

# Ist die Zukunft ferngesteuert oder autonom?

Ein Wissenschaftsgespräch mit dem DHyG-BEIRAT\*

Allenthalben ist von autonomer Gewässervermessung die Rede. Doch was ist das eigentlich? Hat ein jeder dieselbe Vorstellung von den bei der autonomen Vermessung zum Einsatz kommenden Geräten und Methoden? Eher nicht – das zumindest ist die Erkenntnis aus dem Wissenschaftsgespräch, in dem fünf Hydrographen ihre jeweilige Sicht erläutern. Mühsam und mit vielen englischen Ausdrücken rang man um die Definition für ein autonomes System. Einig waren sich die Experten darüber, dass die autonome Zukunft sich noch ein paar Jahre Zeit lassen wird. Und dass man auch dann noch qualifizierte Hydrographen brauchen wird.

AUV | ROV | USV | Glider | Drifter | Crawler | Rover | Autonomie | Energieversorgung  
Datenübertragung | Kollisionsvermeidung | Verkehrssicherheit | Schwarm

**HN:** Als ich meinen Kollegen erzählt habe, dass ich ein paar Experten zum Wissenschaftsgespräch geladen habe, um mit ihnen über autonome Vermessung zu sprechen, zum Beispiel mit AUVs, da wurde ich korrigiert. Einer sagte: »Du meinst nicht AUVs, sondern UAVs, also unmanned aerial vehicles.« Der Kollege dachte an Drohnen. Ich hatte keine Zeit mehr, ihm zu erklären, was ein AUV ist.

**Olaf Lautenschläger:** Autonome Vermessung macht man ja nicht zwangsläufig mit einem AUV. Es gibt ja auch surfbrettähnliche Konstruktionen, die auf einem Baggersee verwendet werden, wo dann jemand mit der Fernbedienung am Ufer sitzt und das Gefährt über den See steuert.

**Thorsten Döscher:** Das nennt sich ASV, autonomous surface vessel.

**Thomas Thies:** Eine Sensorplattform mit Fernbedienung ist aber ein remotely operated vehicle, ein ROV.

**Lautenschläger:** Unter einem remote betriebenen Fahrzeug verstehe ich etwas mit einem Kabel, also ein nicht komplett autonomes Fahrzeug.

**Döscher:** Zu einem ROV gehört immer auch ein ROV-Operator. Das sind also wirklich Geräte, die über ein Kabel von jemandem gesteuert werden.

**Jens Schneider von Deimling:** Ein ROV ist nicht wirklich autonom. Ich würde definieren, autonom

ist, wenn man die Navigation vorher programmiert und das Gerät dann selbstständig den Track abfährt. Damit sind alle kabelgetriebenen Systeme raus.

**Lautenschläger:** Nicht unbedingt. Es gibt ja auch kabelgebundene Systeme, bei denen das ROV vorausfährt

und das Schiff hinterher. Das Schiff folgt dabei einem Ziel. Man spricht von follow target. Das ist ein autonomer Vorgang, trotz Kabel.

**Schneider von Deimling:** Dabei kommt die Stromversorgung doch aber vom Mutterschiff. Daher ist das kein autonomes System.

**Lautenschläger:** Okay, alles ohne Kabelverbindung ist autonom. Das heißt aber nicht unbedingt, dass auch autonom gefahren werden muss.

**HN:** Das müssen wir vertiefen. Autonomie meint also einen eigenständigen Antrieb und eine selbstständige Navigation? Kein Kabel und keine Fernbedienung?

**Peter Gimpel:** Ja und nein, mit Blick auf die Navigation. Bei einem autonom betriebenen Unterwasserfahrzeug braucht man eine autonome Navigation, die zum Beispiel auf Trägheitsnavigation beruht, auf jeden Fall nicht optisch ist oder satellitengestützt. Bei einem Oberflächenschiff, also zum Beispiel einem ASV, gilt das nicht. Das Fahrzeug als solches hat einen eigenen Antrieb, aber die Navigation ist »normal«, meist über GPS, aber auch das gilt als autonomes Fahrzeug.

**HN:** Bei selbstständiger Navigation ist also egal, auf welche Hilfsmittel zurückgegriffen wird. Hauptsache, das Ding findet den Weg.

**Lautenschläger:** Und wenn's den Weg nicht findet, kann man händisch eingreifen. Man gibt ja immer einen Track ein, den die Fahrzeuge dann selbstständig abfahren sollen. Und falls ein Fahrzeug mal vom Weg abkommt, kann man immer noch eingreifen. Nicht gerade so direkt wie mit einer Fernbedienung. Aber einem Hugin zum Beispiel kann man neue Wegpunkte mitteilen, per Unterwasserkommunikation. Zwischen dem Hugin und dem Schiff gibt es natürlich eine Kommunikation. Nicht ununterbrochen, denn das kostet zu viel Strom; aber in regelmäßigen Abständen oder bei bestimmten Ereignissen teilt das Hugin seine Position mit. Und diese Kommunikation funktioniert natürlich auch in die andere Richtung.

**Schneider von Deimling:** Vielleicht kann man den Vergleich zu selbstfahrenden Autos ziehen. Im Prinzip ist die Technik da, aber wir können dem Auto halt doch noch nicht sagen: fahr von A nach B. Noch immer hängt eine operationelle Kette dran und viel Observation durch den Menschen. Dennoch erfordert ein AUV-Einsatz noch erhebliche Unterstützung durch den Menschen.

\* Das Interview mit dem DHyG-Beirat – anwesend waren Thorsten Döscher, Dr. Peter Gimpel, Olaf Lautenschläger, Dr. Jens Schneider von Deimling und Thomas Thies – führte Lars Schiller am 29. Oktober 2015

»Bisher dachte ich immer: Hängt ein Kabel dran, ist es ein ROV; hängt kein Kabel dran, ist es ein AUV.«

Olaf Lautenschläger

**Lautenschläger:** Bisher dachte ich immer: Hängt ein Kabel dran, ist es ein ROV; hängt kein Kabel dran, ist es ein AUV. Jetzt weiß ich, auch ohne Kabel kann es ein ROV sein, dann ist die Kabelverbindung durch eine Funkverbindung ersetzt.

**Thies:** Richtig, sobald da ein Mensch die Kontrolle über die Navigation übernimmt, handelt es sich um ein ROV. Die Eingangsfrage aber zielte darauf ab, was ein AUV ist. Sobald eine Trajektorie inklusive Ausweichoption einprogrammiert wird und das Fahrzeug eine batteriegestützte Energieversorgung hat, und es sich durch selbstständige Navigation unter Wasser fortbewegt, ist es ein AUV.

**HN:** Jetzt haben wir endlich die Definition von AUV. Die werde ich meinem Kollegen beibringen. Das mit der selbstständigen Navigation aber lässt sich doch bestimmt noch weiter treiben. Man könnte so ein Teil ja auch einfach ins Wasser lassen, ohne vorher etwas einprogrammiert zu haben, und das Ding soll selbst entscheiden, wo es lang schwimmt.

**Lautenschläger:** Das gibt's doch schon, zum Beispiel wenn es um Pipelineverfolgung geht. Man gibt zu Beginn nur die Richtung vor, in der die Pipeline ungefähr sein muss; sobald das Gerät die Pipeline gefunden hat, trackt es sie, verfolgt sie bis zum Ende. Und falls es zwischendurch irgendwas auffallendes bemerkt, eine Verdachtsstelle, kehrt das System um, um noch einmal hochauflösende Aufnahmen zu machen. Danach verfolgt es die Pipeline weiter. Das Ganze funktioniert auch bei der Munitionssuche. Sobald Verdachtsmomente da sind, die durch eine Mustererkennung festgestellt wurden, schaut das System genauer nach.

**Gimpel:** Im Grunde geht es um die Philosophie, wie man in Zukunft die Vermessung macht, ganz unabhängig vom Fahrzeug. Typischerweise hat man ein festgelegtes, regelmäßiges Muster. Man kann das Gebiet aber auch irgendwie vermessen, erratisch, wie so ein selbstfahrender Rasenmäher, Hauptsache, das Gebiet wird in möglichst effektiver Weise vermessen. In der Hinsicht ist es egal, ob es autonom geschieht oder nicht.

**HN:** Autonom heißt für mich auch, dass das Gerät bei unvorhergesehenen Umständen eigenständig reagiert, ohne menschliche Intervention.

**Lautenschläger:** Mit der entsprechenden Sensorik lässt sich das durchaus umsetzen. Wir haben für solche Zwecke ein forward looking sonar installiert. Sobald etwas Unvorhergesehenes passiert, bei einer Grundberührung etwa oder wenn plötzlich eine Wand im Weg steht, werden Gewichte abgeworfen und das Ding taucht auf. Wenn natürlich nur ein kleines Hindernis im Weg ist oder der Gewässerboden langsam ansteigt, dann schwimmt Hugin nur ein paar Meter nach oben, folgt dann aber weiter seinem Kurs und setzt die Vermessung fort. Das Ausweichen geschieht also immer nach oben. Nach links oder nach rechts ausweichen kann er noch nicht.

**HN:** Bisher sprachen wir über richtiggehend fahrende autonome Fahrzeuge. Aber es gibt doch

auch noch andere autonome Systeme, stationäre oder treibende.

**Schneider von Deimling:** Das sind die sogenannten Glider. Sie sind prinzipiell geeignet, um hochfrequente Sonare mit geringer Leistungsaufnahme zu befördern und zu betreiben – erste Pilotprojekte laufen. Da genügt schon ein Solarpanel für die Energieversorgung. Vorausgesetzt, er ist mit einer effizienten IMU ausgestattet, kann man sich auch einen Glider vorstellen, der autonom vermisst.

**HN:** Bewegen sich Glider nur auf der Wasseroberfläche?

**Schneider von Deimling:** Nein. Die generieren ihren Vortrieb durch die Wellenbewegung. Das geht sehr, sehr langsam. Aber über die Zeit macht er eben doch Strecke.

**Lautenschläger:** Manche Glider tauchen bis in eine definierte Tiefe ab, dann tauchen sie wieder auf, tanken Energie, holen sich die aktuelle GPS-Position und tauchen wieder ab. So bewegen sie sich quer durch den ganzen Ozean.

**HN:** Was ist der Unterschied zwischen Glider und Drifter?

**Schneider von Deimling:** Der Drifter nutzt nicht die Vertikalwellenbewegung aus, sondern die Strömung selbst. Dahingegen nutzt der Glider den Vertikalhub aus. Der rutscht durch die Vertikalbewegung immer ein Stückchen nach vorne. Dadurch ist das System dann auch besser steuerbar.

**HN:** Was ist mit den stationären Systemen?

**Schneider von Deimling:** Es gibt mittlerweile Gasleckagesysteme, die als autonome Messstationen am Meeresboden verankert sind. Die gucken in die Wassersäule nach oben. Sobald sie eine Leckage erkennen, lösen sie einen Alarm aus. Aber diese System würde ich nicht zur »klassischen« autonomen Vermessung rechnen. Sonst könnte man ja auch chemische Sensoren hinzuzählen, die auch autonom messen können. Natürlich helfen all diese Sensoren, die Umgebung zu beschreiben.

**HN:** Aber für die Erkennung von Gasleckagen sind chemische Sensoren doch gut geeignet.

**Schneider von Deimling:** Dann handelt es sich um ein integriertes System. Das wird zum Beispiel für die Entdeckung von hydrothermalen Austritten verwendet. Die chemischen Sensoren schlagen deutlich früher an als die Akustik. Da werden die Daten integriert im AUV aufgezeichnet.

**Thies:** Für mich hing »autonom« immer direkt mit der Navigation zusammen, eben wenn sich ein System autonom bewegt. Es geht nicht um die autonome Messung, während das Gerät an einer Stelle steht. Auch bei ferngesteuerten Systemen geht es um die Bewegung, nicht nur darum, per Fernbedienung eine Messung auszulösen.

**HN:** Besteht da Konsens? Ein autonomes System ist auf jeden Fall nicht stationär?

*»Man kann ein Gebiet auch erratisch vermessen, wie so ein selbstfahrender Rasenmäher. Hauptsache, effektiv. In der Hinsicht ist es egal, ob die Vermessung autonom geschieht oder nicht«*

Peter Gimpel

**Gimpel:** Eine Tonne, die mit Solar betrieben wird, ist schon auch irgendwie ein autonomes System. Aber sie bewegt sich nicht. Das V in AUV ist entscheidend. Es geht um die aktive Bewegung.

**Lautenschläger:** »Autonom« heißt doch auch, selbstständig eine Entscheidung zu treffen und in der Folge etwas zu machen. Einen Pegelfunk im Hafen zähle ich nicht dazu, der sendet nur einfach seine Daten in bestimmten Intervallen, macht sonst aber nichts. Das ist nichts autonomes. Auch Erdbebenbojen sind einfach nur Messplattformen.

**Schneider von Deimling:** Bei einem autonomen Fahrzeug setze ich schon voraus, dass es Entscheidungen bezüglich der Route trifft. Es geht auch um die Verkehrssicherheit. Gerade wenn man an Glider in Verkehrsgebieten denkt.

**Thies:** Richtig, Algorithmen zur Kollisionsvermeidung gehören für mich auf jeden Fall dazu, egal um welchen Typ von autonomen Fahrzeugen es sich handelt.

**HN:** Mal losgelöst vom Fahrzeug, Gewässervermessung kann doch auch an Ort und Stelle, also stationär geschehen. Hydrographen interessieren sich doch auch für die Zusammensetzung des Wassers oder für die Strömungen. Das zählt doch alles zur Gewässervermessung.

**Thies:** Da sind wir wieder bei der Frage, was Hydrographie ist. Natürlich zählen für mich Strömungsgeschwindigkeiten, der Sauerstoffgehalt, die Trübung, der Salzgehalt und vieles mehr dazu.

**HN:** Was könnte man denn autonom erledigen lassen?

**Lautenschläger:** Damit kommen wir zum Unterschied zwischen autonom und automatisiert. Wenn man ganz viele einzelne Messstellen hat, dann wurde da etwas automatisiert.

**Thies:** Aber wenn diese Messstellen bei einem besonderen Ereignis eigenständig reagieren und in der Folge spezielle Messungen

durchführen, dann handelt das automatisierte System autonom.

**Schneider von Deimling:** Weltweit gibt es längst ein Netzwerk von autonomen Glidern, die die Temperatur und die Salinität für die Ozeanographie messen. Das zählt schon zur autonomen Gewässervermessung.

**HN:** Keine Tiefeninformation, aber qualitative Daten.

**Schneider von Deimling:** Definitiv. Das ist in der Ozeanmodellierung so wie in der Meteorologie mit den Wetterballons. Ohne die wären die Meteorologen verloren.

**Döscher:** Grundsätzlich ist es doch so, dass alles vom Bedarf abhängt. Man kann sein ROV oder AUV ausrüsten, wie man will. Das Fahrzeug darf nur nicht zu schwer werden.

**HN:** Eignen sich alle Sensoren für den Einsatz auf einem AUV?

**Döscher:** Fast uneingeschränkt, ja. Wir haben Versuche mit der Uni Bremen gemacht, weil ich Bedenken hatte, eine Wasserschallsonde runterzulassen. Aber auch das ist vorstellbar. Da stoppt so ein AUV an einer bestimmten Position und lässt mit einer kleinen Winde eine Sonde runter. Technisch ist das möglich. Es ist nur eine Frage des Aufwands. Die Frage ist, ob das wirtschaftlich ist und genau genug.

**Gimpel:** Wenn man das weiterspinnt, bietet es sich an, nur einen festen Sensor zu nehmen und das Gefährt umherfahren zu lassen. Im Nachhinein lässt sich dann aus den Daten das Profil konstruieren. Das ist eine ganz andere Messphilosophie als heute mit einem Schiff. Aber die Ergebnisse könnten gut werden.

**Döscher:** Bei Unterwasserfahrzeugen geht das, bei Oberflächenfahrzeugen muss das geordneter ablaufen.

**Gimpel:** In Bezug auf die Sensoren ist die Technologie inzwischen so weit, dass die Positionsgenauigkeit, die mit Trägheitspositionierung und Doppler-Stützung erzielt wird, für die Vermessung ausreicht. Einen Aspekt beim AUV darf man nicht vergessen: Ein Unterwasserfahrzeug hat Vorteile aufgrund seiner stabilen Lage im Wasser. Es schwimmt viel ruhiger und hat damit einen vorhersehbareren Lauf. Damit eignen sich die Fahrzeuge plötzlich für Verfahren, die an der Oberfläche nicht funktionieren, so etwas wie synthetische Apertur. Das wird ja auch schon gemacht. Die Sensoren sind alle da, noch sind sie bei guter Qualität allerdings entsprechend teuer.

**HN:** Und die Sensoren sind auch alle für den Druck in 6000 Meter Tiefe ausgelegt?

**Thies:** Die Sensoren bekommt man für jede Tiefe, 6000 Meter sind inzwischen Standard. Es ist nur eine Frage des Geldes.

**HN:** Einen Druck von 600 bar auszuhalten ist Standard?

**Schneider von Deimling:** Schwierigkeiten gibt es bei chemischen Sensoren mit ihren Membranen. Aber auch da gibt es mittlerweile Sensoren für die Tiefsee.

**HN:** Und wie sieht es mit dem Temperaturbereich aus? Die Sensoren müssen ja zwischen  $-1\text{ °C}$  und  $30\text{ °C}$  aushalten.

**Gimpel:** Das ist die Gesamtspanne, aber die Temperaturschwankungen sind lokal nicht allzu groß.

**Schneider von Deimling:** Im Gegenteil, das Meer ist relativ sensorfreundlich.

**HN:** Und wie sieht es im Dauereinsatz mit Bewuchs durch Meeresorganismen aus? Oder ist das wieder nur für stationäre Systeme ein Problem?

**Gimpel:** Wenn ein Wandler an der Pier hängt, ist er relativ schnell zugewachsen. Aber sobald sich ein System bewegt, ist Bewuchs im Allgemeinen kein großes Problem.

**Thies:** Ohnehin ist dies nur ein Problem in Bereichen mit Licht. In der Tiefsee gibt es kaum Bewuchs.

»Für mich hing »autonom« immer direkt mit der Navigation zusammen, eben wenn ein System sich autonom bewegt. Es geht nicht um die autonome Messung eines stationären Systems«

Thomas Thies

**Döscher:** Wir haben an unseren Wandlern an den Vermessungsschiffen schon Pockenbewuchs. Alle halbe Jahre müssen wir reinigen. Aber ein autonomes System wird ja regelmäßig aus dem Wasser genommen, in dem Zug kann es dann leicht gereinigt werden.

**Schneider von Deimling:** Ein gutes autonomes System würde sich ja melden, wenn es ein Problem mit Bewuchs hätte.

**HN:** Ein gutes autonomes System sollte auch erkennen, wenn ein Sensor ausfällt oder die Ergebnisse unplausibel werden.

**Lautenschläger:** Das kann durchaus schwierig sein. Bei der Fächerecholottechnik ist das ein schleicher Prozess, zuerst brechen die äußeren Beams weg, dann nach und nach die anderen.

**Schneider von Deimling:** Noch ist das in der Tat ein Problem. Ich ziehe noch einmal den Vergleich zum selbstfahrenden Auto: Wenn das ein Problem mit der Sicherheit hat, dann muss es diese Schwäche selbst erkennen. So weit sind die Systeme unter Wasser noch nicht.

**HN:** Dabei ist es unter Wasser doch viel einfacher. Da ist viel weniger Verkehr und man kann in drei Dimensionen ausweichen.

**Lautenschläger:** Kommt drauf an, in welchen Bereichen man sich bewegt. Offshore ist die Kollisionsgefahr recht gering. Im Hamburger Hafen hin-

gegen kann man keine hundert Meter geradeaus fahren, ohne irgendwo anzustoßen.

**HN:** Was ist mit Crawlern und Rovern? Sind die auch autonom?

**Gimpel:** Im Prinzip ja. Es ist ja nur eine andere Art der Fortbewegung. Aber das sind auch autonome Fahrzeuge.

**Döscher:** Ein Crawler wird doch gesteuert. Obwohl, bestimmt gibt es da auch verschiedene Systeme.

**Lautenschläger:** Vor allem wird der Energieverbrauch bei der kriechenden Fortbewegung wesentlich höher sein. Daher sind Crawler wahrscheinlich auf eine feste Stromversorgung angewiesen.

**HN:** Vertiefen wir mal die Frage nach der Energieversorgung. Wie wird ein AUV versorgt?

**Lautenschläger:** Mit riesigen Batteriepacks, die etwa 100 Stunden bei circa vier Knoten halten.

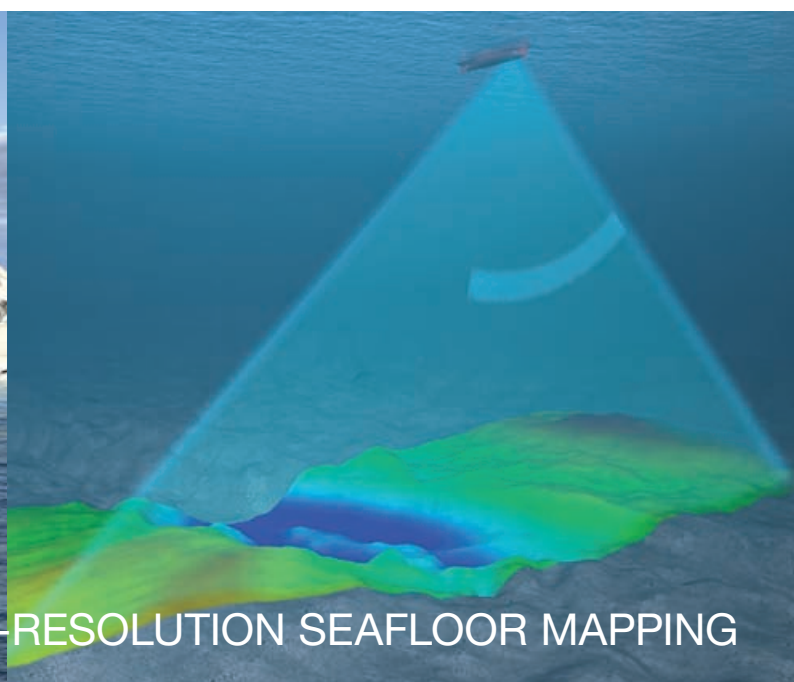
**Thies:** Kommt drauf an, wie viele Sensoren versorgt werden müssen. Wenn das AUV nur umherfährt ohne zu messen, wird die Energieversorgung länger halten.

**Lautenschläger:** Der Antrieb verbraucht schon am meisten Energie. Aber klar, wenn man ein Fächerecholot laufen lässt und noch andere Sensoren, Trübung, Strömung, Kamerasysteme, dann verbraucht das viel Strom. Und dann ist noch die



**DISCOVER THE UNKNOWN**

**ICE-PROOF PERFORMANCE | HIGH-RESOLUTION SEAFLOOR MAPPING**



**Wärtsilä ELAC Nautik** develops and manufactures state-of-the-art units and systems for precise seafloor topography for customers in hydrography, oceanography, marine geology and biology. All requirements from single components to complete turnkey solutions for complex sensor and data management systems can be met.

Wärtsilä ELAC Nautik provides full package solutions for hydrographic and polar research vessels. The ELAC SeaBeam ICE systems are high-performance multibeam echo sounders of the latest generation ranging from medium to deep water depths. They fully compensate for the vessel's pitch, roll and yaw motion. The ice-protected design makes the systems the ideal solution for all ice class ships.



Frage, mit welcher Geschwindigkeit man sich vorwärtsbewegt. Je schneller man unterwegs ist, desto mehr Energie braucht man.

**HN:** Was ist mit Brennstoffzellen?

**Gimpel:** So wie bei manchen U-Booten? Typischerweise werden doch eher Batterien und Akkus verwendet.

**Thies:** Gibt es nicht Systeme, die sich an der Wasseroberfläche über Solarzellen aufladen?

**Lautenschläger:** Das dauert zu lange. Bis genug Energie getankt wurde, vergehen mehrere Stunden.

**Gimpel:** Aber die ozeanographischen Sensoren machen das so.

**Schneider von Deimling:** Die Glider haben ein großes Solarpanel und versuchen, die Sensoren auf diese Weise mit Energie zu versorgen. Zusätzlich haben sie natürlich noch einen Lithium-Ionen-Batteriepuffer an Bord.

**Döscher:** Man bräuchte halt Dockingstationen für autonome Fahrzeuge, wo sie sich im Wasser wieder aufladen können, ohne aus dem Wasser geholt werden zu müssen.

**HN:** Wir sprachen vorhin über Datenübertragung. Wie werden die Daten ausgelesen?

**Lautenschläger:** Hinterher. Unterwasserkommunikation ist ja doch recht langsam. An eine Geschwindigkeit, wie wir sie vom Internet gewohnt sind, ist nicht zu denken. Die Frage ist ja auch, was man wirklich braucht. Man muss ja gar nicht online die ganzen Daten sehen. Daher ist es derzeit so, dass nur das Nötigste gesendet wird, nicht aber die kompletten Daten übertragen werden. Einfach

weil man sie durchs Wasser nicht übertragen kann. Und weil das auch so viel Energie frisst, die man besser für andere Anwendungen braucht. Deshalb kommt das AUV zum Mutterschiff zurück, dann werden die Daten ausgelesen, die Batterien getauscht, die Akkus geladen, und dann geht es wieder ins Wasser.

**Gimpel:** Bei der Unterwasserkommunikation ist die Datenübertragungsrate um Größenordnungen geringer als bei der Verwendung von Kabeln. Hinzu kommt, je größer die Entfernung ist, desto höher die Störwahrscheinlichkeit. Dabei bekommt man die Datenübertragung unter Wasser im Prinzip schon beliebig sicher hin, dann aber auch beliebig langsam. Und da wir beim AUV ja schon von einigen Kilometern Entfernung reden, braucht es einen Kompromiss: Man wird sich immer auf Steuerbefehle oder Statusinformationen beschränken. Im Übrigen wäre es ja sinnlos, einerseits ein teures Fahrzeug zu haben, mit dem man versucht, möglichst große Datenmengen aufzuzeichnen, und sich andererseits durch die Datenübertragung selbst zu begrenzen.

**Thies:** Viel mehr als 10 000 Bits pro Sekunde sind selbst bei kürzeren Übertragungsdistanzen von maximal einem Kilometer unter Wasser kaum möglich.

**Schneider von Deimling:** Genau, Datenmengen wie von einem synthetischen Aperatursonar mit einer Datenrate von 30 bis 40 Gigabyte pro Stunde wird man in Echtzeit nie übertragen können.

**Gimpel:** Bei manchen Schleppsystemen kriegt man die Daten nicht einmal kabelgestützt in Echtzeit rüber, sondern man muss die Daten zwischenspeichern, so lange, bis bei einer Kurvenfahrt, wenn nichts aufgezeichnet wird, mit voller Geschwindigkeit der Upload gemacht werden kann.

**Thies:** Dennoch ist die Kommunikation immens wichtig. Gerade bei AUVs, die jetzt im Schwarm auftreten. Einzelne AUVs müssen dann ihre Informationen an den gesamten Schwarm weitergeben.

**Gimpel:** Da kommt es aber vor allem auf die Information über die genaue Position an. Es wird nicht darum gehen, die gesamten Daten zu übertragen.

**HN:** Schwarm klingt futuristisch.

**Gimpel:** Wenn man eine großflächige Vermessung durchführen muss, kommt man an dem Schwarmansatz nicht vorbei.

**Thies:** Das sind einfach nur mehrere AUVs, die nebeneinander fahren und sich gegenseitig abstimmen. Den Abstand zueinander checken.

**Lautenschläger:** Die können sich auch Aufgaben zuweisen.

**HN:** Das wäre wirklich autonom.

**Gimpel:** Sea & Sun hat bei einem Forschungsprojekt mit Rochen genau diesen Ansatz verfolgt. Da ging es um ozeanographische Fragestellungen, um Sensoren mit geringen Datenmengen. Die haben in der Tat einen ganzen Schwarm losgeschickt.

**HN:** Wir sprachen über das Auslesen der Daten. Ein AUV wird geborgen, damit die Daten ausgelesen werden können. Wie sieht es bei den Glidern aus?

**Schneider von Deimling:** Da gibt es nur die Möglichkeit, Langzeitspeicherung zu betreiben. Das ist aber mit Flashkarten kein Problem. Da stecken dann halt zehn kleine Karten, mehrere Terabyte, damit kommt man eine ganze Zeitlang aus.

**Lautenschläger:** Glider sammeln ja auch keine großen Datenmengen. Ein Fächerecholot haben die nicht. Da wird nicht ununterbrochen gemessen, sondern nur alle paar Sekunden mal.

**HN:** Sobald ein Glider auftaucht, könnte er seine Daten doch auch verschicken.

**Schneider von Deimling:** Über Iridium-Funk ist das machbar. Und es wird auch gemacht. Die haben eine direkte Satellitenverbindung. Das lohnt sich bei den sensitiven und richtig teuren Daten.

Bei den Glidern ist übrigens Diebstahl ein Thema. In Indonesien gab es bei dem Tsunami-Projekt, wo man dauerhaft die Druckschwankungen monitoren wollte, Oberflächenbojen, die zur Kommunikation verwendet wurden, in denen waren

»Bei einem autonomen System setze ich schon auch voraus, dass es Entscheidungen bezüglich der Route trifft. Es geht ja immer auch um die Verkehrssicherheit«

Jens Schneider von Deimling

Iridium-Handys verbaut. Die Fischer haben diese Bojen abgebaut und ausgeschlachtet. Und so ein Oberflächenglider ist natürlich ein leichtes Opfer.

**Lautenschläger:** Fischer sind halt auch neugierig. Früher haben Fischer doch für jede Schwimmboje, die sie im Watt gefunden haben, eine Prämie bekommen. Wenn man weiß, dass man Geld bekommt, liegt es nahe, die Bojen zu klauen.

**Schneider von Deimling:** Gegen Überraschungen ist man nicht gefeit. Selbst Vögel könnten Probleme machen.

**Döscher:** Wir brauchen also nicht nur Kollisionsvermeidungssysteme, sondern auch Piratenvermeidungssysteme.

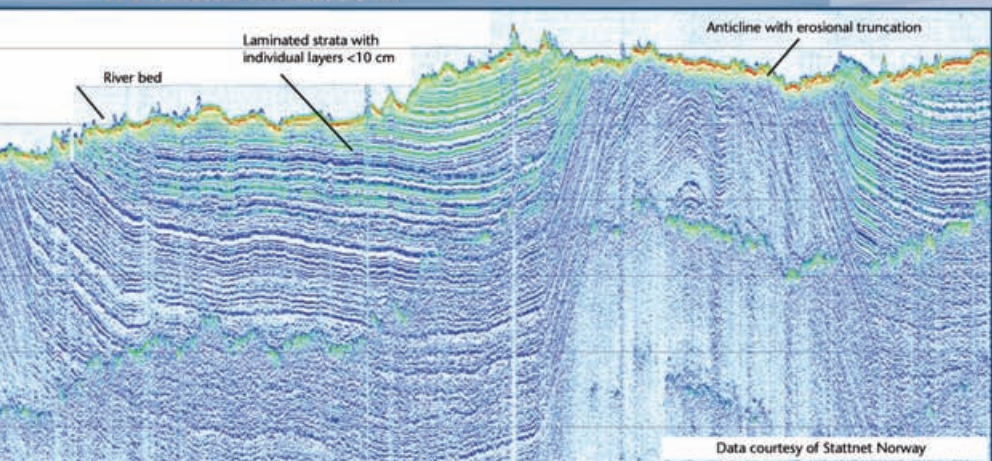
**HN:** Welche Ergebnisse kommen bei der Gewässer- vermessung raus? Was ist heute machbar, was zukünftig?

**Lautenschläger:** Im Offshorebereich ist vieles denk- und machbar. Ich denke an Side-Scan-Sonar und Multibeam. Inshore, auf Flüssen und im Hafen, sieht das anders aus. Ich habe Zweifel, dass das alles so einfach realisierbar ist. Noch jedenfalls liefern die Systeme das nicht. Und ich kenne keinen, der sich wirklich an die Entwicklung rantraut. Das Risiko ist wahrscheinlich einfach nicht einschätzbar. Auf dem Baggersee ist es was anderes, da trauen sich ja schon Ingenieurbüros ran, die haben ja so-

gar schon Plattformen. Aber auf einem Baggersee gibt es auch keinen Verkehr. Bei der Fluss- und Hafenermessung sehe ich das in den nächsten fünf Jahren nicht.

**Döscher:** Auf geschlossenen Binnengewässern wird das durchaus schon praktiziert. Es ist ja auch ein echter Vorteil, ein kleineres Boot zu Wasser zu lassen, wo es sonst nur schwer möglich ist, ein Vermessungsboot über einen Trailer ins Wasser zu bekommen. Bei allen anderen Gewässern ist es eine Frage des Anspruchs. Man wird immer Vorteile haben, wenn man selbst vor Ort ist, die verschiedenen Randbedingungen selbst registriert. Die Genauigkeit wird einfach besser sein, wenn man sein Echolot vor Ort selbst bedient. Aber ohne Frage besteht das Bestreben, das weiterzuentwickeln.

**Thies:** Ich kann mir das ziemlich gut vorstellen. Für die HPA schicken wir jeden Tag vier, fünf Schiffe los, um den Hafen zu vermessen. Von früh morgens bis spät nachmittags, danach ist Feierabend. Ich kann mir schon vorstellen, dass danach noch weitervermessen wird – und warum nicht autonom? Ich setze einfach ein Gerät ins Wasser, gebe ihm das Hafenbecken vor, definiere ein Umringspolygon, und los geht es mit der nächtlichen Vermessung des Hafenbeckens. Das muss kein Unterwassergerät sein, es kann auch an der Oberfläche schwimmen, wo es AIS empfängt, damit es weiß, wo welche



**www.innomar.com**

River bed

Laminated strata with individual layers <10 cm

Anticline with erosional truncation

3 m

5 m

7 m


9 m

11 m


13 m

Data courtesy of Statnett Norway


*Echoprint Example SES-2000 standard (Frequency 8 kHz, Range 2-14 m)*




SES-2000 compact



SES-2000 standard



SES-2000 AUV/ROV





SES-2000 medium  
SES-2000 deep

### SES-2000 Parametric Sub-Bottom Profilers

Discover sub-seafloor structures and embedded objects with excellent resolution and determine exact water depth

- ▶ Different systems for shallow and deep water operation available
- ▶ Menu selectable frequency and pulse width
- ▶ Two-channel receiver for primary and secondary frequencies
- ▶ Narrow sound beam for all frequencies
- ▶ Sediment penetration up to 200m (SES-2000 deep)
- ▶ User-friendly data acquisition and post-processing software
- ▶ Portable system components allow fast and easy mob/demob
- ▶ Optional sidescan extension for shallow-water systems

Schiffe sind. Vielleicht hat es noch einer Laserscanner oben drauf, um Abstände zu messen und um ausweichen zu können. Die Technik ist da, die Algorithmen für die Kollisionsvermeidung vielleicht noch nicht vollständig. Aber das ist die Zukunft. Natürlich gibt es immer Bereiche, wo man persönlich vor Ort sein muss. Aber es gibt auch ganz viele Bereiche, wo man kein Personal braucht. Das kann dann anders eingesetzt werden. Solche Geräte können uns viele Aufgaben einfach abnehmen. Für bestimmte Fragestellungen könnte man mehrmals pro Tag eine Fläche überwachen, oder nur nachts, wenn die Liegeplätze frei sind und der Schiffsverkehr nicht so stark ist.

»Man bräuchte halt Dockingstationen für autonome Fahrzeuge, an denen sie sich im Wasser wieder aufladen können«

Thorsten Döscher

**Gimpel:** Momentan nutzt man eine teure Plattform und versucht, mit möglichst wenig Zeit auszukommen. Man nutzt Fächerlottechnologie, um alles optimal vermessen zu können. Wenn man diesen Gedanken weiterspinnt – mit einem solchen Fahrzeug könnte man viel häufiger rumfahren, dann könnte man auch nur ein einfaches Vertikallot verwenden. In dem Fall verschieben sich die Schwerpunkte. Es geht nicht mehr um die Technik der Sensoren, sondern eher um selbstständige Navigation und Kollisionsvermeidung.

**Schneider von Deimling:** Der Aspekt der Auflösung wird immer bleiben. Gerade in der Tiefsee, wenn man an Manganknollenvorkommen denkt oder an mineralische Rohstofferkundung, da gibt es wahrscheinlich schon bald einen Markt. Man braucht einfach die Auflösung, die AUVs bieten. Das Bild, das ein AUV aus unmittelbarer Nähe macht, ist einfach viel besser als das Bild, das von der Oberfläche aus generiert wird. Diese hohen Auflösungen sind wichtig für die Erkundung von mineralischen Rohstoffen, bei der Minensuche, und die Forschung interessiert sich für die Dynamik des Meeresbodens. Man will wissen, wie sich der Meeresboden ändert, wie groß die Sedimentumlagerungen sind. Wenn ich mir was wünschen könnte, dann wäre das ein Glider, der dasselbe Gebiet immer wieder über ein Jahr hinweg autonom vermisst. Aus diesen Daten könnte man unheimlich viel über Sedimentdynamik lernen. Aber da sehe ich schon auch das Problem mit der Verkehrssicherheit, vor allem im Küstenbereich. Ich glaube nicht, dass es realistisch ist, in nächster Zeit so ein System auszubringen. Ich bin mir auch nicht sicher, ob ein Markt dafür da ist.

**Lautenschläger:** Das ist ein wesentlicher Punkt. Was kostet das alles, und ist der Markt da?

**Thies:** Früher oder später wird es Firmen geben, die fragen, was das eingesetzte Personal kostet. Personalkosten sind die höchsten Kosten. So ein Algorithmus ist im Vergleich nicht teuer.

**Lautenschläger:** Ein AUV kostet circa zwei Millionen aufwärts, je nach Ausstattung. Gegebenenfalls

kommen noch Kosten für Sensoren und Algorithmen für eine bessere Kollisionsvermeidung hinzu.

**Schneider von Deimling:** Das Investment, das die Hersteller machen müssen, ist gewaltig. Und dann stellen sie das Produkt der WSA vor, und die sagt, nee, so haben wir uns das nicht vorgestellt. Ein echtes Risiko.

**Lautenschläger:** Noch ist das alles viel zu teuer. Welches Ingenieurbüro kann sich das schon leisten. Dabei sind viele in der Nordsee unterwegs, um die Windparks zu vermessen. Die könnten so ein Unterwasserfahrzeug gut gebrauchen. So aber haben sie die täglichen Kosten für ein Schiff, dazu kommen noch die Personalkosten. Dennoch ist das im Moment noch die günstigere Lösung.

**Thies:** Aber die Kosten für die Plattformen sinken. Mit jedem Jahr bekommt man auf den Fachmessen immer mehr solcher Fahrzeuge angeboten. Die Konkurrenz unter den Herstellern wächst und die Preise sinken. Die Kosten werden genauso sinken wie bei den Fächerecholoten. Die ersten Fächerecholote haben noch Unsummen gekostet, heute sind sie erschwinglich. Die Technik wird immer günstiger, das Personal hingegen immer teurer. Irgendwann ist der Punkt erreicht, da die Anschaffungskosten für ein AUV nicht mehr schrecken.

**Lautenschläger:** Drohnen wurden ja eigentlich als Spielzeuge entwickelt. Auf einmal nutzen Vermesser sie als Flugobjekt, damit sie Fotos machen können. Vielleicht gibt es eine ähnliche Entwicklung auch in der Hydrographie. Vielleicht können wir irgendwann eine Technik nutzen, von ihr profitieren, die eigentlich für einen ganz anderen Zweck entwickelt wurde.

**Döscher:** Die Sensoren werden ja nicht nur immer günstiger, sondern auch immer kleiner. Die geringen Abmessungen und das niedrige Gewicht sind entscheidend für den Einsatz auf autonomen Systemen.

Grundsätzlich kann ich mir in vielen Fällen schon heute den Einsatz von autonomen Systemen sehr gut vorstellen, insbesondere wenn es um wiederholende Vermessung geht, wie bei einem Windpark, der regelmäßig überwacht werden muss. Gleiches gilt für Hafenbecken, die ständig kontrolliert werden müssen. Aber es gibt auch immer Gebiete, wo Entscheidungen vor Ort gefällt werden müssen. Plötzlich muss man handeln, ein Objekt suchen oder so.

**Thies:** Aber wie viel von unserem Tagesgeschäft machen solche Sonderfälle aus? Maximal 10 bis 20 Prozent.

**Schneider von Deimling:** Das Monitoring ist das Hauptgeschäft.

**Döscher:** Oft muss man auch im Tagesgeschäft sein System an die Gegebenheiten anpassen, das wird für autonome Systeme schon schwierig.

**Thies:** Auch das kann man programmieren.

**Lautenschläger:** Manches bekommt man nicht spontan in den Griff. Aber dann wird halt nachjustiert. Sobald man erkannt hat, welche Einstellun-



gen man bei welchen Bedingungen braucht, kann man es auch automatisieren.

**Thies:** Man kann ja auch über Nacht vermessen lassen, die Daten am nächsten Morgen sichten, um dann zu entscheiden, was man sich genauer ansehen sollte. Auf diese Weise wird das Ingenieur-Know-how genau an den problematischen Stellen eingesetzt.

**Lautenschläger:** Oder man vermisst es in der nächsten Nacht einfach noch mal. Personalkosten fallen ja keine an. Diese selbstfahrenden Rasenmäher sind ja auch permanent unterwegs, früher wurde nur alle paar Wochen mal gemäht. Jetzt ist der Rasen jeden Tag gepflegt.

**Döscher:** Ich erinnere nur an die automatisierte Bereinigung der Fächerlotdaten. Auch das war ein großer Wunsch. Und ständig gibt es neue Algorithmen, weil es eben immer noch nicht hinhaut. Ähnlich wird es auch bei der autonomen Vermessung laufen.

**Lautenschläger:** Aber es haut doch nur in den Sonderfällen nicht hin. 90 Prozent laufen glatt durch.

**Thies:** Und genau für diese Sonderfälle brauchen wir das qualifizierte Personal. Wir müssen niemanden entlassen, nur weil wir ein AUV einsetzen. Das Personal kann stattdessen viel gezielter eingesetzt werden.

**Schneider von Deimling:** Wenn ein AUV unsicher ist, dann entscheidet es halt, noch näher ranzuschwimmen und mit Lichtblitz ein Foto zu machen. Schon heute wird ja viel mit Stereoptik gemacht. So kommt man an Daten, die der Mensch dann genau auswerten kann.

**HN:** Es wird alles immer besser und günstiger. Wann ist es so weit, dass autonome Systeme wirklich eingesetzt werden. Was ist eure Prognose?

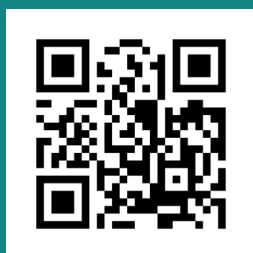
**Schneider von Deimling:** Es würde schon ein Quantensprung bei der Batterietechnik reichen. Das würde ungemein helfen. Denn dann wäre das Oberflächenschiff wirklich frei, eigenständig zu arbeiten, während das AUV seine Bahnen zieht. Das AUV muss nicht mehr bemuttert werden, wenn es zehn Tage oder länger wirklich eigenständig fahren kann. Dann wird es wirklich interessant.

**Lautenschläger:** Dank der Elektroautos wird das Batterieproblem bald gelöst sein. Davon können wir dann profitieren. Dann kann man das AUV mehrere Tage am Stück auf Tour schicken, ohne sich drum kümmern zu müssen.

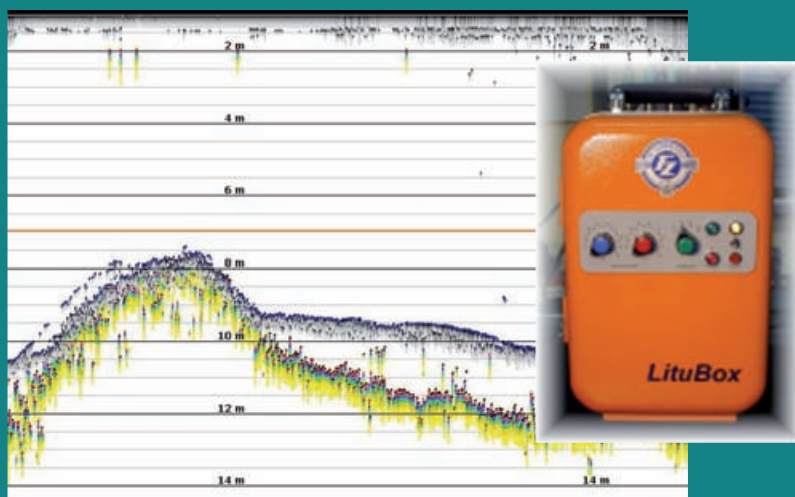
**HN:** Wer traut sich, eine Zahl zu nennen? Wann ist es so weit?

**Döscher:** Manches ist ja heute schon möglich.

**Lautenschläger:** Mindestens noch zehn Jahre, eher 15. Die Leute müssen sich an den Einsatz ran-



## Hydrographic Echo Sounders for all Surveying Tasks





**Bisher erschienen:**

Horst Hecht (HN 82),  
 Holger Klindt (HN 83),  
 Joachim Behrens (HN 84),  
 Bernd Jeuken (HN 85),  
 Hans Werner Schenke (HN 86),  
 Wilhelm Weinrebe (HN 87),  
 William Heaps (HN 88),  
 Christian Maushake (HN 89),  
 Monika Breuch-Moritz (HN 90),  
 Dietmar Grünreich (HN 91),  
 Peter Gimpel (HN 92),  
 Jörg Schimmler (HN 93),  
 Delf Egge (HN 94),  
 Gunther Braun (HN 95),  
 Siegfried Fahrentholz (HN 96),  
 Gunther Braun, Delf Egge, Ingo  
 Harre, Horst Hecht, Wolfram  
 Kirchner and Hans-Friedrich  
 Neumann (HN 97),  
 Werner and Andres Nicola  
 (HN 98),  
 Sören Themann (HN 99),  
 Peter Ehlers (HN 100),  
 Rob van Ree (HN 101)

trauen. Das ist auch eine Frage des Vertrauens in die Technik, die angenommen werden muss.

**Thies:** Ich bin jetzt gut acht Jahre bei der HPA, und so ein riesiger Technologiesprung ist in diesem knappen Jahrzehnt nicht passiert. Und auch in weiteren acht Jahren wird sich nicht so viel ändern. Ich glaube, es dauert eher 20, 25 Jahre, bis man gute Systeme hat, die auch eingesetzt werden. Natürlich ist es nicht auf einen Schlag in 25 Jahren da, es ist ja ein fließender Prozess. Und ich kann mir durchaus vorstellen, dass man in abgesperrten Gebieten schon in wenigen Jahren autonom vermisst.

**Schneider von Deimling:** Ein starker Markt würde das Ganze extrem beschleunigen. Wenn man mineralischen Rohstoffabbau betreibt und es einen richtigen Markt dafür gibt, dann treibt das die Entwicklung voran. Wenn es keinen Markt gibt, stagniert die Entwicklung.

**Lautenschläger:** Manche Firmen setzen ja heute schon AUVs ein. Aber die haben noch nicht genug lohnende Aufträge. Und in der deutschen Forschung fehlt das Geld. Dabei müssten die nicht mit Schiffen unterwegs sein, um Bathymetriedaten zu gewinnen. Die könnten sich auch zwei AUVs kaufen.

**Döscher:** Im militärischen Bereich ist die Entwicklung ja vielleicht schon viel weiter. Weil man ja manchmal die Vermessung unerkannt durchführen möchte.

**Schneider von Deimling:** Die Bundeswehr hat sich ja ein Hugin gekauft, um die Minen besser zu kartieren. Ich glaube nicht, dass das Militär da wirklich viel weiter ist.

**Lautenschläger:** Die sind einfach bereit, mehr Geld auszugeben. Es geht halt um Sicherheit, für diesen Zweck kann man schon ein paar Euro ausgeben. Sie können Minen suchen, ohne dass Menschen zu Schaden kommen.

**HN:** Welche anderen Anwendungsfelder gibt es neben der Minensuche denn heute schon?

**Lautenschläger:** Monitoring und Vermessung. Aber es ist noch kein Massenmarkt.

**Döscher:** Bauwerksinspektion, vor allem im Hafen. Da lassen sich viele gefährliche Tauchereinsätze vermeiden.

**Schneider von Deimling:** Unterwasserlärm- und Umweltmonitoring, das wird auch immer mehr ein Thema. Ich denke an die Schweinswale und den Lärm, der beim Rammen der Offshore-Windparks entsteht. Zieht der Lärm die Wale an, oder weichen die Tiere dem Lärm lieber aus? Und für Monitoringzwecke ist ein AUV einfach prima geeignet. Zum Beispiel wäre auch Passivakustik denkbar. Außerdem handelt es sich bei einem AUV um eine sehr leise Plattform, was signaltechnisch enorme Vorteile gegenüber einem normalen Schiff hat, gerade auch bei schlechtem Wetter. Dann natürlich Tiefseekartierung, um die angesprochenen Hydrothermalquellen und Manganfelder zu finden. Alles Bereiche, die von der Wasseroberfläche aus unzugänglich sind.

**Döscher:** Auf Binnenseen wird auch schon viel mit autonomen Fahrzeugen gemacht.

**Lautenschläger:** In allen Bereichen, die ungestört sind, wo kein Schiffsverkehr ist.

**Thies:** Nicht nur der Luftraum muss überwacht werden, auch der Gewässerraum, und das gerade in Häfen. Hierbei können AUVs zum Beispiel zur Aufdeckung von Schmuggelvorhaben und zur Terrorabwehr eingesetzt werden.

**Döscher:** Mit dem großen Vorteil, dass man die AUVs den ganzen Tag einsetzen kann. Das Personal hingegen muss irgendwann schlafen.

**Gimpel:** Ich will nochmal die Frage aufgreifen, wie lange es dauert. Ich sehe den Aspekt der Batterietechnik und den Aspekt der autonomen Fahrt. Bis das wirklich sicher funktioniert vergeht noch eine Weile. An dieser Frage wird ja auch schon seit mindestens 20 Jahren gearbeitet, ohne dass es bisher eine funktionierende Lösung gibt. Beide Aspekte müssen gelöst sein, daher glaube ich auch, dass diese Systeme nicht vor 15 bis 20 Jahren einsatzfähig sein werden.

**Schneider von Deimling:** Am Ende könnten es Unternehmen wie Google und Tesla sein, die die Tiefseekartierung vorantreiben.

**Gimpel:** Sobald das Know-how da ist, die Grundsatfragen geklärt sind, ist es egal, wer die Technik in die Fahrzeuge einbaut.

**Schneider von Deimling:** Und am Ende brauchen wir keine Hydrographen mehr?

**Thies:** Nein, wir Hydrographen sind ja nicht nur an der Tiefe des Gewässerbodens interessiert. Wir wollen ja auch wissen, welche Prozesse in der Wassersäule stattfinden, wie sich bodennahe Suspensionsschichten verhalten und wie die ersten Bodenschichten zusammengesetzt sind; da muss man Proben nehmen und diese analysieren.

**Lautenschläger:** Die Leute wollen immer mehr wissen. Früher wurde mit einem Singlebeam vermessen, später dann mit einem Multibeam. Das ging viel schneller. Und dennoch gibt es noch für jeden einzelnen Hydrographen genug zu tun. Außerdem gibt es ja nun wahrlich mehr als nur ein wichtiges Gewässer.

**Thies:** Vorhin fiel das Wort Dockingstation. Gibt's Dockingstationen für AUVs?

**Schneider von Deimling:** Es gibt wet pluggable Batteriepacks, die man austauschen kann. Die werden an autonomen Messstationen verwendet, oft tauscht ein ROV so ein Batteriepack aus. Aber für ein AUV kenne ich das nicht.

**Gimpel:** Es gibt ja die Ozeanobservatorien, so etwas wie das Neptun-Projekt. Die haben eine Station, wo die Fahrzeuge geladen werden können. Aber die haben eine Kabelverbindung zum Land.

**Thies:** Das wäre die beste Lösung in Gebieten, die regelmäßig vermessen werden müssen. So wie etwa bei den Windparks.

**Schneider von Deimling:** Strom sollte am Windpark ja genug vorhanden sein. ⚡