

XBT Operational Best Practices zur Qualitätssicherung

Version 1.0

Autor: Justine Parks

Mitwirkende: Francis Bringas; Craig Hanstein; Lisa Krummel

Haupterausgeber: Rebecca Cowley; Janet Sprintall

Andere Herausgeber: Lijing Cheng; Mauro Cirano; Samantha Cruz; Marlos geht;
Shoichi Kizu; Franco Reseghetti

2021

1 Zusammenfassung	3
2. Einführung	3
3 Ausrüstung	4
3.1 XBTs.....	4
3.2 Startprogramm.....	4
3.3 Datenerfassungshardware	4 Software und
3.4 Computer	5 Empfänger des Globalen
3.5 Navigationssatellitensystems (GNSS).....	5
3.6 Sender.....	6
3.7 Verkabelung.....	6 3.8 Power
Conditioner.....	6
3.9 Prüfspitzen	6
3.10 Plattform.....	6 3.11
Entfernungsmessgerät.....	7 3.12 Ersatzteile und
Zubehör.....	7
4 Bereitstellung	7
4.1 Vorbereitung vor der	
Bereitstellung	7 4.2 Installation vor
Ort	9
4.3 Feldtechniken	12
5 Kalibrierung	14
6 Genauigkeit und Präzision	14
7 Standards	15
8 Methoden zur Qualitätsbewertung	15 Evaluierung von XBT-
8.1 Profilen auf grundlegende Fehler.....	16 8.2
Metadatenüberprüfung	16
8.3 Testdatenvergleiche.....	16
8.4 Kreuzfahrtbericht	17
9 Datenverwaltung	17
10 Zusammenfassung	17
11 Organisationen/Danksagungen	18
12 Begriffsglossar	18
13 Referenzen	19
14 Anhang: Beispiele für XBT-Datenprofilfunktionen	22
14.1 Code 1 – QC wurde	
durchgeführt; scheint richtig zu sein.....	22
14.2 Code 2 – QC wurde	
durchgeführt; wahrscheinlich gut.....	24
14.3 Code 3 – QC wurde	
durchgeführt; erscheint zweifelhaft	26
14.4 Code 4 – QC wurde	
durchgeführt; erscheint fehlerhaft.....	27
14.5 Code 5 - Der Wert wurde	
dadurch geändert Qualitätskontrolle	32

1 Zusammenfassung

Seit den 1970er Jahren bieten EXpendable BathyThermographs (XBTs) die einfachste und kostengünstigste Lösung für die schnelle Erfassung von Temperatur- und Tiefenprofilen des oberen Teils des Ozeans entlang von Schiffsquerschnitten.

Dieses Handbuch wurde vom Ship of Opportunity Program Implementation Panel (SOOPIP), einer Untergruppe der Observations Coordination Group (OCG) des Global Ocean Observing System (GOOS), des Ship Observations Team (SOT) zusammen mit Mitgliedern des XBT Science Teams zusammengestellt, zielt auf Verbesserungen ab die Qualitätssicherung von XBT-Daten durch die Festlegung bewährter Verfahren für Feldmessungen und die Förderung ihrer Übernahme durch die globale betriebliche und wissenschaftliche Gemeinschaft. Zu den Messsystemkomponenten gehören handelsübliche Einmal-Temperatursonden, die Trägerrakete, die Datenerfassungshardware (DAQ), ein Global Navigation Satellite System (GNSS)-Empfänger, ein optionaler Satellitensender und ein Computer mit Softwaresteuerung. Die Messplattform kann ein beliebiges Seeschiff sein, das Platz für die Ausrüstung und den Bediener bietet und für Hochseefahrten durch die interessierenden Regionen geeignet ist. Die Übernahme einer Standardmethodik bei der Installation und dem Einsatz des Messsystems wird zu einer Verbesserung der Datenqualität mit anschließenden Auswirkungen auf die Berechnung und das Verständnis von Änderungen der oberflächennahen Ozeaneigenschaften (z. B. Wärmeinhalt), der Ozeanzirkulationsdynamik und ihrer Beziehung führen zur Klimavariabilität.

2. Einführung

XBT-Temperaturmessungen überwachen Änderungen der Meerestemperatur von submesoskaligen bis hin zu globalen Skalen und leiten wichtige Oberflächen- und Untergrundströmungen ab, um den meridionalen Wärmetransport in allen Ozeanbecken zu untersuchen, und ergänzen auch andere Beobachtungsplattformen, um die Variabilität des oberen Wärmegehalts des Ozeans zu bewerten. Entlang regulärer Schifffahrtsrouten werden feste XBT-Transecte eingerichtet, die für die Probenahme bestimmt sind, basierend auf unserem Verständnis darüber, wie die regionale Dynamik und thermische Struktur des oberen Ozeans mit langfristigen Klimasignalen, extremen Wetterereignissen, Ökosystembewertungen usw. verknüpft sein kann. XBT-Daten werden archiviert und Die Daten werden von einer Vielzahl internationaler Rechenzentren verteilt und die meisten Daten werden innerhalb von 24 Stunden nach der Erfassung im Global Telecommunication System (GTS) verfügbar gemacht und liefern wichtige Informationen für Wetter-, Klimavorhersagemodelle und andere wissenschaftliche Anwendungen.

Seit 1980 besteht das Hauptziel des Ship of Opportunity Program Implementation Panel (SOOPIP) darin, die globalen XBT-Datenanforderungen für den oberen Ozean zu erfüllen, die von den internationalen wissenschaftlichen und operativen Gemeinschaften festgelegt wurden. Darüber hinaus hat SOOPIP insbesondere die Aufgabe, den Austausch empfohlener Praktiken für das XBT-Netzwerk zu koordinieren. Mittlerweile sind 20 Agenturen aus verschiedenen Ländern beteiligt, die die meisten XBT-Daten nahezu in Echtzeit über das GTS verteilen. Es ist klar, wie wichtig es ist, dass SOOPIP eine kohärente Methodik für die XBT-Datenerfassung entwickelt. Während des 6. Internationalen XBT-Wissenschaftstreffens im Jahr 2018 erkannten die Teilnehmer die grundlegende Notwendigkeit einer Reihe von Best Practices durch einen Aktionspunkt mit diesem spezifischen Ziel an (IOC, 2018).

Dieses Dokument stellt die von SOOPIP empfohlenen betrieblichen Best Practices für XBT zur Qualitätssicherung dar und ist Teil einer Reihe separater begleitender Best Practices-Dokumente, die Folgendes umfassen:

- „SOT-Schiffsrekrutierung und Verhalten an Bord“
- „XBT-Qualitätskontrolle im verzögerten Modus“ •
- „Inhalt und Format der XBT-Metadaten“

Das in diesem Dokument beschriebene XBT-Messsystem wurde aufgrund seiner logistischen und finanziellen Machbarkeit für Studien übernommen, die groß angelegte, hochdichte und häufig wiederholte Messungen von Temperaturprofilen des oberen Ozeans erfordern. Einige ozeanografische Forschungsziele erfordern hochpräzise Temperaturprofilmessungen in gut aufgelösten Tiefen, die das XBT mit seiner vom Hersteller angegebenen Genauigkeit von $\pm 0,2$ °C und anhand einer Zeitberechnung geschätzten Tiefen nicht erfüllen kann. Die autonomen Temperatur- und Salzgehaltprofilierungsschwimmer von Argo, die bis in eine Tiefe von 2.000 m reichen, bieten ein globales Netzwerk mit genaueren ($\pm 0,002$ °C) ganzjährigen Temperaturen

Profile. Die im Jahr 2000 begonnene Kernaufgabe von Argo Float besteht darin, eine gerasterte globale Abdeckung von über 3.000 dieser Profiling Floats aufrechtzuerhalten. Allerdings werden Argo-Floats schnell aus Randströmungen herausgeschwemmt, wo Massen- und Wärmetransport in großem Maßstab stattfindet und die räumliche Auflösung der Probenahme durch Argo-Floats in dynamischen Regionen geringer ist. Ein synergistischer Ansatz zum Verständnis der Zirkulation in Randströmungen und anderen Anwendungen könnte eine Kombination von Plattformen erfordern, darunter hochauflösende XBT-Transekte sowie Segelflugzeuge, Argo-Profile, Liegeplätze und Fernerkundungsmessungen.

3 Ausrüstung In diesem

Abschnitt werden die häufig für XBT-Bereitstellungen verwendeten Ausrüstungstypen erläutert und Hilfen für die beste Auswahl bereitgestellt. Installation, Prüfung und Wartung der Ausrüstung werden in späteren Abschnitten behandelt. Alle hier angegebenen Preise (in USD) für Geräte gelten zum Zeitpunkt dieses Veröffentlichungsdatums (2021).

3.1 XBTs

XBTs bieten die einfachste und kostengünstigste Lösung für die häufige Erfassung von Temperaturprofilen entlang fester Abschnitte des oberen Ozeans. Der XBT enthält einen Präzisionsthermistor, der sich in der Spitze der Sonde befindet. Die DAQ-Karte misst den Widerstand des Thermistors und wandelt ihn in Temperatur um. Die Tiefe wird empirisch als Funktion der Zeit seit dem Wasserkontakt unter Verwendung einer Fallratengleichung (FRE) berechnet. Derzeit gibt es weltweit nur zwei große Hersteller von XBTs: Sippican von Lockheed Martin mit Sitz in den USA und Tsurumi-Seiki Company (TSK) mit Sitz in Japan. Bei der Wahl der Sonde kommt es vor allem darauf an, auf welches Unternehmen die Förderinstitution zum Einkauf zugreifen kann. Jeder Hersteller hat eine Vielzahl von XBT-Modellen; Das SOOPIP empfiehlt Sippican Deep Blues oder TSK T-7, die für eine Tiefe von 760 m bei einer Schiffsgeschwindigkeit von 20 Knoten ausgelegt sind, eine der kostengünstigsten Sonden (jeweils < 100 USD). Obwohl die Sonde nur für eine maximale Tiefe von 760 m ausgelegt ist, ist es üblich, dass sie je nach Schiffsgeschwindigkeit bei gleichwertiger Datenqualität fast 1000 m erreicht. Das am tiefsten reichende XBT ist das Sippican- und TSK-Modell T-5, das eine Tiefe von 1830 m erreichen kann, aber mit einer Schiffsgeschwindigkeit von 6 Knoten gestartet werden muss.

3.2 Launcher Das

grundlegende handgehaltene, manuell ausgelöste Launcher-Design für Sippican- und TSK-XBTs ist das gleiche und bei diesen XBT-Herstellern im Handel erhältlich (ca. 1.500 USD). Ein Hebel drückt drei scharfe elektrische Kontaktstifte auf den XBT-Behälter und verbindet ihn über ein Kabel mit dem DAQ-System. Der Benutzer hält den Werfer über die Bordwand des Schiffes und zieht den Stift, der das XBT im Kanister sichert, wodurch die XBT-Sonde freigegeben wird, damit sie über Bord fällt.

Hersteller und verschiedene Institutionen haben ihre eigenen Trägerraketen entwickelt, die mehrere XBT-Sonden aufnehmen können und eine automatische Fernauslösung des XBT-Starts ermöglichen. Zu den Vorteilen von automatischen Trägerraketen gehören: ein höherer Prozentsatz erfolgreicher Profile, weniger häufige Fahrten an Deck bei schlechtem Wetter, mehr Ruhe für den Außendiensttechniker, wenn die Probenahme rund um die Uhr erfolgt, und programmierbare Abwurfintervalle, die dazu beitragen, verpasste Stationen zu vermeiden.

Zu den Nachteilen gehören: größeres Gewicht und Volumen der Ausrüstung für den Transport und die Lagerung an Bord sowie ein höheres Risiko für Ausrüstungsausfälle aufgrund der höheren Komplexität gegenüber Handwerfern. Die Kosten für die Entwicklung eines Auto-Launchers weisen zu viele Variablen auf, als dass man sie hier abschätzen könnte, aber Einsparungen könnten durch die Produktion eines Auto-Launchers erzielt werden, der von einer anderen Organisation in Zusammenarbeit mit dieser entwickelt wurde.

Letztendlich empfiehlt SOOPIP weder automatische noch manuelle Handwerfer ausdrücklich; Diese Entscheidung sollte auf der Erfüllung der Bedürfnisse und des Budgets der Benutzer basieren. Wenn jedoch ein Auto-Launcher verwendet wird, sollte auch ein Hand-Launcher als wertvolles Tool zur Fehlerbehebung und als Backup für den Fall eines Ausfalls der Auto-Launcher-Komponente verfügbar sein.

3.3 Datenerfassungshardware

Sowohl Sippican als auch TSK bieten DAQ-Hardware (proprietäre elektronische Schaltkarten mit optionalen Gehäusen und Kabeln) für die Verarbeitung des XBT-Signals an, die Ergebnisse innerhalb der vorgeschriebenen Präzisions- und Genauigkeitsparameter liefert, die für die XBT-Technologie festgelegt wurden (ca. 5.000 USD für Sippican LMC-16 PCBA, Schaltkreis). nur Karte).

Darüber hinaus können DAQ-Karten im eigenen Haus entwickelt werden, beispielsweise der Turo-Datenrekorder, der ursprünglich für den Einsatz im XBT-Programm der Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization of Australia (CSIRO) entwickelt wurde. Welche DAQ-Hardware auch immer verwendet wird, ihre Leistung in Kombination mit dem gesamten XBT-System, um eine Genauigkeit von $\pm 0,2$ °C zu erreichen, sollte vor der Implementierung gut validiert werden.

3.4 Software und Computer Der Computer kann

recht einfach sein und benötigt lediglich die richtigen Datenkabelanschlüsse und Systemanforderungen für den Betrieb der Gerätesteuerungssoftware. Ein geeigneter Laptop-Stil (500 USD) wird empfohlen, um den Versand und den Platzbedarf für die Tischaufstellung zu reduzieren.

Gerätesteuerungssoftware kann vom Hersteller der DAQ-Hardware bezogen oder individuell entwickelt werden.

Die Grundlage des Softwaredesigns sollte auf die Bedürfnisse der Benutzer ausgerichtet sein, es wird jedoch empfohlen, die folgenden Funktionen einzubeziehen:

- Schnittstelle zum GNSS-Empfänger – Position kontinuierlich anzeigen und für jedes Profil erfassen
Eliminierung manueller Dateneingabefehler. Führen Sie interne Prüfungen durch, um den Benutzer auf mögliche Positionsdatenfehler aufmerksam zu machen. Im Falle eines Ausfalls der primären Positionsquellendaten wird eine Option zur manuellen Eingabe von Positionen empfohlen, um verpasste Stationen zu vermeiden.
- Lösen Sie automatisch eine XBT-Freigabe aus oder benachrichtigen Sie den Bediener, wenn ein vorgeschriebener Datenerfassungspunkt erreicht ist erreicht. Dies kann auf Zeit, Entfernung oder Position basieren.
- Metadaten erfassen – Metadatenanforderungen, wie vom SOT-10 Task Team für SOOP-Metadaten festgelegt (WMO, 2019) und im Begleitdokument zu dieser Best Practices-Suite „XBT-Metadateninhalt und -format“ beschrieben, sollten erfasst und an jeden Profildatensatz angehängt werden. • Bewahren Sie für jedes Temperaturprofil die Rohsignaldaten für das Profil sowie die berechneten Temperaturen auf und Tiefen.
- Daten übertragen – Das Programm sollte eine Datendatei erstellen, die für die Übertragung in Echtzeit vom Schiff an die Küste geeignet ist. Vorzugsweise sollte die Software in der Lage sein, mit dem Sender zu kommunizieren, um automatisch Profile zu senden, wenn diese gebündelt werden, und den Benutzer auf Übertragungsfehler aufmerksam zu machen.
- Übersetzen und zeichnen Sie das XBT-Signal auf drei Dezimalstellen auf. Obwohl die Genauigkeit von XBTs deutlich geringer ist, Rauschsignale dieser Größenordnung sind gute Indikatoren, um den Betreiber auf Datenprobleme aufmerksam zu machen.
- Machen Sie den Bediener auf verschiedene Systemfehler aufmerksam, beispielsweise auf den Verlust des GPS-Signals. • Erfassen Sie Flags zur anfänglichen Qualitätskontrolle (QC), die entweder aus Benutzereingaben oder aus einer automatisierten Auswertung generiert wurden.

3.5 GNSS-Empfänger (Global Navigation Satellite System) Für jedes erfasste XBT-Profil ist

eine genaue Position (Breiten- und Längengrad) erforderlich. Das Global Positioning System (GPS) bietet die weltweit zuverlässigste Abdeckung und Genauigkeit aller einzelnen globalen Navigationskonstellationen. Daher ist es am besten, einen Empfänger mit Zugriff auf GPS-Satelliten auszuwählen, um einen Verlust des Positionierungssignals zu verhindern.

Da im Handel viele verschiedene erschwingliche und genaue GPS-Geräte erhältlich sind (ca. 100 USD), ist nahezu jedes Modell akzeptabel, das mit den implementierten Computersteuerungen verbunden werden kann. Die Positionsdaten des Empfängers sollten mit dem Computer schnittstellenfähig sein, um Benutzereingabefehler zu vermeiden, anstatt sich auf Anzeigen und manuelle Eingaben zu verlassen. Viele Sendermodelle verfügen außerdem über integriertes GPS, sodass kein separates GPS-Gerät erforderlich ist. Obwohl keine separate Anzeige erforderlich ist, ist es ein hervorragendes Überprüfungsstool, um sicherzustellen, dass die in das Programm eingegebenen Positionsdaten korrekt sind. Abhängig von der verwendeten Softwaresteuerung können zusätzliche Funktionen wie Ausgänge für Geschwindigkeit und Kurs erforderlich sein.

3.6 Sender

Der Wert von XBT-Daten für klimatologische Anwendungen wird erhöht, indem die Daten der Community möglichst in Echtzeit zur Verfügung gestellt werden. Wo die Budgets und die Bedingungen vor Ort dies ermöglichen, sollten Datenübertragungen vom Schiff an Land implementiert werden. Die Übertragung nahezu in Echtzeit ermöglicht zudem eine zusätzliche Qualitätsprüfung der Profile während der Fahrt. Iridium-Sender sind eine gute Senderwahl (ca. 1.500 USD inklusive Antenne), da sie niedrige Datenpreise haben (ca. 1 USD/Profil, abhängig von der Verbindungszeit) und als DFÜ-Modem zum Aufbau einer PPP-Verbindung zum Internet verwendet werden können mit per FTP übertragenen Datendateien. Die Verwendung von FTP anstelle von SMTP wird als kostensparende Option empfohlen, da FTP-Verbindungen den Datenupload bei Verbindungsabbrüchen fortsetzen können, was an abgelegenen Orten auf dem Meer häufig vorkommen kann. Da die Preise für Übertragungen bei Iridium-Anbietern normalerweise auf der Verbindungszeit und nicht auf der Dateigröße basieren, können mehrere Profile gebündelt werden, um die Kosten zu senken. Der Iridium Short Burst Data-Dienst ist teurer und Inmarsat sogar noch teurer als die Iridium-FTP-Übertragungsoption.

3.7 Verkabelung

Die Kabel, die an Deck vom externen Anschlusspunkt der XBT-Sonde bis zum Anschlusspunkt im Inneren des Datenerfassungssystems verwendet werden, variieren je nach Anwendung. Bei einer langfristigen Installation sollte das Kabel beständig gegen Schäden durch Abnutzung, Witterungseinflüsse und ultraviolette Strahlung sein. Das Kabel sollte eine Abschirmung gegen elektromagnetische Störungen aufweisen, die häufig auf Schiffen auftreten. Anschlüsse sollten einen geringen Widerstand aufweisen, Außenanschlüsse müssen wasserdicht sein und bei Verwendung von Metallanschlüssen dürfen diese nicht mit dem Metallrumpf des Schiffes in Berührung kommen. Eine kosteneffiziente Alternative zu hochbelastbaren, abgeschirmten Kabeln, die langfristigen Deckinstallationen nicht standhalten müssen, ist CAT6, das verdrehte Kabelpaare und einen Differenzverstärker verwendet und daher in den meisten Umgebungen keine Abschirmung erfordern sollte. Alternativ können Sie eine drahtlose Lösung implementieren.

3.8 Stromkonditionierer Um

Störungen des SONDENSIGNALS zu vermeiden, ist eine saubere Stromquelle unerlässlich. Daher sind Stromschutzgeräte erforderlich. Sippican empfiehlt die Verwendung eines Ultraschalltransformatoren (ca. 800 USD), um das System vom Schiffsboden zu isolieren. Eine unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) in Marinequalität ist eine weitere Option zur Stromaufbereitung (ca. 400 USD).

3.9 Prüfspitzen

Prüfspitzen können im Handel erworben oder individuell angefertigt werden. Im Idealfall umfasst die Testschaltung alle Komponenten des XBT-Systems mit Ausnahme der XBT-Sonde selbst und bietet eine Temperatursimulation. Einige Testsonden dienen möglicherweise nur dazu, die Funktion des Systems zu testen, ohne eine Simulation des Temperaturprofils bereitzustellen. Dies ist zwar besser als kein Test, es wird jedoch dringend empfohlen, einen Temperaturtestfühler zu verwenden. Andere Testsonden umgehen möglicherweise den Launcher und testen so nur die Elektronik. Dies gibt jedoch keinen Aufschluss darüber, ob Probleme mit den Launcher-Kabeln oder -Anschlüssen vorliegen. Mithilfe eines Monotemperatur-Simulationstests können wichtige diagnostische Informationen ermittelt werden. Es ist auch sinnvoll, mehrere Referenztemperatursonden zwischen 1 und 30 °C zu haben, um den Bereich der Meerestemperaturen abzudecken, indem hochwertige Standardwiderstände verwendet werden, um die gewünschte Temperatur zu simulieren. Stellen Sie sicher, dass Temperaturtestsonden hinsichtlich Präzision und Genauigkeit eine um eine Größenordnung bessere Leistung erbringen als der XBT-Temperatursensor, indem Sie den simulierten Temperaturmesswert für die Dauer eines normalen XBT-Profiles wiederholt aufzeichnen. Weitere Informationen zum Testen des Systems finden Sie in Abschnitt 4.1.2.

3.10 Plattform

Mit der Genehmigung und Kooperation von Schiffseigentümern und -betreibern kann die XBT-Plattform jedes seetüchtige Schiff sein, das Platz für die Ausrüstung und den Betreiber bietet und in der Lage ist, Hochseefahrten durch die interessierenden Regionen mit der erforderlichen Frequenz durchzuführen. Der Einsatz von Gelegenheitsschiffen, seien es Sport-, Militär-, Handels-, Forschungs- oder Fischereischiffe, ermöglicht erhebliche Einsparungen bei der Datenerfassung, da diese Schiffe bereits ihrer üblichen Geschäftstätigkeit nachgehen, wodurch Charterkosten entfallen. Viele Schiffe werden freiwillig anlegen

Platz, während andere eine geringe Gebühr für Verpflegung und Verpflegung verlangen (10–35 USD/Tag). Die Auswahl, Rekrutierung und Interaktion mit geeigneten Schiffen wird im Begleitdokument zu dieser Best-Practice-Reihe „SOT-Schiffsrekrutierung und Verhalten an Bord“ ausführlich erläutert; Nutzen Sie diesen Leitfaden für die Logistik, um sich auf die Begegnung mit dem ausgewählten Schiff vorzubereiten. Überlegen Sie, welche Ausrüstung, Armaturen und Werkzeuge speziell für die Schiffskonstruktion zusätzlich zu den in diesem Dokument angegebenen Materialien erforderlich sein könnten.

3.11 Werkzeug zur Entfernungsmessung Die

Höhe des Startplatzes über der Wasseroberfläche sollte gemessen werden, um sie in die FRE einzubeziehen und die Profiltiefenberechnung zu verbessern (Bringas und Goni 2015). Ein Laser-Entfernungsmessgerät (50 USD) liefert die genaueste tatsächliche Höhe für ein beladenes Schiff unterwegs.

3.12 Ersatzteile und Zubehör Wenn Kosten,

Komfort und Platz kein Hindernis wären, könnten die Ersatzteile ein komplettes Backup-System bilden. Im Allgemeinen sind die mindestens empfohlenen Ersatzteile diejenigen, die am wahrscheinlichsten ausfallen und auf die nicht verzichtet werden kann, wie z. B. Handwerker, Kabelanschlüsse, DAQ-Hardware, Computer und GNSS. Vervollständigen Sie die Ausrüstungsliste mit zusätzlichem Zubehör wie Multimeter, Taschenlampe, Elektrosatz und Werkzeugsatz, um für alle Eventualitäten gerüstet zu sein und das Ausleihen von Schiffswerkzeugen und Büromaterialien zu vermeiden.

4 Bereitstellung

Wie bereits erwähnt, ist das XBT-Messsystem eine einfach einsetzbare und kostengünstige Methode zur Erfassung von Meerestemperaturprofilen bis zu einer Tiefe von 2000 m, wobei eine Genauigkeit in der Größenordnung von einem Zehntel Grad Celsius akzeptabel ist. Das einfachste Handwerfersystem kann in einem Koffer transportiert werden, der die Größe eines großen Fluggepäckstücks hat. Es kann von einem einzelnen Außendiensttechniker ohne fortgeschrittene technische Kenntnisse bedient werden, wobei pro erfasstem Profil etwa 5 Minuten erforderlich sind. Durch die Nutzung von Gelegenheitschiffen und dem Personal, das an Bord als Bediener arbeitet, könnten die Kosten für Schiffscharter und Außendiensttechniker auf null gesenkt werden. Typischerweise wird bei Leitungen mit hoher Dichte (d. h. bei denen alle 10–30 km eine XBT-Sonde eingesetzt wird) ein Außendiensttechniker von der Organisation gestellt und zum vertraglich vereinbarten Tarif bezahlt. Zusätzliche Personalressourcen (ohne Reisen und auf See verbrachte Tage) werden in Personenstunden wie folgt geschätzt: Projektmanagement einschließlich Rekrutierung und Einsatzplanung von Schiffen, 8–40 Stunden pro Reise; Vorbereitung und Verpackung der Ausrüstung vor dem Einsatz, 8–40 Stunden; Systeminstallation oder -entfernung an Bord, 8 Stunden; Datennachbearbeitung und Qualitätskontrolle 0,5–5 Minuten pro Profil.

4.1 Vorbereitung vor dem Einsatz Eine sorgfältige

Vorbereitung vor der Mission ist für die Datenqualitätssicherung und zur Vermeidung von Fehlern, die zu einer verringerten Datenerfassung führen, von entscheidender Bedeutung.

4.1.1 Planung Die

entscheidende Bedeutung der Reise-, Logistik- und Terminplanung kann nicht genug betont werden. Einige Beispiele für Fallstricke, die in diesem Dokument nicht näher erläutert werden, sind:

- Der internationale Transport von Ausrüstung ist mit der Komplexität seitens der Industrie und der Behörden verbunden. • SOOP-Schiffe sind oft den Unwägbarkeiten des Wetters, der Häfen und des Managements ausgesetzt, die zu Verzögerungen oder erneuten Fahrten führen können
Schiffe ohne Vorankündigung weiterleiten.
- Wenn Reisebeschränkungen und -anforderungen in fremde Länder nicht vorhergesehen oder nicht verstanden werden, können alle anderen sorgfältigen Vorbereitungen leicht zunichte gemacht werden.

Weitere Tipps für die Schaffung erfolgreicher Datenerfassungsmöglichkeiten finden Sie im Begleitdokument „SOT-Schiffsrekrutierung und Verhalten an Bord“.

4.1.2 Prüfung Jede

Komponente des Systems, einschließlich aller Kabel *und* Ersatzteile, sollte unmittelbar vor dem Feldeinsatz im Labor getestet werden. Bauen Sie im Labor ein komplettes System zusammen und lösen Sie mit einer Testsonde eine Reihe von Tropfen aus. Vergessen Sie nicht, alle Kabelverlängerungen, die auf größeren Schiffen benötigt werden, in die Einrichtung einzubeziehen.

Selbst im Labor können die Stromverhältnisse schwanken, so dass die Durchführung dieser Stromabsenkungen über Tage oder Wochen hinweg ansonsten verborgene Stromanfälligkeiten aufdecken kann. Beim Einsatz neuer Hersteller oder Komponentenmodelle, die noch nie im Einsatz waren, sind umfassende Wiederholungstests wichtig.

Bei Verwendung einer Temperaturtestsonde sollte es niemals zu einer Drift im Testprofil kommen. Selbst Drift und Rauschen, die um eine Größenordnung kleiner sind als die XBT-Genauigkeit, weisen auf systemische Probleme hin. Rauschen und Drift sind im Diagramm im vollen Maßstab, z. B. 0–25 °C, möglicherweise nicht sichtbar. Erweitern Sie daher den Diagrammmaßstab der Temperatureaufzeichnung, um Rauschsignale von nur 0,001 °C visuell sichtbar zu machen. Beispielprofile einer Testsonde mit einer Nenntemperatur von 1,5 °C veranschaulichen normale Testdaten (Abbildung 1a) und Testdaten, die eindeutig auf ein Problem hinweisen (Abbildung 1b). Würde man diese Indikatoren nur auf einer groben Temperaturskala auf einem kleinen Laptop-Monitor betrachten, wären sie aufgrund ihrer geringen Größe unsichtbar.

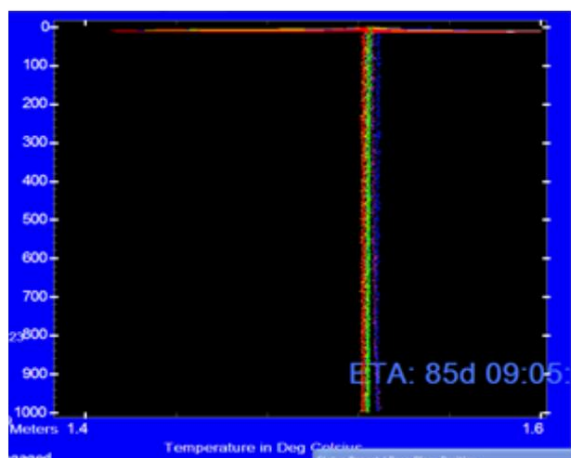


Abbildung 1a: Normale XBT-Testdaten

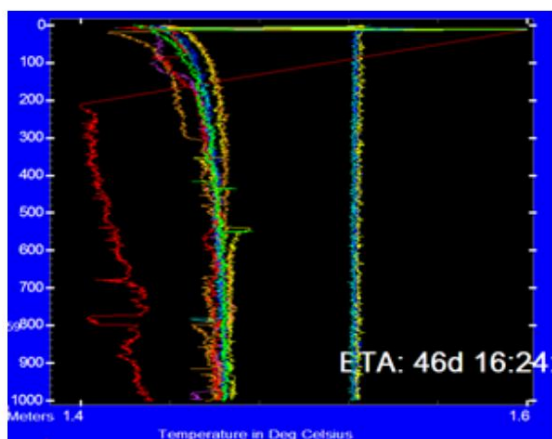


Abbildung 1b: Abnormale XBT-Testdaten

Lernen Sie, die üblichen Merkmale der erweiterten, leistungsstarken Testprofile zu erkennen. Weitere Informationen finden Sie in Abschnitt 6 „Genauigkeit und Präzision“.

Die Testsonde kann auch dabei helfen, festzustellen, ob im System ein Kurzschluss vorliegt, der dazu führt, dass die Datenerfassung beginnt, bevor der XBT ins Wasser gelangt. Die Testsonde sollte erst mit der Datenanzeige beginnen, nachdem sie mit der Schiffserde verbunden ist. Wenn Daten ohne Erdungsverbinding angezeigt werden, wird ein Kurzschluss angezeigt, der zu fehlerhaften Daten von XBTs führt, die als „falscher Spritzer“ bekannt sind.

Identifizieren Sie alle fehlerhaften Komponenten oder die Quelle von Geräuschen oder Abweichungen außerhalb der akzeptierten Parameter und ersetzen oder reparieren Sie sie vor dem Einsatz vor Ort. Häufige Störquellen sind Erdungspunkte, Kabelverbindungen, Netzteile, eine fehlerhafte DAQ-Karte, fehlerhafte Prüfspitzen und schwere Geräte, die an demselben elektrischen System betrieben werden.

Überprüfen Sie sorgfältig die Integrität aller Systemkomponenten, bevor Sie sie im Feld einsetzen. Erstellen Sie Wartungspläne, die in Checklisten und/oder Kreuzfahrtberichte integriert werden und mindestens Folgendes enthalten:

- Überprüfen Sie die Datenqualitätsleistung mithilfe von Testsonden.
- Stellen Sie sicher, dass die mechanischen und programmatischen Komponenten des Systems fehlerfrei funktionieren.
- Überprüfen Sie die Unversehrtheit der Kabelisolierung, Verbindungspunkte und wettergeschützten Dichtungen.

- Bewegliche Teile bedienen und schmieren. •
- Stellen Sie Ersatzbatterien für Computer und Peripheriegeräte bereit. • Überprüfen Sie die Funktion der Ersatzkomponenten, die ins Feld geschickt werden. • Aktualisieren Sie die Computersicherheit und erstellen Sie Wiederherstellungsmedien und Speicherplatz auf der Festplatte. •
- Stellen Sie sicher, dass der GNSS-Empfänger mit genauer Position, Datum und Uhrzeit aktualisiert. •
- Senden Sie Testdaten über den Sender und stellen Sie sicher, dass die Einstellungen und der Abonnementdienst aktuell sind. • Überprüfen Sie die Softwareeingaben einschließlich der Plattformmetadaten noch einmal. • Stellen Sie sicher, dass die persönliche Schutzausrüstung (PSA) vorhanden und unbeschädigt ist.

4.1.3 Erstellen Sie einen Probenahmeplan.

Der Ort und die Häufigkeit der XBT-Einsätze hängen von der untersuchten Region, dem Zweck der Studie und dem Budget ab. Grenzströmungen sind beispielsweise wichtige Bereiche für die Untersuchung des Wärmetransports, sodass in diesen Regionen auf einer Flugbahn senkrecht zur Strömung eine höhere Probenahmehäufigkeit vorhanden wäre, während Probenahmen in einem offenen Meeresbecken weniger häufig erfolgen könnten. Entwickeln Sie vor der Reise einen Probenahmeplan unter Berücksichtigung dieser Faktoren und der voraussichtlichen Schiffsroute. Voreingestellte Probenahmeorte für Breiten- oder Längengrade (genaue Standorte sind aufgrund unvermeidlicher Kursänderungen unpraktisch), die für das wissenschaftliche Ziel entwickelt wurden, werden idealerweise in die Gerätesteuersoftware programmiert, um die GPS-Position zu überwachen und automatisch eine Sonde zu starten oder den Bediener darauf aufmerksam zu machen. Wenn es Faktoren gibt, die einen Positionsabstastplan zu komplex machen, kann alternativ ein Zeit- oder Entfernungsplan für bestimmte Intervalle implementiert werden.

Innerhalb von SOOP werden XBT-Bereitstellungstransecte als niedrigdichte, häufig wiederholte und hochdichte oder hochauflösende Transecte bezeichnet. „Transecte mit geringer Dichte zielen typischerweise auf 12 Erkenntnisse pro Jahr ab, wobei XBTs in Abständen von 150–225 km eingesetzt werden und darauf ausgelegt sind, die großräumigen, niederfrequenten Modi der Ozeanvariabilität zu erfassen. Häufig wiederholte [FR]-Transecte zielen typischerweise auf 12–18 Realisierungen pro Jahr ab, wobei XBTs in Abständen von 100–150 km eingesetzt werden, und sind darauf ausgelegt, Beobachtungen mit hoher räumlicher Auflösung in aufeinanderfolgenden Realisierungen in Regionen zu erhalten, in denen die zeitliche Variabilität stark und in der Größenordnung von auflösbar ist 20-tägige Probenahme. Hochdichte (HD) [oder hochauflösende (HR)] Transecte zielen auf vier Erkenntnisse pro Jahr ab, wobei XBTs in einem Abstand von ca. 10–25 km eingesetzt werden, und sind darauf ausgelegt, eine synoptische hohe räumliche Auflösung zu erhalten, die die räumliche Struktur mesoskaliger Wirbel auflöst. Fronten und Grenzströme“ (Abraham et al., 2013) (Goni et al., 2019).

In Ausschließlichen Wirtschaftszonen (AWZ) haben Küstenstaaten die Zuständigkeit für die natürlichen Ressourcen der Ozeane. Daher ist möglicherweise eine vorherige Genehmigung des Staates erforderlich, bevor Probenahmen zulässig sind. Bevor Sie mit der Erstellung eines Probenahmeplans beginnen, sollten Sie sich mit den Grenzen und Regeln aller AWZs in der untersuchten Region vertraut machen. Andernfalls könnten dem Schiff und dem Programm schwere Geldstrafen und andere Konsequenzen drohen.

4.2 Installation vor Ort

Wie im Begleitdokument „SOT Vessel Recruitment and On-board Conduct“ ausführlicher erläutert wird, bestehen die drei wichtigsten Aspekte einer ordnungsgemäßen Installation vor Ort für alle SOOP-Operationen aus Sicherheit, Leistung und Ästhetik.

- **Sicherheit:** Die Ausrüstung muss an Ort und Stelle so befestigt werden, dass sie den extremen Wetterbedingungen und dem Rollen auf See angemessen ist. Es sollte weder die Funktion von Luken, Sicherheitsausrüstung noch die Bewegung von Personen behindern. Die richtige PSA ist für Sicherheit und Compliance unerlässlich, darunter mindestens ein Helm, eine Warnweste und Sicherheitsschuhe sowie eine Schwimmweste auf See. Bevor Sie Außenbordarbeiten auf einem Deck durchführen, sichern Sie alle Werkzeuge und Geräte mit einer Leine, damit sie nicht auf Personen unter oder über Bord fallen können.
- **Leistung:** Durch die Auswahl des am besten geeigneten Standorts für die Ausrüstung werden Ausfälle minimiert und das Beste gewährleistet Qualitätsdaten.
- **Ästhetik:** Es ist wichtig, bei der Zusammenarbeit mit Programmpartnern Professionalität auszustrahlen. Um negative Auswirkungen auf das aufnehmende Schiff zu vermeiden, kommt es auf die Ästhetik an, denn eine Installation wirkt nicht nur optisch unordentlich

Es wirkt unattraktiv, sieht außerdem unprofessionell aus und kann die unangenehme Aufmerksamkeit der Inspektoren auf sich ziehen, die Fragen aufwerfen könnten, auf die die Beamten möglicherweise nicht vorbereitet sind. Die Kommunikation und Planung der Ausrüstungsstandorte mit dem Schiffskapitän und/oder dem Chefsingenieur kann dazu beitragen, Verstöße und Unannehmlichkeiten für das Schiff zu vermeiden.

4.2.1 Platzierung der Ausrüstung

XBT-Sonden: Identifizieren Sie einen Speicherort, der möglichst nahe am Startort liegt. Wenn möglich, sollte die XBT-Lagerung klimatisiert sein, um Schäden durch übermäßige Hitze, Frost oder Feuchtigkeit zu vermeiden. Hohe Temperaturen können dazu führen, dass sich das Wachs, der Kleber und die Drahtisolierung verschlechtern. Unter Berücksichtigung dieser Vorsichtsmaßnahmen sollten startbereite XBTs so nah wie möglich an der Meeresoberflächentemperatur sein, um die Zeit für das thermische Gleichgewicht des Temperatursensors bei Wasserkontakt zu minimieren. Lagern Sie Sonden für den Einsatz in der Arktis nicht in einem beheizten Raum und Sonden für den Einsatz in den Tropen nicht in einem klimatisierten Raum. (Cook und Sy, 2001). Bewahren Sie XBTs in ihren Verpackungskartons auf; Eine häufige Ursache für XBT-Ausfälle sind Drahtklemmen, die auftreten können, wenn der Draht auf der Spule durch zu starke Stöße, Vibrationen oder Stöße verrutscht. Beschränken Sie den Versand auf ein Minimum und transportieren Sie ihn auf einer Palette, um die Handhabung zu reduzieren, wo immer dies möglich ist. Die ordnungsgemäße Handhabung und Lagerung von XBTs gewährleistet weniger Fehler aufgrund der Sondenqualität und damit weniger verpasste Datenpunkte.

Trägerrakete: Der wichtigste Aspekt bei der Auswahl des Standorts der Trägerrakete besteht darin, die Möglichkeit zu minimieren, dass das XBT-Kabel mit irgendeinem Teil des Schiffs in Kontakt kommt. Die Trägerrakete und der Bediener sollten sich außerhalb der Reichweite von Meereswellen befinden. Positionieren Sie den Werfer auf der voraussichtlich vorwiegend auf der Leeseite der Reise befindlichen Seite. Beachten Sie dabei, dass er bei anhaltenden ungünstigen Windverhältnissen möglicherweise bewegt werden muss. Vermeiden Sie Orte, an denen Deckstrukturen Luftströmungswirbel erzeugen könnten, die das leichte XBT-Kabel an Bord ziehen könnten. Der Werfer sollte sich etwa 3-4 Meter über der Wasserlinie befinden (Bringas und Goni, 2015). Vermeiden Sie Orte in der Nähe von Orten, an denen Feststoffe über Bord gelangen, wie beispielsweise Müllschlucker.

Automatische Trägerraketen werden normalerweise an der Achterreling auf dem untersten Deck montiert, so weit Backbord oder Steuerbord wie möglich, um Propellerturbulenzen zu vermeiden. Selbstwerfer sind schwer. Stellen Sie sicher, dass die Befestigungselemente sicher und der Ladung angemessen dimensioniert sind. Sichern Sie sie vor dem Auf- und Absteigen immer mit einem Sicherheitsgurt.

Handwerfer werden ebenfalls am besten auf dem untersten Deck, entfernt von Turbulenzen, platziert, sie ermöglichen jedoch eine größere Flexibilität bei der Platzierung. Beispielsweise hat ein Handwerfer auf dem Brückendeck den Vorteil, dass die Ressourcen des Brückenpersonals für die Datenerfassung genutzt werden können. Beachten Sie, dass es dort, wo sich die Brücke hoch über der Wasserlinie und vor störenden Schiffsstrukturen befindet, häufiger zu Ausfällen von XBTs kommt, die von der Brücke aus gestartet werden.

Verkabelung: Sicherheit geht vor! Die Verkabelung sollte so verlegt werden, dass Schäden vermieden werden, Stolperfallen vermieden werden, das Verriegeln von Luken und Bullaugen nicht behindert wird und der Zugang von Rettungsbooten/Rettungsflößen über Bord sowie der Zugang des Personals zu lebensrettender Ausrüstung nicht blockiert wird. Befestigen Sie beispielsweise kein Kabel an der Leuchtbake eines Rettungsringes und ziehen Sie das Kabel auch nicht über einen selten genutzten Zugang zum Einstiegsbereich des Rettungsboots. Achten Sie darauf, dass Kabel nicht durch Luken beschädigt werden. Die Kabel sollten gespannt sein und häufige Befestigungspunkte aufweisen, um zu verhindern, dass sie von den Gliedmaßen der Arbeiter oder Werkzeugen wie Zurrstangen oder Feuerwehrschräuchen erfasst werden. Beachten Sie, dass in einigen Räumen die Kabelverlegung verboten ist, während in anderen Räumen die Kabelbefestigungen aus Metall bestehen müssen, damit sie im Feuer nicht schmelzen. Wenn möglich, sollten Kabel, die Gehwege kreuzen, über Kopf verlegt werden, andernfalls verwenden Sie eine Kabelrampe. Verstärken Sie Scheuerstellen mit zusätzlichen Isolierschichten. Lassen Sie bei langen Kabelstrecken eine Wartungsschleife des Kabels an den Verbindungspunkten, damit Reparaturen durchgeführt werden können, ohne dass das gesamte Kabel entfernt werden muss.

Steuerungsausrüstung: Die elektronischen Steuerungen des Systems (Computer usw.) sollten sich in einem klimatisierten Raum befinden, der unter allen Bedingungen sicher zugänglich ist. Überhitzung ist nicht nur der Feind von Computern, sondern führt nachweislich auch zu Fehlern in der DAQ-Elektronik. Sichern Sie alle Bauteile gegen Abrutschen beim Einrollen

Wetter. Wenn es sich um einen gemeinsam genutzten Arbeitsbereich handelt, verkleinern Sie die Stellfläche, indem Sie Komponenten, auf die kein Zugriff erforderlich ist, auf dem Boden oder in einem Schrank befestigen.

Sender und GPS: Die Antennen dieser Instrumente sind für die Kommunikation mit Satelliten auf eine klare Sicht vom Himmel bis zum Horizont angewiesen. Manchmal kann eine GPS-Antenne direkt innerhalb eines Fensters angebracht werden und empfängt ein ausreichendes Signal. Es ist jedoch wichtig, dass das Signal konsistent bleibt, da ein Datenprofil mit einer fehlenden oder ungenauen Position ein nutzloses Datenprofil ist. Für Sender stehen weniger Satelliten zur Verfügung, die durch Deckstrukturen blockiert werden können und daher am besten auf der Brücke montiert werden.

4.2.2 Erdung Das Startsystem

muss am Meer geerdet werden (als „Meerwassererde“ bezeichnet), indem der Systemerdungspunkt mit einem Kabel mit mindestens 3,3 mm² Querschnitt mit dem Metallrumpf des Schiffs verbunden wird. Abhängig vom System kann der Erdungspunkt am Launcher oder am DAQ-System liegen, jedoch niemals an beiden. Bei Rümpfen, die nicht aus Metall sind, wird der Anschluss an die Ruderwelle oder die Schiffsleitungen angeschlossen. Verwenden Sie nicht die elektrische Erdung des Schiffs als Systemerdungspunkt. Eine schlechte Erdung führt zu erheblichen Fehlern in den Daten und ist wohl der häufigste Installationsfehler.

Testen Sie die Qualität der Erdung mit einem Ohmmeter, wobei ein Kabel an der Erdung des Systems und das andere an freiliegendem Metall des Schiffsrumpfs (außer dem Befestigungspunkt) angeschlossen wird. Der Widerstand sollte weniger als 5 Ohm betragen.

Rütteln Sie an beiden Enden des Erdungskabels, um sicherzustellen, dass der Widerstandswert nicht zu stark schwankt.

Mehrere Erdungspunkte im System können Erdschleifen erzeugen, die Störungen des Temperatursignals verursachen (Lockheed Martin, 2003).

Vermeiden Sie Erdschleifen, indem Sie Verbindungen zur elektrischen Erdung des Schiffs an der Stromversorgung der DAQ-Hardware eliminieren. Dies kann durch die Verwendung eines Stromkabels ohne Erdungsstift am Steckdosenende erreicht werden. Der Massepunkt des Launchers funktioniert genauso wie der Erdungsstift des DAQ-Hardware-Netzkabels, solange die Masse des Launchers mit dem System verbunden bleibt. **SICHERHEITSHINWEIS: Stellen Sie zuerst die Systemerdung her, bevor Sie das System an die Steckdose anschließen, und entfernen Sie die Systemerdung nicht, wenn das Gerät angeschlossen ist. Trenntransformatoren, Überspannungsschutzgeräte und USVs sollten immer normal geerdet werden, wobei der dritte Stift mit der Schiffserdung verbunden ist elektrische Masse. Nur bei der DAQ-Hardware, die an diese Stromquellen angeschlossen ist, sollte der Erdungsstift des Netzkabels entfernt werden, während die Erdung über den Erdungspunkt des Systems aufrechterhalten bleibt.**

Erden Sie den GNSS-Empfänger zum Schutz vor Blitzeinschlägen am Schiffsrumpf.

4.2.3 Überlegungen zur Stromversorgung

Elektrische Störungen, die durch vorübergehende Ungleichgewichte in den aktiven Kathodensystemen des Schiffes, elektrische Fehler, elektromagnetische Sender, Funkkommunikation und die Verwendung schwerer Ausrüstung an Bord verursacht werden, können die DAQ-Karte, die Stromversorgung oder sogar das XBT beeinträchtigen. Sondern draht fungiert als Antenne, manchmal in katastrophalen Ausmaßen (Cook und Sy, 2001). Das Anzeigen von XBT-Testdaten in einem erweiterten Maßstab, wie in Abschnitt 4.1.2 „Testen“ beschrieben, ist ein gutes Werkzeug zum Aufdecken und Diagnostizieren elektrischer Störungen. Die erste Verteidigungslinie besteht darin, beim Systemdesign hochwertige Netzteile zu verwenden. Laut Sippican können einige schiffsbedingte Probleme durch den Einsatz eines Ultraisolationstransformators behoben werden, um das System vom Schiffsboden zu isolieren. Andere Probleme können von einer USV profitieren, es ist jedoch wichtig, ein qualitativ hochwertiges Gerät *in Marinequalität* auszuwählen. Sofern Steckdosenleisten mit Überspannungsschutz verwendet werden, müssen diese für *den Seegebrauch geeignet sein*. Die Elektronik in USVs und Überspannungsschutzgeräten, die für den Einsatz an Land konzipiert sind, ist nicht mit der Schiffsstromversorgung kompatibel und kann das Problem nicht nur verschlimmern, sondern auch gefährlich sein. Stellen Sie auch hier immer sicher, dass diese Geräte über das vom Hersteller bereitgestellte geerdete Stromkabel mit der elektrischen Erdung des Schiffs verbunden sind.

Manchmal kann ein Problem mit der Stromversorgung durch die Verwendung einer anderen Schaltung behoben werden. In anderen Fällen ist die Störung vorübergehend und verschwindet von selbst. Beispielsweise können an Bord befindliche Geräte wie Kräne, Schweißgeräte und Schleifmaschinen elektrische Störungen verursachen, die verschwinden, wenn die Geräte nicht verwendet werden.

Die Einbeziehung der Schiffselektriker und -ingenieure hilft häufig dabei, elektrische Störquellen auf dem Schiff zu identifizieren und zu beseitigen.

4.2.4 Tests Das Testen

des Systems *vor Ort* vor Beginn der Feldmessungen ist ebenso wichtig wie die Tests vor dem Einsatz. Testen Sie, um sicherzustellen, dass die Installation korrekt ist, um zu prüfen, ob beim Transport Schäden entstanden sind, und auch, weil die Strombedingungen an Bord anders sind als im Labor. Verwenden Sie wie bei den Vorbereitungen vor dem Einsatz eine Temperaturtestsonde und erweitern Sie den Diagrammmaßstab, um ungewöhnliche Spurenmuster in der Größenordnung von Milligrad zu erkennen und auf „falsche Spritzer“ zu testen. Führen Sie einen Test an jeder Position des automatischen Abschussgeräts (falls verwendet) und am Handabschussgerät durch. Vergleichen Sie die Ergebnisse der einzelnen Positionen miteinander und mit den Ergebnissen der Tests vor dem Einsatz. Das Erscheinungsbild der Kurve sollte eine gerade Linie sein, ohne Drift, mit einem Maximum, einem Minimum und einem nominalen Mittelwert wie erwartet. Die vollständige Diskussion finden Sie in Abschnitt 4.1.2 „Testen“.

4.3 Feldtechniken

4.3.1 Überwachen des Probenahmeplans Der

Probenahmeplan sollte während der Vorbereitungen vor dem Einsatz erstellt worden sein, könnte jedoch eine Anpassung basierend auf der tatsächlichen Schiffsroute oder den örtlichen Bedingungen erfordern.

- **Vermeiden Sie mehrere Drops an derselben Position**, wenn für diese Position bereits ein gutes Profil erstellt wurde.

Wenn das Schiff beispielsweise driftet oder vor Anker liegt, unterbrechen Sie einen zeit- oder positionbasierten Plan. • **Überwachen**

Sie Kurs- und Geschwindigkeitsänderungen, um sicherzustellen, dass die Ziele des Probenahmeplans mit den Zielen übereinstimmen

neue Strecke oder Geschwindigkeit.

- **Überwachen Sie die Daten, um die Stichprobe entsprechend zu ändern**. Zum Beispiel die erwarteten Grenzen eines

Wichtige Ströme können sich ändern. Beobachten Sie daher die Daten bei der Annäherung und erhöhen Sie die Probendichte nach Bedarf.

Erfassen Sie außerdem zusätzliche Datenprofile an einem Ort, an dem die Daten schlecht, fragwürdig oder ungewöhnlich aussahen. •

AWZs überwachen. Das Abwerfen von XBTs ist in vielen AWZs erlaubt, jedoch nur in Fällen, in denen es eine bekannte verbotene Abwurfzone gibt sich auf der Route befindet oder das Schiff in ein solches Gebiet umleitet, ändern Sie den Plan nach Bedarf.

4.3.2 Messung der Starthöhe Die Starthöhe muss

aufgezeichnet und die XBT-Geschwindigkeit in den in der Datenverarbeitung verwendeten FRE-Tiefenversatz einbezogen werden (Bringas und Goni, 2015), d. h. Sonden, die von der Brücke in 10 Deckshöhen gestartet werden, bewegen sich schneller als a Die Sonde wurde vom Achterdeck nahe der Oberfläche aus eingesetzt. Dies lässt sich am einfachsten und genauesten mit einem Laser-Entfernungsmessgerät durchführen, das *während der Fahrt mit typischer Geschwindigkeit auf der gleichen Höhe und an der gleichen Stelle wie die Trägerrakete gehalten wird*. Für dieses Werkzeug ist eine gewisse Technik erforderlich, denn wenn das Wasser zu glasig und klar ist, wird der Laser nicht von der Wasseroberfläche reflektiert; Versuchen Sie in diesem Fall, etwas Wildwasser direkt darunter aufzufangen, das durch Turbulenzen entsteht. Die Schiffsgeschwindigkeit, die Position auf dem Schiff und die Ladung der Schiffsladung wirken sich alle auf die Höhe eines Decks über dem Wasser aus. Daher müssen die genauesten Messungen der Trägerraketenhöhe unter In-situ-Bedingungen durchgeführt werden.

Alternativ kann die Höhe berechnet werden, sofern Geschwindigkeit, Tiefgang und Squat-Tabellen (die Änderung des Tiefgangs des Schiffes während der Fahrt) vom Schiff in die Berechnung einbezogen werden. Vergessen Sie nicht, die Starthöhe in den Metadaten für jeden Abwurf einzugeben, falls die Startposition geändert wird.

4.3.3 Starten von XBTs Nach dem

Auslösen sollte die XBT-Sonde so vertikal wie möglich ins Wasser eintauchen und ihr am Schiff montierter Kanister sollte so genau wie möglich mit dem Winkel der abgewickelten Flugbahn des Drahtes ausgerichtet sein, um den Abrieb an der Kanisteröffnung zu minimieren. Fest montierte Werfer am Heck bieten den zuverlässigsten vertikalen Einstieg und sollten in einem Winkel von 10–30° nach unten zur Horizontalen eingestellt werden. Durch den Handstart sollen Sonden vom Schiffsrumpf entfernt werden. Auch wenn dies manchmal unmöglich ist, sollten Sie vermeiden, dass die Sonden fallen oder in horizontalerer Position mit Wasser in Berührung kommen, da dies die Fallgeschwindigkeit verringert. Nachdem die Sonde losgelassen wurde, kann der Werfer im optimalen Winkel gehalten werden, um ein reibungsloses Abwickeln des Drahtes zu ermöglichen.

4.3.4 Daten beobachten und neu starten Beobachten Sie den

Fortschritt der Daten während des Starts in Echtzeit, indem Sie entweder das kommerziell erhältliche System oder eine vom Benutzer entwickelte Plotschnittstellenfunktion verwenden. Die Darstellung des aktuellen Temperaturprofils im Vergleich zu den vorherigen Profilen kann ein sofortiger visueller Hinweis sein, um auf mögliche fehlerhafte Daten aufmerksam zu machen. Das Profil sollte ziemlich glatt sein und weitgehend dem vorherigen Profil ähneln, das in der Nähe aufgenommen wurde, ohne große Temperaturunterschiede, ohne hochfrequentes Rauschen oder große, scharfe Spitzen. Siehe Abschnitt 8 „Methoden zur Qualitätsbewertung“ und das CSIRO-Kochbuch zur Qualitätskontrolle (Bailey et al., 1994), um Profilm Merkmale und Fehlermodi zu identifizieren. Wenn das Datenprofil eine ungewöhnliche Funktion aufweist oder die Daten offensichtlich kompromittiert sind, sollte so schnell wie möglich ein weiteres XBT gestartet werden. Das anschließende Temperaturprofil kann Datenmerkmale bestätigen und sicherstellen, dass keine Datenlücke besteht. Wenn die Kosten für die XBT-Sonde ein Problem darstellen, können wiederholte Stürze auf die Stellen beschränkt werden, an denen sich verdächtige Daten in den oberen 200 m des Profils befinden und/oder auf die Stelle, an der der Beobachtungsbereich der Studie am kritischsten ist.

Wenn Sie einen Auto-Launcher verwenden, halten Sie den Hand-Launcher bereit, damit er ausgeführt werden kann, ohne dass Stationsdaten verloren gehen. Die Fehlerbehebung und Reparatur des komplexeren Auto-Launchers kann lange dauern und ist vor Ort möglicherweise nicht reparierbar.

4.3.5 Wetteraspekte Wetterbedingungen, die

extreme Schiffsbewegungen, starken Regen, Wind oder Blitze verursachen, können sich negativ auf die Datenerfassung auswirken. Gehen Sie nicht an Deck, wenn die Bedingungen zu gefährlich sind; Melden Sie sich beim Wachmaaten an und befolgen Sie die Sicherheitsanweisungen des Kapitäns, indem Sie zusätzliche Vorsichtsmaßnahmen ergreifen, z. B. eine Begleitung mitnehmen und einen Rettungsring tragen. Stellen Sie sicher, dass der Abwickeldraht während des Abwurfs das Schiff nicht berührt. Manchmal können die Windbedingungen dies zu einer Herausforderung machen. Versuchen Sie, den Startort auf ein niedrigeres Deck oder einen geschützteren Bereich zu verlegen, wo die Deckstrukturen keine Wirbel oder Hindernisse erzeugen. Blitze können stundenlang, nachdem sie nicht mehr beobachtet werden können, schwere Spitzen im Datenprofil verursachen. Schlechtes Wetter führt häufig zu Kabeldehnungen oder -brüchen, was sowohl offensichtliche als auch subtile Datenfehler verursacht (Beispiele finden Sie in Abschnitt 8 „Methoden zur Qualitätsbewertung“). Beim Vorladen der Träger Rakete ist es wichtig, die geladenen Sonden vor Regen zu schützen. Nasse Sonden können Daten zurückgeben, bevor sie ins Wasser gelangen, was zu einem beobachteten frühen Wasserkontakt oder einem „falschen Spritzer“ führen kann. Beobachtungen und wiederholte Starts sollten bestätigen, ob das Wetter die Ursache für schlechte Daten ist. Wenn das Wetter einen erfolgreichen Start verhindert, setzen Sie den Start so schnell wie möglich fort, sobald sich die Bedingungen verbessert haben.

4.3.6 Pflege und Wartung Während der Reise

sollte die gesamte Ausrüstung regelmäßig gewartet werden, um sie vor Schäden durch die raue Umgebung zu schützen. Sammeln Sie außerdem zu Beginn und am Ende jeder Kreuzfahrt Testdaten, um die Systemleistung und -stabilität zu überprüfen.

Schützen Sie den Werfer und alle Außengeräte vor Korrosion durch Salz und Schornsteinruß, indem Sie ihn alle ein bis zwei Tage mit frischem Wasser abspülen. Lassen Sie den leeren Sondenbehälter bei Nichtgebrauch verschlossen im Launcher, um die Kontaktstifte vor Korrosion zu schützen. Decken Sie den Werfer entsprechend ab, um ihn vor Unwettern wie Eis zu schützen.

Bewegliche Teile mit hochwertigem, den Materialien entsprechendem Schmiermittel schmieren. Gummidichtungskomponenten mit einer kleinen Menge hochwertigem Silikonschmiermittel schmieren, ohne metallische elektrische Kontakte zu beschichten.

Stellen Sie sicher, dass die elektrischen Kontakte frei von Salz, Ruß, Schmutz und Öl bleiben; Reparatur von Dichtungen, die das Eindringen dieser Verunreinigungen ermöglichen. Überprüfen Sie die Verkabelung auf Knicke, beschädigte Anschlüsse und Isolationsschäden. Scheuerstellen durch zusätzliche Isolierung verstärken. Überprüfen Sie die Befestigungspunkte auf Anzeichen von Lockerung und Materialermüdung, die häufig durch Schiffsvibrationen, Korrosion und UV-Strahlung verursacht werden. Schützen Sie korrodierbare Teile gegebenenfalls mit Korrosionsschutzbeschichtungen und Planenabdeckungen. Verstauen Sie die Ausrüstung zwischen Kreuzfahrten außerhalb des Decks in Transportkartons.

Die Elektronik im Innenbereich sollte regelmäßig auf Anzeichen von Überhitzung oder Feuchtigkeit überwacht werden. Beachten Sie, dass bei Kurs- und Positionsänderungen des Schiffes ein zuvor kühler Standort mehr Sonneneinstrahlung oder Änderungen in der Umgebung ausgesetzt sein kann

Klima. Achten Sie darauf, dass sich die Kabel nicht lösen, und halten Sie den Bereich um das Gerät staubfrei. Elektronikgeräte, die über einen längeren Zeitraum im Einsatz sind, können durch Staub in ihren Gehäusen verstopft werden, wodurch Wärme, Feuchtigkeit und ätzendes Salz aus der Luft eingeschlossen werden. Wenn Batterien verwendet werden, prüfen Sie diese auf Korrosion und Undichtigkeiten. Machen Sie einen Inspektionsplan zum Bestandteil des Kreuzfahrtberichts und vergessen Sie nicht, Ersatzbatterien und Zusatzwerkzeuge wie Taschenlampen und Multimeter einzuschließen.

5 Kalibrierung

Einzelne XBT-Sonden können vor der Verwendung nicht kalibriert werden, da jeder Test im Wasser destruktiv ist. In der Vergangenheit haben Änderungen der Herstellermethoden oder -standorte zu Änderungen der Leistungsmerkmale und der Zuverlässigkeit geführt. Während die Hersteller Qualitätskontrollen vor Ort und im Labor durchführen, wird empfohlen, Stichprobenprüfungen an einer kleinen Charge von XBTs durchzuführen, um sicherzustellen, dass sie den Spezifikationen entsprechen, sofern Zeit und Budget dies zulassen. Informationen zur Implementierung einer unabhängigen Verifizierung finden Sie in den für SOOPIP-III entwickelten „XBT/XCTD-Standardtestverfahren“ (Sy und Wright, 2000).

Wenn im Labor oder vor Ort eine problematische Charge von XBTs entdeckt wird, verfolgen Sie die Seriennummern der Sonden und das Herstellungsdatum (DoM) und vergleichen Sie sie mit anderen Sonden aus diesem Zeitraum, um festzustellen, wie häufig die Probleme auftreten (aus diesem Grund ist DoM sollte immer in den Profilmetadaten erfasst werden). Der/die Fehler sollten für den Hersteller dokumentiert und zusammengefasst werden, da dies zur Entdeckung von Problemen im Werk führen könnte, die in zukünftigen Chargen behoben werden können. Sowohl Sippican als auch TSK haben eine gute Zusammenarbeit bei der Behebung von Qualitätsproblemen und Ersatzsonden erhalten.

Auch die proprietäre Elektronik der Sippican- und TSK-DAQ-Karten ist nicht für die Kalibrierung ausgelegt. Eine XBT-Temperaturprüfsonde mit hochwertigen Standardwiderständen ist die beste Methode, um sicherzustellen, dass das gesamte System den Spezifikationen entspricht.

6 Genauigkeit und Präzision Wie von den

Herstellern angegeben, beträgt die Systemgenauigkeit der Deep Blue XBT und TSK T-7 von Sippican für die Temperatur $\pm 0,2$ °C und für die Tiefe 4,6 m oder ± 2 %, je nachdem, welcher Wert größer ist (Lockheed Martin, 2021). Beachten Sie, dass unter bestimmten Bedingungen und bei nicht gut bewerteten Systemen die Genauigkeit schlechter sein kann. Der Starttransient ist die Tiefe, in der das anfängliche Temperatursignal mit der Meerwassertemperatur ins Gleichgewicht gekommen ist. In geringeren Tiefen liegt die Temperatur außerhalb der angegebenen Genauigkeit des XBT und gilt als unzuverlässig. Es wird allgemein angenommen, dass die Übergangstiefe beim Start <4 m beträgt, es hat sich jedoch gezeigt, dass sie von der DAQ-Karte abhängt und tiefer sein könnte, ein wichtiger Gesichtspunkt, um eine systematische Verzerrung der Meeresoberflächentemperatur zu vermeiden (Kizu und Hanawa, 2002). Die Wissenschaftsgemeinschaft hat festgestellt, dass die nominelle Genauigkeit von XBT-Daten für viele wissenschaftliche Anwendungen geeignet ist und voreingenommene historische Daten für Klimaforschungszwecke verwendet werden können (Cheng et al., 2016). Viele Studien zur XBT-Genauigkeit wurden anhand umfangreicher historischer Daten durchgeführt. Zur weiteren Betrachtung finden Sie eine umfassende Liste von Referenzen zu XBT-Qualitätstests, die von den National Centers for Environmental Information (NCEI) der NOAA zusammengestellt wurden, auf der XBT-Bibliographie-Website ([\(https://www.ncei.noaa.gov/access/world-ocean-\)](https://www.ncei.noaa.gov/access/world-ocean-) (Datenbank/xbt-bibliography.html) NCEI bietet auch eine Liste von XBT-Korrekturpublikationen an, in denen Verzerrungen in den Temperaturdaten sowie Fallratenfehler erörtert werden (<https://www.ncei.noaa.gov/expedable-bathythermograph-xbt-corrections>). Darüber hinaus ist die Community der International Quality Controlled Ocean Database (IQuOD) (<http://www.iquod.org>) arbeitet aktiv daran, aus allen gesammelten Temperaturprofildaten eine Temperaturdatenbank für Klimaqualität aufzubauen, indem ein einheitlicher Qualitätskontrollstandard entwickelt wird (Cowley et al., 2021).

Im Rahmen des SOOP XBT-Programms der Scripps Institution of Oceanography können Testmessungen mit dem Sippican MK21 Obwohl die Ergebnisse unveröffentlicht sind, handelt es sich um eine gute Schätzung

Beobachtungen zur Präzision, die Tausende von Messungen an Dutzenden von Systemen umfassen, die über zwei Jahrzehnte hinweg durchgeführt wurden. Wenn DAQ-Karten identifiziert werden, die nicht mit dieser Genauigkeit arbeiten, werden sie von der Verwendung bei Klimamessungen ausgeschlossen, um die Systemverzerrung so weit wie möglich zu reduzieren.

7 Standards

Wie in Abschnitt 3.8 „Prüfspitzen“ beschrieben, stellen XBT-Prüfspitzen den für das XBT-Messsystem verwendeten Standard dar. Der mit dem Messsystem gekoppelte Testbehälter sollte in Präzision und Genauigkeit mindestens eine Größenordnung besser abschneiden als die angegebene Genauigkeit des XBT-Systems von $\pm 0,2$ °C.

8 Methoden zur Qualitätsbewertung In diesem Abschnitt werden

Echtzeit-Beobachtungen zur Qualitätsbewertung und Maßnahmen erörtert, die vor Ort ergriffen werden müssen. In der Nachbearbeitung können strengere Auswertungen und erweiterte QC-Flags angewendet werden, um Daten im verzögerten Modus zu erzeugen. Dies wird im begleitenden Best-Practice-Artikel „XBT-Qualitätskontrolle im verzögerten Modus“ behandelt.

Der Außendiensttechniker ist die erste Anlaufstelle für eine gute Qualitätssicherung, -bewertung und -kontrolle. Bei der Identifizierung von Qualitätsproblemen sollte der Techniker Datenflags notieren, sofort versuchen, die Ursache zu beheben, um schlechte oder fehlende Daten zu vermeiden, und die Beobachtungen und durchgeführten Schritte im Kreuzfahrtbericht dokumentieren.

Obwohl dies wünschenswert sein könnte, gibt es derzeit kein einheitliches, allgemein etabliertes QC-Kennzeichnungsschema und es wird allgemein anerkannt, dass es am realistischsten ist, verschiedene Standards zu akzeptieren und zwischen ihnen zu übersetzen (Bushnell et al., 2019). Die Zwischenstaatliche Ozeankommission (IOC) hat ein zweistufiges Qualitätsflaggensystem für den Austausch ozeanografischer Daten vorgeschlagen. Die primäre Ebene wird durch fünf Flags definiert und auf alle Datentypen angewendet, die nur grundlegende Flags benötigen. Die Flaggen der primären Ebene werden durch Flaggen der sekundären Ebene ergänzt, die von der Gruppe unter Verwendung der Flaggen basierend auf ihren spezifischen Bedürfnissen und ihrer Geschichte erstellt werden (Zwischenstaatliche Ozeanographische Kommission der UNESCO, 2013). Der IOC-Vorschlag enthält Querverweise auf einige Datenflaggenschemata für verschiedene Programme mit dem Plan, die Verweise auf der Ocean Data Standards-Website (<https://www.oceandatastandards.org>) auf dem neuesten Stand zu halten. SOOPIP empfiehlt die Verwendung des Kennzeichnungsschemas des Global Temperature and Salinity Profile Program (GTSP). Beachten Sie den entscheidenden Unterschied zwischen IOC-Primärflags und GTSP für die Beschreibung von Code 2.

Tabelle 1: Vergleich der Markierungsschemata

Code	GTSP-Qualitätsflags (von SOOP verwendet)	IOC 54:V3-Qualitätsflags
0	Es wurde keine Qualitätskontrolle zugewiesen	
1	Es wurde eine Qualitätskontrolle durchgeführt; Scheint richtig zu sein. Gut	
2	Es wurde eine Qualitätskontrolle durchgeführt; wahrscheinlich gut	Nicht ausgewertet, nicht verfügbar oder unbekannt
3	Es wurde eine Qualitätskontrolle durchgeführt; erscheint zweifelhaft	Fragwürdig/verdächtig
4	Es wurde eine Qualitätskontrolle durchgeführt; erscheint fehlerhaft	Schlecht
5	Der Wert wurde aufgrund der Qualitätskontrolle geändert	
9	Der Wert fehlt	Fehlende Daten

Zu kennzeichnende XBT-Daten und Metadaten sind Datum/Uhrzeit, Position, Temperatur und Tiefe. Beachten Sie, dass das Temperaturprofil mehrere Markierungen enthalten kann, z. B. Punkte von 0–250 m, die als korrekte Daten markiert sind, 251–350 m wahrscheinlich als gut und 351–900 m als fehlerhaft. Im Idealfall kann die XBT-Software eine automatisierte Datenauswertung und QC-Markierung durchführen oder dem Benutzer die Eingabe von QC-Markierungen vor der Datenverteilung ermöglichen.

8.1 Bewertung von XBT-Profilen auf grundlegende Fehler

Der Bediener ist der einzige Beobachter, der sich der bestehenden Feldbedingungen direkt bewusst ist, die sich auf die Datenqualität auswirken könnten. Erfahrungen mit den Temperaturbedingungen in der Region und zusätzliche Datenvergleiche sind hervorragende Hilfsmittel, um fehlerhafte und tatsächliche Temperaturanomalien zu identifizieren. Der Bediener sollte in Echtzeit die aufgetragene Temperatur gegen die Tiefe auf hochfrequentes Rauschen, fehlende Daten, große Temperaturabweichungen und scharfe Spitzen untersuchen. Während scheinbare Temperaturinversionen und konstante Temperatursegmente oft reale Bedingungen sind, können sie auch auf Fehler hinweisen, die durch Drahtdehnung, Drahtbruch oder Kontakt mit dem Meeresboden verursacht werden. Vergleichen Sie das aktuelle Temperatur-Tiefen-Diagramm mit dem des vorherigen Profils. Wenn schlechte oder fragwürdige Daten beobachtet werden, sollte so schnell wie möglich ein erneuter Abfall durchgeführt werden, ausgelöst entweder durch den Bediener oder durch die Software über ihre automatische QC-Auswertung. Das anschließend wiederholte Temperaturprofil kann Datenmerkmale bestätigen und sicherstellen, dass keine Datenlücke besteht. Anomale Merkmale, die im vorherigen Profil vorhanden oder angedeutet sind und im wiederholten Drop oder im nächsten Profil vorhanden sind, verleihen den Daten Vertrauen. Wenn kein wiederholter Abfall auftritt, sind benachbarte Profile und archivierte historische Daten aus derselben geografischen Region von unschätzbarem Wert und sollten überlappend grafisch dargestellt werden. Archivierte Datensätze können zeigen, ob für das Untersuchungsgebiet Merkmale wie große Inversionen, Wirbel oder mehrere gemischte Schichten zu erwarten sind.

Beispiele, die normale Daten sowie häufige Fehlermodi darstellen, und die beschreibenden QC-Flags für deren Kennzeichnung basierend auf dem Quality Control Cookbook von CSIRO (Bailey et al., 1994) finden Sie im Anhang: Beispiele für XBT-Datenprofilfunktionen. Obwohl möglicherweise nicht alle QC-Flags in Echtzeit auf das Datenprofil angewendet werden, sind die Beispiele eine hilfreiche Referenz zum Verständnis der XBT-Temperaturprofildaten.

8.2 Überprüfung der Metadaten

Es ist von entscheidender Bedeutung, dass der Außendiensttechniker darauf achtet, dass alle Plattform- und Messmetadaten genau aufgezeichnet und übertragen werden, wie im WIGOS-Metadatenstandard (WMO, 2019) beschrieben. Schiffs-ID, Hersteller und Modell der DAQ-Karte, Software und Version, XBT-Sondeninformationen, Abwurfposition, Datum und Uhrzeit des Einsatzes, Höhe der Trägerrakete, FRE-Koeffizienten und QC-Flags sind Beispiele für wichtige Metadaten. Da verschiedene XBT-Modelle unterschiedliche Eigenschaften aufweisen, die sich auf ihre Fallrate auswirken, ist es wichtig, nicht nur die entsprechende FRE zu verwenden, sondern auch den Namen des Herstellers, das Modell, die Seriennummer und das Herstellungsdatum in die Metadaten aufzunehmen, die bei jedem Fall gemeldet werden (WMO/ IOC, 2019). SOOPIP behauptet, dass „auf XBT-Rohdaten kein Korrekturschema angewendet wird“. Alle archivierten Daten sollten nur Tiefen enthalten, die entweder von den Herstellern oder von Hanawa et al. berechnet wurden. (1995) Koeffizienten und Temperaturen, die aus dem Sammelsystem erhalten wurden“ (Cheng et al., 2016).

Da die Profiltiefe außerdem als Funktion der Zeit berechnet wird, sollte die Zeit seit dem Einsatz auch explizit oder implizit aufgezeichnet werden, indem die Abtastrate der DAQ-Karte bekannt ist.

Wenn hervorragende Metadaten vorhanden sind, können Forscher historische Datensätze erneut überprüfen und mithilfe von Korrekturen oder Anpassungen Verbesserungen vornehmen, die auf Wissenserweiterungen basieren, die zwangsläufig mit der Zeit einhergehen, wie beispielsweise durch IQuOD. Diese angepassten Datensätze von unterschiedlichen Institutionen, die unterschiedliche Geräte und Techniken verwenden, könnten effektiv zusammengeführt werden, wodurch eine umfassende, kohärente historische Aufzeichnung entsteht. Tatsächlich hat das XBT-Wissenschaftsteam während seines vierten XBT-Workshops die Arbeit von Cheng et al. empfohlen. (2014) für historische Datenkorrekturen und eine umfassende Bewertung früherer und aktueller Fehler (Cheng et al., 2016).

8.3 Testdatenvergleiche

Zusätzlich zum Testen der Funktionsfähigkeit der Ausrüstung nach der Installation sollten Testdaten zu Beginn und am Ende jeder Kreuzfahrt gesammelt werden. Ein erneuter Test sollte auch jedes Mal durchgeführt werden, wenn die DAQ-Karte, der Launcher, die Verkabelung oder das Netzteil ausgetauscht oder repariert wird. Stellen Sie sicher, dass das System stabil bleibt, indem Sie die Labortestdaten mit allen während der Kreuzfahrt gesammelten Feldtestdaten vergleichen. Stellen Sie sicher, dass es keine Abweichungen außerhalb der erwarteten Ergebnisse gibt.

8.4 Kreuzfahrtbericht Für

jede XBT-Kreuzfahrt sollte ein detaillierter Bericht verfasst und zumindest im Original-internen Datenarchiv aufbewahrt werden. Es sollte alle in Abschnitt 8.2 „Metadatenüberprüfung“ beschriebenen Metadaten sowie Notationen enthalten

über Geräteprobleme, deren Ursachen, Geräteänderungen und Reparaturen. Führen Sie ein tägliches Protokoll, das regelmäßige Beobachtungen des Wetters enthält, das die Messungen beeinflussen könnte, wie z. B. Windgeschwindigkeit und -richtung, Blitz, starker Regen, Eis usw. Notieren Sie bei jedem Start alle ungewöhnlichen Beobachtungen und den Grund für Profiflaggen mit der Nummer >1 (Tabelle 1). Fügen Sie Statistiken zur Anzahl der Tropfen, verwendeten Sonden und Sondenausfallraten hinzu. Listen Sie die für die nächste Reise benötigten Materialien auf und fassen Sie Ratschläge für den nächsten Techniker zusammen. Tabellarische Darstellung und Zusammenfassung der Ergebnisse aller Testdaten. Dokumentieren Sie, welches Verfahrenshandbuch und welche Best Practices verwendet wurden. Vergessen Sie nicht, den Namen und die Kennungen des wissenschaftlichen Projekts sowie aller gleichzeitig an Bord laufenden Hilfsprojekte wie Argo- oder Drifter-Einsätze anzugeben.

9 Datenmanagement Alle gesammelten

XBT-Daten, einschließlich Papierkopien von Protokollen, Kreuzfahrtberichten und Testdaten, sollten von der Gruppe, die sie sammelt, aufbewahrt und archiviert werden. Es empfiehlt sich, die Daten mit mehreren verschiedenen Speichermethoden aufzubewahren, z. B. Solid-State-Archiv, Cloud-Archiv und einer zugänglichen Festplatte.

SOOP-XBT-Daten werden zusätzlich über NOAA/NCEI, die Australian Ocean Data, archiviert und verbreitet Network (AODN)-Portal, die Institutionen, die den Betrieb durchführen, und andere regionale Datenverteilungszentren

Derzeit arbeitet SOT mit anderen organisatorischen Aufgabenteams an der Festlegung von Standards und Verfahren für Plattform- und Messmetadaten sowie Vorlagen für das Binary Universal Form for the Representation of meteorological data (BUFR-Format) zum Senden von Daten an das GTS. Sobald dies formalisiert ist, ist die Erstellung des Best Practices-Begleitdokuments „XBT-Metadateninhalt und -format“ geplant.

10 Zusammenfassung

Die Messung der Meerestemperaturprofile des oberen Ozeans mithilfe von XBT-Sonden, die in einem globalen Netzwerk etablierter Transekte eingesetzt werden, liefert weiterhin wichtige Daten, die für Klimastudien wie sich ändernde Strömungen im oberen Ozean, den meridionalen Wärmetransport und den thermosterischen Anstieg des Meeresspiegels anwendbar sind.

Das XBT-Messsystem in seiner einfachsten Form ist kompakt, kostengünstig, robust, zuverlässig und einfach zu bedienen.

Die allgegenwärtige Anwendung von XBT-Sonden, die erstmals etwa 1967 eingesetzt wurden, hat zu einer langfristigen technologischen Unterstützung des Produkts geführt. Permanente Komponenten des Systems, bestehend aus Trägerrakete, DAQ-Hardware, GNSS-Empfänger, Computersteuerung und Stromversorgung, können bei sorgfältiger Wartung und Stabilitätsüberwachung mehr als 10 Jahre halten (z. B. die Trägerraketen und die DAQ-Karte, die vom XBT-Programm von SIO verwendet werden). seit über 20 Jahren im Einsatz).

Die geringen Kosten für die Durchführung einer großen Anzahl eng beieinander liegender Temperaturmessungen sind der Hauptgrund für die Implementierung dieser Vermessungstechnik. Die Kosten können weiter minimiert werden, indem freiwillige Schiffsplattformen rekrutiert und bereits an Bord tätiges Personal als Bediener eingestellt werden.

Die Langlebigkeit von XBT-Messprogrammen erhöht ihre Relevanz für Studien zur globalen Ozeanzirkulation. Während andere Temperaturprofilierungsplattformen, wie etwa das Argo-Kernprogramm, mittlerweile viele hochwertige Daten liefern, „können sie keine wiederholten, mesoskalenauflösenden transozeanischen Beckendurchschnitte über große Strömungen hinweg belegen.“

Zeitskalen, die regelmäßig mit XBTs von sich schnell bewegendenden Schiffen abgetastet werden“ (Goni et al., 2019). Andererseits erfordern die Genauigkeitsbeschränkungen und die räumlich-zeitliche Spezialisierung von XBTs andere Techniken, um die regionalen Verzerrungen der Programmdateien auszugleichen. Daher ergänzen sich XBTs und andere Profilierungsplattformen und dienen auch als Querverweise zur Identifizierung von Vorurteilen im Global Ocean Observing System. Da das XBT-Messsystem weiterhin eine wichtige Nische füllen wird, setzt sich die SOOP-Community weiterhin aktiv für die Förderung von Best Practices, Fortschritten im Design von XBT-Sonden und einem besseren Verständnis ihrer Eigenschaften ein, die die Genauigkeit der Temperaturmessung verbessern werden (Abraham et al., 2013).

11 Organisationen/Danksagungen

Diese Best Practices für die XBT-Qualitätssicherung basieren in hohem Maße auf der Erfahrung und den unveröffentlichten Betriebshandbüchern der produktivsten XBT-Datenlieferanten von SOOP: Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory, Australian Bureau of Meteorology, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation und Scripps Institution of Oceanography. Das Ship of Opportunity-Programm wird vom Ship Observations Team (SOT) betrieben, einem Netzwerk des Global Ocean Observing System, Observations Coordination Group (GOOS, OCG).

Das Global Temperature and Salinity Profile Program (GTSP) ist eine internationale Kooperation, die von einer Gruppe meereswissenschaftlicher Organisationen entwickelt wurde, um Forschern und Meeresbetriebsleitern genaue, zeitnahe und bestmögliche Temperatur- und Salzgehaltsdaten bereitzustellen. Die Weltorganisation für Meteorologie (WMO) und die Zwischenstaatliche Ozeanographische Kommission (IOC) verwalten gemeinsam das Netzwerk der Erfassungs-, Archivierungs- und Verbreitungssysteme des Programms, um eine nachhaltige Qualitätskontrolle, Speicherung und Zugriff sicherzustellen.

Die National Centers for Environmental Information (NCEI) der NOAA beherbergen und bieten öffentlichen Zugang zu einem der bedeutendsten Archive für Umweltdaten auf der Erde und liefern umfassende atmosphärische, küstennahe, ozeanische und geophysikalische Daten. Dazu gehört die Pflege des Langzeitarchivs von GTSP durch die Bereitstellung von Speicher- und Qualitätskontrolldiensten, um sicherzustellen, dass die besten Kopien der GTSP-Daten ordnungsgemäß aufbewahrt und der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden (<https://www.ncei.noaa.gov>).

CSIRO und der Earth Systems and Climate Change Hub des National Environmental Science Program der australischen Regierung unterstützen Rebecca Cowley. Rebecca Cowley und Craig Hanstein werden auch von der Ships of Opportunity XBT-Untereinrichtung unterstützt, die Teil des australischen Integrated Marine Observing System (IMOS) ist – IMOS wird durch die National Collaborative Research Infrastructure Strategy (NCRIS) ermöglicht. <https://imos.org.au/>

Mauro Cirano koordiniert den NOAA AX97 High Density XBT-Transekt, eine multiinstitutionelle Initiative, die brasilianische Mittel vom Ministerium für Wissenschaft, Technologie und Innovation sowie die CNPq-Forschungsprojekte 405908/2016-4 und 443262/2019-5 erhält.

Janet Sprintall und Justine Parks von der Scripps Institution of Oceanography werden von der NOAA unterstützt Globales Ozeanüberwachungs- und Beobachtungsprogramm (Auszeichnung NA20OAR4320278)

12 Glossar der Begriffe

AODN Australian Ocean Data Network

AOML Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory, **BUFR** Binary

Universal Form for the Representation of meteorological data **CSIRO** Commonwealth

Scientific and Industrial Research Organization of Australia **DAQ** Data Acquisition **FTP** File Transfer

Protocol ist ein einfaches

Protokoll zur Übertragung von Dateien im Internet.

GNSS Global Navigation Satellite System **GOOS**

Global Ocean Observing System

GPS Global Positioning System, eine GNSS-Konstellation.

GTS Global Telecommunication System

GTSP Global Temperature and Salinity Profile Program **IMOS**

Australia's Integrated Marine Observing System **IOC** die

International Oceanographic Commission **IQuOD**

International Quality Controlled Ocean Database **NCEI** NOAA's

National Centers for Environmental Information

NOAA National Oceanic and Atmospheric Administration, Handelsministerium der Vereinigten Staaten **OCG**

Observations Coordination Group **PPE**

Personal Protective Equipment **PPP**

Point-to-Point Protocol ist ein Protokoll für die Kommunikation zwischen zwei Knoten.

QC Qualitätskontrolle

SIO Scripps Institution of Oceanography an der University of California, San Diego

SMTP Simple Mail Transfer Protocol ist ein Programm zum Senden von E-Mails über eine E-Mail-Adresse.

SOOPIP Ship of Opportunity Program Implementation Panel **SOT**

Ship Observations Team

UNESCO Organisation der Vereinten Nationen für Bildung, Wissenschaft und

Kultur **WMO** Weltorganisation für Meteorologie

XBT eXpendable BathyThermograph-Temperaturprofilsonden

13 Referenzen

Abraham, JP, Baringer, M., Bindoff, NL, Boyer, T., Cheng, LJ, Church, JA, Conroy, JL, Domingues, CM, Fasullo, JT, Gilson, J., Goni, G., Good, SA, Gorman, JM, Gouretski, V., Ishii, M., Johnson, GC, Kizu, S., Lyman, JM, Macdonald, AM, Minkowycz, WJ, Moffitt, SE, Palmer, MD, Piola, AR, Reseghetti, F., Schuckmann, K., Trenberth, KE, Velicogna, I. and Willis, JK, 2013. Ein Überblick über globale Beobachtungen der Ozeantemperatur: Implikationen für Schätzungen des Ozeanwärmegehalts und den Klimawandel, *Rev. Geophys.*, 51, 450–483, (siehe [doi:10.1002/rog.20022](https://doi.org/10.1002/rog.20022)).

Bailey, RJ; Gronell, AM; Phillips, HE; Tanner, E.; Meyers, GA, 1994. Kochbuch zur Qualitätskontrolle für XBT-Daten (entbehrliche Bathythermographendaten): Version 1.1. Bericht Nr.:221. (Siehe <http://hdl.handle.net/102.100.100/237126?index=1>)

Bringas, F. und Goni, G., 2015: Frühe Dynamik von Deep Blue XBT-Sonden. *J. Atmos. Oceanic Technol.*,32, 2253–2263. (Siehe [jtechD150048.2253..2263 \(noaa.gov\)](https://jtechD150048.2253..2263.noaa.gov))

Bushnell, M., Waldmann, C., Seitz, S., Buckley, E., Tamburri, E., Hermes, J., Heslop, E., Lara-Lopez, A., 2019. Qualitätssicherung ozeanografischer Beobachtungen: Von einer internationalen Partnerschaft übernommene Standards und Leitlinien, *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, S. 706, 2296-7745 (siehe: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fmars.2019.00706>)

Cheng, L., Abraham, J., Goni, G., Boyer, T., Wijffels, S., Cowley, R., Gouretski, V., Reseghetti, F., Kizu, S., Dong, S., Bringas, F., Goes, M., Houpert, L., Sprintall, J. & Zhu, J. (2016). XBT Science: Assessment of Instrumental Biases and Errors, *Bulletin der American Meteorological Society*, 97(6), 924-933. Abgerufen am 27. April 2021 von <https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/97/6/bams-d-15-00031.1.xml>

Cheng, L., Zhu, J., Cowley, R., Boyer, T. & Wijffels, S. (2014). Zeit-, Sondentyp- und Temperaturvariable-Bias-Korrekturen für historische verbrauchbare Bathythermograph-Beobachtungen, *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 31(8), 1793-1825. Abgerufen am 27. April 2021 von https://journals.ametsoc.org/view/journals/atot/31/8/jtech-d-13-00197_1.xml

Cook, S. und A. Sy, 2001. Best Guide and Principals Manual for the Ships of Opportunity Program (SOOP) and Expendable Bathythermograph (XBT) Operations. März 2001. Vorbereitet für die Internationale Ozeanographische Kommission (IOC) – Weltorganisation für Meteorologie (WMO) – 3. Sitzung des JCOMM Ship of Opportunity Implementation Panel (SOOPIP-III), 28.–31. März 2000, La Jolla, Kalifornien, USA (Siehe https://www.oceanbestpractices.net/bitstream/handle/11329/130/SOOP_best_guide.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Cowley, R., Killick, RE, Boyer, T., Gouretski, V., Reseghetti, F., Kizu, S., et al. 2021. International Quality Controlled Ocean Database (IQuOD) v0.1: Die Temperaturunsicherheitsspezifikation. *Frontiers in Marine Science*, 8:607, 12 Seiten. DOI:10.3389/fmars.2021.689695.

Goni, GJ, J. Sprintall, F. Bringas, L. Cheng, M. Cirano, S. Dong, R. Domingues, M. Goes, H. Lopez, R. Morrow, U. Rivero, T. Rossby, R. Todd, J. Trinanes, N. Zilberman, M. Baringer, T. Boyer, R. Cowley, C. Domingues, K. Hutchinson, M. Kramp, M. Mata, F. Reseghetti, C. Sun, U. Bhaskar TVS, D. Volkov, 2019. Mehr als 50 Jahre erfolgreiche kontinuierliche Temperaturabschnittsmessungen durch das Global Expendable Bathythermograph Network, seine Integrierbarkeit, gesellschaftlich Vorteile und Zukunft, Grenzen in der Meereswissenschaft. (Siehe <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00452>)

Zwischenstaatliche Ozeanographische Kommission/IODE. 2018. Sixth [International unesco.org/index.php?option=com_oe&task=viewDocumentRecord&docID=21820](https://www.unesco.org/index.php?option=com_oe&task=viewDocumentRecord&docID=21820)

Hanawa, K., P. Rual, R. Bailey, A. Sy, M. Szabados, 1995. Eine neue Tiefen-Zeit-Gleichung für Sippican oder TSK T-7, T-6 und T-4 verbrauchbare Bathythermographen (XBT), Tiefseeforschung Teil I: Oceanographic Research Papers, Band 42, Ausgabe 8, S. 1423-1451, ISSN 0967-0637. (Siehe [https://doi.org/10.1016/0967-0637\(95\)97154-Z](https://doi.org/10.1016/0967-0637(95)97154-Z))

Zwischenstaatliche Ozeanographische Kommission der UNESCO, 2013. Paris. Ocean Data Standards, Bd. 3: Empfehlung für ein Qualitätsflaggensystem für den Austausch ozeanografischer und mariner meteorologischer Daten. (IOC Manuals and Guides, 54, Bd. 3.) 12 Seiten (Englisch) (Siehe https://www.nodc.noaa.gov/oads/support/MG54_3.pdf)

Kizu, S. und K. Hanawa , 2002. Start-up transient of [10.1016/S0967-0637\(02\)00003-1](https://doi.org/10.1016/S0967-0637(02)00003-1).

Lockheed Martin, 2003. Installations-, Betriebs- und Wartungshandbuch für das Bathythermograph-Datenerfassungssystem Mk-21/USB. Teilenummer 308437, Revision C, S. 3-2 bis 3-12.

Lockheed Martin. Ozeanographische Instrumentierung. Abgerufen im Oktober 2021.

(Siehe <https://www.lockheedmartin.com/en-us/products/oceanographic-instrumentation.html>)

Nationale ozeanische und atmosphärische Verwaltung. Entbehrliche Bathythermograph (XBT)-Korrekturen. Nationale Zentren für Umweltinformationen. Abgerufen im April 2021. (Siehe <https://www.ncei.noaa.gov/expendablebathythermograph-xbt-corrections>)

Nationale ozeanische und atmosphärische Verwaltung. XBT-Qualitätstest-Referenztafel. Nationale Zentren für Umweltinformationen. Abgerufen im April 2021. (Siehe <https://www.ncei.noaa.gov/access/world-ocean-Database/xbt-bibliography.html>)

Sy, A. und Wright, D., 2000. XBT/XCTD-Standardtestverfahren für Zuverlässigkeits- und Leistungstests von Einmalsonden auf See. Überarbeiteter Entwurf. Genf, Schweiz, WMO, TC SOT JCOMM Ship Observations Team, 8 Seiten. (Siehe <https://repository.oceanbestpractices.org/handle/11329/129>)

UNESCO, 1997. SOOPIP-I-Empfehlungen an OOPC, SMC und IGOSS/GOOS. Erste Sitzung des gemeinsamen IOC-WMO-IGOSS-Ship-of-Opportunity-Programmimplementierungsgremiums: Anhang VI, Kapstadt, Südafrika, 16.–18. April 1997.

Weltorganisation für Meteorologie und Zwischenstaatliche Ozeanographische Kommission (der UNESCO). 2019. GEMEINSAME WMO/IOC TECHNISCHE KOMMISSION FÜR OZEANOGRAPHIE UND MEERESMETEOROLOGIE Schiffsbeobachtungsteam Zehnte Sitzung Hongkong, China, 01.-04. April 2019. Task-Team für SOOP-Metadaten-ENTWURF.

Weltorganisation für Meteorologie, 2019. WIGOS-Metadatenstandard. WMO-Nr. 1192. (Siehe [WIGOS Metadata Standard \(wmo.int\)](https://www.wmo.int))

14 Anhang: Beispiele für XBT-Datenprofilfunktionen Dieser Abschnitt ist nach GTSP-Flag-

Codes organisiert (Tabelle 1). Jede Codekategorie enthält einige Profilbeispiele mit Erläuterungen aus dem *Quality Control Cookbook for XBT Data* von CSIRO (Bailey, 1994).

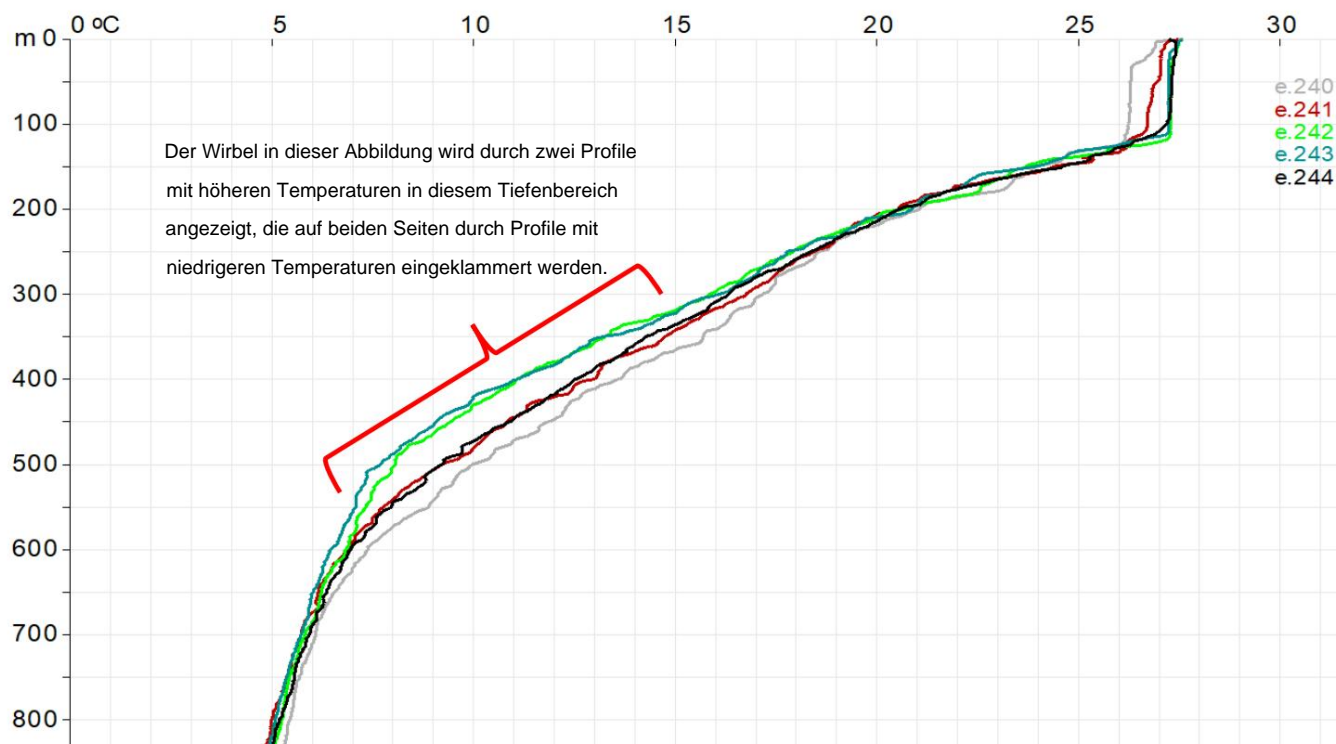
14.1 Code 1 – Qualitätskontrolle wurde durchgeführt; scheint korrekt zu sein. **Eddy**

oder Front bestätigt – Code 1

Ein Wirbel- oder Frontbereich ist ein Temperaturanstieg oder -abfall über große Tiefenbereiche im Vergleich zu benachbarten Profilen.

Eine Temperaturverschiebung kann in abwechselnden oder aufeinanderfolgenden Abfällen auftreten, wenn die Schiffsbahn eine Strömung, ein Wirbelsystem oder einen Frontbereich kreuzt. Wiederholen Sie Profile, die ähnliche Temperaturen in der Tiefe zeigen, oder archivieren Sie Daten, um die Funktion zu bestätigen.

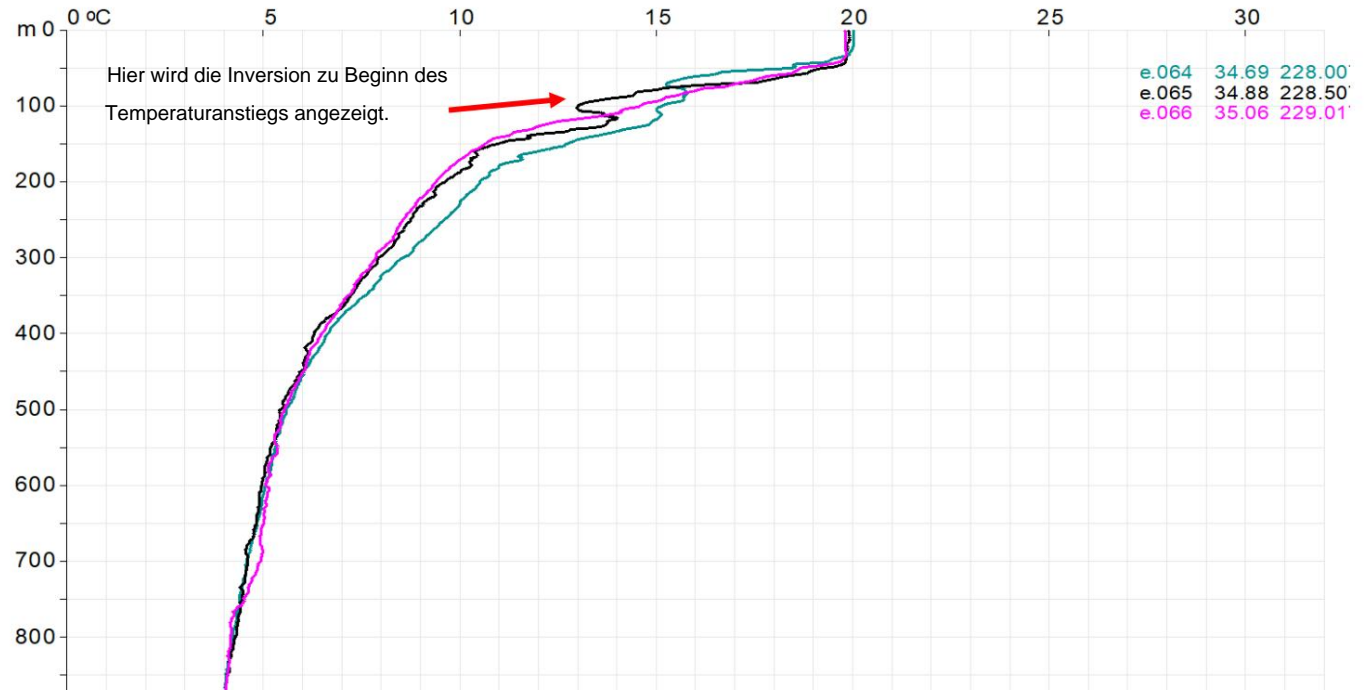
Der Eddy ist an der Oberfläche markiert und das gesamte Profil hat Code 1.



Umkehrung bestätigt – Code 1

Eine Inversion ist definiert als ein bestätigter Temperaturanstieg mit zunehmender Tiefe, der an einem bestimmten Punkt im Profil beobachtet wird. Die Bestätigung erfolgt durch die Beobachtung desselben Merkmals in einem benachbarten oder wiederholten Tropfen. Diese Merkmale treten normalerweise in bestimmten Regionen auf.

Die Inversion wird zu Beginn des Temperaturanstiegs angezeigt und das Profil hat den Code 1.

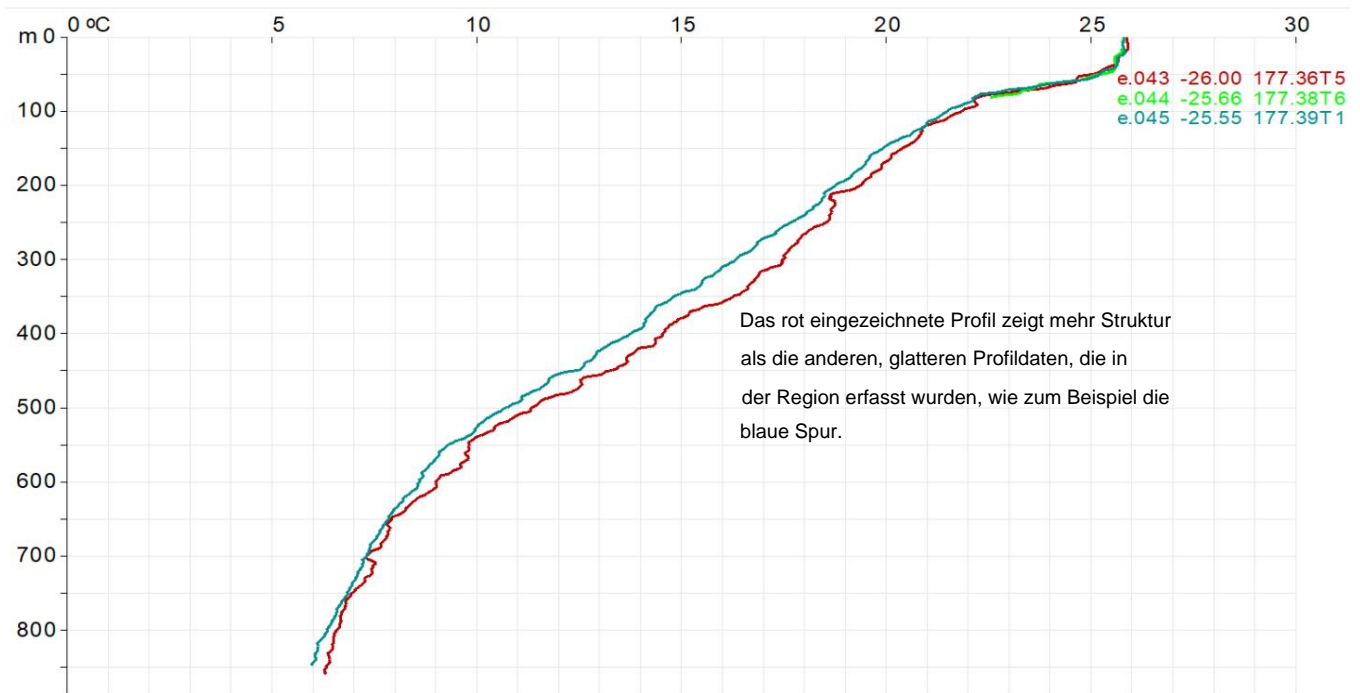


14.2 Code 2 – Qualitätskontrolle wurde durchgeführt; wahrscheinlich

gut **Feinstruktur/Stufe wahrscheinlich – Code 2**

Feine Strukturen oder Stufen werden gekennzeichnet, wenn in einem Tropfen strukturierte stufenartige Merkmale beobachtet werden, die jedoch nicht vollständig durch ein benachbartes Profil bestätigt werden können. Das Merkmal ist jedoch wahrscheinlich real, da ähnliche Merkmale bereits zuvor in der Region beobachtet wurden.

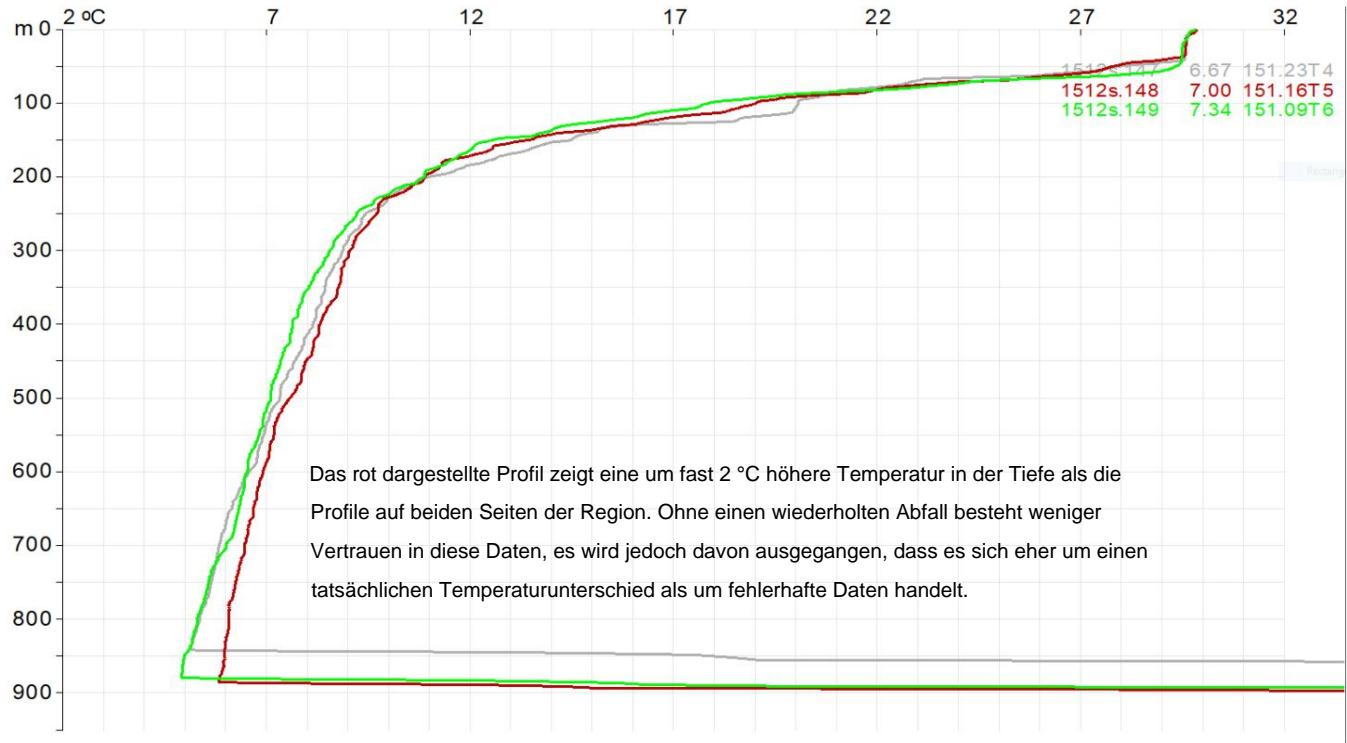
ÿ Die Feinstruktur wird an der Oberfläche markiert und das gesamte Profil wird mit Code 2 gekennzeichnet. Verwenden Sie diese Markierung also nicht, wenn das Profil sicher gut ist.



Temperaturunterschied in der Tiefe – Code 2

Diese Funktion wird markiert, wenn im Vergleich zu benachbarten Profilen ein Temperaturunterschied ($>0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$) in der Tiefe beobachtet wird. Der Unterschied kann jedoch auch über das gesamte Profil hinweg auftreten. Wenn dieser Unterschied nicht als real bestätigt werden kann, aber aus Archiven bekannt ist, dass in der Region Wirbel oder Fronten auftreten, wird das Merkmal als wahrscheinlich real angesehen.

Die Temperatur wird zu Beginn der Temperaturdifferenz markiert und alle tieferen Tiefen haben den Code 2.

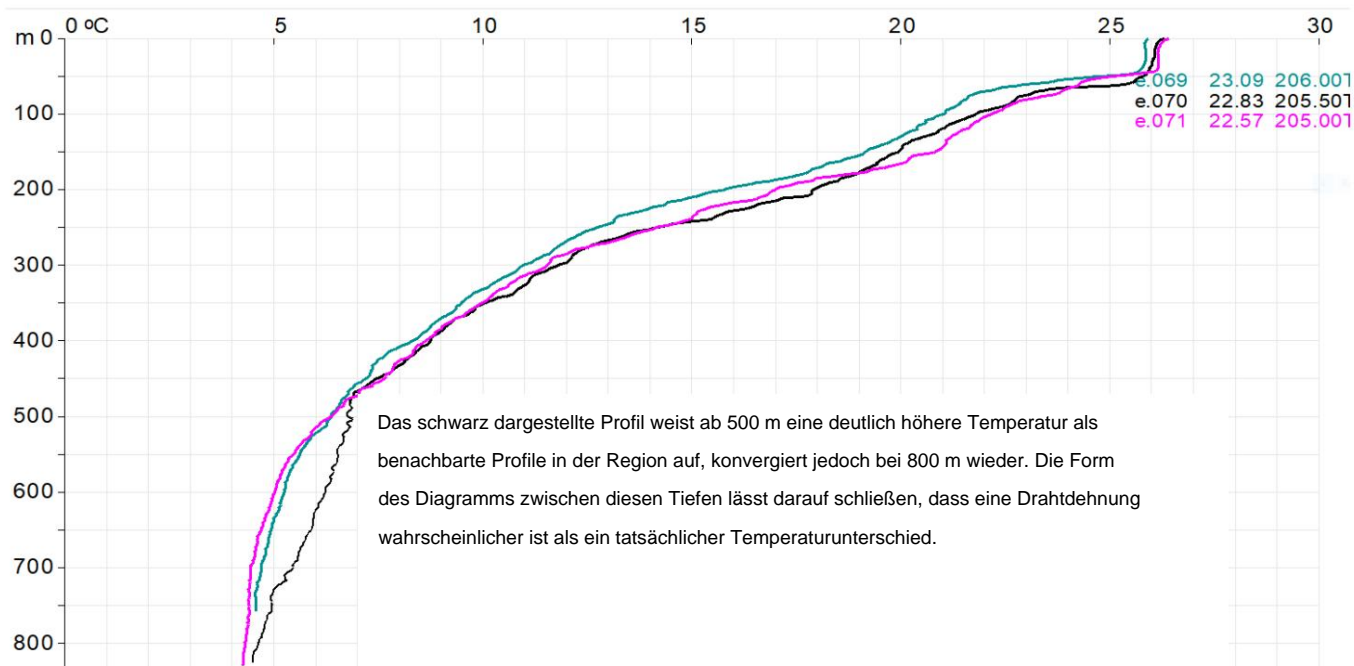


14.3 Code 3 – Qualitätskontrolle wurde durchgeführt; erscheint

zweifelhaft. **Drahtdehnung oder Temperaturversatz möglich – Code 3**

Eine mögliche Drahtdehnung ist eine kleine, offensichtliche Erwärmung der Temperatur mit zunehmender Tiefe an einem bestimmten Punkt im Profil. Unrealistische Temperaturunterschiede, die nicht durch einen benachbarten Tropfen bestätigt werden können, und es gibt nur begrenzte Hinweise darauf, dass in der Region aus Archiven Wirbel oder Fronten auftreten, die häufig durch Drahtdehnungen verursacht werden.

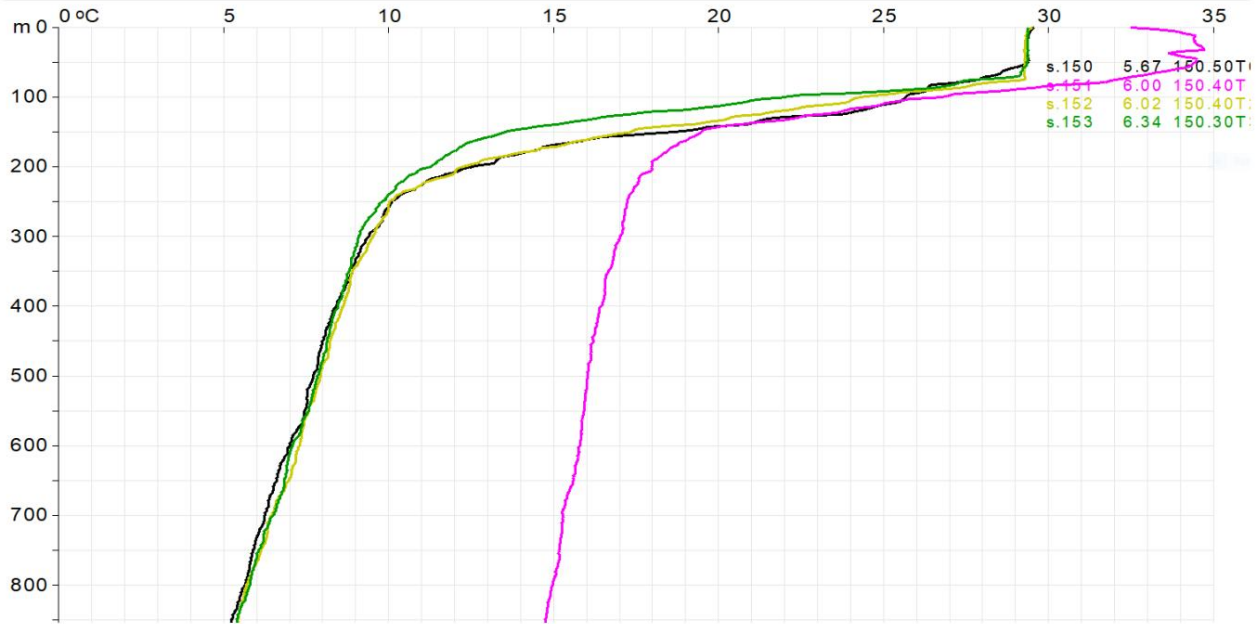
Die Drahtstrecke ist am Anfang der vermuteten Strecke markiert und alle darunter liegenden Tiefen haben den Code 3.



14.4 Code 4 – Qualitätskontrolle wurde durchgeführt; Scheint fehlerhaft.

Durchgehend fehlerhafte Daten – Code 4

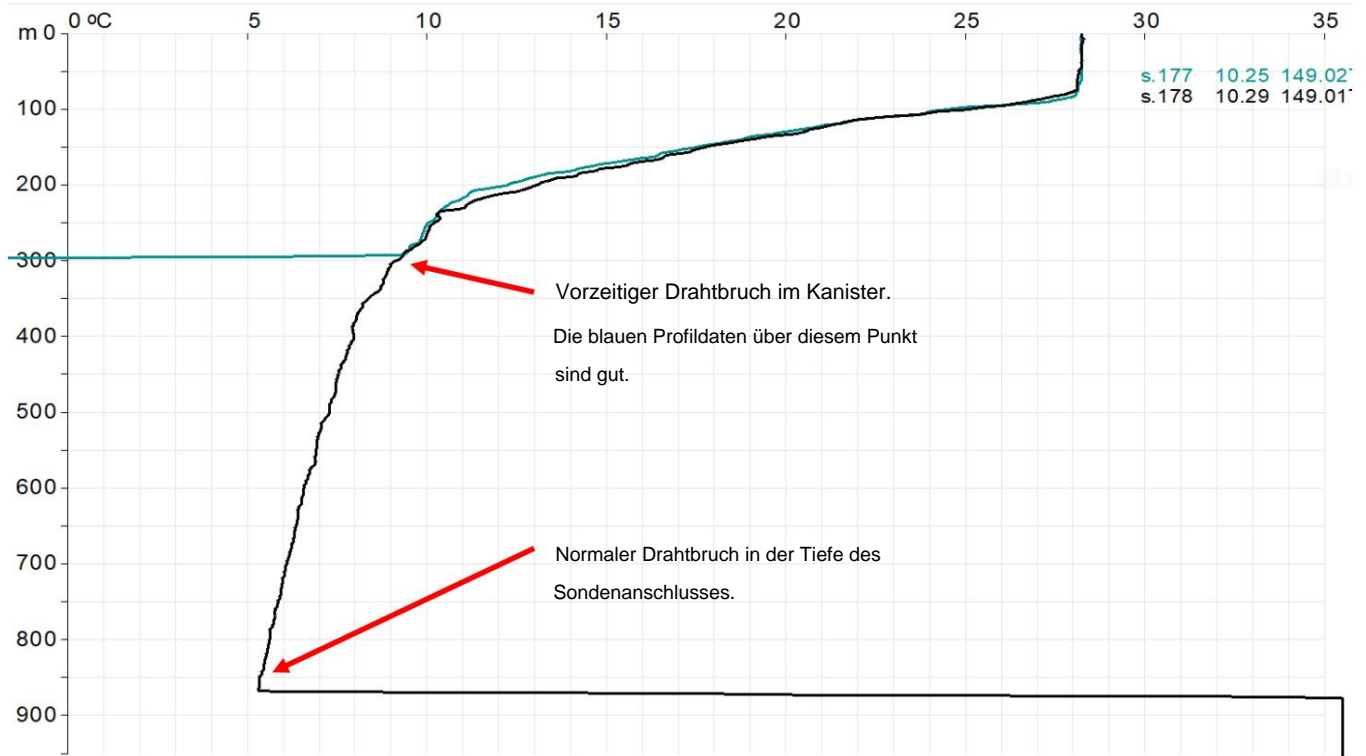
Wenn die Daten offensichtlich durchgehend fehlerhaft sind, wie im rosafarbenen Profil unten, wird das gesamte Profil mit Code 4 gekennzeichnet.



Drahtbruch-Ablehnung – Code 4

Wenn ein XBT-Kabel bricht, führt ein Kurzschluss dazu, dass die Temperaturmesswerte von der Skala abweichen, entweder in Richtung des unteren Endes (wenn das Kabel von der Spule im Kanister reißt) oder in Richtung des oberen Endes (wenn das Kabel von der Spule der absteigenden Sonde reißt). der Temperaturskala. Die Hauptursache für Drahtbrüche liegt beim Erreichen der Klemmtiefe der Sonde. Ein guter XBT-Wurf in tiefen Gewässern endet mit einem Drahtbruch, aber es kann auch in flacheren Gewässern passieren, wenn der Draht an etwas hängen bleibt. Flacheren Drahtbrüchen geht häufig eine Drahtdehnung voraus.

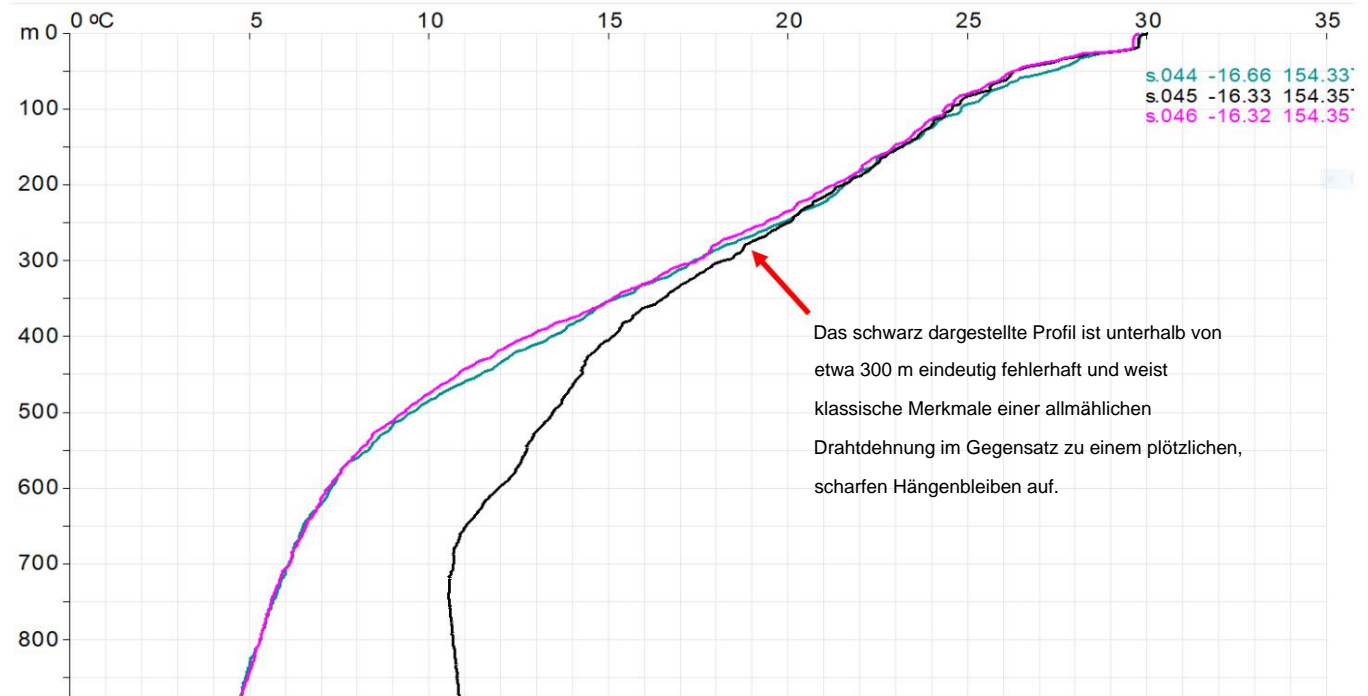
Der Drahtbruch wird zu Beginn der Ablenkung markiert und die folgenden Daten sind mit Code 4 gekennzeichnet.



Drahtdehnung – Code 4

Eine echte Drahtdehnung führt zu einem abnormalen Temperaturanstieg mit der Tiefe (normalerweise $>0,2\text{ °C}$, beobachtet über einen großen Tiefenbereich). Die Funktion wird als fehlerhaft angesehen, da die Temperaturen in der Tiefe im Vergleich zu benachbarten Profilen inkonsistent (wärmer) sind. Eine Drahtdehnung wird oft an der Basis einer Leiterbahn beobachtet, bevor es zu einem Drahtbruch kommt, oder wenn es zu Verschmutzungen oder eingeschränktem Abwickeln kommt.

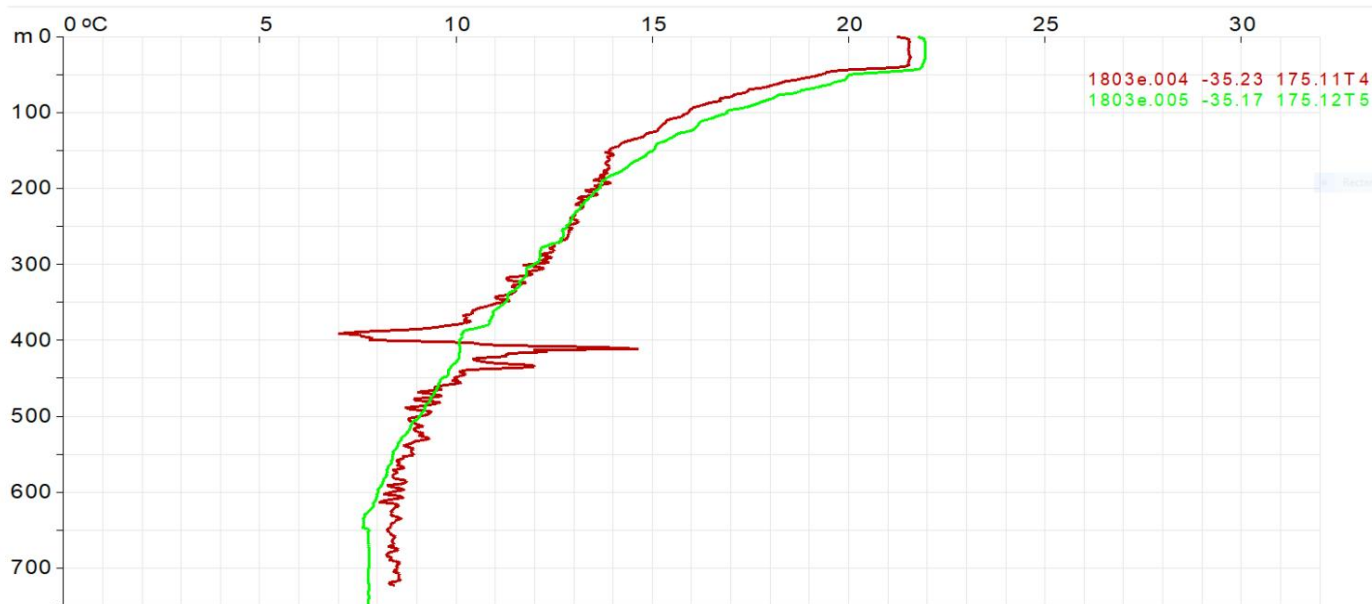
Die Drahtstrecke wird am Anfang der Strecke markiert und alle darunter liegenden Tiefen haben den Code 4.



Hochfrequenzspitzen – Code 4

Kontinuierliche Spitzen über einen weiten Tiefenbereich, der nicht durch Filterung interpoliert werden kann (es wird nicht empfohlen, mehr als 10 m zu interpolieren), können durch Leckage, Isolationseindringung oder elektrische Störungen verursacht werden.

ÿ Spitzen werden zu Beginn der Spitze markiert und alle darunter liegenden Tiefen werden mit Code 4 gekennzeichnet.



Ganz unten ankommen – Code 4

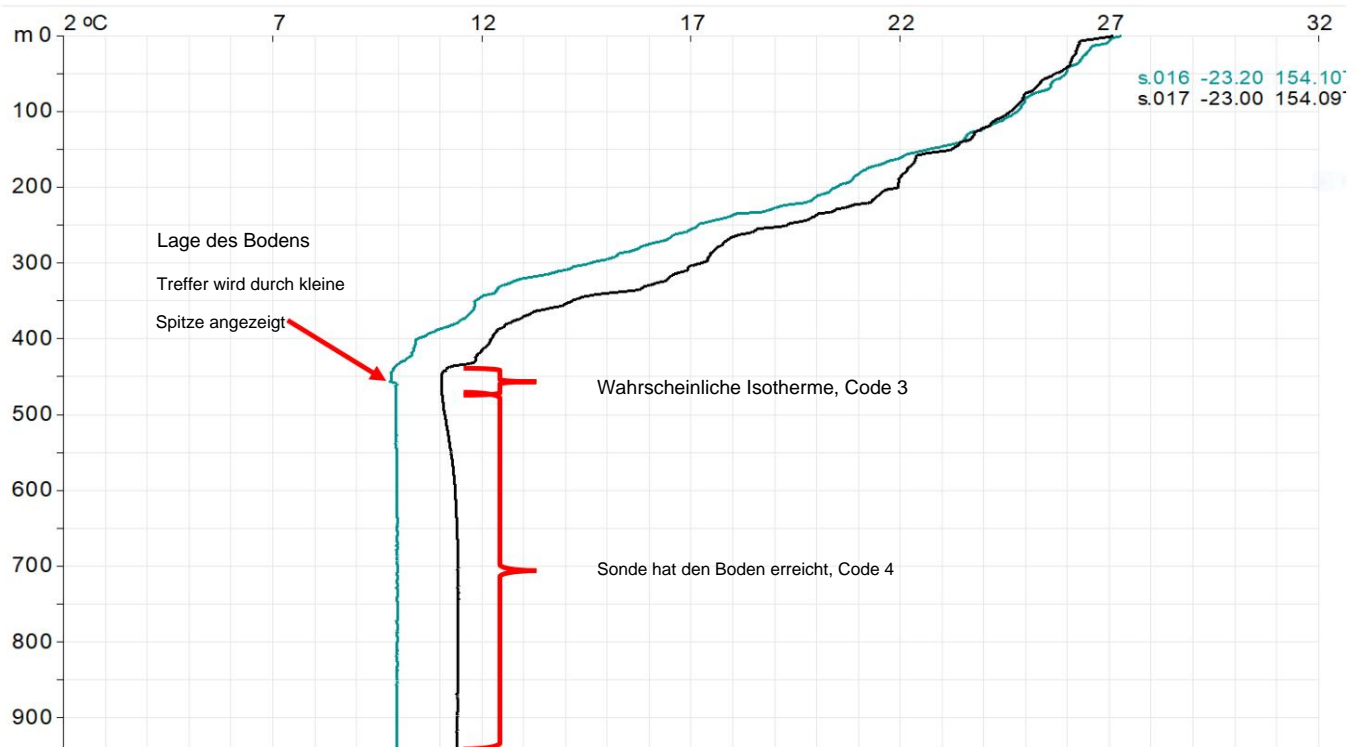
Wenn eine Sonde den Boden erreicht, verläuft die Temperaturkurve normalerweise isotherm. Der Kontakt mit dem Boden wird oft durch eine kleine horizontale Spitze angezeigt. Wenn sich in der Nähe des Bodens eine isotherme Schicht befindet und keine Spitze vorhanden ist, kann es schwierig sein, die Tiefe des Bodentreffers zu ermitteln. Verwenden Sie Bodentopographiekarten, um die korrekte Tiefe zu ermitteln.

Isothermengrenze vs. Bodentreffer, Code 3 vs. Code 4

Der Bodentreffer wird in der Tiefe des Bodentreffers markiert und alle tieferen Tiefen sind mit Code 4 gekennzeichnet.

Die Isothermensicht ist am Beginn der Isotherme markiert und bis zum Boden mit Code 3 gekennzeichnet

Die Tiefe wird durch den Bodentreffer identifiziert, und unterhalb des Bodentreffers trägt die Flagge den Code 4.



14.5 Code 5 – Der Wert wurde aufgrund von QC Data Interpolated – Code 5 geändert

Wenn in einem kleinen Tiefenbereich (<10 m) eine sehr scharfe Spitze auftritt und die restlichen Profildaten ansonsten gut erscheinen, kann die Spitze durch Interpolation entfernt werden.

ÿ Interpolierte Daten werden am Beginn der Spitze markiert; Die über die Spitze interpolierten geänderten Daten werden markiert

Code 5 und die Daten unterhalb der Spitze sind mit Code 2 gekennzeichnet.

