

Vom Kalmar zum Roboter

>> Die Ozeane sind voll von Geheimnissen und Geschöpfen. Die Vielfalt der Tierwelt unter Wasser ist scheinbar grenzenlos und beeinflusst Künstler und Mediziner wie auch Ingenieure. Ein Beispiel dafür, wie die Technik von Geschöpfen aus dem Meer inspiriert wird, ist das Fokusprojekt «Sepios» der ETH Zürich. Das Studentenprojekt befasst sich mit dem bemerkenswerten Fortbewegungskonzept von Kalmaren und Sepien.

Sepien und Kalmare verfügen über zwei Seitenflossen, die sich entlang ihres stromlinienförmigen Körpers erstrecken. Die Meerestiere vollführen mit ihren Flossen wellenförmige Bewegungen, um unter Wasser Schub zu generieren. Ihre annähernd symmetrische Körperform erlaubt ihnen dabei, sich vorwärts wie auch rückwärts praktisch gleich gut fortzubewegen. Sie sind ausserdem in der Lage, aus voller Fahrt abrupt abzubremsen und sofort in die Gegenrichtung zu beschleunigen.

Flossengetrieben

Fasziniert von diesem Antriebsmechanismus, starteten neun Studierende in Maschinenbau und Elektrotechnik ihr Bionikprojekt im Sommer 2013 beim Autonomous Systems Lab (ASL) am Maschinenbaudepartement der ETH Zürich. Ihr Ziel ist die Entwicklung und Herstellung eines flossengetriebenen Unterwasserroboters. Die den Kalmaren nachempfundenen Seitenflossen sollen dem Roboter erlauben, sich omnidirektional unter Wasser fortzubewegen.

Das Antriebskonzept der Kalmare ist in vielerlei Hinsicht von technischem Interesse: Es handelt sich um extrem effiziente Raubtiere, die in der Lage sind, unter Wasser sehr präzise zu manövrieren. Ihre Flossen erzeugen zwar Wirbel im Wasser, die potenzielle Beutetiere aufschrecken könnten; diese lassen sich jedoch durch geschickte Flossenbewegungen von der Beute fortlenken.

Untersuchung und Unterhaltung

Damit eignet sich das Konzept z. B. für Filmaufnahmen von Meereslebewesen, die von einem propellerbetriebenen Gerät aufgeschreckt und verscheucht würden. Die hohe Flexibilität erlaubt zudem das Navigieren durch enge Röhren und Spalten, was etwa bei der Untersuchung von Schiffswracks oder Unterwasserhöhlen nützlich sein könnte. Dazu kommt, dass die Seitenflossen im Vergleich zu herkömmlichen Propellerantrieben viel weniger dazu tendieren, sich in Algen oder Seegras zu verfangen. Nicht zuletzt könnte man sich die optisch ansprechenden Flossenbewegungen auch zu Entertainmentzwecken in grossen Aquarien vorstellen. Dort könnte der Roboter während einer Fischfütterung Nahaufnahmen der Tiere für die Besucher auf einen Bildschirm übertragen.

All diese Ideen lassen sich leider nicht in den zwei Semestern, die für das Projekt zur Verfügung stehen, realisieren. Daher konzentrieren sich die Studierenden darauf, die hohe Manövrierbarkeit zu demonstrieren, die das Antriebskonzept verspricht. Das ist der Grund, warum die Omnidirektionalität

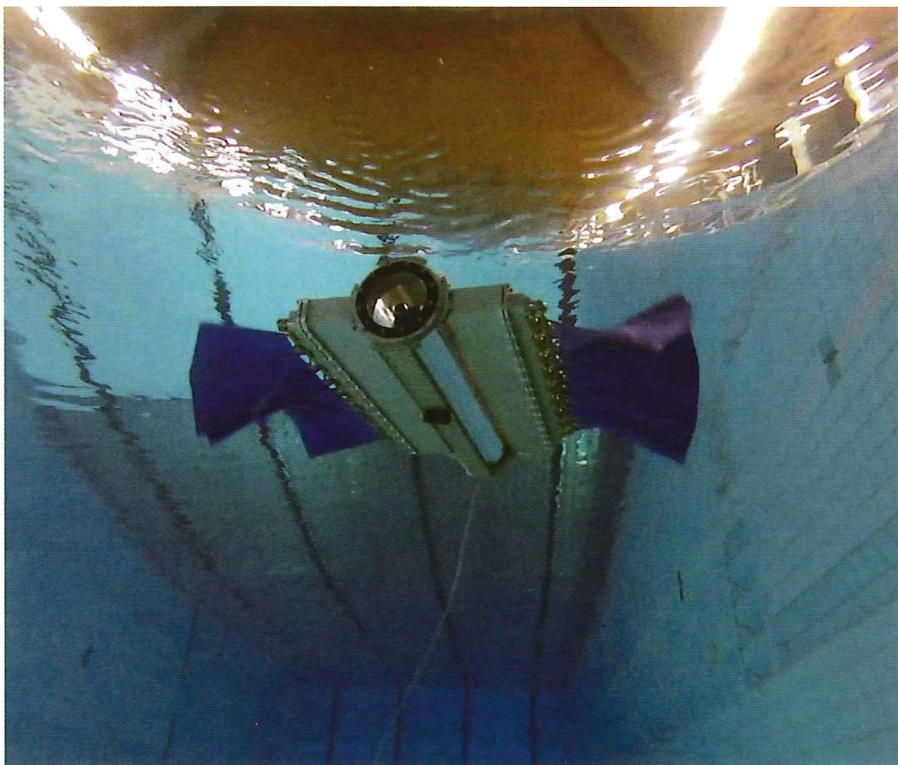
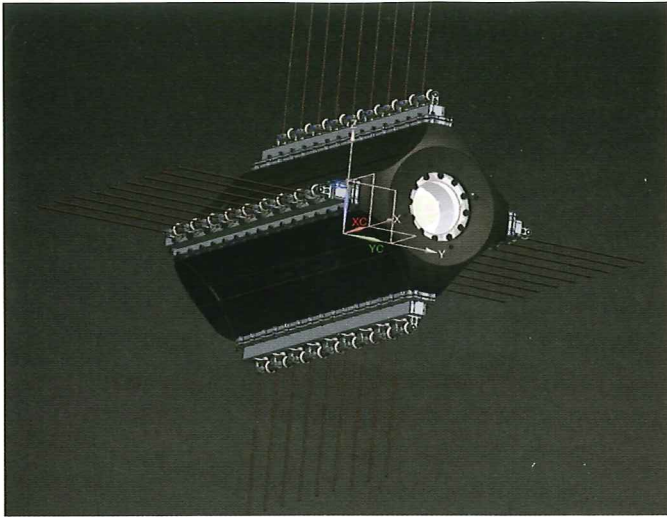
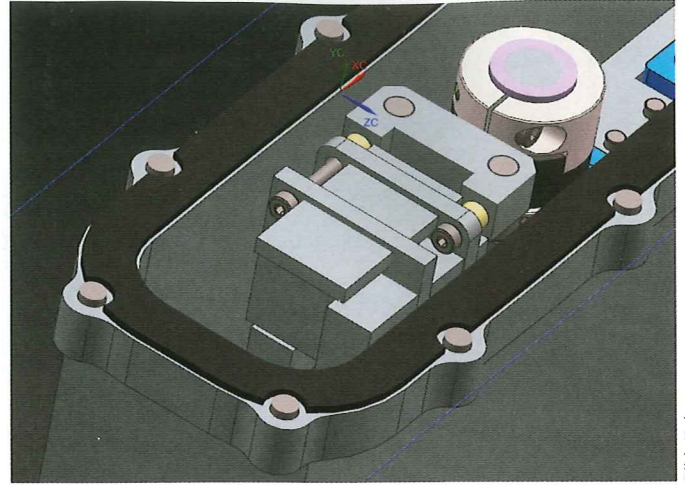


Bild: Kubo

Testversuch an der ETH Zürich: «Sepios» treibt sich durch den Pool.



Unterwasserroboter «Sepios»: Das Gesamtsystem mit Aussenhülle.



Die von Kubo speziell angefertigte Flachdichtung am Flossengehäuse.

des Roboters als wichtigstes Ziel definiert wurde. Um dieses sicher erreichen zu können, wird der Roboter – im Gegensatz zum natürlichen Vorbild – mit vier Flossen konzipiert, die sich modular anbringen und wieder demontieren lassen. Die Konstruktionsphase wurde kurz vor Weihnachten 2013 abgeschlossen. Mit Beginn dieses Frühlingsemesters beginnen die Montage und erste Steuerungsversuche.

36 Servomotoren

Den Rumpf des Geräts bildet ein etwa 60 Zentimeter langer Zylinder aus Acrylglas mit rund zwölf Zentimeter Durchmesser, der in ein Aluminiumskelett eingefasst ist. Viele der Teile am Rumpf basieren dabei auf einem bereits vorhandenen Roboter, der ebenfalls an der ETH entwickelt wurde. Blickt man auf den Deckel dieses Zylinders, so sieht man die vier Flossen sternförmig im 90-Grad-Winkel um den Rumpf herum angeordnet. Sie erstrecken sich beinahe vom Bug bis zum Heck. Die Aktuatoren der einzelnen Flossen werden in Aluminiumgehäusen untergebracht, von denen jedes neun Servomotoren und die für deren Betrieb nötige Elektronik enthält.

Im kompletten System werden also insgesamt 36 Servos verbaut. Jeder davon ist über eine Kupplung an einer Antriebswelle befestigt, die sich teils im trockenen Gehäuse und teils im Wasser befindet. Draussen wird dann das Drehmoment mittels eines Kegelradgetriebes auf eine zweite Welle übersetzt, die parallel zum Rumpf liegt. An jeder dieser äusseren Wellen ist je ein 25 Zentimeter langes Stäbchen befestigt, das zunächst vom Roboter weg ins Wasser zeigt. Über diese Stäbchen wird schlussendlich eine elastische Folie gespannt, die gemeinsam mit den Stäbchen die eigentliche Flosse bildet. Das Ansteuern eines Servos be-

wirkt also die Auslenkung eines Stäbchens und damit des jeweiligen Flossensegments.

Steuerelektronik abgedichtet

Für das Projekt Sepios war die Dichtungstechnik ein zentrales Thema. Die Kubo Tech AG hat einerseits das Studentenprojekt im Bereich Dichtungstechnik fachlich beraten und andererseits diverse Dichtungen gesponsert.

Abzudichten waren zunächst einige Stellen am Rumpf, die statisch gedichtet werden müssen, da der Rumpf die gesamte Steuerelektronik enthält. Die Deckel am Bug und am Heck wurden mit O-Ringen abgedichtet. Der Rumpf beinhaltet ausserdem eine Schwimmblase bestehend aus einem kleineren Acrylglaszylinder. In diesem bewegt sich ein Kolben vor und zurück, flutet so die Schwimmblase mit Wasser und leert sie wieder, um Ab- bzw. Auftrieb zu erzeugen. An diesem Kolben wurde ebenfalls ein O-Ring verwendet, um das Eindringen von Wasser durch die Schwimmblase hindurch zu verhindern. Am Bug befindet sich zudem eine Art Bullauge, das mittels einer speziell zu diesem Zweck angefertigten Flachdichtung abgedichtet wurde. Durch dieses Bullauge soll später eine Kamera Bilder der Umgebung aufnehmen. Im Deckel am Heck sind verschiedene Stecker integriert, durch welche die Versorgungskabel durchs Wasser hindurch zu den Flossengehäusen führen. Diese Geometrie erlaubt den modularen Aufbau, bei dem die Zahl der montierten Flossen zwischen eins und vier variiert werden kann.

Dichtungen speziell angefertigt

Die Servogehäuse beinhalten sowohl je eine statische Flachdichtung als auch mehrere dynamisch beanspruchte Vierlippen-Dicht-

ringe. Die Flachdichtung ist ebenfalls eine Spezialanfertigung, die am Deckel des Gehäuses verwendet wird. Die Vierlippen-Dichtringe werden an den Antriebswellen in einen Hinterstich eingesetzt beim Übergang vom trockenen Innenraum ins Wasser. Die Drehzahlen liegen selten über einem Hertz und der Druckunterschied von einem Bar dürfte ebenfalls unkritisch sein.

Der Roboter wird künftig hauptsächlich in Hallenbädern getestet. Um sicherzugehen, dass das chlorhaltige Wasser die Funktion der Dichtungen nicht beeinträchtigt, wurde meistens «FPM-Viton» als Material gewählt. Nach der Montage im Februar wurden diese Komponenten dann zum ersten Mal getestet. Ende Mai findet dann das Rollout an der ETH Zürich statt, an dem Sepios der Öffentlichkeit präsentiert wird. <<

Information:
Kubo Tech AG
Im Langhag 5
8307 Effretikon
Tel. 052 354 18 18
Fax 052 354 18 88
info@kubo.ch
www.kubo.ch

ETH Zürich
Sepios, ASL
Tannenstrasse 3
8092 Zürich
http://sepios.org