

🔧+ MASCHINENBAU

Ein Roboter tritt ab

Von Piotr Heller

26.04.2024, 19:27 Lesezeit: 9 Min.



Atlas konnte springen, rennen und klettern – und fiel auch mal um. Er verblüffte, amüsierte und begeisterte Millionen, schürte aber auch Ängste. Nun hat sein Hersteller ihn aus dem Verkehr gezogen. Welche Zukunft haben Maschinen wie er?



Für viele Menschen dürfte es eine beruhigende Nachricht gewesen sein. Am 16. April kündigte das Unternehmen Boston Dynamics an, seinen Roboter Atlas in den Ruhestand zu schicken. Atlas war ein Star im Internet. In viralen Videos tanzte er zu „Do You Love Me“ von den Contours, versuchte sich über Hindernisse hüpfend an der Trendsportart Parkour und warf einem Menschen auf einer

nachgeahmten Baustelle Werkzeuge zu. Dabei bewegte sich die Maschine so geschickt, so flüssig, so anmutig, dass die Aufnahmen wie Computeranimationen wirkten. Man musste sich beim Betrachten immer wieder ins Gedächtnis rufen, dass da wirklich ein echter Roboter durchs Bild rennt.

Doch da war nicht nur Staunen. Boston Dynamics zeigte auch, was schiefgehen kann. Wenn Atlas den Halt verlor und sich beim Sturz in eine schützende Embryonalstellung zurückzog, meinte man fast, Mitleid zu empfinden. Wenn sein Knie umknickte, sodass Hydraulikflüssigkeit mit Hochdruck aus dem Gelenk schoss wie Blut in einem Horrorfilm, griff sich der empathische Betrachter unweigerlich selbst ans Knie. Atlas wirkte dann so menschlich, dass man mit der Maschine fühlte, die keine Gefühle kennt.

Gerade deshalb fürchteten viele den Roboter. Eben nicht nur, weil er gefährlich aussah (nach dem Parkour-Video fragte ein Reporter in der New York Times: „Könnten die Roboter von Boston Dynamics mich in einem Kampf besiegen?“). Auch nicht, weil in seinen Fähigkeiten die unausgesprochene Drohung lag, mit dem Menschen auf dem Arbeitsmarkt zu konkurrieren. Sondern weil er menschliche Bewegungen so gut nachahmte und dennoch fremd war. Diese Kombination machte ihn unheimlich.

Menschenähnliche Bewegungsabläufe

Wie die Maschine das macht? Atlas analysiert sein Blickfeld mit Stereokameras und tastet es mit Lasern ab. Daraus errechnet er ein Modell seiner Umgebung. Zusätzlich kennt er die Position seines Körpers dank Beschleunigungs- und Drehratensensoren. Mit diesem physikalischen Modell sagt die Maschine voraus, wie sie sich bewegen müsste, um eine bestimmte Aufgabe zu erfüllen – zum Beispiel auf eine Kiste zu springen. „Modellprädiktive Regelung“ bezeichnen Ingenieure dieses Verfahren.

Atlas kann dabei aus einer Reihe von Sprüngen, Schritten und anderen Bewegungen auswählen. Die hat er zunächst rein virtuell gelernt. Ein Computerprogramm bekommt dafür Randbedingungen vorgegeben, zum

Beispiel die Höhe, die Atlas erreichen soll. Dann errechnet es eine Bewegung, um diese Bedingung zu erfüllen, in diesem Fall: in die Hocke gehen und sich dann schnell abstoßen. Hinterher wird dieser Bewegungsablauf auf die Maschine übertragen.

Aus dieser Berechnung ergibt sich Atlas' Menschenähnlichkeit. Der Roboter kann beispielsweise eine Schraube in der Luft vollführen. Er holt mit den Armen Schwung, legt sie eng an den Körper und streckt sie zum Bremsen wieder aus. Das erinnert an einen Turner, allerdings ergibt sich diese Bewegung aus der Randbedingung, dass sich eine zweiarmige Maschine in der Luft drehen soll. Die menschenähnliche Anmutung und die Vertrautheit sind somit kein Selbstzweck, sie ergeben sich aus der physikalischen Realität.

Die Auferstehung einer Maschine

Für Atlas ist nun Schluss. Doch wer bei seinem Ausscheiden aus dem Dienst beruhigt aufatmete, wurde schon tags darauf mit dem technischen Fortschritt konfrontiert. Da veröffentlichte Boston Dynamics ein Video, in dem ein neuer Roboter namens Atlas reglos am Boden liegt. Dann die Auferstehung: Die Maschine schwingt ihre Beine auf zutiefst unmenschliche Art nach hinten, erhebt sich, als würde sie eine Szene aus „Der Exorzist“ nachspielen, und schaut mit einem schwarzen, kreisrunden Gesicht ohne jegliche Merkmale außer einem leuchtenden Ring scheinbar in die Kamera. Nachricht angekommen: Atlas ist tot, lang lebe Atlas.



Der Nachfolger: Die neue, rein elektrische Variante von Atlas kann Beine, Arme und Torso um 360 Grad

Doch der neue Atlas ist kein bloßer Ersatz des alten: Er ist rein elektrisch, das heißt, sein Körper ist nicht von Leitungen mit Hydraulikflüssigkeit durchzogen. Stattdessen verleihen Elektromotoren seinen Gelenken Kraft. Das macht ihn beweglicher als seinen Vorgänger – oder als sein Vorbild, den Menschen. Es handelt sich nicht mehr um eine Forschungsplattform, wie es der alte Atlas noch war – sondern um ein Produkt, das Boston Dynamics verkaufen will.

Nur an wen? Noch gibt es keinen großen Markt für humanoide Roboter, lediglich eine Wette darauf, dass der Fachkräftemangel bald den technischen Fortschritt unausweichlich macht. Sollte es mittels Künstlicher Intelligenz und Ingenieurskunst gelingen, menschenähnliche Roboter zuverlässiger und vielseitiger zu machen und sie in Massen zu fertigen, könnten sie in Fabriken, Altenheimen und im Haushalt aushelfen.

Die Vielseitigkeit wird dabei entscheidend sein. Es besteht kein Sinn darin, derart komplexe Maschinen für nur eine Aufgabe zu entwickeln. Sie müssen universell sein. Und das in einer Welt, die für Menschen gebaut ist. Weil Räder keine Treppen steigen können, flache Roboter nicht an hohe Regalbretter kommen und fliegende Drohnen an jeder Türklinke scheitern, brauchen die Alltagshelfer der Zukunft Arme und Beine. Das ist die Grundidee hinter humanoiden Robotern.

Atlas galt als Vorreiter in der Robotik

Die Investmentbanker bei Goldman Sachs schätzen, dass der Markt dafür in gut zehn Jahren von heute etwa null auf 35 Milliarden Dollar wachsen wird. Neben Boston Dynamics feilen inzwischen verschiedenste Firmen an den passenden Maschinen. Robert Riener, Professor am Institut für Robotik der ETH Zürich, spricht von einer „Inflation“ dieser Unternehmen. Nach dem Auslöser für die Goldgräberstimmung bei menschenähnlichen Maschinen gefragt, antwortet er: „Ich weiß nicht, ob es diese Entwicklung gäbe, wenn es Atlas nicht gegeben hätte.“ Atlas könnte den Weg in eine Welt geebnet haben, in der wir Hand in Hand mit Robotern leben und arbeiten.



Das Massenprodukt: „Digit“ von der Firma Agility Robotics ist auf Logistikaufgaben spezialisiert. Beispielsweise kann er Kisten tragen. Das Unternehmen will jährlich 10.000 dieser Roboter produzieren. *Picture Alliance*

Die Geschichte von Atlas begann 1992. Damals gründete der Elektroingenieur Marc Raibert von Massachusetts Institute of Technology sein Unternehmen Boston Dynamics. Neben vierbeinigen Laufrobotern präsentierte die Firma im Jahr 2009 den Humanoiden „Petman“. Er sollte Schutzanzüge für das amerikanische Militär testen. Dafür musste er gehen und rennen können. Im Vergleich dazu bewegte sich der damals wohl bekannteste humanoide Roboter,

„Asimo“ von Honda, eher im Schnecken-tempo.

Einige Jahre später veranstaltete die DARPA, die Forschungsbehörde des amerikanischen Verteidigungsministeriums, einen Roboterwettbewerb, bei dem es um den Katastrophenfall ging. Die Teilnehmer sollten Technologien entwickeln, die in gefährlichen, zerstörten und vor allem menschengemachten Umgebungen auf Leitern klettern oder Trümmer beseitigen. Um die Einstiegshürde niedrig zu halten, mussten einige der Teams keine eigenen Roboter bauen, sondern bekamen sie von Boston Dynamics. Es war die Geburtsstunde von Atlas. Seine erste Version erblickte bei den Testläufen im Jahr 2013 das Licht der Welt.

„Beeindruckend, aber auch sehr beängstigend“

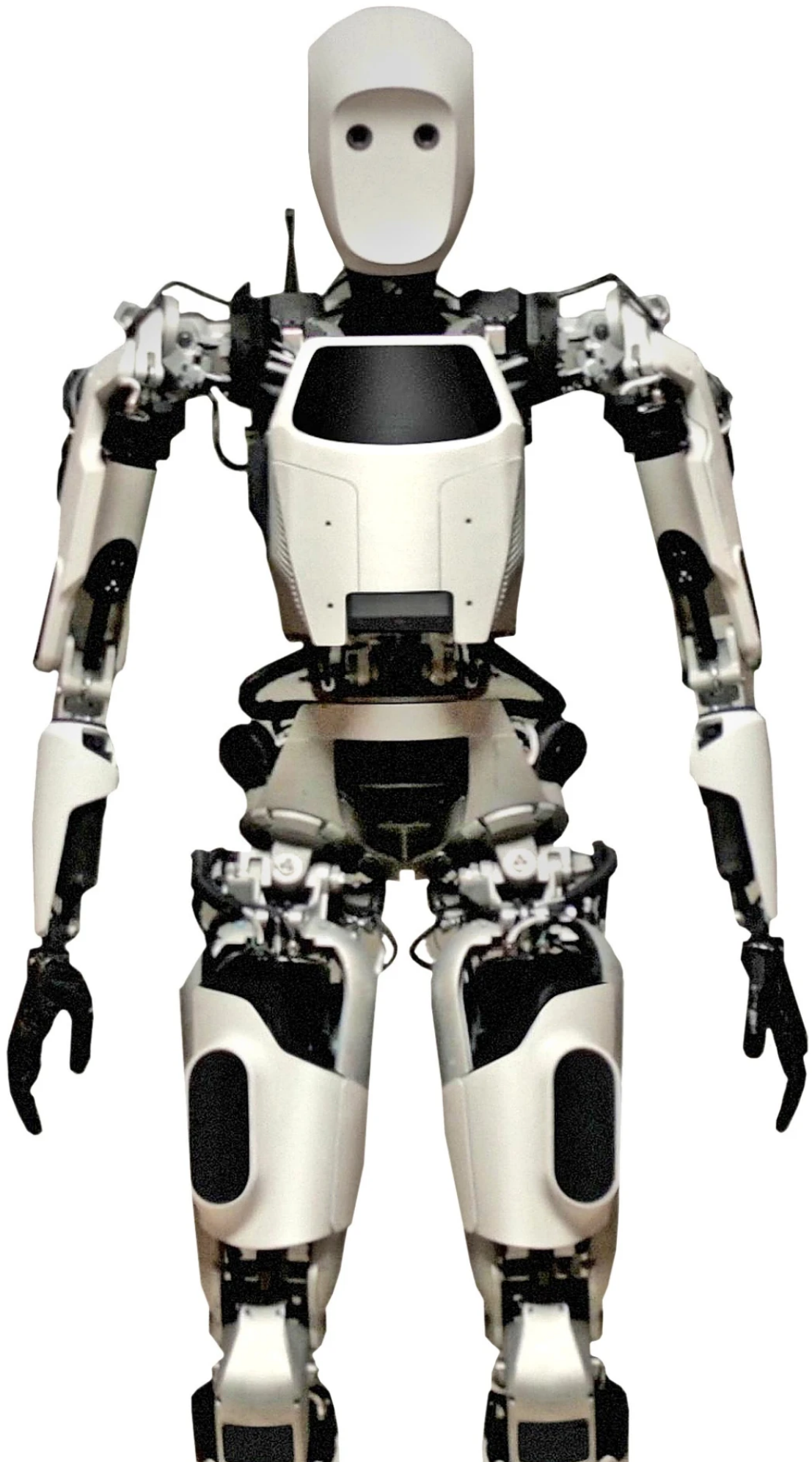
Auch das amerikanisch-deutsche Team „ViGIR“ unter Beteiligung der Technischen Universität Darmstadt trat bei dem Wettbewerb an. Der Darmstädter Robotik-Experte Oskar von Stryk arbeitete damals mit einem Atlas-Roboter. „Die Kräfte, die er erzeugen konnte, waren durch den hydraulischen Antrieb riesig“, sagt er. Die Forscher waren deshalb angehalten, dem Roboter nicht zu nahe zu kommen. Die Vorsicht sei berechtigt gewesen, wie sich bei einem Softwarefehler zeigte: Einmal habe das Computersystem eine Division durch null fälschlicherweise nicht abgefangen. „Dann meinte der Roboter, er muss sofort ein unendlich schweres Objekt hochheben, und entsprechend hat die ganze Hydraulik reagiert“, erzählt von Stryk. Atlas habe eine „Breakdance“ Bewegung vollzogen. „Die war schon sehr beeindruckend, aber auch sehr beängstigend.“

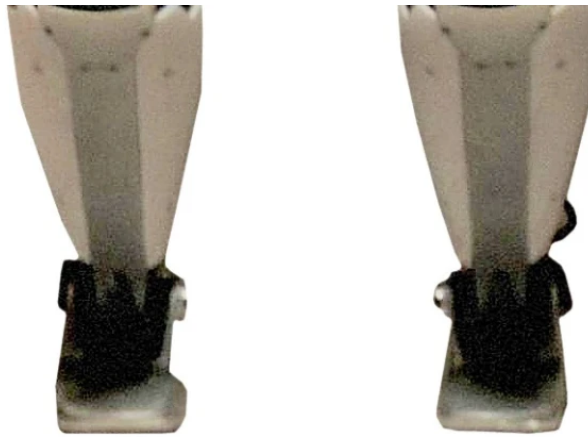


Der Geschichte: Die zweite Generation von „Optimus“ soll in der Lage sein, ein rohes Ei hochzuheben. Er wurde vom amerikanischen Autobauer Tesla entwickelt und soll in Fabriken zum Einsatz kommen. *Bestimage*

Beim Finale im Jahr 2015 hatte das Team Pech. Ihr Atlas habe zu lange in der Mittagssonne auf den Start warten müssen, war überhitzt, schaltete ab, kippte um. „Das war bitter“, erinnert von Stryk sich. Solche Rückschläge seien typisch für Robotik-Wettbewerbe, die die Grenzen der Technologie ausloten.

Die Technik wurde über die letzten zehn Jahre verbessert. Während Atlas anfangs 1,88 Meter groß war, 150 Kilogramm wog und Energie von außen benötigte, misst die letzte hydraulische Generation nur noch 1,5 Meter und bringt 80 Kilogramm auf die Waage. Atlas hat 28 Gelenke und eine Batterie, die ihn etwa eine Stunde lang ohne Versorgung von außen antreiben kann. „Boston Dynamics hat mit Atlas gezeigt, was wirklich physisch möglich ist“, beschreibt von Stryk den Einfluss von Atlas auf die Robotik. Die Fähigkeiten der Maschine sind eine Messlatte, die andere bis heute zu erreichen versuchen.





Der Malocher: Mercedes-Benz hat angekündigt, den Roboter „Apollo“ von der Firma Apptronic in seinen Werken auszuprobieren. Die Maschine könnte menschlichen Arbeitern etwa Behälter mit Teilen bringen. *Unternehmen*

Dabei spielten auch die Videos eine zentrale Rolle, die eng mit der Popkultur verwoben sind. Die Parkour-Läufe sind moderne kulturelle Elemente, auch wenn sie einen technischen Hintergrund haben mögen: Mit der Sportart ließen sich die Grenzen der Maschine ausloten, weil sie explosive Verhaltensweisen sowie eine schnelle Verbindung zwischen Wahrnehmung und der Entscheidung über Bewegungen erfordere, erklärte ein Ingenieur von Boston Dynamics im Jahr 2021.

Das ist aber nur die halbe Wahrheit. Es geht auch um Inszenierung. Wenn Atlas einen Parkour-Lauf absolviert, dann folgt ihm eine dynamische Kamera, so wie man es von den Videos menschlicher Athleten kennt. Die Videos sind offensichtlich so gestaltet, dass sie viral gehen und somit selbst Teil der Popkultur werden. Ihre Reichweite spricht eine deutliche Sprache. Sie verzeichnen zig Millionen Abrufe.

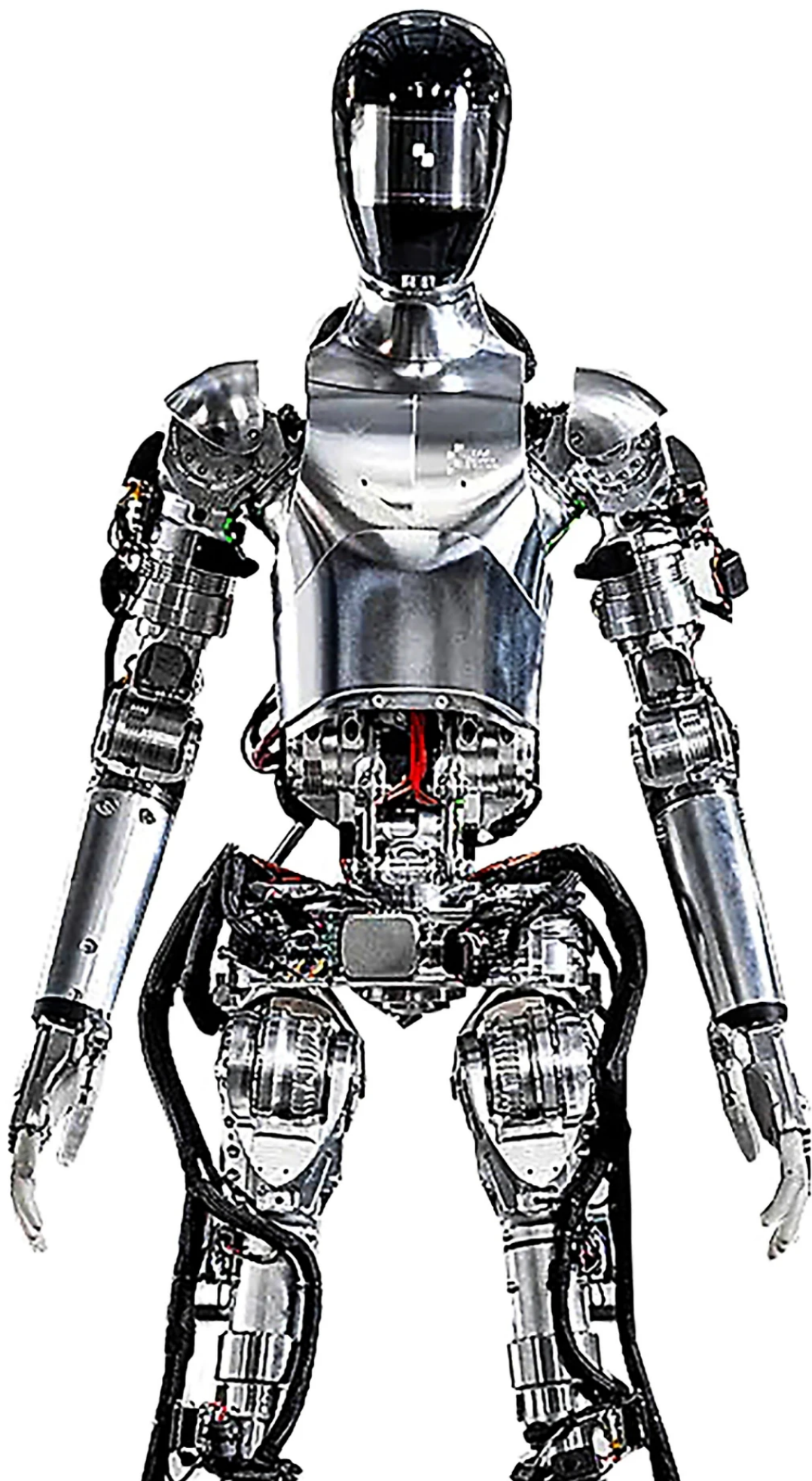
Das mag nach einer Oberflächlichkeit klingen, hat aber eine größere Bedeutung. Laut dem Züricher Professor Riener haben die Videos das Image der Robotik verbessert. „Wir haben einen enormen Zulauf an Studentinnen und Studenten, und ich denke, dass ein großer Anteil davon den Filmen von Boston Dynamics zu verdanken ist“, vermutet er. Atlas hat die Robotik cool gemacht.

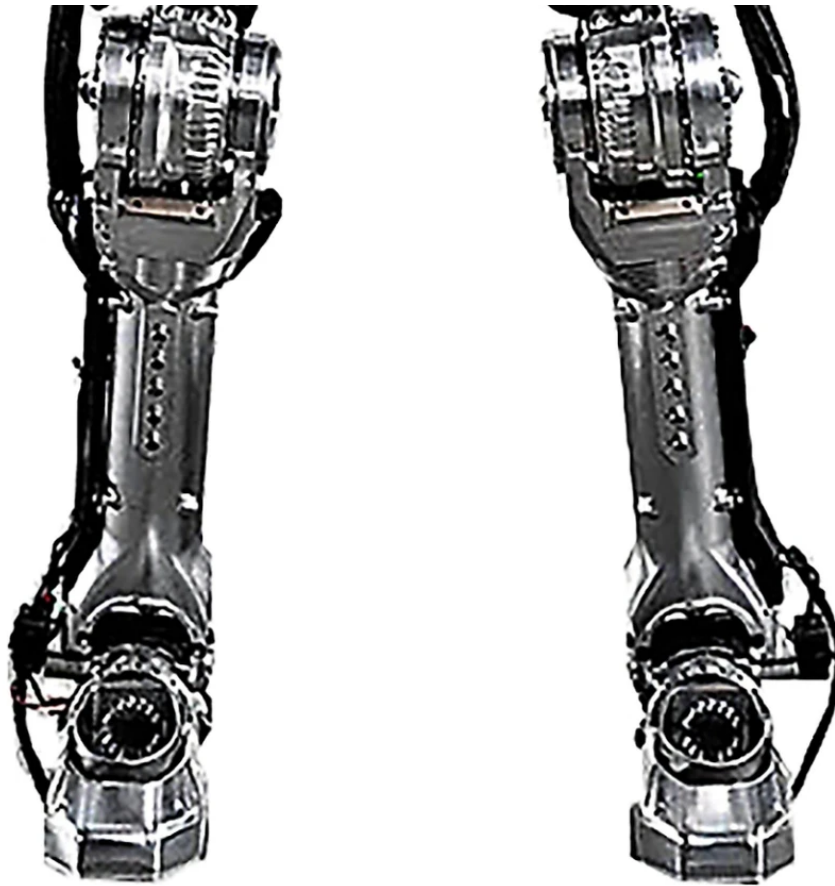
Noch kann kein Roboter die Spülmaschine ausräumen

Doch wenn man die Videos als Material für die Rekrutierung der

Maschinenbauer von morgen ansieht, stellt sich die Frage, wie viel der spektakulären Bewegungen auf Atlas' tatsächliche Fähigkeiten zurückzuführen ist und wie viel auf penibler Choreographie in einer kontrollierten Laborumgebung beruht. Von 2013 bis 2017 gehörte Boston Dynamics zum Unternehmen Google. In dieser Zeit sei nicht viel nach außen gedrungen, sagt Oskar von Stryk. Inzwischen hat der südkoreanische Autobauer Hyundai die Firma gekauft. Seitdem ist mehr über die wahren Fähigkeiten von Atlas bekannt. Das Unternehmen zeigt nicht nur die Fehlritte der Maschine in Videos, sondern bespricht die Technologie auf Konferenzen. „Wir wissen, dass die Wiederholbarkeit der erfolgreichen Aktionen in den letzten Jahren extrem gestiegen ist“, erklärt von Stryk. Atlas ist also zuverlässiger geworden. Er kann das, was wir in den Videos sehen, wirklich.

Doch trotz solcher Fortschritte ist es für Atlas' Nachfolger noch ein weiter Weg, bis sie Menschen im Alltag assistieren können. Robert Riener hat in einer Studie in den *Frontiers in Robotics and AI* die Fähigkeiten von 27 Robotern mit denen des Menschen verglichen. Obwohl ihre einzelnen Komponenten messbar besser sind – mechanische Muskeln sind stärker, Kameras sehen schärfer –, können die Roboter dem Menschen bei alltäglichen Aufgaben nicht das Wasser reichen, so das Fazit. Konkretes Beispiel: Kein humanoider Roboter kommt so schnell eine Treppe hoch wie ein Mensch. Eine Maschine, die in einer unbekanntem Wohnung die Toilette putzt, ist heute kaum denkbar – geschweige denn eine, die sich danach die Hände wäscht und die Spülmaschine ausräumt.





Der Intelligente: Das kalifornische Roboterunternehmen Figure arbeitet mit Open AI, den Machern von ChatGPT, zusammen. Entsprechend reicht der Roboter „Figure 01“ in einem Video einem Mann einen Apfel, als der ihn um etwas zu essen bittet. *Unternehmen*

„Alle heutigen humanoiden Roboter funktionieren nur in kontrollierten, konstruierten Umgebungen“, sagt Riener. Im Freien, wo es kalt sein kann oder regnet, oder in einer Wohnung, wo die Umgebung nicht ordentlich strukturiert ist, sehe das schon anders aus. Doch er sagt auch, dass die Technologie kontinuierlich und immer schneller besser werde. Seine Prognose: „In 20 Jahren könnten wir den Haushaltsroboter haben, von dem alle träumen.“

Das Kernproblem ist laut Oskar von Stryk die vielseitige Intelligenz, die dafür nötig wäre. „Roboter, die physisch arbeiten sollen, brauchen nicht nur ein physikalisches Verständnis des eigenen Körpers, sondern sie müssen die Umwelt verstehen können“, sagt er. Wenn ein Kind jemand betrachte, wie er eine Flasche hochhebt, habe es eine Vorstellung davon, wie schwer die Flasche ist und wie es sich anfühlt, sie zu greifen und hochzuheben. Kein Roboter-System hat bisher ein vergleichbares physisches Verständnis.

KI kann Robotern Befehle geben

Die Robotik wird derzeit aber rasant um eine Technologie erweitert: Künstliche Intelligenzen sollen helfen, die Maschinen „klüger“ zu machen. In der Industrie machen die großen Sprachmodelle Hoffnung, die beispielsweise in ChatGPT stecken. Sie können nicht nur Texte erstellen, sondern auch Bilder und Videos verarbeiten, darauf Dinge erkennen, und verschiedene Sprache sprechen – so auch die „Sprache“ der Roboter. Googles KI-Schmiede Deepmind hat beispielsweise ein solches Sprachmodell an einen Roboterarm angeschlossen. Sagt man ihm, er solle aus einer Reihe von Spielzeugen „das ausgestorbene Tier“ greifen, versteht es genug, um sich den Dinosaurier zu packen. Jedoch steuert die KI den Roboter nicht direkt, sondern gibt ihm Befehle, die er vorher kennen muss. In diesem Fall den Befehl zum Greifen. Das ist nicht besonders vielseitig – der Roboter kann nur aus bereits bekannten Bewegungen auswählen, so wie Atlas bei seinen Parkour-Läufen auch die vorab gelernten Abläufe aneinanderreicht. „Die Schnittstelle zwischen den Fähigkeiten neuester KI-Modelle und der Steuerung der Roboter ist noch nicht geschafft“, sagt Alin Albu-Schäffer, Direktor am Institut für Robotik und Mechatronik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt.

Forscher arbeiten derzeit daran, diese Lücke zu schließen. Sei es mit Robotern, die ständig Daten über ihre Bewegungen sammeln, um damit wieder Sprachmodelle besser auf die Maschinen abzustimmen, wie Deepmind es gerade tut. Oder über aufwendige Simulationen, mit denen beispielsweise der Chiphersteller Nvidia Roboter trainieren will. Auf die Assistenzroboter im

Haushalt angesprochen, die auch eine Toilette putzen könnten, sagt Albu-Schäffer mit Blick auf die Entwicklungen der KI in den letzten Jahren: „Ich bin mir ziemlich sicher, dass wir das in fünf bis zehn Jahren in Forschungs-Prototypen zeigen werden können.“ In der Robotik-Community habe man erkannt, dass nun der Zeitpunkt sei, diese Nuss zu knacken.

MEHR ZUM THEMA

SURFTIPP DER WOCHE

Umgemalte Bilder

 SOZIALE SYSTEME

KI ist die bessere Therapeutin

Der hydraulische Atlas wird mit solchen eher bodenständigen Aufgaben nichts zu tun haben. Seine Arbeit ist getan. Ob nun eine Zukunft, in der Roboter uns im Alltag zur Hand gehen, bevorsteht oder nicht, sein zukünftiger Platz steht laut Medienberichten fest: Boston Dynamics will Atlas in der Lobby des Unternehmenssitzes ausstellen.

Quelle: F.A.S. [Artikelrechte erwerben](#)



Piotr Heller

Redakteur in der Wissenschaft.

 Folgen



Frankfurter Allgemeine

© Frankfurter Allgemeine Zeitung GmbH 2001 - 2024
Alle Rechte vorbehalten.