

Making AI More Intelligent – Smart Image Recognition for Autonomous Robots

Künstliche Intelligenz klüger machen –
smarte Bilderkennung für autonome Roboter





Körper European Science Prize 2023

Körper-Preis für die Europäische Wissenschaft 2023

4 Science and the Common Good
Wissenschaft und das allgemeine Wohl

12 Making AI More Intelligent
Künstliche Intelligenz klüger machen

34 The Prize Winner
Die Preisträgerin

36 Dr. Thomas Paulsen About the Körper Prize
Dr. Thomas Paulsen über den Körper-Preis

38 Selection and Decision
Auswahl und Entscheidung

40 Prize Winners and Research Projects Since 1985
Preisträger:innen und Forschungsprojekte seit 1985

Science and the Common Good

Wissenschaft und das allgemeine Wohl

Science, first and foremost, is the never-ending pursuit of knowledge. Our insatiable curiosity, once considered a vice in the European cultural sphere, is now regarded as the noblest of virtues, which ultimately gives rise to what we call scientific progress. However, when we consider science as a system, we might rather be thinking of the interplay between cooperation and competition: Researchers share their findings, form alliances, and collaborate in educating the next generation of scientists; at the same time, they compete for the best ideas, human and material resources, recognition in citation indices, and placement in international rankings. Yet the question remains whether this description of the science system, framed in terms of competition and cooperation, is sufficient for determining its unique functional logic.

In the face of growing societal challenges that are unlikely to be solved without science, we must consider how to strengthen the global scientific system—keywords being resilience and crisis management. Furthermore, we must demonstrate how science can fulfill its obligation to serve the common good. In the words of our founder Kurt A. Körber: Besides the pure acquisition of knowledge, science should also contribute to “improving the living conditions on our planet”!

Artificial Intelligence, the research field of this year’s award recipient, represents these issues like few others: While the magnitude of the questions and challenges it poses almost inevitably demand our cooperation, it is less clear how this collaboration should look like. Is it wise to implement many separate national policies for AI research in Europe? Would this not leave us lagging far behind the much larger investments in Asia and the USA? And what about the relationship between public and private research? Have the major corporations not already gained an insurmountable advantage in computing power and data availability, thus holding the crucial competitive edge? In light of this, how should we interpret the obligation of research towards the common good? Many suspect that Artificial Intelligence, much like the invention of electricity or the internet, could have a deeply world-changing impact. It is already foreseeable that AI will not only profoundly influence how we live and work, but also how we envision ourselves as humans in the years to come.

Wissenschaft – das ist zuallererst das an kein absehbares Ende kommende Streben nach Erkenntnis. Die nicht zum Stillstand zu bringende Neugier, die im europäischen Kulturkreis als *curiositas* ja durchaus zu den Lastern gezählt wurde, wird hier zur vornehmsten Tugend – bis sie schließlich das hervorbringt, was wir wissenschaftlichen Fortschritt nennen. Denkt man allerdings an Wissenschaft als System, käme einem eher das Spannungsfeld von Kooperation und Konkurrenz in den Sinn. Man teilt Forschungsergebnisse, schließt sich zu Verbänden zusammen und kooperiert bei der Ausbildung der nächsten Wissenschaftlergeneration. Gleichzeitig konkurriert man aber: um die besten Ideen, um personelle und materielle Ressourcen, um Anerkennung in Zitationsindizes oder um die Platzierung in internationalen Rankings. Doch ist diese Beschreibung des Wissenschaftssystems entlang der Begriffe Wettbewerb und Kooperation schon hinreichend für die Bestimmung seiner Funktionslogik?

Angesichts der wachsenden gesellschaftlichen Herausforderungen, die allesamt ohne Wissenschaft kaum lösbar sein dürften, muss überlegt werden, wie das globale Wissenschaftssystem gestärkt werden kann – Krisenresistenz und Krisenbewältigungsfähigkeit lauten die Stichworte. Darüber hinaus muss gezeigt werden, wie Wissenschaft ihrer Verpflichtung zur Gemeinwohl-Orientierung nachkommen kann. In den Worten unseres Stifters Kurt A. Körber: Neben reinem Erkenntnisgewinn soll Wissenschaft auch einen Beitrag zur „Verbesserung der Lebensbedingungen auf unserem Planeten“ leisten!

Das Forschungsgebiet unserer diesjährigen Preisträgerin, die Künstliche Intelligenz, bewegt sich wie kaum ein anderes in diesem Spannungsfeld: Die Größe der Fragen und Herausforderungen erfordert nahezu zwingend Kooperation – aber wie sollte diese aussehen? Ist es sinnvoll, in Europa jeweils nationale Strategien der KI-Forschung unverbunden nebeneinanderzustellen? Sind wir damit nicht hoffnungslos im Hintertreffen gegenüber den um ein Vielfaches massiveren Investitionen in Asien und den USA? Und wie steht es um das Verhältnis von öffentlicher und privater Forschung? Haben die großen Konzerne nicht längst einen uneinholbaren Vorsprung an Rechenkapazität und Datenverfügbarkeit? Und was hat es vor diesem Hintergrund mit der gebotenen Orientierung am Gemeinwohl auf sich? Nicht wenige vermuten, Künstliche Intelligenz könnte einen ähnlich weltver-



Matthias Mayer

“In the face of growing societal challenges, we must consider how to strengthen the global scientific system—and how science can serve the common good.”

„Angesichts wachsender gesellschaftlicher Herausforderungen muss überlegt werden, wie das globale Wissenschaftssystem gestärkt werden kann – und wie Wissenschaft dem Gemeinwohl dienen kann.“

At first glance, Cordelia Schmid’s breakthroughs in the integration of machine vision and machine learning may appear rather unrelated to these broader questions. However, upon closer examination, it immediately becomes evident that a self-learning image recognition system capable of the semantic interpretation of image content is a decisive step towards, for example, autonomously acting robots. Our founder, Kurt A. Körber, would undoubtedly have been delighted with the choice of this prize winner for multiple reasons: Not only has she uniquely connected fundamental research with practical applications, thus contributing to maintaining the European scientific community’s competitive position on the global stage, but she has also ensured that essential research findings in this highly competitive field remain accessible to the general public. For this she deserves our recognition and warmest congratulations!

We would also like to extend our gratitude to the committees of the prize and the outgoing chairman of our board, Professor Martin Stratmann. Not only have they contributed significantly to the overall success and prestige of the award, but have also consistently managed to identify prize winners of Cordelia Schmid’s calibre. They uphold Kurt A. Körber’s hope, namely that the prize “finds its most difficult but most rewarding purpose precisely in the rediscovery of a common European scientific solidarity.”

ändernden Charakter wie die Elektrizität oder das Internet haben. Schon jetzt ist absehbar, dass sie nicht nur unsere Lebens- und Arbeitswelt massiv beeinflussen wird, sondern auch unser zukünftiges Bild von einem gelungenen Leben.

Auf den ersten Blick scheint die konkrete Arbeit von Cordelia Schmid, die entscheidende Durchbrüche für die Verknüpfung von maschinellem Sehen und maschinellem Lernen erzielt und damit neue algorithmische Standards gesetzt hat, wenig mit diesen ganz großen Fragen zu tun zu haben. Bei einem zweiten Blick wird jedoch klar, dass eine selbständig lernende Bilderkennung mit der Fähigkeit zur semantischen Interpretation der Bildinhalte ein ganz entscheidender Schritt ist, etwa als Grundlage für autonome Roboter. Unser Stifter Kurt A. Körber wäre deshalb gleich mehrfach über die Wahl dieser Preisträgerin hocherfreut: Nicht nur hat sie auf einzigartige Weise Grundlagenforschung und Anwendung verknüpft und trägt so dazu bei, dass der europäische Wissenschaftsraum im globalen Wettstreit eine ernstzunehmende Rolle behält – sondern sie sorgt auch dafür, dass in diesem hochkompetitiven Feld zentrale Forschungsergebnisse für die Allgemeinheit zugänglich bleiben. Deshalb gebühren ihr unsere Anerkennung ebenso wie unsere herzlichen Glückwünsche!

Unser Dank gilt einmal mehr den Gremien des Preises und dem scheidenden Vorsitzenden unseres Kuratoriums, Professor Martin Stratmann. Sie tragen nicht nur maßgeblich zum Erfolg und Renommee des Preises bei, sondern schaffen es jährlich aufs Neue, Preisträgerinnen und Preisträger vom Format Cordelia Schmid zu identifizieren. Und sie sorgen dafür, dass sich die Hoffnung Kurt A. Körbers zusehends erfüllt, dass nämlich der Preis „gerade in der Wiederentdeckung einer gemeinsamen europäischen Wissenschafts-Solidarität seine schwerste, aber lohnendste Aufgabe findet“.

Matthias Mayer

Head of Science Department | Leiter des Bereichs Wissenschaft der Körber-Stiftung

Artificial Intelligence was a hot topic long before ChatGPT entered the stage.

Künstliche Intelligenz war schon lange vor ChatGPT brandaktuell.



Alan Turing (1912–1954)

1950

The Turing Test, proposed by British mathematician Alan Turing, defines when a machine can be considered “intelligent”.
Der Turing-Test des britischen Mathematikers Alan Turing definiert, ab wann eine Maschine als „intelligent“ gelten kann.

1957

US cognitive scientist Frank Rosenblatt develops the prototype of an artificial neural network.
Der US-Kognitionswissenschaftler Frank Rosenblatt entwickelt den Prototyp eines künstlichen neuronalen Netzwerks.



Frank Rosenblatt (1928–1971)

1986

US scientists develop error correction techniques that enable artificial neural networks to learn from training data.
US-Informatiker:innen entwickeln Verfahren zur Fehlerkorrektur, die künstlichen neuronalen Netzen das Lernen anhand von Trainingsdaten ermöglichen.

1996

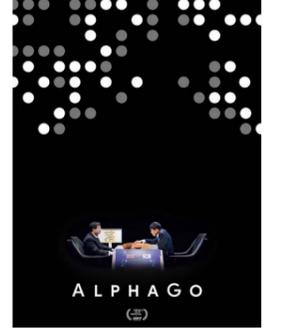
German computer scientist Cordelia Schmid invents “local image descriptors” that enable computers to find objects in images—and thus creates the basis for fast image searches on the internet.
Die deutsche Informatikerin Cordelia Schmid ersinnt „lokale Bilddeskriptoren“, mit denen Computer Objekte in Bildern auffinden können – und legt damit die Grundlage für schnelle Bildersuche im Internet.

2009

Researchers at Stanford University use powerful Nvidia GPUs for the first time in their AI calculations, opening the door to “deep learning”.
Forscher:innen der Stanford University nutzen für ihre KI-Berechnungen erstmals leistungsfähige Grafikprozessoren von Nvidia, was die Tür zu „Deep Learning“ öffnet.

2016

The AI program “AlphaGo” defeats the world champion in the Japanese board game Go.
Das KI-Programm „AlphaGo“ besiegt den Weltmeister im japanischen Brettspiel Go.



1950

1956

1957

1972

1986

1996

2009

2014

2016

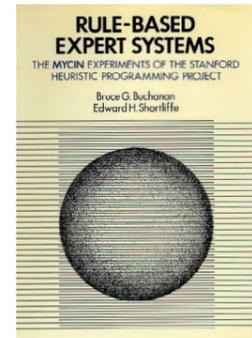
2022

1956

“Artificial Intelligence” is defined as a new field of research at the Dartmouth Conference in the USA.
Auf der Dartmouth-Konferenz in den USA wird „Künstliche Intelligenz“ als neues Forschungsgebiet festgelegt.

1972

The expert system “MYCIN” makes medical diagnoses based on stored rules.
Das Expertensystem „MYCIN“ erstellt medizinische Diagnosen auf Basis gespeicherter Regeln.



1996

The chess computer “Deep Blue” defeats the acting world chess champion Garry Kasparov.
Der Schachcomputer „Deep Blue“ besiegt den amtierenden Schachweltmeister Garri Kasparow.

2014

Google presents its first self-driving car.
Google stellt sein erstes selbstfahrendes Auto vor.



2022

The chatbot ChatGPT demonstrates the enormous skills of generative AI trained by “deep learning”.
Der Chatbot ChatGPT demonstriert die enormen Fähigkeiten von mittels „Deep Learning“ trainierten generativen KI-Systemen.

Building



Building



Building



HUMAN



HUMAN



HUMAN



HUMAN



Pushcart



HUMAN



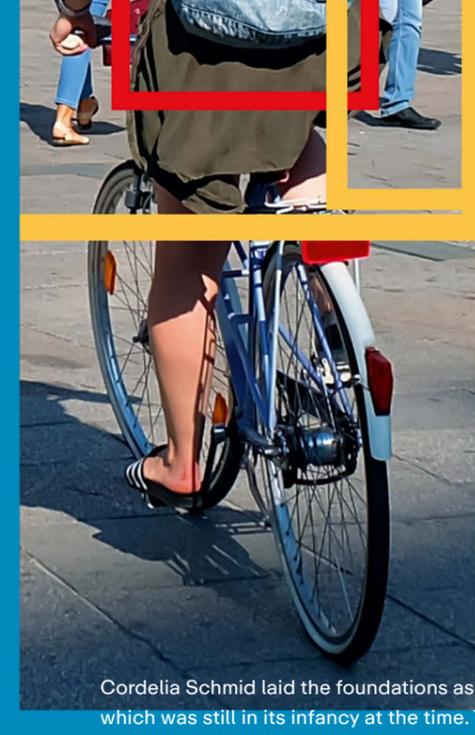
HUMAN



HUMAN



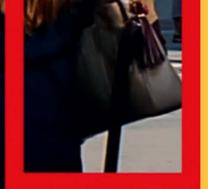
Bicycle



Bag



Bag



It's the details that matter: Using semantic image recognition, Artificial Intelligence can sort visual objects by content.

Semantische Bilderkennung beginnt im Detail: Künstliche Intelligenz kann Objekte erkennen und nach Inhalten sortieren.

Cordelia Schmid laid the foundations as early as 1996: Her "local image descriptors" gave an immense boost to image recognition, which was still in its infancy at the time. The technology was further refined after the turn of the millennium. Today, we can use search engines to find images on the internet in the blink of an eye—thanks largely to Cordelia Schmid's work. Die Grundlagen entwickelte Cordelia Schmid bereits 1996: Ihre „lokalen Bilddeskriptoren“ brachten der damals noch rudimentären Bilderkennung einen enormen Schub. Weiter verfeinert wurde die Technologie nach der Jahrtausendwende. Heute können wir mit Suchmaschinen blitzschnell Bilder im Internet finden – unter anderem wegen Cordelia Schmid's Forschung.



Future robots will be capable of much more than pouring water into a glass. Based on Cordelia Schmid's work, they will assist us in hospitals, nursing homes and even in everyday life.

Zukünftige Roboter werden zu sehr viel mehr fähig sein, als Wasser in ein Glas zu füllen. Ausgehend von Cordelia Schmid's Arbeit werden sie uns in Krankenhäusern, der Pflege und sogar im Alltag unterstützen.

Cordelia Schmid and her team have taught TIAGO, a research robot developed by the Spanish company PAL Robotics, basic human skills—pouring a glass, for example. Using the funds provided by the Körber Prize, she plans to develop robots that can perform highly complex actions on command, such as fetching cucumbers from the refrigerator, washing and cutting them. Cordelia Schmid und ihr Team haben TIAGO, einem Forschungsroboter der spanischen Firma PAL Robotics, grundlegende menschliche Fähigkeiten beigebracht – etwa ein Glas einzuschenken. Mit den Mitteln des Körber-Preises will sie Roboter entwickeln, die auf Kommando hochkomplexe Aktionen ausführen können, zum Beispiel Gurken aus dem Kühlschrank holen, sie waschen und schneiden.



Making AI More Intelligent – Smart Image Recognition for Autonomous Robots

Künstliche Intelligenz klüger machen – smarte Bildererkennung für autonome Roboter

Cordelia Schmid is a pioneer in computer-based image processing. The German computer scientist has developed groundbreaking new procedures that enable computers to understand the content of images. Thanks to her algorithms, “Artificial Intelligence” (AI) can find motifs and objects in databases containing millions of images in fractions of a second. Currently, the prize winner is researching AI systems that can semantically interpret image and audio data in videos, and that can even predict future actions. One of her goals is to develop robots that respond to spoken commands. In the future, these robots may be used as intelligent assistants in hospitals or care homes.

Cordelia Schmid ist Pionierin der computergestützten Bildverarbeitung. Die deutsche Informatikerin entwickelte bahnbrechende neue Verfahren, die Computern das inhaltliche Verstehen von Bildinhalten ermöglichen. Dank ihrer Algorithmen kann „Künstliche Intelligenz“ (KI) in Datenbanken mit Millionen Bildern in Sekundenbruchteilen gesuchte Motive und Objekte auffinden. Aktuell forscht die Preisträgerin an Systemen, die Videos mittels KI-Analyse der Bild- und Tondaten semantisch interpretieren und sogar künftige Handlungen vorhersagen können. Zu ihren Zielen zählt die Entwicklung von Robotern, die auf Sprachkommandos reagieren und unter anderem als intelligente Assistenten in Krankenhäusern oder in der Altenpflege eingesetzt werden können.

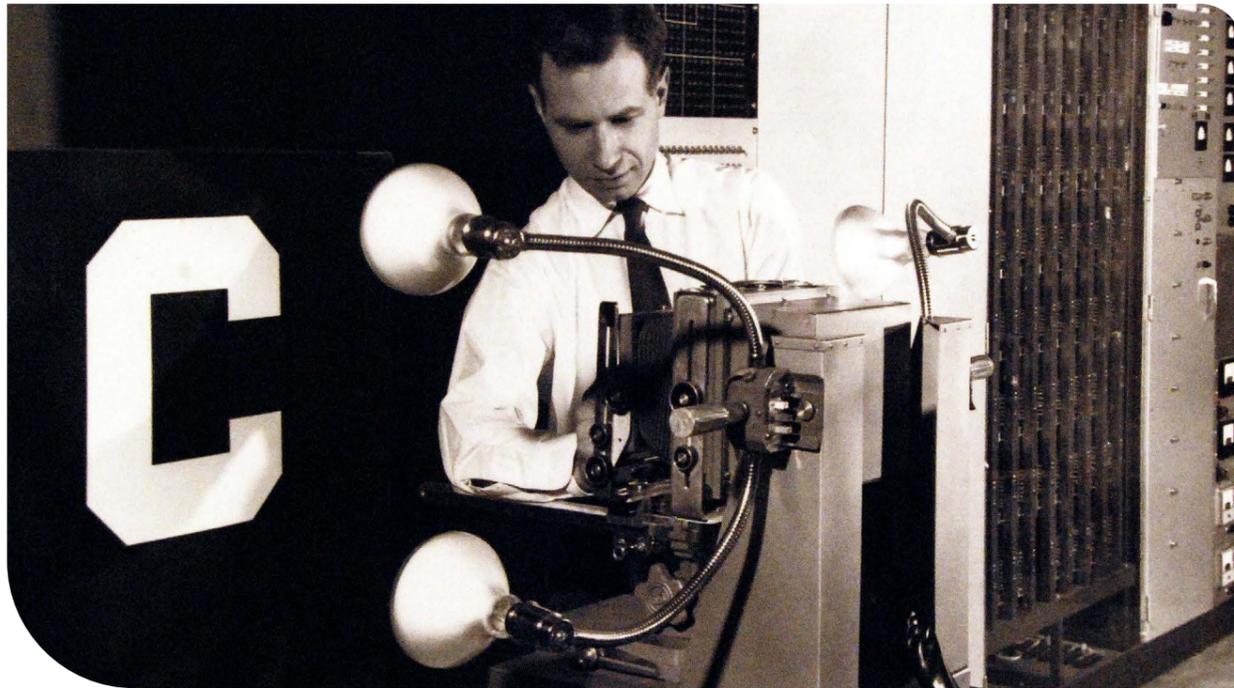


Artificial Intelligence (AI) has developed in an outright explosive manner over the course of the last ten years. In November 2022, the US company OpenAI introduced ChatGPT, a chatbot capable of understanding questions and providing elaborate answers in an eerily human manner. Ever since, AI has been a major topic in the media, with the tenor of reports ranging from exaggerated hopes to warnings of misuse. What is certain is that AI will decisively shape both the way we live and future economic developments.

Cordelia Schmid is one of the most important pioneers in AI research. In her dissertation, published in 1996, she developed fundamentally new procedures in the field of image recognition—an important subfield of AI—which led to enormous breakthroughs in computer vision. In the following years, she also succeeded in developing powerful new computer vision algorithms, which later became the established standard. Today, one focus of Cordelia Schmid's research is on “multimodal transformers”. These are computer systems which, on the basis of video and audio information, can analyse and understand the content of videos and predict forthcoming actions in these videos. This field of technology is an important intermediate step toward future robotic assistants for hospitals and care homes. The prize winner's long-term goal is to develop smart household robots that can respond to spoken commands, for example, to fetch cucumbers from the refrigerator and then even wash and cut them.

Künstliche Intelligenz (KI) hat sich in den letzten zehn Jahren geradezu explosiv entwickelt. Im November 2022 präsentierte die US-Firma OpenAI ihren Chatbot ChatGPT, der an ihn gestellte Fragen inhaltlich versteht und ebenso detaillierte wie elaborierte Antworten liefert. Spätestens seit dem beherrscht das Thema KI die Medien. Der Tenor der zahlreichen Publikationen schwankt zwischen überschießender Hoffnung und Warnungen vor Missbrauch. Sicher ist, dass Künstliche Intelligenz das Zusammenleben der Menschen und künftige wirtschaftliche Entwicklungen entscheidend prägen und verändern wird.

Cordelia Schmid ist eine der wichtigsten Wegbereiter:innen der KI-Forschung. Bereits in ihrer 1996 erschienenen Doktorarbeit entwickelte sie grundlegend neue Verfahren im Bereich Bilderkennung – ein wichtiger Untersektor der KI –, die dem Computer-Sehen zu enormen Durchbrüchen verhalfen. Auch in den Folgejahren gelang es ihr, leistungsstarke neue „Computer Vision“-Algorithmen zu entwickeln, die sich jeweils als Standard etablierten. Heute forscht Cordelia Schmid unter anderem an „multi-modalen Transformern“. Das sind Computersysteme, die Videos anhand von Bild- und Ton-Informationen analysieren, inhaltlich verstehen und kommende Aktionen in den Videos vorhersagen können. Die Technologie ist ein wichtiger Zwischenschritt zur Entwicklung künftiger Assistenz-Roboter für Krankenhäuser und Altenheime. Fernziel der Preisträgerin sind smarte Haushaltsroboter, die auf gesprochene Kommandos



The "Perceptron", an artificial neural network developed by Frank Rosenblatt in the 1950s, was already able to recognise simple objects and could, for example, differentiate between the letters "C" and "D". Today, almost all AI systems employ Rosenblatt's principle. Das „Perceptron“, ein von Frank Rosenblatt in den 1950er Jahren entwickeltes künstliches neuronales Netzwerk, konnte bereits einfache Objekte erkennen – etwa die Buchstaben „C“ und „D“ auseinanderhalten. Heute arbeiten fast alle KI-Systeme nach Rosenblatts Prinzip.

AI research began in the USA back in the 1950s. In 1956, twenty top researchers from the fields of computer science, mathematics, and information theory met at Dartmouth College in the state of New Hampshire. Their goal: understanding how a computer could be programmed to understand human language.

KI-Forschung begann bereits in den 1950er Jahren in den USA: 1956 trafen sich im Dartmouth College im US-Staat New Hampshire 20 Top-Forscher:innen aus den Bereichen Computerwissenschaft, Mathematik und Informationstheorie. Ihr Ziel war es zu verstehen, wie man einen Computer so programmieren kann, dass er die menschliche Sprache versteht.

Schmid received her master's degree in computer science in 1992 from the Karlsruhe Institute of Technology. In 1996, she was awarded her PhD at the National Polytechnic Institute of Grenoble (Grenoble INP). After working as a postdoc at the British Oxford Robotics Institute, she moved to the French National Institute for Research in Digital Science and Technology (Inria) in 1997, where she received her advanced academic qualification (habilitation) in 2001. She has been a research director of this institute since 2004. Schmid was also a co-editor of the International Journal of Computer Vision from 2004 to 2012, and from 2013 to 2018 its editor in chief. Furthermore, Schmid has worked part time for Google Research since 2018.

AI pioneers took their cue from the human brain as early as 1956

AI research began in the USA back in the 1950s. In 1956, twenty top researchers from the fields of computer science, mathematics, and information theory met at Dartmouth College in the state of New Hampshire. Their goal: understanding how a computer could be programmed to understand human language. The group quickly agreed that such a computer would in some sense have to imitate the human brain.

Two rival factions, however, quickly formed. One group around the "AI pope" Marvin Minsky

hin beispielsweise Gurken aus dem Kühlschrank holen und sie dann sogar waschen und schneiden können.

Schmid schloss ihr Informatikstudium am Karlsruher Institut für Technologie 1992 ab. 1996 promovierte sie am Institut national polytechnique de Grenoble (Grenoble INP). Nach einer Tätigkeit als Postdoc am britischen Oxford Robotics Institute forschte sie ab 1997 am französischen Institut national de recherche en informatique et en automatique (Inria), wo sie sich 2001 habilitierte. Seit 2004 ist sie Forschungsdirektorin dieses Instituts. Nebenher war Schmid von 2004 bis 2012 Mitherausgeberin und von 2013 bis 2018 Chefredakteurin der Fachzeitschrift International Journal of Computer Vision. Außerdem ist Schmid seit 2018 in Teilzeit für Google Research tätig.

KI-Pioniere orientierten sich bereits 1956 am menschlichen Gehirn

KI-Forschung begann bereits in den 1950er Jahren in den USA: 1956 trafen sich im Dartmouth College im US-Staat New Hampshire 20 Top-Forscher:innen aus den Bereichen Computerwissenschaft, Mathematik und Informationstheorie. Ihr Ziel war es zu verstehen, wie man einen Computer so programmieren kann, dass er die menschliche Sprache versteht. Die Gruppe kam schnell überein, dass dieser Computer in gewisser Weise die Funktionen des

stored numerous if-then rules in a computer. These so-called expert systems were able to independently draw conclusions. For example, given a rule A "When it rains, the street is slippery" and a rule B "When the street is slippery, there are more car accidents", such a system could conclude that "When it rains, there are more car accidents." Minsky believed that an expert system—if only it could be programmed with a sufficient number of rules or symbols—may eventually even develop something like consciousness.

The second group around the cognitive scientist Frank Rosenblatt attempted to copy the functioning of the brain in a more direct way—by using artificial neurons. A neuron in the brain has access points (dendrites) and an output point (the synapse). The information gathered by the dendrites is passed on via the synapse, which then reaches the dendrites of other neurons. This is how information is passed on within the brain. The strength of the connections is variable and is determined by the stimuli and material learned.

In 1957, Rosenblatt and his team were the first to construct a network of artificial neurons. It had inputs and outputs, similar to the neurons of the brain. The strength with which information was transmitted between these artificial neurons was determined by so-called weights. Whereas stimulating signals corresponded to weights with positive numbers, inhibiting signals were associated with

menschlichen Gehirns nachahmen müsste. Es bildeten sich allerdings zwei rivalisierende Lager. Eine Gruppe um den „KI-Papst“ Marvin Minsky speicherte im Computer etliche Wenn-dann-Regeln. Diese sogenannten Expertensysteme konnten etwa aus Regel A „Wenn es regnet, ist die Straße glatt“ und Regel B „Wenn die Straße glatt ist, passieren mehr Autounfälle“ eigenständig schlussfolgern: „Wenn es regnet, passieren mehr Autounfälle.“ Minsky glaubte, dass ein Expertensystem, wenn es nur genügend Regeln oder Symbole einprogrammiert bekäme, am Ende sogar so etwas wie Bewusstsein entwickeln könnte.

Die zweite Gruppe um Frank Rosenblatt versuchte, die Funktionsweise des Gehirns direkter zu kopieren – mit Hilfe künstlicher Neuronen. Ein Neuron im Gehirn verfügt über Eingänge (Dendriten) und einen Ausgang (die Synapse). Die mit den Dendriten gesammelten Informationen werden über die Synapse weitergeleitet und gelangen von dort zu den Dendriten anderer Neuronen. Auf diese Weise kann sich Information innerhalb des Gehirns fortpflanzen. Die Stärke der Verbindungen ist dabei variabel – und wird durch Reize und Lerninhalte geformt.

Rosenblatts Team konstruierte 1957 erstmals ein Netz aus künstlichen Neuronen. Sie besaßen, wie die Neuronen des Gehirns, Ein- und Ausgänge. Sogenannte Gewichte bestimmten, wie stark Informationen zwischen diesen künstlichen



Science is teamwork. Cordelia Schmid has published many research papers with members of her team and other collaborators. Wissenschaft ist Teamwork. Cordelia Schmid hat viele ihrer Arbeiten mit Mitarbeiter:innen und Kolleg:innen veröffentlicht.

negative numbers. Rosenblatt showed that his network—named “Perceptron”—was already capable of executing simple logical operations, using formal operators such as AND, OR, or NOT.

With his Perceptron, Rosenblatt created the prototype of an artificial neural network (ANN) and paved the way for modern AI systems. In fact, almost all of today’s AI applications are based on ANNs. In modern ANNs the neurons are arranged in numerous layers. There is an input and an output layer, with further layers for the fine-grained processing of information between them. The more layers, the more powerful the ANN’s performance. So-called deep networks have many intermediate layers.

However, in the early days of AI, a controversy arose amongst AI pioneers. Marvin Minsky and colleagues proved mathematically that it was either “impossible” or would take an “infinitely long” time to program such a powerful ANN. Subsequently, research funds were cancelled, and Minsky’s expert systems dominated the AI scene of the time—with rather modest results.

Neuronen weitergeleitet wurden. Stimulierende Signale entsprachen Gewichten mit positiven Zahlen, hemmende Signale Gewichten mit negativen Zahlen.

Rosenblatt konnte nachweisen, dass sein Netz namens „Perceptron“ bereits einfache logische Operationen mit Verknüpfungen wie AND, OR oder NOT ausführen konnte.

Rosenblatts „Perceptron“ war der Urtyp der heute verbreiteten künstlichen neuronalen Netze (KNN), auf denen fast alle aktuellen KI-Anwendungen basieren. In solchen KNNs sind die Neuronen in mehreren Schichten angeordnet. Es gibt eine Eingabe- und eine Ausgabeschicht, dazwischen liegen weitere Schichten zur Feinverarbeitung der Informationen. Je mehr Zwischenschichten es gibt, umso größer werden die Leistungen. Sogenannte Deep Networks verfügen über sehr viele Zwischenschichten.

In der Frühzeit der KI brach zwischen den KI-Pionieren zunächst ein Streit aus. Marvin Minsky und Kollegen wiesen mathematisch nach, dass es entweder „unmöglich“ sei oder „unendlich lange“ dauern würde, solch ein KNN zu programmieren. In der Folge wurden Forschungsgelder gestrichen, und Minskys Expertensysteme beherrschten die damalige KI-Szene – allerdings mit bescheidenen Erfolgen.

AI research at the cutting edge: Cordelia Schmid is a research director at the National Institute for Research in Digital Science and Technology (Inria) in Paris. KI-Forschung der Spitzenklasse: Cordelia Schmid ist Forschungsdirektorin am Institut national de recherche en informatique et en automatique (Inria) in Paris.

Artificial neural networks learn from training

ANNs had their first breakthrough in the 1980s. Rather than programming them, AI researchers solved the problem posed by Minsky by feeding ANNs training data. This made it possible, for example, to train an ANN to distinguish apples from pears. In order to do so, the input layer is connected to a camera. The goal is for the output layer to provide fitting descriptions of the content—such as “apple” or “pear”—as text on a monitor, for example. Initially, the weights in the ANN layers are set to random values. For this reason, the ANN initially makes many errors, such as reporting “apple” although a pear was displayed. To correct these mistakes, a human trainer* tells the network whether it had been right or wrong in each individual case. The ANN thus “learns” to set its weights in each of its layers closer and closer to the desired results. In the process, the mistakes are reported internally by the output layer to the input layer. After the ANN has been sufficiently trained, it is able to classify the two types of fruit as apple or pear with a high rate of success, even for new images that it has never seen before.

Cordelia Schmid’s algorithms set the stage for fast image searches on the internet

When Cordelia Schmid wrote her groundbreaking dissertation in 1996, image classification was still in its infancy: “Back in these days, the systems were only capable of recognising simple geometric shapes such as circles, triangles, or squares, and this only against a uniform background.” Schmid substantially improved image recognition by focusing on distinctive features of an image, so-called local image descriptors. These image descriptors represent the spatial dimensions of the object displayed. Image descriptors enable computers to identify an object even when it is partially hidden or displayed from a different perspective. In other words, a system employing image descriptors will recognise the Eiffel Tower even if it is photographed from below from a short distance, or slanted from the side, or from a long distance when a tree blocks the view of parts of the tower. With this innovation, Schmid laid the foundation for today’s search engines to search millions of images on the internet within seconds.

After the turn of the millennium, automatic image recognition made great advances and engendered many novel approaches. During this period, Cordelia Schmid developed benchmark tests that

* In modern ANNs, annotated training data is employed during training in which the correct classification—initially masked—has already been recorded, making it possible to automate the training. * In modernen KNNs werden für das Training „annotierte“ Trainingsdaten verwendet, in denen die korrekte Klassifizierung – zunächst verborgen – vorgespeichert ist. Damit lässt sich das Training automatisieren.

Künstliche neuronale Netze lernen durch Training

Einen ersten Durchbruch erzielten KNNs in den 1980er Jahren: KI-Forscher:innen lösten die Probleme, indem sie KNNs nicht programmierten, sondern mit Trainingsdaten fütterten. Die Netze konnten beispielsweise darauf trainiert werden, Bilder von Äpfeln und Birnen zu unterscheiden. Dazu wird die Eingabeschicht mit einer Kamera verbunden. Ziel ist, dass die Ausgabeschicht passende inhaltliche Bildbeschreibungen liefert, also „Apfel“ oder „Birne“ ausgibt – zum Beispiel als Text auf einem Monitor. Am Anfang sind die Gewichte in den KNN-Schichten auf Zufallswerte eingestellt. Deshalb macht das KNN zunächst viele Fehler, gibt also „Apfel“ aus, obwohl eine Birne gezeigt wurde. Zur Korrektur dieser Fehler teilen menschliche Trainer:innen dem Netz in jedem Einzelfall mit, ob es richtig oder falsch gelegen hat.* Auf diese Weise „lernt“ das KNN, die Gewichte in allen seinen Schichten immer feiner in Richtung der Wunschergebnisse einzustellen. Die Fehler werden dabei intern von der Ausgabeschicht zur Eingabeschicht zurückgemeldet. Wenn das KNN ausreichend trainiert ist, kann es anschließend auch auf neuen Bildern von Äpfeln oder Birnen, die es zuvor noch nie gesehen hat, die beiden Früchte mit hoher Trefferquote klassifizieren.

Algorithmen von Cordelia Schmid schaffen die Grundlagen für schnelle Bildsuche im Internet

Als Cordelia Schmid 1996 ihre bahnbrechende Doktorarbeit schrieb, steckte die Bildklassifizierung mittels Computern allerdings noch in den Kinderschuhen: „Die damals gebräuchlichen Systeme konnten nur einfache geometrische Formen wie Kreise, Dreiecke oder Quadrate erkennen, und dies auch nur bei gleichförmigem Hintergrund.“ Schmid verbesserte die Erkennung erheblich, indem sie die Systeme markante Bildpunkte finden ließ. Diese „lokalen Bilddescriptoren“ repräsentieren die räumlichen Dimensionen der gezeigten Objekte. Damit waren die Systeme in der Lage, Objekte auch dann wiederzuerkennen, wenn diese aus einer anderen Perspektive oder teilweise verdeckt gezeigt werden. Den Eiffelturm beispielsweise erkennt ein mit Bilddescriptoren arbeitendes System auch dann, wenn er perspektivisch verzerrt von unten aus geringem Abstand fotografiert wurde – oder schräg von der Seite oder aus großem Abstand, wenn ein Baum im Vordergrund einen Teil des Turms verdeckt. Schmid schuf so die Grundlagen dafür, dass wir heute durch Suchmaschinen aus



Grasping a glass: What comes easy to humans, robots have to learn the hard way.
Ein Glas greifen: Was Menschen leichtfällt, müssen Roboter mühsam erlernen.



If the robot hand squeezes too hard, it will break the glass. If it doesn't press hard enough, the glass can slip.
Drückt die Roboterhand zu stark, geht das Glas kaputt. Drückt sie zu schwach, kann es entgleiten.

With this innovation, Schmid laid the foundation for today's search engines to search millions of images on the internet within seconds.

Schmid schuf so die Grundlagen dafür, dass wir heute durch Suchmaschinen aus Millionen Bildern im Internet in Sekundenschnelle die gewünschten finden.



Image recognition involves complex calculations. Different approaches have to be weighed against each other. Bilderkennung beruht auf komplexen Berechnungen. Dabei müssen verschiedene Ansätze gegeneinander abgewogen werden.

made it possible to determine the most effective of these numerous new methods. Among the test criteria was—in addition to a high success rate in finding the desired images—that the processing speed be as fast as possible.

In 2006, Schmid developed another standard procedure for image recognition: “spatial pyramid matching”. This approach divides images into smaller and smaller sections, which makes the process of grasping spatial structures more flexible. “We were now able to clearly distinguish between categories such as ‘bedroom’ and ‘living room,’ and image content such as a beach scene was recognised at first sight,” says Schmid.

AI systems were also making advancements in other fields. Their successes in games, which previously had been considered the domain of humans, attracted special attention. As early as 1996, an IBM system named “Deep Blue” had defeated the then reigning chess world champion Garry Kasparov. Deep Blue was however not an AI, but a powerful standard computer in which the rules of chess and thousands of matches between grand masters had been programmed. Deep Blue achieved its victory over Kasparov with “brute force computing power”—it analysed 126 million positions per second.

Other games are less easily formalised, such as the Japanese board game Go. While there are also black and white stones in Go, there are as many

Millionen Bildern im Internet in Sekundenschnelle die gewünschten finden.

Nach der Jahrtausendwende machte die automatische Bilderkennung große Fortschritte und brachte viele neuartige Ansätze hervor. In dieser Zeit konzipierte Cordelia Schmid „Benchmark“-Tests, mit denen aus der Vielzahl der neuen Methoden die effektivsten ermittelt werden konnten. Zu den Testkriterien zählte neben einer hohen Trefferquote beim Auffinden gesuchter Bilder ein möglichst hohes Arbeitstempo.

2006 entwickelte Schmid ein weiteres Standardverfahren zur Bilderkennung: „Spatial Pyramid Matching“ unterteilt die zu untersuchenden Bilder sukzessive in immer kleinere Abschnitte. Damit wurde das inhaltliche Erfassen räumlicher Anordnungen noch flexibler. „Wir konnten nun bei der Bilderkennung beispielsweise die Kategorien Schlafzimmer und Wohnzimmer klar voneinander trennen, und eine Strandszene wurde sozusagen gleich auf den ersten Blick erkannt“, sagt Schmid.

Auch in anderen Bereichen leisteten KI-Systeme immer mehr. Besondere Achtungserfolge erzielten sie bei Spielen, die zuvor als Domäne des Menschen galten: Bereits 1996 besiegte ein IBM-System namens „Deep Blue“ den damals amtierenden Schachweltmeister Garri Kasparow. Deep Blue war allerdings keine KI, sondern „nur“ ein äußerst leistungsfähiger Standardcomputer, dem sämt-

As early as 1996, an IBM system named “Deep Blue” had defeated the then reigning chess world champion Garry Kasparov.

Bereits 1996 besiegte ein IBM-System namens „Deep Blue“ den damals amtierenden Schachweltmeister Garri Kasparow.

as 361 points of intersection—chess has only 64 squares. The standard method employed by chess computers, namely to run through all the possible moves one after another, fails with Go because of its greater complexity. Only an ANN was able to handle it. It was not until 2016 that the ANN “AlphaGo,” an ANN developed by the Google company DeepMind, managed to defeat the reigning Go world champion. AlphaGo was trained on 160,000 games between Go masters. In 2018, its successor AlphaGo Zero achieved superhuman capabilities. It defeated its predecessor AlphaGo in one hundred out of one hundred matches. The special feature of AlphaGo Zero: It had taught itself the rules and strategies by using deep learning. The supervised learning of

liche Schachregeln und zigtausend Meisterpartien einprogrammiert worden waren. Den Sieg über Kasparow errang Deep Blue gleichsam mit „brutaler Rechenkraft“: pro Sekunde analysierte es 126 Millionen Stellungen.

Andere Spiele sind weniger leicht formalisierbar, etwa das japanische Brettspiel Go. Bei Go gibt es lediglich schwarze und weiße Steine – und 361 Spielfelder (Schach hat nur 64). Die von Schachcomputern verwendete Standardmethode, nacheinander alle möglichen Züge durchzuprobieren, scheitert bei Go aufgrund zu hoher Komplexität. Damit konnten nur KNNs umgehen. Erst 2016 gelang es dem von der Google-Firma DeepMind entwickelten KNN „AlphaGo“, den damaligen



Go is far more complex than chess. It was not until 2016 that the AI system “AlphaGo” managed to defeat the world champion Lee Sedol. Go ist deutlich komplexer als Schach. Erst 2016 gelang es dem KI-System „AlphaGo“, gegen den Weltmeister Lee Sedol zu gewinnen.



AI versus human: Deep Blue’s victory over world chess champion Garry Kasparov sparked international attention. KI schlägt Mensch: Der Sieg von Deep Blue gegen den Schachweltmeister Garri Kasparow war eine weltweite Sensation.

early ANNs was now succeeded by unsupervised learning, which in many cases has been even more productive.

The way machine learning works can be demonstrated by the example of AI translation programs. Literal translations from one language to another are often clumsy or misleading. In order to translate accurately, programs have to consider both the particularities of each language and the semantic context. For instance, the word “nut” in connection with a screw or bolt means something different than “nut” in the context of food. Computer scientists thus had the idea to train translation ANNs using professionally created translations as the learning material.

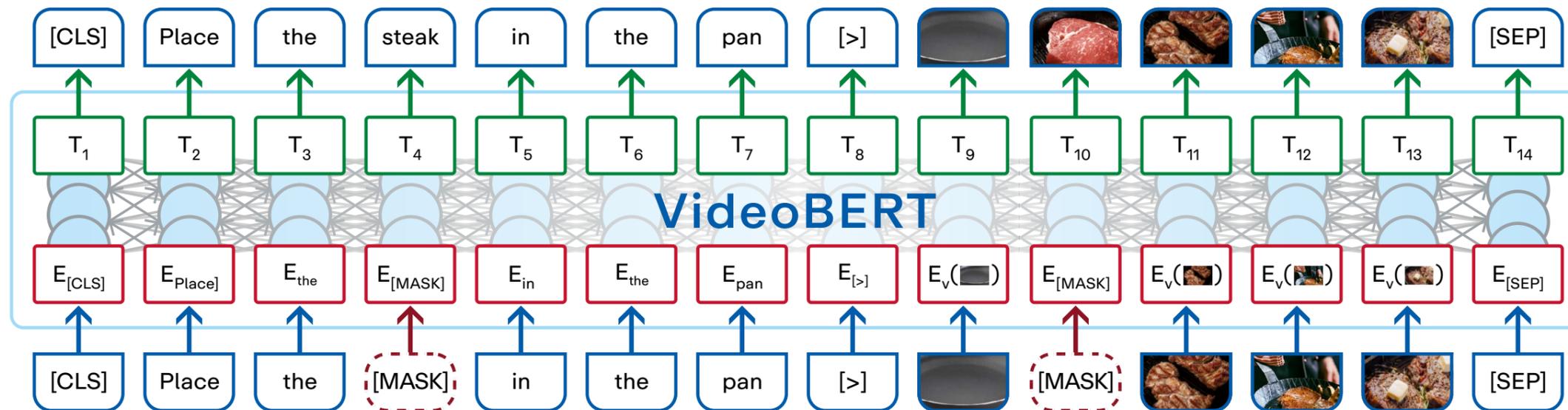
Machines learn how to learn—even without human supervision

This is how automated or “self-supervised” learning works: The ANN is given sample pairs of original

Go-Weltmeister mit 4 zu 1 zu besiegen. AlphaGo wurde mit 160.000 Go-Meisterpartien trainiert. 2018 erreichte der Nachfolger „AlphaGo Zero“ sogar gleichsam übermenschliche Fähigkeiten: Es schlug den Vorgänger AlphaGo in hundert von hundert Partien. Das Besondere an AlphaGo Zero war, dass es sich die Spielregeln und Strategien mittels „Deep Learning“ selbst beigebracht hatte. Dem „überwachten Lernen“ der frühen KNNs folgte nun das in vielen Anwendungsbereichen noch leistungsfähigere „unüberwachte Lernen“.

Maschinen „lernen das Lernen“ auch eigenständig

Wie maschinelles Lernen abläuft, lässt sich am Beispiel von KI-Übersetzungsprogrammen veranschaulichen. Eine Übersetzungs-App könnte Anwender:innen kaum überzeugen, wenn sie einen Text einfach nur Wort für Wort von einer Sprache in die andere überträgt. Sie muss auch die Eigen-



The AI model “VideoBert” simultaneously analyses images and text in videos. The system is trained by omitting parts from the audio channel—such as “steak”—which VideoBert then has to guess. The same happens in the image channel (see illustration). After training, the model can predict both forthcoming actions and speech in the video.

Das KI-Modell „VideoBert“ analysiert gleichzeitig Bild und Text in Videos. Um es zu trainieren, werden Teile aus dem Tonkanal ausgelassen – etwa „Steak“ –, die VideoBert erraten muss. Dasselbe geschieht im Bildkanal (siehe Grafik). Nach dem Training kann das Modell kommende Handlungen und Sprache im Video vorhersagen.

texts and professional translations. In a first step, roughly ten to twenty percent of individual words and sentence fragments in the translation are masked for the ANN. The ANN then compares the original text and the fragmentary translation and guesses which words or sentence fragments are the best semantic fit for the gaps. In a second step, the masking is removed, so that the ANN sees the complete professional translation. In this way, the system can learn from mistakes and expand its knowledge step by step. The ANN acquires this linguistic knowledge not by using logical rules, but in a purely statistical manner—by determining which words occur in which order most frequently in a given semantic context.

“VideoBert” uses online cooking videos for unsupervised learning

Utilising the same principle, Cordelia Schmid is currently conducting research on vision-language models, for example on a system named “VideoBert.” This system can independently analyse video instructions on the internet, such as cooking videos. One task of this AI system is to train itself to predict subsequent actions in the videos. VideoBert works multimodally, which means that it simultaneously examines the image sequences and the corresponding spoken text (e.g., “place the steak in the pan,” see figure above). In VideoBert, Schmid also utilises the masking procedure: Words or video sequences are omitted that VideoBert then has to guess. Self-supervised learning has the advantage that there are thousands of cooking videos available online that can be used free of charge.

heiten der jeweiligen Sprachen erlernen und „intelligent“ semantische Kontexte erfassen – also etwa das Wissen erlangen, dass „Mutter“ in Verbindung mit „Schraube“ etwas anderes bedeutet als „Mutter“ in Verbindung mit „Kind“. Informatiker:innen kamen auf die Idee, Übersetzungs-KNNs mit professionell erstellten Übersetzungen, die als Lernmuster dienen, zu trainieren.

Die Automatisierung des Lernens funktioniert so: Dem KNN werden Musterpaare bereits erstellter Übersetzungen vorgelegt: jeweils der Originaltext und die professionelle Übersetzung. Im ersten Schritt bleiben dem Netz jedoch einzelne Wörter und Satzteile der Übersetzung verborgen, insgesamt etwa zehn bis 20 Prozent. Das KNN vergleicht nun den Originaltext mit der lückenhaften Übersetzung und muss erraten, welche fehlenden Wörter oder Satzteile semantisch am besten in die Textlücken passen. Im zweiten Schritt wird die Maskierung aufgehoben. Dadurch „sieht“ das KNN, was der professionelle Übersetzer in den Lückentexten tatsächlich geschrieben hat. So kann es aus seinen Fehlern lernen und seinen Wissensschatz Schritt für Schritt erweitern. Dieses Sprachwissen erwirbt das KNN allerdings rein statistisch – nach dem Prinzip: Welche Formulierung tritt wann typischerweise am häufigsten auf? Logische Schlussfolgerungen verwendet es dabei nicht.

„VideoBert“ lernt unüberwacht aus Kochvideos im Internet

Nach demselben Prinzip forscht Cordelia Schmid aktuell an Vision-Language-Modellen, unter anderem an dem System „VideoBert“. VideoBert kann

After the self-training, Schmid showed VideoBert cooking videos that it had never seen before. When it saw, for example, a bowl with flour and cacao, it was able to predict that later a chocolate cake would be baked with these ingredients and could generate appropriate images of the expected final product. “Coming versions of VideoBert will even be capable of preparing written recipes after viewing new cooking videos,” Schmid adds. Based on this multimodal vision-language understanding, the prize winner is also planning to develop intelligent robot assistants for hospitals and care homes in the future.

A vision-enabled challenger of ChatGPT

One of the projects that Cordelia Schmid intends to pursue with the prize money is to design a kind of vision-enabled competitor to the chatbot ChatGPT, which is a deep ANN consisting of a particularly high number of layers. Having trained with countless data sets from the internet, ChatGPT is able to process natural language and can provide suitable answers. The result is usually eloquent and detailed. In February, the German politician Tiemo Wölken gave a speech to the European Parliament that had been written completely by ChatGPT to demonstrate the capability of the system to the public.

Schmid also considers the performance of ChatGPT “impressive,” but criticises the fact that the “model is not self-explanatory and is strongly dependent on data. It has a limited context window and cannot learn from experience. Above all, there is no physical interaction with the real world.” Schmid wants to develop a “truly intelligent” rival

unüberwacht Video-Anleitungen – etwa Kochvideos – aus dem Internet analysieren. Das KI-System hat unter anderem die Aufgabe, sich selbst beizubringen, kommende Aktionen in den Videos vorherzusagen. VideoBert arbeitet „multimodal“, das heißt, es untersucht gleichzeitig die Bildsequenzen und die dazu gesprochenen Texte (zum Beispiel „place the steak in the pan“, siehe Grafik oben). Bei VideoBert bedient sich Schmid ebenfalls des Prinzips der Maskierung: Es werden Wörter oder Videosequenzen ausgelassen, die VideoBert anschließend erraten muss. Unüberwachtes Lernen hat den Vorteil, dass viele Tausende kostenlos im Internet zur Verfügung stehende Kochvideos für das Training verwendet werden können.

Nach dem Selbst-Training zeigte Schmid VideoBert neue Kochvideos, die es vorher noch nie gesehen hatte. Es konnte beispielsweise, wenn es eine Schüssel mit Mehl und Kakao „sah“, treffsicher vorhersagen, dass aus diesen Zutaten später ein Schokoladenkuchen gebacken wird, und passende Bilder des zu erwartenden Endprodukts generieren. „Kommende Versionen von VideoBert werden sogar in der Lage sein, aus neuen Kochvideos Rezepte in Schriftform zu erstellen“, ergänzt Schmid. Auf der Grundlage dieses multimodalen Bild- und Sprachverstehens plant die Preisträgerin künftig auch die Entwicklung intelligenter Hilfsroboter für Krankenhäuser und Altenheime.

Sehfähige Konkurrenz für ChatGPT

Mit den Mitteln der Körber-Stiftung will Schmid unter anderem eine Art sehfähigen Konkurrenten für den Chatbot ChatGPT konzipieren. ChatGPT ist



Generative AI can produce arbitrary images on command, such as fictional footage of King Charles' coronation ceremony. Generative KI kann beliebige Bilder auf Kommando erzeugen, etwa fiktive Aufnahmen von der Krönungsfeier von King Charles.



When AI-generated images of Donald Trump or the Pope went viral on the internet, many users were unaware of their fictional nature. Als KI-generierte Bilder von Donald Trump oder vom Papst im Internet auftauchten, war vielen Usern der fiktive Charakter nicht bewusst.

bot capable of processing visual information and 3D environmental data, which it would continuously incorporate into its knowledge base. It should be equipped with an additional memory for this knowledge so that learned material does not remain hidden in its network of inner neuronal weights, which would be next to impossible to disentangle. Until now, conventional ANNs have been a kind of black box; no one knows precisely how they reach their decisions. In contrast, Schmid's new bot should be able to give reasons for its decisions by referring to the knowledge in its additional memory. "Our goal is to make it possible to explain the output," Schmid says. "Later, the bot should utilise its 3D visual knowledge in order to navigate autonomously in an unfamiliar environment."

That ChatGPT does not always work reliably was demonstrated by the German science journalist Jürgen Scriba, who had the idea to have ChatGPT prepare a biography of a made-up nutritional scientist named Dr. Anton Wirsing. ChatGPT put together an extensive vita and in response to questions even began to make up a story that Dr. Wirsing had emigrated to the USA and studied at Harvard—despite the fact that Dr. Wirsing had never existed.

Language-based generative AI such as ChatGPT thus opens the door for fake news. Thanks to the well-formed sentences and seemingly precise facts, these fakes appear particularly convincing and trustworthy. Because of the great danger of misuse, leading AI experts demanded in March 2023 that there be a six-month moratorium in the development of AI.

ein „tiefes“ KNN mit besonders vielen Schichten. Es beherrscht die Verarbeitung natürlicher Sprache und kann dank Training mit Abermillionen Daten aus dem Internet passende Antworten liefern. Die Ergebnisse sind meist eloquent und elaboriert. Im Februar hielt der deutsche Politiker Tiemo Wölken vor dem EU-Parlament eine Rede, die er komplett von ChatGPT verfassen ließ, um die Fähigkeiten des Systems publik zu machen.

Cordelia Schmid findet die Performance von ChatGPT ebenfalls „beeindruckend“, moniert aber, dass das „Modell nicht selbsterklärend und stark datenabhängig ist. Es hat ein limitiertes Kontextfenster und kann nicht aus Erfahrung lernen. Vor allem gibt es keine physische Wechselwirkung mit der realen Welt.“ Schmid will einen „wirklich intelligenten“ konkurrierenden Bot entwickeln, der auch visuelle Informationen und 3D-Umgebungsdaten verarbeitet und diese laufend in seine Wissensbasis einfließen lässt. Er soll mit einem Extraspeicher für Wissen ausgestattet werden, damit das Gelernte nicht im kaum entwirrbaren Netz seiner inneren Neuronen-Gewichte verborgen bleibt. Herkömmliche KNNs sind in dem Sinne bislang eine Art „Black Box“; niemand weiß genau, wie sie zu ihren Entscheidungen gekommen sind. Hingegen soll Schmid's neuer Bot Gründe für seine Entscheidungen mit Wissen aus seinem Extraspeicher beantworten können. „Unser Ziel ist, den Output erklärbar zu machen“, sagt Schmid. „Später soll der Bot die 3D-Informationen zum eigenständigen Navigieren in unbekannter Umgebung nutzen.“

Dass ChatGPT nicht immer zuverlässig arbeitet, konnte der deutsche Wissenschaftsjournalist

Growing dangers of fake news from generative AI

Further deep fake dangers stem from images and videos created or manipulated by AI. In 2014, the US computer scientist Yoshua Bengio and his colleagues succeeded in reprogramming an ANN that had been trained to provide text descriptions of images so that it could also run backwards. Put simply, the user enters a description of the desired image and the ANN creates a suitable virtual image, based on the wealth of data used in its training. By employing this image generator, artists can create truly fantastic works of art. This new style of art refers to itself as “deep art”. Recently, an AI generated photo even won the prestigious Sony World Photography Award. Yet, the new technology also enables conspiracy theorists to create fake photos of prominent people in compromising situations that look deceptively real. There are already AI-generated fake photos of Donald Trump in prison and of the Pope in a rapper outfit circulating online (see images above).

AI image generators usually employ two rivaling ANNs at the same time. The first one (the generator) produces the images or videos on the basis of text commands. The second works similarly to a human trainer and checks whether the outcome appears sufficiently genuine. The goal is reached when the control ANN (the discriminator) cannot find any more differences to the stored originals. Such an arrangement with two opposing ANNs is referred to as a generative adversarial network (GAN).

Jürgen Scriba nachweisen. Er kam auf die Idee, von ChatGPT eine Biografie des Ernährungswissenschaftlers Dr. Anton Wirsing erstellen zu lassen, den es real überhaupt nicht gibt. Dennoch spinn ChatGPT einen umfangreichen Lebenslauf zusammen und begann auf Nachfragen sogar, Dr. Wirsings Auswanderung in die USA samt Studium in Harvard zu erdichten.

Sprachbasierte generative KI wie ChatGPT öffnet damit das Tor für Fake News, die dank wohlformulierter Sätze und vermeintlich präziser Fakten besonders überzeugend und glaubwürdig wirken. Wegen der hohen Missbrauchsgefahr haben führende KI-Expert:innen im März 2023 ein sechsmonatiges Moratorium der KI-Entwicklung gefordert.

Wachsende „Fake News“-Gefahren durch generative KI

Weitere „Deep Fake“-Gefahren drohen von KI-erzeugten oder -manipulierten Bildern und Videos. Dem US-Informatiker Yoshua Bengio und Kolleg:innen gelang es 2014, ein KNN umzuprogrammieren, das darauf trainiert worden war, zu Bildern textliche Beschreibungen zu liefern. Nun konnte es gleichsam rückwärts laufen: Man tippt seinen Bildwunsch ein – und das KNN erzeugt aus seinem antrainierten Datensatz ein passendes virtuelles Bild. Künstler:innen können mit dieser generativen Bild-KI wahrhaft fantastische Kunstwerke kreieren; die neue Stilrichtung nennt sich „Deep Art“. Ein KI-generiertes „Foto“ hat kürzlich sogar den renommierten Sony World Photography Award gewonnen. Allerdings gibt die neue Technologie auch Verschwörungs-

Misleading rumours of an “AI world domination”

Due to the tremendous capabilities of recent AI, some cautionary voices claim that the systems could ultimately “achieve world domination.” For instance, Elon Musk, the American entrepreneur known for his provocative assertions, believes that AI will soon have the ability to autonomously create successors that are even more intelligent. American robot scientist Hans Moravec and inventor Ray Kurzweil had such dreams back in the 1980s. Yet, nothing of the sort has occurred so far.

theoretiker:innen Mittel in die Hand, in kürzester Zeit täuschend echt wirkende Fake-Fotos von Prominenten in kompromittierenden Situationen zu erzeugen. Im Internet kursieren bereits KI-generierte Fake-Fotos von Donald Trump als Gefängnisinsasse und vom Papst im Rapper-Outfit (siehe Fotos S. 29).

Technisch kommen bei generativer Bild-KI meist zwei rivalisierende KNNs zum Einsatz. Das erste („Generator“) erzeugt auf Textbefehle hin die Bilder oder Videos. Das zweite arbeitet ähnlich wie menschliche Trainer:innen und prüft, ob das Erzeugte hinreichend echt wirkt. Wenn das Kontroll-KNN („Diskriminator“) keine Unterschiede mehr

“Responsibly developed, AI has the potential to revolutionise our society—just as steam power and electricity once did. AI can help solve some of the most urgent problems in the world, from sustainability to health.”

„Verantwortungsvoll entwickelt, hat KI das Potenzial, unsere Gesellschaft zu revolutionieren – so wie einst Dampfkraft und Elektrizität. KI kann helfen, einige der dringendsten Probleme der Welt zu lösen, von der Nachhaltigkeit bis zur Gesundheit.“

The fact remains that AI is in principle nothing other than software running on computers—and these computers solely process the commands of a human programmer. Despite their apparent “intelligence”, which is essentially based on statistical learning, AI systems neither have consciousness nor are they capable of autonomous intentional action. There is no evidence for this to change in the foreseeable future.

Admittedly, however, AI is likely to have an impact on the future of the workforce. The World Economic Forum expects that by 2027, every eighth job could be lost as a consequence of AI. A study conducted by the Leibniz Institute for Economic Research draws a different conclusion, suggesting that in the future, AI could actually result in even more employment. Cordelia Schmid is also optimistic: “Responsibly developed, AI has the potential to revolutionise our society—just as steam power and electricity once did. AI can help solve some of the most urgent problems in the world, from sustainability to health. I personally am enthusiastic about the opportunities for research that it creates.”

zu gespeicherten Originalen finden kann, ist das Ziel erreicht. Solche gegeneinander kämpfenden KNNs werden „Generative Adversarial Networks“ (GAN) genannt.

Irreführende Gerüchte einer drohenden „KI-Weltherrschaft“

Wegen der enormen Fähigkeiten neuerer KI behaupten einige warnende Stimmen, dass die Systeme „die Weltherrschaft übernehmen“ könnten. So glaubt etwa der für provokante Thesen bekannte US-Unternehmer Elon Musk, dass KI schon bald die Fähigkeit haben werde, eigenständig intelligentere Nachfolger zu kreieren. Von solchen Utopien träumten bereits in den 1980er Jahren der US-Roboterforscher Hans Moravec und der Erfinder Ray Kurzweil. Bis heute ist nichts davon zu sehen.

Fakt bleibt, dass KI im Prinzip nichts anderes ist als auf Computern laufende Software. Und diese Rechner arbeiten lediglich die Befehle menschlicher Programmierer:innen ab. Trotz ihrer augenscheinlichen „Intelligenz“, die im Wesentlichen auf statistischem Lernen basiert, haben KI-Systeme weder Bewusstsein, noch sind sie zu eigenständigem intentionalem Handeln fähig. Nichts spricht dafür, dass sich dies in absehbarer Zeit ändert.

Wohl aber dürfte sich KI auf die künftige Arbeitswelt auswirken. Das Weltwirtschaftsforum rechnet damit, dass bis 2027 jeder achte Arbeitsplatz durch KI ersetzt werden könnte. Hingegen kommt eine Studie des Leibniz-Instituts für Wirtschaftsforschung zu dem Ergebnis, dass KI künftig nicht für weniger, sondern sogar für mehr Beschäftigung sorgen könnte. Cordelia Schmid ist ebenfalls optimistisch: „Verantwortungsvoll entwickelt, hat KI das Potenzial, unsere Gesellschaft zu revolutionieren – so wie einst Dampfkraft und Elektrizität. KI kann helfen, einige der dringendsten Probleme der Welt zu lösen, von der Nachhaltigkeit bis zur Gesundheit. Ich persönlich bin begeistert von den Forschungsmöglichkeiten, die sich dadurch eröffnen.“



Short film

Learn more about Cordelia Schmid in this short film.

Erfahren Sie mehr über Cordelia Schmid in diesem Kurzfilm.





Computer Science, often considered to be a dry subject, can also be taught in a very entertaining way. Cordelia Schmid will use part of the prize money for knowledge transfer and exchange with society. Informatik gilt als trockenes Fach. Doch es kann auch sehr unterhaltsam vermittelt werden. Einen Teil des Preisgeldes wird Cordelia Schmid für Wissensvermittlung und den Austausch mit der Gesellschaft verwenden.

The Prize Winner

Die Preisträgerin

Cordelia Schmid was born in Mainz in 1967. Her father was a physicist, and her mother a teacher of English and French, and later a housewife. “As a child I wanted to be a pilot. In school, I discovered my passion for mathematics. And my father’s profession helped me get an understanding of research early on.”

After graduating from school, Schmid studied computer science at the Karlsruhe Institute of Technology. She received her master’s degree in 1992 with a thesis on robot vision. “That inspired me to do research in the field of object recognition. At the time, computers were very bad at it; it was even difficult for them to recognise a simple cube.”

In 1996, the prize winner was awarded her PhD at the National Polytechnic Institute of Grenoble (Grenoble INP). In her dissertation, she developed fundamentally new procedures of image recognition—procedures that enabled enormous breakthroughs in computer vision and subsequently became the established standard. “It was the first study that used grey values to identify objects in images.”

After working as a postdoc at the British Oxford Robotics Institute, she moved to the French National Institute for Research in Digital Science and Technology (Inria) in Grenoble in 1997, where she received her advanced academic qualification (habilitation) in 2001. She has been a research director of this institute since 2004. Schmid also served as the co-editor of the International Journal of Computer Vision from 2004 to 2013, and from 2013 to 2018 as its editor in chief. Furthermore, Schmid has worked part time for Google Research since 2018.

The old notion that maths is “nothing for girls” is an unwarranted prejudice, according to the world renown computer scientist. Schmid was influenced by women such as the nuclear physicist Marie Curie, whose biography fascinates her. “Yet, many of my role models and mentors have been or are men.” She therefore advises “girls and women to not only stay on the lookout for female, but also for male role models and mentors in order to make a career in this supposedly male-dominated field.”

Cordelia Schmid has been awarded other scientific prizes in the past. She wishes to use the funds from the Körber-Stiftung to develop a kind of vision-enabled competitor to the chatbot ChatGPT. This new system would “also interact visually with the real world and have a separate memory for storing knowledge.”

In her free time, the prize winner enjoys reading crime stories, novels, and psychology books, including books on management. She likes to ski and loves hiking and climbing.

Cordelia Schmid wurde 1967 in Mainz geboren. Ihr Vater war Physiker, ihre Mutter Gymnasiallehrerin für Englisch und Französisch und später Hausfrau. „Als Kind wollte ich Pilotin werden. In der Schule entdeckte ich meine Leidenschaft für Mathematik. Auch der Beruf meines Vaters brachte mir früh die Forschung nahe.“

Nach dem Abitur studierte Schmid Informatik am Karlsruher Institut für Technologie. Ihren Master erlangte sie 1992 mit einer Arbeit über Roboter-Sehen. „Das hat mich inspiriert, später im Bereich Objekterkennung zu forschen. Computer waren damals sehr schlecht darin; es fiel ihnen schon schwer, einen einfachen Würfel zu erkennen.“

1996 promovierte die Preisträgerin am Institut national polytechnique de Grenoble (Grenoble INP). In ihrer Doktorarbeit entwickelte sie grundlegend neue Verfahren im Bereich Bildererkennung, die dem Computer-Sehen zu enormen Durchbrüchen verhalfen und sich in den Folgejahren als Standard etablierten. „Es war die erste Arbeit, die Grauwerte nutzte, um Objekte in Bildern zu identifizieren.“

Nach einer Tätigkeit als Postdoc am britischen Oxford Robotics Institute forschte Cordelia Schmid ab 1997 am Institut national de recherche en informatique et en automatique (Inria) in Grenoble, wo sie sich 2001 habilitierte. Seit 2004 ist sie Forschungsdirektorin dieses Instituts. Nebenher arbeitet Schmid publizistisch: Von 2004 bis 2013 war sie Mitherausgeberin der Fachzeitschrift International Journal of Computer Vision und von 2013 bis 2018 deren Chefredakteurin. Außerdem ist Schmid seit 2018 in Teilzeit für Google Research tätig.

Die alte Vorstellung, dass Mathe „nichts für Mädchen“ sei, hält die weltweit renommierte Informatikerin für ein ungerechtfertigtes Vorurteil. Geprägt wurde Schmid durch Frauen wie die Kernphysikerin Marie Curie, deren Biographie sie faszinierte. „Doch viele meiner Vorbilder und Mentoren waren und sind Männer.“ Daher rät sie „Mädchen und Frauen, nicht nur nach weiblichen, sondern auch nach männlichen Vorbildern und Mentoren Ausschau zu halten, um eine Karriere in vermeintlich männerdominierten Branchen zu machen“.

Für ihre Forschungsarbeiten wurde Cordelia Schmid bereits zuvor mit mehreren Preisen ausgezeichnet. Mit den Mitteln der Körber-Stiftung will sie eine Art sehfähigen Konkurrenten für den Chatbot ChatGPT entwickeln, der „über Kameras auch optisch mit der realen Welt wechselwirkt und über einen separaten Wissensspeicher verfügt“.

In ihrer Freizeit liest die Preisträgerin gern Krimis, Romane und Psychologiebücher, darunter solche, die sich mit Management befassen. Sie fährt gern Ski und liebt Wandern und Klettern.



Dr. Thomas Paulsen About the Körber Prize

Dr. Thomas Paulsen über den Körber-Preis



Dr. Thomas Paulsen, Board of the Körber-Stiftung
Vorstand der Körber-Stiftung

“The Körber Prize is not just another source of funding. It supports scientific projects without the pressures of commercialisation and research bureaucracy.”

„Der Körber-Preis ist kein ‚Fördertopf‘ neben anderen. Er ermöglicht wissenschaftliche Projekte abseits von Verwertungsdruck und Forschungsbürokratie.“

Dr. Paulsen, what makes the Körber Prize special?

The Körber Prize is the only major science award with a decidedly European focus. Europe needs excellent science in order to keep up with research environments in the USA and Asia. That’s why the Körber Prize honours researchers from Europe’s scientific community who have demonstrated remarkable achievements and are expected to make further breakthroughs in the future. It is perhaps no coincidence that so far eight Körber Prize laureates have also been awarded the Nobel Prize. The significance of the Körber Prize is also underscored by its substantial prize money of one million euros, making it one of the most highly endowed science prizes in the world.

In times of third-party funding and industrial research, isn’t that just a drop in the bucket?

Not at all! The Körber Prize is not just another source of funding, but a distinction for outstanding scientific accomplishments. More importantly, it supports scientific projects without the pressures of commercialisation and research bureaucracy. Science is an open and often unpredictable process. It is for this reason that the Körber Prize allows a great freedom in the allocation of the prize money, enabling the winners to focus on the science instead of getting bogged down writing project reports.

Freedom of research sounds good. But what’s in it for society?

We want to overcome the tension between scientific freedom and social benefit. The Körber Prize

Herr Dr. Paulsen, was macht den Körber-Preis besonders?

Unter den großen Wissenschaftspreisen ist der Körber-Preis der einzige mit einer dezidiert europäischen Ausrichtung. Europa braucht exzellente Forschung, um den Anschluss an den amerikanischen und asiatischen Wissenschaftsraum nicht zu verlieren. Deswegen zeichnet der Körber-Preis Forscherinnen und Forscher aus der Europäischen Wissenschaftsgemeinschaft aus, von denen neben ihren bisherigen Leistungen auch zukünftige Durchbrüche zu erwarten sind. Vielleicht ist es daher auch kein Zufall, dass inzwischen acht Körber-Preisträgerinnen und -Preisträger auch den Nobelpreis erhalten haben. Diese besondere Bedeutung wird auch durch das Preisgeld unterstrichen: Mit einer Million Euro ist der Körber-Preis einer der höchstdotierten Wissenschaftspreise weltweit.

In Zeiten von Drittmitteln und Industrieforschung: Ist das nicht ein Tropfen auf den heißen Stein?

Keineswegs! Der Körber-Preis ist kein „Fördertopf“ neben anderen, sondern eine Ehrung herausragender Forschungsleistungen. Mehr noch: Er ermöglicht den Preisträgerinnen und Preisträgern wissenschaftliche Projekte abseits von Verwertungsdruck und Forschungsbürokratie. Wissenschaft ist ein offener, häufig unberechenbarer Prozess. Deswegen lässt der Körber-Preis viel Freiheit bei der Verwendung der Mittel. So können sich die Preisträgerinnen und Preisträger auf die Wissenschaft konzentrieren, anstatt sich im Schreiben von Projektberichten zu verlieren.

therefore rewards research that holds the prospect of creating actual social value. This is expressed in the words of our founder Kurt A. Körber, who initiated the prize to contribute “to sustaining the living conditions on our planet”. A perfect example is this year’s winner Cordelia Schmid. As a result of her work on artificial intelligence, it may be possible to tackle many social problems in the future, such as the overloading of the healthcare and nursing systems or the lack of workers in many areas.

At the same time, AI poses challenges to society. Which will prevail from your point of view: the benefits or the risks?

They are equally important. AI can simplify tasks and make many things more efficient, but it can also lead to the loss of jobs, to discrimination, and to the spread of fake news. Therefore, we have to be aware when dealing with AI and perhaps acquire new skills in order to better understand it. Yet, we should remain open to this new development. Here I agree with Cordelia Schmid: Responsibly developed, AI has an unimaginable potential, which should definitely be utilised. That’s why the Körber-Stiftung actively promotes engagement with AI—with this year’s Körber Prize, but also in many other projects.

Forschungsfreiheit klingt gut. Doch was hat die Gesellschaft davon?

Wir wollen das Spannungsfeld von wissenschaftlicher Selbstbestimmung und gesellschaftlichem Nutzen überwinden. Deswegen prämiiert der Körber-Preis Forschung, die eine Aussicht darauf hat, echte soziale Werte zu schaffen. Das kommt in den Worten unseres Stifters Kurt A. Körber zum Ausdruck, mit dem Preis zur „Erhaltung der Lebensbedingungen auf unserem Planeten“ beizutragen. Wie dies gehen kann, illustriert Cordelia Schmid: Durch ihre Arbeit zur Künstlichen Intelligenz könnten in Zukunft viele gesellschaftliche Probleme angegangen werden, etwa die Überlastung des Gesundheits- und Pflegesystems oder das Fehlen von Arbeitskräften in vielen Bereichen.

Gleichzeitig stellt KI die Gesellschaft vor Herausforderungen. Was überwiegt aus Ihrer Sicht: Nutzen oder Risiken?

Beides muss beachtet werden. KI kann Arbeit erleichtern und vieles effizienter machen – sie kann aber auch zum Verlust von Arbeitsplätzen, Diskriminierung oder der Verbreitung von Falschmeldungen führen. Deswegen müssen wir uns bewusst mit KI auseinandersetzen und vielleicht auch neue Kompetenzen erlernen. Dennoch sollten wir uns dieser Entwicklung nicht versperren. Hier stimme ich Cordelia Schmid zu: Verantwortungsvoll entwickelt, hat KI ein unglaubliches Potenzial, das wir unbedingt nutzen sollten. Deswegen fördert die Körber-Stiftung die Auseinandersetzung mit KI – mit dem diesjährigen Körber-Preis, aber auch mit vielen anderen Projekten.

Selection and Decision

Auswahl und Entscheidung



The Körber European Science Prize is presented annually, honouring outstanding scientists working in Europe. The Prize is awarded to excellent and innovative research projects that show great potential for possible application and international impact. A personal application is not allowed.

At the beginning of the decision process, renowned scientists from all over Europe, grouped into two Search Committees, select promising candidates. In alternate years, suitable individuals are sought from the field of life sciences and physical sciences respectively. Those who are shortlisted are asked to submit a detailed proposal for a research project which is then judged in two rounds of assessment by the Search Committee. The work of the Search Committee is supported by international experts who give their independent opinions on the candidates and their projects. A maximum of five candidates are subsequently recommended to the Trustee Committee which, based on a summary of expert assessments, previous publications and scientific career history, decides on the new prize winner.

Der Körber-Preis für die Europäische Wissenschaft zeichnet jährlich herausragende und in Europa tätige Forscher:innen aus. Prämiert werden exzellente und innovative Forschungsansätze mit hohem Anwendungspotenzial auf dem Weg zur Weltgeltung. Eine Bewerbung ist nicht möglich.

Zu Beginn des Entscheidungsprozesses wählen renommierte Wissenschaftler:innen aus ganz Europa, zusammengefasst in zwei Search Committees, vielversprechende Kandidaten:innen aus. Gesucht werden im jährlichen Wechsel geeignete Personen aus den Life oder Physical Sciences. Wer in die engere Wahl kommt, wird aufgefordert, einen detaillierten Vorschlag zu einem Forschungsprojekt einzureichen, das dann in zwei Bewertungsrunden vom Search Committee beurteilt wird. Unterstützt wird die Arbeit der Search Committees durch internationale Gutachter:innen, die unabhängige Urteile über die Kandidaten:innen und deren Projekte abgeben. Bis zu fünf Kandidaten:innen werden abschließend dem Kuratorium vorgelegt, das in einer Gesamtschau von gutachterlicher Bewertung, bisher erbrachter Publikationsleistung und wissenschaftlichem Werdegang über die neue Preisträgerin oder den neuen Preisträger entscheidet.

Search Committee Physical Sciences

Prof. Dr. Sir John O'Reilly, Chairman
Former Director General of Knowledge and Innovation,
United Kingdom

Prof. Dr. Frede Blaabjerg
Faculty of Engineering and Science, Aalborg University,
Denmark

Prof. Dr. Amal El Fallah Seghrouchni
Laboratoire d'Informatique de Paris 6, Sorbonne University,
Paris, France

Prof. Dr. Klaus Ensslin
Department of Physics, ETH Zurich, Switzerland

Prof. Dr. Claudia Felser
Director, Max-Planck-Institute for Chemical Physics of
Solids, Dresden, Germany

Prof. Dr. Daniela Jacob
Director, Climate Service Center Germany, Helmholtz-
Zentrum Hereon, Hamburg, Germany

Prof. Dr. Rosa Menéndez
Carbon Science and Technology Institute, Madrid, Spain

Trustee Committee Kuratorium

Prof. Dr. Patrick Cramer, Chairman
President, Max Planck Society, Germany

Prof. Dr. Sir Anthony Kevin Cheetham
Materials Department, University of California
Santa Barbara, USA

Prof. Dr. Sir Richard Friend
Department of Physics, University of Cambridge,
United Kingdom

Prof. Dr. Alain Fuchs
President, University Paris Sciences & Lettres, France

Prof. Dr. Gerald Haug
President, German Academy of Sciences Leopoldina,
Halle (Saale), Germany

Prof. Dr. Edith Heard
Director General, European Molecular Biology Laboratory,
Heidelberg, Germany

Prof. Dr. Bert Meijer
Director, Institute for Complex Molecular Systems,
Eindhoven University of Technology, Netherlands

Prof. Dr. Felicitas Paus
Department of Physics, ETH Zurich, Switzerland

Prof. Dr. Maciej Żylicz
President, Foundation for Polish Science, Warsaw, Poland

Prize Winners and Research Projects Since 1985

Preisträger:innen und Forschungsprojekte seit 1985

- 1985** Applications of Shock Waves in Medicine
Stoßwellen-Anwendungen in der Medizin
Walter Brendel, Michael Delius, Georg Enders, Joseph Holl, Gustav Paumgartner, Tilman Sauerbruch
- 1985** Back Pressure Casting Technology
Gegendruck-Gieß-Technologie
Teodor Balevski, Rumen Batschvarov, Emil Momtschilov, Dragan Nenov, Rangel Zvetkov
- 1986** Retrovirus Research (AIDS)
Retrovirus-Forschung (AIDS)
Jean-Claude Gluckman, Sven Haahr, George Janossy, David Klatzmann, Luc Montagnier (Nobel Prize 2008), Paul Rác
- 1987** Further Development of Electron Holography
Weiterentwicklung der Elektronen holographie
Karl-Heinz Herrmann, Friedrich Lenz, Hannes Lichte, Gottfried Möllenstedt
- 1987** Creating Ultralow Temperatures
Erzeugung von Ultratiefemperaturen
Riitta Hari, Matti Krusius, Olli V. Lounasmaa, Martti Salomaa
- 1988** Extending the Hamburg Pyrolytic Technique to Destroy Toxic Wastes
Erweiterung des Hamburger Pyrolyseverfahrens zur Vernichtung auch toxischer Abfallstoffe
Alfons Buekens, Vasilij Dragalov, Walter Kaminsky, Hansjörg Sinn
- 1989** Active Substances from Plant Cell Cultures
Wirkstoffe pflanzlicher Zellkulturen
Christian Brunold, Yury Y. Gleba, Lutz Nover, J. David Phillipson, Elmar W. Weiler, Meinhart H. Zenk
- 1990** Forecasting Short-Term Changes in Climate
Vorhersage kurzfristiger Klimaveränderungen
Lennart Bengtsson, Bert Bolin, Klaus Hasselmann (Nobel Prize 2021)
- 1991** Recognizing and Preventing Cancer Caused by Environmental Chemicals
Erkennung und Verhütung von Krebserkrankungen durch Umweltchemikalien
Lars Ehrenberg, Dietrich Henschler, Werner Lutz, Hans-Günter Neumann
- 1992** The Spread and Transformation of Contaminants in Ground Water
Ausbreitung und Wandlung von Verunreinigungen im Grundwasser
Philippe Behra, Wolfgang Kinzelbach, Ludwig Luckner, René P. Schwarzenbach, Laura Sigg
- 1993** Bionics of Walking: The Technical Application of Biological Knowledge
Bionik des Laufens – Technische Umsetzung biologischen Wissens
Felix Chernousko, François Clarac, Holk Cruse, Friedrich Pfeiffer
- 1994** Modern Plant Breeding: From the Cell to the Plant
Moderne Pflanzenzüchtung – Von der Zelle zur Pflanze
Dénes Dudits, Dirk Inzé, Anne Marie Lambert, Horst Lörz
- 1995** Genetic Probes in Environmental Research and Medicine
Gensonden in Umweltforschung und Medizin
Rudolf Amann, Erik C. Böttger, Ulf B. Göbel, Bo Barker Jørgensen, Niels Peter Revsbech, Karl-Heinz Schleifer, Jiri Wanner
- 1996** The Habitat of Treetops in the Tropics
Lebensraum tropische Baumkronen
Pierre Charles-Dominique, Antoine Cleef, Gerhard Gottsberger, Bert Hölldobler, Karl E. Linsenmair, Ulrich Lüttge
- 1996** Computer-Assisted Design of Materials
Computergesteuerte Gestaltung von Werkstoffen
Michael Ashby, Yves Bréchet, Michel Rappaz
- 1997** Mutant Mouse Models in Clinical Research
Mausmutanten als Modelle für die klinische Forschung
Pawel Kisielow, Klaus Rajewsky, Harald von Boehmer
- 1998** Magnetic Resonance Tomography with Helium-3
Kernspintomographie mit Helium-3 – Neue Wege in der Lungendiagnostik
Werner Heil, Michèle Leduc, Ernst W. Otten, Manfred Thelen
- 1998** Electronic Micronoses to Enhance Safety at the Workplace
Elektronische Mikronasen für mehr Sicherheit am Arbeitsplatz
Henry Baltes, Wolfgang Göpel, Massimo Rudan
- 1999** High-Altitude Platforms for Telecommunications
Hoch fliegende Plattformen für Telekommunikation
Bernd Kröplin, Per Lindstrand, John Adrian Pyle, Michael André Rehmet
- 2000** Perception of Shape in Technology with Insights from Nature
Gestaltwahrnehmung in der Technik mit Erkenntnissen aus der Natur
Rodney Douglas, Amiram Grinvald, Randolph Menzel, Wolf Singer, Christoph von der Malsburg
- 2001** Optimised Crops Through Genetic Engineering
Optimierte Nutzpflanzen dank Gentechnik
Wolf-Bernd Frommer, Rainer Hedrich, Enrico Martinoia, Dale Sanders, Norbert Sauer
- 2002** Scarfree Wound Healing Using Tissue Engineering
Narbenlose Wundheilung durch Tissue Engineering
Mark W. J. Ferguson, Jeffrey A. Hubbell, Cay M. Kielty, G. Björn Stark, Michael G. Walker
- 2003** Light-driven Molecular Walkers
Ein mit Licht betriebener molekülgroßer Motor
Ben L. Feringa (Nobel Prize 2016), Martin Möller, Justin E. Molloy, Niek F. van Hulst
- 2004** Therapies for a New Group of Hereditary Diseases
Therapien für eine neue Gruppe von Erblichen
Markus Aebi, Thierry Hennet, Jaak Jaeken, Ludwig Lehle, Gert Matthijs, Kurt von Figura
- 2005** Taking Light onto New Paths
Mit Licht auf neuen Wegen
Philip St. John Russell
- 2006** Chaperones of the Protein Folding in Biotechnology and Medicine
Chaperone der Proteinfaltung in Biotechnologie und Medizin
F. Ulrich Hartl
- 2007** Automated Synthesis of Carbohydrate Vaccinations Against Tropical Diseases
Automatische Synthese von Kohlenhydratimpfstoffen gegen Tropenkrankheiten
Peter H. Seeberger
- 2008** Drugs to Fight Cancer and Aging
Medikamente gegen Krebs und das Altern
Maria Blasco
- 2009** Graphene, the Thinnest Material in the Universe
Graphen, das dünnste Material im Universum
Andre K. Geim (Nobel Prize 2010)
- 2010** Auxin – Understanding Plant Growth
Auxin – Einsicht ins Pflanzenwachstum
Jiří Friml
- 2011** Bright Spots in the Nano World
Lichtblicke in die Nano-Welt
Stefan W. Hell (Nobel Prize 2014)
- 2012** Dragnet Investigation of Protein
Rasterfahndung nach Proteinen
Matthias Mann
- 2013** Quantum Gas in the Laser Cage
Quantengas im Laserkäfig
Immanuel F. Bloch
- 2014** The Brain's Navigation System
Das Navigationssystem des Gehirns
May-Britt Moser and Edvard I. Moser (Nobel Prize 2014)
- 2015** The Dawn of the Oxide Age
Aufbruch ins Oxid-Zeitalter
Nicola Spaldin
- 2016** Replacement Organs from a Petri Dish
Ersatzorgane aus der Petrischale
Hans Clevers
- 2017** Gravity Signals from the Depths of the Universe
Schwerkraftsignale aus den Tiefen des Alls
Karsten Danzmann
- 2018** The Genes of the Neanderthals
Die Gene der Neandertaler
Svante Pääbo (Nobel Prize 2022)
- 2019** The Computing Tricks of Artificial Intelligence
Die Rechenricks der Künstlichen Intelligenz
Bernhard Schölkopf
- 2020** New Vision for the Blind
Neues Sehen für Erblindete
Botond Roska
- 2021** New Batteries for More Climate Protection
Neue Batterien für mehr Klimaschutz
Clare Grey
- 2022** Condensates – Cell Droplets as Biochemical Minilaboratories
Kondensate – Zelltröpfchen als biochemische Mini-Labore
Anthony Hyman

For more information visit
www.koerber-stiftung.de/en/koerber-prizewinners/

About the foundation

Social development needs dialogue and understanding. Through our operational projects, in our networks and in conjunction with partners, we take on current social challenges in the areas of activities comprising “Knowledge for Tomorrow”, “International Dialogue”, “Vibrant Civil Society”, and “Cultural Impulses for Hamburg”.

Inaugurated in 1959 by the entrepreneur Kurt A. Körber, we conduct our own national and international projects and events. In particular, we feel a special bond to the city of Hamburg. We also maintain an office in Berlin.

www.koerber-stiftung.de

About the prize

The **Körber European Science Prize** is presented annually, honouring outstanding scientists working in Europe for their promising research projects. The prize, endowed with one million euros, is awarded to excellent and innovative research projects that show great potential for possible application and international impact.

www.koerber-prize.org

Körber-Stiftung
Kehrwieder 12
20457 Hamburg
www.koerber-stiftung.de

Körber European Science Prize

Matthias Mayer
Head of Science Department
mayer@koerber-stiftung.de
Phone +49 40 80 81 92 142
Twitter @KoerberScience

Legal note

Publisher Körber-Stiftung, Hamburg

Responsible according to German press law Dr. Lothar Dittmer

Editors Matthias Mayer, Dr. Markus Dressel, Franziska Heese

Author Claus-Peter Sesín

Translators Dr. Michael Wilson, Jacqui Allen, Dr. Markus Dressel

Photos and images Marcus Gloger/Körber-Stiftung, David Ausserhofer/Körber-Stiftung (p. 5), Wikimedia Commons (p. 6, left), Division of Rare and Manuscript Collections/Cornell University Library (p. 6, second from left), Buchanan and Shortliffe/Addison Wesley (p. 6, third from left), picture-alliance/AP Photo/Tony Avelar (p. 7, left), picture-alliance/Everett Collection (p. 7, right), Adobe Stock (p. 8), Wikimedia Commons (p. 16), picture-alliance/dpa/Stan Honda (p. 24), picture-alliance/AP Photo/Ahn Young-joon (p. 25), Neil Mason/Start Digital (p. 28), Eliot Higgins/Twitter (p. 29, left), Pablo Xavier/Reddit (p. 29, right), Claudia Höhne/Körber-Stiftung (p. 37)

Design and Composition Klötzner Company Werbeagentur GmbH

Illustration Cordelia Schmid/Klötzner Company Werbeagentur GmbH (p. 26/27), photos within the figure: Shutterstock

Lithography AlsterWerk MedienService GmbH

Printed by Eurodruck

Gesellschaftliche Entwicklung braucht Dialog und Verständigung. Mit operativen Projekten, in Netzwerken und gemeinsam mit Partner:innen stellen wir uns aktuellen Herausforderungen. In unseren Handlungsfeldern „Wissen für morgen“, „Internationale Verständigung“ und „Lebendige Bürgergesellschaft“ sowie mit den „Kulturimpulsen für Hamburg“ möchten wir Debatten anregen, Lösungen erproben und Menschen in unserem Umfeld motivieren mitzumachen.

1959 von dem Unternehmer Kurt A. Körber ins Leben gerufen, sind wir heute mit eigenen Projekten und Veranstaltungen national und international aktiv. Unserem Heimatsitz Hamburg fühlen wir uns dabei besonders verbunden, außerdem unterhalten wir einen Standort in Berlin.

www.koerber-stiftung.de

Der **Körber-Preis für die Europäische Wissenschaft** zeichnet jährlich herausragende und in Europa tätige Wissenschaftler:innen für deren innovative und vielversprechende Forschungsarbeiten aus. Mit dem Preisgeld in Höhe von einer Million Euro wird anwendungsbezogene Forschung in den Life und Physical Sciences prämiert.

www.koerber-preis.de



**European Science.
Worldwide Knowledge.**
Forschung aus Europa. Wissen für die Welt.

koerber-prize.org

Körber-Stiftung
Kehrwieder 12
20457 Hamburg
www.koerber-stiftung.de