

Mein Freund, der Roboter

Die neueste Generation von Spielzeugrobotern agiert dem Anschein nach selbstständig, anhänglich und liebesbedürftig. Warum verfallen längst nicht nur Kinder solchen Reizen? Psychologen erforschen die emotionalen Aspekte der Mensch-Maschine-Interaktion.

VON MIRIAM RUHENSTROTH

Erst stromert er neugierig durch die Wohnung, dann lässt er sich den Rücken kralen und räkelt sich. Und weil der kleine Kerl mit den wasserblauen Augen nach dem Erkunden müde ist, legt er spontan ein kleines Nickerchen ein. Auf einmal hustet er sogar im Schlaf – »Das hat er noch nie gemacht!«, sagt sein »Herrchen« aufgeregt und redet beruhigend auf den Spielzeugdino ein.

Spielzeugdino? Tatsächlich würde niemand, der dieses Video eines stolzen »Pleo«-Besitzers sieht, auf den Gedanken kommen, dass unter der Gummihaut des kleinen Kerls 14 Servomotoren stecken, aber kein einziger Funken Neugier oder Müdigkeit. Pleo, so der Handelsname, verfügt über eine eingebaute Kamera, ein Mikrofon sowie Infrarot- und Berührungssensoren, die es ihm erlauben, auf seine Umgebung zu reagieren.

Die Hightechmaschine – verkleidet als grüner Spielzeugdinosaurier – erobert dieser Tage immer mehr Wohn- und Kinderzimmer. Geräte wie sie sind speziell darauf ausgelegt, mit Menschen zu interagieren. Sie haben längst Einzug

MIT FELD-GENEHMIGUNG VON MAX BRUNN



in unseren Alltag gefunden – als Felltier oder Roboterhund. Aber auch als Haushaltshilfe erfreuen sich elektronische Kameraden wie der »autonome« Staubsauger Roomba wachsender Beliebtheit. Die Roboter-Robbe Paro, entwickelt von Takanori Shibata am japanischen National Institute of Advanced Industrial Science and Technology mit Hauptsitz in Tokio, wird sogar zu therapeutischen Zwecken in Altenheimen eingesetzt (siehe Kasten S. 32).

Beziehungen zu Kunstwesen

Die Entwicklung solcher interaktiver Maschinen wirft eine wachsende Zahl psychologischer Fragen auf. Denn wie die Beziehungen funktionieren, die Menschen zu Robotern aufbauen, weiß eigentlich noch kein Experte so genau. Halten wir es überhaupt auf Dauer mit ihnen aus? Steht zu befürchten, dass sie uns lästig werden, sobald der Reiz des Neuen verflogen ist –

empfinden wir die seelenlosen Wesen mit der Zeit sogar als bedrohlich? Wie muss ein Roboter aussehen und was muss er können, damit er uns auf Dauer zum Freund werden kann?

Zehn Arbeitsgruppen aus ganz Europa widmen sich in dem Forschungsprojekt LIREC (Living with Robots and Interactive Companions) seit 2008 genau diesen Fragen. Das Projekt soll fünf Jahre laufen – rund acht Millionen Euro Fördergeld hat die EU dafür bereitgestellt. Mit von der Partie ist auch die Gruppe für Interdisziplinäre Psychologie (GRIP) an der Universität Bamberg, die sich einen ungewöhnlichen »Modellorganismus« ins Labor geholt hat: Pleo – das Dinosaurierbaby der Marke Ugobe.

»Zuerst sammeln wir, was im Bereich Mensch-Mensch-Interaktionen bereits erforscht wurde, und prüfen, inwieweit diese Erkenntnisse auf Mensch-Roboter-Interaktionen übertragbar sind«, erläutert Carsten Zoll, Psychologe und

»Selbst gestandene Ingenieure, die sich nur für die Technik interessieren, fangen nach zehn Minuten an, Pleo zu streicheln«

Martin Diruf, Mitarbeiter der Gruppe für Interdisziplinäre Psychologie an der Universität Bamberg



ZUM KNUDELN

Der smarte Dino Pleo reagiert auf Berührungen und Sprache, sucht nach Futter und will gestreichelt werden – fast wie ein Haustier aus Fleisch und Blut.



HAUPTSACHE HUMANOID
In einem Experiment traten Testpersonen zu einem »Kooperationsspiel« gegen diese vier Gegner an: Laptop, zweiarmer Roboter, Maschine mit humanoidem Antlitz und echter Mensch (von links nach rechts). Das Duell gegen Mensch und Androide bereitete den Probanden gleich viel Spaß.

Mitarbeiter bei GRIP, die Vorgehensweise seiner Gruppe. Besonders wichtig ist in diesem Zusammenhang unsere Fähigkeit, uns in Mitmenschen hineinzuversetzen. Sie spielt auch beim Umgang mit Robotern eine Rolle.

Wenn uns ein Mensch gegenübersteht, gehen wir intuitiv davon aus, dass er Gedanken, Gefühle und Absichten hat – die von unseren eigenen unabhängig sind. Und nicht nur das: Wir können den inneren Zustand anderer Menschen meist recht gut einschätzen und daraus Schlüsse auf ihr Verhalten ziehen. Dieser Fähigkeit liegt ein Konzept zu Grunde, das Wissenschaftler *Theory of Mind* nennen (siehe Kasten S. 34). Der Trick dabei ist, dass schon Kinder ab etwa vier Jahren automatisch ein mentales Modell von der Gedankenwelt anderer bilden.

Die neuronale Grundlage dieser Fähigkeit wurde in den letzten Jahren intensiv mit bildgebenden Verfahren wie der funktionellen Kernspintomografie (fMRI für *functional Magnetic Resonance Imaging*) untersucht. Mit diesem Verfahren lässt sich der Sauerstoffgehalt, und damit die Menge an frischem Blut, in einer bestimmten Körperregion messen. Da besonders

aktive Gehirnregionen auch stärker durchblutet sind, erlaubt die Methode Rückschlüsse auf die Hirnaktivität. Bei den meisten dieser Versuche sahen Probanden Bilder von Personen oder abstrakten Figuren, in die sie sich hineinversetzen sollten, während sie im Tomografen lagen.

Zwei besonders rege Areale wurden dabei identifiziert: eine Region in der Übergangszone von Hinterhaupt- zu Schläfenlappen – temporo-parietale Junction (TPJ) genannt – sowie der mediale präfrontale Kortex im Stirnhirn. Steht uns nun ein Roboter gegenüber, so wissen wir natürlich, dass er keine eigene Gedankenwelt besitzt – ein entsprechendes mentales Modell zu bilden, ist also eigentlich sinnlos. Verblüffenderweise sind die genannten Hirnregionen aber auch dann aktiv, wenn wir es mit Maschinen zu tun haben – und zwar umso stärker, je mehr sie uns an einen Menschen erinnern. Das zeigte ein Experiment, das Wissenschaftler um Sören Krach von der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen (RWTH) 2008 durchführten.

Gefangenendilemma mit Maschinen

20 Testpersonen traten in einem Spiel gegen vier verschiedene Partner an: einen Computer, einen abstrakt anmutenden Roboter, einen Androiden und einen echten Menschen (siehe Fotos links oben). Gespielt wurde eine Variante des

Robo-Robbe Paro tourt durch Altenheime

Mehr als zwölf Jahre hat der Erfinder Takanori Shibata vom japanischen National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) in die Entwicklung von Paro investiert. Zuvor experimentierte er mit Robotern in Katzen- oder Hundeform, scheiterte damit aber. Der Grund: Die Nutzer kannten die realen Vorbilder gut, verglichen die Imitate damit und waren enttäuscht. Folglich suchte sich der Roboteriker für Paro ein exotischeres Vorbild: ein Sattelrobbenjunges. Der künstliche Heuler kann Kopf und Flossen bewegen, Töne von sich geben, bis zu 50 Stimmen unterscheiden sowie auf Licht, Wärme und Berührung reagieren.

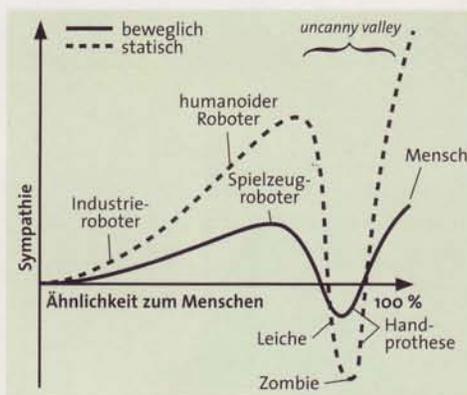
Paro ist seit 2004 in Japan im Einsatz und wurde speziell entwickelt, um bei alten, kranken und einsamen Menschen den Mangel an sozialem Kontakt und seine negativen Fol-

gen auszugleichen: Die Maschine hilft, Depressionen zu lindern, das Sozialverhalten zu verbessern, Stress abzubauen und die kognitiven Fähigkeiten von Demenzkranken zu erhalten – zumindest laut Studien der AIST. Außerhalb Japans wurde die Wirkung der Robbe bislang nur vom Danish Technological Institute systematisch untersucht. Die Ergebnisse überzeugten die dänische Regierung, so dass sie Ende 2008 bekannt gab, tausend Exemplare des Roboters zu Therapiezwecken für Seniorenheime erwerben zu wollen.

Seit 2006 wird Paro auch in Deutschland getestet: Ein Betreiber von Pflegeheimen hat vier Exemplare für seine Einrichtungen in Baden-Württemberg gekauft. Bleibt abzuwarten, ob es der japanischen Robbe tatsächlich gelingt, die Lebensqualität Demenzkranker zu steigern.

iterativen Gefangenendilemmas: Zwei Spieler müssen sich ohne vorherige Absprache entscheiden, ob sie kooperieren wollen oder nicht. Entscheiden sich beide dafür, gewinnen sie; entscheidet sich einer dafür und einer dagegen, gewinnt nur der Verweigerer. Wenn keiner kooperiert, verlieren beide. Es kommt also darauf an, den Spielzug des Partners möglichst vorherzusehen – ähnlich wie bei dem bekannten Kinderspiel »Schere, Stein, Papier«.

Während des Versuchs lagen die Probanden in der Röhre eines funktionellen Kernspintomografen (fMRI). Per Videobrille konnten die Testpersonen ihre »Spielpartner« sehen und glaubten, gegen diese anzutreten. In Wirklichkeit überließen die Forscher die Entscheidungen der Gegenspieler aber einem Zufallsgenerator – die Antworten der verschiedenen Kontrahenten folgten also keinerlei Muster. Dennoch bewerteten die Probanden ihre Spielpartner unterschiedlich. Die anschließende Befragung ergab, dass sie sowohl bei dem Menschen als auch bei dem humanoiden Roboter mehr Spaß am Spiel hatten, mehr Freude über einen Sieg empfanden und die Strategie dieser Gegner als engagierter und intelligenter einschätzten als bei den anderen elektronischen Kontrahenten. Die Ergebnisse der fMRI-Aufnahmen deckten sich mit diesem Befund: Je menschenähnlicher die Probanden ihr Gegenüber wähten, desto aktiver waren jene Areale im Gehirn, die



mit dem Bilden mentaler Modelle zusammenhängen.

Dass Roboter besser ankommen, wenn sie uns an unsere Artgenossen erinnern, legen auch weitere internationale Studien nahe. Trotzdem ist unter KI-Forschern höchst umstritten, ob soziale Roboter möglichst menschenähnlich aussehen sollten. Der Grund dafür ist ein paradoxes Phänomen, das der japanische Robotiker Masahiro Mori 1970 erstmals beschrieb. Mori hatte beobachtet, dass Roboter zunächst zwar umso sympathischer wirken, je menschlicher sie aussehen – aber nur bis zu einem gewissen Grad. Wird die Kopie »zu perfekt«, kippt der Effekt ins Gegenteil: Roboter, die uns optisch täuschend ähnlich sind, wirken plötzlich unheimlich (siehe auch G&G 1-2/2007, S. 42). Mori illustrierte dies in einem Diagramm, von dem sich auch der

DAS »UNHEIMLICHE TAL«

Uncanny valley taufte der japanische Robotiker Masahiro Mori den Knick in der Sympathiekurve, die er aus Versuchen zur Mensch-Maschine-Interaktion errechnete. Die emotionale Bindung zu Robotern steigt zunächst an, je stärker diese einem Menschen ähneln. Eine sehr realistische Anmutung erzeugte jedoch Ekel und Angst, weshalb solche Roboter sogar mit Leichen oder Zombies verglichen wurden.

Die Roboter kommen!

Bis 2011 werden weltweit insgesamt rund zwölf Millionen Serviceroboter für den persönlichen Einsatz verkauft werden, so die Prognose des Statistical Department der International Federation of Robots (IFR) in Frankfurt. Die Statistiker erwarten, dass bis dahin zirka 4,6 Millionen Haushaltsroboter verkauft werden, was einem Erlös von rund 2,5 Milliarden Euro gleichkommt. Auch der Markt für Lern-, Unterhaltungs- und Freizeitroboter dürfte trotz Wirtschaftskrise weiter wachsen. Experten rechnen mit Verkaufszahlen um die 7,3 Millionen Stück – das entspräche einem Absatz von knapp 1,4 Milliarden Euro.

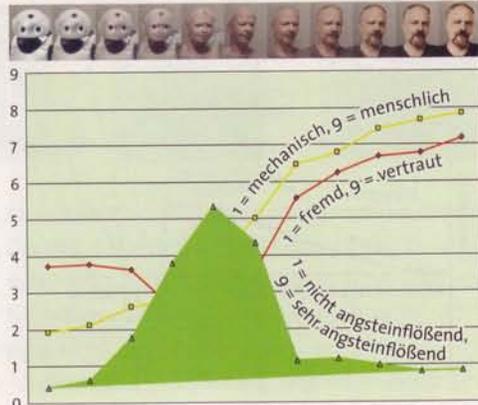
PFLEGEHILFE

Bürsten, Streicheln und Knuddeln – demenzkranke Senioren profitieren offenbar vom Umgang mit der Roboter-Robbe, die seit 2006 in einigen deutschen Altenheimen im Einsatz ist.



ANDROIDENPARADE

2006 sollten 45 Testpersonen die abgebildeten Fotos nach ihrer Ähnlichkeit mit einem Menschen bewerten (gelbe Kurve) sowie danach, wie vertraut (rote Kurve) und angst-einflößend sie wirken (grüne Kurve). Resultat: Die Probanden fanden die besonders humane Optik des Roboters am abstoßendsten – was die These vom *uncanny valley* bestätigte.



Name des Phänomens ableitet: *uncanny valley* – das »unheimliche Tal« (siehe Grafik S. 33). Mori extrapolierte den Verlauf dieser Sympathiekurve zwar nur aus Einzelbeobachtungen, die er mit Prothesen, Puppen und Robotern machte. Seine Ergebnisse wurden aber 2006 in einem Experiment bestätigt.

Die beiden Robotiker Karl MacDorman von der University of Indiana und Hiroshi Ishiguro von der Osaka University in Japan kreierte für diesen Versuch eine Serie von Bildern, auf denen der Kopf eines humanoiden Roboters immer mehr in das Gesicht eines Androiden und

schließlich in ein menschliches Gesicht übergeht (siehe Bilderreihe links). 45 Probanden sahen diese Porträts in zufälliger Reihenfolge und sollten sie auf einer neunstufigen Skala bewerten – nach »Menschenähnlichkeit«, Vertrautheit und dem Grad, in dem die Fotos Angst auslösten. Der Knick in der daraus entstandenen Kurve hat seinen Tiefpunkt etwa bei dem Androidengesicht (siehe Grafik links).

Wie kommt es zu diesem Gruseleffekt? Ein Erklärungsmodell besagt: Roboter erinnern unbewusst an tote Körper – und somit an die eigene Sterblichkeit. Ergebnisse aus einem früheren Experiment von MacDorman stützen diese These. In dem 2005 veröffentlichten Versuch bediente sich der KI-Forscher einer Methode aus der so genannten *Terror Management Theory* (TMT), die zu erklären versucht, wie Menschen mit der Angst vor dem Tod umgehen. So verstärkt die Konfrontation mit der eigenen Endlichkeit beispielsweise den Patriotismus und Gemeinsinn, aber auch stereotype Denkmuster. Probanden, die in MacDormans Experiment ein Bild von einem Androidengesicht sahen, zeigten danach Verhaltensmuster, die ebenfalls als Reaktionen auf unbewusste Erinnerungen an den

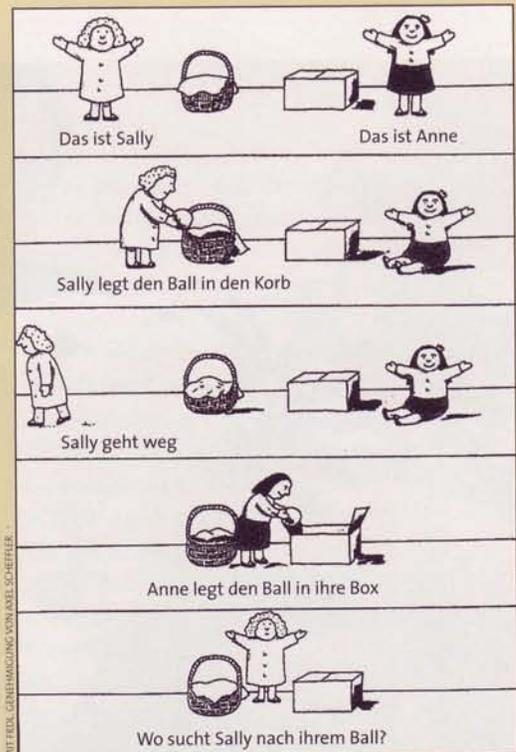
Theory of Mind oder: die Sally-Anne-Aufgabe

Den Begriff *Theory of Mind* (ToM) prägten die amerikanischen Primatenforscher David Premack und Guy Woodruff von der University of Pennsylvania in Philadelphia in ihrem 1978 veröffentlichten Aufsatz »Does the chimpanzee have a theory of mind?« (»Bilden Schimpansen mentale Modelle?«). Als ToM bezeichnen Wissenschaftler die Fähigkeit, anderen Menschen eine eigene Gedankenwelt zuzuschreiben, diese einzuschätzen und daraus Rückschlüsse auf das Verhalten zu ziehen. Weil dabei ein mentales Modell des Gegenübers gebildet wird, sprechen Forscher auch von *mentalizing*. ToM scheint weitgehend ein Privileg des Menschen zu sein; bei Primaten konnte sie bislang nur in rudimentärer Form nachgewiesen werden.

Schon im ersten Lebensjahr beherrschen Kinder in der Regel wichtige Grundlagen für das Bilden mentaler

Modelle – zum Beispiel, den Blicken anderer zu folgen. Voll entwickelt ist die ToM erst, wenn ein Kind erkennt, dass andere Menschen falsche Schlüsse ziehen, weil sie nicht dasselbe Vorwissen haben, wie es selbst. Der *false-belief*-Test – illustriert in der Bildergeschichte rechts – überprüft diese Fähigkeit.

Die kleine Sally versteckt ihren Ball in einem Korb und geht weg. Dann kommt Anne herein und legt den Ball in eine Box. Auf die Frage, wo Sally ihren Ball später suchen wird, antworten Kinder, die bereits eine ToM ausgebildet haben: »Im Korb.« Sie verstehen, dass Sally, die nicht gesehen hat, wie der Gegenstand das Versteck wechselte, glauben muss, er sei noch im alten. Normal entwickelte Kinder bewältigen diese Aufgabe im Alter von vier bis fünf Jahren. Kinder mit Autismus hingegen sind oft bis ins Teenageralter nicht dazu in der Lage.





ROBOT PRESSELLO

Tod bekannt sind: Sie stimmten beispielsweise plötzlich konservativeren Aussagen zu als vorher (siehe auch G&G 11/2007, S. 54).

Andere Forscher ziehen die gute alte *Theory of Mind* als Erklärung heran. Wie Sören Krachs Experiment zeigte, schreiben wir Robotern umso bereitwilliger menschliche Eigenschaften zu, je ähnlicher sie uns sehen. Gleichzeitig werden unsere mentalen Modelle umso genauer, je mehr menschliche Eigenschaften wir unterstellen. Damit wird aber auch die Erwartung an das Verhalten des Gegenübers detaillierter. Schon kleine Abweichungen davon verunsichern uns. Das *uncanny valley* ist also möglicherweise nur der Diskrepanz zwischen Aussehen und Verhalten geschuldet, auf die wir empfindlich reagieren, weil ein besonders vorbildgetreues Äußeres immer auch hohe Erwartungen weckt.

Autonomie gefragt

Dieses Problem haben die Hersteller des Spielzeugdinosauriers Pleo und der Kuschelrobbe Paro geschickt umgangen: Denn wer nicht gerade ein Polarforscher oder ein Zeitreisender ist, dürfte nur äußerst vage Vorstellungen vom Verhalten von Robben und Dinosauriern haben. Bei der Beziehung zwischen Mensch und Maschine ist die Optik aber längst nicht alles, meint Carsten Zoll von der Bamberger Forschergruppe: »Ich glaube, das Aussehen ist nur kurzfristig wichtig, weil sich die Leute dann besser auf die Maschine einlassen können.« Langfristig zähle,

dass die künstlichen Kameraden nicht langweilig werden. »So ein Ding darf nicht vollständig berechenbar sein.« Bei Pleo sind die Entwickler diesem Problem mit besonderen Updates begegnet: Neue Angewohnheiten und Marotten für den Dino kann man per Software-download vom Hersteller beziehen.

Für eine enge Verbundenheit mit Maschinen dürfte allerdings noch ein anderer Faktor eine Rolle spielen: der Nutzen. »Es ist fraglich, ob wir zu einem Roboter wie Pleo, der überhaupt keine Funktion hat, eine dauerhafte soziale Beziehung aufbauen«, sagt Zoll. Um das herauszufinden, vergleichen die Forscher ihren Dino mit Roomba, dem »autonomen« Staubsauger. »Roomba ist eigentlich nur eine Scheibe, die in der Wohnung herumfährt und sauber macht«, erklärt der Psychologe. Und obwohl Roomba weder ein menschliches Äußeres hat noch ein besonders soziales Verhalten zeigt, bauen Testpersonen erstaunlich schnell ein emotionales Verhältnis zu ihm auf: »Sie bezeichnen den Staubsauger als ›meinen Freund‹ oder erklären, dass er ›wie ein Mitbewohner‹ für sie sei«, berichtet Zoll.

Für menschliche WG-Bewohner birgt das eine wichtige Lektion: Wer einfach mal den Mund hält und die Wohnung saugt oder den Müll hinausbringt, stärkt die Beziehung zu seinen Mitbewohnern besonders effektiv! ~

Miriam Ruhenstroth ist Biologin und lebt als Wissenschaftsjournalistin in Berlin.

MOBILER HAUSFREUND

Roomba – der »autonome« Staubsauger – sorgt seit 2002 vor allem in amerikanischen Haushalten für Ordnung. Sogar zu dieser Scheibe entstehen persönliche Bindungen. So gaben von 379 befragten Besitzern 135 ihrem Putzroboter ein Geschlecht, 87 taufte ihn auf einen eigenen Namen und 45 kauften ihm gar etwas zum Anziehen. (Umfrage vom Georgia Institute of Technology 2007)

QUELLEN

Krach, S. et al.: Can Machines Think? Interaction and Perspective Taking with Robots Investigated via fMRI. In: PLoS ONE 3, e2597, 2008.

MacDorman, K.F. et al.: The Uncanny Advantage of Using Androids in Social and Cognitive Science Research. In: Interaction Studies 7(3), S. 297–337, 2006.