustand ist ein schwieriges Problem mit dem die Schiffskonstrukteure konfrontiert werden.

Die Überprüfung dieser Leistungen erfolgt experimentell mit Hilfe von Modellschiffen in Gierungsbecken, die speziell ausgestattet sind, wobei durch verschiedene Methoden die Identifizierung des Schiffdrehkreises erforscht wird.

Durch die Überprüfung der Bedingungen in denen sich die Versuche entfalten, wurde als möglich die Nutzung der terrestrischen Photogrammetrie in der Lösung dieses Problems eingeschätzt.

Für die Festlegung der sukzessiven Positionen der Modellschiffe in Gierung, zur Markierung des Schiffdrehkreises und dessen Überprüfung wurde als Lösung die Bestimmung der räumlichen Koordinaten einiger Punkte, die am Bug und Hinterschiff liegen empfohlen.

Das Komplexstudium für die Klärung dieses Problems enthält folgende Etappen: die Festlegung des Aufnahmeverfahrens, des Messverfahrens der Messbilder und die Programmausarbeitung für die automatische Datenverarbeitung zur Überprüfung der Messdaten.

Wir stellen einige spezifische Hauptelemente für die Etappen des Studiums und dessen Lösung seitens des multidisziplinären Kollektivs dar, das sich an der Forschung beteiligt hat.

2. AUFNAHMEVERFAHREN

Die Bedingungen vom Gehäuse in dem sich das Gierungsbecken befindet, haben die Anwendung des Aufnahmefalls mit Konvergenzachsen unter einem Winkel $\gamma = 88^\circ$ und geneigt unter einem Winkel von $\omega = -43^\circ$ bedingt, wobei die Registrierung in beiden Messbildern des gesamten Gierungsbeckens mit einer 100%igen Bildüberdeckung gesichert wird.

Die Aufnahme erfolgte simultan mit zwei Kameras UMK 10/1318 die in festen Standpunkten in einer Höhe von 11 m aufgestellt sind, mit gemeinsamer Steuerung, Blende 1:8, deren Verschluss während der Durchführung der Gierung des Modellschiffes geöffnet ist.

Das Gierungsbecken mit Abmessungen von 40m x 40 m hat die Befestigung von Kontrollpunkten am Rande des Beckens, die auf gleicher Höhe oder mit einem Höhenunterschied von max. ± 10 mm liegen, gestattet.

Auf den vier Seiten des Gierungsbeckens konnten maximal 14 Kontrollpunkte markiert werden, die eigene Beleuchtung haben dieses hat die Registrierung auf den Messbildern gestattet, entsprechend Bild 1.

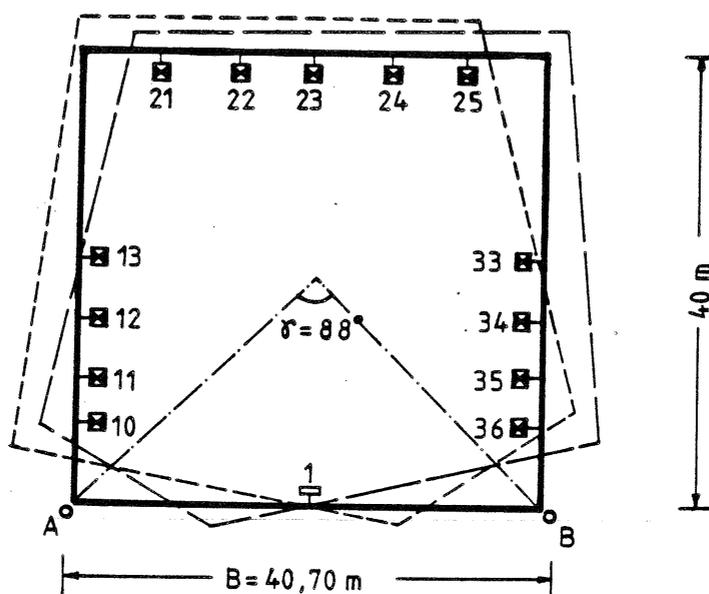


Bild 1 Kontrollpunkte mit Bildfeld

Die Registrierung der Lage des Modellschiffes im Gierungszustand wurde durch eine diskontinuierliche Beleuchtung mit elektrischem Blitz, der im Bug und Hinterschiff montiert ist gelöst. In die selben Punkte wurde auch eine kontinuierliche/ Beleuchtung montiert.

Durch die konjugierte Nutzung beider Beleuchtungssysteme wurde die Möglichkeit geschaffen die Registrierung auf die Messbil / der vom Bewegungsverlauf des Modellschiffes und gleichzeitig 7 die Identifizierung durch Punkte der Schiffslage im Schiffsdrehkreis, so wie es im Bild 2 gezeigt wird.

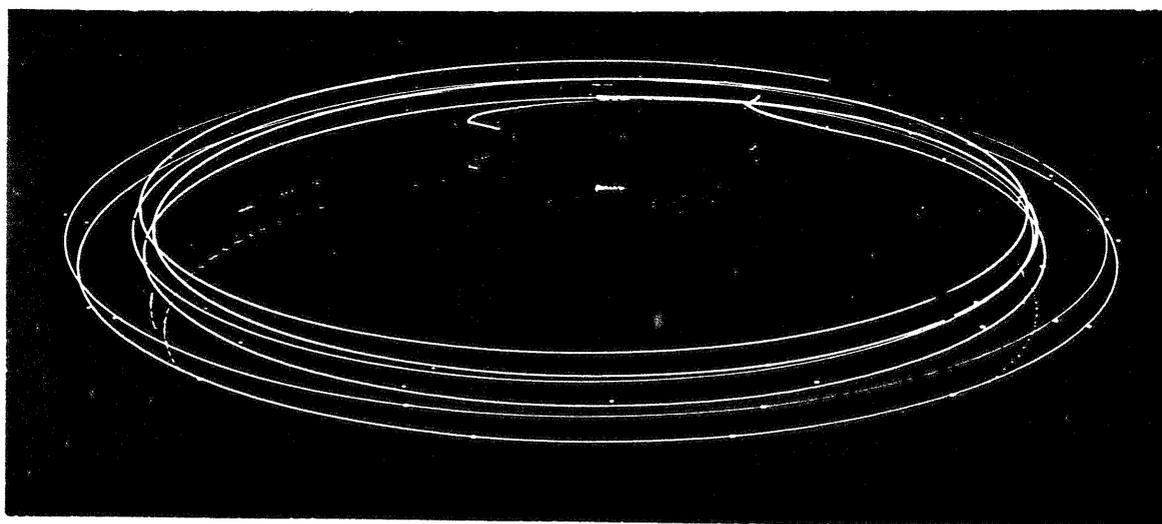


Bild 2 Der Schiffsdrehkreis des Modellschiffes

...//...

Zum Schluss erhält man ein Paar Messbilder von Basisenden für jede Gierung des Schiffes, das eine analoge Registrierung der Bewegungsbahn im Verhältnis mit den festen Kontrollpunkten, die am Rande des Beckens liegen, darstellt.

3. DURCHFÜHRUNG DER MESSUNGEN

Photogrammetrische Registrierung mit konvergenten und geneigten Aufnahmeachsen mit grossen Winkel hat die Betrachtung der Messbilder A und B als unabhängige Messbilder bedingt.

Dieses hat die Messung der Bildkoordinaten der Kontrollpunkte und der beweglichen Punkte des Schiffes für jedes Messbild monokular beim STEKO 18 x 18 bedingt.

Die Ablesung der Bildkoordinate erfolgt durch vier sukzessive Messungen, wobei ein arithmetischer Mittelwert für jeden Wert erhalten wurde, dieser wurde für die Verarbeitung eingetragen.

Die topographischen Koordinaten X, Y, Z der Kontrollpunkte wurden im photogrammetrischen Bezugssystem mit Koordinatenanfangspunkt im A mit Genauigkeiten bestimmt:

$$m_X = \pm 0,003 \text{ m};$$

$$m_Y = \pm 0,003 \text{ m};$$

$$m_Z = \pm 0,001 \text{ m}.$$

4. DATENVERARBEITUNGSPROGRAMM

Die räumliche Bestimmung der Punktkoordinaten, die sich auf dem Gierungsschiff befinden, um den Schiffsdrehkreis zu bestimmen, haben den Entwurf eines Algorithmus für die automatische Verarbeitung von Messdaten für die räumliche Auswertung der Paare der Messbilder auf analytischem Wege erfordert.

Der Rechenalgorithmus sieht eine analytische Auswertung der Messbilder in drei sukzessiven Stappen vor: die relative Orientierung; die Berechnung der Punktkoordinaten vom Stereomodell und die absolute Orientierung.

4.1. RELATIVE ORIENTIERUNG

Erfolgt auf Grundlage der Koplanarbedingung von gleichliegenden Strahlen von den zwei zugeordneten Strahlenbündel:

$$\begin{vmatrix} X_{Si} & Y_{Si} & Z_{Si} \\ Y_{Di} & Y_{Di} & Z_{Di} \\ B_X & B_Y & B_Z \end{vmatrix} = 0. \quad (1)$$

X_{Si} , Y_{Si} , Z_{Si} - Bildkoordinaten reduziert bei dem Bildhauptpunkt des Messbildes. A.

X_{Di} , Y_{Di} , Z_{Di} - Bildkoordinaten reduziert bei dem Bildhauptpunkt des Messbildes B.

B_X , B_Y , B_Z - Stereomodellbasiskoordinaten.

In Anbetracht die Drehung φ_1 , ω_1 , κ_1 , des Messbildes A und bzw.

...//...

$\varphi_2, \omega_2, \kappa_2$, des Messbildes B erfolgte eine Transformation der Bildkoordinaten von den beiden Messbildern unter der Bedingung (1).

Die Lösung des Fehler- und Korrektionsgleichungssystems führt zur Bestimmung der Elemente für Winkelrelativorientierung. Damit bildet sich für jedes Strahlenbündel, die Drehmatrize, womit die Bildkoordinaten für jedes der beiden Messbildpaare transformiert werden.

$$\begin{bmatrix} X_{Si} \\ Y_{Si} \\ Z_{Si} \end{bmatrix} = R(\varphi_1, \omega_1, \kappa_1) \begin{bmatrix} X_{Si} \\ Y_{Si} \\ Z_{Si} \end{bmatrix} \quad (2).$$

bzw

$$\begin{bmatrix} X_{Di} \\ Y_{Di} \\ Z_{Di} \end{bmatrix} = R(\varphi_2, \omega_2, \kappa_2) \begin{bmatrix} X_{Di} \\ Y_{Di} \\ Z_{Di} \end{bmatrix} \quad (3).$$

4.2. PUNKTENKOORDINATEN VON STEREOMODELL

Man bestimmt mit Hilfe der Transformationsbildkoordinaten entsprechend (2) und (3) und auf der Grundlage der Bedingung der sich überschneidenden homologen Strahlenbündel ausgedrückt unter der Form:

$$X_{MDi1} = X_{MDi2} \quad \text{und} \quad Z_{MDi1} = Z_{MDi2} \quad (4).$$

Die Stereomodellpunktkoordinaten sind durch die Gleichungen gegeben:

$$\begin{aligned} Z_{MDi} &= \frac{Z_{Si} (Z_{Di} \cdot B_X - X_{Di} \cdot B_Z)}{(Z_{Di} \cdot X_{Si} - Z_{Si} \cdot X_{Di})} \\ X_{MDi} &= \frac{X_{Si} \cdot S_{MDi}}{Z_{Si}} \\ Y_{MDi} &= \frac{X_{Di} (Z_{MDi} - B_Z)}{Z_{Di}} + B_Y \\ Y_{MDi} &= \frac{Y_{Si} \cdot Z_{MDi}}{Z_{Si}} \end{aligned} \quad (5).$$

Die Bestimmung der Stereomodellpunktkoordinaten erfolgt durch einen Iterationsprozess, wobei die Unterbrechung von der Änderung der Residualvertikalparallaxe bis zum Wert von 0,0005 m gegeben ist, wenn der Stabilitätspunkt der Lösung erreicht wird.

...//...

4.3. ABSOLUTE ORIENTIERUNG

Erfolgt durch Anwendung der Grundgleichungen in der Bestimmung der Elemente für Absolutorientierung und der Endkoordinaten:

$$\begin{bmatrix} U_i \\ V_i \\ W_i \end{bmatrix} = S.R. (\varphi, \omega, \kappa) \begin{bmatrix} X_{Di} \\ Y_{Di} \\ Z_{Di} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} TRUO \\ TRVO \\ TRWO \end{bmatrix} \quad (6).$$

wobei:

U_i, V_i, W_i - Objektkoordinaten

X_{Di}, Y_{Di}, Z_{Di} - Stereomodellkoordinaten

TRUO, TRVO, TRWO - Translation auf die Achsen U, V, W.

S - Stereomodellmassstabfaktor.

R (φ, ω, κ) - Drehmatrix, abhängig vom Drehwinkel.

Die absolute Orientierung wird am Ende auch durch einen Iterationsprozess erreicht, in dem vorgesehen ist, dass die Lösung stabil ist, wenn die Änderung der Standardabweichung kleiner als 0,0005 m wird.

4.4. WAHLEN DER HOMOLOGEN PUNKTE

In Anbetracht der Schwierigkeiten in der Identifizierung der homologen Punkte der beiden Messbilder wurde im Algorithmus / die Möglichkeit deren automatischen Identifizierung vorgesehen, wobei die im Programm gestellten Einschränkungen zu deren Identifizierung und die Eliminierung der auftretenden / Fehler in den ursprünglichen Daten eingehalten werden. Das ausgearbeitete Programm "GIRUNGS" und benötigt folgende Daten:

Bedingungsparameter:

- gesamte Anzahl der Beobachtungspunkte (N).
- die Anzahl der genutzten Punkte für die relative Orientierung (NOR).
- die Anzahl der genutzten Punkte für die absolute Orientierung (NOA).
- vorher bestimmte Toleranz bei der relativen und absoluten Orientierung (TLR, TLA).

Messdaten von Stereomodell

- Bildkoordinaten der Bildhauptpunkte vom linken Messbild A (XOMS, YOMS) und des rechten Messbildes B (XOMD, YOMD),
- Brennweite der linken Messkamera A (CS) und der rechten B (CD), bei Negativen mit Minuszeichen,
- die Komponente Bx der Stereomodellbasis zu einem beliebigen Massstab (Bx),
- radiale Verzeichnung (CR), Tangentiale Verzeichnung (CT) und affin Korrektion (CA).

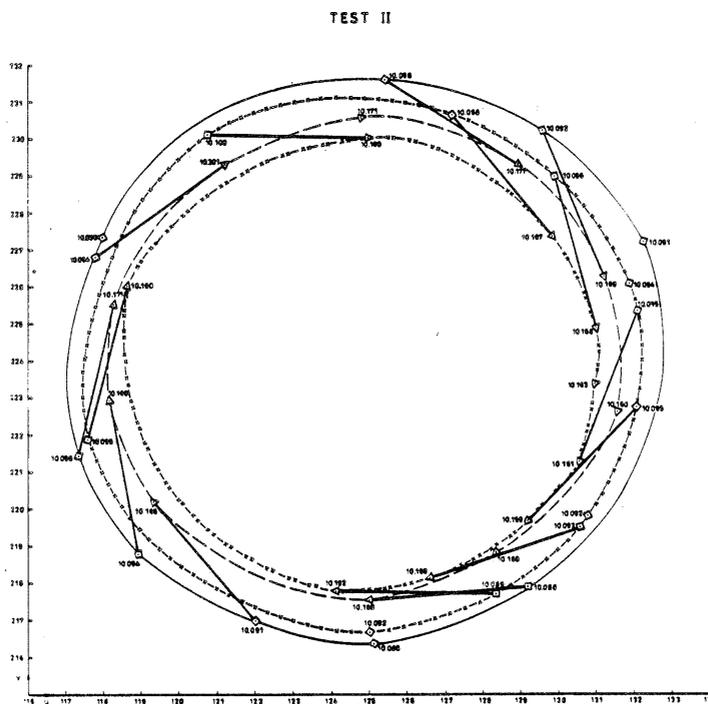
...//...

Messdaten vom Objekt

- Bildkoordinaten der Punkte vom linken Messbild A (XS, YS) / und vom rechten Messbild B (XD, YD).

Bekannte Grunddaten

- die topographischen Koordinaten der Kontrollpunkte (X,Y,Z). Das Programm sieht die Verarbeitung bis 100 Bildpunkte vor, aber unterwegs die Anzeige der Ausgabedaten für Validierung, Ergebnisse der Iteration für relative und absolute Orientierung. Stereomodellkoordinate und am Ende räumliche Koordinaten X,Y, Z von Schiffspunkten in Gierungsbewegung. Aus dem Verhältnis des Absolutkoordinaten der Punkte wurde die Gierung des Schiffes erhalten.



Legende

- △ Blitz Bug
- Blitz Hinterschiff
- → Die sukzessiven Positionen der Modellschiffe in.Gierung.
- } Bewegungsbahn - Gierung 1
- x-x-x-x- } Bewegungsbahn - Gierung 2

Bild 3 Bewegungsbahn der Gierung I und II

5. BERECHNUNG DER GENAUIGKEIT

Aus der Ausarbeitung der Daten erhält man allgemeine Angaben über die Genauigkeit der Berechnung.

...//...

Wenn man die erhaltenen Endwerte nimmt zur Stabilisierung der relativen und absoluten Orientierung erhält man:

Test	Orientierung	
	Relative	Absolute
1.	0,014 mm	0,014 mm
2.	0,016 mm	0,010 mm

Die absolute Genauigkeit der Bestimmung der Raumkoordinaten / der Gierungspunkte der Schiffe ist durch die Standardabweichung der Länge des Schiffes ausgedrückt, ergeben durch die Koordinaten X, Y der Bugpunkte - Hinterschiff in verschiedenen Reihenfolgen der Positionen.

Aus der analytischen Berechnung der Längen entsprechend jeder Position des Schiffes ergibt sich eine Mittellänge und eine Standardabweichung.

Test	Länge		Standardabweichung
	Bug-	Hinterschiff	
1.	4,545 m		$\pm 0,005$ m
2.	4,540 m		$\pm 0,004$ m

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Aus der Analyse der beiden Tests der Messungen der Gierung / des Schiffes in einem Regime ohne Wellen ergeben sich folgende Schlussfolgerungen:

- Die Genauigkeit der Endergebnisse - die Koordinaten der Schiffspunkte - ist sichtlich beeinflusst von der Genauigkeit der Messung der Koordinaten der Bildpunkte.

Dieses erlegt die Messung durch wiederholte Beobachtungen und die Analyse der Standardabweichungen jedes Punktes der beobachtet wird, um eine Einstufung der ausgerechneten Abweichungen einzuhalten.

Die Festlegung der Toleranzen für die Berechnung der relativen und absoluten Orientierung in der Verwertung der Stereogrammen muss in Übereinstimmung mit der Durchschnittsgenauigkeit der Koordinaten der Bild- und Kontrollpunkte erfolgen.

In Bild 4 wird der technologische Ablauf der Messungen in Gierungsbecken gezeigt.

LITERATUR

- Lacmann O.- Die Anwendung der Photogrammetrie auf nicht topographischen Gebieten - Leipzig 1950.
- N. Oprescu - Analytische Photogrammetrie 1981.
- Al. Guțu ; O. Andrei - Die Photogrammetrie in der Forschung und Projektierung 1976.

MESSUNGEN IN GIRUNGSBECKEN

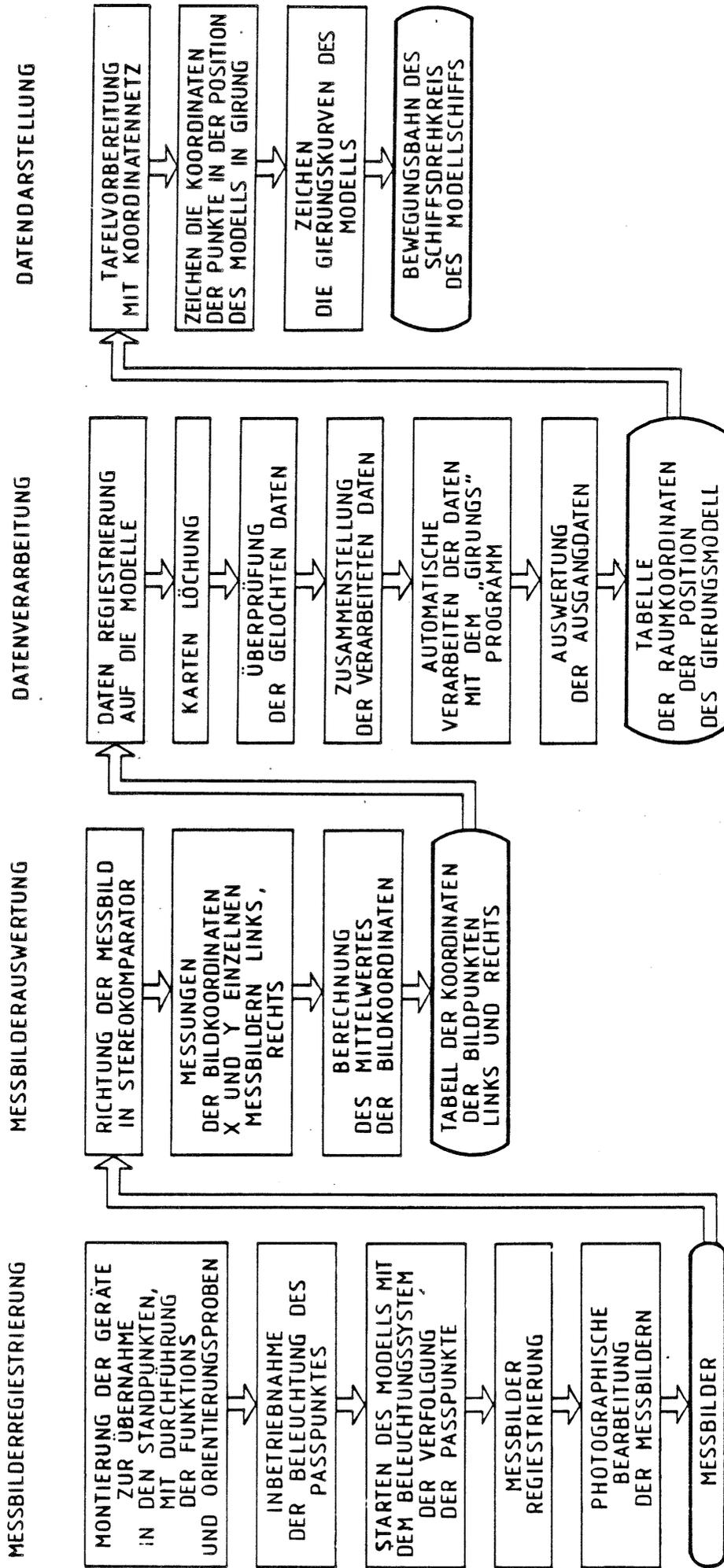


BILD 4 TECHNOLOGISCHE ABLAUF FÜR MESSUNGEN UND DATEN VERARBEITUNG