

Bioinspirierte Sensoren

Schon seit Jahrzehnten ist die Bionik, also das Lernen von der Natur und die Umsetzung der dabei gewonnenen Erkenntnisse in der Technik, ein immer stärker werdender Trend. In den letzten 10 bis 15 Jahren nehmen hier insbesondere die Bemühungen um die technische Nachahmung der Sensorik aus dem Tier- und Pflanzenreich zu. Wesentliche Triebfeder dafür sind die teilweise überlegenden Detektionsleistungen natürlicher Systeme. Trotz enormer Fortschritte in Forschung und Technologie sind diese ihren technischen Pendanten in den meisten Bereichen heute immer noch weit überlegen.

Neben den klassischen, vom Menschen bekannten Sinnessystemen wie Hören, Sehen, Riechen, Tasten und Schmecken finden sich im Tierreich viele weitere sensorische Systeme wie beispielsweise die Echoortung, Elektroortung, Infrarot- und UV-Wahrnehmung, Sonar und Mechanosensorik. Jedes dieser Systeme ist auf einen bestimmten Aufgabenbereich spezialisiert. Tiere nutzen diese Sensoren, um sich zu orientieren, Beute zu jagen oder auch zur Kommunikation. Allgemein kann man biologische Sensorsysteme in akustische, chemische, elektrische, optische, mechanische und thermische unterteilen. Die vermutlich bekannteste Art von biologischen Sensoren sind sogenannte Exterorezeptoren. Dies sind sensorische Zellen, welche Signale von außen, also aus der Umgebung, aufnehmen und dann weiterverarbeiten. Für diesen Zweck sind diese Sinneszellen auch an der Grenze zwischen Organismus und Umwelt, also zum Beispiel auf der Haut oder im Auge, zu finden.

Eine biomimetische Nachbildung von Sinnessystemen kann auf unterschiedliche Art und Weise geschehen. Neben der Nachbildung der morphologischen oder inneren Struktur eines Sinnessystems kann beispielsweise auch ohne strukturelle Ähnlichkeiten nur dessen Funktionsmechanismus übernommen werden. Ein Beispiel für die strukturelle Nachbildung eines Sinnessystems sind 3D-gedruckte Hundenasen, welche die äußeren aerodynamischen Eigenschaften

des Riechorgans imitieren und somit ein wesentlich feineres Detektieren (16 bis 18-fach) von Stoffen ermöglichen als Sensoren, die ohne diese Technik auskommen. Ein weiteres Beispiel ist ein Miniatur-Ohr auf einem Mikrochip, welches in seinem Aufbau dem des menschlichen Innenohres entspricht und in dem Schallwellen über einen mit Flüssigkeit gefüllten Kanal weitergeleitet werden.

Die ausschließliche Übernahme eines Funktionsmechanismus von einem sensorischen System, ohne dessen Form und Struktur zu kopieren, findet man bei einem Roboter, der am Vorbild der Fledermaus entwickelt wurde. Der Roboter kann zwar nicht fliegen, nutzt aber, an der Echoortung von Fledermäusen orientiert, Ultraschall-Lautsprecher und Ultraschall-Mikrophone und wertet die dadurch gewonnenen Echoinformationen mittels eines Algorithmus aus, um Umgebungsinformationen zu gewinnen.

Anwendungsmöglichkeiten für bioinspirierte Sensoren gibt es in den verschiedensten Bereichen. Ein Einsatz in der Robotik, wo teilweise bioinspirierte Sensoren mit „klassischer“ Robotik verbunden werden, oder auch das Einbringen solcher Sensoren in ohnehin schon bioinspirierte Roboter ist verbreitet. Eine Neuentwicklung nimmt sich die Schnurrhaare von semi-aquatischen Lebewesen wie Seehunden oder Walrossen als Vorbild. Aus Materialien wie Polyurethan und Graphen können mittels eines 3D-Druckers künstliche Schnurrhaare gedruckt werden, welche der Strömungserkennung dienen und somit Unterwasserrobotern eine bessere Positionssteuerung und Navigation ermöglichen sollen. Entwickelt wurden auch künstliche mechanosensorische Nerven, in welche neben künstlichen Neuronen und Synapsen auch künstliche Mechanorezeptoren (resistive Drucksensoren) eingebunden werden. Mit einer solchen Kombination aus bioinspirierten Sensoren und Nachbildungen von neuronalen Netzwerkbestandteilen erhofft man sich Vorteile in den Bereichen Stromverbrauch, Flexibilität und Sensitivität. Bei der Sprengstoffdetektion kommen mittlerweile Senso-

ren zum Einsatz, die sich an den Strukturen von Mottenantennen orientieren und eine um den Faktor 1.000 höhere Sensitivität aufweisen als klassische Sensoren und damit der Empfindlichkeit von Drogenspürhunden entsprechen.

Aber auch Systeme oder Funktionen aus dem Tierreich, welche im ersten Moment nicht wie Sensoren wirken, können technisch umgesetzt beeindruckende sensorische Funktionalitäten aufweisen. Es können also auch andere Eigenschaften oder Fähigkeiten von Lebewesen, z.B. deren Aufbau oder Struktur, als Inspiration genutzt werden, um technisch umgesetzt dann für andere Zwecke eingesetzt zu werden. Der Truthahn beispielsweise hat die Fähigkeit, seine Hautfarbe im Kopfbereich von blau über rot und weiß zu variieren, je nach Gemütszustand. Dies geschieht durch Kollagenfaserbündel, welche mit vielen verzweigten Blutgefäßen durchzogen sind und somit durch veränderten Blutfluss ihren Abstand zueinander verändern können. So kommt es durch die unterschiedlichen Lichtbrechungseigenschaften zur Farbveränderung der Haut. Anhand dieses Vorbildes wurde ein Sensor für Smartphones entwickelt, der verschiedene Giftstoffe erkennen und farblich kodiert darstellen kann. Weitere „versteckte“ Sensoren finden sich in speziellen Kristallstrukturen in den Flügeln von Schmetterlingen, die diesen lediglich der Farbgebung dienen. Mit der Art, in der diese photonischen Kristalle das Licht reflektieren, lassen sich in der technischen Umsetzung verschiedene Chemikalien detektieren.

Insgesamt kann man also sagen, dass das Feld der bioinspirierten Sensorik sehr breit aufgestellt ist und sowohl im zivilen als auch im militärischen Bereich jetzt schon weitreichende Einsatzmöglichkeiten und Chancen bietet. Allerdings ist ihr Potenzial längst noch nicht ausgeschöpft, sodass im Laufe der nächsten Jahre mit einer weiter zunehmenden Verbreitung solcher bioinspirierter Systeme zu rechnen ist.

Dr. Vanessa Hollmann