Artgenosse

Der Roboter »Aibo« (rechts) ist ein Gefährte für Menschen. Hunde bevorzugen Maschinen, die gute Spielgefährten abgeben – wie dieses Roboterauto des Verhaltensforschers Ádám Miklósi. Das Äußere interessiert sie nicht.

ROBOTER

Echte und künstliche Wesen passen prima zusammen. Denn Roboter mit sozialen Fähigkeiten können die Tierverhaltensforschung entscheidend voranbringen

TEXT: KATHARINA JAKOB

FOTOS: ADAM MIKLOSI, ALAMY

Gail Patricelli konstruierte als Erste Roboter, um Tierverhalten zu erforschen. Ihre aktuellen Fembots imitieren weibliche Beifußhühner.

Dass sich der Seidenlaubenvogel überhaupt vermehrt, grenzt an ein Wunder. Das Männchen dieses australischen Singvogels muss etliche Hürden überwinden, bis es sich endlich paaren darf. Aus Hunderten von Zweigen muss es eine Hochzeitslaube bauen und anschließend verzieren: mit Federn, Beeren oder den Deckeln von Wasserflaschen. Hauptsache, die Dekoration ist blau, denn Blau kommt in der Natur selten vor – was einem Weibchen verrät, dass der Kandidat findig ist.

Zeigt sich eine Vogeldame in Laubennähe, beginnt das Männchen seinen Balztanz. Dabei kann allerhand schiefgehen. Der Tanz darf nicht zu wild geraten, sonst erschreckt sich das Weibchen und flieht. Aber auch nicht zu zögerlich, damit es nicht das Interesse verliert. Jedes Mal steht es also auf Messers Schneide, ob das mit der Paarung etwas wird. Da darf das Männchen selbst nicht wählerisch sein. Und tatsächlich: Es tanzt auch für einen Roboter, solange der nur im Federkleid eines Weibchens daherkommt.

1999 begegnete ein Seidenlaubenvogelmännchen zum ersten Mal einem »Fembot«. Dieses Urmodell eines Tierroboters im Dienste der Verhaltensforschung war ein simples Ding: ein ausgestopftes Vogelweibchen mit arttypischen Bewegungen, aktiviert

Wie passen Hähne ihre Balztaktik an die Reaktion der Weibchen an? Ferngesteuerte Attrappen mit Vierradantrieb sollen das ergründen.

FOTOS: GAIL PATRICELLI (2), TIM LANDGRAF/FU BERLIN

Via Magnetsteuerung bewegt sich die Guppy-Attrappe durchs Aquarium. Die lebenden Fische folgen ihr, als sei sie Teil des Schwarms.

per Fernsteuerung. Doch trotz seiner Schlichtheit täuschte der Fembot das Männchen vollkommen. Er drehte kokett den Kopf, duckte sich in die Hochzeitslaube und entlockte so dem Tänzer sein ganzes kompliziertes Balzverhalten – unter stets gleichen, kontrollierbaren Bedingungen.

Genau das hatte sich seine Erfinderin, die US-Biologin Gail Patricelli, erhofft. Denn die Tierverhaltensforschung steht häufig vor dem Problem, dass ihre Probanden in freier Wildbahn unberechenbar sind. Dadurch lassen sich wissenschaftliche Erkenntnisse nur schwer reproduzieren. Manche Tiere zeigen nicht ihr komplettes Verhaltensspektrum, wenn Menschen in der Nähe sind. Der Fembot löste diese Probleme elegant und einfach. Heute gilt Gail Patricelli als Pionierin auf dem Gebiet der Ethorobotik, der Erforschung von Tierverhalten mithilfe von Robotern.

Seit den Tagen des Fembots ist die Forschungsdisziplin weit vorangeschritten. Roboter werden bei Säugetieren, Reptilien, Fischen und sogar Insekten eingesetzt. Tim Landgraf, Informatiker an der Freien Universität Berlin, hat zum Beispiel einen Bienenroboter entwickelt, der den Schwänzeltanz der Honigbienen nachahmt. Dieser Tanz informiert die Bienen im Stock über Futterquellen, die ausschwärmende Tiere entdeckt haben. Mithilfe der elektronischen Biene gelang es, wesentliche Signale dieses Kommunikationssystems zu entschlüsseln.

Aktuell arbeitet ein Team der FU Berlin sowie des Leibniz-Instituts für Gewässerökologie und Binnenfischerei an Fischrobotern, die sich in echte Schwärme integrieren lassen. Davon versprechen sich die Forschenden neue Erkenntnisse über die Kommunikation von Fischen. Roboter können also Einblicke in tierisches Verhalten liefern, die mit anderen Methoden kaum möglich sind. Vielleicht gelingt ihnen eines Tages aber noch mehr: sich als Gefährten oder im Umweltschutz nützlich zu machen.

FERNGESTEUERTE SPIELGEFÄHRTEN

Für Ádám Miklósi sind Roboter die Zukunft seiner Zunft. Der Ethologe leitet an der Universität in Budapest das »Family Dog Project«, das weltgrößte Forschungslabor für Hundeverhalten. Seine Erstsemester, die Tiere lieben, schockt er gern mit den Worten: »Schön, dass ihr Ethologen werden wollt. Aber merkt euch das Wichtigste: Lernt zu programmieren und Roboter zu bauen.«

Die Verhaltensforschung muss Neuland betreten, glaubt Miklósi. »Wir wissen so viel über Hunde. Nur kaum etwas darüber, wie sie ihre soziale Umwelt wahrnehmen.« Hundehalter mag das überraschen. Doch zu vielen Fragen fehlen wissenschaftliche Studien. Etwa dazu, wie Hunde ihre Menschen erkennen. Brauchen sie dafür das Gesamtbild, oder reichen ihnen einzelne Facetten? »Roboter können uns helfen, das zu untersuchen«, sagt Miklósi.

Derzeit beschäftigt den Forscher, ob Hunde einen Roboter als Gefährten annehmen können. Nicht als Artgenossen, sondern als Freund, so wie den Menschen. Auf der Suche nach Antworten erforscht er mit seiner Kollegin Judit Abdai das Langzeitgedächtnis von Hunden, die mit Robotern spielen. Die beiden wollen herausfinden, ob die Tiere ihre künstlichen Spielgefährten auch dann noch erkennen, wenn einige Zeit vergangen ist.

Dabei setzen Miklósi und Abdai auf sogenannte UMOs, kurz für »unidentified moving objects«. Das sind Spielzeugautos mit sozialen Fähigkeiten, die absichtlich nicht die geringste Ähnlichkeit mit Hunden aufweisen. »Einem Hund ist das Äußere egal«, sagt Miklósi. »Entscheidend ist, dass sich eine Maschine aus Hundesicht sinnvoll verhält. Das verstehen viele Ingenieure nicht, die Roboter für Hunde bauen wollen und mich immer ▸

Nachgeäfft

Schimpansen reagieren höchst interessiert auf einen Roboter in Puppengestalt, der aussieht wie ein menschliches Kind. Insbesondere wenn dieser die Bewegungen der Affen imitiert. Dann laden sie den Roboter etwa zum Spielen ein, wie eine US-Studie 2013 belegte.

Kameras und Algorithmen tracken jede einzelne Biene in Tim Landgrafs Stock an der FU Berlin (oben). Eine Roboterbiene imitiert beobachtete Verhaltensweisen, um zu prüfen, wie die sozialen Insekten darauf reagieren.

fragen: Wie sollen sie aussehen?« Miklósi hat als abschreckendes Beispiel den Roboterhund »Aibo« vor Augen (siehe Bild Seite 71): »Ein Hund hat keinerlei Interesse an diesem Ding, er findet es langweilig und spielt nicht damit.«

Ganz im Gegensatz zu einem UMO aus dem ungarischen Labor. In ihrer jüngsten Studie aus dem Jahr 2019 haben Miklósi und Abdai nachgewiesen, dass Hunde sich zwar möglicherweise nicht an den Roboter selbst erinnern, dafür umso mehr an den Spaß, den sie mit ihm hatten.

An ihrem Experiment nahmen 47 Hunde teil, die gern mit Bällen spielen. Als Erstes lernten die Tiere die fahrenden Roboter kennen. Sie sahen zu, wie die Maschinen Bälle vor sich herschoben, spielten selbst Ball mit ihnen und erlebten sie als hilfreiche Gefährten, die unerreichbares Spielzeug für sie holten. Jeder Hund durfte eine halbe Stunde lang mit einem UMO spielen. Und genau daran erinnerten sich die Tiere noch einen Monat später. Sie knüpften an das vertraute Spiel an, ohne dass sie ein neuerliches Training gebraucht hätten.

Das Verhalten scheint also der alles entscheidende Faktor zu sein, um einem Hund im Gedächtnis zu bleiben. Wer sich aus Hundesicht wie ein Gefährte verhält, wird als solcher akzeptiert – egal wie er riecht, wie er aussieht, ob er ein Lebewesen ist oder ein Ding. Könnte sich aus dieser Erkenntnis etwas Praktisches für die Zukunft ableiten lassen?

Durchaus, sagt Ádám Miklósi. Noch immer bleiben viele Tiere allein zu Hause, wenn ihre Menschen arbeiten. Sie langweilen sich und leiden unter der fehlenden Ansprache. Wer keine menschliche Betreuung findet, könnte seinem Vierbeiner einen Roboter zur Seite stellen, der mit ihm spielt und ihm Futter bringt. »Allemal besser«, sagt Miklósi, »als den Hund ganz allein in der Wohnung sitzen zu lassen, bei laufendem Fernseher.«

Doch das ist Zukunftsmusik, wie so vieles in dieser Disziplin. Was sie so anspruchsvoll macht: Sie erfordert die Zusammenarbeit verschiedener Forschungsgebiete, die wenig gemeinsam haben, aber nun an einem Strang ziehen müssen, und das über einen langen Zeitraum hinweg. Gelingt das, zeigen sich mitunter beeindruckende Resultate.

RATTEN RETTEN ROBOTER

Ratten sind hochsoziale Tiere, die sich gegenüber ihren Artgenossen hilfsbereit verhalten. Das haben viele Studien nachgewiesen, unter anderem jene von Laleh Quinn. Die US-Biologin erforscht an der University of California die Empathiefähigkeit der Nager. 2018 brachte sie erstmals Ratten und Roboter zusammen, weil sie sich fragte, wie weit das Mitgefühl der Tiere reicht. Würden sie auch einer Maschine helfen?

Quinn und ihr Team kooperierten für ihre Studie mit einem australischen Labor, das zwei Roboter in Rattengröße konstruierte. Diese unterschieden sich lediglich durch Duft- und Farbmarkierungen: Ein Modell war grün und roch nach Myrrhe, das andere war rot und verströmte Weihraucharoma. Genau wie Ádám Miklósi legte Quinn keinen Wert darauf, dass ihre Roboter echten Ratten ähnelten, jedoch aus anderen Gründen.

Dieser Roboter wurde entwickelt, um die Hilfsbereitschaft von Ratten zu testen: Sie sollten ihn im Versuch aus einer misslichen Lage befreien.

In der Robotik gibt es ein Phänomen, das sich »Uncanny Valley« nennt. Dabei können Menschen einen Roboter sympathisch finden, solange er ihnen bis zu einem gewissen Grad ähnelt. Je menschlicher er jedoch anmutet, desto höher ist das Risiko, dass er uns Furcht einflößt. Womöglich existiert dieses Phänomen auch bei Ratten – ein Risiko, das Quinn und ihre Kollegen auf jeden Fall ausschließen wollten. Ging es doch um die Frage, ob ein Roboter die Hilfsbereitschaft der Tiere wecken kann.

Um das zu testen, verpassten die Forscher dem grünen Modell viele soziale Fähigkeiten. Es konnte wie ein Nager spielen und beherrschte das Nase-Anstupsen, eine kommunikative Geste unter Ratten. Auch wich es höflich zurück, um sie nicht zu erschrecken. Das rote Modell hingegen ließ jegliche soziale Kompetenz vermissen. Es fuhr nur stumpf hin und her oder bewegte sich seitwärts.

Zu Beginn des Experiments wurden acht Ratten mit den Robotern zusammengebracht. Das grüne Modell suchte Kontakt und weckte das Interesse der Tiere. Sie beschnupperten es oder liefen ihm nach. Das rote Modell hingegen blieb weitgehend unbeachtet. Im nächsten Schritt sperrten die Forschenden alle Ratten einzeln und nacheinander in eine Plexiglasbox, deren Tür sich durch einen Hebel öffnen ließ. Die gefangene Ratte konnte beide Roboter sehen. Doch nur der grüne war hilfsbereit, drückte den Hebel und ließ sie frei.

61 %
aller Kakerlaken ließen sich in einem wegweisenden Versuch aus dem Jahr 2007 von einem Roboter ans Licht locken, obwohl sie kühle, dunkle Orte bevorzugen. Damit die Insekten das kleine Gefährt als Artgenossen akzeptierten, wurde es zuvor mit Schabenpheromonen einparfümiert.

Was taten die Ratten im umgekehrten Fall? Kamen sie einem eingesperrten Roboter zu Hilfe? »Ja«, sagt Laleh Quinn. »Und dabei zeigten sie deutliche Vorlieben für das soziale Modell.« Sieben von acht Ratten drückten den Hebel überwiegend für das Modell, das ihnen zuvor geholfen hatte. Für den anderen Roboter öffneten sie die Tür sehr viel seltener. »Der Hauptgrund für das unterschiedliche Verhalten der Tiere ist unserer Einschätzung nach, dass sich der soziale Roboter für sie eingesetzt hat«, sagt Quinn. Ratten sind offenbar nicht nur imstande, Empathie für eine Maschine zu entwickeln. Sie revanchieren sich auch für soziales Verhalten, selbst wenn es von einem Roboter stammt.

Darüber hinaus zeigte die Studie, dass die Hilfsbereitschaft der Nager steigt, je rattenhafter die Maschine agiert. Das gibt den Forschenden in Laleh Quinns Labor nun die Möglichkeit, das soziale Verhalten von Ratten gezielt zu beeinflussen. Mithilfe von Robotern lassen sich Versuche aufbauen, bei denen jeweils nur ein Merkmal verändert wird, um so die entscheidenden Facetten ▸

FOTOS: FU BERLIN, DPA PICTURE ALLIANCE, UNIVERSITY SAN DIEGO

herauszuarbeiten. Und um neue Fragen stellen zu können, etwa: Wo liegen bei Ratten die Grenzen der Hilfsbereitschaft?

DER KÜNSTLICHE FEIND

Einen anderen Ansatz verfolgt Giovanni Polverino von der University of Western Australia in Perth. Der Biologe erforscht invasive Fischarten: Eindringlinge aus anderen Ökosystemen, die sich rasant ausbreiten und die Artenvielfalt massiv bedrohen. Wie aber bekämpft man invasive Spezies, ohne die einheimischen zu gefährden? Das beschäftigt Polverino seit Jahren.

Früher sah er sich als Umweltschützer und nicht im Labor. Doch jetzt scheint es, als habe er ausgerechnet dort, zwischen Aquarien und Rechenmodellen, eine Lösung am Haken – und zwar in Gestalt eines Tierroboters.

Koboldkärpflinge, auch Moskitofische genannt, sind in Süßgewässern eine schlimme Plage. Sie stammen aus den Flüssen der südlichen Vereinigten Staaten. Doch seit Beginn des vergangenen Jahrhunderts wurden sie nahezu weltweit in Flüssen und Seen ausgesetzt, um Stechmücken zu dezimieren.

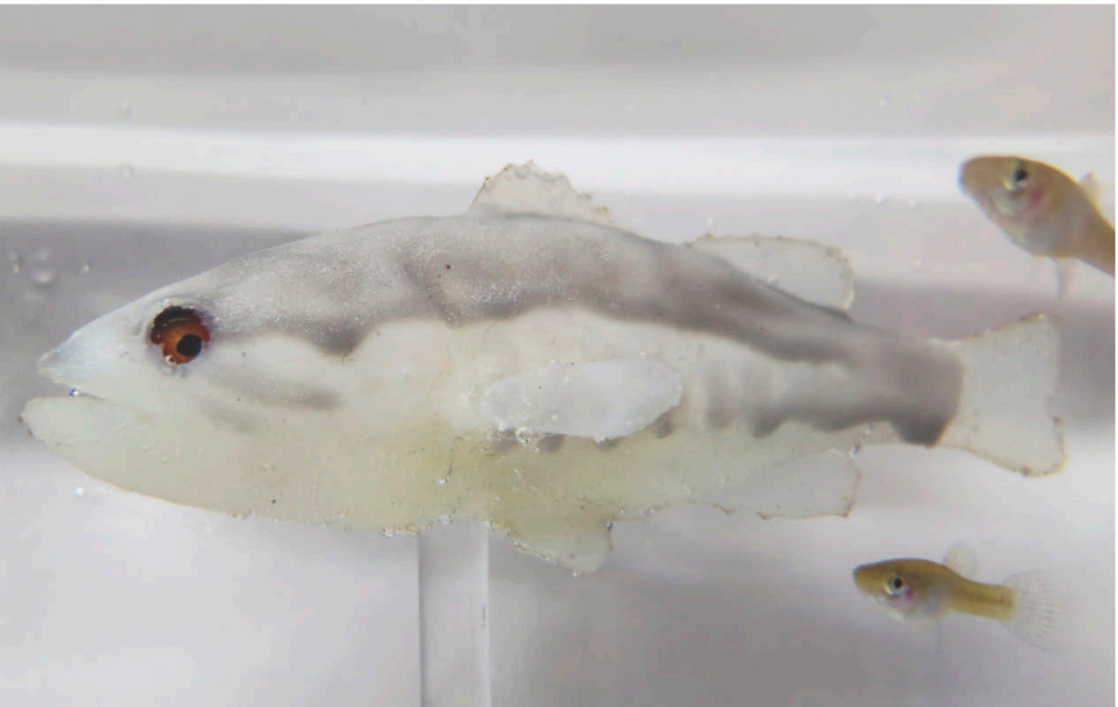
Das funktionierte hervorragend. Allerdings mutierten die Fische dabei selbst zur aggressiven Biowaffe: Sie fressen nicht nur Mücken, sondern vertilgen auch die Nachkommen von anderen Fischarten und Amphibien.

Alle Versuche, die Kärpflinge loszuwerden, sind bislang gescheitert. Forscherteams in Australien experimentierten beispielsweise mit schwimmenden Fischfallen. Doch die Technik scheint sich nur für sehr kleine Gewässer zu eignen und erfordert zudem einen hohen Arbeitsaufwand. In Neuseeland wurde Gift getestet, das allerdings auch der einheimischen Fischwelt Schaden zufügte. Doch nun haben Polverino und sein Team etwas entdeckt, das den Fischen zu schaffen macht: die Angst, selbst gefressen zu werden.

46

Tierarten

ließ die BBC für die zweite Staffel der Dokumentation »Spione im Tierreich« als lebensecht animierte Modelle nachbauen. Mit Kameras ausgestattet, filmten die Doppelgänger ihre wilden Vorbilder aus nächster Nähe.



Eingeschleppte Koboldkärpflinge (oben) fressen die Larven heimischer Arten. Die Attrappe eines Fressfeindes, des Forellenbarschs, soll Populationen dezimieren, indem sie die Fische unter Dauerstress setzt.

Die wichtigsten Fressfeinde der Koboldkärpflinge sind junge Forellenbarsche. Eine Roboterattrappe des Räubers setzt die Tiere im Labor derart unter Stress, dass sie ihre körperliche Fitness einbüßen – messbar am Verlust von Körperfett. Polverino testete insgesamt 150 Kärpflinge, einzeln und nacheinander.

Er setzte sie in ein Aquarium und konfrontierte sie mit einem Roboter, der wie ein Forellenbarsch aussah und sich auch so verhielt. Der künstliche Räuber zog im Aquarium seine Bahnen und ging dann urplötzlich zum Angriff über.

Was sich einfach anhört, war das Ergebnis jahrelanger Tüftelei. Zuerst mussten sowohl Biologen als auch Ingenieure verstehen, wie genau Forellenbarsche jagen.

Einen Roboter zu bauen ist nicht allzu schwer Die Kunst ist zu begreifen, was er können muss, damit ein Tier in gewünschter Weise auf ihn reagiert. »Bei der Konstruktion des Roboters mussten wir all die Faktoren ermitteln, die für Koboldkärpflinge entscheidend sind«, sagt Polverino. »Was ist es genau, das sie unter Stress setzt?«

Ein Forellenbarsch setzt bei der Jagd auf den überraschenden Angriff. Er schwimmt gemächlich durchs Wasser, bis er eine lohnende Beute entdeckt. Dann schaltet er in den Angriffsmodus. Er erhöht das Tempo und wech-

FOTOS: NYU TANDON SCHOOL OF ENGINEERING, IMAGO, REUTERS

Täuschend echt: Entwickler Walt Conti steuert seinen animatronischen Delfin durch einen Wassertank.

Flipper mit Fernbedienung

TRICKTECHNIK Eine neuseeländische Firma namens Edge Innovations hat Delfin-Roboter entwickelt, die ihren natürlichen Vorbildern so ähnlich sehen, dass sie in Aquarien lebende Tiere ersetzten könnten – etwa um Shows zu absolvieren und mit Menschen zu schwimmen. Die **animatronischen Tümmler** können die Bewegungen der Meeressäuger exakt imitieren. Sogar ihre Haut soll sich lebensecht anfühlen. Firmengründer Walt Conti hat Erfahrung mit der Technik: Bereits 1992 entwickelte er ein mechanisches Double für den Orca Keiko im Film »Free Willy«. Auch die Riesenschlange in »Anaconda« stammt aus seiner Werkstatt.

Für die Wildtiere, die sich bekanntermaßen in Aquarien nicht wohlfühlen, wäre der Einsatz von Doppelgängern echter, nachhaltiger **Tierschutz**. Das sieht auch der chinesische Investor so, der die erste Phase der Roboter-Entwicklung mitfinanziert hat und die künstlichen Delfine gern in chinesischen Aquarien schwimmen sehen würde. Doch noch sind die Replikas unerschwinglich, ihr derzeitiger Schätzpreis liegt bei etwa 24 Millionen Euro. Pro Stück.

selt abrupt die Richtung. Er versucht, sein Opfer zu überlisten, indem er es überrascht.

Um diese Fähigkeit zu beherrschen, durchlief der künstliche Räuber immer komplexere Testphasen. Anfangs schwamm er mit konstanter Geschwindigkeit, was die Koboldkärpflinge nur mäßig beeindruckte. Wurde das künstliche Modell jedoch schneller, ergriffen die Fische die Flucht – umso mehr, wenn dann auch noch Richtungswechsel hinzukamen.

Katharina Jakob würde ihrem Hund einen robotischen Spielgefährten nur für den Notfall kaufen – lieber leistet sie ihm selbst Gesellschaft.

Schließlich war die Arbeit des Teams von Erfolg gekrönt: Ihr künstlicher Räuber wurde für die Kärpflinge zur echten Gefahr. Die Tiere hatten keine Chance zu lernen, dass das Robotermodell sie stets nur bedrohte, aber nie fraß. »Der große Vorteil unseres Roboters ist, dass er sein Verhalten in Echtzeit an das der Fische anpassen kann«, sagt Polverino – genau wie es ein Forellenbarsch in freier Wildbahn tut. Egal wie sich die Koboldkärpflinge im Aquarium verhielten: Sie konnten sich nie sicher fühlen. Dieser Stress setzte den Tieren gewaltig zu. Sie verloren an Körpergewicht, in der Welt der Fische ein Indikator für Fitness. Wer viel Stress aushalten muss, verliert Energiereserven, wird schneller krank und damit auch schneller gefressen. Schon ein 15-minütiger Durchlauf pro Woche reichte, um die Koboldkärpflinge entscheidend zu schwächen.

In einer Folgestudie untersuchten die Teams diesen Effekt weiter, auch an Gruppen von Kärpflingen. Dabei stellten sie fest, dass die gestressten Fische weniger fruchtbar sind. Für Polverino ein großer Schritt in Richtung eines großen Ziels: Eines Tages sollen die künstlichen Raubfische dazu beitragen, invasive Arten einzudämmen, ohne dass andere Spezies leiden müssen. »Doch das wird nicht heute und nicht morgen möglich sein«, dämpft er die Erwartungen. »Ein solcher Einsatz liegt noch in weiter Ferne.«

In der Gegenwart dient die Ethorobotik vor allem der Grundlagenforschung. Sie eröffnet neue Möglichkeiten, tierisches Verhalten zu verstehen. Und zwar nicht passiv wie bei der klassischen Beobachtung, sondern aktiv und kreativ: Es gilt, die Welt zu erkunden, indem man sie nachbaut. ■

P.M. KOMPAKT

- Die **Ethorobotik** erforscht das Verhalten von Tieren mithilfe speziell konstruierter Roboter.
- Diese können Artgenossen, **Spielgefährten** oder Fressfeinde imitieren.
- Zu vielen Fragen ermöglichen sie erstmals **kontrollierte Versuche**.