

SEADRAM - Akt

V. u. B.

Erprobungsstelle 71 der Bundeswehr

Eckernförde

Akustische Vermessung von
Forschungsschiff "POLARSTERN"

11. Ausfertigung



Meß/Versuchsprotokoll Nr. 333 - 624

Teilauftragsnummer					
F	0	8	1	7	101
ErpA Nr			Folge Nr		

Ausfertigungen: 15

Ausfertigungsnr. 11

Textseiten 11

P-Anlagen 20

Teilaufgabe (durchgeführt am/vom 27.06.85 bis

Akustische Vermessung von Forschungsschiff Polarstern

(Sach) Bearbeiter
BDir Arens

333-1 / 375

Org - Bez. / Tel.

zu WTW-Nr S 55 B/F.0817/00000 vom 29.05.85

Aufgabe: Wasserschallvermessung Forschungsschiff
"Polarstern"Auftraggeber/ Erpr.Ltr
Ang(t) Fröhlich

AFB SG Vc / 2639

Org - Bez. / Tel

A. Ergebnis in Kurzform; B. Zuverlässigkeit, Genauigkeit; C. Aussagefähigkeit des Ergebnisses

A. Die Ergebnisse der stationären akustischen Vermessung und der Vermessung der "Polarstern" in Fahrt werden in Form von Terzfilter- und Schmalbandanalysen vorgelegt. Aus dem Vergleich der Geräuschabstrahlung bei Betriebszuständen mit derjenigen bei Fahrt ist festzustellen, daß die Propeller und Strömungsgeräusche die Hauptgeräuschursache sind. Die Höhe der Geräuschabstrahlung ist durch die Wahl von Propellerdrehzahl/Steigungskombination in Grenzen von ca 10 dB zu beeinflussen.

B. Die Reproduziergenauigkeit des Meßverfahrens der Meßstelle beträgt ± 1 dB bei stationären Vermessungen und ± 2 dB bei Überlaufvermessungen.

C. - entfällt -

Dezernatsleiter

Brens

(Arens, BDir)

Die hier dargestellten Messungen, Prüfungen und Versuche sind ordnungsgemäß durchgeführt worden.

Baurmeister
Dr. Baurmeister, Bereichsleiter 330

Ausfertig. Nr.: (Auftraggeber) über 001-.....

Anlage zu:

Ausfertig. Nr.: Verteiler siehe P-
Seite 2, U 874

Ausfertig. Nr.:

Ausfertig. Nr.:

Inhaltsangabe:-

P - Seite

1.	Beschreibung der Aufgabe, Durchführung, Rand - bedingungen	4
2.	Meß- und Auswerteverfahren	5
3.	Meßergebnisse	6
3.1	Stationäre Vermessung von Einzelaggregaten	6
3.2	Vergleich der stationären Vermessungsergebnisse mit denen des WFS "Planet"	9
3.3	Vermessung von Überläufen	9
3.4	Vergleich stationärer Betrieb/Fahrtzustand	10
4.	Zusammenfassung	11

Verteiler:

BWB SG V 5	1. und 2. Ausfertigung
AFB SG V c	3. Ausfertigung
Forschungsanstalt für Wasserschall und Geophysik, Kiel	4. - 8. Ausfertigung
Alfred Wegener Institut, Bremerhaven	9. - 12. Ausfertigung
Forschungsschiff "Polarstern" über Alfred Wegener Institut, Bremerhaven	13. Ausfertigung
IHAK, Ottobrunn	14. Ausfertigung
Original und Verfügung zdA ErpSt 71 d Bw -333-	15. Ausfertigung (und Original)

P-Anlagenverzeichnis:

P-Anlage:

Meßprogramm	1 - 3
Schiffs- und Maschinendatenblatt	4
Lageplan Meßstelle Aschau	5
Blockschaltbild Meßdatenerfassung/Verarbeitung	6
Terzfilteranalysen A, A1, A2, A3, B, C, D; G V	7
Schmalbandanalyse A, G V	8
Schmalbandanalyse A1, G V	9
Terzfilteranalyse D, E, F, G, H, I; G V	10
Schmalbandanalyse E ; G V	11
Terzfilteranalyse D, K, K1, L, M, N, N2, O; G V	12
Schmalbandanalyse N2, G V	13
Schmalbandanalyse O, G V	14
Terzfilteranalyse O, P, P1, P2, Q, G V	15
Schmalbandanalyse P2, G V	16
Terzfilteranalyse 11, 22, 42, 51 G V	17
Terzfilteranalyse 111, 121, 141, 22, G V	18
Terzfilteranalyse Polarstern: 141, P1, "Planet": 4.1 G V 28.05.84	19
Schmalbandanalyse 141, G V	20

1. Beschreibung der Aufgabe, Durchführung, Randbedingungen

Das Forschungsschiff "Polarstern", bereedert von der Hapag Lloyd, fährt im Auftrag des Alfred Wegener Instituts, Bremerhaven und wird im wesentlichen für Aufgaben der Tiefseeforschung in polaren Gewässern eingesetzt. Für die Aufgabe der Meeresbodenprofilardarstellung wurde die Polarstern mit einer besonderen Sonaranlage (Sea-Beam) ausgerüstet, deren Sende-/Empfangsfrequenz bei 12,5 KHz liegt. Der Betrieb der Sea-Beam Anlage weist Störungen auf, wenn die Wassertiefe im zu vermessenden Seegebiet größer als 3000 m ist. In diesem Falle treten in den Randbeams des Empfängers keine verwertbaren Echos vom Meeresboden mehr auf. Da die Eigenstörpegelmessung am Sonarempfänger keinen Rückschluß auf die Störungen der Anlage zuließ, wurde auf Anraten der "Forschungsanstalt für Wasserschall und Geophysik" (FWG) in Kiel, die als Gutachter zur Stellungnahme zu den Störungen der Sea-Beam Anlage zugezogen wurde, empfohlen, eine akustische Vermessung der "Polarstern" durchzuführen. Nachdem die ErpSt 71 der Bw für die Durchführung der Vermessung vom BWB SG V 5 eine wehrtechnische Weisung erhielt, wurde am 06.06.85 eine Besprechung und Bordbegehung der "Polarstern" im Dock der Fa HDW, Kiel durchgeführt. Hierbei wurde das Meßprogramm, P-Anlagen 1 bis 3, festgelegt. Das Programm gliederte sich in einen Überlaufteil, bei welchem festgestellt werden sollte, ob bestimmte Drehzahl-/Steigungseinstellungen günstig hinsichtlich der Geräuschabstrahlung und damit im zu erwartenden Eigenstörpegel des Sea-Beam Empfängers sind. In einem zusätzlichen stationären Teil sollte der Einfluß der Hauptgeräuscherzeuger auf die Gesamtabstrahlung überprüft werden.

Einen Eindruck über die Maschinenausstattung der "Polarstern" vermitteln die Eintragungen im Schiffs- und Maschinendatenblatt (P-Anlage 4).

Bei der Bordbegehung am 06.06.85 wurde festgestellt, daß die Hauptgeräuscherzeuger, die im Datenblatt als elastisch gelagert angegeben sind, einfach elastisch auf Rahmen aufgestellt waren. Die Körper- und wasserschallisolierende Wirkung der elastischen Lagerung ist jedoch durch das Anflanschen starrer Rohre und Versorgungsleitungen an die Aggregate weitgehend eingeschränkt.

Die akustische Vermessung fand am 27.06.85 statt. Der zeitliche Ablauf der Vermessung sah zunächst das Fahrprogramm und anschließend die

stationäre Verankerung am Meßplatz 1 der Meßstelle Aschau (P-Anlage 5) und das Bearbeiten der stationären Zustände vor. Bereits bei den ersten Überläufen zeigte sich, daß die Geräuschabstrahlung des Forschungsschiffes das Meßsystem der Meßstelle total übersteuerte. Einbau einer zusätzlichen Dämpfung von 20 dB (Faktor 10) in den komplexen Abschlußwiderstand aller Hydrophonleitungen des Meßplatzes 1 war erforderlich, um überhaupt Angaben über die Höhe der Geräuschabstrahlung des Forschungsschiffes in Fahrt bekommen zu können. Infolge der Länge von 118 m und des mittleren Tiefganges von 10,20 m wurden im Gegensatz zu akustischen Vermessungen von kleineren Einheiten der Marine die Überläufe nur über die Sensoren des Meßplatzes 1 geführt. Am 27.06.85 herrschten folgende Umweltbedingungen:

Windrichtung: W
Windgeschwindigkeit: 6 m/s
Seegang: 2

2. Meß- und Auswerteverfahren

Die Lage des Meßplatzes 1 mit der Position seiner Sensoren, bezogen auf den vorgeschriebenen Überlaufkurs, zeigt der Kartenausschnitt (P-Anlage 5). Am Meßplatz mit einer Wassertiefe von 22 m waren die Hydrophone G V 80 m seitlich vom Überlaufkurs auf Gestell 1 m über Schlickboden, und G III A im Kurs auf Gestell 1 m über Schlickboden eingeschaltet. Bei den Sensoren handelt es sich um omnidirektionale Wasserschallwandler der Fa Brüel und Kjaer Typ 8101 mit Vorverstärkern. Die mittlere Empfindlichkeit der Sensoren beträgt - 48 (G V) und - 60.1 (G III A) dB relativ 1 V pro 1 µbar Schalldruck. Die Hydrophonausgangssignale werden über Seekabel ins Meßhaus geleitet und der Echtzeit-Meßdatenauswertung zugeführt (siehe P-Anlage 6). Diese besteht im wesentlichen aus einer analogen Terzfilterbank für den Frequenzbereich 3.15 Hz - 80 KHz, deren digitale Ausgangssignale im Sekundenrhythmus einem Prozeßrechner zugeführt werden.

Vom Start der Meßwerterfassung werden die Terzanalysen der Wandler signale im Rechner gesammelt und mit der frequenzabhängigen Hydrophonempfindlichkeit, der geschalteten Verstärkung/Dämpfung im Meßsystem, der jeweiligen Filterbandbreite und dem Abstand zum messenden Sensor korrigiert. Es entsteht

pro Sekunde eine Terzfilteranalyse des normierten Zielpegels in dB rel μPa in 1 m Abstand und bezogen auf 1 Hz Bandbreite. Die Analysen werden auf eine Datenplatte kopiert, die Dateibezeichnung entspricht der Überlaufbezeichnung. Jede Analyse ist mit der für sie relevanten Kopfinformation versehen, diejenige Analyse, die zeitlich am CPA (closest point of approach) zum messenden Sensor gezogen wurde, erhält eine Markierung. Im Anschluß an das Erfassen der Meßdaten erfolgt eine Meßdatenverarbeitung.

Die Verarbeitung unterscheidet sich bei Überläufen von der einer stationären Vermessung. Bei Überläufen und Messung mit seitlichem Sensor wird das Mittel aus 7s errechnet. Gemittelt werden hierbei Pegel, welches einen systematischen Fehler in die Auswertung einführt. Der Fehler ist jedoch vernachlässigbar gering, wenn das Schiff innerhalb von 7 s infolge seiner Längenausdehnung und seiner Geschwindigkeit durchs Wasser als quasi ortsfest zum messenden Sensor bezeichnet werden kann.

Bei stationären Vermessungen im verankerten Zustand ist das Schiff immer ortsfest zum messenden Sensor, hierbei wird das Pegelmittel aus 20 s (20 Terzfilteranalysen) errechnet.

Ergänzend zu den Terzfilteranalysen werden Analysen mit konstanter Auflösungsbandbreite (Schmalbandanalysen) dem Bericht beigelegt. Sie entstehen durch Digitalisierung des jeweiligen Hydrofonsignales, Schreiben der digitalen Abtastwerte in ein "Zeitfenster" und anschließend schnelle Fouriertransformation des Zeitfensterinhaltes. Das Verfahren, welches als Basicprogramm in einem mikrocomputergesteuerten FFT-Prozessor abläuft, rechnet um auf Zielpegel durch Berücksichtigung der frequenzabhängigen Sensorempfindlichkeit, der im Meßsystem geschalteten Gesamtverstärkung und der Distanz zwischen Quelle und Sensor. Die Zielpegelanalysen werden gestapelt und im Anschluß energetisch gemittelt. Wieviele statistisch voneinander unabhängige Spektren gemittelt wurden, wird auf der graphischen Darstellung ebenso mit verzeichnet, wie die für die Analysen relevante Auflösungsbandbreite.

3. Meßergebnisse

3.1 Stationäre Vermessungen von Einzelaggregaten

Ebenso wie bei Überläufen wurden bei der Bewertung der Geräuschpegel im

stationären Teil, die Meßergebnisse des Sensors G V, 80 m seitlich von der Schiffsmitte (Stb-Seite), herangezogen. In der P-Anlage 7 sind die Ergebnisse der Untersuchungen der E-Dieselaggregate einzeln und zusammen mit ihren Seewasser- und NT- und HT-Pumpen gemäß Programm für die Zustände A bis D als Terzfilteranalysen gegenübergestellt. Aus den Terzfilteranalysen sind folgende Schlußfolgerungen zu ziehen:

Die den Gesamtgeräuschpegel bestimmende Diskretfrequente ist die E-Dieseldrehfrequenz ($f_D = \frac{n}{60}$) im 12.5 Hz-Terzfilter. Sie ist nur beim Zustand A3 (Betrieb des Bb E-Dieselaggregates) um 15 - 20 dB geringer. Die Ursache dieser Erscheinung liegt in der Meßgeometrie begründet und bedeutet nicht notwendigerweise daß der Bb E-Diesel geräuschgünstiger ist. Zwischen dem Bb-Aggregat und dem Sensor an der Stb-Seite wirkt die Struktur des Schiffes schalldämmend. In allen dargestellten Meßergebnissen sind Pegelspitzen im 50 Hz Terzfilter (Zündfolgefrequenz aller Zylinder ($\frac{n}{120} \cdot 8$)) und 250 Hz-Filter (5. Harmonische der Zündfolgefrequenz aller Zylinder) erkennbar. Besonderheiten durch eine zusätzliche Pegelspitze im 160 Hz-Terzfilter und Pegelerhöhungen von bis zu 6 dB im Frequenzbereich oberhalb von ca 400 Hz treten beim Zustand A1 durch den Betrieb der Seewasserpumpe bei höherer Drehzahl auf.

Die Schmalbandanalyse des Zustandes A ist in P-Anlage 8 mit einer Auflösungsbandbreite von 1 Hz wiedergegeben. Sie zeigt die E-Dieseldrehfrequenz (13 Hz), die Zündfolgefrequenz aller Zylinder (50 Hz), deren 2. Harmonische (101 Hz) und die 5. Harmonische der Zündfolgefrequenz aller Zylinder (250 Hz) als wesentliche Linienpegel. Erkennbar sind Linien im Abstand von 50 Hz (Harmonische der Zündfolgefrequenz aller Zylinder der E-Diesel) und Linien im Abstand von 25 Hz, die vermutlich von der NT-Hilfspumpe erzeugt werden.

Bei Erhöhung der Drehzahl der Seewasserpumpe (A1) zeigt die Schmalbandanalyse (P-Anlage 9) eine zusätzliche Linie bei 148.5 Hz, die der 6. Harmonischen der Drehfrequenz der Pumpe entspricht.

Pegeländerungen in den Terzfilteranalysen durch Zuschalten des Hauptkompressors (A2) und der HT-Hauptpumpen B, C, D wurden nicht beobachtet, daher werden für diese Zustände auch keine zusätzlichen Schmalbandanalysen beigefügt.

Für die folgenden Betrachtungen der Zustände E bis I als Terzfilteranalysen in P-Anlage 10 wird die Terzfilteranalyse des Betriebes beider E-Diesel-

aggregate mit ihren HT- und NT-Hilfspumpen und Seewasserpumpen als Referenz zugefügt.

Im Frequenzbereich unterhalb von 100 Hz liefern die Einschaltzustände identische Ergebnisse, welches bedeutet, daß lediglich die E-Dieselegeneratoren für die Geräuschabstrahlung verantwortlich sind. Die Stb-Injektorpumpe (E) bewirkt Pegelerhöhungen im Frequenzbereich oberhalb von 100 Hz gegenüber dem E-Aggregatbetrieb um bis zu 15 dB. Ursache sind Harmonische der Drehfrequenz der Pumpe selbst und kavitationsbedingte Rauschpegel (siehe Schmalbandanalyse P-Anlage 11). Gegenüber den E-Dieselaggregaten (Zustand D) bewirkt der Betrieb von 4 elektrischen Schmierölpumpen (F) nur geringfügige Pegelanhebungen zwischen 400 Hz und 1.25 KHz, welches auch beim Betrieb der Getriebeölpumpen Bb und Stb und der beiden Getriebesteuerölpumpen (Zustand G) zu beobachten ist. Die Pegelanhebung durch den zusätzlichen Betrieb der Hydraulikpumpen für die Verstelleinrichtung (H, I) ergibt gegenüber den Ergebnissen der E-Aggregate (D) Terzpegelerhöhungen um bis zu 8 dB im Frequenzbereich oberhalb von 2 KHz. Diskretfrequente Anteile sind dabei nicht zu beobachten.

In der P-Anlage 12 sind die Meßergebnisse der Zustände K bis O gemäß Programm als Terzfilteranalysen dargestellt. Die Referenzanalyse (D) kennzeichnet hierbei wieder den Betrieb der E-Aggregate mit ihren NT-, HT- und Seewasserpumpen allein. Der Vergleich von D mit K1 zeigt, daß die Antriebsmaschine (Bb - außen) im Leerlauf bei 300 l/min im Frequenzbereich oberhalb 1 KHz keinen Beitrag zur Geräuschabstrahlung liefert. Die Pegelerhöhungen bei K sind im betrachteten Frequenzbereich durch die Hydraulik für die Verstelleinrichtung hervorgerufen. Nennenswerte Pegelerhöhungen gegenüber dem Betrieb der E-Aggregate allein (Zustand D), treten erst bei Zuschalten der Stb-innen- und Stb -außen Hauptmaschinen auf (Zustände M, N, N2, O). Abhängig von der Leerlaufdrehzahl der Hauptmaschinen wird dabei im Frequenzbereich unterhalb von 100 Hz die Motordrehfrequenz und ihre 2. Harmonische (O) im 8-, 10-Hz-Terzfilter und bei N2 im 10 Hz Terzfilter pegelbestimmend. Die Schmalbandanalysen der Zustände N2 und O sind als P-Anlagen 13 und 14 beigelegt.

Beim Zustand O war bereits der Stb-Hilfsdiesel abgesetzt und durch den Stb-Wellengenerator ersetzt. Dennoch zeigt die Schmalbandanalyse des

Zustandes noch den Einfluß des Bb E-Hilfsdiesels auf die Geräuschabstrahlung durch Harmonische im Abstand von 50 Hz. Dieser Zustand 0 ist dann Referenzanalyse für die weiteren Betrachtungen des Leerlaufgesamtbetriebes der Zustände P, Pl, P2 und Q als Terzfilteranalysen dargestellt in P-Anlage 15. Pegeländerungen und Frequenzverschiebungen treten nur noch im extrem tieffrequenten Bereich auf, infolge von Drehzahländerungen. Bei der höchsten gefahrenen Leerlaufdrehzahl von 650 l/min der Hauptmaschinen übt deren Drehfrequenz den pegelbestimmenden Einfluß auf die gesamte Geräuschabstrahlung aus. Aus der Schmalbandanalyse von P2 (P-Anlage 16) wird erkennbar, daß sie um fast 20 dB über der nächsthöheren Pegelspitze liegt.

3.2 Vergleich der stationären Vermessungsergebnisse mit denen des WFS "Planet"

Soll ein Forschungsschiff zu besonderen akustischen Untersuchungen als Träger akustischer Sensoreinrichtungen genutzt werden, so sind bauliche Maßnahmen bei der Konstruktion des Schiffes vorzunehmen, die den erzeugten Körperschall und den abgestrahlten Wasserschall in möglichst niedrigen Grenzen halten. Geht man davon aus, daß das Wehrforschungsschiff vorwiegend für solche Untersuchungen herangezogen werden soll, ist anzunehmen, daß seine Konstruktion nach den Richtlinien der Geräuschminderung vorgenommen sein sollte. Dennoch ist hier bereits anzumerken, daß im modernen Schiffbau heute Forderungen hinsichtlich der Geräuschabstrahlung gestellt und eingehalten werden, die unter dem liegen, was an Geräuschminderung mit dem WFS Planet realisiert ist.

Als Vergleich zur "Polarstern" wurde von dem WFS "Planet" der Betriebszustand aller E-Diesel-Aggregate mit Grundlast betrachtet.

Berücksichtigt man ferner, daß ein Vergleich wegen der Verankerung an unterschiedlichen Meßplätzen nur überschlagsmäßig durchgeführt werden kann und die Aussage auch nur für den hohen Frequenzbereich gilt, dann ist die "Polarstern" bei Betrieb beider E-Diesel ca sechsmal so laut wie die "Planet". Dieses gilt vorwiegend für den Frequenzbereich, in welchem die Sea-Beam-Anlage arbeitet.

3.3 Vermessung von Überläufen

Die Anzahl der durchgeführten und bewerteten Überläufe litt unter der

Zeitverzögerung, die für die Änderung des Meßsystems der Meßstelle Ausschau unbedingt erforderlich war. Der Umbau des Meßsystems wurde dadurch notwendig, weil die Geräuschabstrahlung der "Polarstern" in Fahrt so laut war, daß selbst in der Stellung geringster Empfangsempfindlichkeit alle Sensorsignale übersteuert waren. Eine weitere Verzögerung wurde dann dadurch verursacht, daß eine Dämpfung am Kabelende hinter der Nachbildung des komplexen Wellenwiderstandes des Seekabels, zu nichtlinearer Empfindlichkeitsverzerrung führte. Der Seekabelanschlußschrank mußte daher geöffnet werden und eine Modifikation der Kabelabschlußimpedanz vorgenommen werden. Die eingebrachte Dämpfung im Meßsystem von 20 dB (Faktor 10) erlaubte dann die Messung und Bewertung der Geräuschabstrahlung der "Polarstern" in Fahrt.

Im Geschwindigkeitsbereich von ca 6 bis 10 kn wurden 8 Überläufe durchgeführt, deren Ergebnisse als Terzfilteranalysen der seitlichen Geräuschabstrahlung in den P-Anlagen 17 und 18 dargestellt sind. Hierbei wurde zunächst die Propellerdrehzahl mit ca 180 1/min konstant gehalten und die Steigungshebelstellung von ca 7 auf ca 14 verändert (Überläufe 11, 22, 42, 51). Hieraus läßt sich ermitteln, daß in der Tendenz bei konstanter Drehzahl hohe Steigungshebelstellungen günstiger im Geräuschverhalten sind als niedrigere. Es wurde dann ein Überlauf mit Kombinatoreinstellung bei ca 7 kn (111) mit Handeinstellung bei Reduzierung der Propellerdrehzahl und Erhöhung der Steigungshebelstellung wiederholt (141). Vergleicht man die erzielten Ergebnisse miteinander, so ist festzustellen, daß bei der Sea-Beam-Frequenz Überlauf 22 die ungünstigste und 141 die günstigste Einstellung ist. Zwischen den Ergebnissen liegt eine Differenz von 10 dB (Faktor 3), obwohl der Unterschied in Geschwindigkeit nur ca 1.5 kn beträgt. Es gilt die generelle Regel, daß entgegen der Optimierung nach Kraftstoffverbrauch oder anderen Kriterien geräuschgünstig immer Fahrteinstellungen sind, bei denen geringe Drehzahlen der Wellen/Propeller mit hohen Steigungseinstellungen kombiniert werden.

3.4 Vergleich stationärer Betrieb/Fahrtzustand

In der P-Anlage 19 wird die geräuschgünstigste Fahrteinstellung gemäß Überlauf 141 dem Zustand P1 mit etwa gleicher Motordrehzahl gegenübergestellt. Hieraus wird erkennbar, daß die Geräusche der Antriebsmaschinen

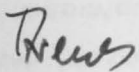
selbst nur noch im Frequenzbereich unterhalb von 100 Hz von Bedeutung sind. Im Frequenzbereich der Sea-Beam-Anlage zwischen 10 und 20 KHz wird die Geräuschabstrahlung nur noch durch die Propeller (Kavitation) und Strömungsgeräusch bestimmt. Dieses wird durch die Schmalbandanalyse in P-Anlage 20 belegt, die oberhalb ca 100 Hz außer Getriebelinien (331.5, 338 Hz) nur noch breitbandiges Geräusch enthält. Auch dieses Ergebnis läßt den Schluß zu, daß die "Polarstern" aufgrund ihrer hohen Geräuschabstrahlung als Trägerfahrzeug für Sonaranlagen wenig geeignet erscheint. In der P-Anlage 19 wird ein Überlauf des WFS "Planet" bei etwa gleicher Geschwindigkeit von 8.6 kn (41) mit dargestellt. Im Frequenzbereich zwischen 10 und 20 KHz ist die "Planet" um 20 - 25 dB leiser (Faktor 10) als die "Polarstern".

4. Zusammenfassung

Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der stationären akustischen Vermessung und die Vermessung des Forschungsschiffes "Polarstern" in Fahrt anhand von Terzfilter- und Schmalbandanalysen der Geräuschabstrahlung kommentiert. Besonderer Wert wurde auf die Betrachtung des Frequenzbereiches zwischen 10 und 20 KHz gelegt, in welchem die Arbeitsfrequenz der Sea-Beam-Sonarfrequenz liegt. Es wurde begründet, daß die Geräuschabstrahlung in Fahrt in diesem Frequenzbereich ausschließlich durch Propeller (Kavitation) und Strömungsgeräusche verursacht wird.

Die Höhe der Abstrahlung ist durch Wahl geräuschgünstiger Propellerdrehzahl/Steigungskombination in gewissen Grenzen zu beeinflussen (ca 10 dB). Generelle Regel hierbei ist, daß bei vorgegebener Fahrt die möglichst geringste Propellerdrehzahl bei der möglichst größten Steigung günstiger ist, als jede andere Kombination.

Verfasser:



Arens, BDir

Programm für die akustische Vermessung von "Polarstern" Forschungsschiff
DM: 27.06.85 IN: Aschau

Überlauf Nr.	Geschw. [Kn]	Drehzahl der Hauptmaschinen [1/min]		Drehzahl der Wellen [1/min]		Propeller- Stg. * Bb	Propeller- Stg * Stb	EDiMot Bb	EDiMot Stb	NT Hilfspumpe Bb	NT Hilfspumpe Stb	Seewasserpumpe Bb	Seewasserpumpe Stb	NT-Hauptpumpe Bb	NT Hauptpumpe Stb	HT-Hauptpumpe Bb	HT-Hauptpumpe Stb	4 elektr. Schmierölpe	Hydr. Verstelleinr. Bb	Hydr. Verstelleinr. Stb	Getriebeölpumpe Bb	Getriebeölpumpe Stb	Getriebesteuerölpe Bb	Getriebesteuerölpe Stb	AnDiMot Bb außen	AnDiMot Bb innen	AnDiMot Stb außen	AnDiMot Stb innen	Wellengenerator Bb	Wellengenerator Stb	Hauptkompressor	Injektorpumpe Stb	Kaltwassersatz	n. Ju. Verd.							
		Bb.	Stb.	Bb.	Stb.																																				
0		500	500					x																																	
P		500	500							x																															
P1		500	500							x																															
P2		650	650							x																															
Q		420	420							x																															

Anmerkung: * Hebelstellung; angekreuzt bedeutet in Betrieb; Drehzahl an Bordinstrumenten abgelesen

Überlauf Nr.	Geschw. [Kn]	Drehzahl der Hauptmaschinen [1/min]		Drehzahl der Wellen [1/min]		Propeller - Stg. * Bb	Propeller - Stg. * Stb	EDIMot Bb	EDIMot Stb	Wellengenerator Bb	Wellengenerator Stb	AndiMot Bb innen	AndiMot Bb außen	AndiMot Stb innen	AndiMot Stb außen	Injektorpp	Kaltwassersatz
		Bb.	Stb.	Bb.	Stb.												
11	10.1	660	660	180	180	15	13										
22	8.9	660	660	180	180	12	10										
42	7.2	660	660	180	180	9	7										
51	5.9	650	650	180	180	8	6										
111	7.6	560	580	154	162	12	11										mit Kombinator
121	9.2	560	560	158	160	16	14										
141	7.2	520	530	146	148	13	11										

Anmerkung: * Hebelstellung; Drehzahl an Bordinstrumenten abgelesen; Geschwindigkeit aus Weg-Zeit-Messung errechnet.

Schiffs- und Maschinendaten

Name F/S "Polarstern" Letzte Dockung Juni '85 HDW
 Typ Forschungsschiff Länge über alles 118 m
 Bauwerft HDW Kiel/WN Rendsburg Mittl. Tiefgang 10,20 m
 Indienststellung 09. Dez. 1982 Einsatzverdrängung 10870 BRT

HAUPTMASCHINEN

Antriebsart 4 Diesel-Mot Leistung a) 14116 kW
 b) kW
 Hersteller a) KHD Drehzahlbereich a) 380-650 1/min
 b) 1/min
 Typ a) RBV 8 M 540 Zylinderzahl a) 8 Reihe
 b)
 Stückzahl a) 4 Motoren pro Welle a) 2
 b)
 Lagerung a) ~~starr~~/elastisch Arbeitsprinzip a) 2-Takt/4-Takt
 b) starr/elastisch b) 2-Takt/4-Takt

GETRIEBE

Hersteller a) Renk Untersetzung a) 3565 : 1
 b) : 1
 Lagerung a) starr/elastisch Kupplung a) innerhalb Getriebe
 b) starr/elastisch b) ~~xxxxxxx~~ vor/hinter Getriebe
 Art a) Planet/Stirnrad Umkehrrad
 b) Planet/Stirnrad

PROPELLER

Hersteller Escher Wyss Durchmesser 4200 mm
 Stückzahl 2 Drehsinn Bb rechts/links
 Stb rechts/links
 Art Verstell-/Festpropeller Flügelzahl pro Propeller 4

E-DIESEL/TURBOGENERATOR

Hersteller a) MAK/AEG 2x Leistung a) 1290 kW
 b) kW
 Typ a) 8M 832 Drehzahlbereich a) 750 1/min
 b) 1/min
 Stückzahl a) 2 Zylinderzahl a) 8
 b)
 Lagerung a) starr/elastisch Arbeitsprinzip a) 2-Takt/4-Takt
 b) starr/elastisch b) 2-Takt/4-Takt

RÄUMAGGREGAT

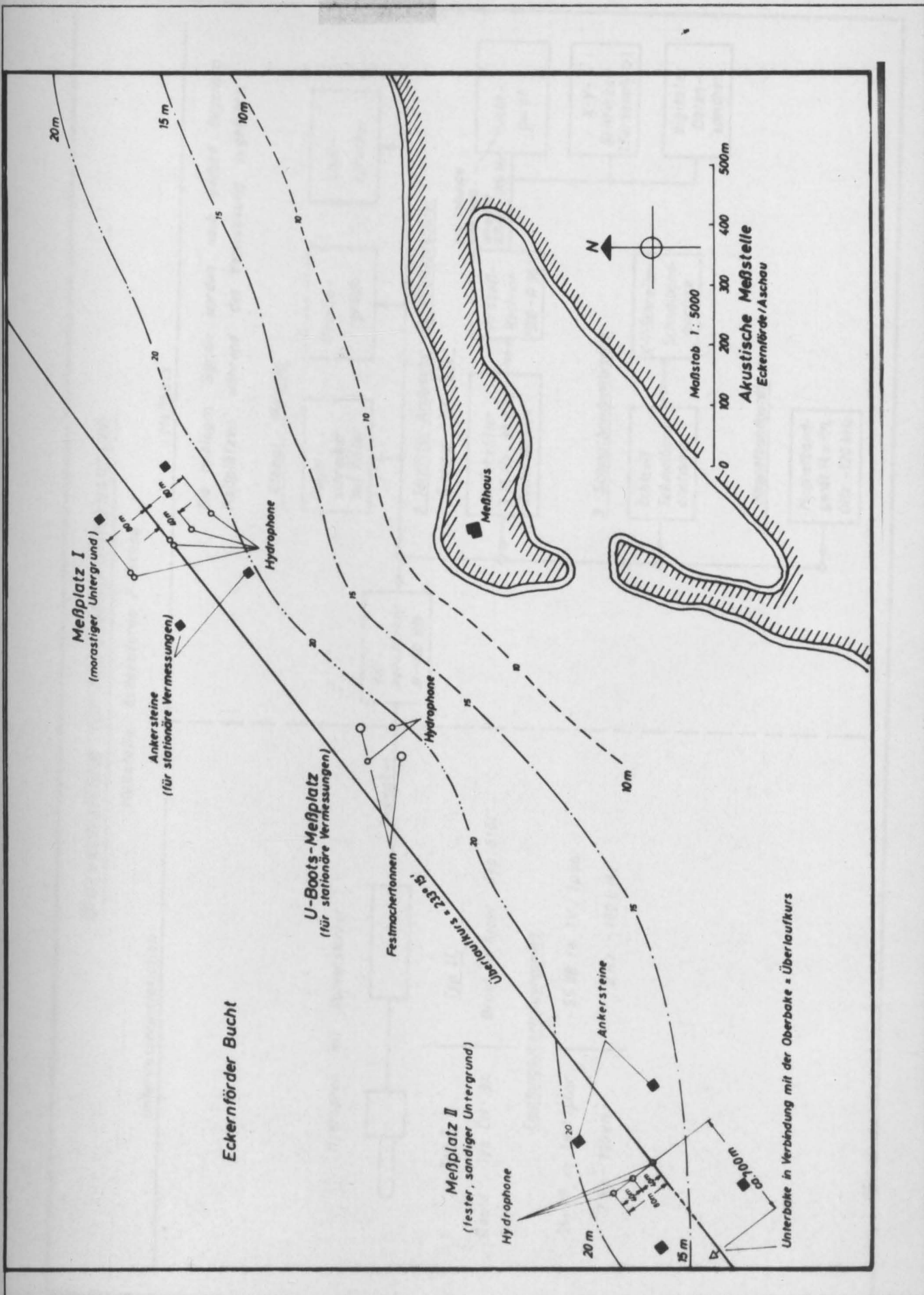
Antriebsart Leistung kW
 Hersteller Drehzahlbereich 1/min
 Typ Zylinderzahl
 Lagerung starr/elastisch Arbeitsprinzip 2-Takt/4-Takt

E 71 - KE 003

Erprobungsstelle 71
der Bundeswehr

Meß/ Versuchsprotokoll
Nr. 333 - 624

P - Anlage: 4



ERPROBUNGSSTELLE 71
DER BUNDESWEHR

MESS/VERSUCHSPROTOKOLL
NR 333 - 624

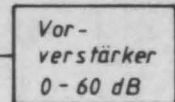
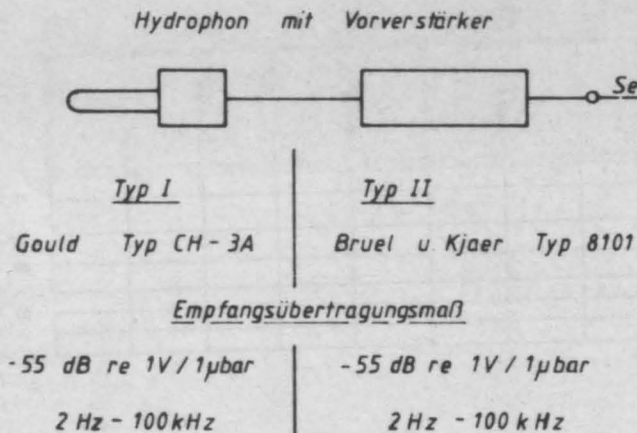
P-ANLAGE:

Blockschaltbild für Wasserschallmessungen

Meßstelle Eckernförde / Aschau

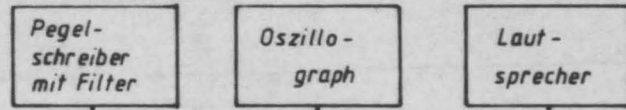
Unterwasserinstallation

Meßhaus



Die analogen Signale werden nach Bedarf folgenden Meßplätzen während der Vermessung zugeführt:

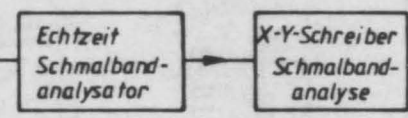
1. Global - Meßplatz



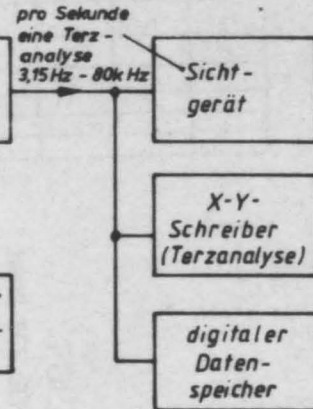
2. Terzfilter-Analysator mit Prozeßrechner
Siemens "300-R 30"



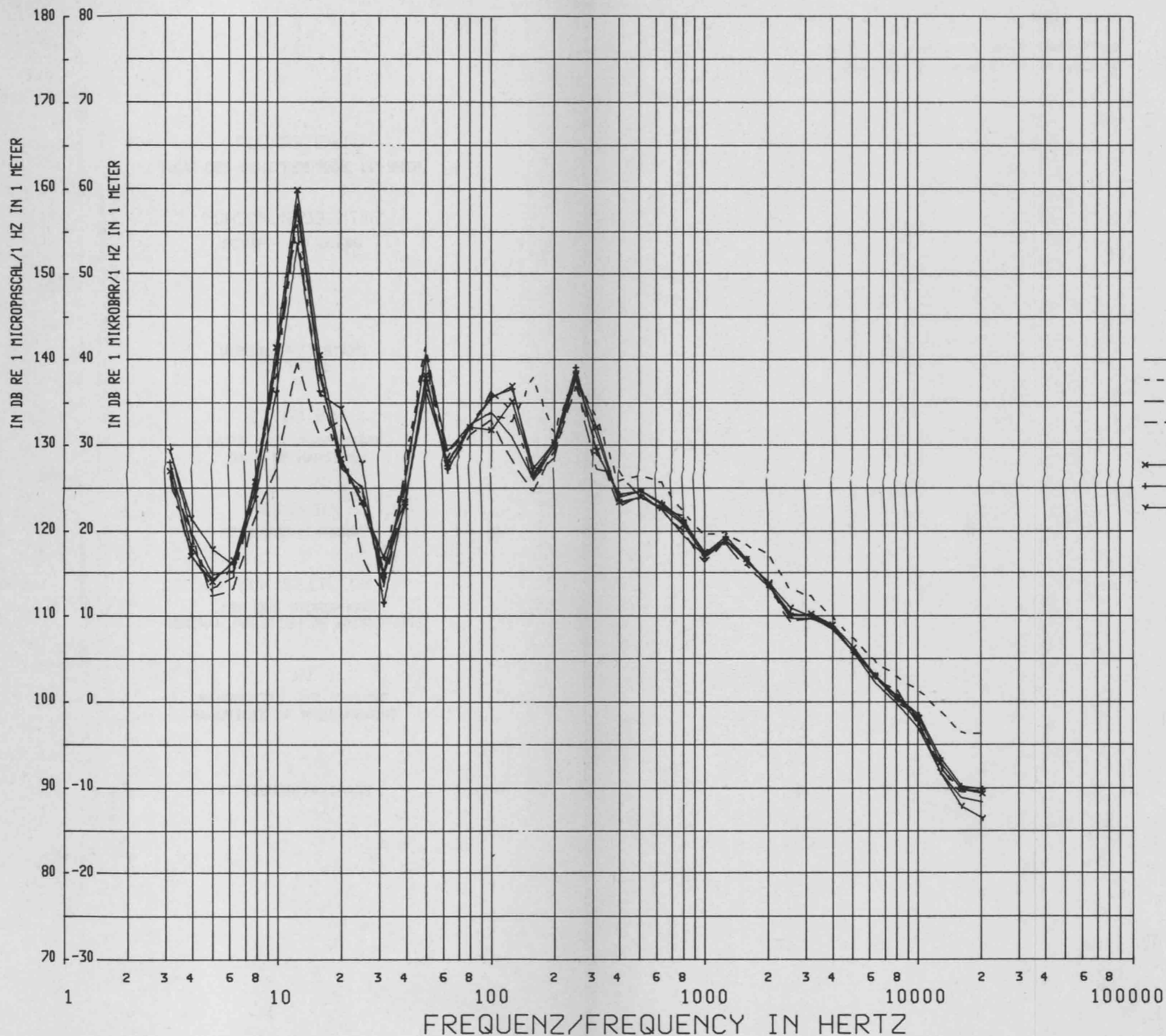
3. Schmalbandanalysator



4. Magnetbandgerät



MITTLERER SPEKTRALER SCHALLDRUCKPEGEL S_N
 MEAN PRESSURE SPECTRUM LEVEL S_N



POLARSTERN
 NAME DES SCHIFFES/NAME OF SHIP

FORSCHUNGSSCHIFF
 SCHIFFSTYP/CLASS

E-DIESEL-VERGLEICH

- A EDIMOT STB
- - - A1 WIE A SEEW. PP HOHE D
- - - A2 WIE A MIT HAUPTKOMP.
- - - A3 EDIMOT BB
- × × B WIE A STB PUMPEN
- + + C WIE A ALLE PUMPEN
- ∧ ∧ D WIE C BEIDE EDIMOTS

27.06.85
 DATUM DER VERMESSUNG
 DATE OF RANGING

ASCHAU
 MESS-STELLE/RANGE

G5 80 METER SEITLICH
 LAGE DES HYDROFONS
 NOMINAL POSITION OF HYDROFONE

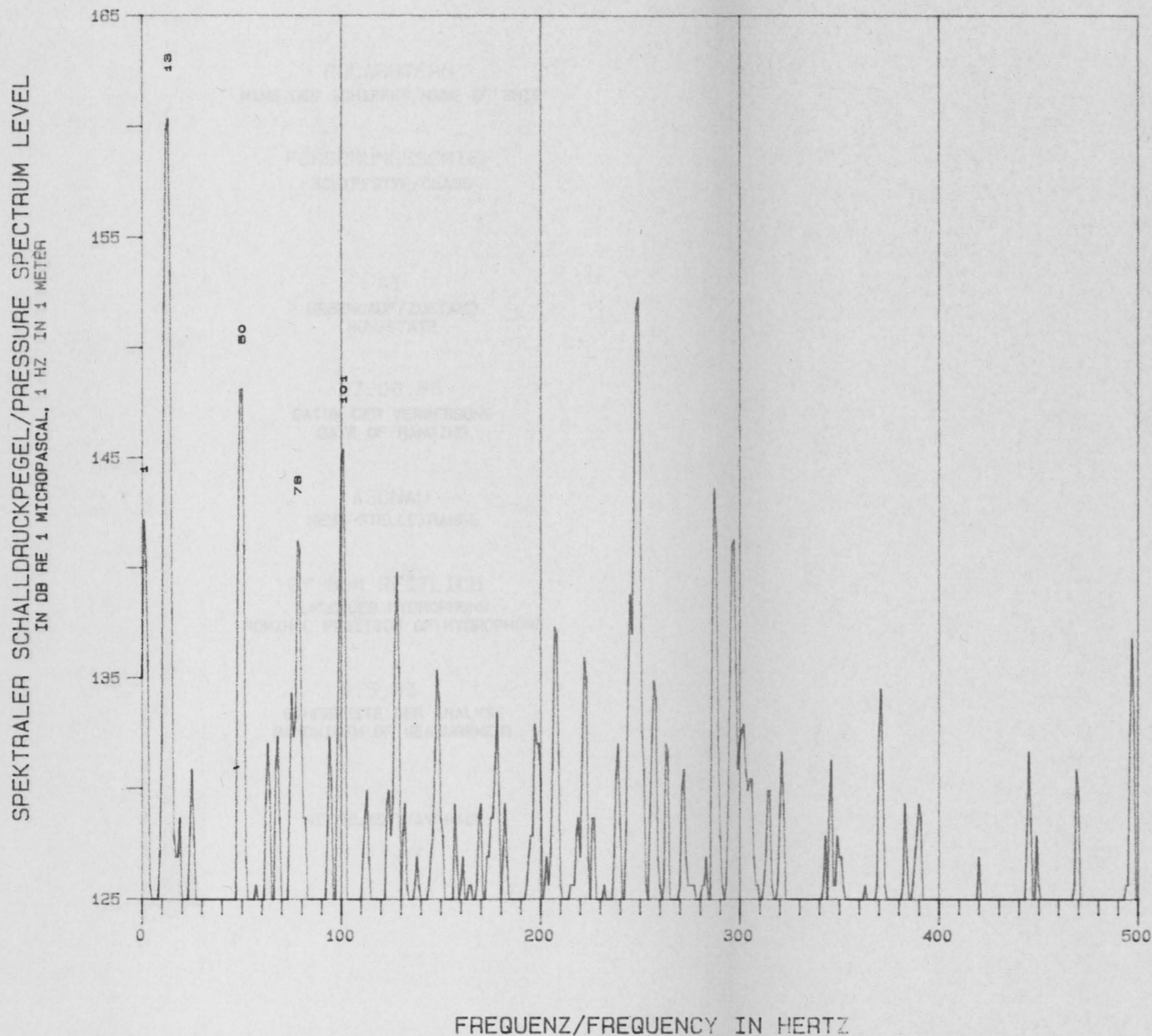
22 M
 WASSERTIEFE/DEPTH OF WATER

TERZ
 BANDBREITE DER ANALYSE
 BANDWIDTH OF MEASUREMENT

Erprobungsstelle 71 der Bundeswehr	Mess/Versuchsprotokoll Nr 333 - 624	P-Anlage: 7
---------------------------------------	----------------------------------------	-------------

LEISTUNGS-DICHTE SPEKTRUM

AUTO POWER SPECTRUM



POLARSTERN
NAME DES SCHIFFES/NAME OF SHIP

FORSCHUNGSSCHIFF
SCHIFFSTYP/CLASS

A
UEBERLAUF/ZUSTAND
RUN/STATE

27.06.85
DATUM DER VERMESSUNG
DATE OF RANGING

ASCHAU
MESS-STELLE/RANGE

GV 80M SEITLICH
LAGE DES HYDROPHONS
NOMINAL POSITION OF HYDROPHONE

1 HZ
BANDBREITE DER ANALYSE
BANDWIDTH OF MEASUREMENT

4
MITTELWERT/AVERAGE

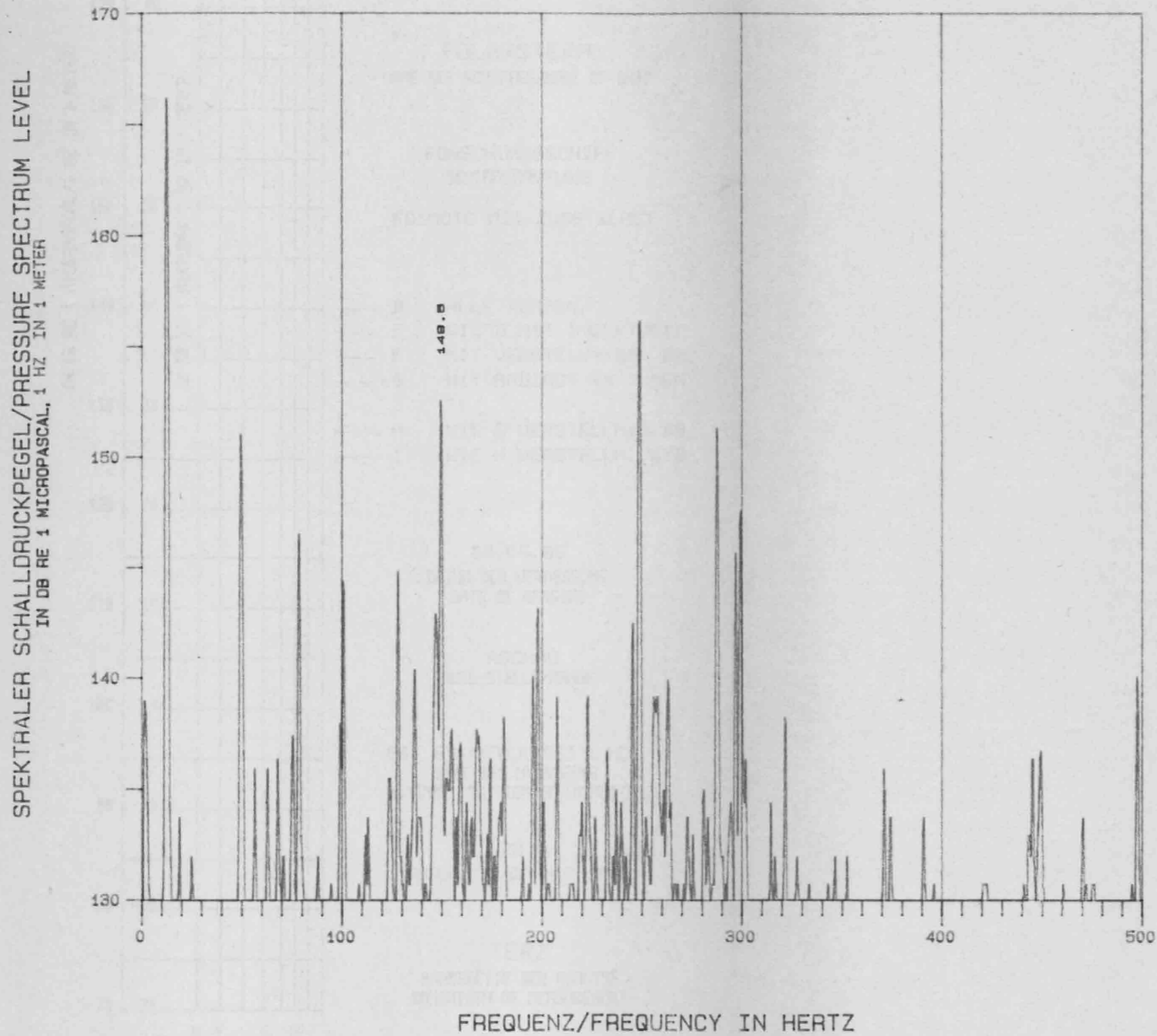
ERPROBUNGSSTELLE 71
DER BUNDESWEHR

MESS/VERSUCHSPROTOKOLL
NR 333 - 624

P-ANLAGE: 8

LEISTUNGS-DICHTE SPEKTRUM

AUTO POWER SPECTRUM



POLARSTERN
NAME DES SCHIFFES/NAME OF SHIP

FORSCHUNGSSCHIFF
SCHIFFSTYP/CLASS

A1
UEBERLAUF/ZUSTAND
RUN/STATE

27.06.85
DATUM DER VERMESSUNG
DATE OF RANGING

ASCHAU
MESS-STELLE/RANGE

GV 80M SEITLICH
LAGE DES HYDROPHONS
NOMINAL POSITION OF HYDROPHONE

0.5 HZ
BANDBREITE DER ANALYSE
BANDWIDTH OF MEASUREMENT

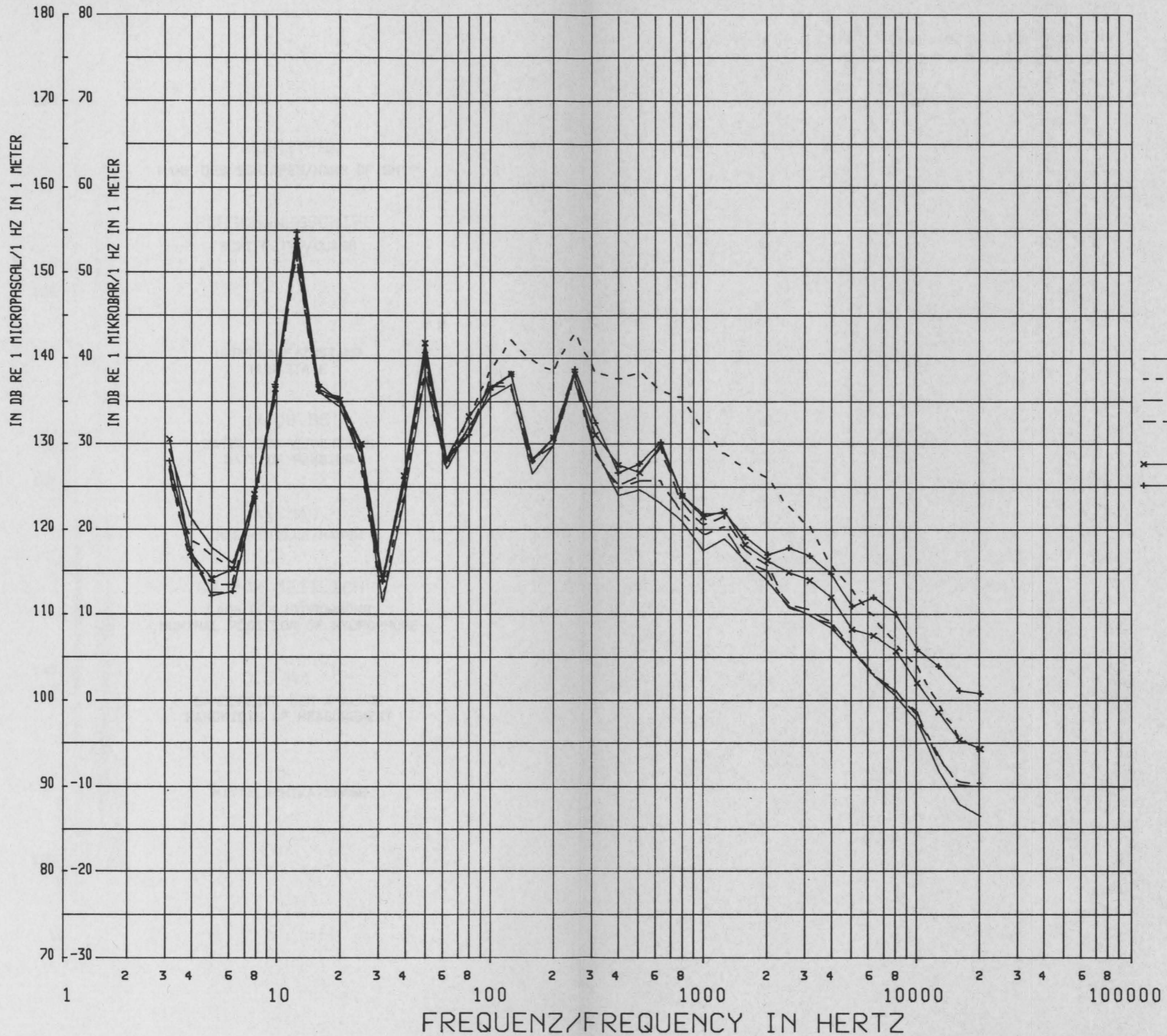
4
MITTELWERT/AVERAGE

ERPROBUNGSSTELLE 71
DER BUNDESWEHR

MESS/VERSUCHSPROTOKOLL
NR 333 - 624

P--ANLAGE: 9

MITTLERER SPEKTRALER SCHALLDRUCKPEGEL S_N
 MEAN PRESSURE SPECTRUM LEVEL S_N



POLARSTERN
 NAME DES SCHIFFES/NAME OF SHIP

FORSCHUNGSSCHIFF
 SCHIFFSTYP/CLASS

EDIMOTS MIT ZUSATZLAST

- D ALLE PUMPEN
- - - E WIE D MIT INJEKTORPP
- - - F MIT VERSTELLHYDR. BB
- - - G MIT ANDIMOT BB INNEN
- * * * H WIE G VERSTELLHYD. BB
- ← ← ← I WIE H VERSTELLH. STB

27.06.85
 DATUM DER VERMESSUNG
 DATE OF RANGING

ASCHAU
 MESS-STELLE/RANGE

G5 80 METER SEITLICH
 LAGE DES HYDROFONS
 NOMINAL POSITION OF HYDROFONE

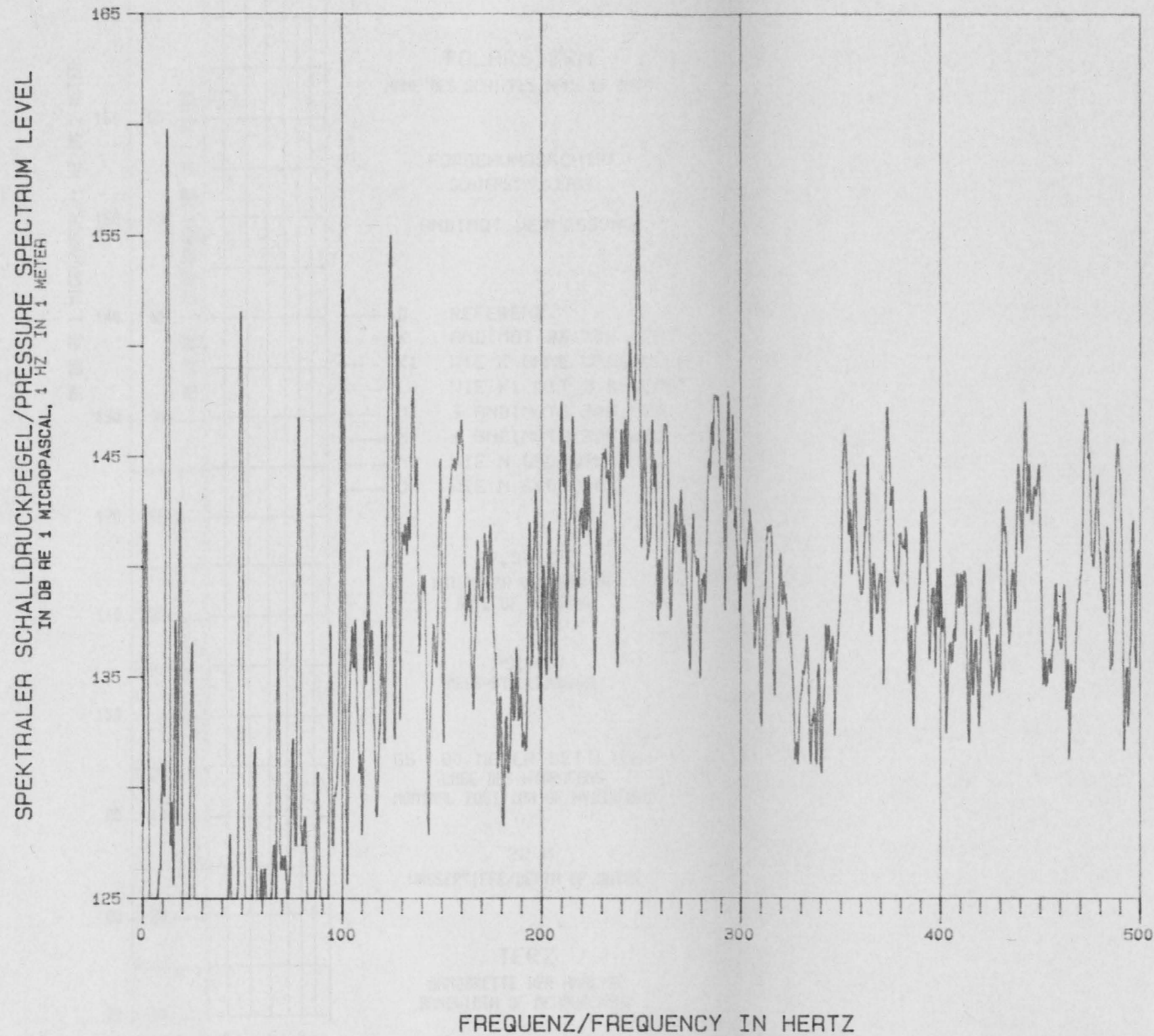
22 M
 WASSERTIEFE/DEPTH OF WATER

TERZ
 BANDBREITE DER ANALYSE
 BANDWIDTH OF MEASUREMENT

Erprobungsstelle 71 der Bundeswehr	Mess/Versuchsprotokoll Nr 333 - 624	P-Anlage: 10
---------------------------------------	----------------------------------------	--------------

LEISTUNGS-DICHTE SPEKTRUM

AUTO POWER SPECTRUM



POLARSTERN
NAME DES SCHIFFES/NAME OF SHIP

FORSCHUNGSSCHIFF
SCHIFFSTYP/CLASS

E
UEBERLAUF/ZUSTAND
RUN/STATE

27.06.85
DATUM DER VERMESSUNG
DATE OF RANGING

ASCHAU
MESS-STELLE/RANGE

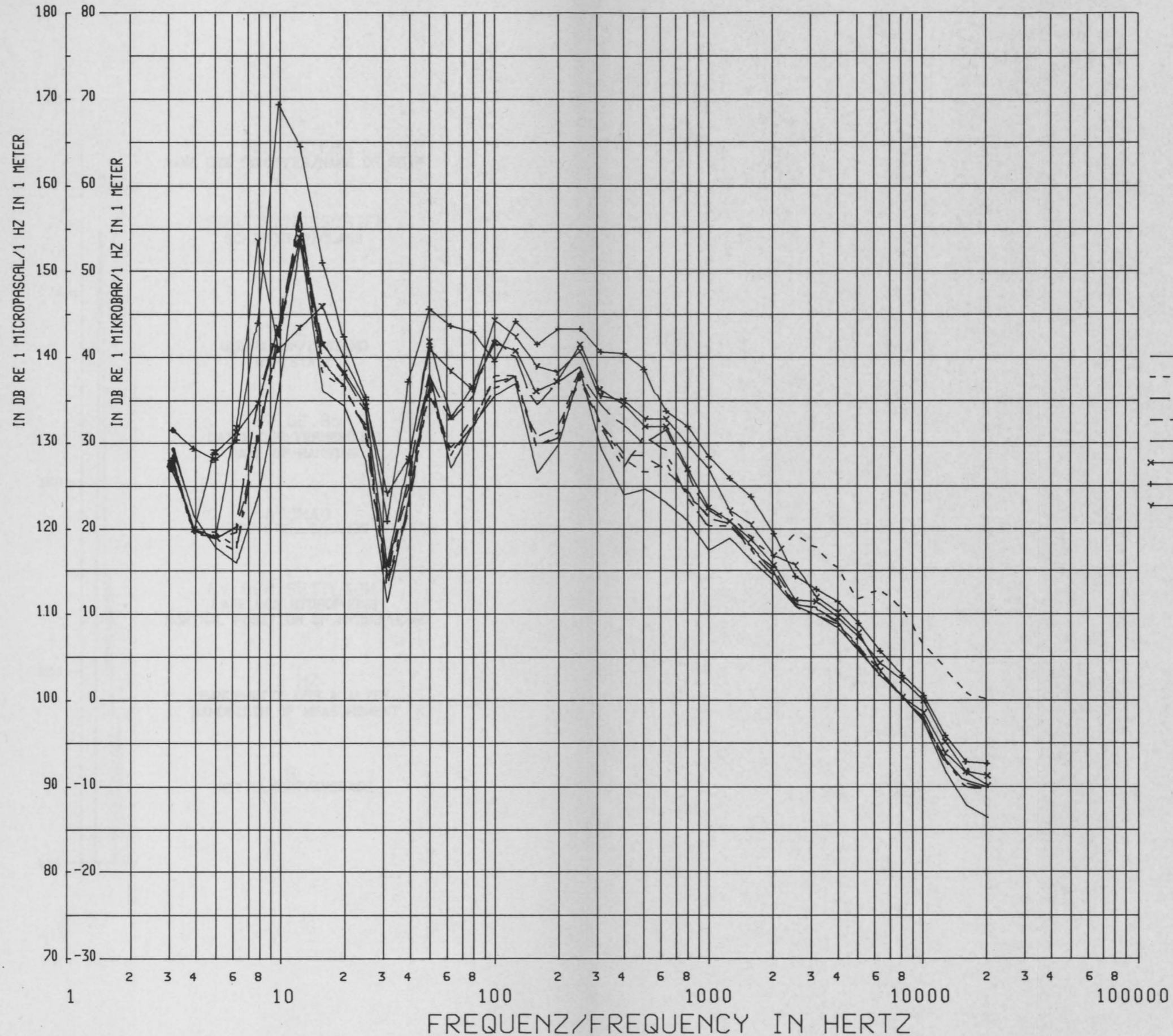
GV 80M SEITLICH
LAGE DES HYDROPHONS
NOMINAL POSITION OF HYDROPHONE

0.5 HZ
BANDBREITE DER ANALYSE
BANDWIDTH OF MEASUREMENT

8
MITTELWERT/AVERAGE

ERPROBUNGSSTELLE 71 DER BUNDESWEHR	MESS/VERSUCHSPROTOKOLL NR 333 - 624	P-ANLAGE: 11
---------------------------------------	----------------------------------------	--------------

MITTLERER SPEKTRALER SCHALLDRUCKPEGEL S_N
 MEAN PRESSURE SPECTRUM LEVEL S_N



POLARSTERN
 NAME DES SCHIFFES/NAME OF SHIP

FORSCHUNGSSCHIFF
 SCHIFFSTYP/CLASS

ANDIMOT VERMESSUNG

- D REFERENZ
- - - K ANDIMOT BB 300 UPM
- - - K1 WIE K OHNE VERSTELLH
- - - L WIE K1 MIT 2 ANDIMOT
- M 3 ANDIMOTS 300 UPM
- x—x N 4 ANDIMOTS 300 UPM
- +—+ N2 WIE N 650 UPM
- y—y O WIE N 500 UPM

27.06.85
 DATUM DER VERMESSUNG
 DATE OF RANGING

ASCHAU
 MESS-STELLE/RANGE

G5 80 METER SEITLICH
 LAGE DES HYDROFONS
 NOMINAL POSITION OF HYDROFONE

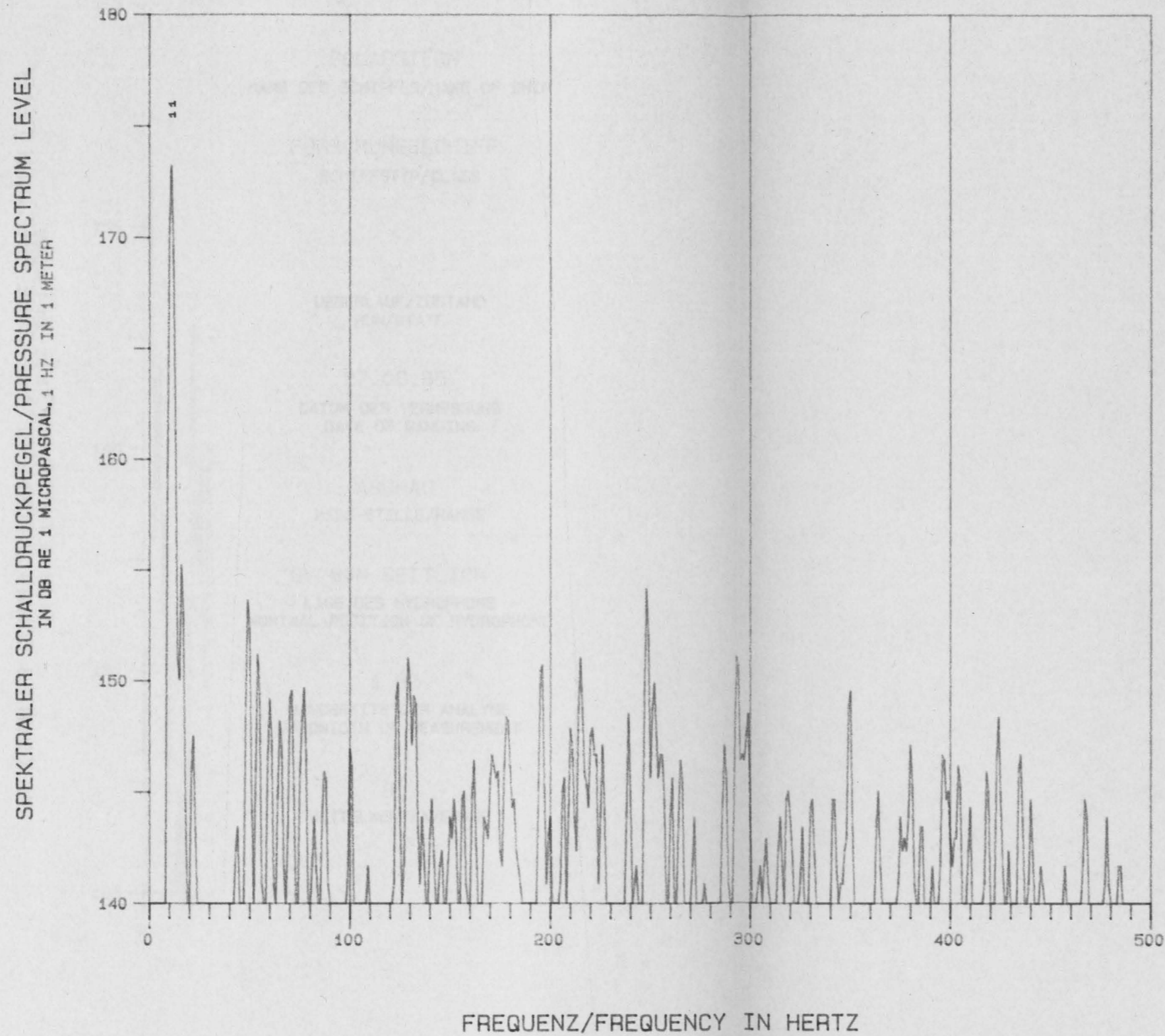
22 M
 WASSERTIEFE/DEPTH OF WATER

TERZ
 BANDBREITE DER ANALYSE
 BANDWIDTH OF MEASUREMENT

Erprobungsstelle 71 der Bundeswehr	Mess/Versuchsprotokoll Nr 333 - 624	P-Anlage: 12
---------------------------------------	----------------------------------------	--------------

LEISTUNGS-DICHTE SPEKTRUM

AUTO POWER SPECTRUM



POLARSTERN
NAME DES SCHIFFES/NAME OF SHIP

FORSCHUNGSSCHIFF
SCHIFFSTYP/CLASS

N2
UEBERLAUF/ZUSTAND
RUN/STATE

27.06.85
DATUM DER VERMESSUNG
DATE OF RANGING

ASCHAU
MESS-STELLE/RANGE

GV 80M SEITLICH
LAGE DES HYDROPHONS
NOMINAL POSITION OF HYDROPHONE

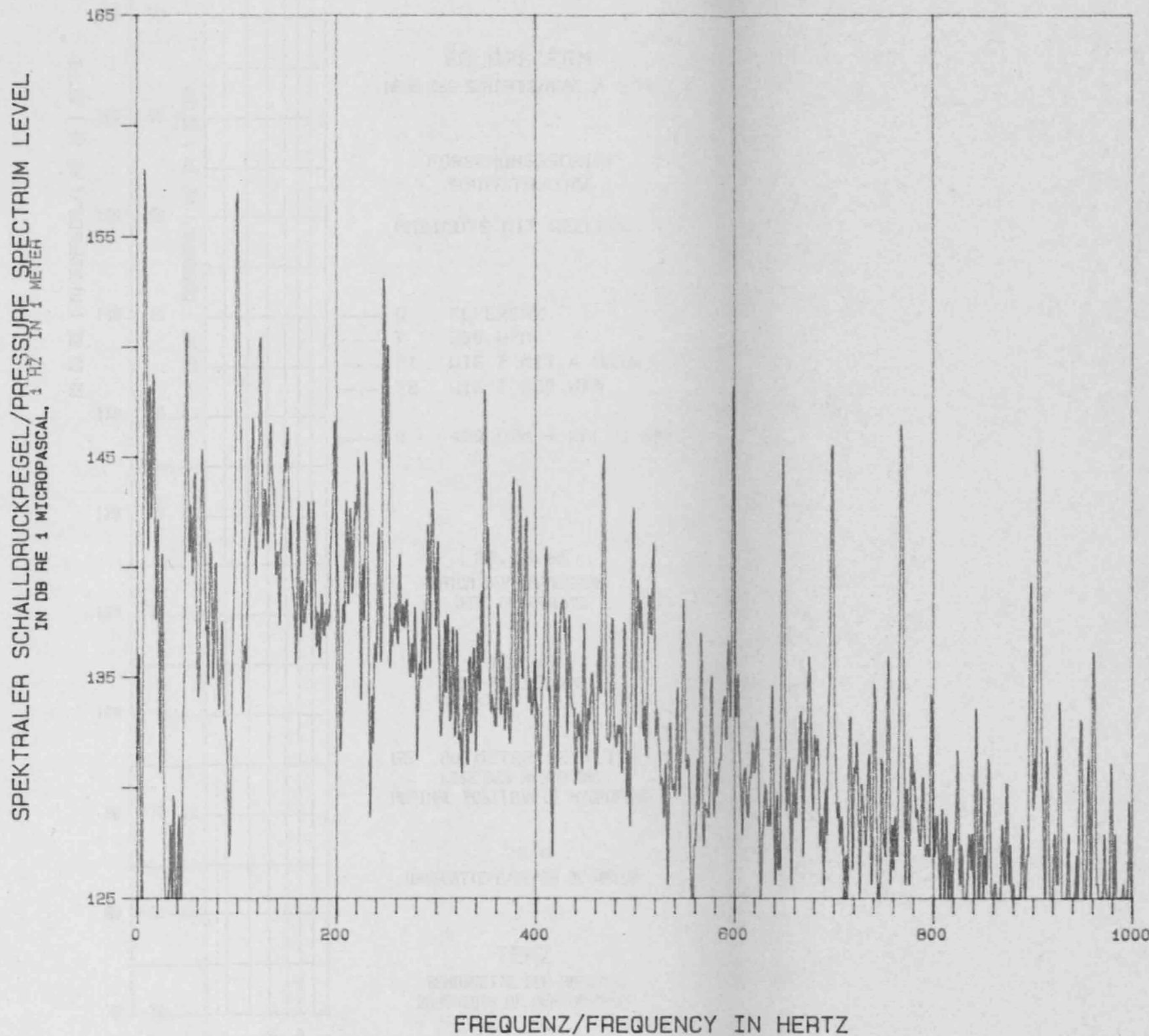
1 HZ
BANDBREITE DER ANALYSE
BANDWIDTH OF MEASUREMENT

8
MITTELWERT/AVERAGE

ERPROBUNGSSTELLE 71 DER BUNDESWEHR	MESS/VERSUCHSPROTOKOLL NR 333 - 624	P-ANLAGE: 13
---------------------------------------	----------------------------------------	--------------

LEISTUNGS-DICHTE SPEKTRUM

AUTO POWER SPECTRUM



POLARSTERN
NAME DES SCHIFFES/NAME OF SHIP

FORSCHUNGSSCHIFF
SCHIFFSTYP/CLASS

0
UEBERLAUF/ZUSTAND
RUN/STATE

27.06.85
DATUM DER VERMESSUNG
DATE OF RANGING

ASCHAU
MESS-STELLE/RANGE

GV 80M SEITLICH
LAGE DES HYDROPHONS
NOMINAL POSITION OF HYDROPHONE

1 HZ
BANDBREITE DER ANALYSE
BANDWIDTH OF MEASUREMENT

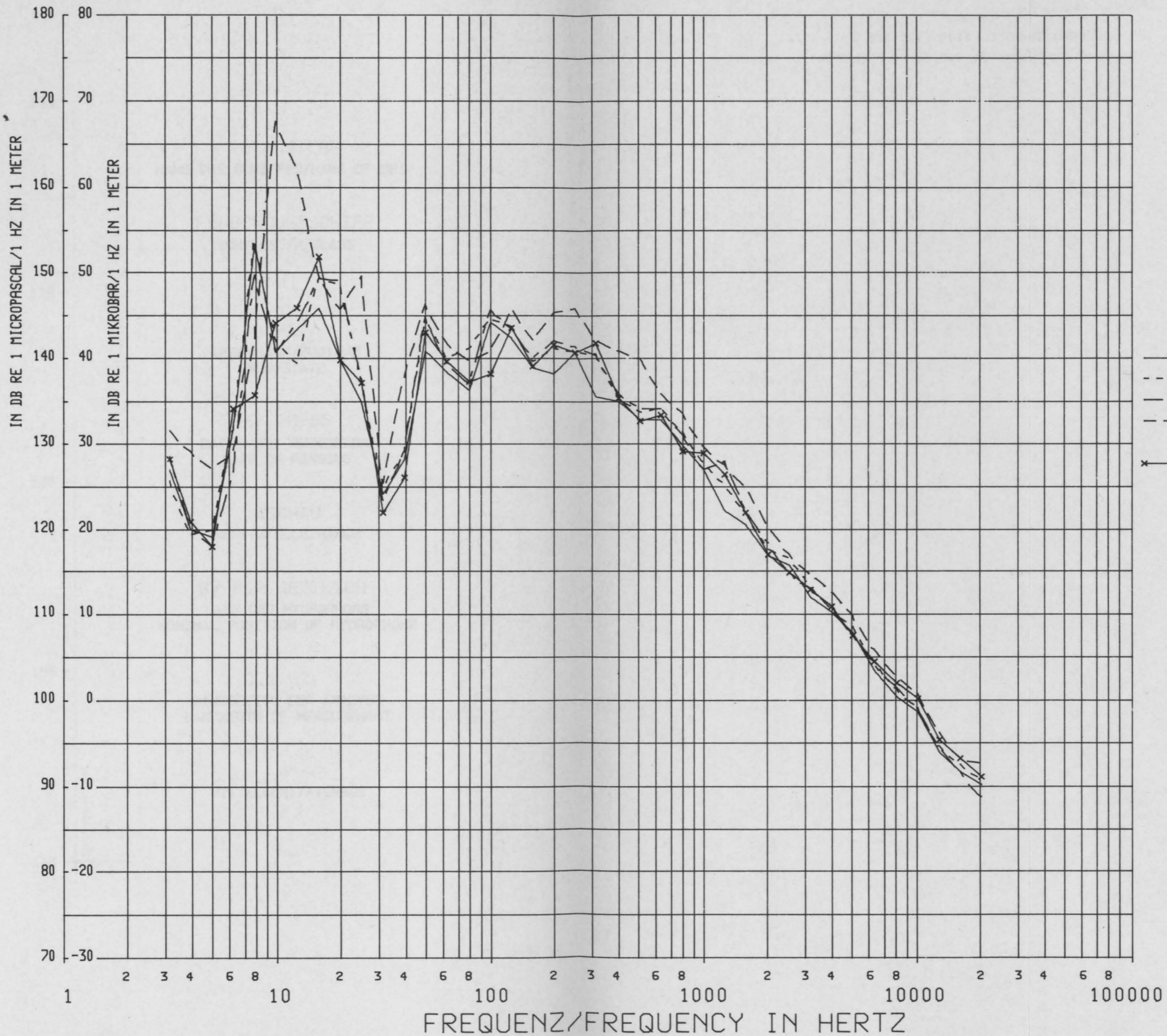
8
MITTELWERT/AVERAGE

ERPROBUNGSSTELLE 71
DER BUNDESWEHR

MESS/VERSUCHSPROTOKOLL
NR 333 - 624

P-ANLAGE: 14

MITTLERER SPEKTRALER SCHALLDRUCKPEGEL S_N
 MEAN PRESSURE SPECTRUM LEVEL S_N



POLARSTERN
 NAME DES SCHIFFES/NAME OF SHIP

FORSCHUNGSSCHIFF
 SCHIFFSTYP/CLASS

ANDIMOTS MIT WELLENG.

- 0 REFERENZ
- - - P 500 UPM
- · - P1 WIE P MIT 4 UERD.
- - - P2 WIE P 650 UPM
- * - * Q 420 UPM + KALTW. SATZ

27.06.85
 DATUM DER VERMESSUNG
 DATE OF RANGING

ASCHAU
 MESS-STELLE/RANGE

G5 80 METER SEITLICH
 LAGE DES HYDROFONS
 NOMINAL POSITION OF HYDROFONE

22 M
 WASSERTIEFE/DEPTH OF WATER

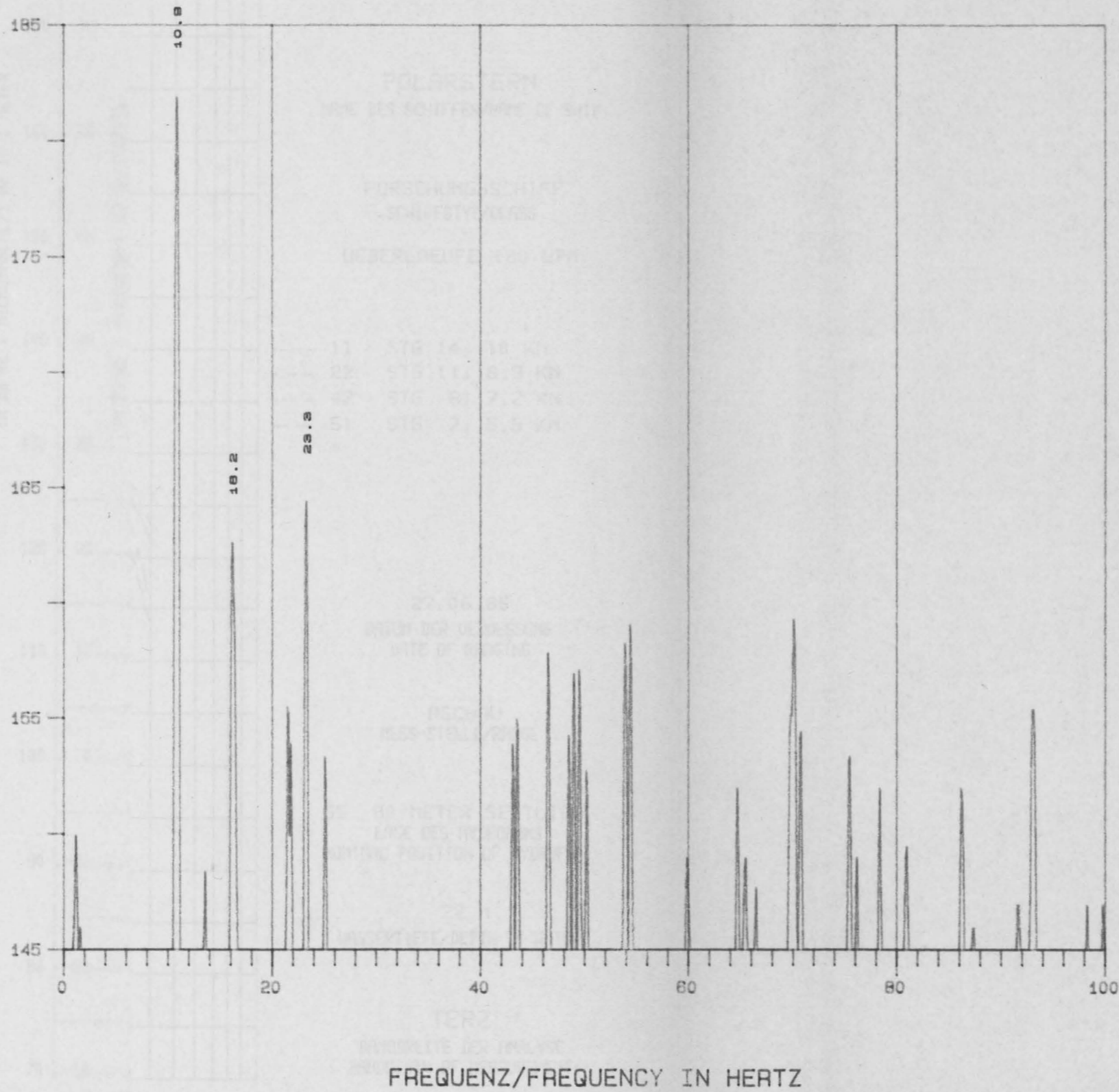
TERZ
 BANDBREITE DER ANALYSE
 BANDWIDTH OF MEASUREMENT

Erprobungsstelle 71 der Bundeswehr	Mess/Versuchsprotokoll Nr 333 - 624	P-Anlage: 15
---------------------------------------	----------------------------------------	--------------

LEISTUNGS-DICHTE SPEKTRUM

AUTO POWER SPECTRUM

SPEKTRALER SCHALLDRUCKPEGEL/PRESSURE SPECTRUM LEVEL
IN DB RE 1 MICROPASCAL, 1 HZ IN 1 METER



POLARSTERN
NAME DES SCHIFFES/NAME OF SHIP

FORSCHUNGSSCHIFF
SCHIFFSTYP/CLASS

P2
UEBERLAUF/ZUSTAND
RUN/STATE

27.06.85
DATUM DER VERMESSUNG
DATE OF RANGING

ASCHAU
MESS-STELLE/RANGE

GV 80M SEITLICH
LAGE DES HYDROPHONS
NOMINAL POSITION OF HYDROPHONE

0.1 HZ
BANDBREITE DER ANALYSE
BANDWIDTH OF MEASUREMENT

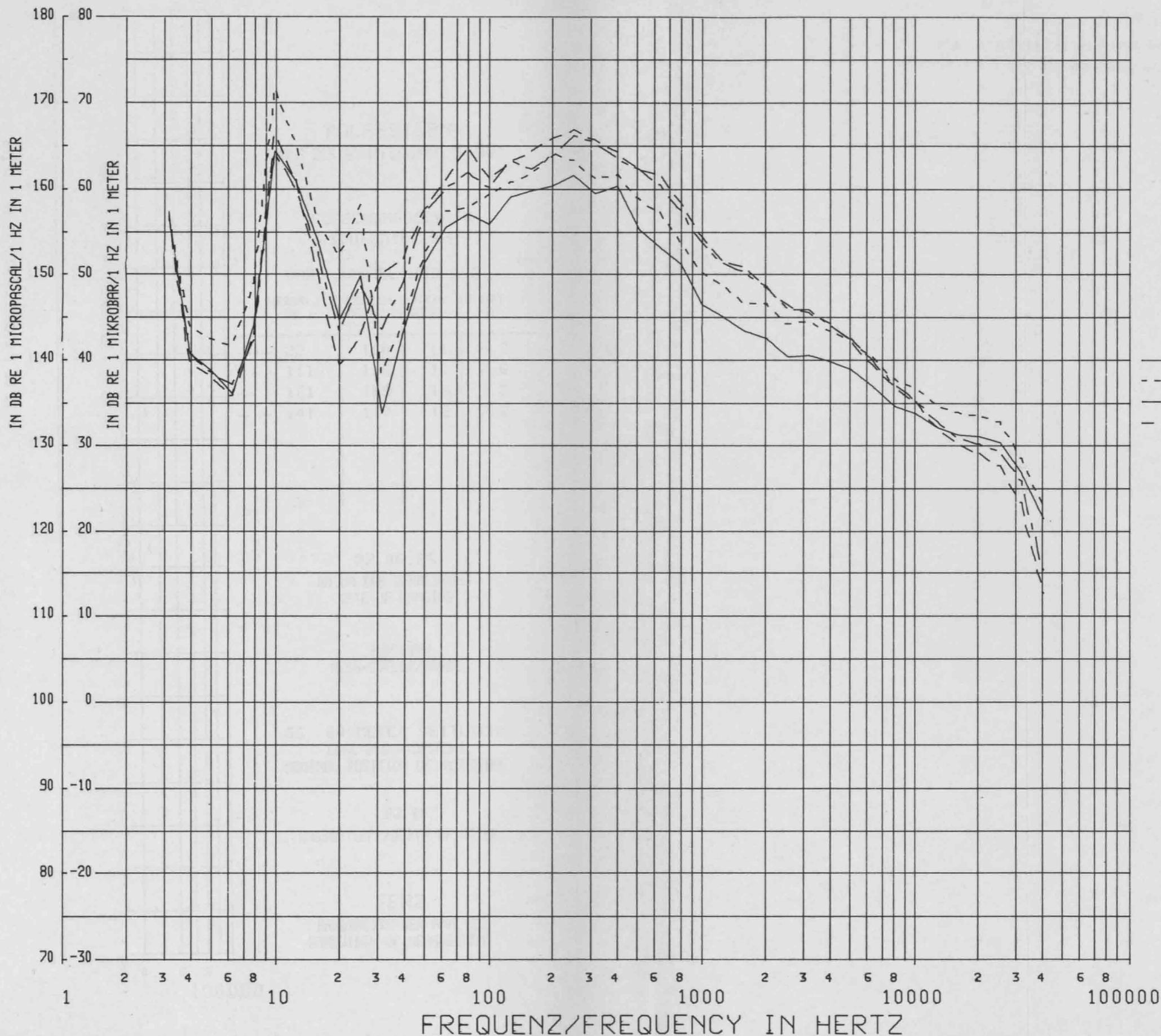
4
MITTELWERT/AVERAGE

ERPROBUNGSSTELLE 71
DER BUNDESWEHR

MESS/VERSUCHSPROTOKOLL
NR 333 - 624

P-ANLAGE: 16

MITTLERER SPEKTRALER SCHALLDRUCKPEGEL S_N
 MEAN PRESSURE SPECTRUM LEVEL S_N



POLARSTERN
 NAME DES SCHIFFES/NAME OF SHIP

FORSCHUNGSSCHIFF
 SCHIFFSTYP/CLASS

UEBERLAEUFE 180 UPM

- 11 STG 14, 10 KN
- - - 22 STG 11, 8,9 KN
- · - 42 STG 8, 7,2 KN
- - - 51 STG 7, 5,9 KN

27.06.85
 DATUM DER VERMESSUNG
 DATE OF RANGING

ASCHAU
 MESS-STELLE/RANGE

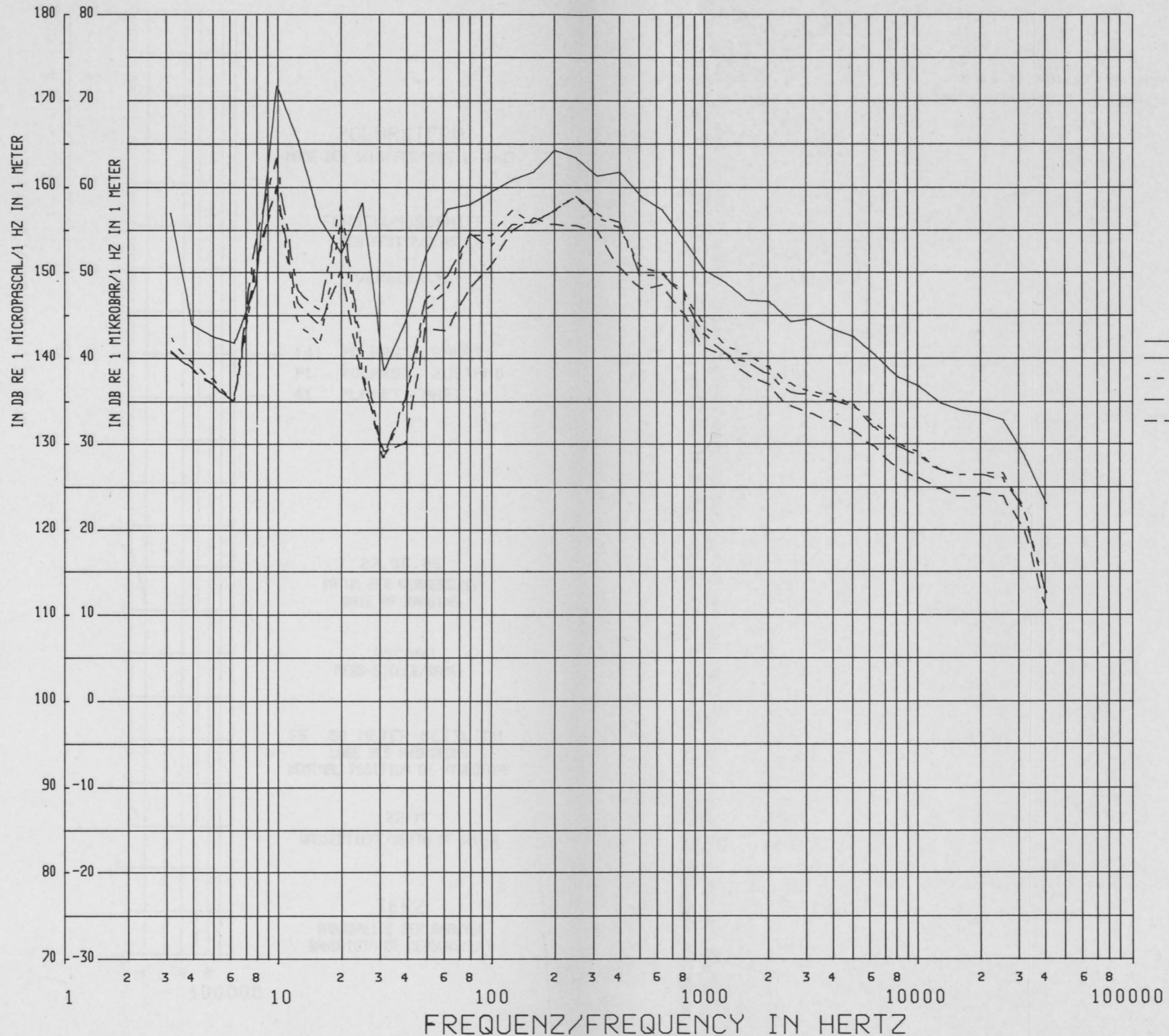
65 80 METER SEITLICH
 LAGE DES HYDROFONS
 NOMINAL POSITION OF HYDROFONE

22 M
 WASSERTIEFE/DEPTH OF WATER

TERZ
 BANDBREITE DER ANALYSE
 BANDWIDTH OF MEASUREMENT

Erprobungsstelle 71 der Bundeswehr	Mess/Versuchsprotokoll Nr 333 - 624	P-Anlage: 17
---------------------------------------	----------------------------------------	--------------

MITTLERER SPEKTRALER SCHALLDRUCKPEGEL S_N
 MEAN PRESSURE SPECTRUM LEVEL S_N



POLARSTERN
 NAME DES SCHIFFES/NAME OF SHIP

FORSCHUNGSSCHIFF
 SCHIFFSTYP/CLASS

UAR. DREHZ. UND STG

UEBERL. NR.	WELLEN DREHZ. 1/MIN	STEI-GUNG	FAHRT KN
— 22	180	11	8,9
- - - 111	158	11	7,6
- · - 121	159	15	9,2
- - - 141	147	12	7,2

27.06.85
 DATUM DER VERMESSUNG
 DATE OF RANGING

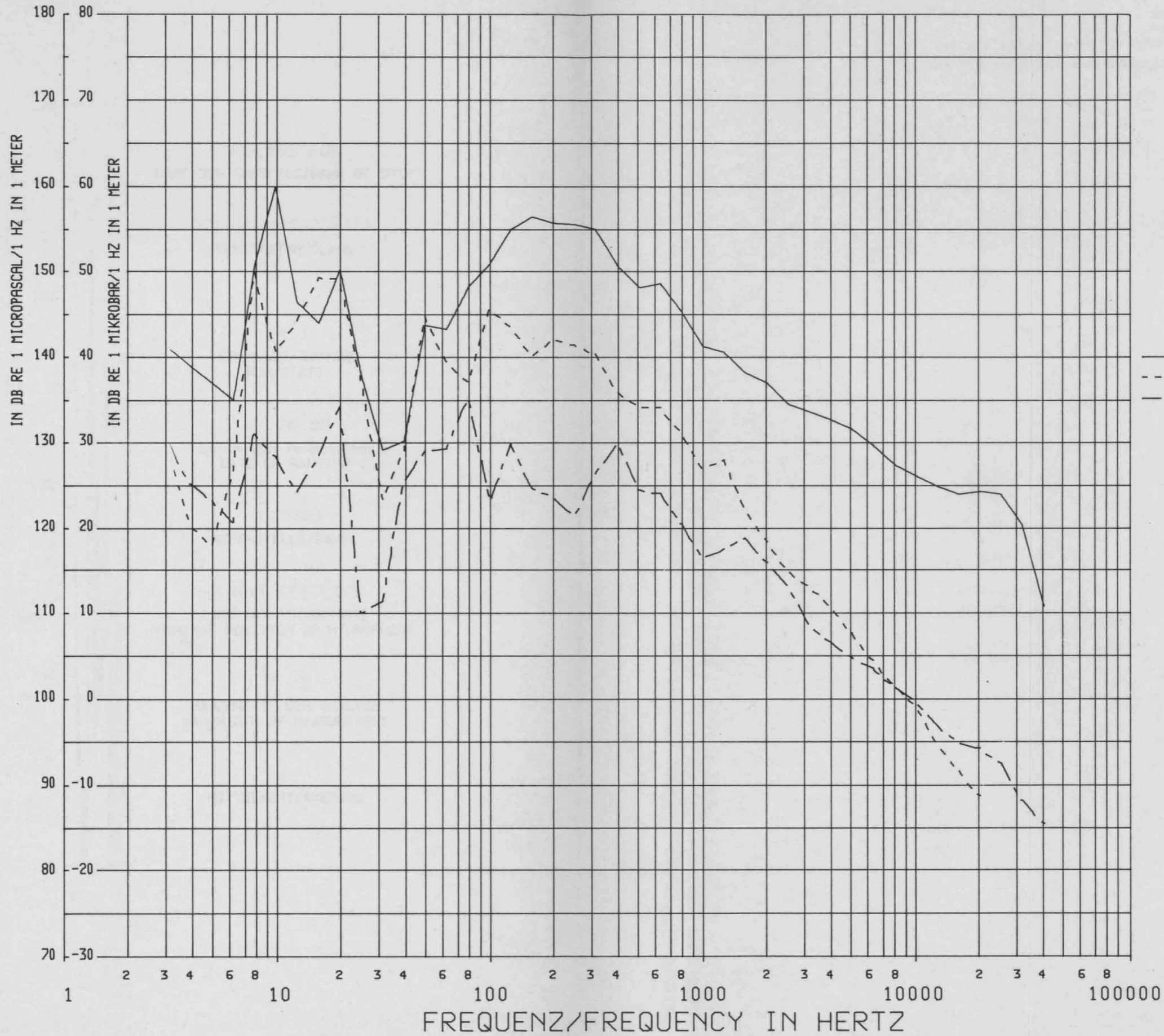
ASCHAU
 MESS-STELLE/RANGE

G5 80 METER SEITLICH
 LAGE DES HYDROFONS
 NOMINAL POSITION OF HYDROFONE

22 M
 WASSERTIEFE/DEPTH OF WATER

TERZ
 BANDBREITE DER ANALYSE
 BANDWIDTH OF MEASUREMENT

MITTLERER SPEKTRALER SCHALLDRUCKPEGEL S_N
 MEAN PRESSURE SPECTRUM LEVEL S_N



POLARSTERN
 NAME DES SCHIFFES/NAME OF SHIP

FORSCHUNGSSCHIFF
 SCHIFFSTYP/CLASS

VERGLEICH

- 141 POLARST. FAHRT
- - - P1 POLARST. ZUSTAND
- · - 41 PLANET FAHRT

27.06.85
 DATUM DER VERMESSUNG
 DATE OF RANGING

ASCHAU
 MESS-STELLE/RANGE

G5 80 METER SEITLICH
 LAGE DES HYDROFONS
 NOMINAL POSITION OF HYDROFONE

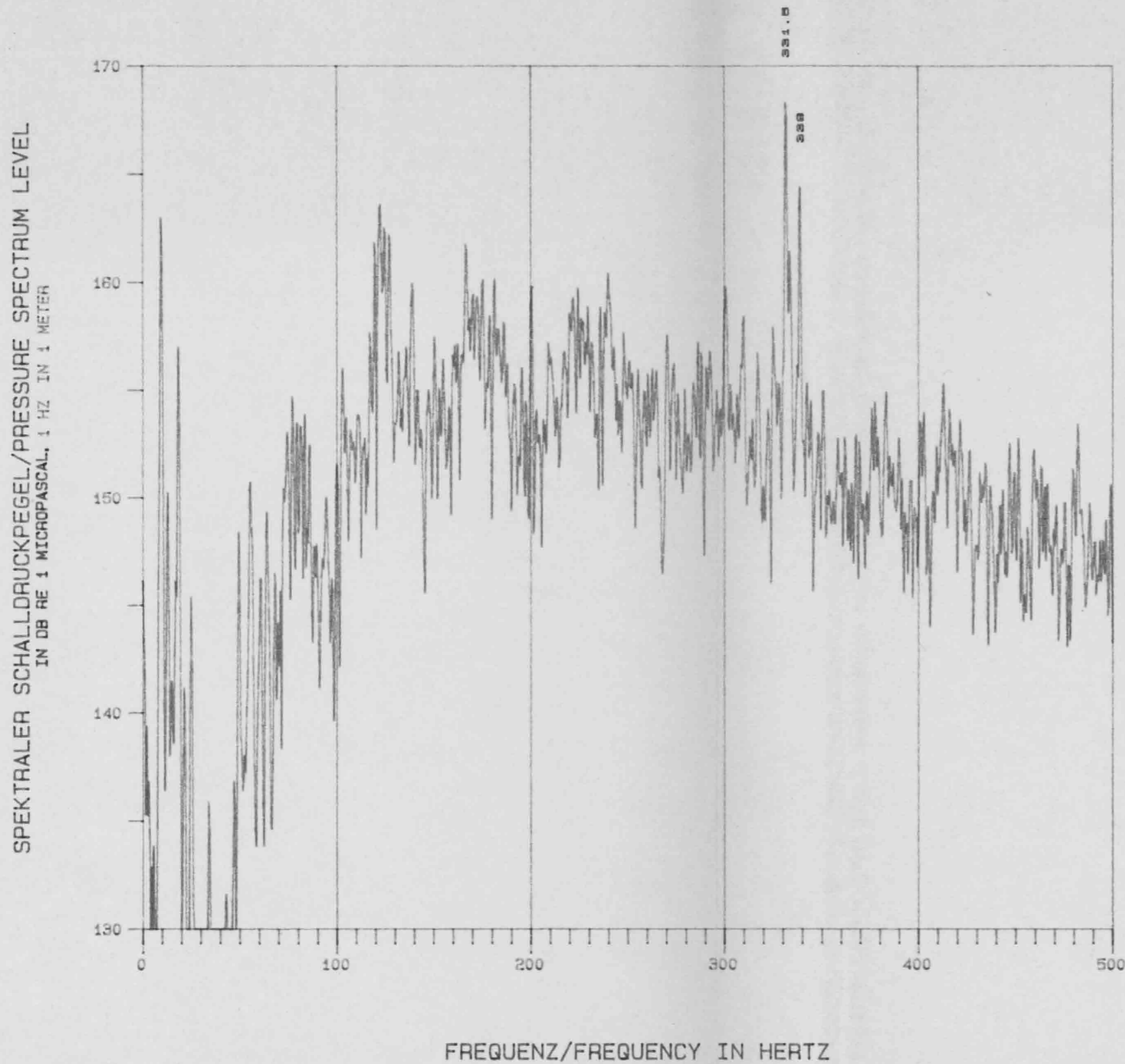
22 M
 WASSERTIEFE/DEPTH OF WATER

TERZ
 BANDBREITE DER ANALYSE
 BANDWIDTH OF MEASUREMENT

Erprobungsstelle 71 der Bundeswehr	Mess/Versuchsprotokoll Nr 333 - 624	P-Anlage: 19
---------------------------------------	----------------------------------------	--------------

LEISTUNGS-DICHTE SPEKTRUM

AUTO POWER SPECTRUM



POLARSTERN
NAME DES SCHIFFES/NAME OF SHIP

FORSCHUNGSSCHIFF
SCHIFFSTYP/CLASS

14.1
UEBERLAUF/ZUSTAND
RUN/STATE

27.06.85
DATUM DER VERMESSUNG
DATE OF RANGING

ASCHAU
MESS-STELLE/RANGE

6V 80M SEITLICH
LAGE DES HYDROPHONS
NOMINAL POSITION OF HYDROPHONE

0.5 HZ
BANDBREITE DER ANALYSE
BANDWIDTH OF MEASUREMENT

4
MITTELWERT/AVERAGE

ERPROBUNGSSTELLE 71
DER BUNDESWEHR

MESS/VERSUCHSPROTOKOLL
NR 333 - 624

P-ANLAGE: 20