Zeitschrift: as. : Archäologie Schweiz : Mitteilungsblatt von Archäologie Schweiz = Archéologie Suisse : bulletin d'Archéologie Suisse = Archeologia Svizzera : bollettino di Archeologia Svizzera

Herausgeber: Archäologie Schweiz

Band: 36 (2013)

Heft: 4

Artikel: SUISS Hydra : GPS-gestützte Vermessung in der Unterwasserarchäologie

Autor: Mäder, Andreas / Spühler, Michael / Leckebusch, Jürg

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-391353

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

vermessung

SUISS Hydra – GPS-gestützte Vermessung in der Unterwasserarchäologie

Andreas Mäder, Michael Spühler, Jürg Leckebusch

Um GPS-gestützte Vermessungsarbeiten auch unter Wasser durchführen zu können, liess die Unterwasserarchäologie Zürich von der Firma SMT Swiss Mains (Würenlos) das digitale Unterwasservermessungsgerät *Swiss Underwater Integrated Survey System (SUISS) «Hydra»* entwickeln. Damit lassen sich Punkt-, Linien- und Flächenaufnahmen bequem und effizient von einem Taucher durchführen und die Messdaten anschliessend in einem geographischen Informationssystem darstellen.

Die Unterwasserarchäologie Zürich betreut Kulturdenkmäler unter Wasser, dabei handelt es sich mehrheitlich um prähistorische Siedlungsstellen. Diese sind von der Zerstörung durch menschliche und natürliche Einflüsse akut gefährdet; allein in den Zürcher Gewässern mit den bis heute 86 bekannten Fundstellen liegen Kulturschichten, Pfahlfelder, Pfahlschuhe und Funde im Ausmass von rund 250 000 m² offen am Seegrund oder an Haldenkanten. Um dem fortschreitenden Substanzverlust entgegen zu wirken, gelangen Schutzmassnahmen wie etwa Kiesüberdeckungen oder Profilschutzwände zum Einsatz.

Dieser bodendenkmalpflegerische Auftrag erfolgt seit den 1960er-Jahren auf der Grundlage zahlreicher Inventarisationstauchgänge, Dokumentationen, Sondierungen und Rettungsgrabungen; so werden das Inventar nach und nach ergänzt, die Fundstellen bewertet und darauf aufbauend Konzepte zu deren Schutz entwickelt.

Wie auch in der Landarchäologie sind für die damit verbundenen Dokumentationsarbeiten eine Vermessung und punktgenaue Erfassungen von zentraler Bedeutung.

Diese Arbeiten erfolgen üblicherweise mittels eines analogen, lokalen Vermessungsnetzes, das unter Wasser mit Messlatten und Massbändern eingerichtet wird. Auf dieser Grundlage können die zu untersuchenden Flächen in Quadratmeter eingeteilt werden, welche eindeutige Koordinaten aufweisen: Die lokalen Koordinaten der Pfähle und

Abb. 1
Wädenswil-Vorder Au 1997. Taucher beim Einmessen der Pfähle, die sich in einem Quadratmeter befinden. Die aufgenommenen Masse werden auf ein Quadratmeterraster übertragen.

Wädenswil-Vorder Au 1997. Un plongeur mesure les pieux sur une surface d'un mètre carré. Les mesures sont reportées sur un relevé à l'échelle.

Wädenswil-Vorder Au 1997. Un sommozzatore durante la misurazione dei pali che si trovano all'interno di un metro quadrato. Le dimensioni registrate sono poi trasferite su una griglia con la stessa scala.

Funde, aber auch von Schichtgrenzen werden pro Quadratmeter eingemessen und notiert, die Höhen mittels Messlatte (ab bekanntem Seespiegel) bestimmt. Die Georeferenzierung des lokalen Koordinatennetzes erfolgt anschliessend durch konventionelle Einmessung mit einem Theodolith. Im Anschluss an die Unterwasseraufnahmen müssen die schriftlich erhobenen Daten manuell in eine Datenbank übertragen, überprüft und in einem geographischen Informationssystem dargestellt werden.

Zielsetzung

Vor diesem Hintergrund ist zu fragen, ob einzelne Arbeitsschritte dieser aufwändigen und zeitintensiven Methodik vereinfacht und die erhobenen Daten effizienter verarbeitet werden können. Dabei steht eine möglichst genaue Aufnahme von spezifischen Punkten im Vordergrund, welche mittels eines Eingabegeräts unter Wasser angefahren und von denen danach elektronisch dreidimensionale Koordinaten gemessen werden sollen. In erster Linie ist an Pfähle, Funde, Schichtausdehnungen, Bohrkoordinaten und Vermessungspunkte zu denken. Nebst einer kleinen, unter Wasser bedienbaren Eingabeeinheit, welche am Arm getragen wird, soll die Führung und Auslösung des Messgeräts von einem Taucher leicht zu handhaben sein. Die erfassten Daten sollen über eine Schnittstelle auf einfache Art und Weise in ein GIS-System eingelesen und automatisch nach Kategorien kartiert werden können.
Mit dieser Zielsetzung beauftragte die Unterwasserarchäologie Zürich 2011 die Firma SMT Swiss Mains, Würenlos, eine Machbarkeitsstudie durchzuführen, welche die benötigten Systemkomponenten unter Einhaltung einer Messgenauigkeit von 5 cm für die dreidimensionale Punktmessung unter Wasser aufzeigte.

Abb. 2
Die Transportkiste mit der Hydra hat in einem Kombi Platz.

Une voiture break suffit pour transporter la caisse qui contient l'appareil Hydra.

Basta un'automobile tipo caravan per la cassetta di trasporto del sistema Hydra.

Technologie

Bestehende Systeme, mit denen sich Positionsbestimmungen unter Wasser vornehmen lassen, sind bislang für den archäologischen Einsatz im Flachwasserbereich zu ungenau und zu unflexibel; zu nennen ist etwa das ACSA Underwater GPS (GIB-LITE), welches aus vier mit GPS ausgerüsteten Bojen, einem unter Wasser installierten, kabelgebundenen Hydrophon sowie einem Ultraschallsender besteht, dessen Position unter Wasser bestimmt werden kann. Punktgenaue Messungen unter Wasser erlaubt ein von archéo développement in der Westschweiz entwickeltes Gerät, dessen Unterwasserkomponenten jedoch sperrig sind und den spezifischen Anforderungen der Unterwasserarchäologie Zürich bezüglich Handhabung nicht genügen – abgesehen davon ist das System nicht erhältlich.
Auf der Suche nach geeigneten Technologien konnten auch das hauptsächlich in der Fliegerei verwendete Inertialsystem (Kreiselkompass) in Kombination mit einem GPS ausgeschlossen werden. Schliesslich zeigte sich, dass ein in einer schwimmenden Boje eingebauter Satellitenempfänger in Kombination mit einem ausziehbaren Teleskoparm die erforderliche Einsatzflexibilität und Messgenauigkeit zu erbringen vermag.

Systemkomponenten

Die Entwicklung des im Folgenden als *Swiss Underwater Integrated Survey System (SUISS) «Hydra»* bezeichneten Systems führte SMT Swiss Mains (Würenlos) in enger Zusammenarbeit mit der Unterwasserarchäologie Zürich als Auftraggeberin durch. Dabei galt es, bestimmte Rahmenbedingungen einzuhalten: So sollte die angestrebte Messgenauigkeit bei Windstärken bis 15 kn und Wellenhöhen bis 20 cm möglich sein, bis zu einer Tiefe von 3 m über mindestens sechs Stunden ohne externe Stromversorgung gemessen und die gespeicherten Messdaten vom Eingabegerät in ein geographisches Informationssystem übertragen werden können.

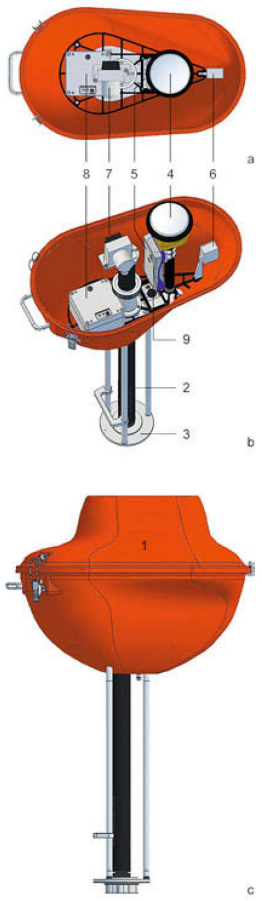
Im Wesentlichen besteht das Unterwasser-Vermessungsgerät aus einer schwimmenden, hydro- und winddynamisch optimierten Boje aus Glasfaserverbund und einem ausziehbaren Teleskoparm aus starren Glasfaserrohren, der unten an der Boje angebracht ist. In dieser befinden sich ein RTK-GNSS-Satellitenempfänger (SPS985 GNSS Smart Antenna von Trimble) und Sensoren, welche die Orientierung der Boje genau messen. Dabei handelt es sich um einen Magnetfeldsensor und einen Beschleunigungssensor, welche es ermöglichen, die Orientierung und die Richtung der Erdbeschleunigung (Neigung) und damit die genaue Lage der Boje zu bestimmen. Ein Seilzugsensor misst jeweils den Kabelauszug im Teleskoparm. Die Elektronik, welche sich ebenfalls in der Boje befindet, verrechnet die GPS-Messdaten mit den genannten Sensorwerten, so dass die Position der Messspitze zum Zeitpunkt der Messauslösung genau bestimmt ist. Damit ist es möglich, mit einer Abweichung des Messarms von bis zu 30 Grad von der Vertikalen zu messen. Der totale Messfehler, welcher aus der Kumulation aller Messfehler der Einzelkomponenten resultiert, liegt dabei für alle drei Koordinatenachsen bei maximal 5 cm. Für die Korrektur der GNSS-Daten wird – über eine SIM-Karte mit einem Datenabonnement – der länderspezifische Korrekturdatendienst genutzt (z.B. swipos, sapos, apos), um die nötige Genauigkeit zu erreichen; ist ein solcher aus irgend einem Grund nicht verfügbar, kann jederzeit eine eigene lokale Basisstation benutzt werden.

Über ein Bediengerät, welches der Taucher am Arm trägt, kann das System gesteuert werden; wahlweise lassen sich Punkt-, Linien- oder Flächenmessungen

Abb. 3
Geöffnete Transportkiste mit Hydra und Zubehörkoffer.
Bojenmasse: 0.73 x 0.42 m
Höhe (eingefahrener Teleskoparm): 1.22 m
Gewicht: 19 kg
Messgenauigkeit: 5 cm
Einsatzbereiche: das Unterwasser-Vermessungsgerät wird grundsätzlich im Wasser verwendet. Die Boje mit dem GPS schwimmt an der Oberfläche, der antennenförmige Auszug wird unter Wasser ausgezogen. Bei Bedarf wird das GPS herausgenommen und für Messungen an Land eingesetzt.

La caisse ouverte contenant Hydra et sa valise.
Dimensions de la balise: 0.73 x 0.42 m
Hauteur (bras replié): 1.22 m
Poids: 19 kg
Précision de mesure: 5 cm
Domaines d'utilisation: l'instrument est utilisé principalement dans l'eau. La balise avec le GPS flotte à la surface, le bras télescopique qui renferme l'antenne se déploie sous l'eau. En cas de besoin, le GPS peut être extrait de l'appareil et servir pour des mesures terrestres.

La cassa di trasporto con il sistema Hydra e la valigetta degli accessori.
Dimensioni della boa: 0.73 x 0.42 m
Altezza (asta telescopica chiusa): 1.22 m
Peso: 19 kg
Precisione di misurazione: 5 cm
Campi di utilizzo: l'apparecchio di misurazione è utilizzato principalmente nell'acqua.
La boa con il GPS galleggia sulla superficie, l'antenna viene allungata sott'acqua. Se necessario il GPS viene estratto e utilizzato per misurazioni a terra.



4

Abb. 4
Bauplan der Hydra mit den wichtigsten Systemkomponenten. a) Ansicht von oben bei geöffneter Abdeckung, b) Schrägansicht, c) Seitenansicht bei geschlossener Abdeckung.
1 Boje aus Glasfaserverbund
2 dreiteiliger Teleskoparm aus Glasfaser
3 Schutzgestänge für Teleskoparm
4 RTK-GNSS-Satellitenempfänger
5 Steuereinheit
6 Magnetfeldsensor und Beschleunigungssensor
7 Seilzugsensor
8 Batterie
9 Hauptschalter

Schéma de construction de l'appareil Hydra avec les principaux éléments du système; a) vue depuis le haut, couvercle ouvert, b) vue cavalière, c) vue latérale, couvercle fermé.
1 Balise en fibres de verre
2 Bras télescopique tripartite en fibres de verre
3 Protection du bras télescopique
4 Récepteur satellite GNSS RTK
5 Système de commande
6 Capteur de champs magnétique et capteur d'accélération
7 Capteur à câble
8 Batterie
9 Interrupteur principal

Schema costruttivo di Hydra con le componenti più importanti del sistema. a) veduta dall'alto con la copertura aperta. b) veduta obliqua. c) veduta laterale con la copertura chiusa.
1 Boa in lega di fibra di vetro
2 Asta telescopica in tre parti in fibra di vetro
3 Protezione per l'asta telescopica
4 Ricevitore satellitare RTK-GNSS
5 Unità di comando
6 Sensore di campo magnetico e sensore di accelerazione
7 Sensore a cavo flessibile
8 Batteria
9 Interruttore principale

definieren und die einzelnen Messungen mit Kategorien und Unterkategorien versehen. Die Bedienung erfolgt über einen Magnetstift, mit dem die Menuführung sowie Eingaben über die numerischen Tasten ausgeführt werden. Gleichzeitig kann die Messung durch Betätigen eines Knopfs am Stift – analog zu einem Kugelschreiber – mit dem Daumen ausgelöst werden.
Der Datenaustausch zwischen dem Eingabegerät und der Boje erfolgt per Funk bis zu einer Reichweite von 5 m. Die Funkverbindung über die in das Schutzgestänge integrierte Antenne funktioniert allerdings nur im Süsswasser; im Salzwasser ist die genannte Reichweite stark eingeschränkt. Die vorgegebene Datenqualität wird vom System kontinuierlich überwacht und dem Taucher angezeigt. Verzichtet man auf diese Anzeige, so kann man auch messen, wenn die Funkverbindung trotzdem zeitweise unterbrochen sein sollte. Dies hat dann keinen Ausfall des Messsystems zur Folge, denn die Boje und das Eingabegerät sind zeitlich synchronisiert, so dass die in beiden Geräten aufgezeichneten Daten zugeordnet werden können, sobald wieder eine Funkverbindung besteht. Optional liesse sich sogar eine Überwachung der Messungen auf einem Begleitboot anbinden («live-tracking»).
Eine zusätzliche Funktion, welche sich in der unterwasserarchäologischen Praxis als sehr hilfreich erweist, ist die direkte Navigation zu bestimmten Koordinaten, welche am Bediengerät angezeigt und unter Wasser zentimetergenau aufgefunden werden können.

Poseidon

Die unter Wasser erhobenen Messdaten werden auf dem internen Speicher des Bediengerätes gespeichert; die in der Boje gespeicherten Rohdaten aus der Satellitenmessung werden über Bluetooth zum Bediengerät übertragen. Beide Datensätze sind miteinander verknüpft und lassen sich über eine USB-Schnittstelle in die eigens entwickelte Software «Poseidon» übertragen. Die Software kann sodann ein Messdatenfile für den GIS-Export erstellen. Das Programm bietet gleichzeitig die Möglichkeit von Softwareupdates der Hydra. Zudem können mit dem Poseidon das Bediengerät konfiguriert und verschiedene Kategorien und Unterkategorien für verschiedene Anwendungsbereiche beliebig definiert und verwaltet werden.

Messtiefen

Für Einsätze, bei denen der Taucher im Flachwasser steht oder für Messungen an Land kann der RTK-GNSS-Satellitenempfänger mit wenigen Handgriffen ausgebaut und konventionell mit einem Stativ verwendet werden. Erste Tests im Wasser haben gezeigt, dass die Hydra in einem Tiefenbereich von 0.9 bis 3.3 m – bei voll ausgezogenem Teleskoparm

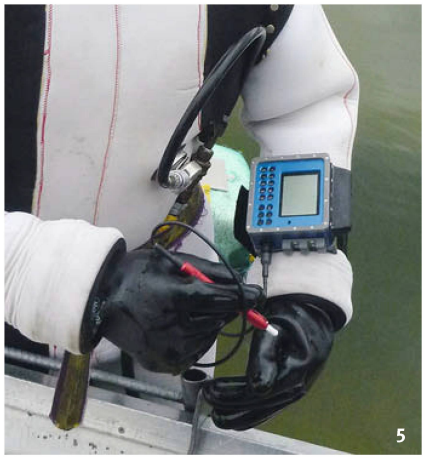
– einsetzbar ist. Das Gerät ist bequem und effizient von einem einzelnen Taucher zu bedienen. Schwerpunkt sowie Auftrieb des Teleskoparms sind so abgestimmt, dass die Messspitze mehr oder weniger austariert neben dem Taucher schwebt.
Es ist möglich, anstelle der Messspitze eine Verlängerung am Teleskoparm anzubringen, um den Messtiefenbereich bis auf 4-5 m auszudehnen – allerdings nimmt dadurch die mechanische Steifigkeit des Arms und damit die Genauigkeit ab.

Ausblick

Es ist zu betonen, dass es sich bei der Hydra nicht um ein Zeichnungsgerät handelt und diese daher auch nicht die zeichnerische Dokumentation auf einer Grabung ersetzt. Mit der spezifizierten Genauigkeit lassen sich Pfähle, Pfahlfeld- und Schichtausdehnungen, Funde und Flächen mit ausreichender Genauigkeit rationell erfassen. Es ist auch eine digitale Aufnahme der Seegrundtopographie möglich. Um Messungen in grösseren Tiefen vornehmen zu können – etwa um Schiffswracks einzumessen – könnte an der Teleskopspitze ein Lot mit bekannter Länge (Schnur mit Senkblei) angebracht werden.
Nebst dem Einsatz in der Unterwasserarchäologie ist auch eine Verwendung der Hydra in anderen Disziplinen – etwa im Bereich Unterwasserbiologie, Wasserbau oder bei unterwasserpolizeilichen Tätigkeiten – denkbar.
Eine Weiterentwicklung könnte die Ergänzung mit einem «live-tracking» sein, so dass die Position des Tauchers am Bildschirm auf dem Begleitboot verfolgt und dieser entsprechend mittels Sprechverbindung gelenkt werden kann – etwa um einen bekannten Punkt aufzufinden oder eine bestimmte Strecke abzuschwimmen.
Nachdem die verschiedenen Komponenten des Systems ausführlich getestet wurden und anfängliche Kinderkrankheiten überwunden sind, wird die Hydra seit kurzem bei der Unterwasserarchäologie Zürich eingesetzt. Es zeigt sich, dass damit Vermessungsarbeiten – von der qualifizierten Datenaufnahme unter Wasser bis zur Darstellung in einem geographischen Informationssystem – präzise und schnell durchgeführt werden können.

Résumé

La détermination des coordonnées géographiques de la surface explorée et la situation précise des objets, des échantillons prélevés ou encore des structures constituent la base documentaire des fouilles, tant sur terre que sous l'eau. Grâce à un instrument de mesure subaquatique basé sur les coordonnées des cartes nationales, qui vient d'être développé, le Swiss Underwater Integrated Survey System (SUISS) «Hydra», un plongeur



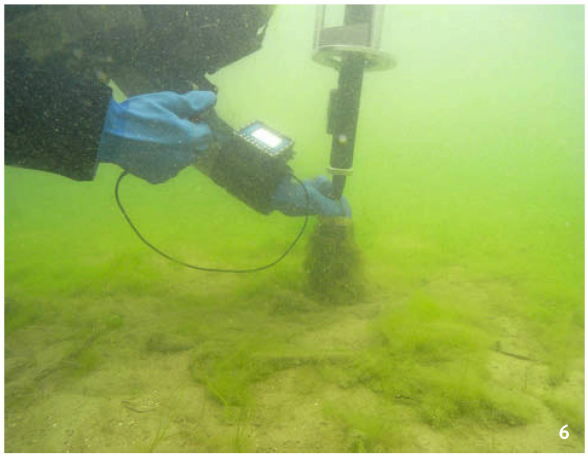


Abb. 5
Der Taucher trägt das Eingabegerät am Arm, mit dem Magnetstift kann sowohl das Gerät bedient als auch die Messung ausgelöst werden.

Le plongeur porte l'appareil sur le bras; il le consulte et lance les mesures à l'aide d'un stylet magnétique.

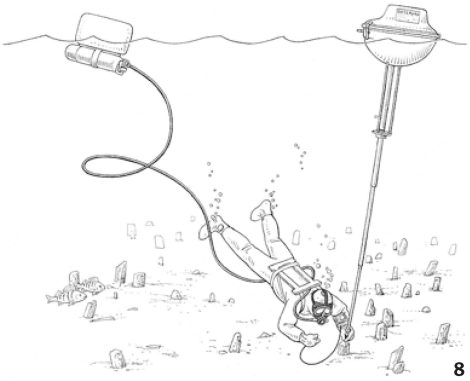
Il sommozzatore porta lo strumento per l'immissione dei dati al braccio, con la penna magnetica è possibile sia inserire le informazioni che far partire la misurazione.

Abb. 6
Die Teleskopspitze wird auf den Pfahlkopf aufgesetzt, die Positionsqualität auf dem Display kontrolliert und die Messung ausgelöst.

La pointe télescopique est placée sur le sommet du pilotis à mesurer, la qualité de cette position est contrôlée, puis la mesure est effectuée.

La punta del telescopio è appoggiata sull'estremità del palo, viene controllata la qualità della posizione e azionata la misurazione.

7



8

Abb. 7
Einsatz der Hydra im Flachwasserbereich.

Mise en oeuvre de l'appareil Hydra en eau peu profonde.

Impiego del sistema Hydra nell'acqua bassa.

Abb. 8
Punktgenaue Vermessung eines Pfahlfeldes mit dem Unterwasservermessungsgerät Hydra.

Relevé précis d'un champ de pilotis à l'aide de l'instrument de mesure subaquatique Hydra

Misurazione esatta di un'area costellata di pali con lo strumento di misurazione subacquea Hydra.

peut désormais facilement mesurer de manière efficace des points, des lignes et des surfaces, puis transférer ces données dans un Système d'information géographique (SIG). L'appareil se compose d'une balise flottante équipée d'un récepteur satellite RTK-GNSS et de capteurs qui mesurent précisément son orientation (capteur du champs magnétique, capteur de l'accélération); au-dessous vient se fixer un bras télescopique muni d'un capteur relié à un câble. Pour déterminer la position d'un point sous l'eau, les coordonnées du récepteur satellite sont recalculées en fonction des données des capteurs. Les mesures sont possibles avec une variation de maximum 30 grades du bras par rapport à la verticale et jusqu'à 3.30 m de profondeur. L'erreur maximale est de 5 cm pour les trois axes de coordonnées. L'instrument est piloté par un petit appareil fixé au bras du plongeur; la navigation informatique et les commandes s'effectuent à l'aide d'un stylet magnétique qui sert aussi à lancer les mesures. L'échange des données entre l'appareil de contrôle et la balise est assuré par une antenne protégée à l'intérieur du bras télescopique. Avec l'appareil Hydra, on peut en outre retrouver précisément en cours de plongée des coordonnées terrestres prédéfinies. ▌

Riassunto

La misurazione di coordinate per lo scavo e la localizzazione precisa di singoli ritrovamenti, di prelievi o strutture emergenti rappresentano la base documentaria imprescindibile per l'archeologia di terreno come per quella subacquea. Il nuovo strumento di misurazione subacquea, basato sulle coordinate delle carte nazionali, lo Swiss Underwater Integrated Survey System (SUISS) «Hydra», permette al sommozzatore di rilevare senza sforzo e in modo efficiente punti, linee e superfici; in seguito i dati misurati possono essere inseriti in un sistema georeferenziato. Il sistema è composto da una boa galleggiante collegata a un ricevitore satellitare RTK-GNSS e a sensori che misurano esattamente l'orientamento della boa (sensore di campo magnetico, sensore di accelerazione); oltre a ciò viene impiegata un'asta telescopica allungabile dotata di un sensore con comando a cavo flessibile. Per determinare la posizione della punta del misuratore sott'acqua, le coordinate del satellite sono ricalcolate con i valori del sensore. Le misurazioni possono essere effettuate con una deviazione dell'asta del misuratore fino a 30 gradi dalla verticale e fino a una profondità di 3.3 m. L'errore di misurazione massimo per tutte e tre le assi delle coordinate è di 5 cm. Il comando avviene tramite un piccolo strumento fissato al braccio del sommozzatore; la scelta dei comandi e l'inserimento dei dati avvengono tramite una penna magnetica con la quale sono azionate anche le misurazioni. Lo scambio dei dati fra lo strumento che immagazzina le informazioni e la boa è assicurato da un'antenna incorporata nell'asta di protezione. Inoltre con il sistema Hydra è possibile spostarsi direttamente sott'acqua e possono essere ritrovate nel punto esatto le coordinate di terra predefinite. ▌

Abbildungsnachweise

Unterwasserarchäologie Zürich, Amt für Städtebau (Abb. 1-7; Abb. 4 mit SMT Swiss Mains)

Atelier bunterhund, D. Pelagatti (Abb. 8)

Dank

Publiziert mit Unterstützung des Amts für Städtebau Zürich.