

239 | November 1968

SCHRIFTENREIHE SCHIFFBAU

H. Thieme

Manövrier- und Ruderversuche METEOR

Beitrag zur Frage des
Maßstabeffektes

TUHH

Technische Universität Hamburg-Harburg

INSTITUT FÜR SCHIFFBAU DER UNIVERSITÄT HAMBURG

Bericht Nr. 239

Manövrier- und Ruderversuche M E T E O R

Beitrag zur Frage des Maßstabeffektes

von

H. Thieme

Hamburg, November 1968

Manövrier- und Ruderversuche M E T E O R

Beitrag zur Frage des Maßstabeffektes

1. Anlass, Bedingungen und Ziel der Arbeit
2. Übersicht über die Begriffe Manöver, Manövrierversuche und Manövriereigenschaften am Beispiel der METEOR - Versuche
3. Maßstabeffekte
4. Schiffsdaten und Meßtechnik
5. Erste Ergebnisse
6. Folgerungen
7. Literatur

Von 1964 bis 1967 sind vom Institut für Schiffbau der Universität Hamburg neun Versuchsprogramme mit der METEOR und einigen Modellausführungen dieses Forschungsschiffes durchgeführt worden, um Grundlagenbeiträge auf dem Gebiet der Manövriereigenschaften, insbesondere zur Frage der Maßstabeffekte zu erzielen. Erste Ergebnisse von den Bordmessungen des Jahres 1967, zum Teil unter Verwendung von Luftstrahltriebwerken als Hauptantrieb durchgeführt, werden mitgeteilt und zeigen unter anderem, daß die Manövriereigenschaften dieses Schiffes entscheidend durch die Ruderausführung und den destabilisierenden Beitrag des Rumpfes bestimmt sind. Diese starken Effekte machen ein solches Schiff für derartige Untersuchungsabsichten besonders geeignet. Die Gesamtübersicht über die Aufgabenstellungen und den Nutzen vom Standpunkt des Entwurfes und der Hydrodynamik manövrierfähiger Schiffe führt zu Empfehlungen für Programme und Methodik im Falle weiterer Untersuchungen ähnlicher Art.

1. Anlass, Bedingungen und Ziel der Arbeit

Im Rahmen der Gruppenvorträge 'Schiffstechnische Meßfahrten mit dem Forschungsschiff METEOR 1967' ist über die Manövriertechniken zu berichten. Die Frage, warum das gesamte METEOR-Unternehmen, braucht aus der Perspektive eines kleinen Fachgebietes nicht mehr beantwortet zu werden. Das ist von berufener Seite unter den Leitbegriffen Meeresforschung, Meerestechnik und Schiffstechnik so umfassend geschehen, daß diese Frage wohl kaum noch gestellt wird. Dabei drängt es mich mit dem Dank an alle Förderer meiner Teiluntersuchungen, besonders an den Schöpfer der Idee des Forschungsschiffes - zugleich der Initiator der Aufgabe 'Ocean Engineering' (Meerestechnik) in Deutschland - in Dankbarkeit zu denken. Dieser Dank ist auch dadurch begründet, daß die Manövriereigenschaften ohne besondere Strapazierung des Begriffes auch als interessantes Teilgebiet bei der Meerestechnik wiederzufinden sind.

Die bordfesten Aufwendungen für die Rudermessungen werden von mancher Seite als erheblich angesehen und die Frage nach dem Sinn dieser Rudermessungen und Manövriertechniken ist wohl noch nicht ganz verstummt. Unter dem Gesichtspunkt der Manövrierefähigkeit im weiten Sinne - Definition in Abschnitt 2. - sind drei Komplexe zur Begründung zu erläutern:

- a) Als Beitrag zur Methodik des Modellversuchswesens sind aus Bordmessung und Modellversuchen Unterlagen zum Maßstabeffekt zu gewinnen. Es geht um die Ähnlichkeit der Kräfte am Schiffskörper und seinen Anhängen, vornehmlich am Ruder, die sich etwas auf die Beanspruchungen vor allem aber auf die Manövriereigenschaften auswirken. Ein entsprechender Nutzeffekt ergibt sich für die Treffsicherheit theoretischer Verfahren zur Bestimmung von Manövriereigenschaften.
- b) Als Beitrag zur Bestimmung der gesamten Ruderbeanspruchung, wie sie tatsächlich am Schiff auftritt dienen die Messungen der Ruderkräfte und gleichzeitig der Bewegungsdaten des Schiffes unter den verschiedenen Manövrier- und Seegangsbedingungen. Zugleich ergeben sich Einsichten bzw. Bestätigungen über kritische und harmlose bzw. bisher unterschätzte und über-

schätzte Fahrt- und Bewegungsbedingungen. Erhöhung der Sicherheit einerseits und bessere Ausnutzung des Ruders andererseits sind auch hier schließlich das Ziel der Bemühungen. Hierher gehört zum Beispiel die Absicherung der inzwischen schon alt gewordenen Forderung, durch stabilisierende bzw. destabilisierende Aufschaltung der Ruderlage bei gleichzeitiger Erhöhung der Endlage und u.U. auch der Ruderdrehgeschwindigkeit kleinere Ruder bzw. bessere Manövriereigenschaften haben zu können (vgl. Lit. /13/).

- c) Der letzte Komplex heißt tiefer Einblick und Verständnis für das Phänomen der Manövriereigenschaften überhaupt und damit eine nicht unterzubewertende Basis für rechnerische Erfassung und vor allem Extrapolation. Diese Aufgabe ist jedoch nicht unersetzlich. Grundsätzlich wäre sie auch mit entsprechend dimensionierten Modellversuchsanlagen zu bewältigen, wobei natürlich die unter a) genannte Aufgabe umso dringlicher verbleiben würde. Eine annähernd geeignete Anlage existiert jedoch in Deutschland nicht (vgl. Lit. /1/). Würde sie existieren, wäre der zeitliche, personelle und sonstige methodische Aufwand aber recht erheblich und mühevoll. Es handelt sich dabei natürlich um extreme Fälle von Manövriereigenschaften, wie sie bei Situationen mit starken Drehungen und hohen Anforderungen an die Stützfähigkeit auch beim Anfahren und Stoppen auftreten.

Diese Aufgaben sind im Grunde von so erheblichem Umfang, daß als erste Aufgabe angesehen wurde, ein möglichst knappes Versuchsprogramm (vgl. Lit. /2/) daraus zu entwickeln. Mit der Zeit wuchs das Verstehen für eine Vergrößerung der Aufgaben und zugleich die faktische Notwendigkeit für eine Verringerung des Programms in der gesamten Menge. Von 1964 bis 1967 sind - von anderen Untersuchungen ganz abgesehen - fünf Modellprogramme und vier Bordmeßprogramme durchgeführt worden. Auch ohne den aktuellen Anlass der ersten Berichterstattung über die Bordmessungen von 1967 wäre dies Grund genug, über den Stand der Dinge zu berichten. Dies auch trotz der bedauerlichen Tatsache, daß außer den Arbeiten /6/ bis /8/ und intern vorliegenden Unterlagen, vgl. Angaben in /3/, /4/ und /11/ noch weiteres Material zur Auswertung und Verwertung

ansteht. Die relative und absolute Reduktion der hierfür zur Verfügung stehenden Forschungskapazität ist der wesentliche Grund auch dafür, daß Zahlenergebnisse der letztjährigen Untersuchung nur als Beispiele hier gezeigt werden können. Die Gesamtwiedergabe der Ergebnisse kann des Umfangs wegen ohnehin nur in Berichtsforn erfolgen. Natürlich steht das genannte Material jedem Interessenten zur Verfügung, soweit das technisch nur irgend möglich ist. Es soll im Rahmen dieser Darlegung aber auch das mit erfaßt werden, was nicht direkt aus den Meßwerten entnommen worden ist bzw. werden kann, sondern was sich auf Grund der Durchführung der Untersuchung an sich ergibt.

2. Übersicht über die Begriffe Manöver, Manövrierversuche und Manövriereigenschaften am Beispiel der METEOR - Versuche

Aus Gründen der Sicherheit und Wirtschaftlichkeit sowie zur Erfüllung bestimmter Funktionserfordernisse muß jedes Schiff in der Lage sein, einen geraden Kurs zu laufen und bestimmte Manöver auszuführen. Als Erschwernis kommt im allgemeinen hinzu, hierbei bestimmte Wetter-, Fahrwasser- und zusätzliche Arbeitsbedingungen ertragen zu können. Je nach der Güte der - vorwiegend hydrodynamisch bedingten - Manövriereigenschaften des Schiffes werden diese Forderungen mehr oder weniger erfüllt werden. Der Begriff 'Manövriereigenschaften' soll hier zur Vereinfachung der Ausdrucksweise etwas großzügig ausgelegt werden und neben Auswirkungen von Manövern mit der Antriebsanlage, den Steuerschubanlagen, den Steuerantriebsanlagen und den Ruderlagen auch die Eigenschaft des Steuerns, also des Kurshaltens, mit umfassen.

Zu einem guten Schiffsentwurf genügt es im allgemeinen, durch den Nachweis bestimmter Maße an Manövriereigenschaften, die Fähigkeit zu den erforderlichen Manövern sicherzustellen. Den experimentellen Beitrag zu einem solchen Nachweis liefern die Manövrierversuche. Die sachgemäß eng damit verknüpften Ruderversuche erleichtern die Analyse und damit die Extrapolation der Manövrierversuche, dienen diesen also mittelbar; sie dienen aber entscheidend der Ruderdimensionierung hinsichtlich Antrieb und Beanspruchung.

Gerade beim Manövrierversuch mit frei fahrenden Modellen ist man bestrebt, der Anwendung der Ergebnisse möglichst dienlich zu sein, also einen Manövrierversuch mit dem Modell wie ein Manöver mit dem Schiff zu fahren. Im Hinblick auf die Aufgaben bzw. die Möglichkeit der METEOR ist an folgendes zu denken (vgl. Abschnitte 2.1., 2.2., 2.3., 2.4.)

2.1. Kennzeichnende Manöver

Zum Vergleich ist auf die Liste der Kennzeichnenden Manöviereigenschaften unter Abschnitt 2.2., die Liste der Manövierversuche unter Abschnitt 2.3., sowie auf das unter Abschnitt 2.4. gegebene Verzeichnis der bisher für die METEOR durchgeführten Versuchsprogramme zu verweisen. Die entsprechenden Positionsnummern sind jeweils zugefügt.

2.1.1. Kursänderungsmanöver aus der Geradeausfahrt. Standardwerte der Kursänderung sind 45° und 60° .

2.1.2. Drehmanöver. Normalerweise ist dies eine Kursänderung um 180° .

2.1.3. Drehmanöver aus der Drehung. ('Tighten the turn')

2.1.4. Stützmanöver aus der Drehung. ('Steadying the turn')

2.1.5. Querversetzungsmanöver aus der Geradeausfahrt.

2.1.6. Bojenmanöver. ('Boutakoff - Manöver')

2.1.7. Zig - Zag - Manöver

2.1.8. Stoppmanöver

2.1.9. Anfahrmanöver

2.1.10. Anlege - Ablege - Manöver

2.1.11. Traversieren

2.1.12. Passiermanöver

2.2. Kennzeichnende Manövriereigenschaften

- 2.2.1. Kurshalten
- 2.2.2. Anfangssteuereirksamkeit
- 2.2.3. Maximale Steuerwirksamkeit
- 2.2.4. Anfangsdrehfähigkeit
- 2.2.5. Maximale Drehfähigkeit
- 2.2.6. Stützfähigkeit
- 2.2.7. Stoppeigenschaften. Verzögerung und Steuerwirksamkeit beim Stoppen
- 2.2.8. Anfahrigenschaften. Beschleunigung und Steuerwirksamkeit beim Anfahren
- 2.2.9. Traversierfähigkeit

2.3. Arten von Manövrierversuchen

- 2.3.1. Spiralversuch (vgl. Fig.1)
- 2.3.2. Kursfahrtversuche, auch unter zeitabhängigen Störeinflüssen
- 2.3.3. kursänderungsversuche
- 2.3.4. Dreh - Stütz - Versuche
- 2.3.5. Drehkreisversuche (vgl. Fig.2)
- 2.3.6. Schlängel - Versuche ('HSVA - Standard - Manövrierversuch') Standardwerte der Ruderlage und der kennzeichnenden Kursänderung sind jeweils 20° .
- 2.3.7. Frequenzgangversuche. Zeitabhängige, harmonische Ruderbetätigung
- 2.3.8. Allgemeine Zig - Zag - Versuche. Willkürlich programmierte Variation der Antriebs- bzw. Steuerwirkungen.
- 2.3.9. Dreh - Stütz - Stopp - Anfahrt - Versuche
- 2.3.10. Anfahr- und Stoppversuche
- 2.3.11. Schlepp- und Querlastversuche
- 2.3.12. Passierversuche
- 2.3.13. Transversiersversuche
- 2.3.14. Schräg- und Querschleppversuche
- 2.3.15. Steuerwirksamkeits - Schleppversuche
- 2.3.16. Stopp- und Anfahrtschleppversuche
- 2.3.17. Passier - Schleppversuche
- 2.3.18. Oszillator- und Planar-Motion-Versuche
- 2.3.19. Schleppversuche mit stationärer Drehgeschwindigkeit
- 2.3.20. Schleppversuche mit Programm gegebener Bewegung in der x-y-Ebene
- 2.3.21. Windkanalversuche bei Schräg- und Queranströmung
- 2.2.22. Ruderwirkungs - Versuche

2.4. Übersicht über die bisner durchgeführten Versuchsprogramme

Die in den Programmen enthaltenen Versuchsarten sind entsprechend den Positionsnummern in der unter 2.3. gegebenen Aufstellung vermerkt.

2.4.1. Modellversuche im Rundtank, März/April 1964.

(2.3.19.) Mit dem 2.43m - Modell wurden Kraftmessungen bei sehr kleinen Drehkreisradien und bei Drehung im Stand durchgeführt.

2.4.2. Bordmessungen in der Ostsee, Juli 1964

(2.3.1.) Spiralversuche mit normalem Propeller - Hauptantrieb und normaler Ruderwirkung

(2.3.4.) Drehstützversuche mit normalem Antrieb und normaler Ruderwirkung

(2.3.5.) Drehkreisversuche mit normalem Antrieb und normaler Ruderwirkung. Drehkreisversuche mit normalem Antrieb und Bugstrahlsteuerung. Drehkreisversuche nur mit Aktivrudder als Antrieb und Steuerung. Drehkreisversuche nur mit Aktivrudder und Bugstrahlrudder zugleich.

2.4.3. Bordmessungen in der Biskaja und im Mittelmeer, Oktober/November 1964

(2.3.2.) Kursfahrtversuche mit natürlichen Störimpulsen bei verschiedenen Seegängen.

(2.3.6.) Schlängelversuche (Z - Manövrierversuch)

2.4.4. Ruder- und Propeller- Schlepptankversuche, April/Juni 1965

(2.3.15.) Kraftmessungen am Propellermodell und verschiedenen Ruderausführungen und deren Kombinationen mit dem Propeller. Modellmaßstab 1:14, zum 5.2m - Modell der HSVA.

2.4.5. Überwasserschiffs - Windkanalversuche, Juli 1965

(2.3.21.) Kraftmessungen am 0.97m - Halbmodell mit Bodenplatte.

2.4.6. Modellversuche in der HSVA, August 1965

(2.3.1.) Mit dem 5.2m - Modell wurden Spiralversuche in der normalen METEOR - Ausführung und mit einer Totholzvariation durchgeführt.

(2.3.15.) Mit dem gleichen Modell wurde mit und ohne Driftwinkel bei Voraus- und Rückwärtsfahrt die Ruderwirksamkeit gemessen.

2.4.7. Unterwasserschiffs-Windkanalversuche, September 1965

(2.3.21.) Kraftmessungen am 0.97m - Halbmodell mit Bodenplatte Queranströmung und Einfluß der Schlingerkieler ist in die Untersuchung eingeschlossen.

2.4.8. Bordmessungen im Nordatlantik bei der Grönlandfahrt, September 1966

(2.3.4.) Drehstützversuche bei zwei Programmvariationen im Verlauf der Kurswinkel - Ruderwinkel - Kommandos. Bei normalem Antrieb und normaler Ruderwirkung.

(2.3.9.) Dreh-Stopp-Stütz-Versuche sowie zwei Varianten von Dreh-Stopp-Versuchen und außerdem Anfahrt-Dreh-Versuche. Ebenfalls unter Normalbedingungen. Bei beiden Versuchen zum Teil erheblicher Seegangseinfluß.

2.4.9. Bordmessungen in der Ostsee, August/September 1967

Außer Ruderkraft- und Bewegungsmessungen bei den verschiedenen Meilen- und Stufenfahrten mit normalem Propellerantrieb bzw. mit Antrieb durch Luftstrahltriebwerke wurden folgende Manövrierversuche gefahren:

(2.3.1.) Spiralversuch mit normalem Antrieb und normaler Ruderwirkung. Spiralversuche mit Aktivrudder allein bei stehendem Hauptpropeller. Spiralversuch mit Aktivrudder allein bei demontiertem Hauptpropeller. Spiralversuch bei demontiertem Hauptpropeller mit Luftstrahlantrieb unter normaler Ruderwirkung.

(2.3.2.) Kursfahrtversuch unter normalem Antrieb und normaler Ruderwirkung mit willkürlichem Störimpuls durch kurzzeitige Ruderlage verschiedener Größe. Kursfahrtversuch bei demontiertem Hauptpropeller mit Luftstrahlantrieb und normaler Ruderwirkung mit willkürlichem Störimpuls durch ein quer gestelltes Strahltriebwerk.

(2.3.3.) Kursänderungsversuche mit normalem Antrieb und normaler Ruderwirkung unter Verwendung der Selbststeueranlage bei verschiedenen Kursänderungsgrößen.

(2.3.4.) Dreh-Stütz-Versuche mit normalem Antrieb und normaler Ruderwirkung.

(2.3.5.) Drehkreisversuche mit normalem Antrieb und normaler Ruderwirkung bei verschiedenen Ruderlagen. Drehkreisversuch bei demontiertem Hauptpropeller, Ruderlage Null unter Steuerwirkung eines quer gestellten Luftstrahltriebwerkes und Antrieb durch zwei Luftstrahltriebwerke.

3. Maßstabseffekte

Als Maßstabs- oder auch Kennzahl - Effekt wird üblicherweise in der Schiffshydrodynamik der Umstand bezeichnet, daß Leistungen und Eigenschaften zwischen Schiff und geometrisch ähnlichem Modell nur ungenau nach dem Froude'schen Gesetz umgerechnet werden können. Die Größe dieser Ungenauigkeit, die Maßstabskorrektur kann bei den Manövriereigenschaften zwar genau so erheblich wie bei der Antriebsleistung sein. Der wirtschaftliche Effekt ist jedoch im allgemeinen unbedeutend; richtiger gesagt, er kann sich weniger rationeller Entwurfsvorstellungen auf dem Gebiet der Manövriereigenschaften nicht auswirken. Wenn man nicht genau weiß, welche dieser Eigenschaften vom Schiff für seine wirtschaftliche Aufgabe unbedingt verlangt werden müssen, so wird man billigerweise auch keine hohen Ansprüche an die Genauigkeit der Vorhersage auf Grund theoretischer oder experimenteller Unterlagen stellen dürfen. Positiv ausgedrückt, es liegt für die Zukunft noch ein ungewöhnlich großer Entwicklungsspielraum vor uns. Möglicherweise kann das auch in wirtschaftlicher Hinsicht mehr bringen, als auf dem Wege der reinen Leistungsverbesserung noch drin ist. Die Beschäftigung mit Problemen des Maßstabseffektes in der Gegenwart darf also nicht nur und noch nicht einmal zur Hauptsache im Lichte heutiger Bedürfnisse gesehen werden. Die Beschäftigung mit dieser Aufgabe im Schiffbau ist noch nicht sehr alt, die Bibliographie nicht sehr umfangreich /10/. Andererseits sind es im Vergleich zum Schiffswiderstand beispielsweise eine sehr viel größere Zahl von Komponenten, die den Effekt ausmachen. Betrachtet man - unter Beschränkung auf den einfachen aber entscheidenden Fall stationärer Manövrierbewegungen - die Gleichung für die Strömungskräfte am Rumpf des manövrierenden Schiffes hinsichtlich des physikalischen Ursprungs ihrer Glieder, so findet man z.B. bei der Querkraft drei Glieder mit verschiedenartigen Kennzahleneffekten bedingt durch die unterschiedlichen Reynolds - Zahlen von Modell und Schiff.

Weitere Beiträge kommen von den anderen Kraftkomponenten, vom Propeller, vom Ruder und von den Interferenzen zwischen diesen. Hieraus erhellt, daß eine Beschränkung auf den Vergleich von Endergebnissen zwischen Schiff und Modell, etwa Drehkreisdurchmesser

oder Anfangsgradient aus dem Spiraltestdiagramm, nicht zum Erfolg einer grundlegend brauchbaren Analyse führen kann. Dabei sollen hier die weiteren Verfeinerungen des Problems, wie sie durch Turbulenzgrad, Molekulareigenschaften, Kavitationszahl, Luftgehalt, Oberflächenspannung und Kompressibilität des Wassers hinzukommen (vgl. /10/), noch völlig unbeachtet bleiben.

Um dem praktischen Ergebnis nahe zu kommen, ist weiter zu beachten, daß ein realer und direkter Maßstabeffekt, wie sie etwa die schematischen Beispiele in Fig.3 zeigen, nur an einem Einzelkörper perfekter geometrischer Ähnlichkeit auftritt. Dies ist also der Fall bei zwei Modellen unterschiedlicher Größe. Am Schiffsrumpf ist die geometrische Ähnlichkeit schon durch die Oberflächenstruktur und gewisse technisch erforderliche 'Kleinanhänge', (vgl. /12/) verletzt. So entsteht ein scheinbarer Effekt zusätzlich. Der unterschiedliche Einfluß des Rumpfes und des Propellers auf das Ruder führt bei diesem dann zu weiteren zusätzlichen Effekten durch diese maßstabsabhängige Interferenz, die man streng genommen als indirekte Effekte bezeichnen muß. Selten besteht die Gelegenheit, Schiff und Modell hinsichtlich ihrer Manövriereigenschaften nach solchen strengen Maßstäben zu vergleichen. Bei der METEOR ist die Rücksicht auf die Maßstabeffekte Leitbild der Untersuchungen. Welche Möglichkeiten hinsichtlich der Modellgrößen und ihrer Zuordnung zum Schiff bestehen, geht aus Fig.3 und im weiteren Sinne aus Fig.4 hervor. Systematische Überlegungen über die Verteilung der Modellgrößen führen zu einer gewissen Standardisierung der Modelllängen bzw. deren Abstände in der Weise, daß die Ergebnisse der Modellreihen äquidistante Abstände auf der logarithmischen Skala der Reynoldszahl ergeben.

4. Schiffsdaten und Meßtechnik

Umfangreiche Angaben über die Abmessungen des Schiffes sind in /6/ und /8/ enthalten. Als kennzeichnend für die Manövrierversuche sind hier festzuhalten:

| | | | | |
|---------------------------|----------|---|--------|----------------|
| Verdrängung | ∇ | = | 2830 | m ³ |
| Breite | B | = | 13,50 | m |
| Länge in der Wasserlinie | L_{WL} | = | 77,50 | m |
| Länge zw. d. Loten | L_{pp} | = | 72,80 | m |
| Lateralfläche des Rumpfes | A_L | = | 345,70 | m ² |
| Tiefgang, Mitte (I) | T | = | 5,00 | m |
| (II) | | | 5,025 | m |
| Tiefgang, achtern (I) | T_A | = | 5,15 | m |
| (II) | | | 5,05 | m |

Beim Zustand für die Versuche mit Luftstrahltriebwerken ohne Hauptpropeller (I) war das Schiff achterlich getrimmt. Der Normalzustand mit Propeller (II) entsprach dem bei früheren Untersuchungen /6/.

Die Anlagen für die Bordmessungen auf der METEOR bestehen aus einer Sechs - Komponenten - Ruderkraftwaage, vgl. Fig.5, einem ausfahrbaren Bodenlog mit elektrischem Prandtl - Rohr und Richtungsfahne zur Messung von Geschwindigkeit und Driftwinkel, Fig. 6 und 7, Kreiselgeräten zur Messung von Kurswinkel (Schiffsrichtungswinkel), Schiffsdrehgeschwindigkeit, Krängungswinkel und Trimmwinkel, Beschleunigungsmessern für Vertikal- und Querschleunigung im Bereich der Ruderwaage, sowie einem elektrischen Ruderlagegeber vom Ruderschaft her. Die Registrierung erfolgte bei dieser Meßfahrt über Oszillographen, Honeywell Visicorder, zentral in einem Meßlabor. Im übrigen ist auf die bereits in /6/ veröffentlichten Angaben zu verweisen; diese Versuchsmethodik hatte sich gut bewährt. Es bestand keine Veranlassung hiervon abzuweichen.

5. Erste Ergebnisse

Das Programm der Ruder- und Manövrieruntersuchungen dieser Meßfahrt ist selbstverständlich völlig auf die erstmalige Gelegenheit ausgerichtet, Manövrier- und Ruderversuche mit einem großen nicht durch Propeller angetriebenen Schiff durchzuführen. Alle sonstigen in der erläuterten Übersicht in Abschnitt 2.4. angegebenen Programmpunkte dienen dem Vergleich zu den Versuchen mit Strahlantrieb bzw. sie sollten unter bestmöglicher Ausnutzung zur Verfügung stehender Maßtage der Vervollständigung des Gesamtprogramms, /2/, dienen. Wie bereits einleitend erwähnt, muß die vollständige Wiedergabe aller Ergebnisse sowie deren zur Anwendung vorbereitete Auswertung einer späteren Berichtsform überlassen werden. Hier sollen lediglich an Hand einiger Beispiele der Ergebnisse Einblicke und Unterlagen für die Weiterarbeit gegeben werden.

Der Ruderwiderstand spielt einerseits eine große Rolle bei der beabsichtigten Feststellung des reinen Ruderwiderstandes des Schiffes andererseits ist es interessant, den Widerstand eines Ruders üblicherweise angeordnet für den aktuellen Fall des großen Schiffes absolut kennen zu lernen. Von /6/ war bekannt, daß der Ruderwiderstand der METEOR eine erschreckende Größe besitzt. Die neue Messung, Fig.8, hat dies qualitativ bestätigt insbesondere auch für den Fall Strahlantrieb ohne Propeller. Doch können diese Werte in keiner Weise als typisch für ein übliches Ruder am Schiff angesehen werden. Die Figuren 5, 9 und 10 (vgl. auch /12/) geben einen Eindruck davon, daß ein in seiner Gestaltung ausgesprochen schlechtes Ruder auch noch unter besonders ungünstigen Zuströmungsbedingungen wirken muß. Da ist einerseits zu nennen der Ruderausschnitt am Ende des Aktivrudder - Verdrängungskörpers mit den zwangsläufig sich ergebenden Verstümmelungen des ohnehin nicht gerade guten Profils, die 'Ablöse' - Stufe am Ende des Verdrängungskörpers, die unglückliche Anordnung der Haltestreben für die Kortdüse eben an dieser Stelle höchster Ablösegefährdung, die Anordnung der Elektroden und andererseits die Halteführungsstrebe und die Staurohrharke für die Propellernachstrommessung sowie der stumpfe Propellerflansch.

Fig.11 zeigt das Ergebnis eines Kursfahrtversuches mit Strahltrieb, bei dem ein Störimpuls von 10 Sekunden mit einem Strahltriebwerk in Querstellung (Fig.12) abgegeben wurde. Hier hatte das Schiff mit Hilfe seines Autopiloten mit dieser Störung fertig zu werden. Der Verlauf des Kurswinkels über der Zeit zeigt, daß der Autopilot mit dieser Aufgabe nur schlecht fertig wird. Die Störung klingt nur sehr langsam ab, Ruderwinkel von im Mittel 18° waren nötig. Nachdem diese schwache Reaktion - die stabilisierende Wirkung des Propellers fehlte ja - und ausreichende Registrierung weiterer Bewegungsdaten für eine spätere Analyse zur Bestimmung von Koeffizienten der Bewegungsgleichung gewonnen waren, wurde der Versuch abgebrochen, noch ehe ein einwandfreier ruhiger Kurs wieder erreicht worden war. Dies erschien im Hinblick auf den Brennstoffverbrauch der Triebwerke unbedingt geboten.

Fig.13 zeigt dagegen wie bei Normalantrieb der Autopilot mit einer verlangten Kursänderung von 5° schon besser fertig wird. Hier liegt das Mittel des benötigten Ruderlagenmaximums nur bei etwa 13° . Das Einschwingen auf den neuen Kurs geht bei diesem an sich kursunstabilen Schiff natürlich nur langsam vor sich. Es ist zu betonen, daß in diesen beiden Fällen der Autopilot nur als Selbststeuerer über Lagensteuerung und in keiner Weise als Stabilisator über Dämpfung eingesetzt ist. Ein guter Steuermann, der ja über sein Gefühl stabilisierend wirkt, hätte in beiden Fällen ein stabiler erscheinendes Bild des Kursverlaufes geliefert.

Das letzte Beispiel für die Ergebnisse (Fig.14) ist eine zeitlich stark zusammengefaßte Darstellung des Meßschriebes von einem Spiralversuch mit Strahltriebwerken. Die mangels Propellerstrahl auf das Ruder verminderte Ruderwirksamkeit beim Drehen zeigt sich hier in ähnlicher Weise wie beim Kursfahrtversuch Fig.11.

6. Folgerungen

Das Meßunternehmen im Sinne des Programms ist durchaus glücklich. Die vollständige Auswertung aller Rohergebnisse ist zweckmäßig.

Neben der Fertigstellung des ursprünglich vorgesehenen Meßprogramms besonders im Modellbereich mit Betonung der Kennzahluntersuchungen sollten die Messungen mit Bugstrahlruder und Aktivruder vervollständigt und abgeschlossen werden.

Das jetzt vorhandene Ruder sollte durch ein Ruder konventionellerer und damit besserer Form ersetzt werden, um geradebei bei aktuelleren Formen mehr Material über Kennzahleffekte erhalten zu können. Dabei sollte die Unterwasser - Schiffsoberfläche besonders am Heck auf vermeidbare Strömungsstörer hin überprüft werden. Die Modellversuche sind dann auf diese Form hin zu ergänzen.

Eine Verbesserung der Meßtechnik bzw. der Auswertetechnik läßt sich erreichen, wenn das Bodenlog mehr im Sinne einer ständigen Bordmeßeinrichtung umgestaltet wird, wenn die gesamte Rudermeßanlage ebenfalls als Dauereinrichtung mit normaler Belastbarkeit anerkannt wird (hier geht es insbesondere um die Gummiabdichtungen), wenn eine bordfeste Verkabelung es ermöglichen würde, die für wissenschaftliche Zwecke durchzuführende Manöver durch Anzeigeinstrumente im vollen Umfange von der Brücke aus zu überwachen und wenn eine volle digitale Meßwertaufzeichnung mit allen Möglichkeiten der direkten Weiterverarbeitung zur Verfügung steht.

Eine lohnend erscheinende grundsätzliche Verbreiterung der Aufgabe sollte darin bestehen, mit geeigneten Regelorganen das Schiff mit einer künstlichen Stabilisierung bzw. Destabilisierung zu versehen, um praktische Erfahrungen mit dieser Methode der Verbesserung der Kurs- und Dreheigenschaften von Schiffen gleichzeitig zu machen. Durch einige Reihenbohrungen am Ruder oder auch an anderen Stellen erhöhter Strömungsgeschwindigkeit sollten durch Messung von Drücken und Druckgradienten Grossausführungsinformationen und Informationen über das Verhalten bei Manövrierbewegungen hinsichtlich Druckwellenerregungen gewonnen werden.

Die normalerweise an der METEOR jetzt mit der Ruderkraftwaage gemessenen Ruderkräfte sollten parallel mit Dehnungsmeßstreifen am Ruder bzw. an der Lagerkonstruktion gemessen werden, um methodische Grundlagen für entsprechende Meßaufgaben an anderen Schiffen ohne spezielle Rudermeßeinrichtung gewinnen zu können.

Das Prinzip des Luftstrahlantriebs für Meßzwecke hat sich so gut bewährt, daß ergänzende Messungen an anderen Schiffstypen von besonders aktuellem Interesse in Betracht gezogen werden sollten.

7. Literatur

- /1/ Thieme, H. und Kwik, K.
Manövriertanks in den Schiffbau - Versuchsanstalten der Welt
Institut für Schiffbau der Universität Hamburg
Bericht Nr. 118 (1963)
- /2/ Suhrbier, K.
Zu den Problemen der Manövrierfähigkeit und der Ruderbeanspruchung des DFG - DHI - Forschungsschiffes
Institut für Schiffbau der Universität Hamburg
Schrift Nr. 2005 (Dezember 1963)
- /3/ Thieme, H.
Referenzunterlagen der Forschungsvorhaben für Ruder- und Steuereigenschaften
Institut für Schiffbau der Universität Hamburg
Schrift Nr. 2037 (August 1964)
- /4/ Thieme, H.
Einzelprobleme auf dem Gebiet der Ruder- und Steuereigenschaften
Institut für Schiffbau der Universität Hamburg
Schrift Nr. 2038 (August 1964)
- /5/ Thieme, H.
Literatur zum Thema 'Starke Manövrierbewegungen von Schiffen'
Institut für Schiffbau der Universität Hamburg
Schrift Nr. 2039 (August 1964)
- /6/ Suhrbier, K.
Ruderkraftmessungen und Manövrierversuche auf dem Forschungsschiff 'METEOR'
Institut für Schiffbau der Universität Hamburg
Bericht Nr. 156
Jb. d. STG, Bd. 59 (1965) pp 401-427
- /7/ Wagner, B.
Windkanalversuche mit dem Modell des Forschungsschiffes METEOR
Institut für Schiffbau der Universität Hamburg
Bericht Nr. 153 (Februar 1966)

- /8/ Suhrbier, K.
Versuchsbericht über Ruder- und Manövrieruntersuchungen
auf dem Forschungsschiff 'METEOR' im Juli 1964
Institut für Schiffbau der Universität Hamburg
Bericht Nr. 168 (Juli 1966)
- /9/ Thieme, H. und Seiler, J.
Ruder - Meßprogramm für die Forschungsfahrt der 'METEOR'
vom 1.8. - 18.9.66
Institut für Schiffbau der Universität Hamburg
Schrift Nr. 2089 (Juli 1966)
- /10/ Thieme, H.
Scale Effect of Model Appendages on the Manoeuvrability
Qualities
Institut für Schiffbau der Universität Hamburg
Schrift Nr. 2090 (August 1966)
- /11/ Seiler, J. und Thieme, H.
Verzeichnis der vom IfS bis 1967 durchgeführten Versuche
für Ruder- und Steuereigenschaften des F.S. METEOR
Institut für Schiffbau der Universität Hamburg
Schrift Nr. 2103
- /12/ Seiler, J.
Diskussionsbeitrag zum Vortrag 'Katodischer Korrosions-
schutz am und im Schiff' von Dr. E. Eberius und J. Locke
Jahrbuch der STG, 1967 pp 421-422
- /13/ Kranert, K.
Untersuchung einer veränderlichen Dämpfung bei einer kurs-
winkelgeschwindigkeitsabhängigen Selbststeueranlage
Institut für Schiffbau der Universität Hamburg
Schrift Nr. 2015, November 1963
- /14/ Niemann, U.
Der Einfluß der Zähigkeit auf Querkräfte und Momente an
manövrierenden Schiffen
Jahrbuch der STG, 61, (1967), pp 209-225
- /15/ Schmidt - Stiebitz, H.
Ermittlung des Maßstabeffektes bei Drehkreismanövern auf
flachem Wasser
Schiff und Hafen 19, Nr. 8 (August 1967), pp 529-533

Fig. 1

Spurbild eines Spiralversuchs

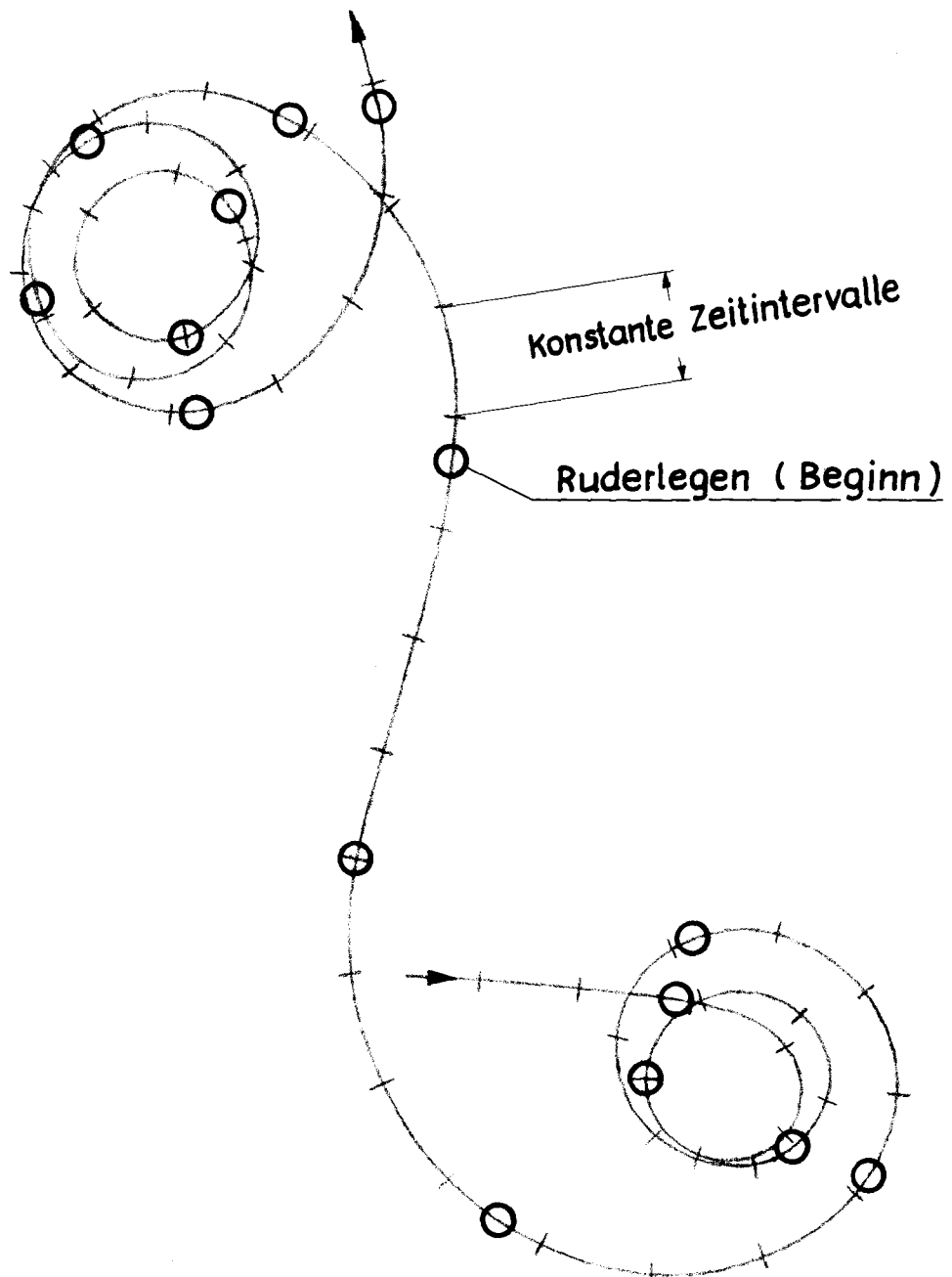
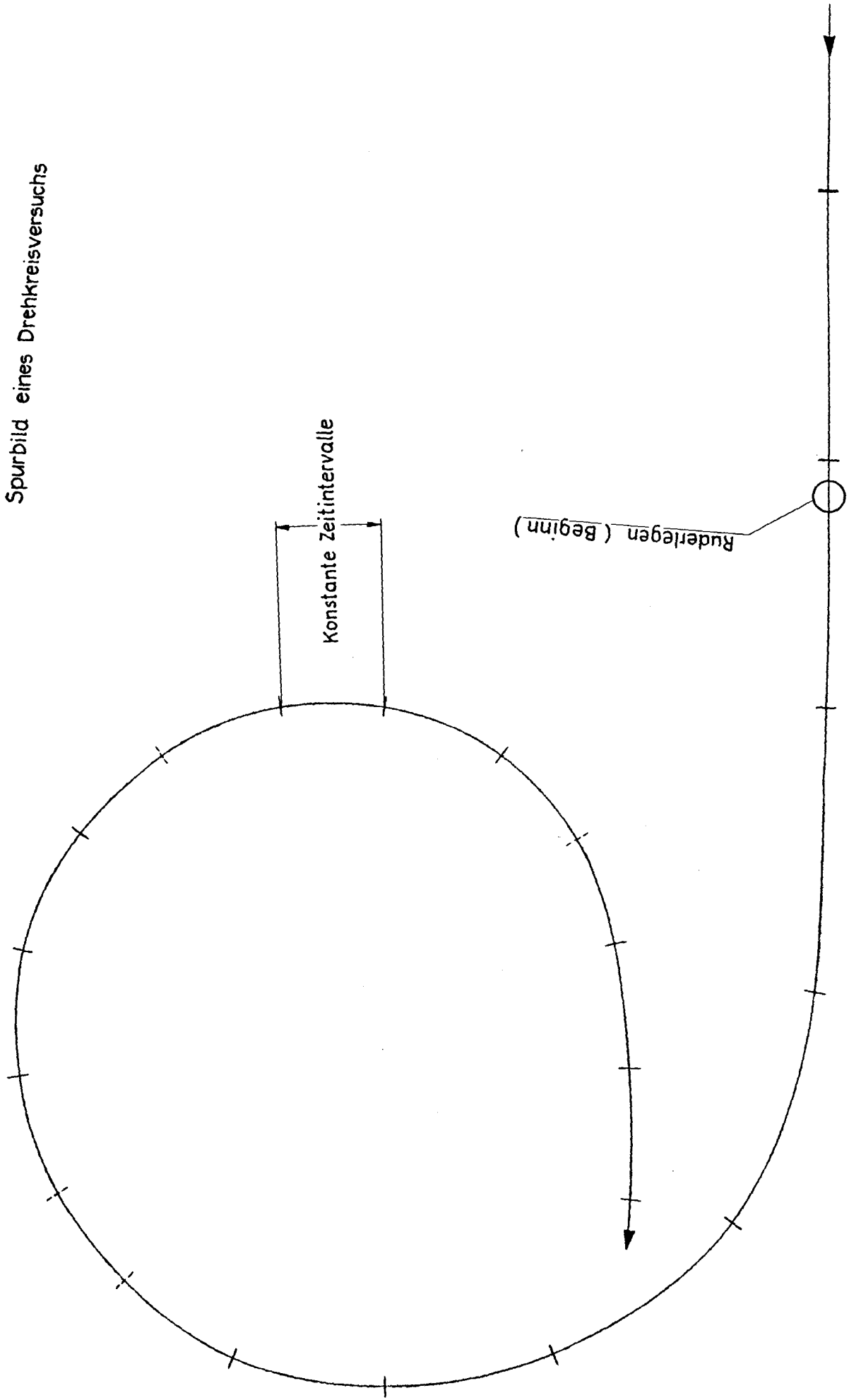
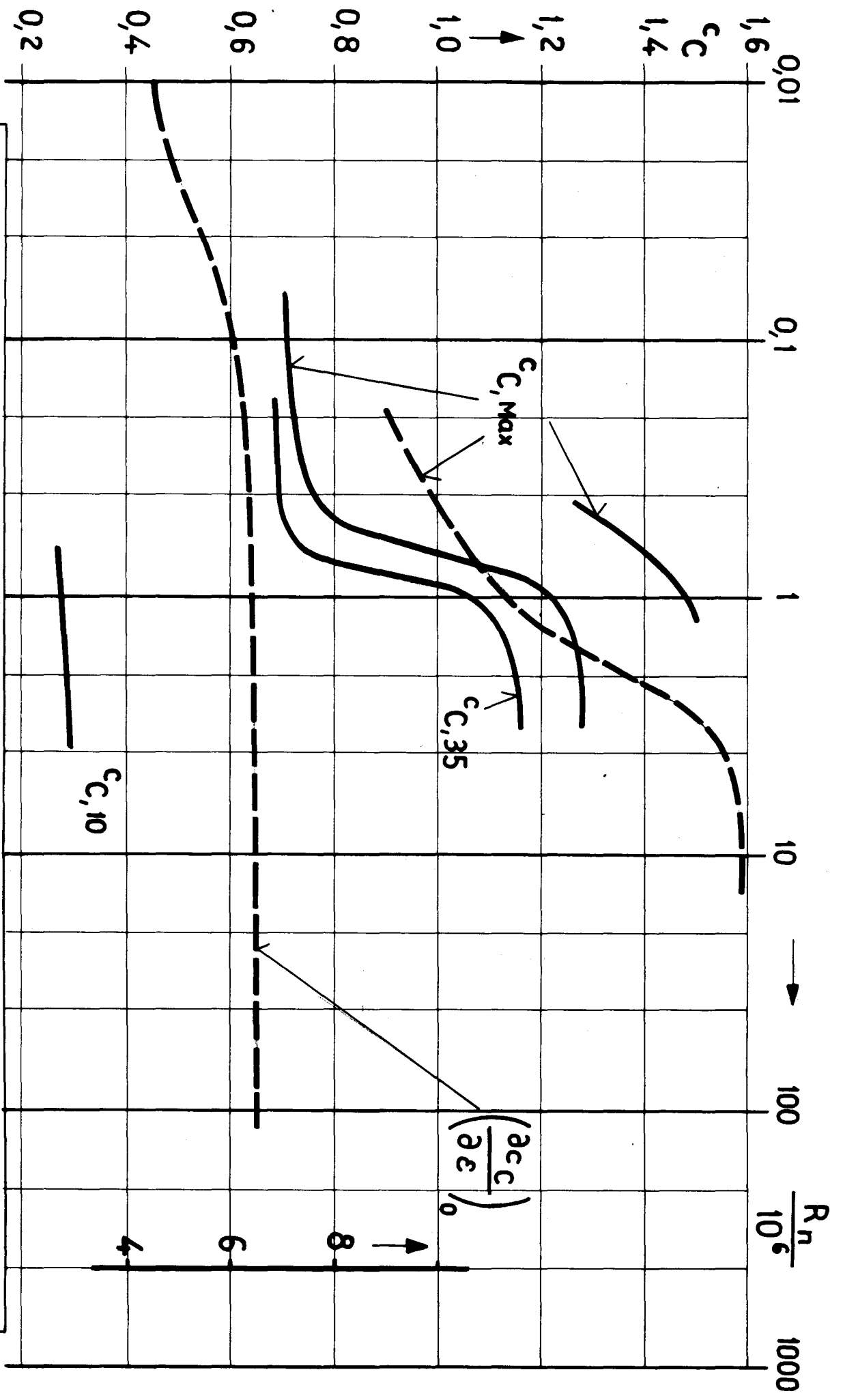


Fig. 2

Spurbild eines Drehkreisversuchs





vorhandene Schleppmodelle
 [Windkanalmodelle]

"Meteor"

RUMPF

vorhandene

vorhandene

R

Meteor
Schleppmodelle
[Windkanalmodelle]
Ruder der "Meteor"
vorhandene Rudermodelle
[Ruder - Windkanalmodelle]

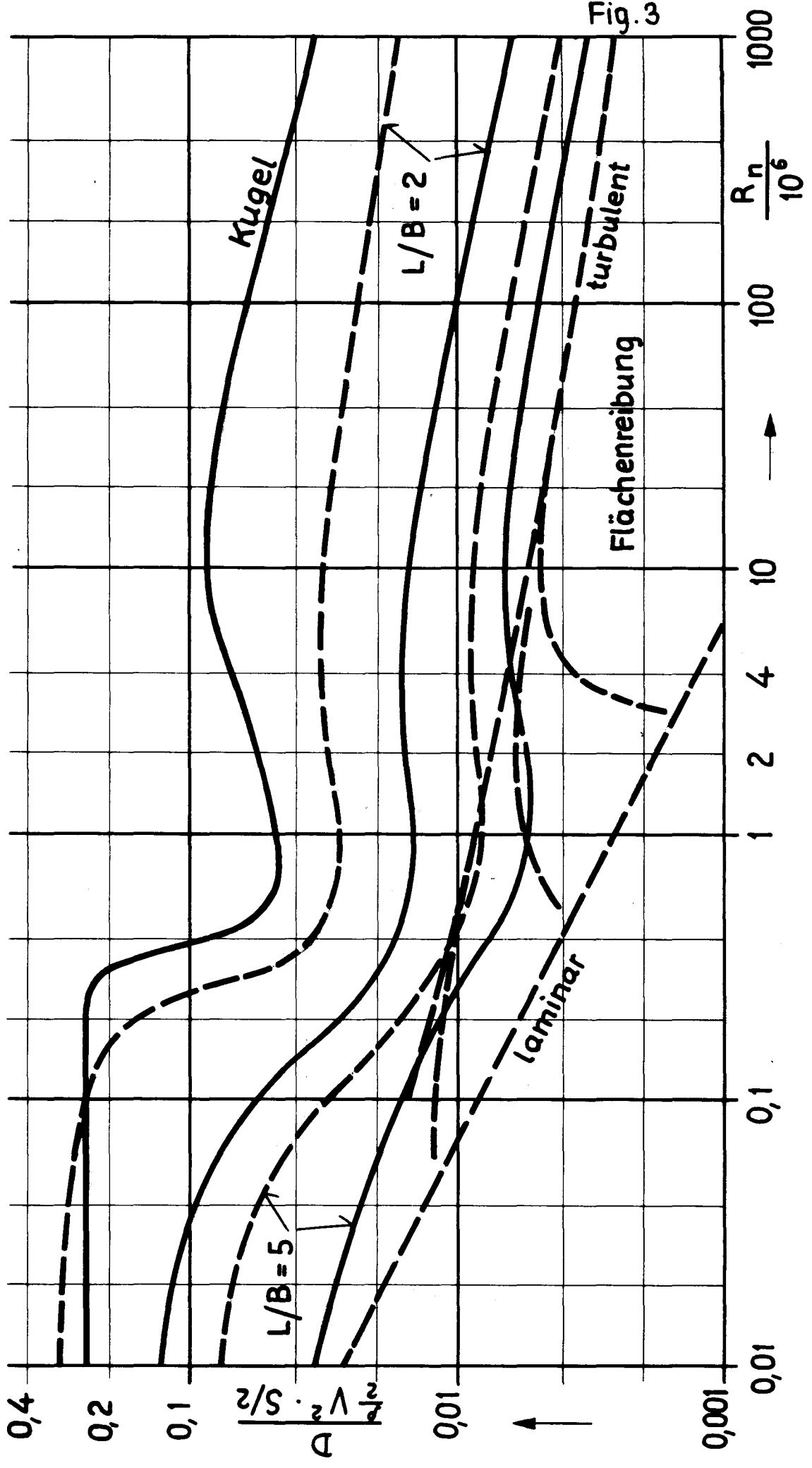


Fig. 3

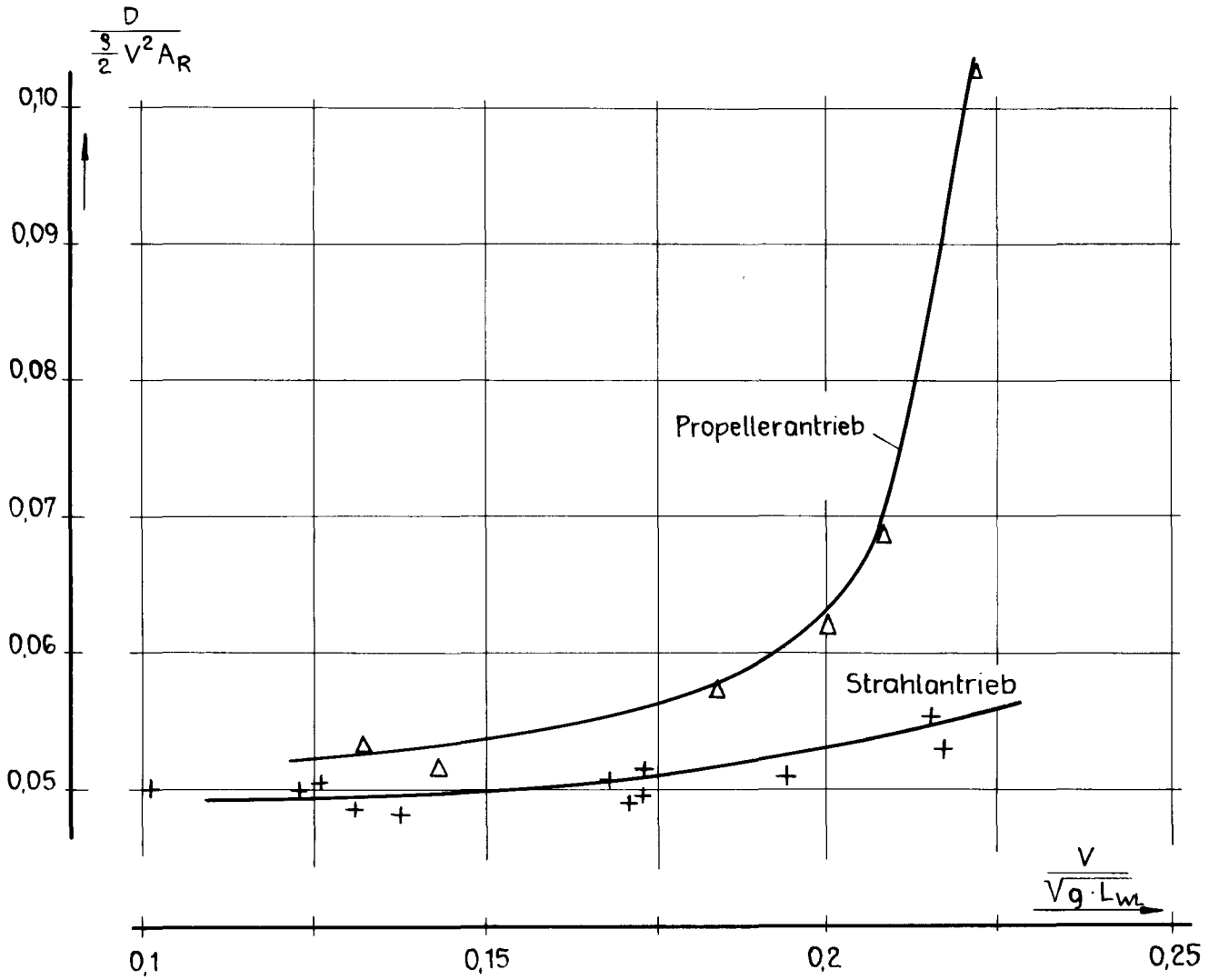
Reynoldszahlen für Schiffe $[R_n]$ und Ruder $[R_{nR}]^*$
 bei verschiedenen Modelllängen $[L_{pp}]$ und
 Froudezahlen $[F_n]$ für die METEOR

| | L_{pp} [m] | $F_n = 0.05$ | | $F_n = 0.10$ | | $F_n = 0.20$ | | $F_n = 0.30$ | |
|--|-----------------|-----------------------|----------|-----------------------|----------|-----------------------|----------|-----------------------|----------|
| | | R_n $\cdot 10^6$ | R_{nR} | R_n $\cdot 10^6$ | R_{nR} | R_n $\cdot 10^6$ | R_{nR} | R_n $\cdot 10^6$ | R_{nR} |

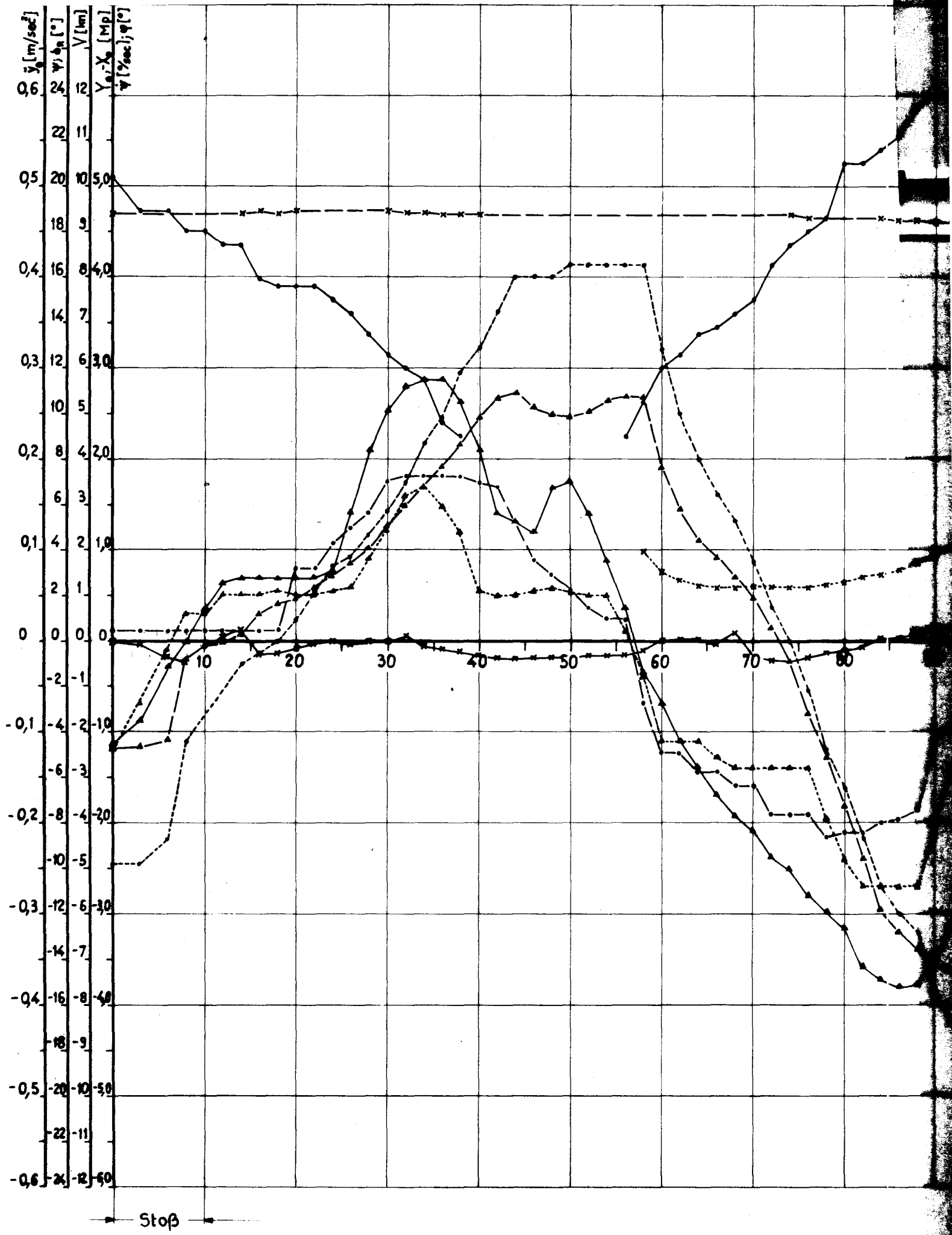
| | | | | | | | | | |
|--------|------|-------|------|--------|------|--------|-------|--------|-------|
| | 1 | 0.13 | 0.00 | 0.25 | 0.01 | 0.50 | 0.02 | 0.75 | 0.02 |
| | 1.5 | 0.23 | 0.01 | 0.46 | 0.02 | 0.92 | 0.03 | 1.38 | 0.05 |
| JFS | 2,43 | 0.47 | 0.02 | 0.95 | 0.03 | 1.90 | 0.07 | 2.84 | 0.10 |
| | 2.5 | 0.49 | 0.02 | 0.99 | 0.03 | 1.98 | 0.07 | 2.97 | 0.10 |
| VWS | 2.91 | 0.62 | 0.02 | 1.24 | 0.04 | 2.48 | 0.09 | 3.72 | 0.13 |
| VWS | 3.83 | 0.94 | 0.03 | 1.87 | 0.07 | 3.75 | 0.13 | 5.62 | 0.20 |
| | 4 | 1.00 | 0.03 | 2.00 | 0.07 | 4.00 | 0.14 | 6.00 | 0.21 |
| HSVA | 5.2 | 1.48 | 0.05 | 2.97 | 0.10 | 5.93 | 0.21 | 8.90 | 0.31 |
| VWS | 5.3 | 1.53 | 0.05 | 3.05 | 0.11 | 6.10 | 0.21 | 9.15 | 0.32 |
| | 6.5 | 2.07 | 0.07 | 4.14 | 0.14 | 8.29 | 0.29 | 12.43 | 0.43 |
| | 10 | 3.95 | 0.14 | 7.91 | 0.28 | 15.81 | 0.55 | 23.72 | 0.83 |
| | 16 | 8.00 | 0.28 | 16.00 | 0.56 | 32.00 | 1.11 | 48.00 | 1.67 |
| | 25 | 15.48 | 0.54 | 30.95 | 1.08 | 61.90 | 2.15 | 92.85 | 3.23 |
| | 40 | 31.63 | 1.10 | 63.25 | 2.20 | 126.50 | 4.40 | 189.75 | 6.60 |
| | 64 | 64.00 | 2.23 | 128.00 | 4.46 | 256.00 | 8.92 | 384.00 | 13.37 |
| Meteor | 72.8 | 77.51 | 2.70 | 155.03 | 5.41 | 310.05 | 10.82 | 465.08 | 16.22 |

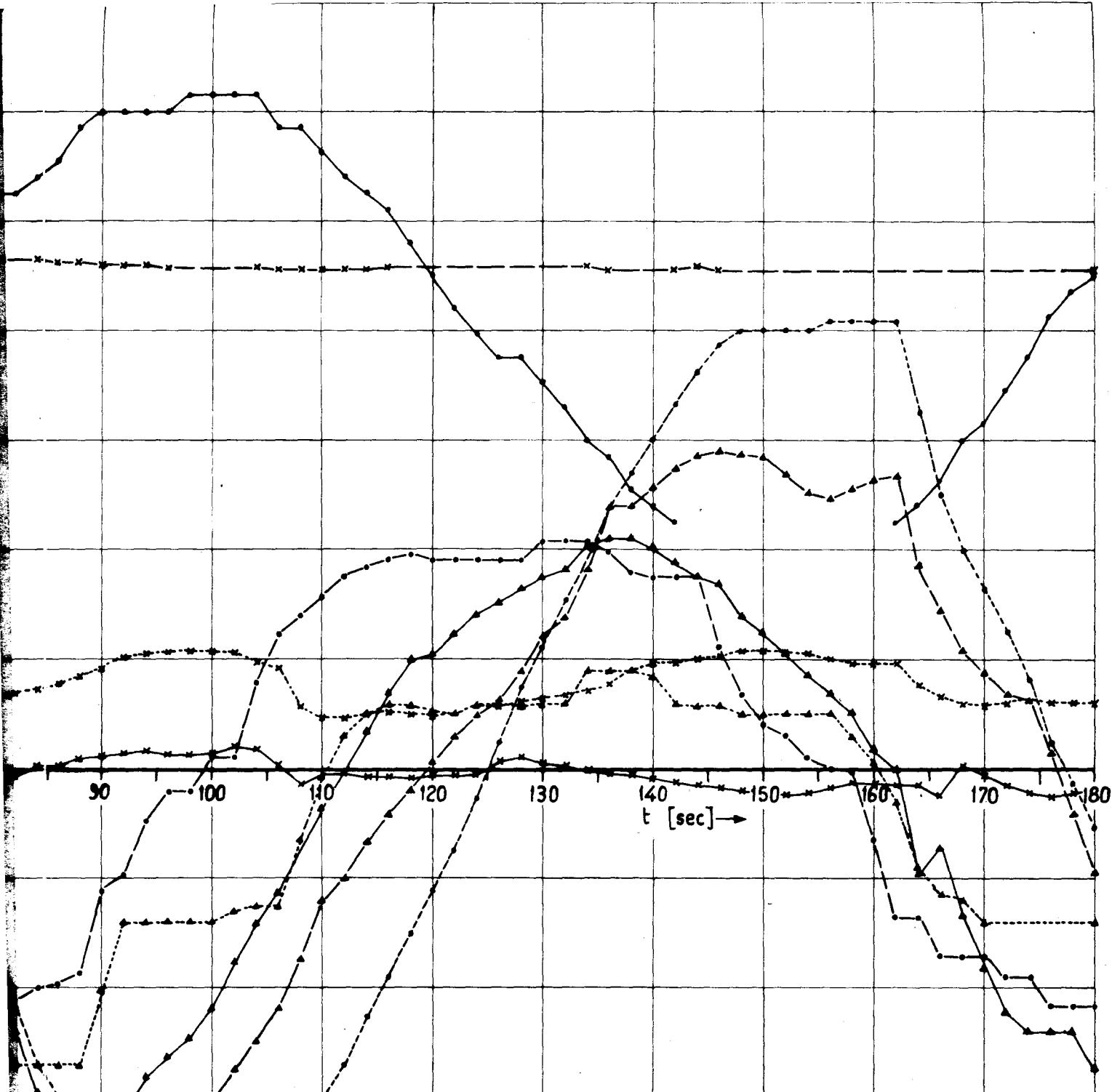
Die in gesetzten Standardlängen ergeben – aufsteigend – jeweils eine Verdoppelung von R_n .

*) Als Bezugsgeschwindigkeit am Ruder ist die Schiffsgeschwindigkeit V gesetzt.



Ruderwiderstand der METEOR





Kräfte und Bewegungsgrößen bei Kursfahrtversuch mit Luftstrahltriebwerken nach Störimpuls.

- | | | | |
|-------------|--------------|-------------|--------------|
| —•— | ψ | —▲— | \ddot{y}_0 |
| - -•- - | $\dot{\psi}$ | - -▲- - | Y_{10} |
| - -•- - - - | δ_R | - -x- - | Y_{20} |
| - -▲- - | φ | - -x- - - - | X_0 |
| - -x- - | V | | |

Messung v. 8.9.67, Eckernf. Bucht. Querstoß nach Bb von 10sec Dauer mit dem Stb-Triebwerk. Mit Autopilot

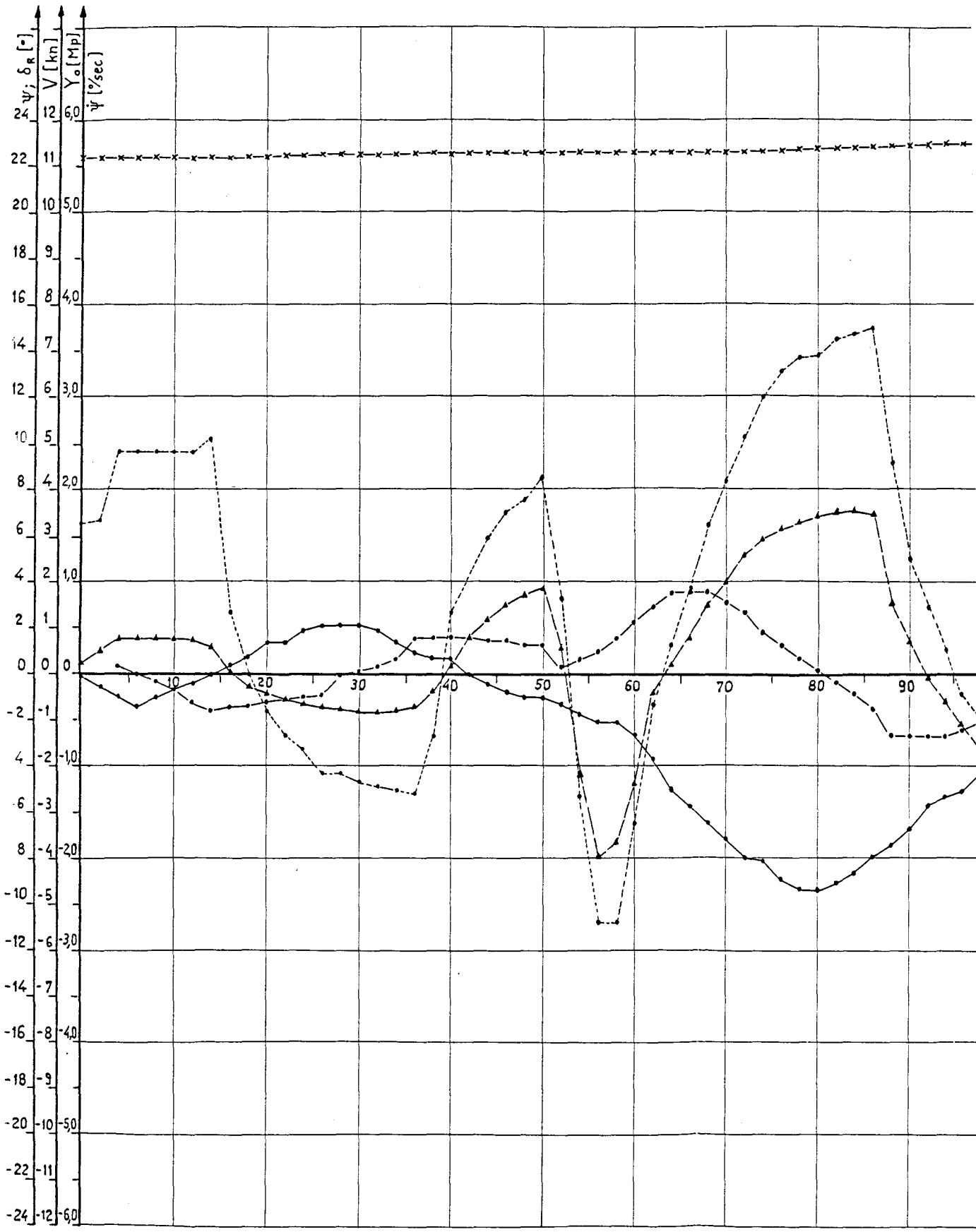
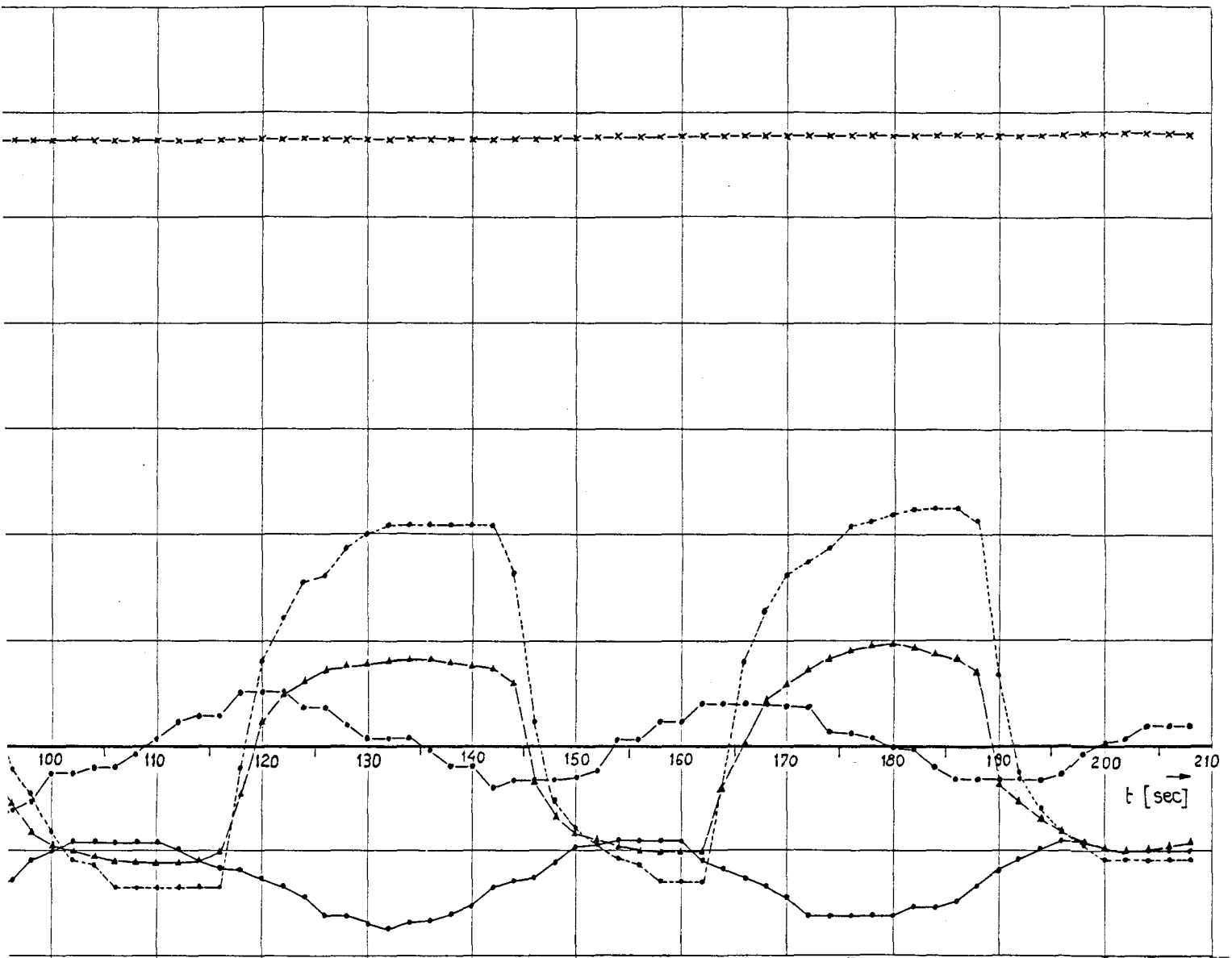


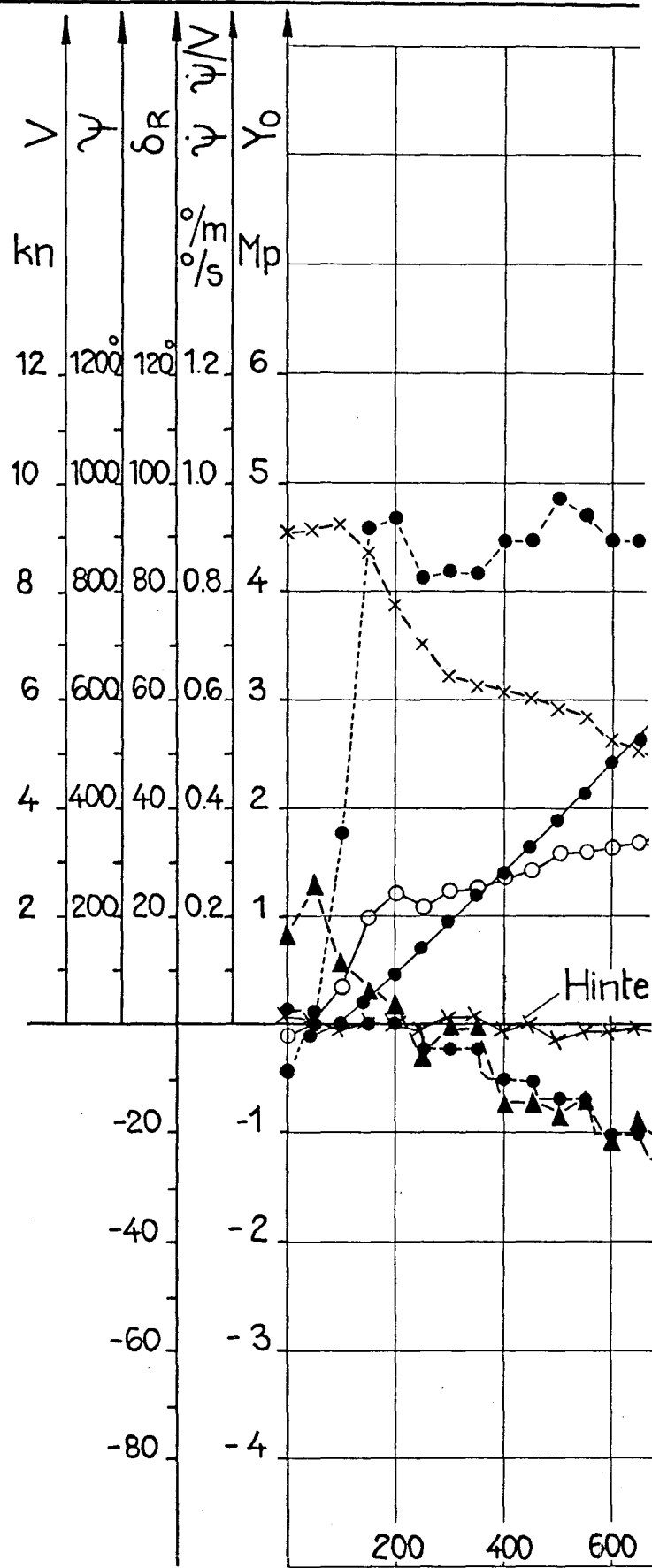
Fig. 13



Kräfte und Bewegungsgrößen bei Kursänderungsversuch mit Normalantrieb.

| | | | |
|---------|--------------|---------|----------|
| —●— | ψ | —x— | V |
| - -●- - | $\dot{\psi}$ | - -▲- - | Y_{10} |
| - -●- - | δ_R | | |

Messung v. 15.9.67. Eckernförder Bucht. Kursänderung von 5° mit Autopilot

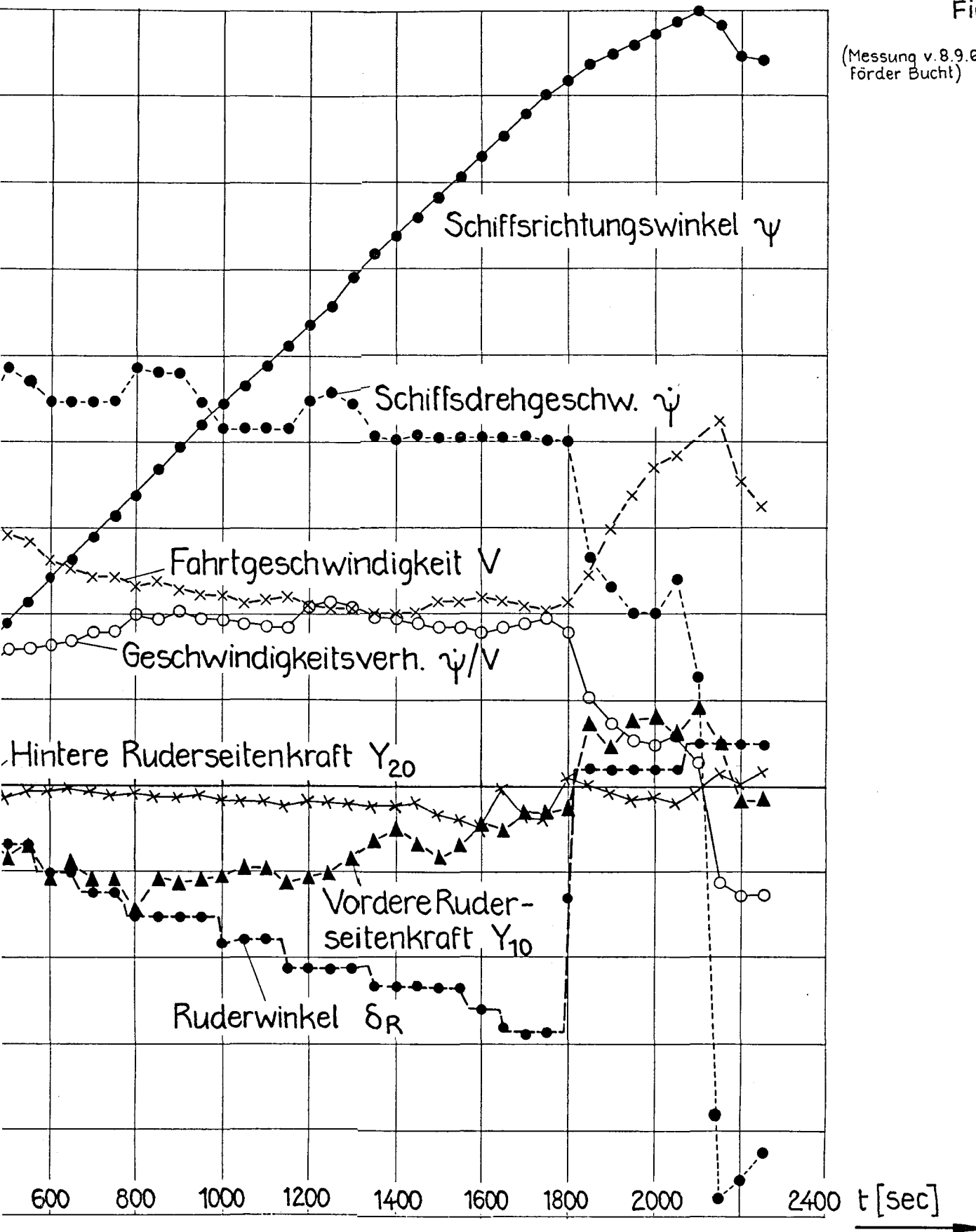


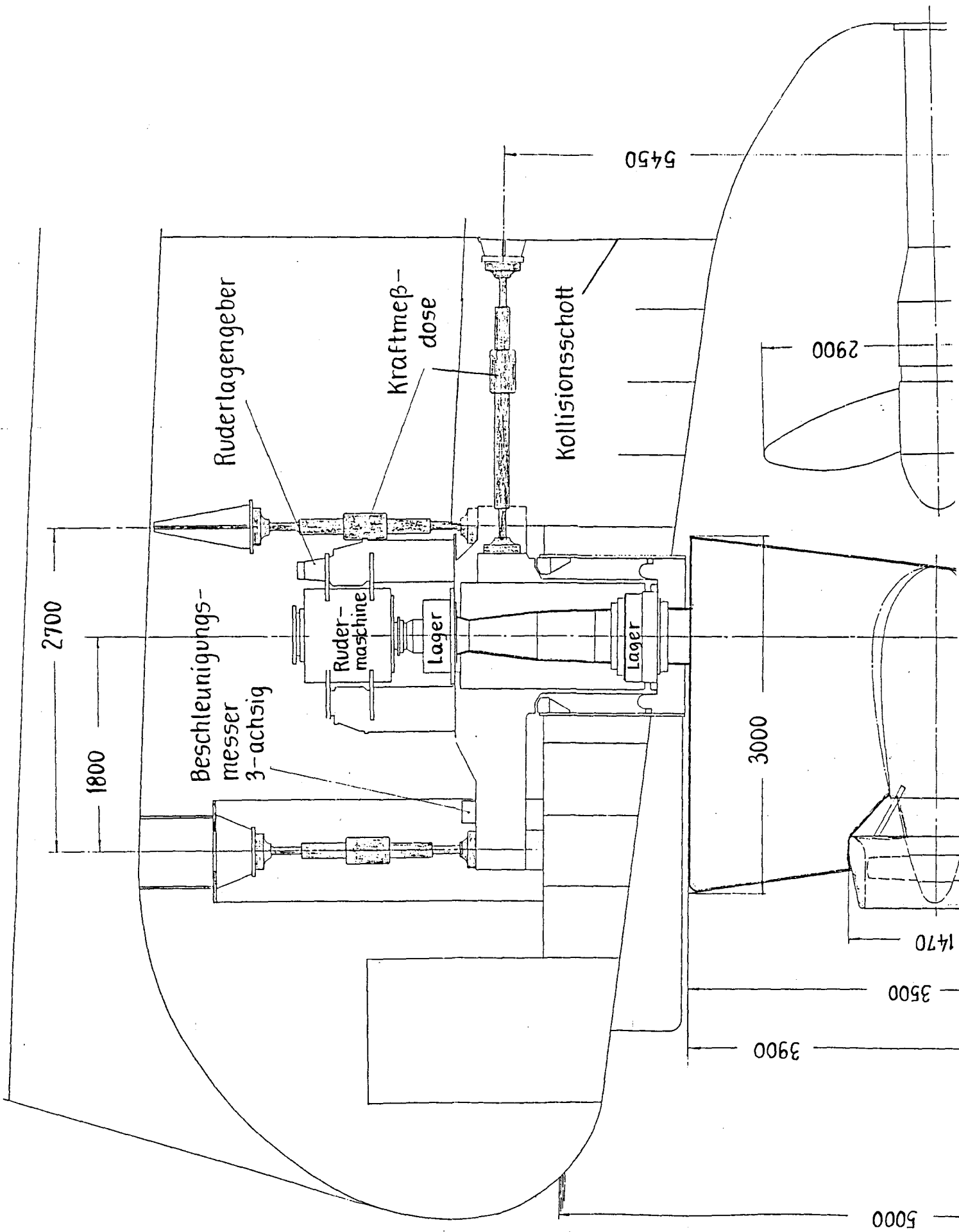
JFS

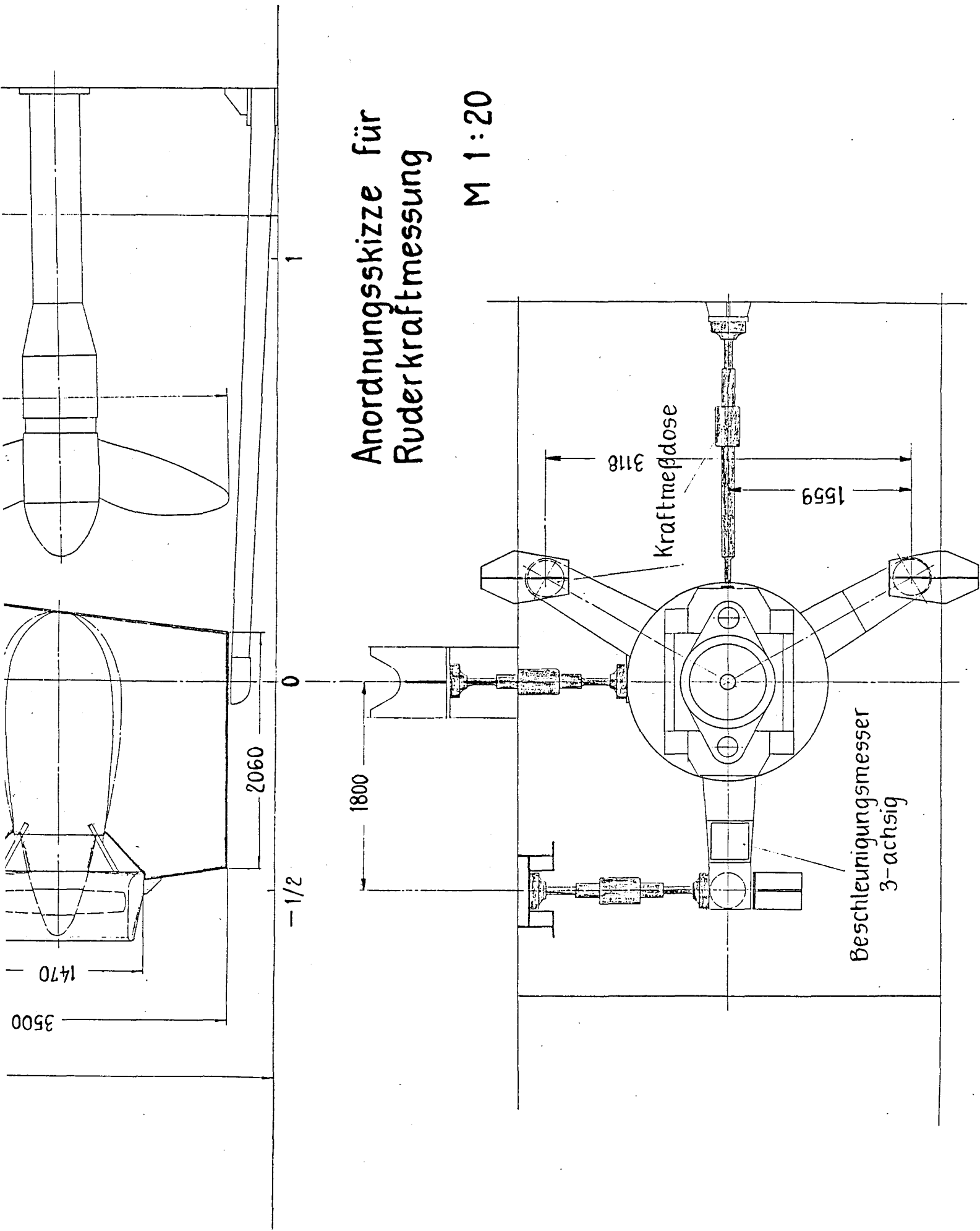
Kräfte und Bewegungsgrößen

Fig. 14

(Messung v. 8.9.67, Eckernförder Bucht)







Anordnungsskizze für
Ruderkraftmessung

M 1:20

feste
Führungsrollen

Führungsschienen
im Hydrographenschacht

Bodenplatte

Anordnung
Messung
digkeit un

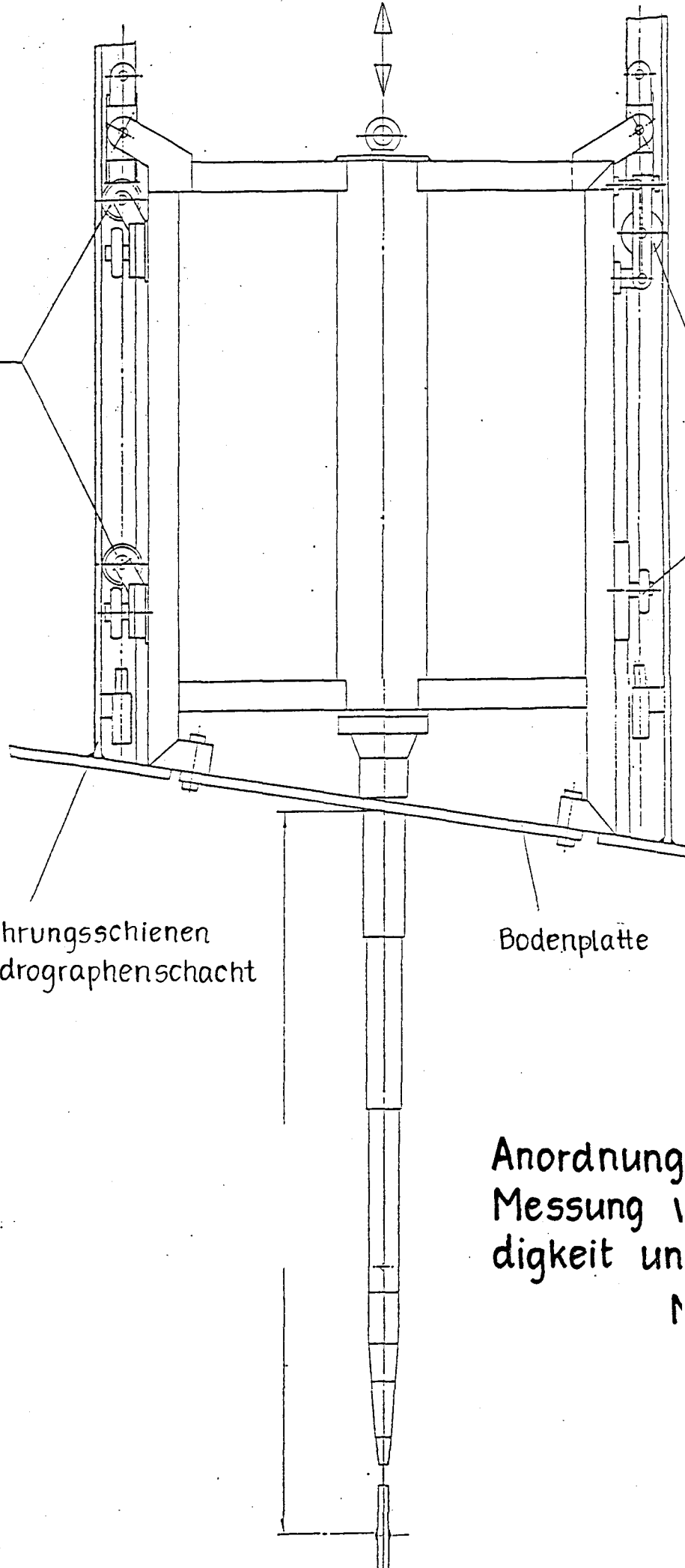
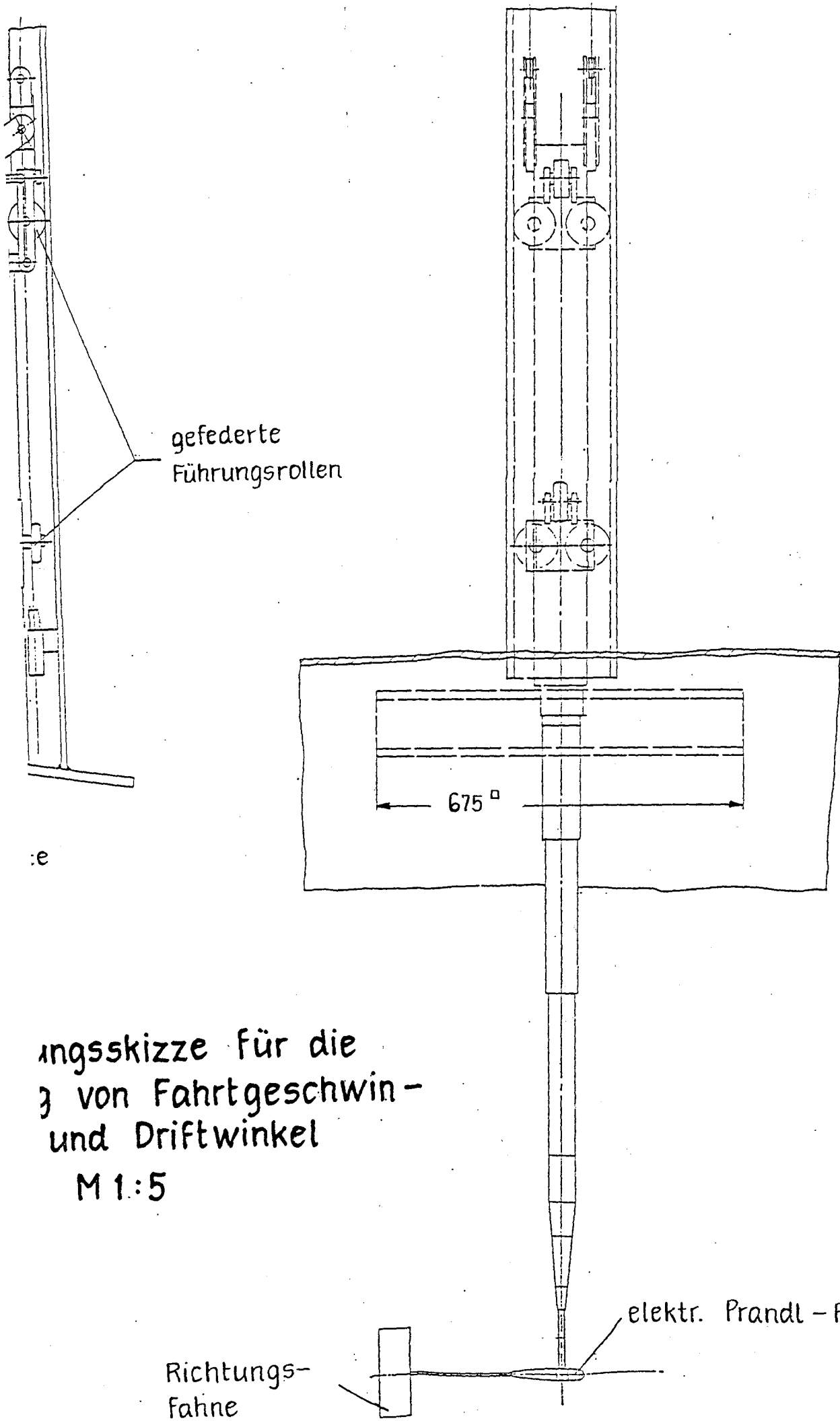


Fig. 6



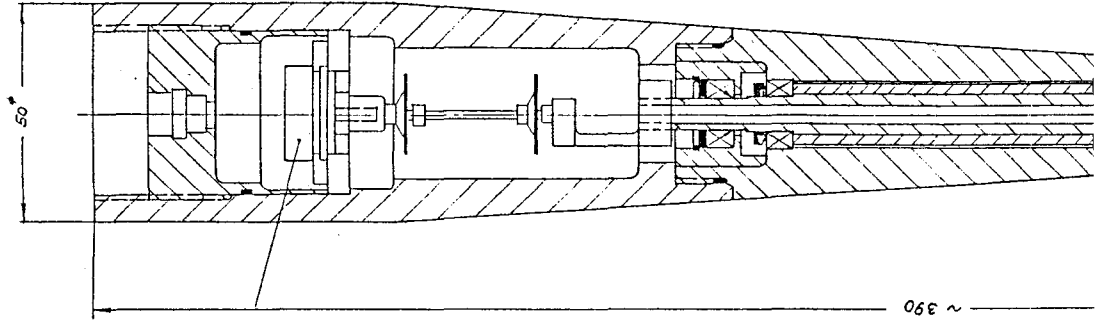
gefederte
Führungsrollen

← 675 [□] →

Planungsskizze für die
Messung von Fahrtgeschwin-
und Driftwinkel
M 1:5

Richtungsfahne

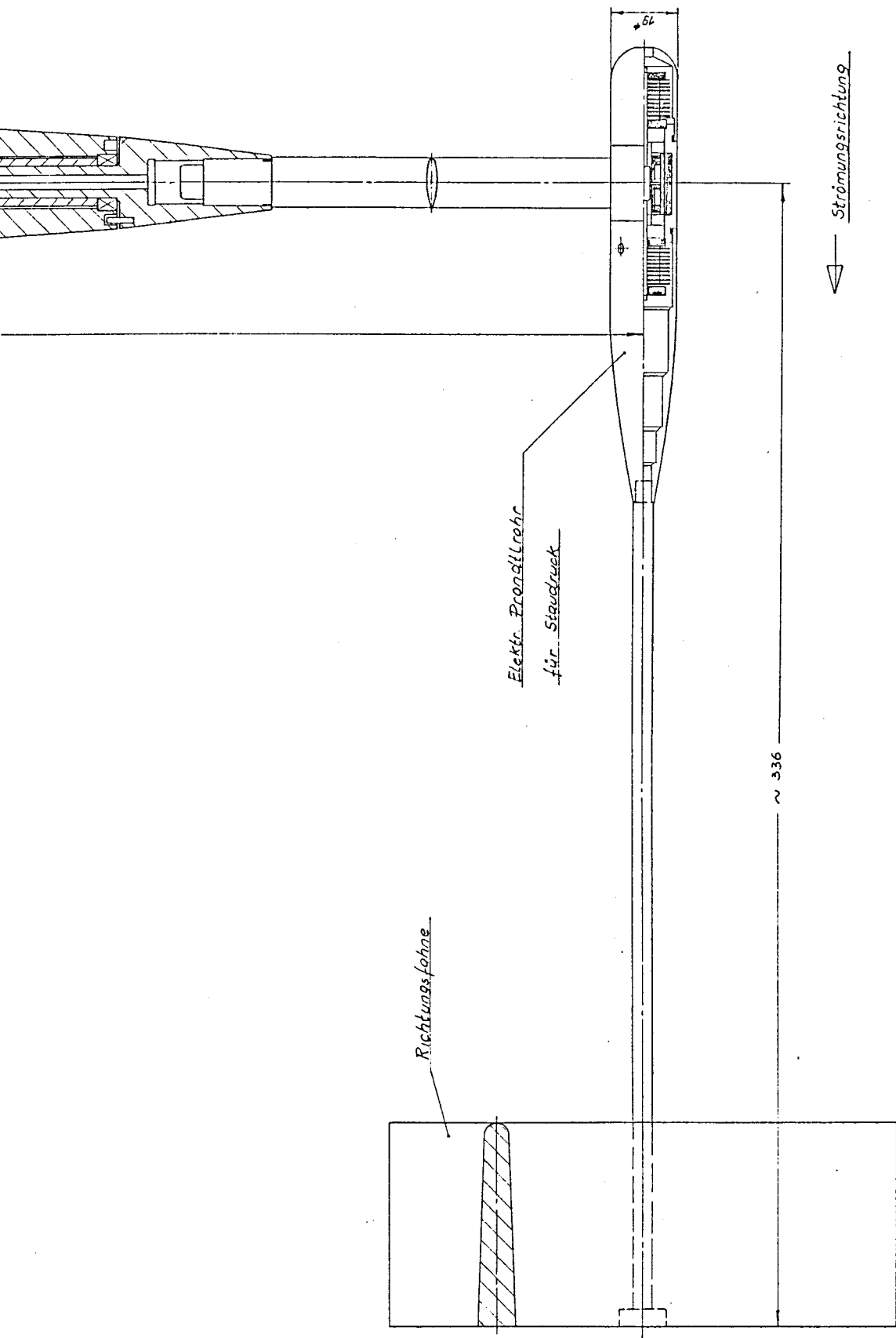
elektr. Prandl-Rohr



Logengeber für
Drittwinkel

JfS - Bodenlog
M:1

Fig. 7



Elektrisches Prandtl-Rohr mit Richtungslehne



