Leistungsbeschreibung – Unbemanntes Wasserfahrzeug (USV) für küsten- und gewässerkundliche Messungen

1. Gegenstand und Zweck

Die Universität Rostock beschafft für die Professur Küsteningenieurwesen ein unbemanntes Wasserfahrzeug (USV) mit integriertem akustischem Strömungsprofiler (ADCP), präziser Satellitenpositionierung und 360°-Umfelderfassung.

Das System dient Forschung und Lehre als Messplattform in Küsten-, Übergangs- und Binnengewässern. Ab Lieferung trägt es das ADCP. Geplant ist, dass die Professur später ein Fächerecholot und eigene Sensoren ergänzen kann, die dann gleichzeitig mit dem ADCP arbeiten (beispielsweise, um die Genauigkeit eigener Sensoren gegenüber den Industrieprodukten zu überprüfen).

Die Leistungsbeschreibung trennt Mindestanforderungen (Abschnitte 4 bis 8) und Wertungskriterien (Abschnitt 9). Ein Angebot, das eine Mindestanforderung nicht erfüllt, schließt der Auftraggeber aus. Die Wertung berücksichtigt ein Merkmal mit Mindestanforderung nur oberhalb dieser Schwelle.

Alle Anforderungen gelten für die angebotene Konfiguration einschließlich ADCP, Positionierung und Umfelderfassung.

2. Einsatzgebiete und Einsatzbedingungen

Das System misst in Küsten- und Übergangsgewässern der Ostsee, in Binnenseen Mecklenburg-Vorpommerns und perspektivisch in tidebeeinflussten Ästuaren der Nordsee und gegebenenfalls in geschützten Bereichen der Nordsee selbst. Als Kenngrößen für die Ostsee beherrscht es im Messbetrieb Wind bis mindestens Windstärke 4 Bft und signifikante Wellenhöhen bis mindestens 0,35 m.

Einsatzgebiet	Beispiele	Wassertiefe	Wasser
Offene Ostseeküste und Buchten Mecklenburg-Vorpommerns	Warnemünde, Nienhagen, Wismarbucht	1–20 m	Brackwasser
Bodden und Übergangsgewässer	Unterwarnow, Darß-Zingster Boddenkette	1–10 m	Brack- bis Süßwasser
Binnenseen	Schweriner See	1–30 m	Süßwasser
Tidebeeinflusste Ästuare der Nordsee (perspektivisch)	Tideelbe	1–20 m	Süß- bis Salzwasser

Einsatzgebiet	Beispiele	Wassertiefe	Wasser
Geschützte Bereiche der Nordsee (perspektivisch)	Leeseite von Amrum, Sylt und Norderney; Seeseite nur bei ruhiger Wetterlage	1–20 m	Salzwasser

Bemessungsgröße für Mess- und Fahrbetrieb	Wert
Wind	bis mindestens Windstärke 4 Bft (mäßige Brise, Obergrenze 7,9 m/s)
Seegang	signifikante Wellenhöhe bis mindestens Hs 0,35 m
Strömung	bis 2,5 kn (Tideelbe)
Wassertemperatur	0 bis 25 °C
Ausgeschlossen	Sturm und Sturmflut, Brandungszone, Eis

Abschnitt 2 beschreibt die Einsatzbedingungen. Geprüft werden allein die Mindestanforderungen der Abschnitte 4 bis 8.

3. Allgemeine Bedingungen

3.1 Nachweise

Der Auftraggeber prüft die Mindestanforderungen anhand der Unterlagen, die der Bieter mit dem Angebot einreicht. Zu jeder Mindestanforderung nennt der Bieter im Angebot die Fundstelle des Nachweises (Dokument, Seite). Weicht die angebotene Konfiguration vom Datenblatt ab, legt der Bieter eine Herstellererklärung für die angebotene Konfiguration vor. Nachweise zu technischen Eigenschaften sind Unterlagen des Herstellers (Datenblatt, Handbuch, technische Dokumentation oder Herstellererklärung), soweit eine Mindestanforderung nichts anderes bestimmt.

3.2 Höchstpreis

Der Angebotspreis darf 240.000 € brutto nicht überschreiten. Er umfasst alle einmaligen Kosten (Fahrzeug, Sensorik, Integration, Lieferung, Zoll, Inbetriebnahme, Schulung) und die wiederkehrenden Kosten des ersten Betriebsjahres. Angebote über dem Höchstpreis schließt der Auftraggeber aus. Der Angebotspreis enthält alle Leistungen der Abschnitte 4 bis 10. Optionale Positionen und Bedarfspositionen sind nicht vorgesehen.

3.3 Wiederkehrende Kosten ab dem zweiten Betriebsjahr

Der Bieter gibt wiederkehrende Kosten ab dem zweiten Betriebsjahr gesondert an (Software-Abonnements, Lizenzen, Daten- und Kommunikationsdienste) und kennzeichnet Kosten, ohne die das

System nicht betrieben werden kann. Die Angaben dienen der Haushaltsplanung. Sie zählen weder zum Höchstpreis noch zum Wertungspreis.

4. Mindestanforderungen Fahrzeug

MA-1 Transport und Handhabung

Anforderung:

- Das Fahrzeug passt in Transportkonfiguration in das Transportfahrzeug des Auftraggebers: VW T6.1 Kastenwagen, Laderaumlänge 2.938 mm, Laderaumbreite 1.627 mm, Türöffnung 1.219 mm × 1.320 mm (Breite × Höhe).
- Masse in Transportkonfiguration ohne Akkus und ohne Nutzlast höchstens 100 kg. Handhabung durch bis zu vier Personen mit höchstens 25 kg je Person.
- Akkus einzeln entnehmbar und im Feld tauschbar, je höchstens 15 kg.

Nachweis: Datenblatt mit Abmessungen und Massen in Transportkonfiguration. Für den Transport dürfen Mast, Antennen und Sensoren abgenommen werden.

MA-2 Einsatzgrenzen

Anforderung: Der Hersteller gibt das Fahrzeug in der angebotenen Konfiguration für den Mess- und Fahrbetrieb in Küstengewässern frei, mindestens bis Windstärke 4 Bft und bis zu einer signifikanten Wellenhöhe Hs von 0,35 m.

Nachweis: Herstellerunterlage (Datenblatt oder Erklärung) mit Windgrenze (Bft oder m/s) und Wellenhöhengrenze (Hs in m). Für die Prüfung gelten fünf Regeln:

1. Gibt der Hersteller das Fahrzeug für Küstengewässer oder geschützte Küstengewässer bis mindestens Windstärke 4 Bft frei und nennt er keine niedrigere Wellenhöhengrenze, gilt die Freigabe für den zugehörigen Seegang nach Abschnitt 2 (Hs 0,35 m).
2. Eine Wind- oder Seegangsangabe nach der Beaufort-Skala gilt als Freigabe bis zur Obergrenze der genannten Windstärke. Eine Windgrenze in m/s erfüllt die Anforderung, wenn sie mindestens 7,9 m/s beträgt (Obergrenze der Windstärke 4).
3. Eine Angabe der maximalen Einzelwellenhöhe Hmax rechnet der Auftraggeber mit Hs = Hmax / 1,8 in die signifikante Wellenhöhe um (Empfehlungen für Küstenschutzwerke, EAK 2002, korrigierte Ausgabe 2020). Eine Wellenhöhe ohne Kennzeichnung als Hmax gilt als signifikante Wellenhöhe.
4. Herstellereigene Klassen ohne Bezug auf die Beaufort-Skala und ohne Zahlenwerte erfüllen die Anforderung nicht.
5. Die Freigabe des Fahrzeugtyps gilt für die angebotene Konfiguration, solange Nutzlast und Zusatzausrüstung innerhalb der vom Hersteller angegebenen Nutzlastkapazität liegen. Allgemeine Vorbehalte des Herstellers zu Einsatzbedingungen und Nutzlast stehen der Freigabe nicht entgegen.

MA-3 Rumpfform

Anforderung: Katamaran (Doppelrumpf) oder gleichwertig. Gleichwertig ist eine Bauform, die die Funktionen des Doppelrumpfs für die Messung gleichermaßen erfüllt: Die akustischen Wandler arbeiten im freien Wasser zwischen seitlich versetzten Auftriebskörpern, ohne vorauslaufenden Rumpfboden; zwei Wandler finden nebeneinander Platz (MA-6); das Fahrzeug liegt bereits in Ruhe auf zwei seitlich versetzten, eingetauchten Auftriebskörpern.

Nachweis: Herstellerunterlage (Datenblatt, Produktbeschreibung oder Abbildung) mit Rumpfform und Hauptabmessungen. Bei gleichwertiger Bauform zusätzlich eine Zeichnung mit der Position der Wandler.

MA-4 Antrieb und Ausfallsicherheit

Anforderung:

- Rein elektrischer Antrieb mit zwei voneinander unabhängigen Antrieben und getrennter Ansteuerung.
- Höchstgeschwindigkeit durch das Wasser mindestens 4 kn (Herstellerangabe).
- Energieversorgung aus mindestens zwei getrennten Akkus.
- Überwachung von Antrieben und Akkus mit Störungsmeldung an der Bedienstation.

Nachweis: Herstellerunterlagen (z. B. Datenblatt, Produkt- oder Softwarebeschreibung).

MA-5 Einsatzdauer

Anforderung: Mindestens 8 h Messbetrieb mit den im Lieferumfang enthaltenen Akkus, bei 2 kn und 80 W Nutzlastleistung.

Nachweis: Herstellerangabe oder verbindliche Angabe des Bieters, jeweils mit Bezugsbedingungen.

MA-6 Forschungsplattform und Erweiterbarkeit

Anforderung:

- Nutzlastkapazität mindestens 25 kg.
- Nutzlastraum für eigene Rechner und Sensoren mit Stromversorgung, Ethernet-Anschluss und Zeitsynchronisation (z. B. PPS oder NTP).
- Zweite Sensorposition für einen weiteren akustischen Sensor, zum Beispiel ein Fächerecholot oder ein zweites ADCP für Vergleichsmessungen, neben dem verbauten ADCP. Beide Systeme arbeiten gleichzeitig. Der zweite Sensor gehört nicht zum Lieferumfang.

Navigationsdaten (Position, Kurs, Zeit) stehen im Nutzlastraum über eine dokumentierte Schnittstelle zur Verfügung.**Nachweis:** Integrationskonzept des Bieters für ein Fächerecholot als zweiten Sensor mit Montageposition, Masse, Leistungsbedarf und Synchronisation. Schnittstellendokumentation.

5. Mindestanforderungen ADCP

MA-7 Akustischer Strömungsprofiler (ADCP)

Das ADCP misst Strömungsprofile von der fahrenden Plattform im Seegang und liefert Rohdaten für die wissenschaftliche Auswertung.

Anforderung:

1. Vier geneigte Strahlen in Janus-Anordnung und ein vertikaler Strahl, oder eine gleichwertige Strahlanordnung, die das Strömungsprofil mit redundanter Strahlinformation bestimmt und Wassertiefe und Vertikalgeschwindigkeit unmittelbar misst.
2. Strömungsprofil und Bottom Tracking gleichzeitig von der fahrenden Plattform.
3. Im ADCP integrierte Lagereferenz (AHRS) für bewegte Plattformen mit Lageerfassung je Ping; Herstellerangabe zur dynamischen Roll- und Nickgenauigkeit von höchstens 2°.
4. Echtzeit-Ausgabe der Rohdaten jedes Pings mit mindestens 4 Hz in mindestens einem Messmodus: Geschwindigkeit, Amplitude und Korrelation je Strahl und Zelle, in offen dokumentiertem Format.
5. Ethernet-Schnittstelle (TCP/IP oder UDP) für Steuerung und Echtzeitdaten.
6. Profilreichweite mindestens 25 m (Herstellerangabe).
7. Genauigkeit ±0,3 % des Messwerts ±0,3 cm/s oder besser.
8. Alle Messparameter (Pingrate, Zellgröße, Blanking, Mittelung, Sendeleistung) über eine dokumentierte Befehlsschnittstelle einstellbar.
9. Interner Datenspeicher, der die Messdaten bei Verbindungsabbruch sichert.
10. Werkstoffe für den Dauereinsatz in Salzwasser.
11. Integration in das Fahrzeug: Montage nach MA-3, Anbindung an Bordrechner und Positionierung (MA-8), Zeitsynchronisation mit der GNSS-Zeit, Echtzeitanzeige an der Bedienstation.

Nachweis: Datenblatt des ADCP und Herstellerdokumentation zu Messmodi, Datenformat und Befehlsschnittstelle. Zu Punkt 11 die Dokumentation eines für den angebotenen Fahrzeugtyp verfügbaren Integrationssatzes (Halterung, Bordrechneranbindung, Datenfluss) des ADCP- oder des Fahrzeugherstellers.

6. Mindestanforderungen Positionierung

MA-8 Satellitenpositionierung und Kurs

Anforderung:

1. Mehrfrequenz-RTK-Empfänger für mindestens GPS, Galileo, GLONASS und BeiDou.
2. RTK-Positionierung mit Korrekturdaten über NTRIP (z. B. SAPOS) und von einer eigenen Referenzstation (RTCM 3). Genauigkeit horizontal höchstens 1 cm + 1 ppm, vertikal höchstens 2 cm + 1 ppm.
3. Kurs aus zwei GNSS-Antennen mit höchstens 0,2° bei 1 m Antennenabstand.
4. Aufzeichnung der Rohbeobachtungen (Code und Trägerphase aller Frequenzen) an Bord mit mindestens 10 Hz; Export im RINEX-Format für die Nachprozessierung.
5. Erkennung und Unterdrückung von Störsignalen (Jamming) und Erkennung von Täuschsignalen (Spoofing), mit Statusausgabe und Protokollierung.
6. Zeitsignal-Ausgang (PPS) und Ereigniseingang für die Synchronisation der Sensoren.

Nachweis: Datenblatt des Empfängers und Herstellerdokumentation zu Rohdatenaufzeichnung und RINEX-Export.

7. Mindestanforderungen Umfelderfassung, Steuerung und Kommunikation

MA-9 Umfelderfassung und Kollisionsvermeidung

Anforderung:

1. Kamera mit Echtzeit-Videobild an der Bedienstation.
2. AIS-Empfänger mit Darstellung der AIS-Ziele an der Bedienstation.
3. 360°-Umfelderfassung mit Laserscanner (Lidar) und Kamerasystem, oder mit einem gleichwertigen Sensorsystem, das über 360° kleine, nichtmetallische Objekte (z. B. Kajak, Tonne) mit Entfernung und Richtung erfasst.
4. Automatische Hinderniserkennung auf Basis der 360°-Umfelderfassung nach Punkt 3, mit Ausweich- oder Stoppfunktion, an- und abschaltbar.
5. Positionslichter.

Nachweis: Datenblatt der Umfelderfassung mit Sensorart und Erfassungsbereich; Funktionsbeschreibung der automatischen Hinderniserkennung.

MA-10 Steuerung und Kommunikation

Anforderung:

1. Steuerung manuell per Fernsteuerung und autonom: Abfahren geplanter Profillinien und Wegpunkte, Positionshaltung.
2. Planungs- und Steuerungssoftware mit Bedienstation (robuster Laptop oder Tablet) im Lieferumfang.
3. Kommunikation über WLAN oder Breitbandfunk und über Mobilfunk (mindestens 4G), auf in Deutschland zugelassenen Frequenzen.
4. Echtzeit-Übertragung von Telemetrie und Messdaten an die Bedienstation.
5. Sicherheitsfunktion bei Verbindungsverlust (z. B. Halten oder Rückkehr).

Nachweis: Datenblatt und Softwarebeschreibung.

8. Referenzen

Der Bieter legt eine Referenz für den angebotenen Fahrzeugtyp vor, entweder nach R-1 oder R-2. Als derselbe Fahrzeugtyp gelten auch frühere Ausführungen derselben Baureihe des Herstellers. Zugelassen sind Lieferungen des Bieters, des Herstellers oder eines Vertriebspartners des Herstellers.

Referenz	Referenzgeber	Einsatzgebiet	Einsatz und Nutzlast
R-1	Behörde, Forschungseinrichtung oder Unternehmen mit hydrographischen, wasserbaulichen oder gewässerkundlichen Aufgaben	Tidebeeinflusstes Ästuar, Küsten- oder Übergangsgewässer	Hydroakustische Vermessung mit Fächerecholot oder ADCP

Referenz	Referenzgeber	Einsatzgebiet	Einsatz und Nutzlast
R-2	Hochschule oder Forschungseinrichtung	Tidebeeinflusste Gewässer, Küsten- oder Übergangsgewässer	Forschung oder Lehre mit mindestens zwei integrierten Mess- oder Umfelderfassungssystemen (z. B. ADCP, Fächerecholot, Seitensichtsonar, Lidar)

Angaben je Referenz: Referenzgeber, Ansprechpartner mit Telefon und E-Mail, Lieferjahr, Fahrzeugtyp und Konfiguration, Einsatzgebiet (Gewässer und Lage), Art der Messaufgaben. Der Auftraggeber kann die Angaben beim Referenzgeber prüfen.

9. Wertungskriterien

Der Zuschlag geht an das wirtschaftlichste Angebot: Preis 30 Punkte, Leistung 70 Punkte, zusammen 100 Punkte.

9.1 Preis (30 Punkte)

Der Wertungspreis ist der Angebotspreis nach Abschnitt 3.2 (brutto). Das günstigste zugelassene Angebot erhält 30 Punkte. Ein Angebot zum a-fachen Preis des günstigsten erhält 0 Punkte; dazwischen interpoliert der Auftraggeber linear. Der Faktor a beträgt 3. P_min ist der niedrigste Wertungspreis der zugelassenen Angebote, P der Wertungspreis des bewerteten Angebots.

Preispunkte = 30 × max(0; (a × P_min − P) / ((a − 1) × P_min))

9.2 Leistung (70 Punkte)

Nr.	Kriterium	Punkte	Bewertung
W-1.1	ADCP: Blanking (Abstand der ersten Messzelle vom Wandler)	8	≤ 0,10 m: 8; ≥ 0,50 m: 0; dazwischen linear
W-1.2	ADCP: Rohdatenrate mit allen fünf Strahlen	8	≥ 8 Hz: 8; ≥ 4 Hz: 4; darunter: 0
W-1.3	ADCP: Erfassung mit zwei unterschiedlichen Messeinstellungen, gleichzeitig oder im festen Wechsel (z. B. gemittelte Profile und Einzelpings)	5	ja: 5; nein: 0

Nr.	Kriterium	Punkte	Bewertung
W-1.4	ADCP: hochauflösender Messmodus mit Zellgröße ≤ 5 cm	5	ja: 5; nein: 0
W-1.5	ADCP: Rückstreu- oder Echolotprofil über den vertikalen Strahl	4	ja: 4; nein: 0
W-2.1	Referenzinstallation eines Fächerecholots auf dem angebotenen Fahrzeugtyp	5	mit ADCP im Parallelbetrieb: 5; Fächerecholot allein: 3; keine: 0
W-2.2	Leere Nutzlasteinheit mit Strom- und Netzwerkanschluss zur Eigenintegration im Lieferumfang	4	ja: 4; nein: 0
W-2.3	Dokumentierte ROS-2-Anbindung des Fahrzeugs (Hersteller oder offene Software)	3	ja: 3; nein: 0
W-2.4	Bedienung über Client-Software auf dem Bedienrechner, ohne Fernzugriff auf einen Bordrechner-Desktop	3	ja: 3; nein: 0
W-3.1	Einsatzdauer bei 2 kn und 80 W mit den angebotenen Akkus	15	8 h: 0; ≥ 16 h: 15; dazwischen linear
W-4.1	Beginn der Störungsbeseitigung vor Ort beim Auftraggeber	5	≤ 2 Werktage: 5; ≤ 5 Werktage: 2; länger: 0
W-4.2	Gewährleistungsdauer	5	≥ 36 Monate: 5; darunter: 0

Die Angaben zu W-1, W-2.2 und W-2.4 belegt der Bieter mit Herstellerunterlagen, zu W-2.1 mit Angaben wie in Abschnitt 8, zu W-2.3 mit der Dokumentation der Software und zu W-3.1 wie zu MA-5. W-4.1 und

W-4.2 sind verbindliche Zusagen des Bieters im Angebot. Ohne Beleg vergibt der Auftraggeber 0 Punkte. Profilreichweite und Genauigkeit des ADCP prüft der Auftraggeber nur als Mindestanforderung (MA-7).

10. Lieferumfang und weitere Leistungen

- Betriebsbereites System nach den Abschnitten 4 bis 7: Fahrzeug, Akkus für mindestens MA-5 und Ladegeräte, ADCP mit Integrationssatz, GNSS-Empfänger mit zwei Antennen, Umfelderfassung, Bedienstation und Software.
- Transportbehälter für Lagerung und Versand.
- Lieferung frei Verwendungsstelle Universität Rostock, Professur Küsteningenieurwesen, Justus-von-Liebig-Weg 6, 18059 Rostock einschließlich Transport und Zoll.
- Inbetriebnahme und Funktionsprüfung vor Ort mit Übergabeprotokoll.
- Schulung vor Ort, mindestens zwei Tage.
- Dokumentation in deutscher oder englischer Sprache: Bedienungsanleitung, Wartungshinweise, Schnittstellendokumentation.
- Software-Updates im ersten Betriebsjahr; Updates der Folgejahre nach Abschnitt 3.3.
- Export aller Mess- und Navigationsdaten in offen dokumentierten Formaten (z. B. ASCII, NetCDF, MAT).
- CE-Kennzeichnung der Komponenten.
- Liefertermin: spätestens 24 Wochen nach Zuschlag.