Wat zijn zachte robots?

Als je aan robots denkt, zie je waarschijnlijk harde, zware mechanische onderdelen voor je, maar mensen die zachte robots maken hebben een andere insteek. Zachte robots zijn robots die, zoals de naam suggereert, zo veel mogelijk bestaan uit zachte, vervormbare onderdelen. Ze zijn meer lichtgewicht dan de harde robots die we gewend zijn, richten minder snel beschadigingen aan en kunnen zich beter aanpassen aan hun omgeving. Omdat hun onderdelen zacht zijn, kunnen ze zich ook nog makkelijker in allerlei richtingen vervormen. Toch hebben zachte robots de wereld van robotica nog niet overgenomen. Het is moeilijker om ze nauwkeurig te laten bewegen, maar een belangrijkere factor in hun achterstand is dat het idee gewoon veel minder tijd gehad heeft om zich te ontwikkelen. Vergelijk het met de harde robotica, die al begon met automatons in de 4^{e} eeuw voor Christus.



Afbeelding 1. Een kunstspier. GIF animation of Shadow Air Muscle contracting – Wikimedia Commons.

De oorsprong van zachte robots is te vinden in de jaren 50, toen de natuurkundige Joseph McKibben een kunstmatige spier ontwikkelde voor zijn dochter. Haar hand was verlamd geraakt door polio. De spier was in feite een membraan dat samentrok wanneer het gevuld werd met koolstofdioxide. De kunstspier was veel lichter dan alle motoren en mechanische onderdelen die beschikbaar waren, waardoor McKibbens vinding makkelijker te gebruiken was.

Inmiddels is het veld van de zachte robotica natuurlijk een stuk verder dan de kunstmatige spier van McKibben, maar mensen zijn nog steeds op zoek naar soortgelijke onderdelen. De kunstmatige spier uit de jaren 50 was een *actuator*. Een actuator is een onderdeel dat een verandering kan aanbrengen in de omgeving door een kracht uit te oefenen. Met actuatoren kan je dingen duwen, trekken, oppakken en neerzetten of kan een robot zichzelf voortbewegen. In een gangbare, harde robot wordt hiervoor bijvoorbeeld gebruikgemaakt van pneumatische actuatoren of elektromotoren. Ook voor zachte robots zijn er verschillende typen actuator.

Een van de meest onderzochte zachte actuatoren lijkt veel op de spier van McKibben. "Vloeistofactuatoren" zijn zachte, holle onderdelen die werken door op een specifieke manier te vervormen wanneer ze gevuld worden met een gas of een vloeistof. De specifieke manier van vervorming wordt bereikt door het onderdeel te maken uit flexibel materiaal, met meer en minder flexibele delen. De stevigere delen vervormen minder of niet wanneer het onderdeel gevuld wordt, terwijl de flexibelere delen uitrekken. Hoe snel de onderdelen vervormen wordt bepaald door de snelheid waarmee de onderdelen gevuld worden. Op deze manier kunnen heel veel verschillende bewegingen gemaakt worden. Vloeistofactuatoren kunnen buigen, draaien en uitstrekken met verrassend veel kracht. Daarnaast kost het geen energie om een onderdeel als het eenmaal gevuld is in een bepaalde positie te houden, omdat je simpelweg een klep kan sluiten om het onderdeel gevuld te houden.

Video 1. Een zachte actuator. In deze video is een vloeistofactuator te zien die een balletje en een beker grijpt. De binnenkant van de vingers zijn gemaakt van steviger materiaal, terwijl de buitenkant gemaakt is van flexibeler materiaal. YouTubekanaal: OptoLAB.

Een andere manier om een materiaal te vervormen, is door het te verhitten. Er zijn zogeheten geheugenmetalen die, wanneer ze verhit worden, terugkeren naar hun oorspronkelijke toestand, ongeacht hoe ze vervormd zijn bij lagere temperatuur. Speciale tweerichtings-geheugenmetalen krijgen als ze gekoeld worden weer dezelfde vorm terug als voor de verhitting. Zo kunnen ze steeds opnieuw gebruikt worden voor een beweging door ze te verhitten en af te koelen. Als deze metalen in een spiraalstructuur aangebracht worden in rekbaar materiaal, kunnen ze dit materiaal tot wel drie keer de oorspronkelijke lengte oprekken. Helaas gaat bij dit proces wel veel warmte verloren, wat veel energie kost, en

neemt het koelen veel tijd in beslag.

Video 2. Een metaal met een geheugen. In deze video zijn een grijphand en pols te zien van een flexibel materiaal waarin een geheugenmetaal verwerkt zit. Door het geheel te verhitten kan een grijp- en draaibeweging gemaakt worden, die omgekeerd wordt door het materiaal weer te koelen. Zo kan de grijper het flesje aanpakken en de beweging maken om in te schenken. YouTubekanaal: Soft Robotics Lab.

Er bestaan ook nog magnetische actuatoren. Magnetische actuatoren werken doordat er bij het maken van het materiaal met magnetische deeltjes een patroon wordt aangebracht. Wanneer het materiaal in een magneetveld wordt gebracht, verplaatst het zich zo dat de magnetische deeltjes erin zich met het magneetveld mee oriënteren. Door complexe patronen aan te brengen kunnen ook heel complexe bewegingen gemaakt worden. Een nadeel van dit principe is dat in het bijzijn van andere magneten dan de stuurmagneet, een zachte robot met magnetische actuatoren al snel beïnvloed raakt en niet goed meer gestuurd kan worden.

Video 3. Een magnetische robot. In deze video van MIT wordt gedemonstreerd hoe een eenvoudig zacht magnetisch robotje 3D-geprint kan worden en wat dit robotje allemaal kan. YouTubekanaal: Massachusetts Institute of Technology (MIT).

Tot slot, kan er gebruik gemaakt worden van dierlijke cellen. Al in de 18^{e} eeuw werd door Luigi Galvani ontdekt dat een kikkerpootje beweegt als er een elektrisch signaal doorheen gestuurd wordt. Om hiervan gebruik te maken kunnen dierlijke spiercellen gekweekt worden in netwerken van synthetische polymeren. De cellen houden zelf hun brandstof bij zich in het cytoplasma en zijn erg energie-efficiënt. Ze trekken samen wanneer er een elektrisch signaal doorheen gestuurd wordt, net als het kikkerpootje van Galvani, en als er optisch actieve zenuwcellen in de constructie geïntegreerd zijn kunnen de cellen zelfs aangestuurd worden door licht. Dit zorgt ervoor dat ze volledig vrij kunnen bewegen zonder dat ze beperkt worden door kabels voor elektrische signalen.

Video 4. Het aansturen van spiercellen. In deze video is een groep spiercellen te zien waarin optisch actieve zenuwcellen geïntegreerd zijn. Wanneer het blauwe vierkantje zichtbaar is, wordt er een lichtpuls gestuurd waardoor de groep cellen samentrekt. Daarna wordt gedemonstreerd hoe dit principe zou kunnen werken in kunstmatige stembanden. YouTubekanaal: ScienceVio.

Voor een robot die kan reageren op zijn omgeving zijn drie dingen nodig: een sensor, een regelaar en een actuator. De regelaar gebruikt de data van de sensor om te bepalen wat de actuator moet doen. Voor zachte robots die op hun omgeving kunnen reageren zijn dus niet alleen zachte actuatoren nodig, maar ook zachte sensoren. De belangrijkste sensor voor een zachte robot is de “tastsensor”. Een tastsensor geeft een robot informatie over zijn omgeving. Deze informatie kan gebruikt worden om beslissingen te nemen over wat de volgende beweging moet zijn. Net als actuatoren, worden tastsensoren op verschillende principes gebaseerd.

Zo kan een zachte actuator bijvoorbeeld een laag bevatten van een materiaal dat stroom geleidt. Hoe groot de weerstand van het materiaal is, is afhankelijk van de vervorming van de laag. Op basis hiervan kan bepaald worden of de actuator ergens tegenaan duwt.

Een andere manier om de vervorming van een actuator te meten, is door zogeheten tralielijnen aan te brengen in een rekbare optische vezel (een vezel van glas of kunststof die licht kan geleiden) in de actuator. Als je licht op deze lijnen laat vallen reflecteert het ervanaf, maar hoe het reflecteert is afhankelijk van hoe ver de lijnen uit elkaar liggen. Omdat de optische vezel rekbaar is, komen de lijnen verder uit elkaar te liggen als de actuator meer vervormd is. Aan de hand van licht dat van de lijnen af reflecteert kan heel nauwkeurig bepaald worden hoe vervormd het materiaal is. Een voordeel van deze methode: de vervorming van het materiaal heeft altijd dezelfde invloed op de reflectie. Dit staat in tegenstelling tot methoden die gebruik maken van de weerstand van een materiaal, omdat het materiaal verandert naarmate het vaker uitgerekt wordt.

De laatste soort sensor die ik wil bespreken wordt onder andere bij AMOLF in Amsterdam, in de groep van Bas Overvelde gemaakt. De groep maakt vingervormige actuatoren en meet de druk in het gas in de vinger om te bepalen hoeveel kracht er op de vinger wordt uitgeoefend.

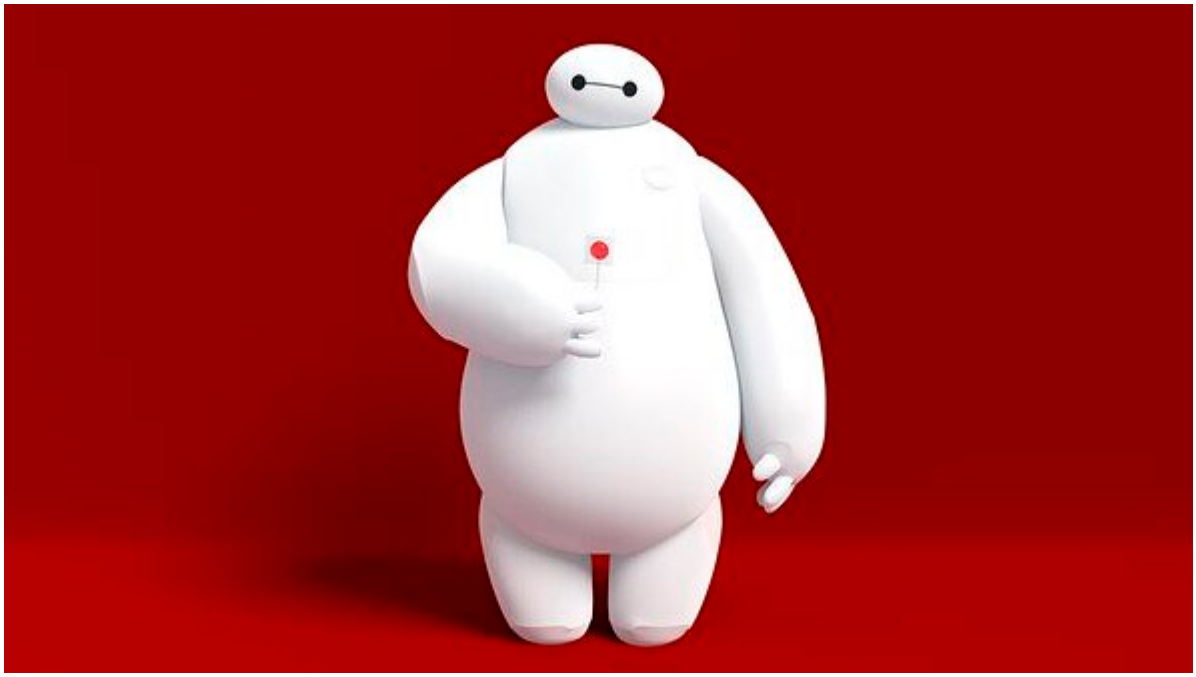
Video 5. Gevoelige robotvingers. Deze video van de groep van Bas Overvelde bij AMOLF laat zien hoe nuttig het is dat de robotische vingers kunnen voelen hoe stevig ze iets vasthebben, en dat ze beperkt kunnen worden om een bepaalde maximale kracht uit te oefenen, zodat ze niets stuk maken. YouTubekanaal: Johannes Overvelde.

De zachte robots die we gezien hebben, wil men voor verschillende dingen gaan gebruiken. Natuurlijk kunnen zachte robots gebruikt worden voor de manipulatie van kwetsbare objecten. Ze vervormen mee met de vorm van het object én kunnen met hun ingebouwde sensoren zelf meten hoeveel kracht ze uitoefenen. Dat zachte robots geschikt zijn om kwetsbare, lichte dingen te manipuleren, betekent echter niet dat ze geen zware dingen kunnen tillen. De hoeveelheid kracht die ze kunnen uitoefenen is geheel afhankelijk van hun ontwerp en kent geen intrinsieke grenzen.

De robots kunnen ook gebruikt worden voor de verkenning van onbekende gebieden. Zachte robots zijn allereerst uitermate geschikt voor ontwerpen die niet opvallen in de natuur. Zo kunnen ze dieren observeren zonder hun gedrag te verstoren. Verkennen is echter niet alleen beperkt tot de aarde. NASA is ook aan het onderzoeken of zachte robots van meerwaarde zouden zijn bij het verkennen van buitenaardse planeten.

Video 6. Zachte robots in de ruimte. In deze video legt NASA-ingenieur Jim Neilan uit wat de voordelen zouden kunnen zijn van het gebruiken van zachte robots in de ruimte. YouTubekanaal: NASA Langley Research Center.

Tot slot keren we helemaal terug naar de oorspronkelijke motivatie voor zachte robots, met hun gebruik in de gezondheidszorg. Het gebruik van zachte robots in de gezondheidszorg doet je misschien denken aan Baymax uit de Pixar-film Big Hero 6. Baymax is een grote, zachte EHBO-robot. Hij kan, doordat hij zacht is, goed met mensen omgaan zonder ze pijn te doen. Ook kan hij zijn volume aanpassen om door kleine kiertjes daar te komen waar hij nodig is.



Afbeelding 2. Baymax. Afbeelding: Dragos Ionita.

In de echte wereld zijn de medische toepassingen van zachte robots nog iets beperkter, maar ze zijn er zeker al. Zo bestaan er handschoenen, gemaakt met geheugenmetalen of vloeistofactuatoren, die mensen die de controle verloren hebben over hun handen kunnen ondersteunen bij het doen van revalidatieoefeningen. Zachte robots kunnen ook gebruikt worden om medicatie doelgericht naar bepaalde lichaamsdelen te brengen. De eerste onderzoeken worden zelfs al gedaan waarin zachte robots ingebracht worden in het lichaam om operaties minder invasief te maken. De robots zijn klein en kunnen via natuurlijke openingen of een kleine incisie door het lichaam navigeren naar de plek waar de operatie plaats moet vinden.

Er valt dus nog genoeg te verkennen en ontwikkelen in de wereld van de zachte robots. Dit ontwikkelende vakgebied is zeker het volgen waard!