

POSEIDON REISE 72

FAHRTBERICHT

1. Einführung

Die 72. Reise der FS Poseidon fand zwischen dem 9. und 13. März 1981 im Skagerrak statt.

2. Teilnehmerliste

1. Prof. Dr.Dr.h.c.J.D. Woods (Fahrtleiter)
2. Dr. P.J. Minnett
3. J. Fischer
4. C. Meinke
5. J. Langhof
6. V. Rehberg
7. Dr. H. Leach
8. J. Bauer
9. S. Hesse

3. Zeitlicher Ablauf

9.3.81	10.00 Uhr	Abfahrt IfM-Pier
10.3.81	18.00 Uhr	Anfang der Batfish-Erprobungen im Skagerrak
12.3.81	15.00 Uhr	Ende der Erprobungen, Antritt Heimreise
13.3.81	18.00 Uhr	Ankunft IfM-Pier

4. Tätigkeiten

4.1. Erprobung des Batfish-Systems

Der Batfish wurde von der Einleiterschleppwinde über den geologischen Baum geschleppt. Das Ein- und Aussetzen mittels des geologischen Baumes erfolgte reibungslos. Das Schleppkabel hatte ein Durchmesser von 10 mm und war unverkleidet. Die Abhängigkeit der Schleppeigenschaften des Fisches von Kabellänge, Schiffsgeschwindigkeit und Steuerparametern wurde untersucht. Die Fähigkeit des vorhandenen Programms, den Fisch zu steuern, hing von der Schiffsgeschwindigkeit

ab, bei 4 Knoten und bei 10 Knoten folgte der Fisch der gewünschten Bahn relativ genau, bei 6 und 8 Knoten hatte das Programm Schwierigkeiten, den Fisch zu steuern. Da der Poseidon-Bordrechner (Nova) ausgefallen war, war es nicht möglich, die gewonnenen Erkenntnisse in Programmverbesserungen umzusetzen. Manueller Betrieb ermöglichte die Steuerung des Fisches bei allen Schiffsgeschwindigkeiten. Bei höherer Schiffsgeschwindigkeit (um 10 Knoten) litt die maximale Tauchtiefe unter dem Widerstand des Schleppkabels, die Leistung wäre sicherlich besser gewesen, wenn ein verkleidetes Kabel und breitere Tragflächen benutzt worden wären, außerdem schien das Hydrauliksystem bei dieser Geschwindigkeit überlastet zu sein. Der Fisch war insgesamt 18 Stunden in Betrieb.

4.2. Einleiterwinde

Am 12.3.81 wurde die Einleiterwinde, die gerade für 6000 m Kabel umgebaut worden war, ausprobiert. Die Übertragung des Signals von einer Multisonde schien problemlos zu sein.

4.3. Navigation

Während des Einsatzes des Batfishes wurde das Poseidon-Navigationssystem benutzt, den Schiffskurs zu zeigen und aufzunehmen. Gleichzeitig wurde Protokoll geführt. Zusätzlich wurde versucht, den Magnavox Satellitennavigator an das Navigationssystem anzuschließen. Dies gelang aber nicht.

Anhang:

Erprobung des Batfish-Systems

A. Kurzbeschreibung des Batfish-Systems

Das Batfish-System besteht aus einem weißen Kurzflügel-Hermes-Batfish mit einem Impellergetriebenen Hydrauliksystem und einer elektronischen Unterwassereinheit. Zur Steuerung des Fisches wurde das "IFM-Mikroprozessor-Kontrollsystem" entwickelt aus dem FWG-System, benutzt. Die Erprobung wurde ohne CTD-Meßsonde durchgeführt.

Eine ausführliche Beschreibung des benutzten Systems liegt vor (P.J. Minnett 1981).

B. Ziele der Erprobung

1. Zunächst sollte eine Kalibrierung des Drucksensors im Unterwasserteil gegen Drahtlänge durchgeführt werden.
2. Untersuchung der Abhängigkeit des Systems von Schleppgeschwindigkeit, Drahtlängen und Regelkreis-Parametern.

C. Durchführung der Experimente

Der Batfish wurde von der Einleiterschleppwinde über den Geologischen Baum ein- und ausgesetzt. Während der Schleppphase wurde das 10 mm Einleiterkabel über den A-Galgen geführt. Eine Zugmeßeinrichtung lieferte dem Kontrollsystem den jeweils vom Fisch ausgeübten Zug. Diese Größe sowie Soll- und Ist-Tiefe, Ruderwinkel der Batfish-Flügel gegen die Körperachse und das Rollen des Fisches wurden während der Versuche aufgezeichnet.

D. Ergebnisse der Erprobung

I. Kalibrierung des Drucksensors

Zur Kalibrierung des Drucksensors wurde der Fisch, zusätzlich beschwert mit 25 kg, in 50 m Schritten bis 200 m Wassertiefe gefiert. Die maximale Differenz zwischen Drahtlänge und Druckanzeige betrug 5 m bei 200 m Drahtlänge. Nach Abzug eines permanenten Offsets, die Windenanzeige wurde auf Null gesetzt, als der Schwanz des Fisches im Wasser war, nicht aber die Drucksonde, betrug die relativen Unterschiede $\sim 1-2\%$.

II. Schleppen mit manueller Steuerung

Zunächst wurde dann das Verhalten des Fisches bei manueller Steuerung untersucht. Die Steuerung erfolgte über ein Potentiometer an der Batfish-Kontrolleinheit, die ein Kontrollsignal gemäß

$$S_m = (RI-RS) * DI - ZUB * ZBB + MI$$

erzeugt.

Hierin sind:

RI - RS die Differenz zwischen gemessenem und gewünschtem Ruderwinkel

DI Gewichtungsfaktor

ZUB Gemessener Zug

ZBB Gewichtungsfaktor zur Zugbegrenzung

MI Mittelstellung des Hydraulik-Ventils

Die Schiffsgeschwindigkeit während dieser Experimente wurde von 3-10 Kn und die Schleplänge zwischen 100-200 m variiert.

Unabhängig von Schiffsgeschwindigkeit und Schleplänge folgte der Fisch den Steuerungssignalen. Die maximal und minimal erreichbaren Tauchtiefen waren stark abhängig von der jeweiligen Schiffsgeschwindigkeit und der Schleplänge (siehe Tabelle 1). Der

maximale Zug, gemessen von der Zugmeßeinrichtung, den der Fisch während der Tauchphase bei größtem Ruderwinkel ausübte, lag zwischen ~ 50 Kp bei 3 Kn bis ~ 600 Kp bei 10 Kn, also stets unterhalb des eingestellten Schwellenwertes $ZUB = 1000$ Kp.

III. Schleppen mit automatischer Steuerung

Die automatische Steuerung erfolgte nach vorgegebenen Tauchbereichen, d.h. gewählte minimale und maximale Solltiefe sowie gegebener Tauchgeschwindigkeit. Die zur Steuerung benutzte Regelkreisgleichung

$$S_a = (TS-TI) * DIA + (RI-RM) * DDI - ZUB * ZBB + (STES-STEI) * STEV + MI$$

besteht im wesentlichen aus drei Termen, erstens der gewichteten Druckdifferenz $(TS-TI) * DIA$, zweitens der -Abweichung des Ruderwinkels $(RI-RM) * DDI$ vom Mittelwert und drittens einem Differenzterm zwischen gewünschter und gemessener Druckänderung $(STES-STEI) * STEV$. Zusätzlich wird der Zugbegrenzungswert als Sicherheitsfaktor benutzt. - Die Änderung der Bewichtungsfaktoren der einzelnen Terme erlauben den Einfluß einzelner oder mehrerer Regelgrößen auf das Steuersignal zu variieren.

III.1. Horizontales Schleppen in automatischer Steuerung

Es sollte versucht werden, bei unterschiedlichen Schleppgeschwindigkeiten und verschiedenen Schlepplängen den Fisch entlang eines vorgegebenen Tiefenniveaus zu schleppen. Bei Schiffsgeschwindigkeiten von 3-4 Kn und 8-11 Kn folgte der Fisch einem konstanten Tiefenniveau innerhalb eines sehr kleinen Intervalls; im allgemeinen waren die Schwankungen kleiner als $\pm 0,5$ m (beste Werte $\pm 0,2$ m) (Abb. 1). Änderungen der Gewichtungsfaktoren beeinflussten das Verhalten bei horizontalem Schleppen nur wenig. Bei Schleppgeschwindigkeiten zwischen 5-8 Kn traten Instabilitäten auf, die den Fisch in unregelmäßigen Abständen zur Oberfläche kommen ließen. Änderungen der Gewichtungsfaktoren konnten dieses Verhalten nicht beheben. (Abb. 1a)

III. 2.1. Automatisches Schleppen bei 4 Kn Schiffsgeschwindigkeit und 150 m Drahtlänge

Zunächst sollte das Verhalten des Fisches in Abhängigkeit von der Tauchgeschwindigkeit untersucht werden (siehe Tabelle 2). Innerhalb der Grenzbereiche des Tauchintervalls, festgestellt durch manuelle Steuerung, wurden minimale (25 m) und maximale Solltiefe (45-52 m) gewählt und die Tauchgeschwindigkeit von 0,2-1,0 variiert. Der Fisch folgte dem vorgegebenen Sägezahn ziemlich treu, aber die eingestellten Grenzwerte wurden bei keiner der vorgegebenen Tauchgeschwindigkeit erreicht. Die gemessenen Extremwerte näherten sich den vorgegebenen um so besser an, je geringer die geforderte Tauchgeschwindigkeit war. Diese Tests wurden mit dem von der FWG gefundenen Parametersatz durchgeführt. Als nächstes sollte der Einfluß der Regelgrößen auf die Bahn des Fisches untersucht werden. Dazu wurde ein festes Tauchintervall von 25-48 m und die Tauchgeschwindigkeit von 0,5 m/s, bei der eine optimale Batfish-Bahn vorlag (d.h. gerade Flanken, scharfe Umkehrpunkte) gewählt.

III. 2.2. Die Bewichtungsänderung der Druckdifferenz $DIA = R2$ von $R2 = 0,6$ als (FWG-Standard) auf 0,3, 0,9, 1,2, 1,8 ergab eine Verbesserung der Bahn an den Flanken auf Kosten scharfer Umkehrpunkte bei kleinerem $R2=0,3$. Bei wachsenden Bewichtungsfaktoren werden die Flanken zunehmend unruhiger und die Umkehrpunkte schärfer. Die beste Bahn in dieser Versuchsreihe wurde bei $R2 = 0,6-0,9$ erreicht (Abb. 2).

III. 2.3. Die Bewichtungsänderung der Ruderwinkeldämpfung $DDI = R4$ wurde zwischen 0,02 - 0,2 geändert (FWG-Standard ist 0,04), die anderen Faktoren entsprachen dem FWG-Standard. Wachsende Ruderwinkeldämpfung hatte stark gerundete Umkehrpunkte zur Folge, außerdem wurden Schwankungen des Batfish-Körpers (Pitch) stark gedämpft.

Die besten Resultate dieser Versuchsreihe lagen bei R4 zwischen 0,04-0,1.

III.2.4. Änderung des Gewichtsfaktors STEV = R6 von 0,6-3,6 (1.2 FWG-Standard), bei Standard R2 und R4 ergaben etwa gleichbleibenden Tauchintervall und mit wachsendem R6 spitzere Umkehrpunkte. Die Tauchflanken des Sägezahns werden mit abnehmendem R6 unruhiger, die Steig-Flanken bleiben stabil (Abb. 3).

III.2.5. Kombination von verschiedenen Gewichtsfaktoren ergaben keine wesentliche Verbesserung gegenüber dem FWG Parametern. Die Kombination R2 = 0,9, R4 = 0,1, R6 = 1,2 schien leichte Verbesserung zu bringen (Abb. 4). Die Verbesserungen schienen nicht linear additiv zu sein.

III.2.6. Sägezahn mit kleiner Amplitude

Um die Grenzwerte für einen Sägezahn kleiner Amplitude festzustellen, wurde ein Soll Tauchbereich von 10 m gewählt und die Tauchgeschwindigkeit von 0,5 bis 2,0 m/s geändert. Zwischen 0,5 - 1,5 m/s ergaben sich saubere Bahnen mit leicht gerundeten Ecken, deren Tauchbereich von 7,5 m bei 0,5 m/s auf 4,5 m bei 1,5 m/s abnahm. Bei 2,0 m/s vermochte der Fisch den Steuersignalen nicht mehr zu folgen (Abb. 5).

III.3. Automatisches Schleppen bei 6-8 Kn Schiffsgeschwindigkeit und 150 m Drahtlänge

In diesem Geschwindigkeitsbereich war es nicht möglich, den Fisch einem vorgegebenem Sägezahn folgen zu lassen. Besonders an den oberen Umkehrpunkten oder kurz danach traten starke Instabilitäten auf, begleitet von großen Schwankungen in Pitch. Eine Änderung der Regelparameter brachte keine Verbesserung.

III.4. Automatisches Schleppen bei 10 Kn, 150 m Draht

Der gewählte Tauchbereich für diese Versuche lag zwischen 20-50 m (Tabelle 3).

III.4.1. Bei Tauchgeschwindigkeiten von 0,5 bzw. 1,0 m/s vermochte der Batfish einem konstanten Sägezahn zu folgen. Der gemessene Tauchbereich lag bei ~ 26 m verglichen mit dem geforderten von 30 m. Die Tiefen der Umkehrpunkte waren gegenüber den geforderten um 8 m (Minimaltiefe) und 12 m (Maximaltiefe) verschoben. Dieser Effekt ist wahrscheinlich auf den erhöhten Reibungswiderstand des Schleppkabels zurückzuführen. Bei Tauchgeschwindigkeiten von 1,5 m/s begann die Batfish-Bahn stark asymmetrisch zu werden. Ähnlich den Versuchen bei anderen Geschwindigkeiten waren die unteren Umkehrpunkte besser als die oberen. Diese Tests wurden mit dem FWG-Parametersatz durchgeführt.

III.4.2. Änderungen der Gewichtsfaktoren bei 10 Kn, 150 m Schlepplänge und Tauchgeschwindigkeiten von 0,5 m bzw. 1,0 m

Getestet wurden die Gewichtsfaktoren, die sich bei den 4 Kn Versuchen als Optimum herausstellten.

Änderung des Parameters R6 von 1,2 auf 2,4 ergaben bei beiden Tauchgeschwindigkeiten eine Verschlechterung der Bahn des Fisches.

Änderung des Faktors R2 von 0,6 auf 0,9 erweitert den Tauchbereich um ~ 15 % und verbessert die oberen Umkehrpunkte etwas.

Stärkere Dämpfung des Ruderwinkels, R4 von 0,04 auf 0,1 engt den Tauchbereich ein und rundet die Ecken.

Die Parameterkombination R2 = 0,9, R4 = 0,1 und R6 = 1,2 ergab die saubersten Sägezahnbahnen, wobei der Tiefenbereich gegenüber den Standardparametern etwas reduziert wurde (Abb. 6).

Bei 1,5 m/s Tauchgeschwindigkeit vermochte der Fisch den vorgegebenen Signalen nicht richtig zu folgen, insbesondere stellte sich

der maximale Ruderwinkel in der Tauchphase nur zögernd ein, was ein Effekt der für diese Geschwindigkeiten zu schwachen (schwach eingestellten) Hydraulik sein könnte.

E. Erkenntnisse, Probleme und Folgerungen aus den durchgeführten Experimenten

Insgesamt befand sich das BF-System 18 Stunden im Einsatz. Abgesehen von zwei defekten IC's im Unterwasserteil zu Beginn der Reise, für diesen Effekt konnte keine Erklärung gefunden werden, zumal die Unterwassereinheit nicht an den Mikroprozessor angeschlossen war, lief das Batfish-Kontrollsystem ohne Probleme. Anfängliche Schwierigkeit mit der Hydraulik ließen sich durch Nachfüllen von Hydrauliköl und Nachregelung des Hydraulik-Überdruckventils abstellen. Trotzdem schien die Hydraulik bei hohen Schleppgeschwindigkeiten verbunden mit großen Tauchgeschwindigkeiten etwas zu schwach, maximale Flügelstellungen genügend schnell zu generieren.

Im Bereich von 5-8 Kn war es nicht möglich, den Hermes-Batfish im automatischen Betrieb zu steuern, was wohl auf die spezifischen Eigenschaften des Körpers zurückzuführen ist. Abhilfe schaffen könnte hier vielleicht eine Erweiterung des Regelkreisalgorithmus derart, daß neben der Steuerung der Flügelstellung relativ zum Körper die Flügelstellung gegen die Horizontale unter Berücksichtigung des Pitch geregelt würde. Leider war eine derartige Programmänderung an Bord nicht möglich, da der Nova-Bordrechner wegen eines Defektes außer Betrieb war.

Tabelle 1 - Manueller Test, den maximalen Tauchbereich festzustellen abhängig von Geschwindigkeit und Kabellänge

Tiefe		Kabellänge	Geschwindigkeit Schiff	Zug
Min.	Max.			
	40 dbar	100 m	3 Kn	~50 Kp
20 m	70 dbar	200 m	4 Kn	
12 m	60 dbar	200 m	6 Kn	
	48 dbar	200 m	8 Kn	<400 Kp
20 m	54 dbar	150 m	4 Kn	
Oberfläche	47 dbar	150 m	8 Kn	<500 Kp
Oberfläche	* 42 dbar	150 m	10 Kn	<600 Kp

* Tiefster Punkt, der bei 10 Kn erreicht wurde.

Tabelle 2 - Schiffsgeschwindigkeit 4 Kn bei konstanter Drahtlänge von 150 m

Solltiefe (m)		Tauch/Steigrade (m/s)	R2 =DIA	R4 =DDI	R6 =STEV	IST (m)		Bemerkungen
Min.	Max.					Min.	Max.	
25	45	0.5	0.6	0.04	1.2	27	40	Sägezahn nicht ganz glatt Geringerer Tiefenbereich
25	45	1.0	0.6	0.04	1.2	30	39	
25	45	0.2	0.6	0.04	1.2	27	41	
25	42	0.5	0.6	0.04	1.2	27	38	
25	52	0.5	0.6	0.04	1.2	27	46	
25	48	0.5	0.6	0.04	1.2	27	43	Oberer Umkehrpunkt gut, unterer etwas rund
25	48	0.5	1.2	0.04	1.2	25	45	
25	48	0.5	1.8	0.04	1.2	25	46	Flanken des Sägezahns etwas unruhiger als bei 0.6 R2
25	48	0.5	0.9	0.04	1.2	25	44	
25	48	0.5	0.3	0.04	1.2	26	39	Flanken noch unruhiger
25	48	0.5	0.6	0.1	1.2	28	39	Verbesserung der Flanken
25	48	0.5	0.6	0.2	1.2	28	36	Flanken besser, stark gerundete Um- kehrpunkte
25	48	0.5	0.6	0.02	1.2	25	44	Pitch geringer als bei R4=0.04
25	48	0.5	0.6	0.06	1.2	26	41	Sehr runde Umkehrpunkte, Pitch stark gedämpft
25	48	0.5	0.6	0.04	2.4	26	42	Ecken scharf, Pitch stark schwankend
25	48	0.5	0.6	0.04	3.6	26	42	Flanken relativ stabil, Ecken ziem- lich scharf
25	48	0.5	0.6	0.04	0.6	26	44	Tiefenbereich wie bei 2.4, Umkehr- punkte spitzer
25	48	0.5	0.6	0.04	0.6	26	44	Absteigende Flanken unruhiger

Solltiefe (m)		Tauch/Steigrade (m/s)	R2 =DIA	R4 =DDI	R6 =STEV	IST (m)		Bemerkungen
Min.	Max.					Min.	Max.	
25	48	0.5	0.9	0.1	1.2	27	41	Gut
25	48	0.5	0.9	0.15	1.2	28	40	Gut, bis auf zeitweilige Instabilitäten
25	48	0.5	0.9	0.1	2.4	26	41	Pitch etwas stärker
25	48	0.5	0.6	0.04	1.2	23	41	<u>6 Knoten Schiffsgeschwindigkeit</u>
25	48	0.5	0.3	0.04	1.2			Folgt oberem Umkehrpunkte sehr schlecht
25	48	0.5	0.6	0.1	1.2			Pitch stark oszillierend Nicht verbessert

Tabelle 3 - Schiffsgeschwindigkeit 10 Knoten bei konstanter Drahtlänge von 150 m

Solltiefe (m)		Tauch/Steigrate (m/s)	R2 =DIA	R4 =DDI	R6 =STEV	IST (m)		Bemerkungen
Min.	Max.					Min.	Max.	
20	50	0.5	0.6	0.04	1.2	12	39	Oberer Umkehrpunkt nicht sauber, unterer besser Unterer Umkehrpunkt sauberer als bei 0.5 m/s Sägezahn asymmetrisch, kleinere Amplituden, Hydraulik unter Umständen zu schwach Starke Oszillationen des Fitches Obere Spitzen unsauber Gut, bis auf obere Umkehrpunkte Keine Druckschwankungen Ziemlich sauberer Sägezahn, bis auf oberen Umkehrpunkt Oberer Umkehrpunkt schwierig Sauberer Sägezahn, relativ gute Umkehrpunkte
20	50	1.0	0.6	0.04	1.2	10	37	
20	50	1.5	0.6	0.04	1.2	14	26	
20	50	0.5	0.6	0.04	2.4	5-12	32	
20	50	1.0	0.6	0.04	2.4	7-12	26-34	
20	50	0.5	0.9	0.04	1.2	12	42	
20	50	1.0	0.9	0.04	1.2	14	40	
20	50	0.5	0.6	0.1	1.2	16	31	
20	50	1.0	0.6	0.1	1.2	15	31	
20	50	0.5	0.9	0.1	1.2	15	35	
20	50	1.0	0.9	0.1	1.2	15	34	
20	50	1.5	0.9	0.1	1.2	15	35	

Abbildung 1

Experiment Batfish 03 11. 3. 81

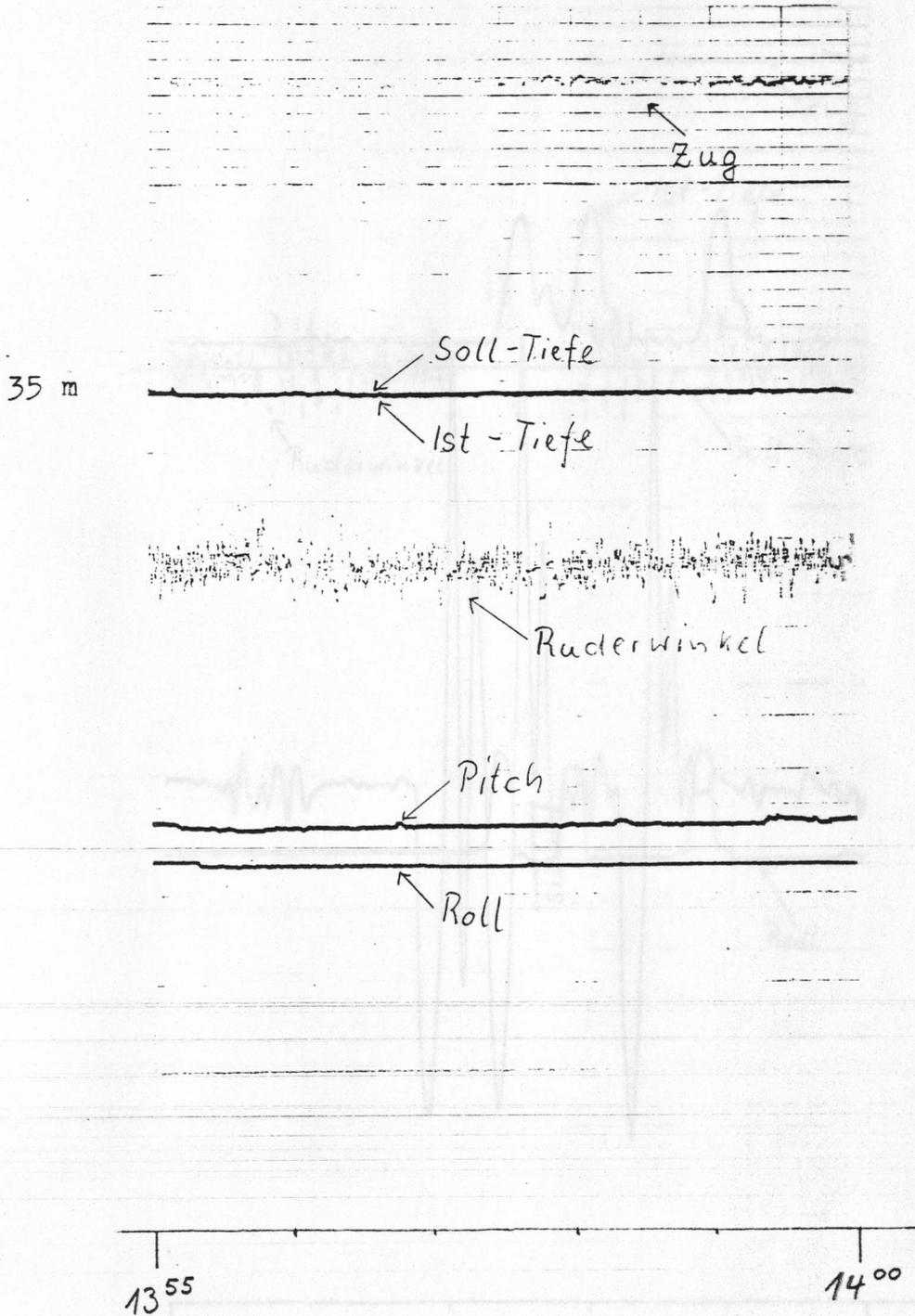


Abbildung 1a

Experiment Batfish 02 11. 3. 81

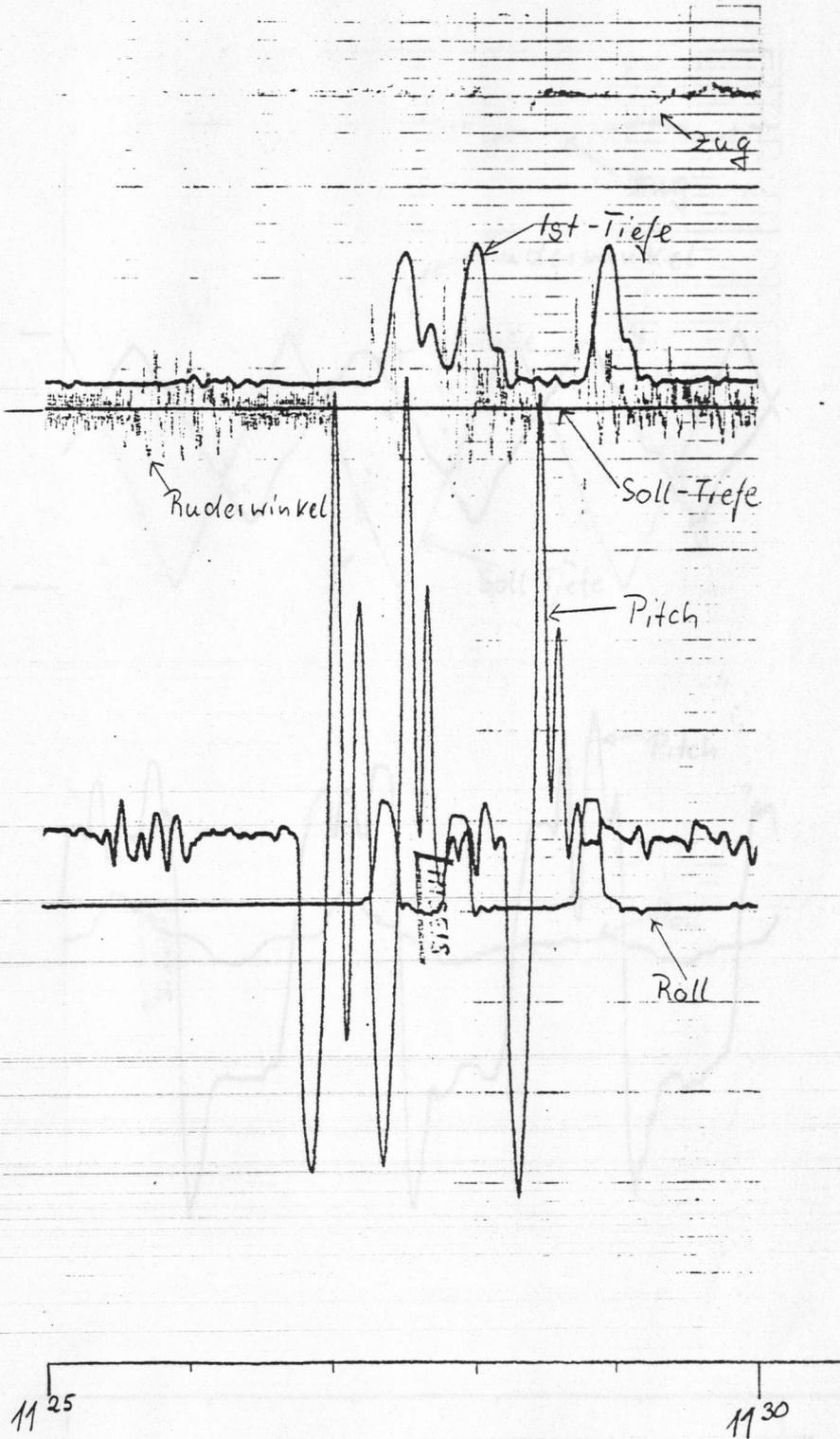
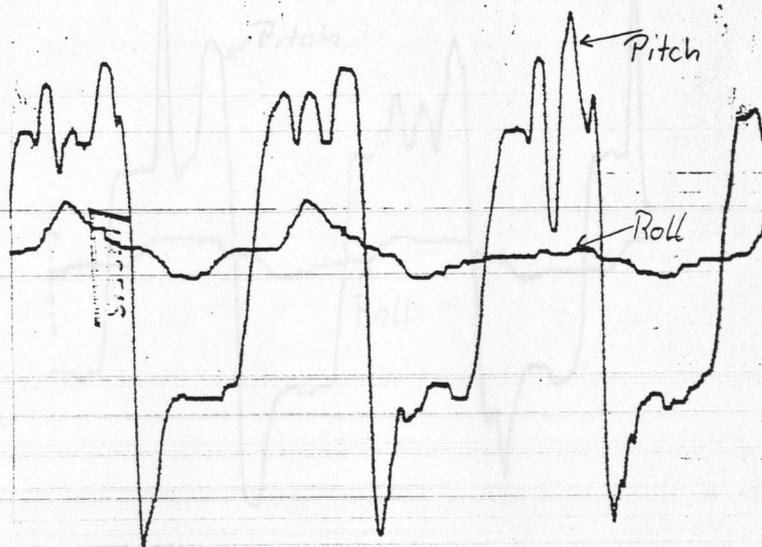
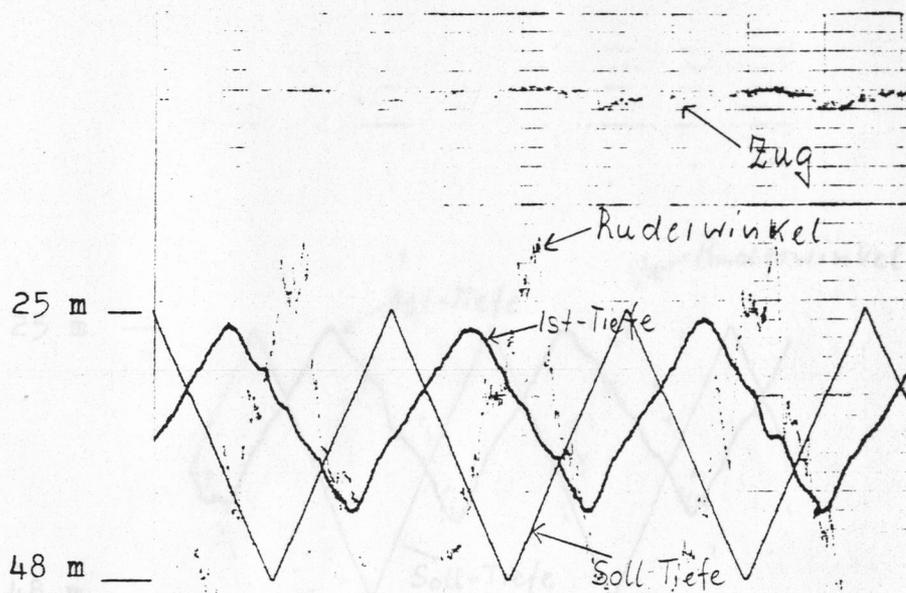


Abbildung 2

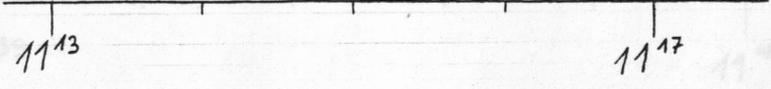
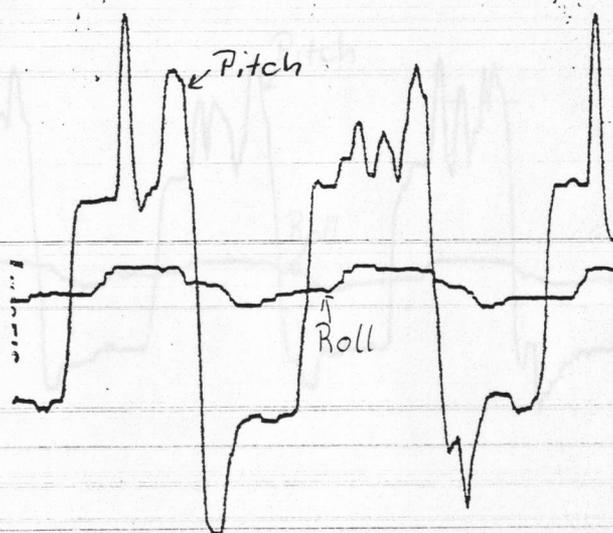
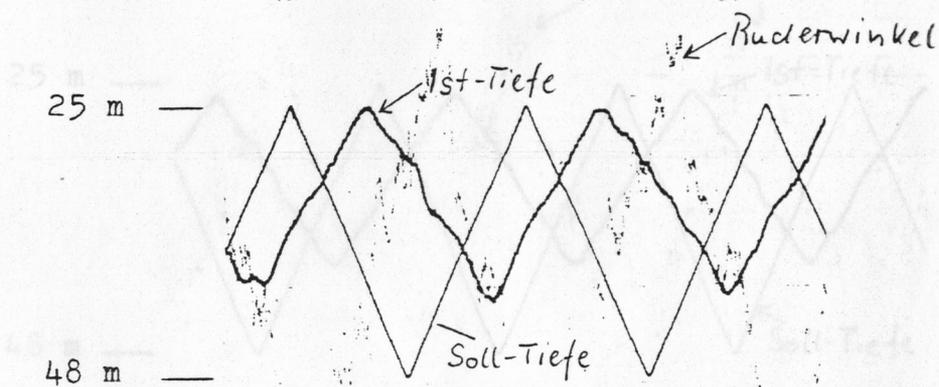
Experiment Batfish 05 12. 3. 81



942 947

Abbildung 3

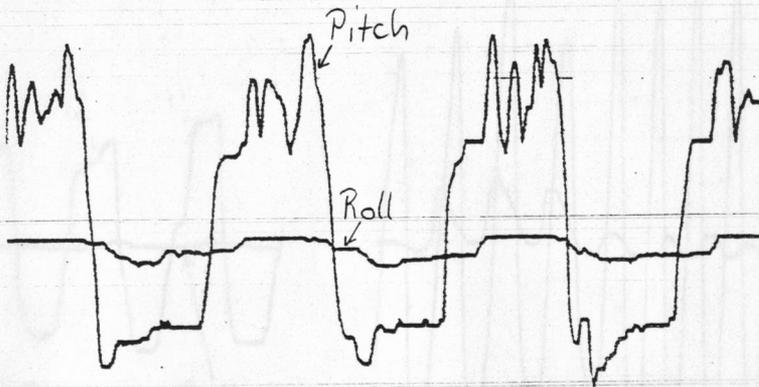
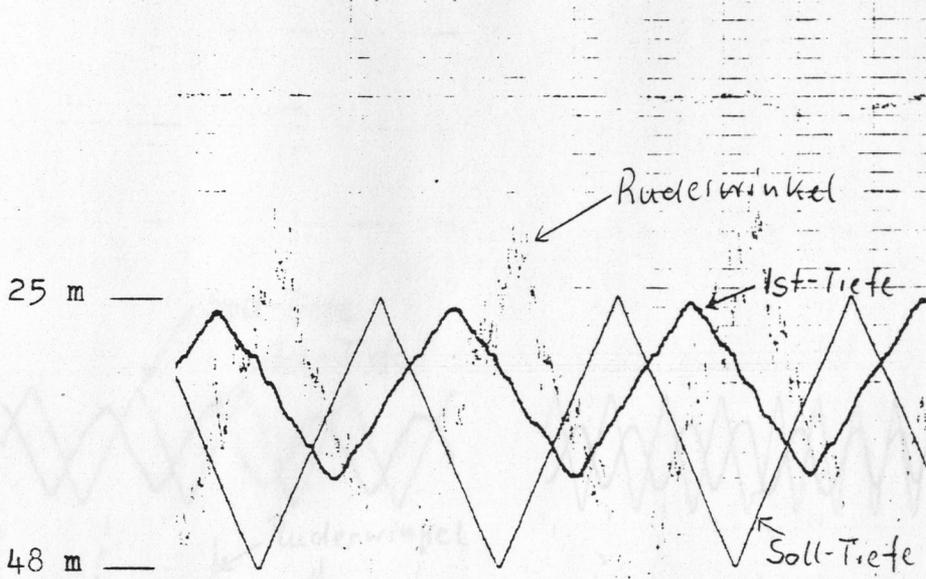
Experiment Batfish 05 12. 3. 81



Bildung 3

Abbildung 4

Experiment Batfish 05 12. 3. 81



11³⁹ 14⁰⁵ 14¹¹ 11⁴⁴ 14²⁰

Abbildung 5

Experiment Batfish 03 11. 3. 81

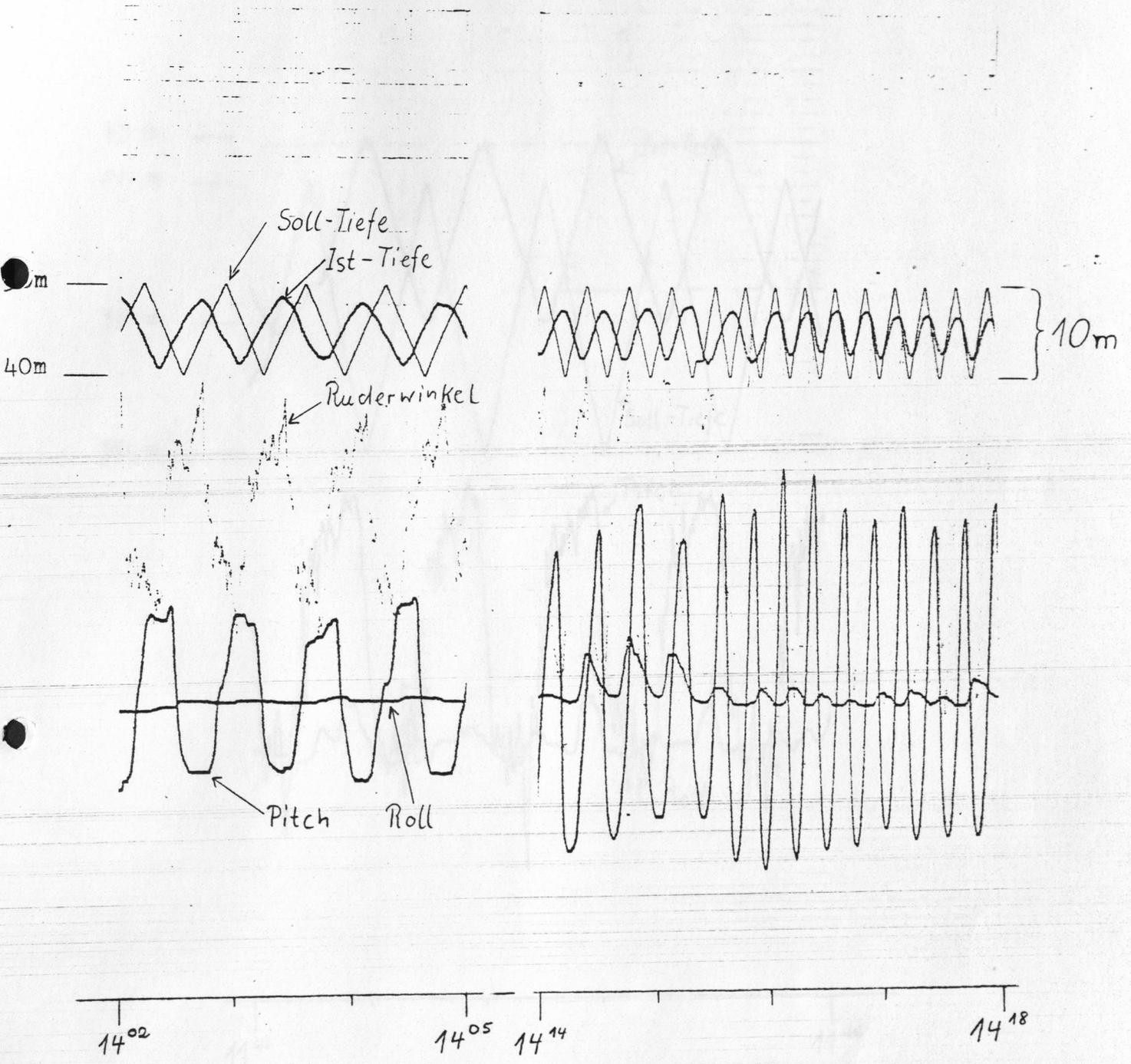


Abbildung 6

Experiment Batfish 05 12. 3. 81

