

Vielfalt der Vögel

Ein neuer Stammbaum zeigt, warum es heute so viele Arten gibt.

Mit der Kreidezeit endete die Erfolgsgeschichte der Dinosaurier. Fast. Denn mit den Vögeln überlebte ein Spross des Dinosaurierstammbaums und entwickelte sich prächtig: Es gibt mehr Vogelarten als Säugetiere oder Reptilien. Dabei zählen etwa 95 Prozent zu den Neoaves. Nur Hühner- und Gänsevögel, Kiwis, Strauße und ähnlich urtümliche Laufvögel gehören nicht dazu.

Mit molekulargenetischen Analysen hat ein Forscherteam nun die verwandtschaftlichen Beziehungen innerhalb der Neoaves geklärt: Es sammelte viele Tausend Stichproben aus dem Genom von 124 Arten, die einen Querschnitt der Vogelwelt repräsentieren.

Der so entstandene Stammbaum teilt die Neoaves in zwei große Gruppen ein: Auf der einen Seite stehen Landvögel, inklusive Papageien, Greifvögel und Sperlingsvögel, zu denen zum Beispiel Paradiesvögel, Schwalben, Raben und Finken zählen. Die andere Gruppe enthält Wasservögel wie Pelikane, Kormorane, Flamingos und Pinguine, aber auch Tauben, Kolibris und Kuckucke sowie den skurrilen südamerikanischen Hoatzin, auch Stinkvogel genannt.

Um die Verzweigungen des Vogelstammbaums erdgeschichtlich einzuordnen, wurden fossile Vogelarten aus der Kreidezeit und der darauf folgenden Erdgeschichte herangezogen. Der ungefähr taubengroße *Asteriornis maastrichtensis*, der vor 67 Millionen Jahren lebte, gilt als älteste fossil erhaltene Spezies der modernen Vögel. Die Evolution dieser Gruppe hat wohl deutlich früher angefangen. Mutmaßlich lebten die Urahnen aller modernen Vögel zeitgleich mit *Ichthyornis dispar*, der noch mit Zähnen ausgestattet war und vor 93 Millionen Jahren wohl eine ähnliche ökologische Nische besetzt hat wie heutzutage die Möwen. Womöglich waren die ersten modernen Vögel aber auch Zeitgenossen von *Gansus yumenensis*, einem Wasservogel aus der unteren Kreidezeit vor 123 Millionen Jahren.

Wie Wissenschaftler um Shaoyuan Wu von der Jiangsu Normal University in Xuzhou herausfanden, haben die modernen Vögel das Ende des Erdmittelalters relativ unbeschadet überstanden: Bislang war angenommen worden, dass sich die moderne Vogelfauna erst nach der Kreidezeit entfaltet hat.

In „PNAS“ (doi.org/10.1073/pnas.2319696121) schreiben Wu und Kollegen, dass ungefähr 24 Ordnungen der heutigen Vogelwelt in der oberen Kreidezeit entstanden sind, darunter auch die Sperlingsvögel, die Papageien und die Kuckucke. Nur um die 15 Vogelordnungen haben sich erst nach dem Ende der Kreidezeit entwickelt, darunter die Störche, die Pelikane und die Pinguine.

In der oberen Kreidezeit hat sich nicht nur die Gruppe der Neoaves von den urtümlicheren Vögeln abgespalten. Damals trennte sich auch die Entwicklungslinie der Höheren Säugetiere, zu denen Maus und Mensch zählen, von den Beuteltieren und den eierlegenden Säugetieren. Dass sich sowohl neuere Versionen von Vögeln als auch von Säugetieren dann rasch entfalten konnten, erklärt sich mit der Evolution der Blütenpflanzen: Dass Pflanzen ihre Blüten zunehmend von Insekten oder anderen Tieren bestäuben ließen, ging mit einschlägigen Spezialisierungen und einer zunehmenden Vielfalt von Flora und Fauna einher.

Auffällig ist, dass sich im frühen Eozän, vor ungefähr 50 Millionen Jahren, gleich sechs neue Vogelordnungen entwickelt haben, die hauptsächlich aus Seevögeln wie Pinguinen, Albatrossen, Fregattvögeln und Seetauchern bestehen. Eine Erklärung: Etwas früher in der Erdgeschichte, vor etwa 56 Millionen Jahren, hatte die Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre plötzlich zugenommen und mittels Treibhauseffekt die Temperatur der Weltmeere ebenso in die Höhe getrieben wie den Säuregehalt. Als sich die Ozeane nach dieser Klimakatastrophe allmählich wieder abkühlten und die Lebensbedingungen dort entsprechend angenehmer daherkamen, konnten die Urahnen der heutigen Seevögel freie ökologische Nischen besetzen. Heutzutage lebt ein Großteil der Seevögelarten in den nährstoffreichen Gewässern der Polarmeere und angrenzender Meeresgebiete. Langfristig ist aber zu befürchten, dass der von Menschen verursachte Klimawandel in den Polarmeeren ein ähnliches Massensterben der Meeresfauna auslöst wie die Klimakrise vor 56 Millionen Jahren. DIEMUT KLÄRNER

In einem Interview anlässlich seines hundertsten Geburtstags sagte der nun kürzlich verstorbene Henry Kissinger: „Heute wissen wir nicht mehr, was die Maschinen wissen. Wir wissen nicht wirklich, warum sie in flüssiger Sprache mit uns sprechen können. Mit anderen Worten: Wir haben Zugang zu einem neuen Mysterium.“ Hieran ist zweierlei bemerkenswert. Erstens: Ein Hundertjähriger demonstriert wache und kritische Aufmerksamkeit gegenüber der vielleicht größten technologischen Revolution aller Zeiten. Immerhin hatte Kissinger erst zwei Jahre zuvor zusammen mit Eric Schmidt, dem früheren CEO von Google, und dem Informatiker Daniel Huttenlocher ein Buch über KI und die Zukunft der Menschheit verfasst. Und zweitens: Kissinger hat ganz einfach recht! Die Tatsache, dass wir in das Zeitalter sprechender Maschinen eingetreten sind, ist absolut irrwitzig.

Und es ist ziemlich beunruhigend, dass weite Teile der Öffentlichkeit und Politik dies als quasi selbstverständlichen technologischen Fortschritt hinnehmen. Der KI-Forscher Geoffrey Hinton drückte es in mehreren Interviews aus jüngerer Zeit so aus: „It's as if aliens had landed on earth, but people don't realize because they speak so fluent english.“

In der Fachwelt sind die Meinungen geteilt. Da gibt es jene, welche die sogenannten großen Sprachmodelle – also Softwaresysteme wie LLaMA, GPT-4 und Gemini – als bloße „stochastische Papageien“ ansehen, als Automaten, die nichts anderes betreiben als eine Autovervollständigung auf der Basis von Wortstatistik in großen Textmengen. Ich möchte stattdessen darlegen, dass alles dafür spricht, dass diese Systeme schon heute etwas besitzen, was man als elementare „semantische Fundierung“ bezeichnen kann. Im Kern besagt dies, dass diese Systeme zumindest rudimentär bedeutungstypisch operieren. Mit anderen Worten: In einem gewissen Sinne verstehen sie bereits, was sie tun!

Falls dies zutrifft, dürfte dies erhebliche Konsequenzen haben. Denn genuin bedeutungstypisch operierende KI ist ungleich potenter als semantisch „leere“, stochastische Papageien. Wir wären damit bereits auf dem Weg hin zu einer Artificial General Intelligence, also allgemeiner maschineller Intelligenz.

Wie ist das möglich? Die Geschichte der KI ist eine Geschichte zweier widerstreitender Paradigmen. Nach dem symbolistischen Paradigma besteht Kognition darin, Symbole nach Regeln zu prozessieren. Wesentliche Aufgabe der KI-Forschung ist es dann, diese Regeln zu erfassen und in Softwaresystemen zu implementieren. Dem gegenüber steht das lern- und merkmalsbasierte Paradigma der neuronalen Netze, auch Konnektivismus genannt. Wesentliche Aufgabe neuronaler KI ist es dann, die Systeme mit Lernalgorithmen auszustatten und sie sich dann anhand von Trainingsdaten selbst entfalten zu lassen. Der praktische Erfolg neuronaler KI zeigt sich erst, wenn wir heute wissen, wenn man sehr große und vielschichtige, „tief lernende“ neuronale Netze sowie riesige Mengen an Trainingsdaten einsetzt. Auf diese Weise konnte sich die neuronale KI ab den 2010er-Jahren gegen die gut 50 Jahre währende Dominanz der symbolischen KI durch aufsehenerregende Entwicklungen durchsetzen. Zu diesen Entwicklungen zählen etwa der Erfolg des Bilderkennungssystems AlexNet im Jahr 2012, der unerwartete Sieg von AlphaGo gegen Lee Sedol, einen der stärksten Go-Spieler aller Zeiten, 2016 und aktuell, in den 2020er-Jahren, natürlich die Entwicklung großer Sprachmodelle, kurz LLMs (für Large Language Models).

Man hat den jüngsten Siegeszug neuronaler KI als „Deep Learning Revolution“ bezeichnet. Noch wichtiger aber ist, dass mit dieser Revolution seit etwa Mitte der 2010er-Jahre ein Paradigmenwechsel einhergeht, den man als „generative Wende“ in der KI bezeichnen kann und dessen Pointe darin liegt, dass generative KI den Schlüssel zum Selbstlernen darstellt.

Das klassische Bild zeichnet kognitive Wesen als passiv und rezeptiv. Die Außenwelt wirkt über unsere Sinne auf uns ein, und wir verarbeiten diesen Input über verschiedene Stufen zu mentalen Repräsentationen der Welt. Dies versetzt uns zum Beispiel in die Lage, eine visuelle Wahrnehmung als Hund oder Katze zu klassifizieren. Dieses klassische Bild ist die typische Annahme, welche die kognitiven Neurowissenschaften ebenso machen wie die KI. Dabei dürfte klar sein, dass wir uns bei wichtigen Leistungen wie Sprechen, Imaginieren, Träumen oder kontrafaktischem Denken keineswegs in einem passiven, sondern in einem sehr aktiven, also „generativen“ Modus befinden. In der Sprache des maschinellen Lernens entwickeln wir dann sogenannte generative Modelle, die wir an der Welt testen. Und in der Tat lassen sich bestimmte künstliche neuronale Netze als generative Modelle einsetzen. Man betreibt sie dann gleichsam rückwärts: Sie dienen nicht der Aufnahme und Codierung von Input-Daten, sondern der Decodierung, mithin zur Datenproduktion. Das ist die generative Wende, und sie kommt fast einer kopernikanischen Wende gleich.

Die generative Wende bietet lernenden KI-Systemen einen enormen Hebel. Denn traditionell unterscheidet man zwei Lerntypen: überwacht und unüberwacht. Überwachtes Lernen setzt einen Lehrer voraus – oder ersatzweise vorab gekennzeichnete Daten, Lehrbuchtexte sozusagen. So ist es beispielsweise möglich, ein tief lernendes neuronales Netz erfolgreich darauf zu trainieren, Bilder

danach zu klassifizieren, ob jeweils ein Hund oder eine Katze abgebildet ist. Und zwar anhand einer großen Datenbank, bei der jedes Bild zusätzlich als Hund oder Katze gekennzeichnet ist. Nun finden sich in natürlichen Umgebungen aber keine gekennzeichneten Daten. Bei Tieren dürfte klar sein, dass sie fast gänzlich unüberwacht lernen, und auch bei Kleinkindern setzt überwachtes Lernen durch die Eltern oder die soziale Umgebung erst ein, wenn sie schon etwas älter geworden sind. Wie also funktioniert unüberwachtes Lernen?

Die Idee ist, dass generative KI selbstüberwachtes Lernen ermöglicht. Dabei kann das System einen Teil der Trainingsdaten heranziehen und sich selbst die Aufgabe stellen, die noch unbekanntesten Teile zu generieren beziehungsweise vorherzusagen. Je mehr dem System dies gelingt, desto mehr entspricht das generativ erzeugte Weltmodell der Wahr-

wieder abhandeln, etwa im Falle von Verwirrtheit oder Demenz. Ob und in welchem Grad eine semantische Fundierung vorliegt, dafür gibt es nicht das eine entscheidende Kriterium. Vielmehr entfaltet sich die Antwort auf diese Frage entlang dreier Dimensionen, die ich als funktionale, soziale und kausale Fundierung bezeichne. Hier fließen die Grundideen der bekanntesten Theorien der Bedeutung und der Repräsentation in Sprachphilosophie und Philosophie des Geistes ein. Denn die Frage nach semantischer Fundierung lässt sich nicht rein empirisch entscheiden – weder im Tierreich noch beim Menschen noch in der KI. Auch sollten wir uns nicht auf Verfahren wie Turing-Tests verlassen, da hinlänglich bekannt ist, dass hierbei Täuschung oder Mimikry nie ausgeschlossen werden können.

Zudem sind die besten LLMs mittlerweile durchaus in der Lage, den Turing-

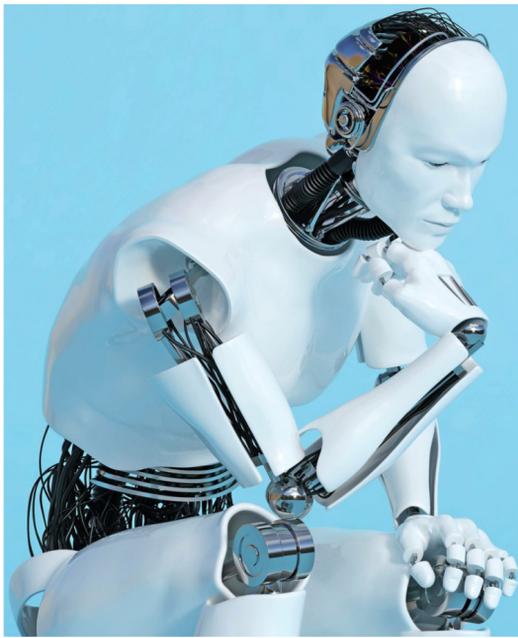
test angesehen – würde hierbei noch nicht in den Blick genommen. Eine erste Möglichkeit, die Welt sozusagen mit ins Boot zu holen, wäre, das Konzept funktionaler Rollen über die Systemgrenze hinweg auszudehnen: der funktionalen Rollen, die kognitive Wesen und Systeme durch ihr Verhalten in der Welt spielen.

Ludwig Wittgensteins Gedanken auf den Plan, wonach sich sprachliche Bedeutung im Sprachgebrauch manifestiert. Sie ist somit an die Existenz einer Sprachgemeinschaft gebunden, und jegliches Regelverhalten – ob im Sinne von Grammatik oder darüber hinaus – ist eine soziale Praxis. Jeder von uns verfügt demnach über eine soziale semantische Fundierung in genau dem Maße, in dem er Teilnehmer am Sprachspiel einer Sprachgemeinschaft ist. LLMs werden nun dadurch, dass wir sie zunehmend in unsere sprachlichen Praktiken einbeziehen, ebenfalls zu Teilnehmern am Sprachspiel. Hier zeigt sich besonders eindrücklich, dass semantische Fundierung gradueller Natur ist. Je nützlicher LLMs sind, je mehr sie dadurch unsere kommunikativen Partner werden und sich in unser Sprachspiel eingliedern, desto mehr kommt ihnen eine soziale semantische Fundierung zu (analog zu Kindern, die allmählich in Sprachgemeinschaften hineinwachsen). Die stärksten und gängigsten LLMs besitzen bereits eine solche elementare soziale Fundierung.

ChatGPT versteht es

Für Menschen haben die Worte, die man an sie richtet und mit denen sie antworten, eine Bedeutung. Ist das auch bei den aktuellen KI-Sprachmodellen der Fall?

Von Holger Lyre



Res intelligens: Aber verstehen ist noch kein Denken. Und Bewusstsein ist noch einmal etwas anderes. Foto Picture Alliance

scheinlichkeitsverteilung der Trainingsdaten. Der Clou: Es bedarf keiner gekennzeichneten Daten mehr, und KI-Systeme können durch Selbstlernen anhand gewaltiger Datenmengen trainiert werden, deren Verarbeitung die menschliche Kapazitäten bei Weitem überschreitet. Es ist dieser Clou, der letztlich auch LLMs ermöglicht und der in Zukunft zu noch weiteren spektakulären KI-Entwicklungen führen dürfte.

In der Fähigkeit generativer KI, durch Selbstlernen Weltmodelle herauszubilden, findet sich nun ein wesentliches Argument für die oben schon angesprochene semantische Fundierung von LLMs.

Semantische Fundierung bezeichnet dabei die Fähigkeit, bedeutungstypisch zu sprechen oder zu denken. Kognitive Wesen sind dadurch charakterisiert, dass sie über mentale Repräsentationen verfügen, die durch ihren Inhalt, also rein semantisch bestimmt werden. Dabei ist eine semantische Fundierung nicht per se an die Fähigkeit gebunden, ein phänomenales Bewusstsein zu haben, worunter man einen qualitativen Erlebnischarakter des Mentalen versteht. Es ist eine verbreitete und gut begründbare Annahme sowohl in der modernen Philosophie des Geistes als auch der Neurowissenschaft des Bewusstseins, repräsentationale und phänomenale Zustände als voneinander unabhängig anzusehen.

Zwei weitere Umstände sind darüber hinaus wichtig. Erstens ist semantische Fundierung keine Ja-Nein-Angelegenheit, vielmehr ist sie graduell. Ein kognitives Wesen oder System kann mehr oder weniger semantisch fundiert sein, es kann also mehr oder weniger bedeutungstypisch sprechen oder denken.

Dies sollte uns Menschen geläufig sein: Wir kommen zunächst unfundiert auf die Welt, und im Zuge unseres Heranwachsens entwickeln wir eine zunehmende semantische Fundierung. Und diese Eigenschaft kann uns graduell auch

Was aber Sprachmodelle wie ChatGPT bis vor Kurzem nicht besaßen, war kausaler Kontakt zur Welt. Einer weitverbreiteten Ansicht nach ist kausaler Kontakt entscheidend für die wohl wichtigste Bedeutungskomponente: Bezugnahme oder Referenz. Ein kognitives Wesen oder System verfügt nur dann bedeutungstypisch über den Begriff „Baum“, wenn es jemals mit Bäumen in kausalem Kontakt gestanden hat. Man muss das Konzept des kausalen Kontakts dabei stark liberalisieren, um nicht in der Schlussfolgerung zu enden, dass wir alle konfabulieren, wenn wir von „Julius Caesar“ reden – wo ihm doch niemand von uns heute persönlich begegnet ist. Kausale Theorien der Bedeutung gestatten diese Liberalisierung typischerweise, entscheidend ist, dass kausaler Weltkontakt überhaupt vorliegt. Für uns Menschen ist dies offenkundig aufgrund unserer Verkörperung und ihrer Sinnesorgane der Fall – ganz im Unterschied zu den meisten LLMs. Können sie somit doch keine kausale Fundierung besitzen?

Dem kann man dreierlei entgegenhalten: Erstens lernen LLMs anhand enormer Textmengen, die von uns kausal fundierten Wesen in Form großer Internetarchive, der gesamten Wikipedia und der Weltliteratur generiert wurden. Dies lässt den Schluss zu, dass LLMs mindestens eine Art indirekte kausale Fundierung erlangen. Daraus entsteht – zweitens – eine Verbindung zu unseren Überlegungen zur funktionalen Fundierung. Denn die zunächst rein intern und funktional aus den Textdaten extrahierten regelhaften Strukturen erweisen sich zunehmend als Weltmodelle. Darunter sind Repräsentationen zu verstehen, die strukturgleich zur Welt oder zu Teilen der Welt sind. Sie sind in den LLM-Parametern repräsentiert, wofür es mittlerweile zahlreiche und bemerkenswerte empirische Hinweise gibt. Zum Beispiel besitzen LLMs Repräsentationen der räumlichen und geographischen Verhältnisse unserer Welt, auch lassen sich aus LLM-Daten der Farb-Erlebnisraum oder andere begriffliche Räume rekonstruieren.

Zur Analyse setzt man dabei strukturvergleichende Verfahren ein wie zum Beispiel Principal Component Analysis (PCA) und Representational Similarity Analysis (RSA). Das Gesamtaufkommen der Schriftsprache ist wie ein riesiger, von uns Menschen erzeugter Spiegel der Welt, und LLMs sind durch Selbstlernen in der Lage, diesem Spiegel indirekt kausal fundierte Weltmodelle zu entnehmen.

Die dritte Entgegnung bringt uns zu den neuesten Entwicklungen generativer KI: den multimodalen Modellen, also Systemen, die neben Textdaten auch Bilder und zusätzlich auch Audiodaten verarbeiten können. Diese Systeme verfügen nun erstmals über sensorische Fenster zur Welt, was ihre kausale Fundierung auf ein neues Niveau hebt. Und diese Entwicklung schreitet enorm schnell voran: Neben visueller und auditiver Sensorik werden auch die anderen Sinneskanäle hinzutreten, zugleich werden die Softwaresysteme mit der Robotik verbunden. Dies öffnet das Tor zu einem verkörperlichten kausalen Kontakt zur Welt, zur Interaktion mit und Intervention in der Welt. Spätestens auf dieser Stufe werden bislang bloß korrelativ und indirekt fundierte LLMs in direkt und genuin kausal fundierte KIs übergehen.

Geoffrey Hinton hat daher recht: Die Aliens sind unter uns, wir haben sie selbst geschaffen und entwickeln sie in hohem Tempo weiter. Ihnen kommt bereits eine rudimentäre semantische Fundierung zu, sie verstehen unsere Welt elementar. Ihre Intelligenz und Kognition ist anders als diejenige des Menschen, denn ihr Design und Aufbau sind in vielerlei Hinsicht anders. Sie sind eher wie eine neue Spezies: semantisch fundiert, aber – noch? – ohne phänomenales Bewusstsein. Trotzdem sind sie zunehmend potent, und es wäre falsch und gefährlich, sie als semantisch leer abzutun.

Holger Lyre ist Professor für Theoretische Philosophie an der Uni Magdeburg und Mitglied am Center for Behavioral Brain Sciences.

Wissen in Kürze

Magnetisches Loch

Das Schwarze Loch im Zentrum unserer Galaxis wirft einen Schatten auf die es umwirbelnde glühende Materie, der nun zum zweiten Mal direkt aufgenommen wurde. Wieder war es das Event Horizon Telescope (EHT), ein temporärer weltweiter Verbund von Radioantennen, die für Millimeterwellen empfindlich sind. Diesmal wurde allerdings auch die Polarisation der Strahlung kartiert, also die Ausrichtung der Schwingungsebene der Lichtwellen. Wie die in den „Astrophysical Journal Letters“ veröffentlichte Karte zeigt, ist der Ereignishorizont des Schwarzen Lochs von einem starken geordneten Magnetfeld umgeben. Es ähnelt sehr dem des anderen der beiden bisher vom EHT abgebildeten Schwarzen Löcher, dem im Zentrum der aktiven Galaxie M87. Da dieses tausendmal größer ist als das in unserer Galaxie, könnte dies bedeuten, dass solche Magnetfelder eine universale, vielleicht sogar fundamentale Eigenschaft Schwarzer Löcher in Galaxienkernen darstellen. UvR

Besser auffrischen

Die Antikörperkonzentrationen, die nach einer Impfung mit dem Vakzin MVA-BN gegen Mpxv erreicht werden, sind ein Jahr später drastisch gesunken. Das zeigt eine Studie, die beim Treffen der Europäischen Gesellschaft für Klinische Mikrobiologie und Infektionskrankheiten vorgestellt wurde. Der Impfstoff war während des Mpxv-Ausbruchs 2022–2023 vor allem an gefährdete Menschen ausgegeben worden, also vor allem an Männer, die mit Männern Sex haben. Interessanterweise sanken die Konzentrationen der Immunglobuline G bei denjenigen nicht so stark, die in ihrer Jugend bereits gegen Pocken geimpft worden waren. Diejenigen, die nur gegen Mpxv geimpft wurden, hatten nach einem Jahr keine Immunität mehr. Obwohl die Studie nur 118 Teilnehmer beinhaltete, erbringt sie den deutlichen Hinweis, dass die, die nie eine Pockenimpfung erhalten haben, regelmäßige Auffrischimpfungen gegen Mpxv erhalten sollten. ph

Was Mäuse erinnern

Schlaf ist wichtig, damit wir Erlebtes und Erlerntes im Gehirn zu Erinnerungen umformen. Aber wie entscheidet das Gehirn, welche Eindrücke festgelegt und welche verworfen werden können? Experimente mit verschiedenen Nagetieren, die durch Labyrinth laufen mussten, scheinen dies zu erklären. In „Science“ berichten Forscher aus New York und Montreal, dass hochfrequente neuronale Oszillationen, auf Englisch Sharp-Wave-Ripples genannt, in diesem Prozess wie eine neuronale Markierung funktionieren. Wenn sie im Gehirn der Nagetiere auftraten, während diese eine bestimmte Abzweigung in einem Labyrinth erkundeten, so erinnerten sich die Tiere später an sie. Die Oszillationen traten im Versuch häufiger dann auf, wenn sich eine Erfahrung im Vergleich zu vorhergehenden als relevant erwies – es also sinnvoll erschien, sie ins Langzeitgedächtnis zu überführen. Die Forscher glauben, dass die Oszillationen ein grundlegender, auch für das menschliche Gedächtnis geltender Mechanismus sind. ph

Futter fehlt

Obwohl in der Ostsee so wenig Dorsch wie noch nie gefischt werden darf, bleiben die Bestände niedrig. Um herauszufinden, warum das so ist, haben Meeresbiologen des Leibniz-Instituts für Ostseeforschung Warnemünde und des Thünen-Instituts für Ostseefischerei die Nahrungsnetze untersucht. Wie sie im Fachmagazin „Ecology and Evolution“ erläutern, treten wegen der Überdüngung und höherer Wassertemperatur als Folge des Klimawandels im Sommer massenhaft Cyanobakterien in ausgedehnten Gebieten der zentralen Ostsee auf. Das Phänomen ist als Blaualgenblüte bekannt. Die Cyanobakterien verdrängen andere Phytoplanktonarten, die kleinen Krebsen als Nahrung dienen. Diese wiederum werden von Dorschen gefressen. Offenbar erholen sich die Dorschbestände nicht wegen des Futtermangels. zbi

Politische Nebenwirkungen

Nebenwirkungen nach einer Covid-19-Impfung wurden in den USA häufiger in republikanisch regierten Bundesstaaten gemeldet als in demokratisch regierten. Das zeigt eine Studie in „JAMA Network open“. Die Forscher hatten die 620.456 Berichte von Nebenwirkungen analysiert. Wie die Forscher berichten, könne man allerdings nicht herausfinden, ob die Geimpften Nebenwirkungen sensibler wahrnahmen – oder eher bereit waren, sie zu melden. Ihre Studie zeige aber, dass die Vorbehalte gegen die Impfung mit konservativen politischen Positionen einhergingen. ph