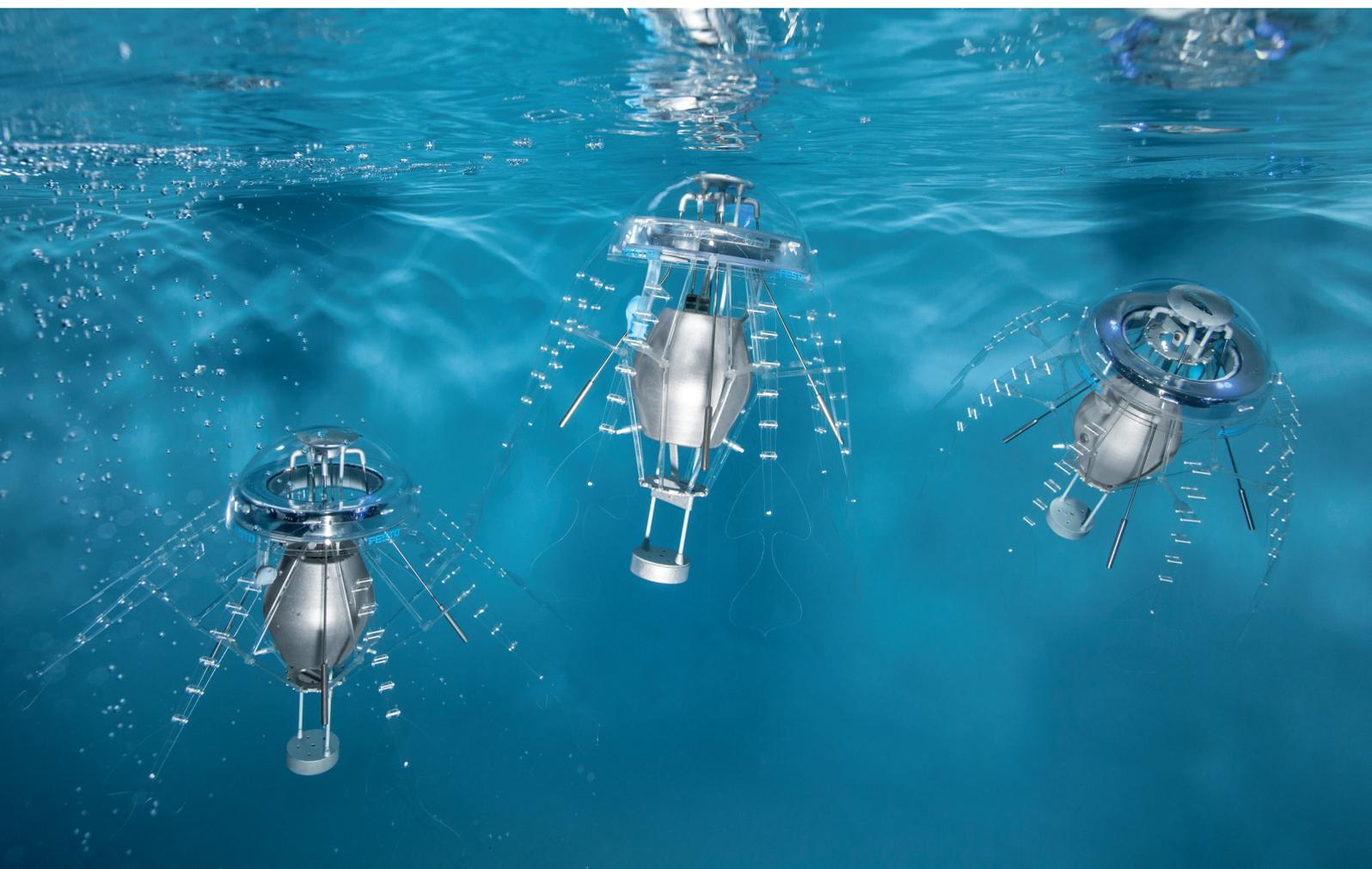


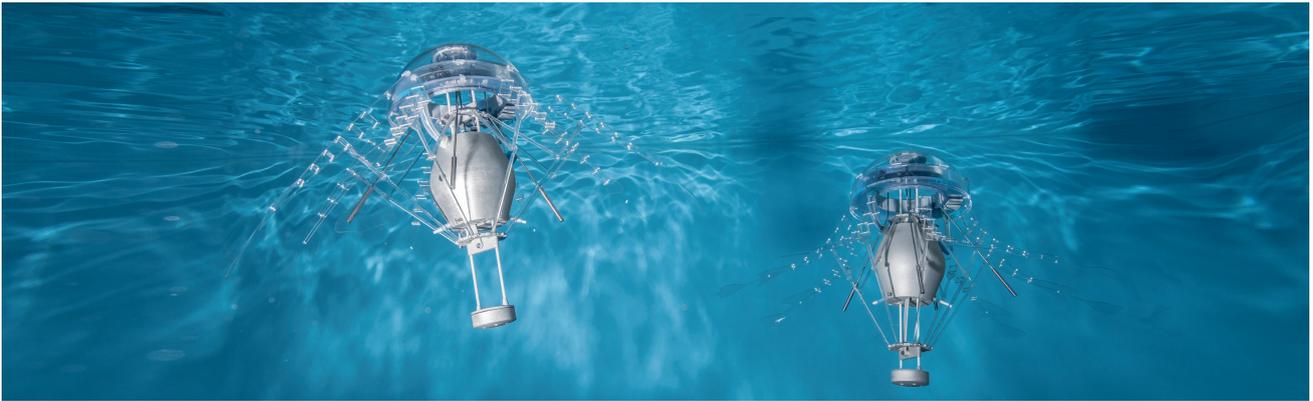
AquaJellies 2.0

FESTO



**Autonomes
Verhalten im
Kollektiv**

Bionische Technologieträger für die Wassertechnik



Quallen sind faszinierende Lebewesen, die zu etwa 99 Prozent aus Wasser bestehen. Über Jahrtausende haben sie sich und ihr Verhalten den verschiedensten Umgebungen sowohl im Salz- als auch im Süßwasser effizient angepasst.

Künstliche Qualle nach biologischem Vorbild

Damit die Bewegungen der AquaJellies ihrem natürlichen Vorbild so nahe wie möglich kommen, verfügen die künstlichen Quallen über eine intelligente, adaptive Mechanik und sind mit einem elektrischen Antrieb ausgestattet. Die integrierte Kommunikations- und Sensortechnik sowie die Echtzeitdiagnose ermöglichen ein abgestimmtes, kollektives Verhalten auch auf begrenztem Raum.

Entwickelt wurden die AquaJellies im Rahmen des Bionic Learning Network. Im Verbund mit namhaften Hochschulen, Instituten und Entwicklerfirmen befasst sich Festo intensiv mit dem Übertrag natürlicher Grundprinzipien in die technische Welt der Automation. Der Bau und die Weiterentwicklung der künstlichen Quallen ist ein Versuch, sich diesen faszinierenden Tieren zu nähern und von ihnen zu lernen.

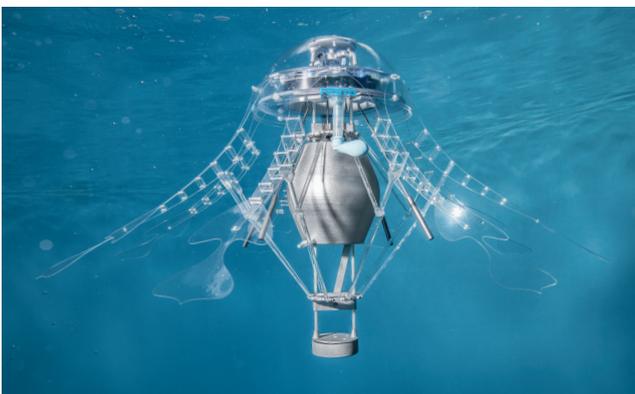
Kontinuierliche Weiterentwicklung

Erstmals hat Festo die künstlichen Quallen 2008 auf der Hannover Messe präsentiert. Seitdem arbeiten die Entwickler stetig an einer verbesserten Kommunikationstechnik und am Condition Monitoring der einzelnen AquaJellies auf dem Smartphone.

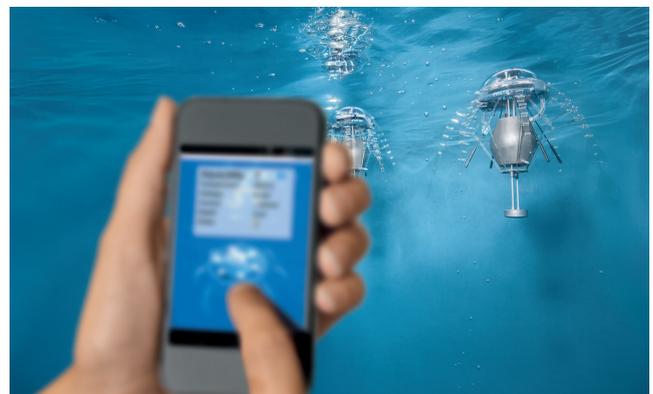
Echtzeitüberwachung auf dem Smartphone

Mittels einer App kann der aktuelle Zustand jeder einzelnen Qualle sowie ihre Kommunikation untereinander aufgezeichnet und verfolgt werden. Dank der Echtzeitdiagnose ist unter anderem eine Parameterabfrage zum aktuellen Batteriezustand, zur Temperatur, zum momentanen Stromverbrauch und zur Tiefe der Quallen im Wasser möglich. Außerdem zeigt ein Bewegungsprofil, in welche Raumrichtung die jeweilige Qualle schwimmt.

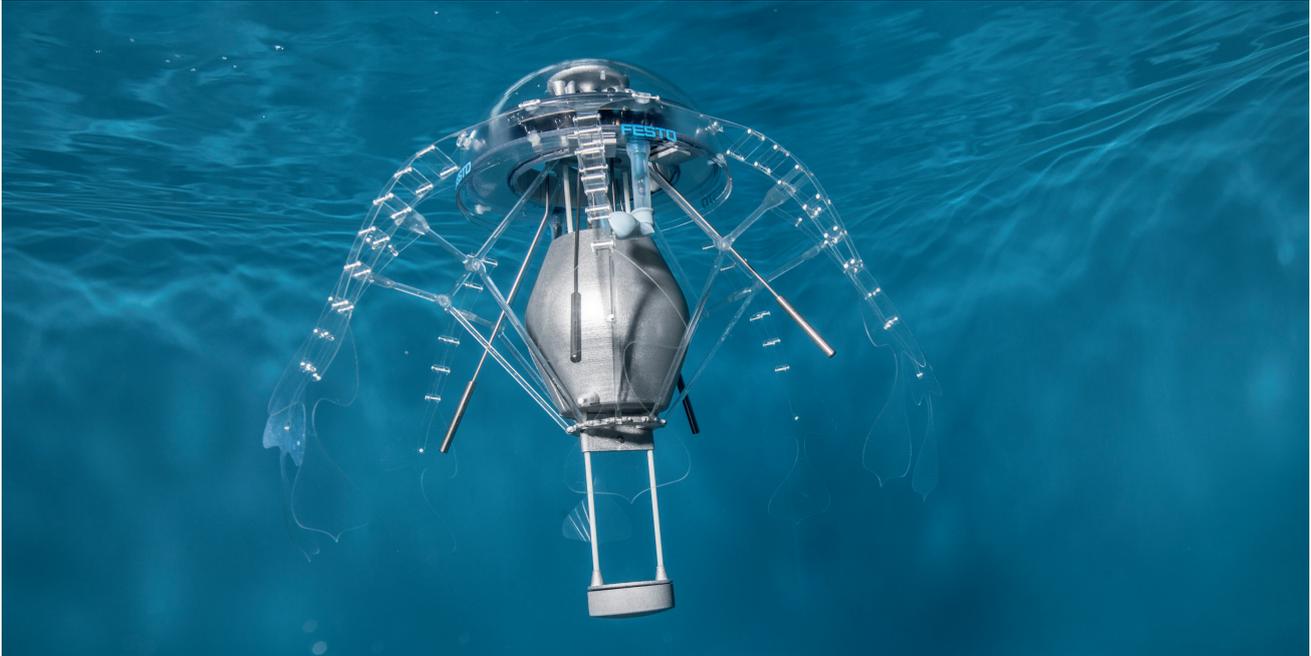
Festo visualisiert mit diesen bionischen Technologieträgern Potenziale und Ideen, wie effiziente Systeme im Bereich der Wassertechnik in Zukunft aussehen können. Prozessüberwachung und Condition Monitoring sind wichtige Themen in allen Anlagen der Prozessindustrie und damit auch in der Wassertechnik.



Hochintegrierte Plattform: Modell für Leichtbau und Energieeffizienz ...



... sowie Systemfähigkeit und integrierte Kommunikationstechnologien



Natürliches Vorbild: Der peristaltische Rückstoß-Antrieb der AquaJelly ähnelt stark den natürlichen Bewegungen der Qualle.

Hochintegrierte Leichtbauobjekte

Die AquaJellies bestehen aus einer durchsichtigen Halbkugel, einem zentralen Druckkörper und acht Tentakeln für den Vortrieb. Die Halbkugel ist mit einer ringförmigen Steuerplatine mit integrierten Infrarot-, Druck- und Funksensoren ausgestattet. Ein Prozessor überwacht permanent die Stellung des Antriebssystems. Der wasserdichte Druckkörper im Zentrum der Qualle enthält den zentralen elektrischen Antrieb, die beiden Lithium-Ionen-Polymer-Akkus sowie die Servomotoren für eine Taumelscheibe. Der elektrische Antrieb bewegt zwei Hubteller auf der Ober- und Unterseite des Druckkörpers, die über Rautengelenke die acht Tentakel der Qualle in Bewegung versetzen.

Tentakel mit Fin Ray® Struktur

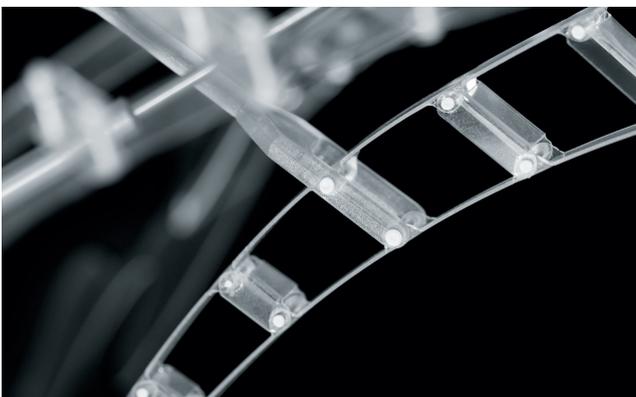
Jedes Tentakel ist mit einer Fin Ray® Struktur ausgebildet, einer von der funktionellen Anatomie der Fischflosse abgeleiteten Konstruktion. Die Struktur selbst besteht aus einer alternierenden Zug- und Druckflanke, die mit Spanten verbunden ist. Wird eine Flanke mit Druck beaufschlagt, wölbt sich die geometrische Struktur von selbst entgegen der einwirkenden Krafrichtung.

Vom bionischen Schwimmobjekt in die Kundenapplikation

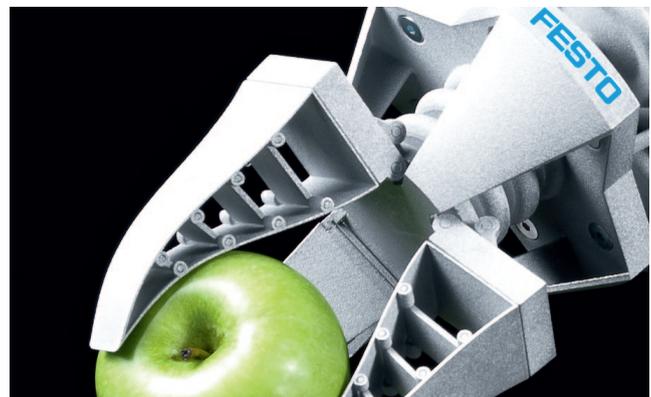
Diesen Effekt hat Festo mittlerweile auf die industrielle Praxis übertragen. Beim adaptiven Greifer DHDG schließt sich die Struktur der Finger formschlüssig um das Greifgut und ermöglicht so einen sicheren und zerstörungsfreien Umgang mit leicht zerbrechlichen und unregelmäßig geformten Objekten.

Bei den AquaJellies führt die zeitversetzte Ansteuerung der einzelnen Tentakel und deren Wölbung zu einer gleichzeitigen Wellenbewegung aller acht Arme. Dadurch entsteht ein peristaltischer Vortrieb, der dem des biologischen Vorbilds sehr ähnelt.

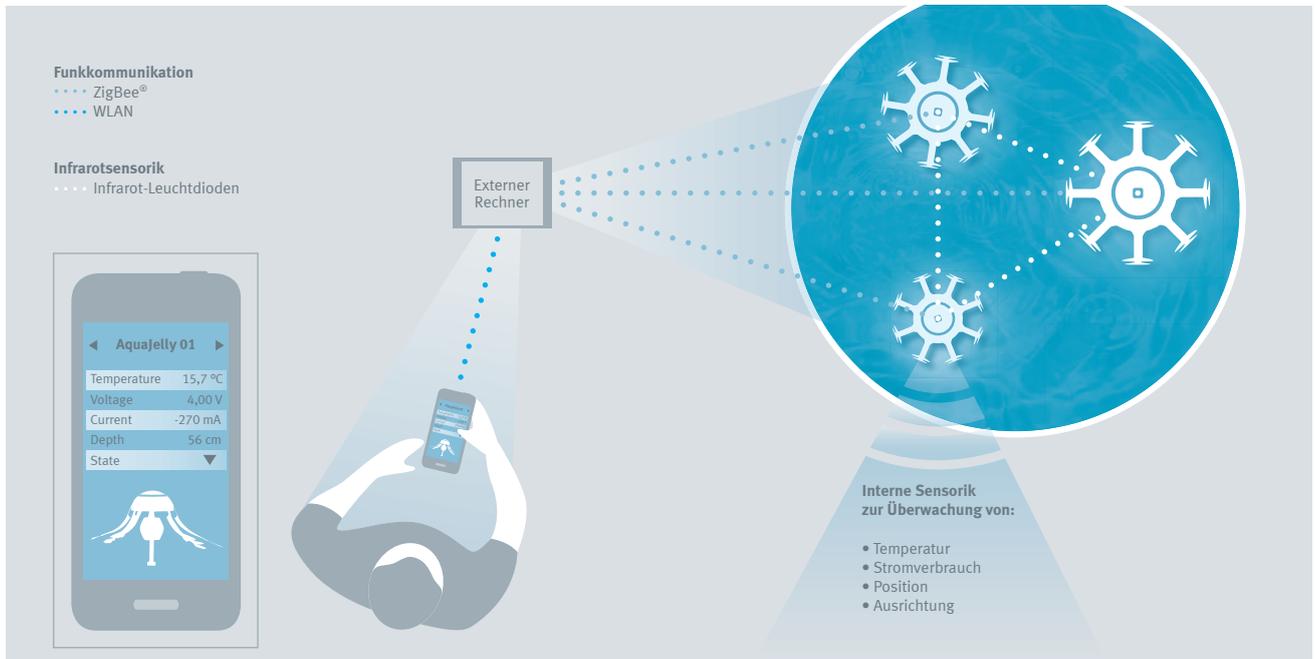
Ihre Steuerung im dreidimensionalen Raum erfolgt durch Gewichtverlagerung. Hierzu steuern zwei Servomotoren im Körper eine Taumelscheibe an. Die Scheibe bewegt ein vierarmiges Pendel, das in die vier Raumrichtungen ausgelenkt werden kann. Neigt sich das Pendel in eine Richtung, verlagert sich der Schwerpunkt der Qualle dorthin und sie schwimmt nun in diese Richtung. In Kombination mit dem peristaltischen Vortrieb können die AquaJellies so in jede Raumrichtung schwimmen.



Bionischer Übertrag: die Fin Ray® Struktur in den Tentakeln der AquaJelly ...



... und in den Fingern des adaptiven Greifers DHDG



Digitale Vernetzung: Datenerfassung und -austausch in Echtzeit über Drucksensoren, Funk und Infrarotlicht

Intelligent kombinierte Sensorik

Die Sensorik der Quallen greift auf drei unterschiedliche Medien zurück: Druck, Funk und Infrarot. Das Hauptkommunikationsmedium der Quallen untereinander ist die Infrarotsensorik. Jede AquaJelly verfügt über elf Infrarot-Leuchtdioden, die auf einem Ring innerhalb ihrer Kuppel angebracht sind. Je sechs weiße und blaue LEDs auf der Platine visualisieren die Kommunikation für den Zuschauer.

Vermeidung von Kollisionen

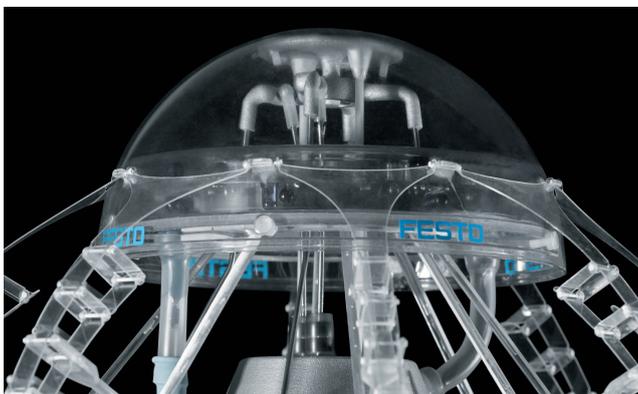
Unter Verwendung gepulster Infrarotsignale können die AquaJellies über eine Entfernung von bis zu 80 Zentimetern kommunizieren. Somit kann jede Qualle beispielsweise rechtzeitig ein Ausweichmanöver einleiten, wenn sie das Positionssignal einer sich nähernden Qualle empfängt.

Zur Kommunikation mit dem Anwender nutzen die AquaJellies unter Wasser den stromsparenden Nahbereichsfunk ZigBee®. Dieser leitet die Informationen für die Echtzeitdiagnose über einen externen Rechner weiter, der per WLAN mit der zugehörigen App für Android die Zustandsdaten austauscht.

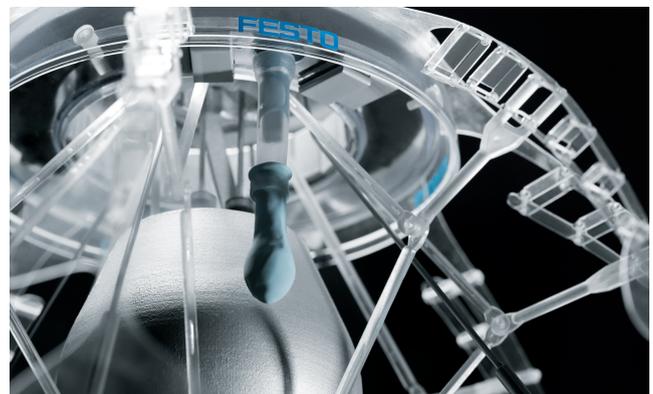
Zusätzlich zu ihren Umweltsensoren verfügen die AquaJellies über eine interne Sensorik zur Überwachung ihres Energiezustandes. Ein Magnetschalter ermöglicht es, die Stellung des Antriebssystems zu erfassen. Mithilfe eines Drucksensors können die Quallen ihre Position im Becken bis auf wenige Millimeter genau bestimmen und sich innerhalb einer spezifischen Druckzone einpendeln.

Kollektives Verhalten

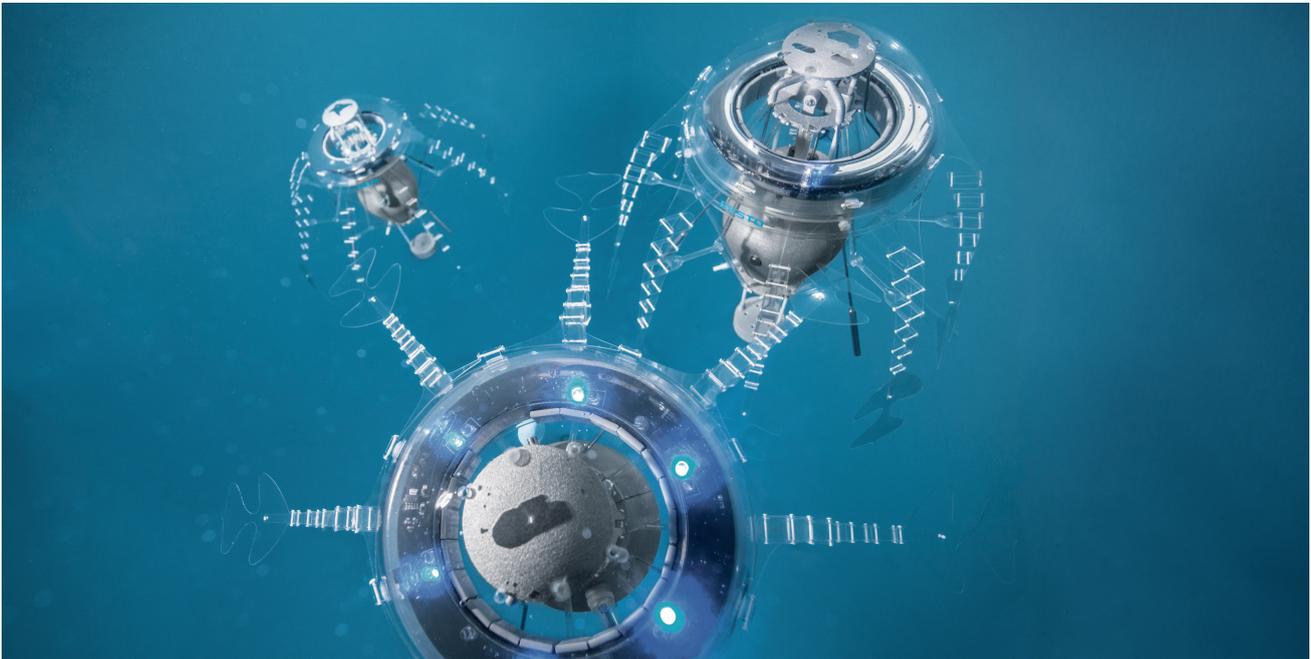
Jede AquaJelly entscheidet autonom, welche Aktion sie als Nächstes ausführt – abhängig von ihrem Ladezustand, der Stellung ihres Antriebs, aber auch von der Nachbarschaft zu einer anderen Qualle. Das Gesamtverhalten der AquaJellies ergibt sich emergent. Das heißt: Ohne eine festgelegte Steuerung des Gesamtsystems entsteht trotzdem – nur durch die einfachen Aktionen des Einzelnen – ein gemeinsames Verhalten der gesamten Gruppe. Damit sind die AquaJellies Ausgangspunkt und Inspiration für weitere Entwicklungen; unter anderem für die Untersuchungen zu kollektiven Verhaltensmustern. Überträgt man dieses Prinzip auf die Automation, könnten sich mehrere autonome, dezentrale Systeme gezielt vernetzen und gemeinsam größere Aufgaben lösen.



Integrierte Kommunikationstechnik: die Leuchtdioden im Inneren und ...



... der Drucksensor, geschützt in einem abgedichteten Ballon



Kollektives Verhalten: Die AquaJellies zeigen, wie durch die autonomen Aktionen einzelner Systeme ein Gesamtsystem entstehen kann.

Impulse für die Automation von morgen

Die Kernkompetenz von Festo als weltweitem Partner der Fabrik- und Prozessindustrie ist, nach neuen Lösungen für die Produktions- und Arbeitswelten der Zukunft zu suchen. Die AquaJellies dienen den Entwicklern als Technologieträger für die Automatisierungstechnik von morgen und übermorgen.

Im Bereich der Prozessautomation reicht das Lösungsangebot von einfachen Komponenten wie Ventilen und Sensoren, Antrieben und Steuerungen bis zu einbaufertigen Systemen und ganzheitlichen Automatisierungskonzepten – in allen Projektphasen vom Engineering bis hin zum Betrieb und der Instandhaltung der Anlagen.

Autonome Systeme in der Wassertechnik

Die Aufgabe der Selbstorganisation ist schon heute in der Abwassertechnik zu finden, zum Beispiel bei der Zuführung von gesammeltem Regenwasser aus mehreren dezentralen Regenüberlaufbecken in eine zentrale Kläranlage. Das Condition Monitoring ermöglicht dabei eine effiziente Betriebsführung, Wartung und Instandhaltung.

Mit Hilfe der permanenten Echtzeitdatenübertragung und Diagnose kann die gesamte Anlage von der entfernten Leitstelle der Kläranlage aus gesteuert und überwacht werden. Überträgt man das Prinzip der Informationsstrukturen der AquaJellies auf die Steuerung der Regenüberlaufbecken, wäre die Kommunikation inklusive permanenten Abgleichs der Zustandsüberwachung der dezentralen Einheiten denkbar. Energieautarke Automatisierungskonzepte von dezentralen Wasserreservoirs in der Wasserwirtschaft greifen diese Gedanken bereits teilweise auf.

Intelligente Komponenten in der Fabrik der Zukunft

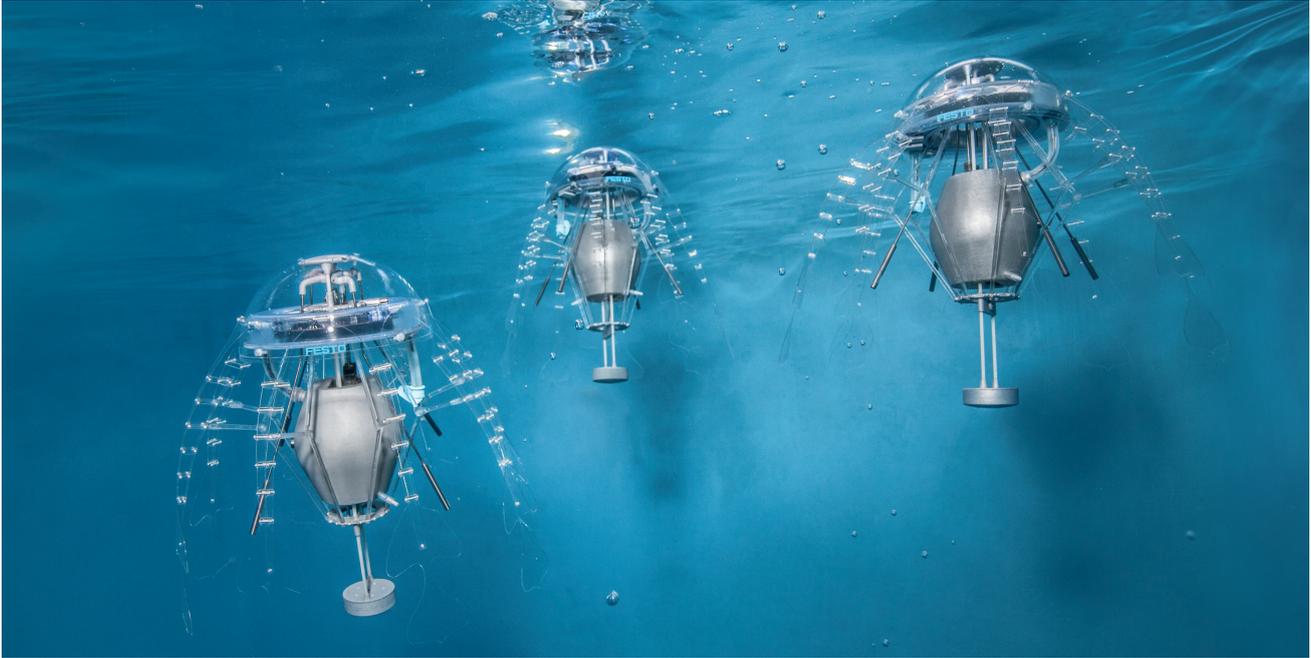
In der Fabrik der Zukunft wird es immer häufiger vorkommen, dass sich dezentrale Systeme oder Bauteile selbst organisieren und so Aufträge der übergeordneten Steuerungsebene übernehmen. Grundlage dieser künftigen Produktionssysteme sind intelligente Komponenten – in sich abgeschlossene, autonom funktionierende mechatronische Baugruppen. Informations- und Kommunikationstechnologien sollen mit den klassischen industriellen Prozessen verschmelzen. Die AquaJellies helfen, solche vernetzten Gesamtsysteme schon heute zu veranschaulichen.



Permanente Echtzeitdiagnose: ob zur Überwachung der AquaJellies ...



... oder zur Prozesssicherheit in einem Wasserwerk



Technische Daten einer AquaJelly

- 1 Mikroprozessor für Kommunikation durch Licht
- 1 Mikroprozessor für Motorsteuerung
- 1 Mikroprozessor mit ZigBee®-Modul für Funkkommunikation
Kommunikation der Mikroprozessoren untereinander via I2C-Bus-Betrieb der Elektronik bei 3,7 V
- 1 Druck- und Temperatursensor, Genauigkeit: < 1 mm Wasserhöhe
- 14 Infrarot-Sende-LEDs, Sendeleistung gesamt: ca. 250 mW
- 11 Infrarot-Empfangseinheiten
- 1 Hot Swap® Controller zur automatischen Akkuüberwachung mit integrierter Schutzabschaltung
- 2 Servomotoren zur Richtungssteuerung, direkt durch Mikroprozessor geregelt
- 1 digitaler 3-Achsen-Beschleunigungssensor für 3D-Neigungskontrolle
- Akku: Lithium-Ionen-Polymer, 3,7 V; Kapazität: 3000 mA/h
- Motor: Glockenankermotor, 3 V
- Getriebe: vorgeschaltetes Planetengetriebe, Übersetzung 1 : 180
- Hauptprozessor: Mikrocontroller, 20 MHz

Marken: Fin Ray Effect® ist eine Marke der Evologics GmbH

Projektbeteiligte

Projektinitiator:

Dr. Wilfried Stoll, Geschäftsführender Gesellschafter, Festo Holding GmbH

Projektleiter:

Elias Maria Knubben, Festo AG & Co. KG

Mechanische Konzeption und Bau der Quallen:

Rainer und Günther Mugrauer, Clemens Gebert, Effekt-Technik GmbH, Schlaitdorf

Prozesstechnik Aquarium:

Uwe Neuhoff, Festo AG & Co. KG

Henry Köllmann, Henry Köllmann Elektrik, Pneumatic, Electronic, Schwäbisch Gmünd

Embedded Systeme, Autonomie und Kollektivverhalten:

Dipl.-Inf. Kristof Jebens, Dipl.-Ing. Agalya Jebens, JNTec GbR, Gärtringen

Bau Aquarium:

Walz GmbH, Leinfelden-Echterdingen



→ Film AquaJelly
(2008)

Festo AG & Co. KG

Ruiter Straße 82
73734 Esslingen
Deutschland
Telefon 0711 347-0
Telefax 0711 347-21 55
cc@de.festo.com
www.festo.com/bionik