

**Mensch, Roboter!**  
**Leben mit Künstlicher Intelligenz und Robotik**  
*Ausstellungstexte*

**Inhaltsverzeichnis**

<b>Mensch, Roboter! – Leben mit Künstlicher Intelligenz und Robotik.....</b>	<b>4</b>
Natürliches Gehirn und neuromorpher Chip .....	5
Beppo .....	6
Timeline KI .....	6
Timeline Robotik .....	10
Humans Need Not To Count.....	12
<b>Maschinelles Denken und Planen – Durch Erfahrung lernen .....</b>	<b>13</b>
Chess Challenger Voice .....	14
Mephisto I .....	15
Mephisto Modular MM 3000.....	15
Chess-Master .....	16
Phantom 6100.....	16
Die ultimative Maschine .....	17
Fritz .....	17
Theseus Labyrinth nach Claude Shannon.....	18
<b>Spielwiese Robotik – Experimentieren und lernen mit Robotern.....</b>	<b>18</b>
Lernroboter von Wonder Workshop.....	19
Fußballroboter der RoboCup Small Size League .....	20
Fußballroboter der RoboCup Middle Size League .....	21
Fußballroboter der RoboCup Small Size League .....	21
NAO-Roboter der RoboCup Standard Platform League .....	21
Omnibot 2000 .....	22
Airat2 Micromouse .....	23
Spurtmobil.....	23
Spielzeugroboter MiP .....	24
Lernroboter SPRK+ .....	24
Pino – Humanoider Spielroboter .....	25
LEGO Mindstorms EV3.....	26

Cozmo .....	26
DOBOT Magician Roboterarm .....	27
<b>Roboter in Bewegung – Kriechen, rollen, gehen, greifen .....</b>	<b>28</b>
Iigus Humanoid Open Platform .....	29
LAURON III .....	30
Roboter von Boston Dynamics und Festo .....	31
Dreifingergreifer mit Tastsensoren .....	31
µAUV – Autonomes Unterwasserfahrzeug .....	32
Modulares Greifsystem Soest-Hand .....	32
Kärcher Reinigungsroboter RC 3000 .....	33
Roomba 980 – Staubsaugerroboter .....	33
Sehsystem aus VaMoRs der ersten Generation .....	34
Autonomes Fahren und die Frage nach der Maschinenethik .....	35
<b>Sehen, um zu verstehen – Erkennen, analysieren, überwachen .....</b>	<b>36</b>
Fußball-Roboter Sweaty .....	37
Operationsroboter CASPAR .....	37
AirRobot AR 100-B – Mikrodrohne .....	38
Zeichenroboter Vincent .....	39
Gesichtserkennung SHORE .....	40
Überliste den Algorithmus .....	40
<b>Robotische Assistenten im Alltag – Im Dialog mit der Maschine.....</b>	<b>41</b>
Billy-Billy .....	42
Hello Barbie .....	43
My Friend Cayla .....	43
DragonBot – Sozialer robotischer Gefährte .....	44
Intelligente Persönliche Assistenten .....	44
JIBO – Sozialer Assistent fürs Familienleben .....	46
<b>Social Robots – Humanoide Gefährten des Menschen .....</b>	<b>47</b>
Nadine – Ein Roboterklon .....	48
Artificial Virtual Human MAX .....	49
Sprich mit ELIZA .....	49
Gesichtsroboter Mark II .....	50

Lazlo & Kismet .....	51
Sozialer Roboterkopf Floka.....	52
Ein verwirrendes Potenzial.....	52
Pepper – Humanoid und interaktiv .....	53
Telenoid .....	54
Aibo ERS-111.....	54
Aibo ERS-1000.....	55
<b>Computerkunst – Bilder aus Bits und Bytes .....</b>	<b>56</b>
KI – Kreative Inspiration.....	57
Die Anfänge der Computeranimation.....	58
Büste von Marylin, Gipsmodell.....	59
AI Duet – Spiele ein Duett mit dem Computer.....	59
The Electronic Curator .....	60
DeepBach.....	60
Doodle Tunes .....	61
Deep Art Effects .....	61
Tandem.....	62
Quick Draw.....	63
Video D.O.U.G. 1 & 2 .....	63
<b>Elektronische Musik – Musikvielfalt durch Computertechnik.....</b>	<b>64</b>
Fairlight CMI.....	65
MIDI.....	65
<b>Interfaces – Kommunikation zwischen Mensch und Maschine.....</b>	<b>66</b>
Sound-Controlled Intergalactic Teddy.....	66
OptiKey – Bildschirmtastatur.....	67
Be-greifbare Interaktion im virtuellen Raum .....	67
DepthTouch – Formbares Display .....	68
Phantom – Haptisches Interface.....	68
Maschinen erkennen Körpersprache .....	69
FaceRig.....	70
Power Glove für das Nintendo Entertainment System .....	70
TUB-Sensorhandschuh.....	70

Datenhandschuh Cyberglove.....	71
Samsung Gear VR – Virtual Reality-Brille.....	71
Google Cardboard – Bausatz für eine Virtual Reality-Brille.....	72
<b>Von Wearables zu Cyborgs – Verschmelzen von Mensch und Maschine.....</b>	<b>72</b>
Spider Dress.....	73
Sonochromatic Head .....	74

## **Mensch, Roboter! – Leben mit Künstlicher Intelligenz und Robotik**

### ***Man, robots! – Living with artificial intelligence and robotics***

Roboter können spezifische Aufgaben unermüdlich und mit gleichbleibend hoher Qualität erledigen. Dafür müssen sie von Menschen programmiert und trainiert werden.

Menschen hingegen verstehen auch unklare Anweisungen, lernen aus ungeordneten Informationen und können dieses Wissen in anderen Zusammenhängen anwenden.

Und im Gegensatz zu künstlichen Systemen haben Menschen ein Bewusstsein und somit auch Emotionen und Intuition.

Deshalb können Menschen lernen und komplexe Aufgaben und Probleme intelligent lösen.

All diese Fähigkeiten des menschlichen Gehirns versucht man in künstlichen neuronalen Netzen nachzubilden. Mithilfe von Techniken des maschinellen Lernens erlangen die Programme Wissen aus Erfahrung, können Gesetzmäßigkeiten erkennen und sich selbstständig neue Wissensgebiete erschließen.

Die robotischen Systeme sind heute Teil aller Lebensbereiche. Aber wie können sie menschliches Handeln sinnvoll ergänzen?

Um das Miteinander von Mensch, Code und Maschine zu gestalten, braucht es ethische und gesetzliche Regeln.

*Robots can perform specific tasks tirelessly and with the same high quality. To do so, they must be programmed and trained by humans. People, by contrast, understand unclear instructions, learn from unstructured information and can apply this knowledge in different situations. And unlike artificial systems, humans are conscious and have emotions and intuition as a result. This is why they can learn and intelligently solve complex tasks and problems.*

*People are trying to reproduce all these abilities of the human mind in artificial neuronal networks.  
With the help of machine learning, programs acquire knowledge from experience, can recognize legal principles and tap new areas of knowledge on their own.*

*Robotic systems are now part of all areas of our lives.  
But how can they complement human action sensibly?  
Ethical and legal rules are needed to govern interaction between people, code and machines.*

### **Natürliches Gehirn und neuromorpher Chip**

Gehirn mit Arterien, Naturabguss | Somso Modelle | Coburg  
HICANN-Chip, 10 x 5 mm | Kirchhoff-Institut für Physik, Heidelberg | 2012

Im Gehirn kommunizieren über 100 Milliarden Nervenzellen, Neuronen genannt, durch elektrische Impulse miteinander. Dadurch können Menschen denken, planen und lernen. Damit künstliche Systeme ähnliche Fähigkeiten erlangen, nutzt man tiefe neuronale Netze. Sie werden mit Methoden des maschinellen Lernens trainiert.

Zudem wird spezielle Hardware eingesetzt, die die Struktur und Funktionsweise biologischer Gehirne nachbildet. Diese neuromorphen Chips verarbeiten ähnlich wie das menschliche Gehirn viele Prozesse zeitgleich und rechnen äußerst schnell. Sie sind energieeffizient, schnell lernfähig und fehlertolerant.

Die neuromorphen Chips ersetzen keinesfalls das Gehirn, können aber KI-Anwendungen beschleunigen. Daher werden sie für zukünftige Analysen großer Datenmengen wie bei der Mustererkennung eine zentrale Rolle spielen.

Hier zeigen wir einen HICANN-Chip mit 512 Neuronen und 128.000 Synapsen. Berechnungen laufen darauf zehntausendmal schneller ab als beim natürlichen Vorbild. Lernprozesse eines biologischen Tages können auf 10 Sekunden komprimiert werden.

Chip: Schenkung der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg  
Kirchhoff-Institut für Physik, Prof. Dr. Karlheinz Meier  
Inv.-Nr.: E-2018-0258 & E-2018-0340

## **Beppo**

Programmierung & Konzept: Sven Thöne, Frankfurt am Main, 2018

Industrieroboter: IRB 6620, ABB Automation GmbH, Friedberg

*Programming & concept: Sven Thöne, Frankfurt am Main, 2018*

*Industrial robot: IRB 6620, ABB Automation GmbH, Friedberg*

Beppo ist ein gewöhnlicher Industrieroboter, doch ist er seiner gewohnten industriellen Arbeitsumgebung entrissen. In einem Spielfeld aus Granulat und mit einem Besen tritt er als Hausmeister auf.

Mit seinen übermenschlichen Bewegungen zieht er Besucher in seinen Bann und erlaubt es ihnen, mit ihm in Kontakt zu treten. Der Lichtspot dient dabei als Mittler zwischen Besuchern und Roboter. Beobachte, wie der Spot dir folgt und Beppo mit dem Scheinwerferlicht interagiert.

Das künstlerische Konzept ist inspiriert von einer Show des Clowns Emmett Kelly.

*A typical industrial robot is torn from its normal industrial work station. It is now working as a broom-wielding custodian on a field of granulate.*

*With its super-human movements, it captures the visitors' attention and lets them come closer. The spotlight serves as an intermediary between visitors and the robot. Watch as the spot follows you and Beppo interacts with the spotlight.*

*The artistic concept is inspired by clown Emmett Kelly's shows.*

Dieses Exponat entstand in Zusammenarbeit mit |

*This exhibit was put together in cooperation with*

ABB Automation, Friedberg & ABB Stotz-Kontakt Heidelberg

## **Timeline KI**

**1914** L. Torres y Quevedo konstruiert einen elektromechanischen Schachautomaten, der jeden Gegner im Endspiel Turm-König gegen König besiegt.

*L. Torres y Quevedo builds an electromechanical chess machine that defeats every opponent in the endgame rook and king against the lone king.*

**1940** Im zweiten Jahr der New Yorker Weltausstellung stellt die Firma Westinghouse den Relaisrechner Nimatron auf, gegen den die Besucher Nim spielen können.

*During the second year of the New York World's Fair, Westinghouse presents the relay-based computer Nimatron that visitors can challenge to a game of nim.*

**1943** W. McCulloch und W. Pitts beschreiben mathematische Modelle für Gehirnzellen und führen das Neuron in die Informatik ein.

*W. McCulloch and W. Pitts describe mathematic models for brain cells and introduce neurons to computer science.*

**1948** Mit dem Buch »Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine« begründet N. Wiener die Wissenschaft der Kybernetik.

*The book »Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine« written by N. Wiener substantiates the science of cybernetics.*

**1949** C. Shannon entwickelt in einem Konferenzvortrag die Arbeitsprinzipien für praktikable schachspielende Computerprogramme.

*C. Shannon develops the working principles of a practical computer chess programs during a talk at a conference.*

**1949** D. Hebb beschreibt das Verhalten von Nervenzellen: Oft auftretende Impulse bewirken in einer Zelle einen Lernvorgang, was auf das Lernen in neuronalen Netzen übertragbar ist.

*D. Hebb describes the behavior of nerve cells: Frequently occurring impulses generate a learning process in a cell which can be applied to learning in neural networks as well.*

**1950** A. Turing veröffentlicht den Aufsatz »Computing Machinery and Intelligence«. Er enthält einen Test für die Denkfähigkeit von Computern, das »Imitationsspiel«.

*A. Turing publishes the essay »Computing Machinery and Intelligence«. It includes a way to test computers' reasoning powers: the »imitation game«.*

**1951** Ferranti baut in Manchester für das Nim-Spiel den Spezialrechner Nimrod, der auf einer Messe in Berlin Bundeswirtschaftsminister Ludwig Erhard besiegt.

*In Manchester Ferranti builds the special computer Nimrod to play the nim game which defeats West German Economics Minister Ludwig Erhard at a trade fair in Berlin.*

**1951** M. Minsky entwickelt das erste »lernende« Netzwerk SNARC (Stochastic Neural Analog Reinforcement Calculator). Die Maschine simulierte das Verhalten von Ratten in einem Labyrinth.

*M. Minsky develops the first »learning« network SNARC (Stochastic Neural Analog Reinforcement Calculator). The machine simulated the behavior of rats in a labyrinth.*

**1956** Namhafte Forscher treffen sich zum »Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence«. Die Konferenz gilt als Geburtsstunde der KI als Forschungsdisziplin.

*Well-known researchers gather for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence. The conference marks the dawn of AI as a research discipline.*

**1957** F. Rosenblatt entwickelt das Konzept des »Perceptrons«, ein einfaches Modell eines künstlichen neuronalen Netzes und dessen Lernfähigkeit.

*F. Rosenblatt develops the concept of »perceptrons«, a simple model of an artificial neural network and its learning ability.*

**1968** Als Versuch praktisch einsetzbarer KI entstehen Expertensysteme. Sie machen menschliches Wissen als Programm verfügbar und verarbeiten es. Auch die Nixdorf Computer AG entwickelte Expertensysteme.

*Expert systems arise as a test of practical AI. They make human knowledge available as a program and process it. Nixdorf Computer AG also developed expert systems.*

**1969** M. Minsky und S. Papert zeigen in ihrem Buch »Perceptrons« die Unlösbarkeit wichtiger Probleme neuronaler Netze. Die Finanzierung der KI-Forschung geht zurück. Man spricht vom »AI winter«.

*M. Minsky and S. Papert publish the book »Perceptrons« in which they describe the insolvability of important problems of neural networks. Funding for AI research is cut back. The so-called »AI winter« sets in.*

**1980** K. Fukushima entwickelt das »Neocognitron«, ein mehrschichtiges künstliches neuronales Netz, das später »Convolutional Neural Networks« für Zeichen- und Mustererkennung beeinflussen wird.

*K. Fukushima develops the neocognitron, a multilayer artificial neural network that will later influence convolutional neural networks for character and pattern recognition.*

**1982** J. Hopfield macht neuronale Netze mit Rückkopplung, sogenannte Feedback-Netze, bekannt. Damit erstarbt die KI-Forschung nach dem »AI winter« wieder.

*J. Hopfield promotes neural networks called feedback networks. In the process, he strengthens AI research following the »AI winter«.*

**1986** Aufbauend auf der Arbeit von P. Werbos beschreiben D. Rumelhart, R. Williams und G. Hinton neuronale Netze mit Fehlerrückführung (»backpropagation«) für das überwachte Trainieren neuronaler Netze.

*Drawing on the work of P. Werbos, D. Rumelhart, R. Williams and G. Hinton describe neural networks with backpropagation for the monitored training of neural networks.*

**1989** C. Watkins entwickelt einen Algorithmus für »Bestärkendes Lernen« (»reinforcement learning«). Dabei entwickelt das Programm anhand von Belohnungen selbst eine Lernstrategie.

*C. Watkins develops an algorithm for reinforcement learning. In this method, the program develops a learning strategy on its own with the help of rewards.*

**1990** H. Loebner schreibt den nach ihm benannten Preis für intelligente Dialogprogramme aus. Er wird ab 1991 jährlich verliehen. Fernziel ist das Bestehen des Turing-Tests.

*H. Loebner announces a prize bearing his name to honor intelligent dialogue programs. The prize has been awarded since 1991. The long-term aim is to pass the Turing test.*

**1997** Der IBM-Spezialrechner »Deep Blue« besiegt bei einem Turnier in New York über sechs Partien den früheren Schachweltmeister G. Kasparow.

*The special IBM computer Deep Blue beats the former chess world champion G. Kasparov in a six-match competition in New York.*

**1997** S. Hochreiter und J. Schmidhuber entwickeln neuronale Netze mit langem Kurzzeitgedächtnis, die die KI deutlich voranbringen und 2016 von namhaften Technologie-Unternehmen eingesetzt werden.

*S. Hochreiter and J. Schmidhuber develop neural networks with long short-term memories, which significantly advance the AI and are used by renowned technology companies in 2016.*

**2006** G. Hinton legt die Grundlage für »Deep Learning« mit neuronalen Netzen. Seine Arbeit revolutioniert die KI-Forschung.

*G. Hinton lays the foundation for »deep learning« with neural networks. His work revolutionizes AI research.*

**2009** Fei-Fei Li veröffentlicht die Bilddatenbank »ImageNet«. Sie wird zum Trainieren von »Convolutional Neural Networks« genutzt und sorgt für einen neuen KI-Boom.

*Fei-Fei Li releases the photo data base ImageNet. It is used to train convolutional neural networks and triggers a new AI boom.*

**2011** Der IBM-Computer »Watson« besiegt im Fernsehquiz »Jeopardy!« zwei menschliche Champions und gewinnt eine Million Dollar.

*The IBM computer Watson beats two human champions in the television game »Jeopardy!« and wins \$1 million.*

**2014** Facebooks »DeepFace«-Software erkennt in 97,35% der Fälle, ob zwei Fotos dieselbe Person zeigen. 2015 ist Googles »FaceNet« mit 99,63% besser als der Mensch.

*Facebooks DeepFace software can determine with 97.35% accuracy whether two photos show the same individual. By 2015, Google's FaceNet is better than humans at 99.63%.*

**2015** Das future of life-Institut bzw. führende Wissenschaftler und Unternehmer wie Steven Hawking und Elon Musk richten einen offenen Brief an die UN. Wegen des großen Potenzials von KI sei es wichtig, zu erforschen, wie man die Vorteile nutzen, aber mögliche Risiken vermeiden könne. Viele Experten fordern das vorsorgliche Verbot von autonomen Waffensystemen.

*The future of life Institute and leading scientists and entrepreneurs such as Steven Hawking and Elon Musk send an open letter to the UN. Because of AI's great potential, they call for further exploration of how to take advantage of the benefits but avoid possible risks. Many experts call for a precautionary ban on autonomous weapons systems.*

**2016** Das KI-Programm »AlphaGo« von Google DeepMind schlägt den koreanischen Go-Weltmeister Lee Sedol in einem fünf Spiele umfassenden Turnier. Lee gewinnt nur ein Spiel.

*Google DeepMind's AI program AlphaGo defeats the world champion Go player Lee Sedol of South Korea in a five-game showdown. Lee wins just one game.*

**2017** Die Pokerbots »Claudio«, »Libratus« und »DeepStack« gewinnen gegen menschliche Gegner. Das ist für KI-Systeme sehr beachtlich, da Poker spielen menschliche Intuition erfordert.

*The poker bots Claudio, Libratus and DeepStack beat human opponents. This is quite an accomplishment for AI because poker requires human intuition.*

**2017** DeepMind stellt den Algorithmus »Alpha Zero« vor. Nur anhand der Regeln und durch Spielen gegen sich selbst erlernt er innerhalb von 24 Stunden die komplexen Strategiespiele Schach, Shogi und Go.

*DeepMind presents the algorithm Alpha Zero. It teaches itself to play the complex strategy games chess, Shogi and Go within 24 hours by learning the rules and playing against itself.*

**2017** Im Internet kursieren verfälschte Videos, bei denen mithilfe von KI fast täuschend echt Gesichter ersetzt wurden. Für derartige Videos etabliert sich der Begriff »Deepfakes«.

*Distorted videos in which AI has been used to replace faces that look deceptively real are posted online. Such videos are now called »deepfakes«.*

**2017** Der deutsche Übersetzungsdienst »DeepL« geht online. Datengrundlage bildet das Online-Wörterbuch »Linguee« mit über einer Milliarde übersetzter Sätze. Der Service macht Google Translate starke Konkurrenz.

*The German translation service DeepL goes online. The data base draws on the online dictionary Linguee with more than 1 billion translated sentences. The service is a strong competitor to Google Translate.*

**2018** Google hat die Sprachsynthesysteme WaveNet und Tacotron so sehr verbessert, dass mit Duplex nun eine künstlich generierte Sprachausgabe existiert, die von menschlicher Konversation nicht mehr zu unterscheiden ist.

*Google has improved the speech synthesis systems WaveNet and Tacotron so much that with Duplex there is now an artificially generated speech output that is indistinguishable from human conversation.*

## **Timeline – Robotik**

**1205** Der arabische Ingenieur Al-Dschazari beschreibt frühe humanoide Automaten, die in der Küche eingesetzt werden oder Musik machen konnten. Teilweise baute er die Automaten auch.

*The Arabian engineer al-Jazari describes early humanoid machines that he built in part himself. These machines could work in the kitchen or play music.*

**1495** Da Vinci fertigt einige Skizzen und Aufzeichnungen über menschlich aussehende Automaten an. Ob er sie selbst jemals baute, ist unklar. Die Skizzen zeigen jedoch, dass der Bau möglich gewesen wäre.

*L. da Vinci produces a number of sketches and drawings of human-like machines. It is unclear whether he ever built the objects himself, but his sketches show that it would have been possible.*

**1739** De Vaucanson kreiert mehrere lebensgroße Automaten, u.a. die mechanische Ente »The Digesting Duck«, die Flügel und Hals bewegen sowie Futter schlucken konnte.

*De Vaucanson creates several life-like machines, including the mechanical Digesting Duck that can move its wings and neck and swallow feed.*

**1912** J. H. Hammond jun. und B. Miessner bauen einen »elektrischen Hund« auf Rädern, der selbsttätig Lichtquellen folgt.

*J.H. Hammond Jr. and B. Miessner build an »electric dog« on wheels that follows light sources on its own.*

**1928** W. Richards konstruiert den stationären Metall-Roboter Eric. Der Nachfolger George wird 1930 in Berlin gezeigt.

*W. Richards builds the stationary metal robot Eric. Its successor, George, is displayed in 1930 in Berlin.*

**1938** A. Huber baut den riesigen mobilen und ferngelenkten Roboter Sabor IV. P. Steuer entwickelt daraus 1947 Sabor V, der zwei Jahrzehnte lang auf Tournee geht.

*A. Huber builds the huge mobile, remote-controlled robot Sabor IV. In 1947 P. Steuer develops Sabor V, a robot that goes on tour for two decades*

**1939** Auf der New Yorker Weltausstellung zeigt die Firma Westinghouse den großen sprechenden Roboter Elektro, der aber nur über eine beschränkte Mobilität verfügt.

*At the New York World's Fair, Westinghouse presents the large speaking robot called Elektro that has limited mobility.*

**1949** W. G. Walter beginnt mit dem Bau von kleinen mobilen Automaten, u.a. den Roboter-Schildkröten Elmer und Elsie. Sie waren in der Lage, eine Lichtquelle zu finden und in ihre Richtung zu fahren.

*W.G. Walter starts building small mobile machines, including the robot turtles Elmer and Elsie, who can find sources of light and roll in their direction.*

**1961** In einer Autofabrik im US-Bundesstaat New Jersey beginnt der erste Industrieroboter Unimate mit der Arbeit.

*The first industrial robot, Unimate, begins to work in an auto plant in the U.S. state of New Jersey.*

**1966** Am Stanford Research Institute in Kalifornien wird der mobile Roboter Shakey entwickelt. Er stand mit einem ortsfesten Computer in Verbindung und konnte seine Aktionen selbst planen.

*The mobile robot Shakey is developed at the Stanford Research Institute in California. It was linked to a stationary computer and could plan actions on its own.*

**1973** An der Waseda Universität Tokio wird Wabot-1 fertiggestellt. Er gilt als erster lebensgroßer humanoider Roboter. Er konnte kommunizieren, menschenähnlich gehen sowie Objekte greifen und transportieren.

*Wabot 1 is built at Waseda University in Tokyo. It is considered to be the first life-size humanoid robot. It could communicate, walk like a human and grasp and transport objects.*

**2000** Honda stellt den frei beweglichen humanoiden Roboter ASIMO vor. Er kann unter anderem Treppen steigen.

*Honda presents the mobile humanoid robot ASIMO. It can climb steps, among other things.*

**2001** Electrolux bringt mit dem Trilobite den weltweit ersten kommerziellen Staubsaugerroboter auf den Markt.

*Electrolux launches Trilobite, the world's first commercial vacuum-cleaning robot, on the market.*

**2004** Die Defense Advanced Research Projects Agency des Verteidigungsministeriums der USA schreibt den Wettbewerb DARPA Grand Challenge aus, um die Entwicklung autonom fahrender Fahrzeuge voranzutreiben.

*The Defense Advanced Research Projects Agency of the U.S. Defense Department initiates a competition called the DARPA Grand Challenge to fuel the development of autonomous vehicles.*

**2009** Unter der Leitung von N. Sharkey wird das »International Committee for Robot Arms Control« (ICRAC) gegründet, das sich für eine Begrenzung der militärischen Nutzung von Robotern einsetzt.

*Under the leadership of N. Sharkey, the International Committee for Robot Arms Control (ICRAC) is created for the purpose of limiting the military use of robots.*

**2012** Rethink Robotics bringt den kooperativen und lernfähigen Baxter heraus, der mit Menschen ohne zusätzlichen Schutz zusammenarbeitet. Er lernt neue Aufgaben, indem man ihm zeigt, was er tun soll.

*Rethink Robotics introduces the cooperative and learning robot Baxter working with people without the need for any additional protection. He learns new tasks by being shown what to do.*

**2016** Die UN installieren das »UNICRI Centre for Artificial Intelligence and Robotics«, um die Chancen und Risiken durch künstliche Intelligenz zu untersuchen.

*The United Nations sets up the UNICRI Centre for Artificial Intelligence and Robotics in The Hague to explore the challenges, opportunities and risks of artificial intelligence.*

**2017** Saudi-Arabien verleiht dem humanoiden Roboter Sophia die Staatsbürgerschaft. Sophia ist der weltweit erste Roboter, der eine solche besitzt.

*Saudi Arabia awards citizenship to the humanoid robot Sophia. It is the world's first robot to be named a citizen.*

## **Humans Need Not To Count**

Varvara & Mar | Tallinn, Estland | 2018

Dieser Roboterarm zählt Besucher mit einem Klickzähler. Die Arbeit fragt nach Beschäftigungsverhältnissen, Robotik und dem menschlichen Verlangen, alles zählen und messen zu wollen. Die performative Darstellung thematisiert die Übernahme von Routinearbeiten, auch im musealen Raum.

Die Automatisierung blieb im letzten Jahrhundert vom alltäglichen Handeln weitgehend abgekoppelt, fand eher in den Produktionsstraßen der Fabriken statt oder in der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung von Feldern. Doch in diesem Jahrhundert sind wir viel deutlicher mit der Realität der Automatisierung konfrontiert. Sie wird, wie hier zu erleben, direkt neben uns sein.

Das Kunstwerk wurde erstmals für die Ausstellung HUMANS NEED NOT APPLY (2017) von der Dubliner Science Gallery in Auftrag gegeben.

Die 3D-gedruckte Hand ist vom Open-Source-Projekt <http://inmoov.fr> von Gael-Langevin (2012) abgeleitet. Künstler Mar Canet hat das Projekt modifiziert, um den Zähler aufzunehmen und spezielle Bewegungen zu erzielen. [www.thingiverse.com/thing:3084408](http://www.thingiverse.com/thing:3084408)

*This robotic arm counts visitors with a tally counter. It poses questions about employment, robotics and human's obsessive need to count and measure everything. It is a performative representation of the takeover of routine jobs, even in the gallery space.*

*Last century's automation may have been largely hidden from everyday view, in factories tending production lines, or out in fields tilling the land. In this century, we will confront the reality of automation more intimately, as suggested here — it will be right beside us.*

*The artwork was originally commissioned by Science Gallery Dublin for the exhibition HUMANS NEED NOT APPLY (2017).*

*The 3D-printed hand is a derivative from the open source project <http://inmoov.fr> by Gael-Langevin (2012). It was modified to include the counter and have specific motion by Mar Canet. [www.thingiverse.com/thing:3084408](http://www.thingiverse.com/thing:3084408)*

## **Maschinelles Denken und Planen – Durch Erfahrung lernen** ***Machine Thinking and Planning – Learning by Experience***

Schach als Prüfstein der KI

Mit den ersten Computern Ende des Zweiten Weltkriegs entstand auch das Fachgebiet der Künstlichen Intelligenz. Als Maßstab für die Leistungsfähigkeit der sogenannten »Elektronengehirne« galt ihre Spielstärke im Schach. Namhafte Computerpioniere wie Alan Turing, Konrad Zuse, Claude Shannon oder John von Neumann nutzten Schach, um die Intelligenz von Mensch und Maschine zu vergleichen.

Von regelgeleiteten zu selbstständigen Entscheidungen

Computer können viel schneller und genauer als Menschen Gleichungen lösen, Spielmöglichkeiten analysieren und

auf rein logischem Weg optimale Lösungen finden.  
Die frühen Programme waren aufgrund zu geringer Leistung der Rechner jedoch auf starre Regeln und Abläufe festgelegt.

Durch leistungsstärkere und schnellere Rechner sowie den Einsatz künstlicher neuronaler Netze können KI-Programme seit spätestens Mitte der 2000er-Jahre selbstständig lernen. Sie sammeln Erfahrung, indem sie gegen sich selbst spielen und können sogar intuitive Entscheidungen treffen – eine Gabe, die lange Zeit dem Menschen vorbehalten schien.

*Chess as a touchstone of AI*

*The field of artificial intelligence evolved with the first computers at the end of World War II. The performance of the so-called »electronic brains« was measured by their ability at playing chess. Renowned computer pioneers such as Alan Turing, Konrad Zuse, Claude Shannon and John von Neumann used chess to compare the intelligence of man and machine.*

*From rule-based to autonomous decisions*

*Computers can solve equations, analyse potential moves and find optimum solutions via pure logic much faster and more accurately than humans. However, low computing power forced early programs to adhere to rigid rules and processes.*

*More powerful and faster computers and the use of artificial neural networks have enabled AI programs to learn autonomously from the mid-2000s onwards. They acquire experience by competing against themselves and can even make intuitive decisions – a talent that long appeared to be the preserve of human beings.*

### **Chess Challenger Voice**

Fidelity Electronics Ltd. | Miami, USA | 1979

1977 brachte Fidelity den ersten Schachcomputer heraus, zwei Jahre danach erschien dieses Modell mit Sprachausgabe. Die Funktion war für blinde Spieler von Vorteil. Die recht geringe Spielstärke des Geräts war gerade für Anfänger angenehm. Alle Züge musste man händisch eingeben. Das Gerät wurde »Spiel des Jahres 1979«.

*In 1977, Fidelity introduced the first chess computer. A speaking model was added two years later. This function was helpful for visually impaired players. The computer's weak game play appealed to beginners. All the moves had to be made by hand. The machine was named »Game of the Year 1979«.*

Inv.-Nr. E-2003-0040

### **Mephisto I**

Hegener + Glaser | München | 1980

Das sogenannte »Brikett« ist der erste deutsche Schachcomputer. Der menschliche Gegner gibt auf der Tastatur seine Züge ein, der Computer zeigt nach dreiminütiger Rechenzeit pro Halbzug sein Ergebnis auf der LCD-Anzeige. Die Mephisto-Modelle von Hegener + Glaser waren in den 1980er-Jahren in Deutschland Synonym für Schachcomputer.

*The »briquet« was the first German chess computer. Human players used a keyboard to enter their moves. After three minutes of computing time per half-move, the computer showed its move on an LCD display. The Mephisto models from Hegener + Glaser were synonymous with chess computers in Germany during the 1980s.*

Inv.-Nr. E-2003-0036

### **Mephisto Modular MM 3000**

Hegener + Glaser | München | 1983

Dieses Gerät kennzeichnet die ausziehbare Schublade, in der Rechner sowie weitere Module eingelegt werden konnten. Die Züge der Spieler wurden durch das Magnetsensor-Brett und magnetische Figuren automatisch erkannt. Der Computer zeigte seine berechneten Spielzüge über die Leuchtdioden in der rechten unteren Ecke jedes Feldes an. Das komplett überarbeitete Schachprogramm der neuen Serie galt damals als eines der besten der Welt.

*This machine had a drawer into which the computer and other modules could be placed. The players' moves were automatically recognized by the magnet sensor board and the magnetic figures. The computer displayed its moves with illuminating diodes located in the lower, right-hand corner*

of each square. The totally revisited chess engine of the new series was considered to be one of the world's best at the time.

Inv.-Nr. E-2003-0037

### **Chess-Master**

VEB Mikroelektronik | Erfurt | 1984

In der DDR wurden qualitativ hochwertige Schachcomputer mit guter technischer Ausstattung und ansprechender Optik für den Export ins westliche Ausland entwickelt.

Das Holzgehäuse und die automatische Zugein- und ausgabe über das Sensorschachbrett zeichnen das Geräte ebenso aus wie die zehn Tasten, mittels derer sich etwa die Spielstärke, ein Selbstspielmodus oder der Zugvorschlag einstellen lassen.

*East Germany developed high-quality, attractively designed chess computers that had good technical equipment.*

*They were intended for export to the West. The computers were known for their wooden housings and the automatic move input and output on the sensor chessboard as well as for ten buttons that could be used to set things like playing strength, self-play modus and recommended moves.*

Inv.-Nr. E-2009-0101

### **Phantom 6100**

Fidelity Electronics Ltd. | Miami, USA | 1988

Seinen Namen bekam dieses sehr populäre Gerät, weil es wie von Geisterhand die Figuren selbst zieht. Dafür kommt das gleiche Antriebsverfahren wie bei Shannons Theseus-Maus zum Einsatz. Kennzeichnend war außerdem das starke Programm des legendären Programmierer-Paars Dan und Käthe Spracklen. Der Kaufpreis lag damals bei umgerechnet 1.000 Euro.

*This very popular game got its name because the figures seemed to move all by themselves. To do this, the game used the same drive process applied in Shannon's Theseus mouse. Another key feature was the strong program designed by the programming couple Dan and Käthe Spracklen. The game cost about € 1,000 in today's currency.*

Inv.-Nr. E-2003-0041

## **Die ultimative Maschine**

### **The Ultimate Machine**

Eigenbau HNF | Paderborn | 2018

Der einzige Zweck dieser unscheinbaren Holzkiste ist es, sich abzuschalten. Betätigt jemand den kleinen Schalter, greift eine mechanische Hand heraus, legt den Schalter um und zieht sich anschließend wieder in die Box zurück. Zwei Pioniere der Künstlichen Intelligenz, Marvin Minsky und Claude Shannon, bauten in den 1950er-Jahren solche Boxen.

*The only purpose of this nondescript wooden box was to turn itself off. When someone activated the small switch, a mechanical hand would reach out, turn the switch off and then withdraw back into the box. Two pioneers of artificial intelligence, Marvin Minsky and Claude Shannon, built boxes like this one in the 1950s.*

Inv.-Nr. E-2018-0077

## **Fritz**

Mathias Feist, ChessBase | Hamburg | 2010

Ein Schachprogramm, auch Engine genannt, ist eine Software, die Schach spielen kann, indem sie die Spielzüge berechnet. Einige bedeutende Computerpioniere beschäftigte das Thema: Konrad Zuse in seiner Programmiersprache Plankalkül 1945, Claude E. Shannon mit bahnbrechenden Grundlagen 1949 und Alan Turing, der 1952 Prinzipien zur Spielzugberechnung beschrieb, nach denen Schachprogramme noch heute arbeiten.

Hier gibt es diese ersten Schachprogramme zum Ausprobieren!

*A chess engine is software which can play chess by analyzing the moves. A number of leading computer pioneers worked on this subject, including Konrad Zuse in his programming language Plankalkül in 1945, Claude E. Shannon with ground-breaking basic research in 1949, and Alan Turing who, in 1952, described the principles of move analysis that chess engines still use today.*

*You can try these first computer chess games [here!](#)*

## **Theseus Labyrinth nach Claude Shannon**

### **Theseus Maze according to Claude Shannon**

Nachbau HNF | 2011 | Original: Claude Shannon | 1952

Mit seiner Frau Betty baute Claude Shannon »Theseus«, eine elektromechanische Maus, die sich mithilfe von Magneten unterhalb des Labyrinths bewegt. Ihren Weg findet sie durch eine Trial-and-Error-Methode und die Fähigkeit, zu lernen: Relais speichern erfolgreiche Wegabschnitte, die in den nachfolgenden Durchläufen erinnert werden. So kann sie in nur zwei Minuten selbstständig einen idealen Lösungsweg finden, den sie in 15 Sekunden komplett durchlaufen kann.

*With his wife, Betty, Claude Shannon built »Theseus«, an electro-mechanical mouse that could move with the help of magnets beneath a maze. It found its way through trial and error and its learning ability: relays stored sections of the maze that were successfully covered. The sections were remembered during subsequent attempts. In just two minutes, it could figure out the ideal route to freedom and then complete it in 15 seconds.*

Inv.-Nr. E-2012-0173

## **Spielwiese Robotik – Experimentieren und lernen mit Robotern**

### **Robotics Playground – Experimenting and Learning with Robots**

KI und Robotik in Kinder- und Klassenzimmern

Mit einer Vielzahl von Robotern und Robotik-Bausätzen können Kinder und Jugendliche spielen, experimentieren und die Grundlagen des Programmierens erlernen.

Grafische Programmieroberflächen und Apps erlauben es auch Einsteigern, Roboter zu steuern. In Schulen unterstützen Roboter die Vermittlung von Mechanik, Elektrotechnik und Informatik.

Feldversuche auf dem Fußballplatz

Kleine, kommerzielle Robotermodelle werden auch als Standardplattformen in der Forschung eingesetzt. Bei den Roboter-Fußballturnieren des RoboCup etwa wurden zunächst Aibos und nun Nao-Roboter genutzt. Die Turniere sind ein Test der aktuellen Robotik und bieten ein Forum für wissenschaftlichen Austausch. Ziel ist es, im Jahr 2050 mit einer Roboter-Mannschaft den menschlichen Fußball-Weltmeister zu schlagen.

## *AI and robotics in playrooms and classrooms*

*With robots and robotics kits children and youngsters can play, experiment and learn the basics of programming. Graphical programming interfaces and apps enable even beginners to control robots. In schools robots support the teaching of mechanics, electrical engineering and computer science.*

## *Field trials on the football pitch*

*Small, commercial robot models are also used as standard platforms in research. At RoboCup football tournaments, for instance, initially the Aibo robots were used and have now been replaced with Nao robots. These tournaments serve as tests of today's robotics and provide a forum for academic exchange. The aim is for a team of robots to defeat the reigning football world champions in 2050.*

## **Lernroboter von Wonder Workshop**

### **Educational robots by Wonder Workshop**

Dash | 2014

Dot | 2014

Cue Onyx | 2017

Die drei Roboter besitzen programmierbare Knöpfe sowie LED-Lichter, Mikrofon, Lautsprecher und diverse Sensoren. Damit nehmen die Lern- und Spielroboter Objekte wahr, erfassen ihre eigene Position und interagieren miteinander. Ausgestattet mit Spracherkennung und Sprachausgabe können diese Roboter mit Menschen kommunizieren. Kinder sollen mit ihnen spielerisch programmieren lernen. Die Aktionen der Roboter lassen sich über Apps steuern.

Dot hat keine Räder, kann aber getragen, geworfen und mit Verkleidungen und Aufklebern umgestaltet werden. Dash hat drei Räder und Zubehör wie Katapult und Xylophon. Cue gibt es in Weiß und als Cue Onyx in schwarzer Variante. Laut Hersteller besitzt Cue eine »emotionale« KI: Die vier verschiedenen, wählbaren Persönlichkeiten zeigen sich unter anderem in der ChatBot-Funktion. Cues Programmierung erfolgt über Apps oder JavaScript.

*These three robots have programmable buttons as well as LED lights, microphones, speakers and an array of sensors. They enable these educational and game robots to recognize objects, determine their own positions and interact. With the help of speech recognition and speech output, these robots can communicate with people. Children can learn programming playfully with them. The robots' actions can be controlled with apps.*

*Dot does not have any wheels. But it can be carried, thrown and dressed up in costumes and with stickers. Dash has three wheels and features like a catapult and xylophone. Cue comes in white and Cue Onyx in black. The manufacturer says Cue comes with »Emotive AI«: it becomes apparent in four selectable personalities in the ChatBot function. Cue can be programmed using apps or JavaScript.*

Schenkung des Herstellers | Donation of the manufacturer  
Inv.-Nr. E-2018-0259, E-2018-0260, E-2018-0264

### **Fußballroboter der RoboCup Small Size League Soccer-playing robot from the RoboCup Small Size League**

Freie Universität Berlin | 2001

Beim RoboCup 2001 setzten die Forscher der FU Berlin eine Roboter-Mannschaft mit montierter Kamera ein. Sie ist nach oben auf einen gewölbten Spiegel gerichtet, wodurch der Roboter eine Rundumsicht des Feldes erhält. Omnidirektionaler Antrieb erlaubt dem Roboter, jederzeit in eine beliebige Richtung zu fahren.

*During the RoboCup 2001, researchers from FU Berlin put together a team of camera-equipped robots. The camera pointed upward at a concave mirror that gave the robot a view of the entire pitch. Omnidirectional drive systems enabled the robot to move in any direction at any time.*

Inv.-Nr. E-2018-0162

## **Fußballroboter der RoboCup Middle Size League**

### **Soccer-playing robot from the RoboCup Middle Size League**

Fraunhofer Institut für autonome intelligente Systeme | St. Augustin | 1999

Dieser Roboter spielte in der Middle Size League des RoboCup. Die robotischen Teammitglieder sind über WLAN verbunden. Sie verfügen über Kameras, Sensoren und handeln autonom. Mithilfe eines Laptops und Software verarbeitet der Roboter Informationen und leitet daraus neue Aktionen ab.

*This robot competed in the RoboCup Middle Size League.  
The robotic team members were connected via Wi-Fi.  
They had cameras and sensors and could act on their own.  
With the help of a laptop and software, the robots processed information and derived new actions from it.*

Inv.-Nr. E-2014-0103

## **Fußballroboter der RoboCup Small Size League**

### **Soccer-playing robot from the RoboCup Small Size League**

Freie Universität Berlin | 2001

Roboter der Small Size League handeln halb-autonom. Kameras oberhalb des Spielfelds erfassen Spieler und Ball. Ein Computer gibt den Robotern per Funk Kommandos. Dieser Roboter der »FU-Fighters« hat Allseitenräder. Er kann damit, ohne zu wenden, in alle Richtungen fahren.

*Robots in the Small Size League act semi-autonomously.  
Cameras above the pitch track the players and ball.  
A computer sends commands to the robots using radio signals.  
The robot of the »FU Fighters« has omni wheels.  
It can move in any direction without turning.*

Inv.-Nr. E-2018-0161

## **NAO-Roboter der RoboCup Standard Platform League**

### **NAO robot from the RoboCup Standard Platform League**

Aldebaran Robotics | Paris, Frankreich | 2010

NAOs werden weltweit in Bildung und Forschung eingesetzt. Bei der Standard Platform League des RoboCup nutzen alle Teams baugleiche Roboter – seit 2008 sind das NAOs. So können sich die Wissenschaftler auf die Software

statt auf die Mechanik der Roboter konzentrieren.  
Fünf autonom agierende Roboter bilden eine Mannschaft.  
Bis auf den Torwart können sie die Positionen tauschen.  
Dieser NAO namens Stuart des Bremer Teams »B-Human«  
wurde mehrfach deutscher Meister und Weltmeister.

*NAOs are used around the world in training and research.  
In the RoboCup Standard Platform League, all the teams use  
identically constructed robots – since 2008 they are NAOs.  
This enables the scientists to concentrate on the software  
and not on the mechanics of the robot. Five autonomous  
robots form a team. The NAOs of the »B-Human« team  
from Bremen have captured multiple championships.*

Leihgabe von | Loan from  
Universität Bremen, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz

Inv.-Nr. E-2018-0272

### **Omnibot 2000**

Tomy Company, Ltd. | Tokio, Japan | 1984

Von Kassette können rudimentäre Programmbefehle zur Steuerung des Omnibot 2000 geladen werden. Auch per Fernbedienung kann man ihn bewegen. Arme, Kopf und die Augen lassen sich steuern. Zudem kann Omnibot mit roboterhaft verzerrter Stimme sprechen und Musik abspielen, wobei die LEDs in den Augen im Takt flackern. Das Display auf der Vorderseite ist eine einfache Schaltuhr, wodurch der Roboter zur gewählten Zeit voreingestellte Befehle ausführen kann, etwa das Servieren von Getränken. Dafür zeigen seine Hände stets waagrecht nach vorne, eine ist als Glashalter ausgeführt, die andere als Greifhand. Serienmäßig wurde ein Tablett mitgeliefert.

*Rudimentary program commands can be loaded from a cassette to control the Omnibot 2000. Its movements can also be controlled via teleguidance. The arms, head and eyes can be steered. Omnibot can also speak with a robotic voice and play music. When it does, the LEDs in the eyes flicker in time. The display on the front is a simple clock timer that enables the robot to carry out pre-set commands at a selected time, such as serving drinks. The robot's flat hands are always extended forward horizontally. One is*

*designed as a glass holder and the other as a gripper.  
A tray was delivered as standard equipment.*

Inv.-Nr. E-2010-0005

### **Airat2 Micromouse**

Microrobot Co., Ltd. | Südkorea | 2009

Ausgestattet mit einem 8-Bit-Mikrocontroller, Sensoren und entsprechender Software bewegt sich die Micromouse autonom. Spätestens seit den 1970er-Jahren werden, angeregt durch Shannons Labyrinthmaus »Theseus«, vor allem in den USA, Asien und Großbritannien Wettbewerbe ausgetragen. Dabei müssen sich die Mäuse in einem drei mal drei Meter großen Labyrinth orientieren und schnellstmöglich das Ziel finden. Mithilfe welcher Sensoren und Algorithmen sich das Fahrzeug zurechtfindet, bleibt den Entwicklern überlassen. Manche Robotermause durchfahren das Labyrinth in wenigen Sekunden.

*The Micromouse moves on its own, equipped with an 8-bit microcontroller, sensors and the corresponding software. Inspired by Shannon's maze-solving mouse »Theseus«, competitions have been held since the 1970s, primarily in the United States, Asia and Great Britain. In this game, the mice have to identify their position in a 3x3-metre maze and find the goal as fast as possible. The job of deciding which sensors and algorithms should be used in the vehicle is left up to the developers. Some robot mice race through the maze in just a few seconds.*

Inv.-Nr. E-2014-0107

### **Spurtmobil**

Schülerlabor coolMINT.paderborn | Paderborn | 2018

Der Do-it-Yourself-Roboter ist ein sogenannter Linienfolger. Durch den verbauten Lichtsensor wird bei Schwarz das eine, bei Weiß das andere Rad angetrieben, sodass der Roboter selbstständig der Linie zwischen den beiden Farben folgt. Er wurde im Schülerlabor der Universität Rostock entwickelt.

*This do-it-yourself robot is a line follower. Using an installed light sensor, one wheel is driven by white and other by black so that the robot can autonomously follow*

*the line between the colors. It was developed in the student lab at the University of Rostock.*

Inv.-Nr. E-2018-0276

### **Spielzeugroboter MiP**

#### **MiP toy robot**

WowWee Group Limited | Hongkong, China | 2014

Dank Sensoren kann MiP mit Handzeichen gesteuert werden, seine Umgebung wahrnehmen und auf Geräusche reagieren. Er kann Objekte tragen und balanciert selbstständig mithilfe seiner Räder. Über eine App können verschiedene Spielmodi gewählt werden: Objekte verfolgen, Bewegungen ausführen, zu Musik tanzen oder gegen andere MiPs antreten.

*With the help of sensors, MiP can be controlled with gestures, perceive its environment and react to sounds. It can carry objects and balance itself on its own with the help of its wheels. An app can be used to select various play options: follow objects, perform movements, dance to music or compete against other MiPs.*

Schenkung des Herstellers | *Donation of the manufacturer*  
Inv.-Nr. E-2018-0263

### **Lernroboter SPRK+**

#### **Educational robot SPRK+**

Sphero | Boulder, USA | 2016

Ergänzt um Apps, die Lernvideos und Aufgaben anbieten, soll der SPRK+ im Unterricht oder unter Anleitung der Eltern Kindern Programmierwissen vermitteln. Der SPRK+ kann drinnen und draußen, auch im Wasser, beliebig gelenkt werden. Sensoren erfassen die Lage des Kugelroboters, erkennen Kollisionen oder die aktuelle Geschwindigkeit. Auf diese Ereignisse kann mit Kommandos reagiert werden.

*Outfitted with apps that offer educational videos and assignments, the SPRK+ is designed to teach children about programming in classrooms or under parental supervision. The SPRK+ can be steered either indoors or outdoors, even in water. Sensors determine the location of the ball robot,*

*anticipate collisions and recognize its current speed.  
Action can be taken in response to these events.*

Schenkung des Herstellers | *Donation of the manufacturer*  
Inv.-Nr. E-2018-0266

**Pino – Humanoider Spielroboter**  
**Pino – Humanoid toy robot**

Kitano Symbiotic Systems Project | Osaka University, Japan | 2000

Pino wurde in einjähriger Arbeit als einfach zu bauende und kostengünstige Plattform für die KI-Forschung entwickelt. Er sollte auch ohne die teuren Motoren kommerzieller Roboter-Modelle die zweibeinige Bewegung beherrschen. Das machte genetische Algorithmen notwendig, mit denen Roboter durch Trial-and-Error selbstständig laufen lernen.

Berührungs-, Akustik-, Licht- und Infrarotsensoren erlauben körperliche Interaktion, aber auch, dass Pino eine Pseudo-Persönlichkeit ausbildet: Durch Zuwendungen und einfache sensorische Reizaufnahme durchläuft er drei Entwicklungen. Im Visierfeld kann er durch Farbe Stimmungen anzeigen.

Zunächst wurde Pino nur an Forschungsinstitute verkauft. 2001 kam er bei der RoboCup Humanoid League zum Einsatz. Danach wurden Konstruktions- und Schaltpläne sowie die Software unter eine Open Source-Lizenz gestellt, woraufhin zahlreiche Nachbauten auf den Markt kamen.

*Pino was developed in a one-year project as a low-cost, easy-to-construct platform for AI research. It is also designed to be bipedal without the expensive motors of commercial robot models. This required genetic algorithms by which robots can learn to walk on their own through trial and error.*

*Touch, acoustic, light and infra-red sensors allow physical interaction and give Pino a pseudo-personality: It goes through three developmental stages by receiving attention and experiencing simple sensation. It can express moods by displaying colors in its visor.*

*Pino was initially sold only to research institutes. In 2001, it joined the RoboCup Humanoid League. Afterwards, its design, circuit diagrams and software were placed*

*under an open source license, a decision that led to many copies in the marketplace.*

Schenkung von | *Donation of Frank Sitter*  
Inv.-Nr. E-2003-0063

### **LEGO Mindstorms EV3**

The LEGO Group | Billund, Dänemark | 2013

Das Set zur Gestaltung von autonomen und interaktiven Robotern geht auf eine Entwicklung am MIT zurück und ist nach einem Buch von Seymour Papert über Kinder und Computer benannt. Die erste Generation des Baukastens kam 1998 auf den Markt. Das aktuelle Set besteht aus dem programmierbaren EV3-Stein, Elektromotoren, Infrarot-, Berührungs- und Farbsensor sowie diversen LEGO-Bauteilen. Daraus können Objekte nach Anleitung und Eigenkreationen gebaut werden, die sich bewegen, sprechen und Aktionen ausführen können. Ihre Programmierung und Steuerung erfolgen über PC-Software und Apps. Mindstorms wird als Spielzeug, in Schulen und für Robotik-Wettbewerbe genutzt.

*This set for designing autonomous, interactive robots is based on a development at MIT and is named after a book by Seymour Papert about children and computers. The first generation of the set was released in 1998. The latest set consists of a programmable EV3 brick, electric motors, infrared, touch and color sensors and various LEGO building blocks. They can be used to make objects based on design guides or the user's very own creations that move, speak and perform actions. They are programmed and controlled via PC software and apps. Mindstorms is used as a toy, in schools and robot competitions.*

Inv.-Nr. E-2018-0275

### **Cozmo**

Anki Inc. | San Francisco, USA | 2016

Diverse Sensoren und Motoren, eine Kamera, ein Prozessor, aber vor allem seine Künstliche Intelligenz erlauben Cozmo, seine Umwelt zu erkunden. Er erkennt Hindernisse und Gesichter, lernt aus Erfahrungen, baut eine Beziehung zu seinem Besitzer auf, entwickelt eine Persönlichkeit und

trifft Entscheidungen abhängig von seiner Stimmungslage. Über Bewegung, Sprache und seine Augen kann Cozmo hunderte Emotionen zum Ausdruck bringen.

Für die Interaktion mit Cozmo und seine Programmierung steht eine App für Smartphone und Tablet zur Verfügung. Für Spiele und Aktionen werden spezielle Würfel genutzt. Mit der Programmiersprache Python kann man zudem eigenständig neue Programme für Cozmo entwickeln.

*Various sensors and motors, a camera, a processor and, above all, artificial intelligence enable Cozmo to explore its environment. It recognizes barriers and faces, learns from experience, forms a relationship with its owner, develops a personality and makes decisions based on its mood. Cozmo can use gestures, language and its eyes to express hundreds of emotions.*

*An app for smartphones and tablets has been developed to help people to interact with Cozmo and its programming. Special cubes are used for games and actions. The programming language Python can also be used to develop new programs for Cozmo.*

Schenkung des Herstellers | *Donation of the manufacturer*  
Inv.-Nr. E-2018-0280

### **DOBOT Magician Roboterarm**

Shenzhen Yuejiang Technology Co., Ltd. | Shenzhen, China | 2016

Der Roboterarm ist für den Einsatz »auf dem Schreibtisch« im Bildungs- oder Arbeitsumfeld sowie für Zuhause gedacht. Er soll zur Vermittlung von Robotik-Kenntnissen und ebenso zur Automatisierung von echten Prozessen genutzt werden. Der Vier-Achs-Roboter besitzt Zubehör wie einen Greifer, Vakuum-Sauger, Stiftehalter sowie ein 3D-Druck-Set. Über die grafische Programmieroberfläche Blockly und die Skriptsprache Python wird der DOBOT programmiert. Zudem kann man ihn steuern, indem der Roboterarm von Hand an die gewünschten Positionen bewegt wird. Dieser Ablauf wird gespeichert und von DOBOT reproduziert.

Dieser DOBOT ist so programmiert, dass er Bauteile eines 3D-gedruckten LKWs ansaugt und präzise positioniert.

*The robot arm DOBOT is designed for use »on the desk« in training and work settings as well as at home. It is used to convey robot knowledge and to automate real processes. This four-axis robot has accessories such as a gripper, suction device, pen holder and a 3D printing set. It can be programmed via the graphic programming interface Blockly and the scripting language Python. It is as well possible to steer the machine by taking the robot arm and moving the device to the desired position. The sequence is saved and reproduced by the DOBOT.*

*This DOBOT is programmed so that it can take components from a 3D printed truck and position them precisely.*

### **Roboter in Bewegung – Kriechen, rollen, gehen, greifen** **Robots in Motion – Crawling, Rolling, Walking, Gripping**

Lebewesen als Vorlage für robotische Motorik

Damit Robotersysteme sich selbstständig fortbewegen, orientieren und Gegenstände greifen und führen können, sind verschiedene technische Lösungen und Sensorik nötig. Die Konstruktion und Mechanik der robotischen Glieder lehnt sich häufig am Vorbild von Mensch oder Tier an.

Je nach Beschaffenheit des Untergrunds kommen verschiedene Räderformen, Laufketten oder Rollen sowie bis zu acht Beine zum Einsatz. Kameras, Sensoren und eine Art elektronische Haut ersetzen die natürlichen Seh- und Tastsinne.

Neuronale Strukturen koordinieren Bewegung

Lernfähige Roboter brauchen ebenso wie Menschen keine Zielvorgaben, um neue Bewegungen zu erlernen. Sie entwickeln eine Art Neugier allein durch Interaktion: Wenn sie mit ihrem Körper die Welt erkunden und etwa auf ein Hindernis stoßen, entstehen sensorische Reize, die wiederum Befehle für neue Bewegungen auslösen. Diese Rückkopplung zwischen äußeren Reizen und Motorik hält an, bis der koordinierte Bewegungsablauf erlernt ist und sich die Nervenzellen eng miteinander verknüpft haben.

*Living beings as models for robotic motor skills*

*In order to enable robot systems to move independently, to orientate themselves and to grip and carry objects, various technical solutions and sensor systems are needed. Robotic limb design and mechanisms are often based on human or animal models.*

*Various wheel shapes, tracks or rollers as well as up to eight legs are used, depending on the condition of the surface. The natural senses of sight and touch are replaced by cameras, sensors and something like electronic skin.*

*Neural structures coordinate movement*

*Like humans, adaptive robots can learn new movements even without defined targets. Their »curiosity« is aroused by means of interaction alone: if they encounter an obstacle while exploring their surroundings with their body, sensory stimuli are triggered and generate commands for new movements. This feedback between external stimuli and motor function continues until the coordinated motion sequence has been learned and the nerve cells have become closely linked with one another.*

### **igus Humanoid Open Platform**

Universität Bonn, Institute for Computer Science VI,  
Autonomous Intelligent Systems / igus GmbH | 2015

Der Körper des igus Humanoid Open Platform ist 3D-gedruckt. Sowohl die Software als auch die Druckpläne sind quelloffen. Daher lässt sich der Roboter anpassen, ist recht günstig und soll in Bildung und Forschung eingesetzt werden.

Diverse Sensoren und Rückkopplungsmechanismen ermöglichen interaktives Verhalten und komplexe Bewegungen: Balancieren auf einem Bein oder Aufstehen nach einem Sturz. Beim RoboCup 2016 und 2017 wurde das Bonner Team »NimbRo« mit den igus-Robotern Weltmeister in der TeenSize League.

*The body of the igus Humanoid Open Platform is 3D printed. Both the software and print plans are open-source, making the robot adaptable and relatively affordable. It is intended for use in education and research. Various sensors and feedback mechanisms enable interactive*

*behavior and complex movements, such as balancing on one leg or getting up after a fall. The Bonn-based »NimbRo« team won the RoboCup TeenSize League title in 2016 and 2017 with igus robots.*

Dauerleihgabe | *Permanent loan*  
Universität Bonn  
Inv.-Nr. E-2018-0268

### **LAURON III – Laufmaschine**

#### **LAURON III – *Walking Robot***

Forschungszentrum Informatik | Karlsruhe | 1999

LAURON bedeutet »laufender Roboter, neuronal gesteuert«. Mit dem Roboter soll statisch stabiles Laufen in unebenem Gelände untersucht werden. Vorbild für seine Mechanik und Bewegungssteuerung ist ein Insekt: die indische Stabschrecke. Sensoren in LAURONs Beinen erkennen Hindernisse, um diese entweder zu übersteigen oder zu umgehen. Kameras, Laserscanner sowie Neigungs- und GPS-Sensoren liefern Informationen zu Umfeld und Position des Roboters.

Durch diese Sensorik, seine robuste Mechanik und hohe Beweglichkeit kann LAURON selbstständig seine Umgebung wahrnehmen, sich an neue Situationen anpassen und ein angegebenes Ziel finden. Zudem kann er für den Menschen gefährliche Aufgaben übernehmen: Landminen räumen, Vulkane erkunden oder Verschüttete aufspüren. Aktuelle Weiterentwicklungen konzentrieren sich auf Steigerung der Autonomie, komplexere Navigation samt Kartieren der Umwelt und energieeffizientes Laufen.

*LAURON stands for »LAUfender ROboter, Neuronal gesteuert«. This robot was designed to investigate statically stable walking in rough terrain. Its mechanical functions and motion control were inspired by the Indian Stick Insect. Sensors in LAURON's legs detect obstacles in order to bypass or climb over them. Cameras, laser scanners, tilt and GPS sensors provide information on the robot's position and environment.*

*Its sensor technology, robust construction and excellent maneuverability enable LAURON to independently perceive its surroundings, adapt to new situations and find a specified destination. It can also take on tasks that are*

*hazardous to humans: sweeping land mines, exploring volcanoes or locating victims trapped under rubble. Current developments focus on enhancing LAURON's autonomy, developing more complex navigation and mapping, and enabling energy-efficient walking.*

Inv.-Nr. E-2001-0146

### **Roboter von Boston Dynamics und Festo** **Robots from Boston Dynamics and Festo**

Weltweit arbeiten Firmen und Wissenschaftler an Robotern, deren Konstruktion und Programmierung den Körperbau und die Bewegungsabläufe von Tier und Mensch nachahmen. Das Video zeigt Entwicklungen der Firmen Boston Dynamics und Festo von 2005 bis heute.

*Companies and scientists around the globe are working on robots designed and programmed to emulate the physical build and movement of humans and animals. The video shows robots developed by Boston Dynamics and Festo between 2005 and the present day.*

### **Dreifingergreifer mit Tastsensoren** **Three-finger gripper with touch sensors**

TU Darmstadt | Prof. Tolle | 1985-1992

Für viele industrielle Aufgaben genügen Zweifingergreifer. Doch Ziel der Robotikforschung ist es, auch geschicktere und der menschlichen Hand ähnlichere Greifer zu gestalten. Dieser Greifer war einer der ersten in Deutschland, der durch die Anordnung der drei Finger auch unregelmäßig geformte Körper fassen konnte. Taktile Elemente an den Fingerspitzen erlauben die Druckkraft auf Objekte einzustellen.

*Two-finger grippers can handle many industrial tasks. But the goal of robot research is to design more skillful grippers that better resemble the human hand. This gripper was one of the first in Germany that was able to grab irregularly shaped objects thanks to the position of its three fingers. Tactile elements on the fingertips allow the pressure on the objects to be adjusted.*

Schenkung von | Donation from  
Prof. Dr. Henning Tolle

### **μAUV – Autonomes Unterwasserfahrzeug**

#### **μAUV – Autonomous Underwater Vehicle**

Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz | Bremen | 2008

Das μAUV wurde 2007 als weltweit kleinstes komplett autonom agierendes Unterwasserfahrzeug entwickelt. Es sollte exemplarisch zeigen, inwieweit KI-Methoden in der Meerestechnik eingesetzt werden können.

μAUV kann eine Stunde lang bis zu zehn Meter tief tauchen und benötigt dabei keine Kabel- oder Funkverbindung. Signale von Abstandssensoren und Druckmesser werden ausgewertet, um die Bewegungen des Roboters zu steuern. Da sein Verhalten nicht vorgegeben ist, kann μAUV schnell und selbständig auf unvorhergesehene Ereignisse reagieren, Hindernissen ausweichen und Signalquellen ansteuern. Allerdings ist das System nicht lernfähig.

*The μAUV was developed in 2007 as the world's smallest entirely autonomous underwater vehicle. It was designed to demonstrate the extent to which AI methods could be used in marine technology.*

*μAUV can dive to a depth of 10 meters for one hour without any cable or radio connection. Signals from distance sensors and a pressure gauge are analyzed to control the robot's movements. As its behavior is not predetermined, μAUV is able to respond to unforeseen events, avoid obstacles and head for signal sources quickly and independently. The system is not adaptive, however.*

### **Modulares Greifsystem »Soest-Hand«**

#### **Modular Gripper »Soest-Hand«**

GMG Gesellschaft für modulare Greifersysteme | Soest | 1999

Schon lange werden kooperative Roboter entwickelt und in Forschung und Arbeitswelt eingesetzt. Diese Hand ist nach einem Baukastenprinzip aus einzelnen Greiffingern mit

Pneumatikantrieb zusammengesetzt. Sie wird vor allem zur Montage von Schläuchen und Blechen benutzt.

*Cooperative robots have been developed and used in research and the working world for many years now. This hand is designed in accordance with a modular principle of pneumatically-driven individual gripper fingers. It is primarily used to install tubes and metal sheets.*

Inv.-Nr. E-2018-0166

### **Kärcher Reinigungsroboter RC 3000**

#### **Kärcher Robocleaner RC 3000**

Alfred Kärcher GmbH & Co. KG | Winnenden | 2002

Der Roboter reinigt Böden mittels einer rotierenden Bürste. Dabei durchquert er die Räume nach einem Zufallsprinzip. Er erkennt Verschmutzungen sowie Stufen und Absätze. Durch einen Infrarotstrahl findet er seine Basisstation. Dort dockt er an, um aufzuladen und den Staubbehälter zu leeren.

*The robot cleans floors using rotating brushes. It moves across the room at random, recognizing dirt as well as steps and ledges. It uses an infrared beam to find its base station, where it docks to recharge its batteries and empty the dust container.*

Schenkung des Herstellers | *Donation of the manufacturer*  
Inv.-Nr. E-2018-0154

### **Roomba 980 – Staubsaugerroboter**

#### **Roomba 980 – Robotic Vacuum Cleaner**

iRobot | Bedford, USA | 2015

Den ersten Staubsaugerroboter gab es bereits 1996, doch erst mit den Modellen von iRobot erlangen die robotischen Haushaltshelfer den weltweiten Durchbruch. Mittlerweile sind weit über 15 Millionen Roomba-Exemplare verkauft. Seit 2014 gibt es eine programmierbare Version des Roomba, mit der Roboterbau-Projekte unterstützt werden sollen.

*The first vacuum-cleaning robot was developed in 1996. But the global breakthrough came only when the iRobot models arrived. More than 15 million Roomba robots*

*have been sold since. Since 2014 there has also been a programmable version of the Roomba, which is to support robot development projects.*

Schenkung des Herstellers | *Donation of the manufacturer*  
Inv.-Nr. E-2018-0262

## **Sehsystem aus VaMoRs der ersten Generation**

### **Camera from first generation's VaMoRs**

Universität der Bundeswehr | München | 1986

Mitte der 1980er-Jahre rüstete Ernst D. Dickmanns mit seinem Team an der Universität der Bundeswehr München einen Kleintransporter so um, dass Lenkrad, Drosselklappe und Bremsen von einem Computer gesteuert werden konnten. Die Echtzeit-Auswertung der Bilder aus dem Sehsystem und Sensordaten lieferten dafür zentrale Informationen.

VaMoRs («Versuchsfahrzeug für autonome Mobilität und Rechnersehen») war das weltweit erste mit hoher Geschwindigkeit selbstfahrende Auto. Erste Testfahrten fanden aus Sicherheitsgründen auf nicht öffentlichen Straßen statt. Ab 1987 fuhr VaMoRs auf Schnellstraßen völlig selbstständig mit bis zu 96 km/h, der motorbedingten Höchstgeschwindigkeit.

Mitte der 1990er-Jahre fuhren weitere, für selbstständiges Fahren umgerüstete PKWs mit bis zu 180 km/h in Frankreich, Deutschland und Dänemark auf Strecken von jeweils mehr als 1000 Kilometern.

*During the 1980s Ernst D. Dickmanns and his group at the Universität der Bundeswehr München re-engineered a van so that it was possible to control steering wheel, throttle, and brakes through computer commands. Real-time evaluation of the camera and sensory data provided basic information.*

*VaMoRs («Versuchsfahrzeug für autonome Mobilität und Rechnersehen») was the world's first real autonomous car that drove at high speed. For safety reasons, initial rides took place on non-public roads. By 1987 VaMoRs could drive all by itself at speeds up to 96 kilometers per hour, the maximum engine speed.*

*In the mid-1990s, further cars autonomously drove more than 1000 kilometres on public roads in France, Germany and Denmark reaching up to 180 km/h.*

Leihgabe von | Loan from Dr. Karl-Heinz Siedersberger

## **Autonomes Fahren und die Frage nach der Maschinenethik** **Autonomous Driving and the Challenges of Machine Ethics**

Durch Kameras, Radarsysteme und weitere Sensoren kann ein selbstfahrendes Auto die eigene Position sowie die anderer Verkehrsteilnehmer bestimmen. Auch Geschwindigkeit und Lenkbewegungen werden so erfasst. Gekoppelt mit Daten zur aktuellen Verkehrs- und Wetterlage kann das Fahrzeug vollständig automatisiert, ohne einen steuernden Fahrer regelbasiert und schnell reagieren.

Experten gehen davon aus, dass die Zahl der Unfälle bis zu 90 Prozent sinken könnte, wenn ausschließlich Roboterautos fahren würden. Die technischen Hürden dafür schwinden stetig. Dennoch stößt autonomes Fahren bei vielen auf tiefe Skepsis. Vor allem müssen rechtliche und ethische Fragen diskutiert und geklärt werden: Wie soll die Maschine in schwierigen Situationen entscheiden und wer trägt dann die Verantwortung?

*With the help of cameras, radar systems and other sensors, a self-driving car can determine its own position and where other vehicles are located on the road. Speed and steering manoeuvres are determined the same way. Drawing on the latest data about traffic and weather conditions, the vehicle can react in a fast, fully automated and rule-based manner without any help from a driver.*

*Experts estimate that the number of accidents could be reduced by up to 90 percent if robot cars were the only vehicles on the road. The technical hurdles continue to dwindle. Nonetheless, many people are highly skeptical about autonomous vehicles. In particular, a number of legal and ethical questions must be discussed and resolved: How should the machine make decisions about difficult situations and who will ultimately assume responsibility?*

## **Sehen, um zu verstehen – Erkennen, analysieren, überwachen** ***Seeing is Understanding – Identifying, Analyzing, Monitoring***

Erst erfassen, dann bewerten

Die Augen gelten als wichtigstes Sinnesorgan des Menschen. Auch künstliche Systeme, die autonom und präzise agieren sollen, müssen sich optisch orientieren. Sie erfassen Größe, Farbe, Form und Oberflächenstruktur von Objekten sowie deren Entfernung und räumliche Position.

Doch Sehen ist weitaus mehr als nur optisches Erfassen: es bedeutet, Dinge identifizieren und bewerten zu können. Damit künstliche Sehsysteme Dinge verlässlich erkennen, müssen sie mit einer Vielzahl an Daten trainiert werden. Durch maschinelles Lernen arbeiten sie mittlerweile wesentlich sorgfältiger und sind weniger fehleranfällig.

Sehen – verstehen – entscheiden?

Ausgereifte Bilderkennung wird genutzt in der industriellen Produktionsüberwachung und robotergestützten Medizin, für maschinelle Gesichtserkennung sowie für autonome Fahrzeug- und Militärtechnik. Diese Entwicklungen werfen eine ethische Frage auf: Wer verantwortet es, wenn künstliche Systeme autonom Entscheidungen treffen und danach handeln?

*Detect first, judge later*

*The eyes are considered the most important human sensory organ. To operate autonomously and precisely, artificial systems need optical orientation, as well. They capture the size, color, shape and surface structure of objects, as well as their distance and spatial position.*

*But seeing involves much more than optical detection: it means identifying and analyzing objects too. Artificial visual systems have to undergo training with a great deal of data in order to identify objects reliably. Meanwhile, machine learning has made them much more accurate and less prone to error.*

*Seeing – understanding – deciding?*

*Advanced image recognition is used in industrial*

*production monitoring, in robot-assisted medicine, for facial recognition as well as in autonomous vehicle and military technologies. These developments raise an ethical question: who should be held responsible for the autonomous decisions and actions of artificial systems?*

## **Fußball-Roboter Sweaty**

### **Soccer robot Sweaty**

Hochschule Offenburg | 2014

Sweaty wurde fachübergreifend von Professoren und Studierenden der Hochschule Offenburg entwickelt. Der ungewöhnliche Name nimmt Bezug auf die durch Verdunstung gekühlten Antriebselemente des Roboters. Zur Orientierung verfügt er über zwei Kameras im Kopf und Kraft-, Magnetfeld- und Beschleunigungssensoren. Ein neuronales Netz erkennt Bälle und Torpfosten. 2014 nahm dieses erste Modell an der RoboCup-WM teil. Der Nachfolger ist Vizeweltmeister der AdultSize League.

*Sweaty was developed in an interdisciplinary process by professors and students at the Offenburg University. The unusual name refers to the evaporation-cooled drive elements of the robot. For orientation, it has two cameras in the head and force, magnetic field and acceleration sensors. A neuronal network recognizes balls and the goal posts. This robot played in the 2014 RoboCup World Championships and the follow-up model finished second in the AdultSize League.*

Inv.-Nr. E-2018-0269

## **Operationsroboter CASPAR**

### **Surgical robot CASPAR**

orto Maquet GmbH & Co. KG | Rastatt | 1999

CASPAR unterstützt bei der Planung und Durchführung von Operationen an Knie- oder Hüftgelenken. Nach menschlicher Vorbereitung fräst der Roboter autonom den Knochen des Patienten und überwacht dessen Lage. Ein Arzt überwacht alle Abläufe und kann jederzeit eingreifen.

Um in der Chirurgie höhere Präzision zu erreichen, wird seit den 1990er-Jahren Computer- und Robotertechnik eingesetzt.

Über ihren Nutzen herrscht seitdem jedoch Uneinigkeit. In den 2000er-Jahren kam es gehäuft zu Gerichtsprozessen, weil Patienten sich durch OP-Roboter geschädigt sahen. Die Gerichte entschieden jedoch, dass solche Schäden auch bei konventionellen Operationsmethoden auftreten können. Die Kritik, OP-Roboter »spürten« nicht, wohin sie fräsen, räumt neueste Robotertechnik zunehmend aus.

*CASPAR supports the planning and implementation of knee and hip joint operations. After the operation is prepared by humans, the robot independently shapes the patient's bone and monitors its condition. A doctor monitors every action and can intervene at any time.*

*Computers and robotic technology have been used since the 1990s to achieve greater surgical precision. However, their use has been controversial. The 2000s saw frequent court proceedings involving patients who believed they had been injured by surgical robots. The courts decided that such injuries can also occur via conventional surgical methods. The criticism that surgical robots don't »feel« how they work is dwindling with the latest robot technology.*

Schenkung von | *Donation from*  
Brüderkrankenhaus St. Josef, Paderborn  
Inv.-Nr. E-2018-0149

### **AirRobot AR 100-B – Mikrodrohne**

#### **AirRobot AR 100-B – Micro Air Vehicle**

AirRobot GmbH & Co. KG | Arnsberg | 2010

Die Drohne wird für Aufklärung und Überwachung im städtischen Raum, etwa bei Polizei oder Feuerwehr, ebenso wie für militärische Zwecke eingesetzt.

Vier senkrecht nach unten wirkende Propeller befördern die ein Kilogramm schwere und einen Meter breite Drohne mit bis zu 12 Metern pro Sekunde auf maximal 1000 Meter Höhe, jedoch nicht länger als 30 Minuten. Bei Tag kommt eine Farbvideokamera zum Einsatz, bei Nacht hilft eine Schwarz-Weiß-Videokamera mit Infrarot-LED. Auch eine Wärmebild- und Digitalkamera sind eingebaut. Privatpersonen nutzen Drohnen auf vergleichsweise harmlose Weise für außergewöhnliche Kameraaufnahmen. Als Aufklärungs- oder Waffensysteme sind sie umstritten.

*Drones are used for reconnaissance and monitoring in urban areas by, for instance, the police or fire brigade, or for military purposes.*

*Four vertical propellers carry the drone, which is one meter wide and weighs one kilo. It can travel up to 12 meters per second at a maximum of 1000 meters of height, but no longer than 30 minutes. A color video camera is used by day, a black and white video camera with infrared LED is used at night. A thermal image and digital camera are also installed. The private use of drones, which is comparatively harmless, focusses on unusual camera images. As spy or weapon systems they are controversial.*

Inv.-Nr. E-2016-0109

## **Zeichenroboter Vincent**

### **Drawing robot Vincent**

Archimedes Exhibitions GmbH | Berlin | 2014

*Vincent zeichnet ein Schwarz-Weiß-Porträt der Besucher. Er basiert auf einem Kawasaki-Industrieroboter, der vor allem zum Sortieren und Verpacken eingesetzt wird. Um sich künstlerisch betätigen zu können, wurde der Roboter um eine Digitalkamera und spezielle Software ergänzt.*

*Vincent macht vor Ort vier Fotos der Besucher. Eines davon wandelt er in eine Strichzeichnung um, die wiederum in Bewegungsanweisungen umgesetzt wird. Über Schlitten und Vakuum-Auflage führt Vincent das Papier zu und bringt mit einem Filzstift die Zeichnung auf.*

*Vincent draws a black-and-white portrait of visitors. Vincent is based on a Kawasaki industrial robot mainly used for sorting and packaging tasks. An additional digital camera and special software enable the robot to produce artwork.*

*Vincent takes four photographs of visitors. One of which is converted into a line drawing that is in turn translated into instructions for movement. Paper is supplied via carriage and vacuum chuck, so Vincent can complete the drawing using a felt-tip pen.*

Inv.-Nr. E-2016-0209

## **Gesichtserkennung SHORE**

### **Face Detection Software SHORE**

Fraunhofer-Institut für integrierte Schaltungen IIS | Erlangen | 2018

In Echtzeit erkennt die Software Objekte sowie Personen und analysiert Alter, Geschlecht und Gesichtsausdrücke. Wie gut Mustererkennung funktioniert, hängt davon ab, mit welchen Daten solche Programme trainiert wurden.

Fehldiagnosen bedeuten, dass die Trainingsdaten angepasst werden müssen. Verlässliche Software nützt Medizin- und Sicherheitstechnik, Marktforschung und Robotik, wird aber auch für Kontroll- und Überwachungszwecke missbraucht.

*The software captures objects and individuals in real time. It analyses their age, gender and facial expression. The performance level of pattern recognition depends on the data used to train such programs.*

*Inaccurate assessments mean that the training data have to be modified. Reliable software is useful to medical and security technology, market research and robots. But it is also misused for control and monitoring purposes.*

## **Überliste den Algorithmus**

### **Tricking the Algorithm**

Andreas Refsgaard, Mikkel Loose, Lasse Korsgaard |  
Kopenhagen, Dänemark | 2018

Menschen können Bilder recht problemlos deuten, auch wenn Größe, Maßstab und Position der darauf gezeigten Objekte eher unüblich sind. Damit eine Künstliche Intelligenz Bilder sicher analysiert, muss sie ausgiebig trainiert werden. Durch den Einsatz von maschinellem Lernen funktioniert das heute schon recht zuverlässig. Jedoch kann Erkennungssoftware schon durch kleine Änderungen in der Bildvorlage getäuscht werden. Durch solche Fehlanalysen können falsche Behauptungen entstehen und Personen geschädigt werden.

Die bunten Scheiben täuschen die Erkennung: alle Objekte erscheinen als Toaster. Aber ganz so einfach lässt sich das System doch nicht austricksen. Teste es hier selbst!

*People can interpret images fairly easily, even if the size, scale and position of the objects being shown are unusual.*

*To ensure that artificial intelligence can analyse images accurately, it must be extensively trained. This is already fairly reliable with the help of machine learning. But recognition software can be »fooled« by minor changes to the reference images alone. Inaccurate analyses can result in false accusations and damage to individuals.*

*The colored discs trick the recognition: all objects appear as toasters. But it's not that easy to fool the system. Test it here yourself!*

### **Robotische Assistenten im Alltag – Im Dialog mit der Maschine** **Robotic Assistants in Daily Life – Dialogue with Machines**

KI-Algorithmen verbessern Sprachassistenten

Sprachassistenten werden zur automatisierten Steuerung oder für Übersetzungsdienste eingesetzt, sind aber auch zu täglichen Begleitern geworden: zuhause und unterwegs.

Um gesprochene Sprache verzögerungs- und fehlerfrei zu erkennen und eine natürlich klingende Sprachausgabe aufzuweisen, mussten Sprachassistenten lange Zeit auf Themen, Wortschatz oder Sprecher festgelegt sein.

Diese Beschränkungen werden durch maschinelles Lernen und Training mit enormen Textmengen zunehmend überwunden. Auch unterschiedliche Betonung je nach Satzbau und Kontext kann so verstanden beziehungsweise erzeugt werden. Problematisch sind aber weiterhin Redewendungen oder grammatische Unterschiede zwischen den Sprachen.

Zwischen Komfort und Überwachung

Um zu funktionieren, müssen die Assistenten online sein. Das birgt die Gefahr, dass sie mehr hören als sie sollen. Wann und wie viele Daten erfasst und gesammelt werden und wer zu welchem Zweck darauf zugreifen kann, ist nicht immer klar – Bequemlichkeit hat ihren Preis.

*AI algorithms enhance voice assistants*

*Voice assistants are used for automated control or translation services, but have also become our daily companions at home and on the move.*

*For a long time, voice assistants were restricted to defined topics, vocabulary or speakers in order to understand the spoken word accurately and in real time as well as to offer a naturally sounding voice output.*

*These restrictions are increasingly being overcome by machine learning and training with huge amounts of text. By this means, inflections based on sentence structure and context can also be understood or created. However, idiomatic phrases and grammatical differences between languages are still problematic.*

*Between convenience and surveillance*

*Robotic assistants have to be online in order to operate. This carries the risk that they hear more than they should. It is not always clear when and how much data is recorded and saved, by whom or for what purpose it can be accessed. This is the price we pay for convenience.*

## **Billy-Billy**

ZoraBots | Oostende, Belgien | 2017

*Billy-Billy ist ein interaktiver, sprechender Blumentopf, gedacht vor allem für den Haushalt älterer Menschen. Sensoren messen Feuchtigkeit, Lichteinfall und Temperatur im Raum, worauf Billy-Billy mittels Lautsprecher den Bedarf der Pflanze meldet. Wenn Billy-Billy mit dem Internet verbunden ist, kann er an Termine aus einem Online-Kalender erinnern sowie an ihn gesendete Textnachrichten vorlesen.*

*Billy-Billy is an interactive, talking flowerpot, especially designed to accompany the lives of elderly people. Sensors capture the soil moisture, the amount of light that enters and the room temperature. Via loudspeakers, Billy-Billy expresses the needs of the plant. When Billy-Billy is connected to the Internet and uses a shared calendar, he can remind of appointments and read aloud text messages sent to him.*

Inv.-Nr. E-2018-0261

## **Hello Barbie**

Mattel Inc. | El Segundo, USA | 2015

Die Puppe ist mit einem Mikrofon und W-LAN ausgestattet. Auf Knopfdruck nimmt sie Gespräche auf und schickt sie zur Analyse und Speicherung zum Server des Herstellers. »Barbie« antwortet mit einem von rund 8.000 Antwortsätzen. Die Eltern erhalten vom Hersteller wöchentlich Links zu den Audiodateien, die das Kind besprochen hat.

Die Puppe wird als »Spionin« im Kinderzimmer kritisiert. Mattel und die Eltern verletzen die kindliche Privatsphäre, zudem sei es für Fremde möglich, die Puppe zu hacken. »Hello Barbie« ist in Deutschland nicht erhältlich.

*This doll is equipped with a microphone and Wi-Fi. It records conversations at the press of a button and sends them to the manufacturer's server for analysis and storage. Barbie responds with one of about 8,000 response sentences stored in her memory. Each week, the manufacturer sends parents links to the audio files containing the child's words.*

*The doll has been criticized as a »spy« in children's rooms. Critics claim that Mattel and parents are invading a child's privacy and that outsiders can hack into the doll. »Hello Barbie« is not available in Germany.*

Inv.-Nr. E-2018-0079

## **My Friend Cayla**

Genesis Toys | Hongkong, China | 2014

Die interaktive Puppe nutzt via App die Spracherkennung eines Smartphones oder Tablets. Zeichnet ihr Mikrofon auf, leuchtet die Halskette der Puppe. Online wird abgeglichen, was gesprochen wurde und eine Antwort ausgewählt. Im Februar 2017 erteilte die Bundesnetzagentur für den deutschen Markt ein Verkaufsverbot, da die Puppe als Abhöranlage missbraucht werden könnte. Unbefugte könnten Zugriff erlangen, das Leuchtsignal umgehen und unbemerkt Aufnahmen machen. Besitzer wurden aufgefordert, die Puppen zu zerstören.

*The interactive doll uses the speech recognition system of a smartphone or tablet via an app. Its necklace lights up when the microphone is recording. The spoken words are*

*then analyzed online and a response is selected. In February 2017, the German Network Agency banned sales of the doll in the German market because it could be misused as bugging device. Unauthorized individuals could gain access, deactivate the light system and secretly make recordings. People who bought the doll were urged to destroy it.*

Inv.-Nr. E-2018-0080

### **DragonBot – Sozialer robotischer Gefährte**

#### **DragonBot – Social Companion Robot**

Personal Robots Group / MIT Media Lab | Cambridge, USA | 2012

Der kostengünstige Roboter ist ein Spiel- und Lernpartner für Kinder. Über ein Smartphone werden seine Bewegungen, seine Stimme und seine Sinneseindrücke verarbeitet. Durch die geringe Größe, den weichen Pelz, seine Körpersprache und den freundlichen Augenausdruck wirkt er nicht wie eine Lehrperson, sondern erscheint dem Kind als ebenbürtig. Der Sprachlevel des DragonBots passt sich an die Fähigkeit des Kindes an. Zusammen mit der ausdrucksstarken Stimme hilft dies Kindern, ihre Sprachkenntnisse zu verbessern. Im Spiel vermittelt DragonBot Worte und Erzählfähigkeiten.

*The low-cost social robot is designed for learning and playing with kids. A smartphone processes its movements, voice and perception. Through its small size, furry exterior and appealing eye and body expressions, it is seen as a peer, not as a teacher. DragonBot's expressive voice and that it matches the complexity of the language to the kids' ability help them to improve their language skills. During a game, DragonBot introduces new vocabulary and narrative skills.*

Inv.-Nr. E-2018-0282

### **Intelligente Persönliche Assistenten**

#### **Intelligent Personal Assistants**

Amazon Echo | 2016

Google Home | 2017

Apple HomePod | 2018

Vernetzte Lautsprecher mit Sprachsteuerung können online nach Informationen suchen, Anrufe tätigen, Nachrichten versenden, Bestellungen aufgeben, Termine organisieren

oder Musik abspielen. Einige Geräte können sogar smarte Haushaltsgeräte steuern oder sind mit Apps erweiterbar. Durch Deep Learning-Algorithmen lernen die Anwendungen dazu und die Spracherkennung wird immer akkurater, aber Dialekte und Umgangssprache sind weiterhin große Hürden.

Damit die Geräte funktionieren, müssen ihre Mikrofone immer an sein, die auf ein Signalwort »lauschen«. Sobald sie damit aktiviert sind, erfolgt die Analyse der Sprachbefehle auf den Servern der Anbieter. Datenschützer kritisieren das ständige »Mithören« und das Speichern der Daten beim Hersteller. Die sogenannte »Dolphin Attack« bewies 2017, dass Sprachassistenten unbemerkt gehackt werden können, indem sie über Ultraschallsignale gesteuert werden.

Überwachung und Sicherheitsrisiken drohen durch die Geräte. Dennoch sind die Assistenten schon millionenfach im Einsatz, Tendenz steigend. Letztlich muss jeder für sich entscheiden, ob er die Geräte nutzt und was er ihnen erzählt.

*Networked speakers with voice control systems can search for information online, make phone calls, send messages, place orders, arrange appointments or play music. Some devices can even control smart household appliances or be enhanced with apps. With the help of deep learning algorithms, the applications get smarter and their speech recognition becomes ever more accurate. But dialects and slang continue to be major hurdles.*

*To enable the devices to function, their microphones must be on at all times so that they can listen for a signal word. Once they have been activated, language commands are analyzed on the provider's server. Data protection advocates criticize this constant »eavesdropping« and the storage of data by the manufacturer. The »Dolphin Attack« demonstrated in 2017 that digital assistants can be covertly hacked by controlling them via ultrasound signals.*

*The devices are considered to pose monitoring and security risks. Nonetheless, these assistants are used by millions of people, and this growth is set to continue. In the end, each of us has to decide whether to use such a device and what to tell it.*

Inv.-Nr. E-2017-0678, E-2017-0680, E-2018-0257

## **JIBO – Sozialer Assistent fürs Familienleben**

### **JIBO – Social Assistant for Your Home**

Jibo Inc. | Boston, USA | 2017

Cynthia Breazeal | MIT Media Lab's Personal Robots Group

Durch seine Körpersprache, seine angenehme Stimme sowie Variationen in seiner Tonlage erscheint JIBO gegenüber anderen Sprachassistenten lebensechter.

JIBO kann bis zu 16 Personen erkennen und sammelt durch Interaktionen mit Menschen Erfahrungen. Indem der Assistent Gefühle wie Freude, Traurigkeit oder Erstaunen ausdrückt, Fotos schießt oder mithilfe von Display, Lautsprecher und Bewegungen als interaktiver Geschichtenerzähler auftritt, soll er als Familienmitglied wahrgenommen werden.

Starke Vermenschlichung der Geräte erzeugt aber sehr hohe Erwartungen an deren Verhalten und Funktion. Kommen ein hoher Preis oder Probleme bei der Spracherkennung hinzu, scheitern die Projekte oftmals. JIBO ist nur ein Beispiel für solche Misserfolge. Entgegen der ursprünglichen Planung ist das Gerät derzeit nur in den USA und Kanada funktionsfähig.

*Due to its body language, his melodious voice and the alternating pitch of its speech, JIBO seems more lifelike than other voice assistant devices.*

*JIBO is capable of recognizing up to 16 people and gathers experience by interacting with individuals. The display of feelings such as joy, sadness or astonishment, the ability to create pictures or to play the role of an interactive storyteller with the help of its display, speakers and gestures – all of this is intended to transform the assistant into a family member.*

*A strong degree of anthropomorphism does however create very high expectations regarding the devices' actions and functions. If other factors like a high price for the device or problems connected with speech recognition are added, the projects often fail. JIBO is just one example of such failures. In contrast to original plans, the device is currently only operational in the United States and Canada.*

Inv.-Nr. E-2018-0274

## **Social Robots – Humanoide Gefährten des Menschen**

### **Social Robots – Man's Humanoid Companions**

Befremdlich menschlich

Menschenähnliche Automaten konstruierte man bereits zur Mitte des 18. und im 19. Jahrhundert. Sowohl Körperbau als auch Gesichtszüge und Bewegungen sind denen der Menschen nachempfunden. Man spricht von »Androiden« oder »Humanoiden«.

Seit den 1980er-Jahren werden auch Haut und Haare sowie ihr gesamtes Verhalten zunehmend realistisch. Das führte zum sogenannten »Uncanny-Valley«-Problem. Es besagt: Bei sehr hoher Menschenähnlichkeit des Roboters nimmt der Beobachter auch dessen Defizite deutlicher wahr, sowohl bezogen auf Bewegungsabläufe als auch auf Sprache. Androide wirken daher mitunter seltsam bis unheimlich.

Akzeptanz durch nonverbale Kommunikation

Roboter, die bewusst vom menschlichen Äußeren abweichen, werden meist als weniger befremdlich wahrgenommen. Weitaus wichtiger ist, dass sie selbst Gefühle ausdrücken und menschliche Mimik und Gestik analysieren sowie darauf angemessen reagieren können.

*Disconcertingly human*

*Human-like automatons were constructed as early as the mid-18th and in the 19th century. Their physical build, facial features and movements are based on those of humans. We call them »androids« or »humanoids«.*

*Since the 1980s, their skin, hair and all their behavior have also become increasingly realistic. That created the so-called »uncanny valley« problem. It claims that when robots have a high degree of similarity to humans, observers are quicker to spot their deficiencies in movement and speech. Androids can thus sometimes seem strange or creepy.*

*Acceptance through non-verbal communication*

*Robots whose appearance deliberately differs from that of humans are usually perceived as less strange.*

*Far more important is their ability to express emotions, analyse human facial expressions and gestures and respond appropriately.*

## **Nadine – Ein Roboterklon**

### **Nadine – a robot clone**

Nadine ist eine der wenigen Roboter, die einer bestimmten Person nachgebildet sind. Gesicht und Hände wurden nach Abdrücken von Prof. Magnenat-Thalmann gestaltet. Deren Forschungsinteresse gilt seit über 30 Jahren den »Virtual Humans«, insbesondere der Gestik und Mimik sowie der Darstellung von Emotionen bei Robotern.

Nadine wird pneumatisch und elektrisch betrieben. Der Kopf samt Augenbrauen, Lidern und Mund sowie Oberkörper und Arme sind in 27 Freiheitsgraden beweglich. Blinzeln und Atembewegungen steigern die Menschenähnlichkeit. Mithilfe eines Kinect-Kamerasystems sowie Mikrofon und Lautsprecher kann Nadine mit Menschen interagieren. Die Software steuert und analysiert die Kommunikation, lässt Nadine lächeln oder mit Ablehnung reagieren

*Nadine is one of only a few robots designed to resemble a specific person: its face and hands were modelled on those of Prof. Magnenat-Thalmann. She has been researching the subject of virtual humans for over 30 years, focusing on robots' gestures, facial expressions and presentation of emotions.*

*Nadine is operated pneumatically and electrically. The head including eyebrows, eyelids and mouth as well as upper body and arms are movable in 27 degrees of freedom. Nadine also blinks and »breathes«, thereby appearing even more human. A Kinect camera system, microphone and loudspeaker enable the robot to interact with people. The software controls and analyses all communication, prompting Nadine to react in a friendly or hostile manner.*

Roboterhardware | Robot hardware: Kokoro Ltd. | Japan | 2014  
Software: Institute for Media Innovation, TU Nanyang | Singapur | 2014  
Inv.-Nr. E-2016-0207

## **Artificial Virtual Human MAX**

### **Artificial Virtual Human MAX**

Universität Bielefeld, Arbeitsgruppe Professor Wachsmuth | Bielefeld | 2003

MAX ist ein virtueller Agent, der die sprachliche und gestisch-visuelle Interaktion mit Menschen beherrscht. Durch Tonfall, Mimik und Wortwahl drückt er Emotionen aus. Über eine Kamera nimmt MAX sein Gegenüber wahr. Mittels einer Tastatur kann man sich mit MAX unterhalten, dem Avatar Fragen stellen und auf seine Fragen antworten.

Als System mit fester Wissensbasis agiert MAX regelgeleitet. Er gibt Auskunft über sich selbst, Heinz Nixdorf, Paderborn, das HNF und den Ausstellungsbereich »Mensch, Roboter!«. Zudem beherrscht er Smalltalk, spielt »Tiere raten« oder löst mathematische Aufgaben. MAX kann auch ein Foto seines Gegenübers machen, das er als elektronische Postkarte per E-Mail verschickt.

*MAX is a virtual agent that is proficient at linguistic and gestural-visual interaction with humans. It expresses emotions via tone of voice, facial expressions and choice of words. A camera allows MAX to see its interlocutor, who can talk to MAX, ask questions and submit responses via a keyboard.*

*As a system with a fixed knowledge base, MAX is governed by strict rules. It offers information about itself, Heinz Nixdorf, Paderborn, the HNF and the exhibition area »Man, robot!«. MAX is also good at small talk, can play »guess the animal« and solve mathematical problems. It can also take a photo of its questioner, which is delivered by e-mail as an electronic postcard.*

## **Sprich mit ELIZA**

### **Chat to ELIZA**

Konversationssimulator, HNF 2000

ELIZA täuscht vor, ein menschlicher Gesprächspartner zu sein. Das Programm wurde erstmals 1966 von Joseph Weizenbaum entwickelt, um zu demonstrieren, wie Computer natürliche Sprache verarbeiten können. Das Prinzip dieser Simulation, ausgehend von eingegebenen Aussagen nach Details zu fragen, nutzen noch heute viele Chatbots. Weizenbaum erschreckte damals, wie sehr sich die Menschen

dem Programm anvertrauten, wenn sie den Eindruck hatten, dass sich der virtuelle Gesprächspartner für sie interessierte. Er mahnte daher zu einem kritischen Umgang mit Computern.

ELIZA steht in der Tradition des Turing-Tests von 1950, den der britische Mathematiker Alan M. Turing vorschlug, um zu überprüfen, ob Maschinen denken können. Um das herauszufinden, stellt ein Mensch über eine Tastatur Fragen und gibt Antworten. Der Test ist bestanden, wenn der Fragende nicht sicher weiß, ob die Reaktionen auf dem Bildschirm vom einem Menschen oder einer Maschine stammen.

Teste es selbst!

*ELIZA simulates a human conversation partner. The program was first developed in 1966 by Joseph Weizenbaum to demonstrate how computers process natural language. A number of chatbots still use the same simulation principle of requesting details based on the statements entered. Weizenbaum was startled at how much people would trust the program if they thought their virtual conversational partners were really interested in them. In response, he urged people to be critical when using computers.*

*ELIZA follows in the tradition of the Turing test proposed by British mathematician Alan Turing in 1950 to check whether machines can think. To find out, a person asks and responds to questions via a keyboard. The machine passes the test if the human questioner cannot be sure whether the responses on the screen have been written by a person or a machine.*

Try it out yourself!

## **Gesichtsroboter Mark II**

### **Face robot Mark II**

Science University of Tokyo, Fumio Hara | Japan | 2001

Seit Beginn der 1990er-Jahre bauen Wissenschaftler an der Science University in Tokio Gesichtsroboter, um zu erforschen, wie Maschinen Gefühle ausdrücken und auf menschliche Emotionen reagieren können.

Eine Kamera erfasst den Gesichtsausdruck des Betrachters. Ein künstliches neuronales Netz interpretiert die Regung und setzt die Mechanik des Roboterkopfes in Gang, um mit einem passenden Gesichtsausdruck zu reagieren. Die zusätzliche Ummantelung mit einer Silikonhaut verstärkt die menschenähnliche Wirkung.

*Since the beginning of the 1990s, researchers at Science University in Tokyo have been building face robots in order to research how machines can express feelings and react to human emotions.*

*A camera captures the facial impression of the observer. An artificial neuronal network interprets the emotion and triggers the mechanical system in the robot's head in order to react with the appropriate facial expression. A layer of silicone skin strengthens the human-like effect.*

Schenkung von | Donation of Fumio Hara  
Inv.-Nr. E-2015-0007

### **Lazlo & Kismet**

MIT Artificial Intelligence Laboratory | Cambridge, USA | 1998

Menschenähnliche Roboter werden entwickelt, um eine möglichst natürliche Interaktionen mit Menschen zu bieten. Lazlo ist eines der ersten Modelle aus dem Labor des MIT. Das Nachfolgemodell Kismet ist mit beweglichen Lippen, Augenbrauen, einem Kinn und Ohren sowie visuellen und auditiven Sensoren und einem Emotionsmodell ausgestattet. Die Anpassung der Kopfhaltung und Blickrichtung und eine synthetische Sprachausgabe befähigen Kismet, Gefühle verbal und mimisch auszudrücken. Zudem kann Kismet Personen an ihrer Stimme erkennen, ihre Gesichter und Augen finden und sich an Wortwechseln beteiligen.

*Humanoid robots are being developed with the aim of creating the most natural form of interaction with humans. Lazlo is one of the first models produced by labs at MIT. The follow-up model, Kismet, is equipped with movable lips, eyebrows, a chin, ears, visual and auditory sensors and an emotion model. The shifting posture of the head and eye direction and the robot's synthetic speech output enable Kismet to express feelings through speech and facial movements. Kismet can also recognize people*

*by their voices, locate their faces and eyes and participate in conversations.*

Leihgabe des Herstellers | Loan from the manufacturer

### **Sozialer Roboterkopf Floka**

#### **Social robotic head Floka**

Exzellenzcluster Kognitive Interaktionstechnologie (CITEC), Universität Bielefeld | 2016

Am CITEC wird erforscht, wie sozialer Dialog zwischen Mensch und Roboter in Zukunft möglich sein könnte. Dafür entwickelten die Wissenschaftler unter anderem diesen für Kommunikation optimierten Roboterkopf. Das Erscheinungsbild kann variabel angepasst werden: weiblich, männlich sowie älteres oder jüngeres Aussehen. Der Kopf trägt wichtige Merkmale eines menschlichen Gesichts und die comicartige Optik wirkt sympathisch. Mimisch können Freude, Kummer, Neugierde oder Ärger ausgedrückt werden.

*The CITEC researches the possibility of social dialogue between humans and robots in the future. Therefore, scientists have developed, among other things, this robotic head that has been optimized for communication purposes. The appearance can be variably adapted: female and male as well as an older or younger look. The head has important human facial characteristics and the comic-like visuals give it a friendly appearance. In terms of expressions, joy, sorrow, curiosity or anger can be conveyed.*

Inv.-Nr. E-2018-0342

### **Ein verwirrendes Potenzial**

#### **A Confusing Potential**

Julia Steinigeweg | Hamburg | 2016

Die Fotoarbeit geht der Frage nach, was ein Mensch braucht, um Liebe zu empfinden, und welche Rolle das Gegenüber dabei spielt. Ist ein Austausch von Gefühlen notwendig und wie gestaltet sich dieser in Beziehungen zwischen Mensch und ...?

*The photo series explores what humans do need in order to love and what is the role of the physical counterpart then.*

*Does this require the exchange of feelings and how is this possible in relationships between human and ...?*

## **Pepper – Humanoid und interaktiv**

### **Pepper – Humanoid and interactive**

Aldebaran Robotics | Paris, Frankreich | 2016

Der Serviceroboter wird für soziale Interaktion, derzeit vor allem in Verkaufsräumen und im Pflegewesen eingesetzt. Je nach Verwendung kann er speziell programmiert werden.

Sensoren und Aktoren in Kopf, Händen und Torso sowie der Tablet-PC ermöglichen ihm, mit seiner Umwelt zu interagieren. Pepper kann seine Körperteile bewegen und sich dank integrierter Räder fortbewegen. Über Kameras in Mund- und Stirnhöhe, Mikrofone sowie Lautsprecher in den Ohren nimmt er Mimik, Gestik und die Wortwahl und Lautstärke seines menschlichen Gegenübers wahr. Pepper kann daraus dessen emotionale Grundstimmung erkennen und entsprechend darauf reagieren.

Eigene Gefühlswerte zeigt er durch farbige Leuchtfelder um die Augen und an den Schultern sowie durch Gesten, Körperhaltung, Stimmlage und das Tablet an.

*The service robot is used for social interaction, currently primarily in sales areas and nursing care. It can be specially programmed for each specific job.*

*Sensors and actuators in the head, hands and torso as well as a tablet PC enable the machine to interact with its environment. Pepper can move its body parts and locomote with the help of its integrated wheels. Via cameras at the level of the mouth and forehead and microphones and speakers in the ears, it can perceive facial expressions and gestures of its human counterpart as well as the words and volume of the person's voice. Pepper can then determine the person's basic mood and react appropriately to it.*

*It displays its own emotional responses in colored light fields around its eyes and shoulders as well as through gestures, posture, the pitch of its voice and the tablet.*

Inv.-Nr. E-2014-0155

### **Telenoid**

Osaka University, ATR Intelligent Robotics and Communication Laboratories | Japan | 2013

Das Objekt soll der Fernkommunikation dienen, indem es eine Person vertritt, die sich an einem anderen Ort befindet. Dazu hält eine Person den Telenoid im Arm, während über Kamera und Mikrophon eines Computers Gestik, Mimik sowie Veränderungen in der Stimme des anderen erfasst werden. Der Input wird an den Telenoid der ersten Person übertragen. Er ist bewusst alters- und geschlechtsneutral gestaltet.

*The object's purpose is long distances communication by representing a person who is in a different location. You hold Telenoid in your arms during the conversation. Cameras and microphones capture movements, facial expressions and changes in a speaker's voice which are projected to the user. It is deliberately designed to be age- and gender-neutral.*

Inv.-Nr. E-2018-0279

### **Aibo ERS-111**

Sony Corporation | Japan | 1999

Der Name Aibo rührt von »aibou«, japanisch für »Partner«, als auch von »Artificial Intelligence«, »eye« und »robot« her. Mit dem autonomen, lernfähigen Hund setzte Sony Maßstäbe für Robotik im Privatleben und bot zudem eine günstige und leistungsfähige Forschungsplattform, etwa für den RoboCup.

Sensoren an verschiedenen Körperteilen, Kamera, Mikrophon, Lautsprecher und 18 Gelenke ermöglichen Aibo komplexe Bewegungsabläufe sowie die Interaktion mit seiner Umwelt. Er lernt aus Erfahrung, erweitert so sein Handlungsrepertoire und entwickelt eine Art Persönlichkeit. Aibo kommuniziert durch Lautäußerungen und Körpersprache und zeigt dabei Emotionen wie Freude, Traurigkeit, Wut oder Angst.

Gerade in Japan wird den Robotern eine Seele zugeschrieben. Die enge Bindung der Besitzer an ihr Haustier kommt etwa in Trauerfeiern nach dem »technischen Tod« zum Ausdruck.

Auch wenn Aibo weltweit über 150.000-mal verkauft wurde, stellte Sony nach mehreren Weiterentwicklungen im Jahr 2006 die Produktion aus finanziellen Gründen ein.

*The name Aibo comes from »aibou«, Japanese for »partner«, as well as »artificial intelligence«, »eye« and »robot«.*

*With its autonomous, teachable dog, Sony set new benchmarks in robotics for private use and also offered an affordable, high-performance research platform, e.g. for the RoboCup.*

*Sensors on various body parts, a camera, microphone, speakers and 18 joints enable Aibo to carry out complex motion sequences and interact with its environment.*

*It learns from experience, expanding its repertoire of actions and developing a sort of personality. Aibo communicates through sounds and body language and shows emotions such as joy, sadness, anger or fear.*

*In Japan in particular, people believe robots have souls.*

*The close bond of an owner to a pet can be seen, for example, at funeral services following the pet's »technical death«.*

*Over 150,000 Aibo robots were sold around the world. Even so, after numerous further developments Sony stopped production in 2006 for financial reasons.*

Inv.-Nr. E-2001-0121

## **Aibo ERS-1000**

Sony Corporation | Japan | 2018

Der neue Aibo besitzt eine Quad-Core-CPU, LTE und W-LAN, kompakte Aktoren für Bewegungen in 22 Freiheitsgraden, diverse Sensoren, Kameras und Mikrofone, Sprach- und Gesichtserkennung sowie Ortungs- und Kartierungssoftware. Das ermöglicht ihm komplexe Interaktion mit seinem Umfeld. Über seine OLED-Augen, Lautäußerungen sowie detailreiche Körpersprache drückt er eine Vielzahl von Emotionen aus.

Außerdem greift Aibo via Cloud-Verbindung auf künstliche neuronale Netze mit Deep Learning zurück, um seine Umwelt und seinen Besitzer besser »zu verstehen« und eine stetige Entwicklung von Verhalten und Persönlichkeit zu ermöglichen. Dazu werden in der Cloud alle »Erfahrungen« verarbeitet und mit Zustimmung der Besitzer mit anderen Aibos geteilt.

Ein Abonnement für den Cloud-Service sowie eine App sind Voraussetzung für die Inbetriebnahme des Roboters.

Bisher ist der Aibo ERS-1000 nur in Japan erhältlich.

*The new Aibo has a quad-core CPU, LTE and Wi-Fi, compact actuators for movements with 22 degrees of freedom, various sensors, cameras and microphones, plus speech and facial-recognition, positioning and mapping software. This allows it to have complex interactions with its environment. Through its OLED eyes, sounds and refined body language, it can express a variety of emotions.*

*Furthermore, Aibo can access deep-learning-based artificial neural networks by connecting to the Cloud in order to better »understand« its environment and its owner. To allow a constant development of its behavior and personality, Aibo's »experiences« are processed in the Cloud and shared with other Aibos with the consent of its owner. A subscription for the Cloud service and the app are requirements for activating the robot.*

*The Aibo ERS-1000 is currently only available in Japan.*

Inv.-Nr. E-2018-0273

## **Computerkunst – Bilder aus Bits und Bytes**

### **Computer Art – Pictures out of Bits and Bytes**

In den späten 1950er-Jahren entstand die Computerkunst. Mathematiker, Physiker, Elektrotechniker und Informatiker setzten wissenschaftliche Formeln visuell um und begannen, das Verhältnis von Zahl und Bild künstlerisch zu erforschen. Die frühen Experimente waren zwar mit Computern erstellt, wurden aber meist als statische, gedruckte Bilder präsentiert.

Ab den 1980er-Jahren wurden animierte Grafiken möglich. In Film und Video waren vermehrt realistisch beleuchtete, hochauflösende Bewegtbilder und Special Effects zu sehen. Auch neue Ansätze der 1990er-Jahre wie generatives Design, Netzkunst oder interaktive Multimedia-Installationen wanderten aus der Kunst auch in kommerzielle Bereiche wie Computerspiele, Musikvideos oder ins Webdesign.

Jüngst finden maschinelles Lernen und neuronale Netze Eingang in kreative, gestalterische Prozesse. Künstliche Intelligenz wird zum Werkzeug und Partner in Design, Malerei, Fotografie, Musik oder Film.

*Computer art emerged in the late 1950s. Mathematicians, physicists, electrical engineers and computer scientists visually transformed scientific formulas and artistically researched the relationship between digits and art. The early experiments were conducted with computers, but were mostly presented as static, printed images.*

*The 1980s witnessed the possibility of animating graphics. Films and videos featured an increasing amount of realistically illuminated, high-resolution moving images and special effects. New approaches in the 1990s such as generative design, network art or interactive multimedia installations, also migrated from art to commercial areas, such as in computer games, music videos or web design.*

*Most recently, machine learning and neural networks are being incorporated into creative, artistic process. Artificial intelligence is becoming a tool and partner in design, painting, photography, music and film.*

## **K.I. – Kreative Inspiration**

### **A.I. – Artistic Inspiration**

In der Spracherkennung, dem Schachspiel, im Finanzwesen und der Medizin werden KI und maschinelles Lernen bereits erfolgreich eingesetzt. Menschliche Gestaltungskraft und Kreativität galten hingegen bislang als unnachahmlich. Diese Zeiten scheinen vorbei: KI hat längst Einzug gehalten in Malerei, Zeichnung, Fotografie oder Musik.

Schon die frühen Computerkünstler beschäftigte die Frage, ob Werke, die mithilfe von computergesteuerten Maschinen und Algorithmen erschaffen werden, qualitativ gleichwertig zu den rein von Menschenhand erstellten Werken sind. Kann mithilfe Künstlicher Intelligenz Kunst entstehen?

Viele der KI-Kunst-Projekte nutzen bestehende Software, unter anderem das seit 2016 stetig weiterentwickelte Magenta, eine von Google Brain bereitgestellte Open Source-Software.

Maschinelles Lernen soll menschliche Kreativität unterstützen und algorithmische Werkzeuge sollen helfen, neue Formen audiovisueller Werke zu erschaffen. Wir zeigen eine Auswahl unterschiedlicher künstlerischer Projekte.

*AI and machine learning have been successfully used in the areas of speech recognition, chess, finance and medicine for quite some time. Human ingenuity and creativity have been regarded as inimitable thus far. These times seem to be over: AI has long since found its way into painting, drawing, photography and music.*

*Even the early computer artists also addressed the question of whether works created with the help of computer-assisted machines and algorithms are qualitatively equivalent to works created purely by human hands. Can art be created with the help of artificial intelligence?*

*Many of the AI art projects use existing software, such as Magenta, an open source software provided by Google Brain that has been constantly optimized since 2016.*

*Machine learning is intended to support human creativity and algorithmic tools are supposed to assist in creating new forms of audiovisual works. Here we are displaying a selection of different artistic projects.*

## **Die Anfänge der Computeranimation** **The Beginnings of Computer Animation**

Um komplexe virtuelle Figuren erstellen zu können, fertigte man in der frühen Computeranimation Gipsmodelle. Darauf wurden händisch geometrische Daten gezeichnet, die in Computerprogramme übertragen wurden. Gesten und Bewegungen wurden über »MIRA language« simuliert, einer von Magnenat-Thalmann und ihrem Mann entwickelten Software-Erweiterung der Programmiersprache Pascal. Realistische Bewegungsabläufe der Figuren wurden möglich. Magnenat-Thalmanns erster so gestalteter Film »Vol de Rêve« kam 1982 bei einer Londoner Konferenz auf Platz eins, noch vor Walt Disneys weltberühmtem Film »Tron«.

*In order to be able to generate complex virtual figures, plaster models were made in the early days of computer animation. Geometric data was drawn on these models*

*by hand, and then translated into computer programmes. Gestures and movements were simulated using »MIRA language«, a software enhancement of the Pascal programming language developed by Magnenat-Thalmann and her husband. This made realistic movement sequences possible. Magnenat-Thalmann's first film of this kind, »Vol de Rêve«, took gold in 1982 at a London conference, even beating Walt Disney's world-famous film, »Tron«.*

### **Büste von Marilyn, Gipsmodell**

#### **Bust of Marilyn, plaster model**

Montreal, Kanada | 1986

Die Büste wurde von einem Montrealer Bildhauer erstellt. Von Hand wurden Polygone eingezeichnet und nummeriert. Alle Daten wurden einzeln in Software übertragen, um ein 3D-Computermodell von Marilyn zu erhalten. Heutzutage nutzt man dafür 3D-Scanner und Tiefenkameras.

*The bust was made by a Montreal-based sculptor. Polygons were marked on it by hand and numbered. All the information was then individually translated into software, in order to obtain a 3D computer model of Marilyn. Nowadays 3D scanners and depth cameras do this kind of work.*

Schenkung von | *Donation from*  
Prof. Dr. Nadia Magnenat-Thalmann  
Inv.-Nr. E-2017-0681

### **AI Duet – Spiele ein Duett mit dem Computer**

#### **AI Duet – Play a duet with the Computer**

Dieses Projekt nutzt maschinelles Lernen und reagiert auf die gespielten Noten und Melodien. So entsteht ein kreatives Feedback zwischen Mensch und Computer. Der Quellcode ist Open Source: <http://g.co/aiexperiments>

*This experiment uses machine learning in order to respond to the notes and melody you play. Get into a creative feedback loop with the computer: All the code is open source: <http://g.co/aiexperiments>*

Programmierung und Konzept | *Programming and Concept:*  
Yotam Mann, Google Creative Lab, 2017  
Google Magenta, <https://magenta.tensorflow.org>

## **The Electronic Curator**

Mahanaim 134 (Eran Hadas, Eyal Gruss) | 2017

Diese Arbeit fragt danach, ob ein Computer nicht nur Kunst erschaffen, sondern auch die Qualität der Werke beurteilen kann. Das Werk verwendet Generative Adversarial Networks, kurz GAN. Dabei treten zwei konkurrierende neuronale Netze in einen Dialog. Hier tritt eines als Maler auf, der ein menschliches Gesicht in Gemüse umsetzt. Das andere repräsentiert einen Kurator, der beurteilt, ob die Porträts tatsächlich wie Gesichter aus Gemüse aussehen. Es generiert einen Text und ermutigt den Maler zur Verbesserung. Das Training dieser Netze erfolgt unbeaufsichtigt. Nur einige Porträts und Gemüsegesichter aus dem Internet werden dafür benötigt. Kann in Zeiten der KI-Kunst und kreativen Maschinen die Aufgabe des Kuratierens dem Menschen vorbehalten bleiben?

*This project examines whether a computer can not only generate art, but also evaluate its quality. The work uses GAN, or Generative Adversarial Networks, which is a dialog between two competing neural networks. Here, one represents a painter, who turns a human face into a vegetable face portrait. The other represents a curator, who evaluates whether the portraits indeed look like vegetable faces. It generates a text and encourages the painter to improve. Training of the nets is done unsupervised. It requires only a set of portraits and an unrelated set of vegetable-faces collected from the Internet. In a world of AI art and creative machines, will the art of curation remain reserved for humans?*

## **DeepBach**

Gaëtan Hadjeres, Théïs Bazin  
(Sony Computer Science Laboratories) | Paris

Dieses von einer KI unterstützte Kompositionswerkzeug erzeugt Chormusik im Stil von Johann Sebastian Bach. Ohne Vorkenntnisse in Harmonielehre oder Musiktheorie, nur auf Basis von 400 Choralnotationen von Bach, lernte der Algorithmus vierstimmige Choräle zu erzeugen, die von echten Bach-Chorälen kaum zu unterscheiden sind.

Das System sorgt für die musikalische Technik hinter der Choralerzeugung. Auf eine intuitive und spielerische Weise

wird es dadurch auch Anfängern möglich, sich musikalisch ausdrücken. DeepBach ist ein musikalischer Assistent, der stets neue Ideen liefert und für die Musikproduktion sowie die Musikausbildung genutzt werden kann. Der Algorithmus unterstützt Kreativität der Nutzer, da sie auf die Arbeit großer Schöpfer aufbauen können.

*This AI-augmented musical composition tool generates chorale music in the style of Johann Sebastian Bach. By looking at 400 of his chorale harmonisations and with no prior knowledge about harmony or music theory, the algorithm learned to generate four-part chorales that are nearly indistinguishable from real Bach chorales.*

*By handling the musical technicality of Bach chorales, it grants non-experts the ability to express themselves in an intuitive and playful way. The musical assistant provides always new musical ideas and can be used for music production and music education, boosting creativity by relying on the work of great creators.*

### **Doodle Tunes**

Gene Kogan & Andreas Refsgaard | 2016

Doodle Tunes verwandelt deine Zeichnungen in Musik. Das Programm erkennt Bassgitarren, Saxophone, Keyboards sowie Trommeln und spielt passende elektronische Samples ab. Die Bilder werden mithilfe eines Convolutional Neural Network klassifiziert, das ursprünglich darauf ausgelegt war, Millionen von Bildern zu kategorisieren.

*Doodle Tunes lets you turn your drawings into actual music. It detects bass guitars, saxophones, keyboards and drums and triggers electronic samples of those instruments. The classification of the images uses a convolutional neural network originally trained to classify millions of images.*

Software verfügbar unter | Software available at

<https://ml4a.github.io/guides>

Erstmals gezeigt bei | First shown at

2016, AI Hackathon, Art Center Nabi, Seoul, South Korea.

### **Deep Art Effects**

Deep Art Effects GmbH | Karlsruhe | 2018

Diese Anwendung ermöglicht es, ein normales Foto in ein digitales Kunstwerk zu verwandeln. Mithilfe eines

Convolutional Neural Network und Algorithmen des maschinellen Lernens, kann ein Kunststil auf ein Porträt übertragen werden; das nennt man »neural style transfer«. Verfügbare Kunstfilter können auf das Bild angewandt, die Pinselstrich-Größe und die Intensität des Kunststils konfiguriert werden. So werden Fotos zu Ölgemälden oder Bleistiftzeichnungen, so entstehen Bilder, die aussehen, als ob sie von Dali, da Vinci, Michelangelo, Picasso oder van Gogh gemalt worden wären.

*This software enables you to transform your portrait into a piece of digital artworks. By means of a convolutional neural network and machine learning algorithms, the style of a piece of artwork is transferred onto a picture. This technique is called neural style transfer. Predefined filters can be applied to your picture and you can adjust the brush size and the style weight. Thus, photos become pencil drawings or oil paintings, and pictures are created that look as if they had been painted by Dali, da Vinci, Michelangelo, Picasso or van Gogh, just to name a few.*

## **Tandem**

Harshit Agrawal | Indien | 2016

Menschen drücken sich durch Kunst aus. Tandem untersucht, wie sie ihre Rolle als Künstler wahrnehmen, wenn künstlich generierte Ideen Teil des kreativen Prozesses werden. Dafür nutzt Tandem die Zeichnung eines Nutzers und imaginiert mithilfe von Convolutional Neural Networks von dort aus, um die künstlerische Arbeit durch seine eigene Interpretation zu vollenden. Der menschliche Künstler kann verschiedene Persönlichkeiten von Tandems wählen: freudig oder wütend, traurig oder verträumt, wodurch sich die Ergebnisse ändern. Kreativer Ausdruck wird so zu einem kollaborativen Erlebnis zwischen Mensch und Maschine.

*People have always expressed themselves through art. Tandem explores how they perceive their role, when artificial imagination becomes part of the creative process. By means of convolutional neural networks, Tandem takes a person's drawing and starts to »imagine« on top of it, thus completing the work with its own interpretation. The human artist can choose Tandem's personality, from joyous to furious, or sad to dreamy, changing its output accordingly. Creative expression becomes a collaborative process between humans and machines.*

## **Quick Draw**

Programming & Concept: Google Creative Lab | 2017

Dieses Spiel wurde mit maschinellem Lernen umgesetzt. Du zeichnest und ein neuronales Netz versucht zu erraten, welcher Gegenstand es ist. Millionen von Spielern haben schon Millionen von Zeichnungen beigetragen und dadurch den weltgrößten Datensatz an Kritzelbildern geschaffen. Der Datensatz wird für das Training anderer neuronaler Netze verwendet und um zu erforschen, was die Skizzen aus unterschiedlichen Teilen der Welt kennzeichnet. Weitere Informationen dazu unter [g.co/quickdrawdata](https://g.co/quickdrawdata).

*This is a game built with machine learning. You draw and a neural network tries to guess what you are drawing. Millions of players have contributed millions of drawings which now form the world's largest doodling dataset. The dataset is used to train new neural networks and help researchers learn about how people around the world draw. Learn more about the dataset at [g.co/quickdrawdata](https://g.co/quickdrawdata)*

## **Video D.O.U.G 1 & 2**

Sougwen Chung | 2015-2017

**Drawing Operations Unit Generation 1** und **Generation 2** untersucht die künstlerische Zusammenarbeit zwischen Mensch und Roboter. Der Roboterarm imitiert die Gesten der Künstlerin. Die erste Generation nutzt eine Overhead-Kamera und analysiert mithilfe von maschinellem Sehen die Bewegungen. Generation 2 nutzt ein neuronales Netz, das vorab mit Zeichnungen der Künstlerin trainiert wurde und darauf aufbauend das Verhalten des Arms generiert. Die Fehler des Roboters und sein mangelndes Geschick sind zentrale Bestandteile des Projekts. Das gemeinsame Handeln von Künstlerin und Maschine wird in Form von Zeichnungen festgehalten. Kreativität entsteht hier durch das gegenseitige Lernen von Gesten.

*In **Drawing Operations Unit Generation 1 and Generation 2** Chung examines interaction between humans and robots as artistic collaboration. The robotic arm mimics the artist's gestures. The first generation sees through an overhead camera, and analyzes movements by computer vision. The arm's behavior in generation 2 is generated from neural nets trained with the artist's previous drawings. The robot's errors and its lack of dexterity are seen as crucial features of the project. The performance of the*

*artist with the machine is captured as drawing. Creativity here originates from the mutual learning of gestures.*

### **Elektronische Musik – Musikvielfalt durch Computertechnik**

#### **Electronic music – A variety of musical styles through computer technology**

Musik, die mit elektronischen Geräten erzeugt und über Lautsprecher wiedergegeben wird, heißt elektronische Musik. Das Zeitalter der elektronischen Musikinstrumente wurde bereits 1897 mit dem Telharmonium eingeleitet.

Der Durchbruch kam jedoch erst in den 1960er-Jahren. Rock- und Popbands setzten für ihre Musikproduktionen neuentwickelte Tasteninstrumente und Synthesizer wie Mellotron oder Minimoog ein.

Technische Neuerungen zu Beginn der 1980er-Jahre wie der erste digitale Synthesizer Fairlight CMI und die digitale Schnittstelle für Musikinstrumente MIDI veränderten die Rock- und Popmusik grundlegend.

Musikproduktion mithilfe von Computertechnik ist heute eine Selbstverständlichkeit. Der Technikeinsatz verdrängt den Menschen jedoch nicht, sondern hilft bei der Kreation neuer Musikstile.

*Music produced using electronic devices and played over a loud speaker is called electronic music.*

*The era of electronic musical instruments began back in 1897 with the introduction of the Telharmonium, but its breakthrough did not come until the 1960s, when rock and pop bands used newly developed keyboards and synthesizers such as Mellotron or Minimoog for the production of their music.*

*Technical innovations at the beginning of the 1980s, like Fairlight CMI (the first digital synthesizer) or MIDI (the digital interface for musical instruments), changed the foundations of rock and pop music.*

*Today, producing music with the aid of a computer is self-evident. The use of technology does not replace artists; instead, it helps them to create new styles of music.*

## **Fairlight CMI**

Fairlight | Sydney, Australien | 1979

Mit dem Fairlight CMI war der Musikcomputer geboren. Nun konnte man Klänge auf rein digitalem Wege synthetisieren, speichern und modifizieren. Stevie Wonder und Peter Gabriel gehörten zu den ersten, die das Instrument für ihre Produktionen einsetzten.

Insbesondere das Sound Sampling sorgte für Furore. Mit dieser Technik konnte jeder beliebige Klang digitalisiert, gespeichert und in einem anderen musikalischen Kontext wiederverwendet werden.

*With the Fairlight CMI the music computer was born. Now it was possible to synthesize, store and modify a sound in a completely digital fashion.*

*Stevie Wonder and Peter Gabriel were among the first to use this synthesizer in their productions. The system's sound sampling in particular was all the rage, as this technology enabled any sound to be digitalized, stored and then used again in a different musical context.*

Inv.-Nr. E-1997-0283

## **MIDI**

Dave Smith | USA | 1982

Musical Instrument Digital Interface, kurz MIDI genannt, ist eine 1983 standardisierte digitale Schnittstelle, die die Musikwelt revolutionierte. MIDI ermöglichte es, Musikinstrumente untereinander und mit Computern zu verbinden und kommunizieren zu lassen.

*Musical Instrument Digital Interface, or MIDI for short, is a standardized digital interface from 1983 that revolutionized the music world. MIDI made it possible to connect instruments to each other and to computers, to allow them to communicate with one another.*

Inv.-Nr. E-2010-0049

## **Interfaces – Kommunikation zwischen Mensch und Maschine**

### **Interfaces – Communication between man and machine**

Damit Menschen mit künstlichen Systemen interagieren, sie steuern und Informationen austauschen können, sind Schnittstellen nötig, sogenannte Interfaces.

Sie sind auf intuitive Bedienbarkeit ausgerichtet und sollen zwischen Menschen und ihrer Umgebung vermitteln. Nicht die Funktionalität der Maschine ist dabei vorrangig, sondern, dass die Technik an den Menschen angepasst ist. Sie soll sich möglichst unauffällig in Abläufe integrieren.

Menschlicher Seh-, Hör- und Tastsinn finden sich wieder in der Blick- und Gestensteuerung, der Sprachverarbeitung und Steuerung durch Ton sowie in haptischen Schnittstellen. In der wissenschaftlichen Datenanalyse und -visualisierung nutzt man vermehrt Systeme, die menschliche Fähigkeiten erkennen, interpretieren und entsprechend darauf reagieren.

Durch maschinelles Lernen und künstliche neuronale Netze kann die intuitive Interaktion heute stetig optimiert werden.

*Humans need interfaces in order to interact with, operate and exchange information with artificial systems.*

*These interfaces are designed for intuitive operation and to act as a link between people and their environment. The machine's functionality is of secondary importance – what matters is that the technology is adapted to human requirements. It should also be integrated into workflows as inconspicuously as possible.*

*The human senses of sight, hearing and touch are reflected in gaze and gesture control, voice processing, and audio and haptic interface control. Systems capable of recognizing and interpreting human capabilities and reacting accordingly are increasingly being used in scientific data analysis and visualization.*

*Thanks to machine learning and artificial neural networks, intuitive interaction can now be optimized on an ongoing basis.*

### **Sound-Controlled Intergalactic Teddy**

#### **Sound-Controlled Intergalactic Teddy**

Bei diesem Plattformspiel nutzt man Stimme und Geräusche, um die Bewegungen des Teddy-Spielcharakters zu steuern. Durch maschinelles Lernen und unzählige Aufnahmen

verschiedener “Oh-“ und Klatschgeräusche wurde das Spiel trainiert, Geräusche erkennen und unterscheiden zu können.

*In this infinite runner game you use your voice and sounds to control a Teddy's movements. Machine learning and recordings of a lot of different »ohh's« and claps were used to teach the game. Thus it is able to recognize and distinguish the sounds.*

Programmierung | Programming:  
Lasse Korsgaard & Andreas Refsgaard | 2017  
Grafikgestaltung | Game graphics: Amalie Kvistgaard

### **OptiKey – Bildschirmtastatur** **OptiKey – Assistive on-screen keyboard**

Tastatur- und Mauseingaben sind für Menschen mit körperlichen Einschränkungen oft nicht möglich. Eyetracker-Hardware und passende Software erlaubt es ihnen, Eingaben durch Blickbewegungen zu steuern. Gängige Systeme sind jedoch sehr teuer. OptiKey dagegen ist eine kostenfreie Open-Source-Version.

*OptiKey brings keyboard control, mouse control and speech to people with motor and speech limitations. To challenge the overly expensive products on the market, it is designed to be used with a low-cost eye tracker and is fully open-source and free.*

Programmierung | Programming:  
Julius Sweetland, optikey.org | 2015

### **Be-Greifbare Interaktion im virtuellen Raum** **Tangible Interaction in a Virtual Space**

Ohne den Tastsinn kann der Mensch seine Umwelt kaum erfahren und physikalische Phänomene einschätzen. Über Millionen spezialisierter Sinneszellen in der Haut registrieren Lebewesen Berührungen, Schmerz und Temperatur. Rezeptoren für Vibration und Bewegung befähigen uns, Zug- und Druckkräfte zu spüren.

Für die Produktentwicklung oder zum Training von Montagearbeiten werden haptische Interfaces ebenso eingesetzt wie im Unterhaltungsbereich. Durch mechanische Stimulation und Rückkopplung erscheint der virtuelle Raum dann realitätsnaher.

Oberflächenstrukturen können durch kleinste Vibration simuliert und vom Empfänger unterschieden werden. Die Kraftrückkopplung hilft dem Benutzer dabei, virtuelles Werkzeug präzise zu führen, um Objekte zu erschaffen oder sie aus der Ferne zu steuern.

*Man's sense of touch is invaluable for exploring his environment and assessing physical phenomena. Living beings register touch, pain and temperature via millions of specialized sensory cells in the skin. Receptors for vibration and movement enable us to feel tensile and pressure forces.*

*Haptic interfaces are used in product development, assembly work training and the entertainment sector. Mechanical stimulation and feedback make the virtual space appear even more realistic.*

*Surface structures can be simulated by means of the slightest vibration and differentiated by the user. Force feedback helps users to guide a virtual tool in order to creating or controlling objects remotely.*

### **DepthTouch – Formbares Display**

#### **DepthTouch – Elastic Surface**

Gesellschaft für Technische Visualistik mbH | Dresden | 2018

Anders als gängige Touchscreens fügen verformbare Displays der Fläche die Tiefendimension hinzu. Durch Eindrücken oder Ziehen ermöglichen sie eine physische, dreidimensionale Interaktion. Komplexe Datenvisualisierung wird greifbarer, mehrdimensionale Datenräume lassen sich fühlbar abbilden.

*Flexible displays add the dimension of depth that conventional touchscreens lack. Three-dimensional interaction can be achieved by pushing or pulling. Complex data visualization and multidimensional data spaces can be depicted in a tangible fashion.*

### **Phantom – Haptisches Interface**

#### **Phantom – Haptic Device**

SensAble Technologies GmbH, Stuttgart, 2003

Der mechanische Gelenkarm vermittelt dem Nutzer ein taktilen Feedback über die physikalischen Merkmale eines virtuellen Prototyps. Dafür besitzt er mehrere

Motoren, die in verschiedene Richtungen wirken. Sie beschränken die Beweglichkeit des Gelenkarms oder erzwingen eine feste Stellung der Hand zum Objekt.

*The mechanical articulated arm provides users with tactile feedback on the physical characteristics of a virtual prototype. To do this, it has several motors that operate in different directions. They limit the movement of the articulated arm or force the hand into a fixed position in relation to the object.*

Inv.-Nr. E-2016-0147

### **Maschinen erkennen Körpersprache** ***Machines Recognize Body Language***

Hände und Gesicht sind komplexe Kommunikationsorgane. Durch Gestik und Mimik drücken Lebewesen Emotionen aus und verständigen sich miteinander auch ohne Worte.

Mithilfe von Gesichtserkennung oder der Technik des Motion Capturing wird die Körpersprache erfasst und analysiert, um sie software-seitig verarbeiten zu können.

Überträgt man diese Daten auf virtuelle 3D-Charaktere, kann die realitätsnahe Darstellung und Wahrnehmung in Computersimulationen oder Filmen erhöht werden. In der Medizinforschung werden die Daten genutzt, um menschliche Bewegungsaufläufe zu untersuchen. Auch Geräte und Anwendungen lassen sich damit steuern.

*Our hands and faces are complex communication organs. Living beings express their emotions through gestures and facial expressions, thereby managing to communicate without words.*

*Body language is captured and analyzed with the help of facial recognition or motion capture technology and then processed via software.*

*If the resulting data is used in the depiction of virtual 3D characters, computer simulations and films are rendered much more lifelike. The data is used to analyse human motion in the field of medical research. It can also be used to control devices and applications.*

## **FaceRig**

Holotech Studios | 2015

Mithilfe von Gesichtserkennung, Lippensynchronisation und Bewegungserfassung ermöglicht das Programm allen mit einem PC und einer Webcam, virtuell in den Körper einer anderen Figur zu schlüpfen. Körperbewegung und Mimik werden in Echtzeit auf den Avatar übertragen.

*Using facial recognition, lip-sync and body tracking, the program enables anyone with a PC and a webcam to digitally embody awesome characters. The player's body movement and facial expressions are map onto a character's motion onscreen in real-time.*

## **Power Glove für das Nintendo Entertainment System**

### **Power Glove for Nintendo Entertainment System**

Mattel Inc. | USA | 1989

Der Controller wurde als nächste Evolutionsstufe des Gaming angekündigt. Der Handschuh sollte in Echtzeit die Bewegungen übertragen und das Virtual Reality-Zeitalter einläuten. Die Versprechen konnten jedoch nicht eingehalten werden, der Handschuh flopfte.

*The Power Glove was billed as the next level in the evolution of gaming. It was supposed to transmit movements in real time – a harbinger of the new age of virtual reality. None of the promises could be kept, however, and the glove was a major flop.*

Inv.-Nr. E-2018-0002

## **TUB-Sensorhandschuh**

### **TUB Sensor Glove**

Frank Hofmann, Technische Universität Berlin | 1991

Dieses erste Modell aus einer Experimente-Reihe erkannte 100 Gesten der deutschen Gebärdensprache. Zwölf Fingergelenk-Winkelsensoren auf der Rückseite des Handschuhs erfassen die Stellung der Finger, innen messen zwölf Sensoren den ausgeübten Druck.

*This first model from a series of experiments recognized 100 gestures from the German sign language. Twelve joint angle sensors on the knuckles at the back of the glove record the position of the fingers, while twelve*

*sensors inside the glove measure the pressure exerted.*

Leihgabe von | Loan from Frank Hofmann, Berlin  
Inv.Nr.: E-2003-0043

### **Datenhandschuh Cyberglove**

Immersion Corporate, San José, 2001

Datenhandschuhe ermöglichen die Interaktion mit Objekten in computergenerierten Welten. Nutzer können virtuelle Körper manipulieren oder sich scheinbar durch den simulierten Raum bewegen. Durch ein Außenskelett am Handschuh und Vibration werden virtuelle Körper fühlbar.

*Data gloves enable people to interact with objects in computer-generated worlds. Users can manipulate virtual objects or “move” through the simulated space. Virtual objects can be felt with the help of an external skeleton on the glove and in conjunction with vibration.*

Schenkung von | Donation from EST; Kaiserslautern  
Inv.-Nr. E-2018-0281

### **Samsung Gear VR – Virtual Reality-Brille**

#### **Samsung Gear VR – Virtual Reality Goggles**

Samsung Electronics | 2015

Das Gehäuse dient als Controller. Sensoren übertragen Beschleunigung, Rotation und Position des Kopfes an die App, sodass der Nutzer sich in der virtuellen Welt umsehen kann. Die Gear VR ermöglicht dem Träger dadurch ein Gefühl des vollkommenen Eintauchens.

*The housing serves as a controller. Sensors transmit the acceleration, rotation and position of the head to the app, enabling the user to explore the virtual world. Gear VR gives the wearer the sensation of being completely immersed in his or her surroundings.*

Inv.-Nr. E-2016-0011

## **Google Cardboard – Bausatz für eine Virtual Reality-Brille** **Google Cardboard Construction kit for VR glasses**

Google | 2016

Mit solchen Karton-Halterungen für Smartphones, brachte Google 2014 den Markt für VR-Brillen ins Rollen. Der Blick durch die Biconvex-Linsen lässt die zwei Einzelbilder der VR-Apps als eine begehbbare virtuelle Welt erscheinen.

*Google was the first to enter the VR headset market in 2014 with these cardboard mounts for smartphones. When users look through the biconvex lenses, the two images of the VR apps merge and create the illusion of an accessible world.*

Inv.-Nr. E-2017-0654

## **Von Wearables zu Cyborgs – Verschmelzen von Mensch und Maschine** ***From Wearables to Cyborgs – Merging of Man and Machine***

Wearables, Smart Clothes oder Fashion Tech bezeichnet Kleidung, in die Computertechnik integriert ist. Schon seit Mitte der 1960er-Jahre arbeiten Forscher daran, Mode und Technik zu verbinden.

Drahtlose Nachrichtenübertragung sowie zunehmend leistungsstarke, kostengünstige, kleine und leichte Computertechnik und 3D-Druckverfahren halfen dabei. Immens schwierig ist es jedoch, leitende Elektronik und Stromversorgung robust in Kleidungsstücke zu integrieren.

Wearables finden in vielen Lebensbereichen Nutzen: Sie können Vitalfunktionen überwachen, sich auf klimatische Bedingungen einstellen oder sich den Emotionen ihrer Träger anpassen.

Aktuelle Entwicklungen zielen auf robotische Wearables. Sie sollen Menschen in der industriellen Produktion bei schweren körperlichen Arbeiten unterstützen oder bei Menschen mit Einschränkungen des Bewegungs- oder Sehapparates Körperfunktionen übernehmen.  
*Wearables, smart clothes and fashion tech are terms for clothing that features integrated computer technology. Researchers have been working on combining fashion with technology since the mid-1960s.*

*The advent of wireless communication and of increasingly*

*powerful, affordable, small and lightweight computer and 3D printing technologies boosted these efforts. However, the robust integration of conductive electronics and a power supply into garments remains very difficult.*

*Wearables can be useful in many spheres of life: they can monitor vital functions and adapt to climatic conditions or the wearer's emotions.*

*Current developments are targeting robotic wearables designed to help people perform heavy physical work in industrial production or to assume physical functions in people with limited eyesight or mobility.*

### **Spider Dress**

Anouk Wipprecht

*Das 3D-gedruckte, mit Technologie erweiterte Kleid vermittelt Emotionen der Trägerin an die Umwelt. Die beweglichen Gliedmaßen reagieren auf äußere Reize und markieren dadurch die persönliche Distanzzone.*

*Das Kleid erweitert die Intuition seiner Trägerin: Sensoren messen ihre Atmung und die Entfernung zu Anderen, um den Grad ihrer Abwehr zu bestimmen. Eine schnelle und aggressive Annäherung führt zu einer Angriffsposition der robotischen Glieder. Personen, die sich ruhig und langsam nähern, werden hingegen mit sanften Gesten begrüßt.*

*Equipped with technology, the 3D printed 'Spider Dress' is an interface between the body and the external world. The moveable robotic limbs respond to external stimuli, to create a defined boundary of the personal space.*

*The dress provides an extension of the own intuition: A respiration sensor and proximity sensors help to determine the defense posture of the limbs. Quick and aggressive approach causes an attack position. When people approach the system in a leisurely fashion, the limbs will gently greet them with smooth gestures.*

## **Sonochromatic Head**

Neil Harbisson, Isaac Budmen | New York | 2018

Diese Skulptur zeigt Neil Harbisson, der als weltweit erster Cyborg gilt. Harbisson ist völlig farbenblind und sieht die Welt nur in Grautönen. Da das Alltagsleben sehr von Farben bestimmt ist, wurde dies für ihn zu einem Problem. Deshalb überzeugte er einen Arzt, ihm eine Antenne in den Schädel zu implantieren.

Diese Antenne ist mit einem Chip verbunden, der die Lichtverhältnisse und Farbtöne erfasst und in Klänge umwandelt, sogar jenseits des visuellen Spektrums: Er kann Infrarot und Ultraviolett hören. Die Antenne ist für ihn kein technisches Gerät, das er nur benutzt. Er legt sie nie ab, sie ist zum Sinnesorgan geworden.

Harbisson kämpfte hart darum, in seinem Ausweis ein Passbild haben zu dürfen, das ihn samt Antenne zeigt, was bisher nicht erlaubt war. Aber er gewann schließlich. Dieser Kampf für Cyborg-Rechte ist das Ziel der von ihm mitgegründeten Cyborg Foundation und der Transpecies Society: die Förderung der Freiheit zur Selbstgestaltung.

*This sculptural work shows Neil Harbisson, who is known as the world's first cyborg. Harbisson is totally color blind and sees the world only in greys. Since everyday's life is often based on colors, this became a problem to him. Therefore he convinced a doctor to implant an antenna into his skull.*

*This antenna is connected to a chip that detects the light's hue and converts it into sounds, even beyond the normal human spectrum: he can hear infrared and ultraviolet. To him, the antenna is not a device that he is just using. He never takes it off. It has become a new sensory organ.*

*Harbisson severely battled for having a passport picture showing him with the antenna which was not allowed so far. But he finally won. This fight for cyborg rights is what the Cyborg Foundation and the Transpecies Society that he co-founded are aiming for: promoting freedom of self-design.*

Inv.-Nr.: E-2018-0338