

Gefördert durch:



Sachbericht für das Vorhaben „HYDROPOL: Modernisierung wissenschaftlicher hydroakustischer Messsysteme auf dem Polarforschungsschiff ‚Polarstern‘ zur Sicherung herausragender Forschung nach aktuellem technisch-wissenschaftlichem Stand und zur Stärkung nicht-invasiver Untersuchungsmethoden“

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor

ZE: Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung (AWI)

Förderkennzeichen: 03F0909A

Abschlussbericht Teil I - Kurzbeschreibung

Die hydroakustischen Systeme auf FS Polarstern sind integraler Bestandteil der wissenschaftlichen Ausrüstung des Schiffes und werden nahezu auf jeder Expedition intensiv genutzt. Mit diesen Systemen werden nicht nur Messdaten zur unmittelbaren wissenschaftlichen Interpretation erhoben, sondern auch unterstützende Messungen im Sinne von Pre-sight Surveys bzw. zur Optimierung der Einsätze anderer Geräte. Um diese Aufgaben bestmöglich zu erfüllen, werden hohe Anforderungen an die Qualität der Daten gestellt, sowie an deren flexible Bereitstellung.

Die Erneuerung der hydroakustischen Wandler kann nur im Dock vorgenommen werden, womit sich die Infrage kommenden Zeiträume auf die Werft- und Dockzeiten von FS Polarstern in Bremerhaven konzentrieren. Aufgrund des Umfangs der Maßnahmen wurde die Werftzeit in der zweiten Jahreshälfte 2021 hierfür angestrebt. In dieser Werftzeit, die vom 30.06. bis 30.11.2021 andauerte, konnten die zentralen Maßnahmen die Hardware betreffend weitestgehend umgesetzt werden. Ausstehende Maßnahmen und Nacharbeiten erfolgten in den folgenden Werft- und Dockzeiten.

Die Erneuerung der hydroakustischen Wandler des Fächersonars Teledyne Hydrosweep DS3 (Gewerk 3) wurde nach einem Formfehler nicht mehr für förderwürdig bewertet und aus dem Projekt gestrichen. Als alternative Maßnahme wurde die Erneuerung des fest zum Schiff gehörenden Isotopen-Containers und dessen Equipment beantragt und bewilligt. Dieses sowie die anderen vier beantragten Gewerke wurden entsprechend der Beantragung bearbeitet und im Kern abgeschlossen, wobei einige Nacharbeiten zum Ende des Projektes noch offen sind. Deren Erledigung erfolgt innerhalb des regulären Gerätemanagements, insbesondere zu den Wertzeiten.

Mit der Ertüchtigung der hydroakustischen Systeme konnten diese auf den aktuellen technischen Stand gebracht werden, womit nun Messdaten höchstmöglicher Qualität erhoben werden können. Mit den Maßnahmen zur Ertüchtigung der IT-Infrastruktur können auch die nun größeren Datenmengen problemlos verarbeitet und der Wissenschaft flexibler als bisher zugänglich gemacht werden.

Abschlussbericht Teil II – Eingehende Darstellung

Das Projekt hatte die Erneuerung einiger hydroakustischer Systeme des Forschungsschiffes Polarstern zum Inhalt, um den gestiegenen Anforderungen an die Genauigkeit der Messdaten zu genügen. In der Wertzeit von Polarstern in der zweiten Jahreshälfte 2021 erfolgte die hardwareseitige Umsetzung der Maßnahmen, d.h. der Tausch der bisherigen hydroakustischen Schallwandler gegen die neuen. Soweit nicht anders vermerkt erfolgten die weiteren Maßnahmen und Nacharbeiten in den folgenden Wertzeiten.

Lfd. Nr.1: Simrad EK80 Multifrequenzlot

In der Wertzeit in 2021 erfolgte der Tausch von drei der vier hydroakustischen Wandler des Multifrequenzecholots Kongsberg Simrad EK80, nämlich die Wandler mit den Frequenzen 38, 70 und 120/200 kHz (Positionen 1.1 und 1.2). Aufgrund von technischen Schwierigkeiten im Bereich des Stahlbaus (Position 1.3) konnte der 18 kHz Wandler nicht getauscht werden. Diese Maßnahme wurde während der nächsten Dockung im Juni 2022 fertig gestellt. Neben dem Tausch der hydroakustischen Schallwandler wurden elektronische Komponenten eingebaut und integriert, für die weitere Umbaumaßnahmen durchgeführt wurden. Diese Umbau- und Integrationsmaßnahmen umfassten Stahlarbeiten, Anbindung an Rechner- und Speichersysteme und Einbindung in das hydroakustische Gesamtsystem mit Anschluss an die Synchronisierungseinheit, zur Synchronisierung der Echolotsysteme.

Weiterhin wurde das kombinierte ADCP / Backscatter System (Schallwandlereinheit und elektronische Einheit) eingebaut. Die Funktion der Messung des Strömungsfeldes konnte jedoch nicht unmittelbar genutzt werden, da diese Informationen zur Lage und Bewegung des Schiffes benötigt, die über ein Binär-Protokoll vom Schiffssystem (Bewegungssensor / Inertial Motion Unit - IMU) geliefert werden müssen. Die Bereitstellung dieser Daten erfordert ein definiertes Protokoll, das allerdings nicht vom an Bord installierten Bewegungssensor HYDRINS der Firma IXBLUE geliefert wird. Ein Firmwareupdate des HYDRINS sollte dieses Problem lösen. Da das Gerät aber mit seiner Kompassfunktion auch in das nautische System des Schiffes integriert ist, unterliegt es ebenso den Sicherheitsbestimmungen für nautische Instrumente und besitzt darum eine Klasse-Zulassung durch das BSH. Diese Klasse-Zulassung würde nach einem Firmware-Update erlöschen, wobei es die Firma IXBLUE aus

Wirtschaftlichkeitsgründen abgelehnt hat, für den HYDRINS eine neue Zulassung mit aktualisierter Firmware zu erwerben.

Die direkte Umwandlung eines Output-Datenstrings des HYDRINS in ein passendes Format ist nicht möglich, da durch die Umwandlung der Telegramme eine Zeitverzögerung (time latency) resultiert, die sich negativ auf die Messdaten auswirkt. Die Zeitverzögerung kann in der Steuerungssoftware des EK80 nicht korrigiert werden.

Somit wurde als alternative Maßnahme die Installation einer zusätzlichen IMU erwogen. Wiederum aus Gründen der Kompatibilität und der Kosten wurde bislang noch kein adäquates System gefunden. Die Maßnahme wird außerhalb dieses Projektes im Zuge der regulären Gerätwartung durchgeführt und abgeschlossen.

Der Sea Acceptance Test (SAT) für die neu eingebauten Komponenten sowie des Gesamtsystems hat im Oktober/November 2023 auf der Fahrt PS139/1 stattgefunden. Die ordnungsgemäße Funktionalität aller neuen Komponenten konnte bestätigt werden.

Eine wissenschaftliche Nutzung der neuen Komponenten erfolgte u.a. auf der Fahrt PS144 im Sommer 2024.

Das Vorhaben der Lfd.Nr.1 wurde entsprechend dem Antrag durchgeführt. Alle Komponenten wurden beschafft, eingebaut, getestet und abgenommen. Die hierfür vorgesehene Kostenplanung wurde eingehalten.

Lediglich die Versorgung eines hydroakustischen Wändlers, nämlich des kombinierten ADCP / Backscatters, mit passend formatierten Schiffslagedaten konnte nicht mit den vorhandenen Komponenten innerhalb des Projektzeitraumes bewerkstelligen werden. Die zusätzlich benötigte IMU muss ergänzend beschafft werden. Die resultierenden Kosten hierfür sind im Antrag nicht berücksichtigt und müssen aus dem regulären Schiffs-Budget für Wartung und Instandhaltung geleistet werden.

[Addendum: U.a. vor dem Hintergrund der speziellen Anforderung an das Input-Format für die Positions/Lagedaten, hat die Herstellerfirma Kongsberg ein Update der Firmware für das EK80-System bereitgestellt. Mit diesem Update ist nun eine Schnittstelle für das EM3000-Format vorhanden, das die an Bord Polarstern vorhandene IMU ausgeben kann. In der Werftzeit im November 2025 konnte das Update eingespielt und der Harbour Acceptance Test (HAT) erfolgreich durchgeführt werden. Die Maßnahmen für das Gewerk 1 sind somit komplett

abgeschlossen.]

Lfd.Nr.2 Simrad EK80 Unterwasser-Kalibrierungssystem

Das Projektziel für dieses Gewerk ist es, die sehr zeitaufwändige Kalibrierung des Multifrequenzecholotes („Fischereilot“) Simrad EK80 gegenüber dem aktuell verwendeten Verfahren zu beschleunigen und zu vereinfachen. Aktuell kommt ein Windensystem zum Einsatz, wobei zwei Winden an Deck auf Steuerbord und eine an Backbord aufgebaut wird. Über diese Winden wird jeweils eine weitere Winde bis auf 10 Meter unter den Kiel hinabgelassen, über die die Kalibrierkugel unter den hydroakustischen Wandlern platziert wird. Die Unterwasserkomponenten sind hierbei den Strömungen oder Bewegungen des Schiffes (z.B. durch Wind, dem man bei diesen Genauigkeitsanforderungen nur unzureichend nautisch entgegenwirken kann) ausgeliefert. Das neu entwickelte ROV-basierte Kalibriersystem wird nun in der Lage sein, aktiv und unmittelbar am Ort des Geschehens den Strömungen entgegenzusteuern. Durch diese verbesserte Positionierung wird für die Kalibrierung deutlich weniger Schiffszeit in Anspruch genommen als bisher, was der Forschungszeit zu Gute kommt.

Aufgrund von massiven Lieferproblemen bei elektronischen Bauteilen hat sich der Bau und die Fertigstellung der Unterwasserfahrzeuge des Systems stark verzögert, die sich auch auf die Entwicklung, bzw. die Anpassungen der Steuerungssoftware in Bezug auf die realen Betriebsbedingungen ausgewirkt hat. Nach Lieferung der benötigten elektronischen Komponenten konnten die Basiseinheiten montiert und getestet werden (Positionen 2.1 und 2.2). Im Anschluss wurden insgesamt drei Indoor-Tests in einem großen Tauchbecken durchgeführt. Hierbei wurde festgestellt, dass bei der externen Stromversorgung der ROVs ein Problem aufgetreten ist: Die Stromversorgung ist in zwei Regelstromkreise unterteilt, wobei sich diese bei abrupten Lastwechseln gegenseitig beeinflussen und somit keine gleichförmige Spannung liefern. Das Problem konnte erst nach längerer Analyse von der Herstellerfirma identifiziert und behoben werden.

Zum Projektende ist das System noch nicht voll einsatzbereit. Ausstehende Nacharbeiten insbesondere an der Steuerungstechnik (Position 2.3) erfolgen aktuell, so dass das System erst

in der kommenden Antarktis-Saison auf der Polarstern-Fahrt PS152 zum Einsatz kommen wird.

Bislang ist kein ähnliches System für diesen Verwendungszweck auf dem Markt, womit es das erste seiner Art sein wird, das für den Einsatz auf Forschungsschiffen nutzbar ist. Das System ist von seiner Konzeption geeignet, auch auf anderen Schiffen zur Kalibrierung der Hydroakustik genutzt werden zu können. Der Prototyp von FS Polarstern kann bei Bedarf auch auf anderen vom AWI genutzten Schiffen (z.B. Heincke, Uthörn, Mya II) zum Einsatz kommen.

Lfd.Nr.3 GAPS iXBlue

Das hydroakustische Unterwasserpositionierungssystem GAPS der Firma iXBlue dient an Bord FS Polarstern dazu, wissenschaftliche Forschungsgeräte bis in einer Tiefe und Entfernung von 3000 Metern genau zu verorten. Durch Kopplung an die Schiffslagedaten können geographische Koordinaten zzgl. der Tiefe für Positionen unter Wasser ermittelt werden. Auf diese Weise lassen sich z.B. Messlokationen (Verankerungen) zu einem späteren Zeitpunkt exakt ansteuern.

Im Zuge dieses Projektes wurde die Antenne des GAPS-Systems durch den Hersteller mit modernen leistungsfähigeren hydroakustischen Wandlern ausgestattet (Position 3.1). In den folgenden Einsätzen an Bord konnte nachgewiesen werden, dass die Maßnahme erfolgreich umgesetzt wurde und das System präzise Unterwasserpositionierungen ermöglicht. Die Zuverlässigkeit des Systems ist hierbei sehr hoch, so dass die Positionen nur geringe Varianzen aufweisen und grobe Ausreißer annähernd gar nicht mehr zu beobachten sind.

Für die umfassende Integration und Bereitstellung der Messdaten in die Schiffsinfrastruktur wurden entgegen der Planung keine expliziten Maßnahmen (Position 3.2) nötig, sondern konnten im Rahmen der Maßnahmen unter der Lfd.Nr. 5 sowie regulärer Maßnahmen zur Verbesserung der Schiffs-IT mit erledigt werden. Nachdem der Datenstrom des GAPS bereits im Schiffsdatenmanagementsystem erfasst und im MapViewer zur Anzeige gebracht wurde, konnte dies nun auch für das nautische Brückensystem umgesetzt werden, wobei die Positionen nun auch auf einem Layer der ECDIS angezeigt werden können.

Lfd.Nr.4 Fächerlot Atlas

Die Erneuerung der hydroakustischen Wandler des Fächersonars Teledyne/ATLAS Hydrosweep DS3 wurde angestrebt, da die Wandler vom neueren Typ eine größere Bandbreite besitzen. Im standardmäßig verwendeten Chirp-Modus führt dies zu einem verbesserten Signal/Rausch-Verhältnis. Dies wirkt sich insbesondere in den Randbereichen des Swaths positiv aus, womit eine größere Streifenbreite und somit eine größere vermessene Fläche erzielt werden kann. Weiterhin reduziert dies die negativen Auswirkungen widriger Seegangsbedingungen.

Aufgrund sonst üblicherweise sehr langer Lieferzeiten der hydroakustischen Schallwandler des Fächersonars, wurde deren Bestellung bereits vor dem Beginn dieses Projektes veranlasst, um den Einbau in der langen Wertzeit 2021 zu ermöglichen. Mit der Bestellung war indes eine Anzahlung zu leisten, wobei die Lieferung der Geräte und deren Rechnungslegung schließlich auch vor dem Projektbeginn erfolgte. Somit wurde dieses Gewerk (Position 4.1) für diesen Antrag nicht mehr für förderwürdig bewertet.

Der Einbau der neuen hydroakustischen Schallwandler erfolgte dennoch plangemäß in der Dockzeit von Polarstern im Herbst 2021 jedoch nicht mehr im Rahmen dieses Projektes.

Nachdem die Erneuerung der hydroakustischen Schwinger für das Fächersonar aus dem Projekt gestrichen wurde, wurde stattdessen die Erneuerung und Verbesserung des zur Ausstattung des Schiffes gehörenden Isotopen-Containers beantragt und bewilligt.

Eine der wichtigen Komponenten des Isotopen-Containers ist der Szintillations-Counter. Um den Eintrag von Vibrationen des Schiffes auf den Counter zu minimieren, wurde eine Basis mit abgefederter Plattform installiert. Die Temperaturstabilität im Container wird durch eine Erneuerung der Klimaanlage bewirkt. In diesem Zuge wurde die Inneneinrichtung des Containers modifiziert, wobei in die Planungen dafür Empfehlungen von den Nutzenden aus dem praktischen Laborbetrieb eingeflossen sind.

Durch die baulichen Maßnahmen wurden verbesserte Umgebungs- und Messbedingungen geschaffen, womit nun ein sensitiverer Szintillations-Counter zum Einsatz kommen kann. Das neue Modell des Szintillationscounters wurde im Dezember 2023 beschafft.

Die Umbaumaßnahmen des Containers wurden bis Mai 2024 abgeschlossen, so dass er in der darauffolgenden Arktissaison im Sommer 2024 auf FS Polarstern zum Einsatz kommen

konnte. Sowohl die verbesserte Klimatisierung des Containers, die neue Gestaltung des Innenraums sowie des neuen Szintillations-Counters haben sich bestens bewährt und die Anforderungen voll umfänglich erfüllt.

Lfd.Nr.5 IT Hardware

Die Maßnahmen unter Gewerk 5 umfassen Komponenten zur Verarbeitung der Messdaten, die insbesondere von den hydroakustischen Systemen erhoben werden. Das Ziel war es, die Leistungsfähigkeit dieser Komponenten zu verbessern und die Verfügbarkeit der Messdaten zu erweitern.

Aufgrund der hohen Datenvolumen, die von den hydroakustischen Systemen erfasst werden (insbesondere, wenn vom Fächersonar und dem EK80 die Wassersäule mit aufgezeichnet wird), sollten die Netzwerkkomponenten erweitert werden. Neben dem Speicherplatz sollte die Rechenkapazität erhöht werden, damit auch große Datenmengen in kürzerer Zeit gegriddet, gerendert, visualisiert und verteilt werden können. Die Erneuerungen, die im Zuge von Gewerk 5.1 getätigt wurden, entsprechen den Planungen in diesem Projekt. Sie wurden im Oktober 2023 durchgeführt und konnten auf den folgenden Fahrten erfolgreich genutzt werden.

Mit den erweiterten Hardware-Komponenten steigt der Bedarf für deren Kühlung, die ursprünglich für deutlich weniger IT-Komponenten ausgelegt war. Die Klimatisierung des Serverraums (Pos. 5.2) ist im Zuge des Werftaufenthalts von Polarstern im Herbst 2021 erfolgt und wurde hinsichtlich aller baulichen Maßnahmen abgeschlossen. Durch die Maßnahme stehen nun redundante Kühlkreisläufe zur Verfügung, so dass eine Mindestkühlung auch in dem Fall gewährleistet ist, wenn ein Aggregat ausfällt. Mit den neuen Anlagen kann eine gleichbleibende Kühlung aufrechterhalten werden, selbst bei wärmeren Umgebungsbedingungen, z.B. bei den Transitfahrten über den Atlantik oder bei Hafenaufhalten in warmen Regionen.

Um Wissenschaftlern an Land die Möglichkeit zu eröffnen, sich per Video-Konferenz mit den KollegInnen an Bord auszutauschen oder per remote auf wissenschaftliche Geräte zuzugreifen oder auch um aktuelle Messdaten online von Bord an Land zu streamen, wurden im Zuge der

Position 5.3 die nutzerseitigen Komponenten des Satellitensystems „Starlink“ an Bord installiert. Dieses System stellt erheblich größere Bandbreiten gegenüber den bisherigen Systemen zur Verfügung, womit deutlich größere Datenmengen übertragen werden können als bisher. Insbesondere in den Polargebieten, in die die Abdeckung der bisher genutzten Standleitung nicht reicht und in denen auf das System Iridium zurückgegriffen werden musste, stellt Starlink eine erhebliche Verbesserung dar.

Darüber hinaus verbessert die höhere Datenrate auch die bisherigen Dienste, z.B. können nun Video-Konferenzen durchgeführt werden, ohne dafür anderen Anwendungen die Bandbreite beschneiden zu müssen.

Überdies wurde eine Software beschafft und installiert (nBox-Edge), die ein Bandbreitenmanagement für den Datentransfer an Land erlaubt. Somit kann dem Transfer von Messdaten oder von Live-Videos von Messungen an Land eine hohe Priorität zugewiesen werden, so dass eine stabile Übertragung möglich ist und die Expertise von Land unmittelbar mit in die Durchführung von Beprobungen einbezogen werden kann.

Zur georeferenzierten Anzeige von Messdaten wurde die Funktionalität des MapServers erweitert, der zum Schiffsdatenmanagementsystem DShip gehört. So können nun Karten verschiedener Formate und Quellen online eingebunden werden, so auch jene der erneuerten hydroakustischen Systeme. Die Umsetzung der Maßnahmen erfolgte in der Wertzeit im Mai/Juni 2024. In der darauffolgenden Arktissaison im Sommer 2024 traten einige Probleme zu Tage, die durch den Hersteller WERUM zum Teil online und zum Teil in der Wertzeit im November 2024 behoben wurden. Bis auf kleinere Restfehler, die im Zuge der regulären Wartung behoben werden, ist der MapViewer voll funktionstüchtig.

Im Zuge der Umsetzung der obigen Maßnahmen erfolgten weitere Maßnahmen zur Kabelverlegung und deren Anschlüssen, die in Position 5.4 erfasst sind. Sie wurden entsprechend den Planungen durchgeführt und abgeschlossen.