



Künstliche Intelligenz und Neurowissenschaften

Futuristische Entwicklungen: Brain-Brain-Interfaces

Roland Benedikter

- › In Experimenten ist es gelungen, Signale vom menschlichen Gehirn auf ein Rattengehirn zu übertragen – und damit das Verhalten der Ratten zu steuern. Diese Art der „Gedankenkontrolle“ (*mind control*) bringt neue ethische Herausforderungen mit sich.
- › Politik sollte frühzeitig regulierend eingreifen. Dies ist deshalb dringlich, weil der nächste Schritt in der Anwendung von Mensch zu Mensch bestehen könnte. Ein Vorläuferexperiment dazu gibt es bereits.
- › Frühzeitige ethisch-rechtliche Regulierung mit Orientierungscharakter durch die EU ist auch deshalb wichtig, weil die Forschung zu Gehirn-Gehirn-Verbindungen bislang vor allem von autoritären Gesellschaften wie China ausgeht.
- › Europa als Zivilmacht ist herausgefordert, politische und kulturelle Standards zu setzen – möglichst in Kooperation mit internationalen Einrichtungen wie den Vereinten Nationen.

Inhaltsverzeichnis

Einleitung.....	2
Biotechnologischer Meilenstein und ethischer Grenzfall?.....	2
Gedankenübermittlung oder Gedankenübersetzung?.....	3
High-tech in den Händen skrupelloser Staaten?.....	4
Ethische Mindeststandards.....	5
Unterwegs zu einer neuen Genfer Konvention zum Schutz des biologischen Menschen?.....	5
Fazit und Ausblick.....	6
Impressum	9

Einleitung

Gehirn-Gehirn-Schnittstellen (*Brain-Brain-Interfaces*, BBIs) sind der jüngste Schritt im Trend, biologische und technologische Informationssysteme miteinander zu verbinden. Bereits seit Jahren besteht die Möglichkeit, Gehirne mit Computern mittels Gehirn-Computer-Schnittstellen (*Brain-Computer-Interfaces*, BCIs) sowie mit Maschinen mittels Gehirn-Maschine-Schnittstellen (*Brain-Machine-Interfaces*, BMIs) zu vernetzen. Dass Informationen direkt von einem Gehirn zu einem anderen übertragen werden, ist dagegen weitgehend neu. Vorläufer des Versuchs, Gehirne ohne chirurgischen Eingriff direkt zu verschalten, gehen auf die Harvard Universität 2013 zurück.¹ Sie wurden aber wegen ethischer Bedenken auf Eis gelegt. Chinesische Wissenschaftler arbeiteten weiter daran. 2019 wurde das erfolgreiche Experiment, das Gehirn eines Menschen mit einer Ratte zu verschalten, durch eine chinesische Arbeitsgruppe in der Fachzeitschrift *Nature* veröffentlicht.² Zwar steht diese Forschung noch am Anfang. Sie lässt aber Ziele erkennen, die einerseits positiv zu bewerten sind, etwa wenn es darum geht, neuronale Funktionen aufzuklären – die aber andererseits auch mit negativen Assoziationen verbunden sind. Zu nennen wäre etwa die Vorstellung, dass irgendwann eine vorsätzliche Kontrolle von Gedanken gelingen könnte. Beide Aspekte erfordern schon heute gesellschaftliche Aufmerksamkeit, geht es doch darum, zu fördern *und* zu regulieren.

Hinzu kommen eine Reihe natur-, geistes- und sozialwissenschaftlich interessanter Aspekte, die es zu klären gilt: In welcher Beziehung stehen neuronale Signale, Gedanken, Bewusstsein und Personalität? Was ist Intelligenz – biologische und künstliche? Wie verändert sich vor dem Hintergrund von Wissenschaft und Forschung unser Selbstverständnis als Mensch?

Biotechnologischer Meilenstein und ethischer Grenzfall?

Am 4. Februar 2019 wurden in der Fachzeitschrift *Nature* Forschungsergebnisse einer chinesischen Wissenschaftlergruppe über die erfolgreiche Gehirn-Gehirn-Verschaltung (BBI) zwischen einem Menschen und einem von den Wissenschaftlern sogenannten Ratten-Cyborg, also einer durch Implantate technisch modifizierten Ratte veröffentlicht. Offensichtlich war es gelungen, Neurosignale vom Menschen über den Umweg eines dazwischengeschalteten Computers auf die Ratte zu übertragen, sodass ihr Verhalten gezielt manipuliert werden konnte. Sollten sich diese Ergebnisse bestätigen, wären sie ein Meilenstein in der Neurotechnologie. In Verbindung mit anderen Forschungsfeldern wie Genetik und Künstlicher Intelligenz lassen sich hohe Potenziale erahnen – im Guten und im Schlechten.

Das Experiment bestand darin, dass „Elektroden in zwei Regionen des Rattengehirns gezielt implantiert wurden. Mittels der Elektroden ‚trainierten‘ die Forscher die Ratte darin, bestimmte Bewegungen auszuführen, die drahtlos [...] übermittelt wurden. Die menschliche Steuerperson war mit einem Kopf-Elektroenzephalogramm (EEG) ausgestattet, mit dem die Gehirnaktivitäten gemessen wurden. Das EEG wurde dann mit einem Computer verbunden, der die Signale dekodierte und entsprechend einer zugeordneten Bedeutung das Gehirn der Ratte so stimulierte, dass diese sich in bestimmte Richtungen bewegte. [...] Insgesamt wurden sechs verschiedene Ratten-Cyborgs über eine vorher bestimmte Route gesteuert, was in 90 Prozent der Fälle in 10 aufeinander folgenden Tests erfolgreich war.“³

Die Ergebnisse zeigten laut den Autoren, dass „Cyborg-Ratten“ erfolgreich durch menschliche neuronale Signale gesteuert werden können.⁴ Wissenschaftler weltweit bewerteten diese Experimente als Meilenstein. Kritiker wiesen darauf hin, dass weder Experiment noch Folgewirkungen vorab ausreichend ethisch geklärt wurden.⁵ Es handele sich um „transhumanistische Technologie“, die in noch unbekannter Weise über den Menschen hinausgehe.

Das Experiment war nicht der erste Versuch, in dem Tiere durch menschliche neuronale Signale „ferngesteuert“ werden konnten. Vorherige Versuche anderer Forscher aus Harvard und der Universität in Washington nutzten ähnliche Versuchsansätze, um Bewegungen von Ratten zu kontrollieren.⁶ In einem Experiment wurde sogar versucht, die Hand eines Menschen durch neuronale Signale eines anderen Menschen zu steuern.⁷ Aber laut Kommentatoren „war das Experiment in China das erste, in dem ein Mensch ein BBI dazu benutzte, um etwas so neuronal Komplexes wie eine Navigation in einem Labyrinth zu bewältigen. Dies scheint ein wichtiger Schritt hin zu ‚Gedankenkontrolle‘-Systemen (*mind-control systems*) zu sein.“⁸

Erst Ratten, dann
Menschen?

Gedankenübermittlung oder Gedankenübersetzung?

Wohlgermerkt handelte es sich beim aktuellen Experiment der chinesischen Forschergruppe nicht wirklich um „Gedankenübermittlung“ im wörtlichen Sinn, sondern um die Übermittlung von Signalen, die vorher bestimmten Gehirnaktivitäten zugeordnet wurden. Es wurden nicht Gedankeninhalte übermittelt, sondern Derivate von Gehirnaktivitäten, die per Gehirn-Gehirn-Schnittstelle über den Umweg eines Computers in Aktionen übersetzt wurden.

In ihrer Grundtendenz propagiert die Begriffswahl und Argumentation der chinesischen Wissenschaftler einen Forschungsansatz, der die Grenzen zwischen Mensch und Technik ausloten und erweitern will. In den Vorstudien aus dem Jahr 2016 erklärten sie, erfolgreiche Tests ermöglichten den Gebrauch von gedankengesteuerten Ratten-Cyborgs für schwierige Rettungsmissionen – und damit letztlich die Kontrolle anderer Wesen durch menschliche Gedanken.⁹ Diese hochtrabende Zielformulierung war wahrscheinlich in erster Linie Eigenwerbung. Sie lässt aber erkennen, dass in der Arbeit der chinesischen Wissenschaftler tiefgehende ethische Reflexionen fehlen. Gerade solche Experimente mit ihren potenziellen Folgen für das Selbstverständnis des Menschen erfordern jedoch eine besonders große Sensibilität für ethische Risiken. Grundsätzlich stellt sich die Frage nach der ethischen Legitimität solcher transhumanistischer Ansätze. Schließlich muss in Betracht gezogen werden, dass solche Forschungsansätze für ein neuartiges *human enhancement* („Verbesserung des Menschen“) missbraucht werden können. Die vorgeschobene Nützlichkeitsabwägung der chinesischen Forschergruppe – Cyborg-Ratten könnten für Rettungseinsätze genutzt werden – ist wenig stichhaltig und wird der Frage nach den Chancen und Risiken nicht gerecht.¹⁰

Mehr Risiko-
sensibilität

Unabhängig von solchen ethischen Fragen und vom konkreten Nutzen bleiben die durchgeführten Versuche aus biowissenschaftlicher und medizinischer Sicht interessant, weil sie

einen Beitrag zum Verständnis des Neurosystems leisten. Doch kann man in der heutigen Zeit Ethik und Wissenschaftsfortschritt überhaupt unabhängig voneinander betrachten?

High-tech in den Händen skrupelloser Staaten?

Diese Art der Forschung an Gehirn-Gehirn-Verbindungen wirft nicht nur ethische Fragen auf, die mit Hilfe der Bio-, Medizin- und Tierethik lösbar sind, sondern auch globale Probleme, für die das internationale Völkerrecht bemüht werden muss. Ähnlich etwa der Atomenergie besitzt solche BBI-Forschung ein erhebliches Bedrohungspotenzial, das derzeit erst in Anfängen erkennbar wird, aber langfristig zu erheblichen internationalen Verwerfungen führen könnte. Grund dafür ist die Gefahr des politischen Missbrauchs. Autoritäre Staaten könnten in Zukunft solche Technologien zur sozialen Kontrolle und darüber hinaus in militärischen Weiterentwicklungen als eine neuartige Biowaffe einsetzen: Ähnlich wie Künstliche Intelligenz und Digitalisierung bereits heute von autoritären Staaten wie China zur sozialen Kontrolle eingesetzt werden. Die Szenarien reichen von ferngesteuerten „Tierarmeen“ bis zu „Supersoldaten“. Kritiker sehen China auf dem Weg zum hypertechnologischen Überwachungsstaat und die Gefahr, dass China „seine technische Dystopie bald in alle Welt exportiert“¹¹ – etwa mittels des Mega-Projekts „Neue Seidenstraße“.¹²

Doch auch Wissenschaftler aus anderen Ländern arbeiten an ähnlichen Forschungsprojekten – darunter die USA und Nahoststaaten. Allerdings ist die Forschung in China sehr viel enger an politische Vorgaben gekoppelt. Insofern erscheint das Risiko des Missbrauchs dort besonders groß. Chinas Wissenschaft ist deutlich stärker und direkter mit Regierungszielen verbunden, die unter Xi Jinping zweifellos auf zunehmende Massenkontrolle und Überwachung abzielen. Zweifelhafte ethische Praktiken gibt es natürlich nicht nur in China. Aber dort haben sie zuletzt besonderes und vor allem wiederholtes Aufsehen erregt. So haben 2018 und 2019 im Rahmen der bereits sprichwörtlichen „chinesischen Wissenschaftsexplosion“¹³ eine Reihe von kontroversen Fällen wie etwa die genetische Modifikation von Babys¹⁴ fehlende ethische Reflexion bezeugt.

Dass China sich heute anschickt, Führungsrolle unter anderem in Künstlicher Intelligenz zu übernehmen¹⁵ ohne große ethische Überlegungen im westlichen Sinn zu deren Einsatz anzustellen, ja diese im Gegenteil mit der staatlich forcierten Massenüberwachung zu konterkarieren¹⁶, macht die Sorgen über fehlende Selbstkritik und Überprüfung solcher „wagemutiger Vorstöße“ zur Gehirn-Gehirn-Verschaltung nicht kleiner. Scheinen „wagemutige Experimente“ doch vor allem dem „Aufholen und Überholen“ (*catch up and surpass*) der anderen zu dienen – den angeblichen „Vorteil“ nutzend, dass autoritäre Gesellschaften keine langen Dialog- und Partizipationsprozesse brauchen, und zwar weder nach innen (unter den Bürgern) noch nach außen (mit den internationalen Partnern und der Weltgemeinschaft, für die hier jedoch Präzedenzfälle gesetzt werden¹⁷). Das bringt den autoritären Regimen auf den ersten Blick Vorteile und soll nationale Macht mittels Wissenschaft vergrößern, so wie es die Xi-Jinping-Doktrin vorsieht, um China wieder an seinen – vermeintlich historisch angestammten – Ort an der Spitze der Welt „zurück“ zu bringen.¹⁸ Dem dienen einerseits die massiven Wissenschaftsinvestitionen, die China inzwischen zur zweitgrößten Wissenschaftsmacht der Welt gemacht hat.¹⁹ Und dem dient andererseits die Konzentration chinesischer Wissenschaft in einer zentralen, von der Regierung kontrollierten Einrichtung, der Chinesischen Akademie der Wissenschaften: „Die chinesische Akademie der Wissenschaften besteht aus 60.000 Wissenschaftlern in 114 Institutionen und umfasst die meisten der großen Wissenschaftseinrichtungen des Landes.“²⁰

Globales
Sicherheitsrisiko

Technologische
Aufholjagd

Ethische Mindeststandards

Was sind vor diesem Hintergrund ethische Mindeststandards, die man bei den zweifellos bevorstehenden weiteren BBI-Experimenten einhalten müsste? Von zentraler Bedeutung wäre derzeit ein Moratorium zur Nichtanwendung am Menschen. Zweitens die Ächtung von Experimenten in Richtung Menschen-Cyborgs. Drittens müssten in mittlerer Perspektive die ethischen und individualrechtlichen Standards humanteknologischer Forschung deutlich erhöht werden, da BBIs potenziell die Autonomie des Menschen betreffen können. Daher benötigen wir schon heute eine vorausschauende Wissenschafts- und Technikfolgenabschätzung in diesem Bereich, die Chancen und Risiken bewertet.

Wichtig für die Beurteilung der Entwicklung ist auch, das Gesamtbild zusammenwirkender Zukunftstechnologien vor Augen zu haben. Neuartig an BBIs ist, dass nicht nur das Physische miteinander verbunden wird, sondern auch das Psychische – vermittelt der Gehirne als neuronales Korrelat. Damit tut sich potenziell eine neue Erfahrungswelt auf, die im Hinblick auf die Zukunft des Menschseins zu hinterfragen ist. Zum Gesamtbild aktueller Mensch-Technik- und Mensch-Tier-Konvergenz gehören auch Parallelentwicklungen auf anderen Feldern, wie etwa die Chimären-Züchtung. Bereits 2017 haben Wissenschaftler Mensch-Schwein-Chimären²¹ und 2018 Mensch-Schaf-Chimären²² erzeugt. Chimären werden mit konkreten medizinischen Zielen gemacht, zum Beispiel die künftige Ermöglichung der Züchtung menschlicher Organe in Tieren. Das führt zu „ethische(n) Bedenken, die die klinischen Versprechen des Feldes überschatten. Arbeiten wie diese erzeugen unvermeidlich das Gespenst intelligenter Tiere mit vermenschlichten Gehirnen, und auch die Angst, dass bizarre Hybridkreaturen versehentlich ins Freie entlassen werden. Die U.S. National Institutes of Health (NIH) platzierten als Folge davon ein Moratorium zur Verhinderung der Finanzierung derartiger kontroverser Experimente.“²³ Die Erzeugung von Chimären rief in den Medien ein starkes Echo hervor, wobei vor allem Ängste artikuliert wurden.²⁴ Bei BBIs blieb es daher auffällig still. Weder ihre Chancen, noch ihre Risiken wurden in den Medien intensiver diskutiert. Das muss sich ändern.

Größere Zusammenhänge in den Blick nehmen

Unterwegs zu einer neuen Genfer Konvention zum Schutz des biologischen Menschen?

Die selbst-kritische Reflexion der Gehirn-Gehirn-Verschaltungstechnologien beginnt erst langsam. Nach und nach treten Ethiker auf wie zum Beispiel Susan Schneider, die Direktorin der „AI, Mind and Society Group“ der Universität von Connecticut und Autorin des Buches *Artificial You: AI and the Future of Your Mind*. Sie weisen darauf hin, dass bereits bei Chip-Implantaten ins menschliche Gehirn Aspekte des „Selbst“ verloren gehen könnten.²⁵ Wie hoch ist dann erst das Risiko bei Mensch-Tier-Verschaltungen, die künftig – unter anderem mit Hilfe von Künstlicher Intelligenz zur Effizienzsteigerung der Signalübersetzung – in weit „tieferer“ Art geschehen könnten?

BBIs könnten in Zukunft eine Qualität erreichen, auf die bisherige ethische und politische Standards bisher kaum vorbereitet sind. Dazu gehören auch die Trends zu *Animal Enhancement*²⁶ und *Human Enhancement*²⁷. Auch die transhumanistischen Visionen umfassender „Cyborgisierung“ menschlicher Gehirne und ihre Verbindung mit Computern, die zum Standard werden soll, von Silicon-Valley-Starinvestor Elon Musk, gehören in diesen Kontext.²⁸

Human Enhancement

Obwohl die Forschung an BBIs und Cyborg-Ratten erst am Anfang steht, wird jenseits ihrer Bedeutung für die Grundlagenforschung bereits über breitere Anwendungsmöglichkeiten nachgedacht.²⁹ Cyborg-Ratten werden von einigen außerdem in den Kontext einer künstlichen Evolution gebracht.³⁰

Letzteres ist besonders interessant und brisant, da auch in anderen Forschungsgebieten Fragen einer künstlichen, vom Menschen gezielt gestalteten Evolution aufgeworfen werden. Dies gilt etwa im Bereich der Synthetischen Biologie mit ihren Ansätzen, künstliche Organismen zu erzeugen. Gezielte Keimbahneingriffe durch Genome Editing würden ferner nachfolgende Generationen dauerhaft verändert. Und schließlich wird auch im Zusammenhang mit Künstlicher Intelligenz selbst über eine neuartige – technologische – Evolution nichtorganismischer Lebens spekuliert. Vielleicht kann man in einigen Jahren sogar schon von einer „Post-Künstliche-Intelligenz-Zukunft“ sprechen, da es eine bio-technologische Hybridisierung von maschineller und tierischer Intelligenz ermöglichen soll, dass sich Künstliche Intelligenz mittels Verbindung mit Tieren biologisiert.³¹

Künstliche Evolution

Dass diese futuristisch anmutenden Ansätze mit erheblichen anthropologischen Problemen einhergehen, ist offensichtlich. Denn es könnte sein, dass der Mensch dabei nicht der gleiche bleibt, der er heute ist – wobei der Zielraum der Veränderung unklar bleibt. Deshalb sollte heute in erster Linie darüber reflektiert werden, wo es Grenzen gibt, die nicht überschritten werden dürfen.

Fazit und Ausblick

Zweifellos sind Aspekte der jüngsten Experimente im Rahmen von BBIs auch für europäische Neurowissenschaftler spannend, da sie nach und nach Rückschlüsse auf neuronale Funktionsweisen zulassen könnten. Es geht deshalb nicht nur um Verbote, sondern auch um die Förderung von (ethisch zulässiger) Grundlagenforschung. Wir brauchen die Verbindung von Ethik und Recht, für das die Politik zuständig ist.

Grundlagenforschung

Inwieweit BBIs tatsächlich Intelligenz, Bewusstsein etc. transferieren oder verändern, wissen wir noch nicht. Dass mit Hilfe von Schnittstellentechnologien wie BBIs und Gentechnik das Gehirn und damit auch Denken und Bewusstsein verändert werden können, steht jedoch außer Frage. Ob dies jemals absichtlich gemacht werden wird, ist offen – genauso wie die Zukunft der BBIs.

Anthropologische Fragen

BBIs dürfen nicht isoliert betrachtet werden, sondern gehören in den immer breiteren Kontext von Neurowissenschaften, Digitalisierung und Künstlicher Intelligenz. Zur Beurteilung ihrer Folgen bedarf es daher der Interdisziplinarität – nicht nur in Bezug auf die naturwissenschaftlichen Aspekte, sondern auch hinsichtlich ihrer gesellschaftlichen Bewertung.

Interdisziplinarität

Gehirn-Gehirn-Schnittstellen werden in den kommenden Jahren massive politische Bedeutung entfalten, weil es um Bewusstseinsveränderung und damit um einen Eingriff in die *conditio humana* geht. Eben weil es sich bei dieser Art von Forschung um Eingriffe in das Menschsein handelt – zumindest in der längerfristigen Perspektive – braucht sie die Aufmerksamkeit der Politik schon heute. Solche Forschung geht letztlich alle an. Demzufolge sollten ihre Perspektiven frühzeitig in der Öffentlichkeit diskutiert werden. Hier liegt eine besondere Verantwortung der Medien.

Frage der Politik

Moratorien zu BBIs bis mögliche Folgen ausreichend geklärt sind, sind nur international wirkungsvoll umzusetzen. Wir benötigen daher internationale, völkerrechtlich verbindliche Regeln. Ein besonderes Augenmerk sollte dabei auf die Forschungen autokratischer Länder gelegt werden. Gemeinsam mit ihnen müssen Regeln zum Umgang mit riskanten Technologien gefunden werden. Das wird ein wesentliches Thema künftiger Wissenschaftsdiplomatie (*science diplomacy*) sein.

Verbindliche Regeln

Letzter Abruf der in den Quellenangaben genannten Internet-Links: 26.11.2019

- 1 Seung-Schik Yoo, Hyungmin Kim, Emmanuel Filandrianos, Seyed Javid Taghados, Shinsuk Park: Non-Invasive Brain-to-Brain Interface (BBI): Establishing Functional Links between Two Brains. In: PLOS One, April 3, 2013, <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0060410>.
Sebastian Anthony: Harvard creates brain-to-brain interface, allows humans to control other animals with thoughts alone. In: Extremetech, July 31, 2013, <https://www.extremetech.com/extreme/162678-harvard-creates-brain-to-brain-interface-allows-humans-to-control-other-animals-with-thoughts-alone>.
- 2 Shaomin Zhang, Sheng Yuan, Lipeng Huang, Xiaoxiang Zheng, Zhaohui Wu, Kedi Xu & Gang Pan: Human Mind Control of Rat Cyborg's Continuous Locomotion with Wireless Brain-to-Brain Interface. In: Nature, Volume 9, Scientific Reports, Article number: 1321 (2019), 04 February 2019, <https://www.nature.com/articles/s41598-018-36885-0>.
- 3 Jackson Ryan: Scientists connect a human brain and 'rat cyborg' brain together. Chinese researchers have linked a human brain to a rat's brain, allowing 'mind control' of the rat's movements. In: CNET.com, February 4, 2019, <https://www.cnet.com/news/scientists-connect-a-human-brain-and-rat-cyborg-brain-together/>.
- 4 Shaomin Zhang, Sheng Yuan, Lipeng Huang, Xiaoxiang Zheng, Zhaohui Wu, Kedi Xu & Gang Pan: Human Mind Control of Rat Cyborg's Continuous Locomotion with Wireless Brain-to-Brain Interface, a .a. O.
- 5 Jackson Ryan: Scientists connect a human brain and 'rat cyborg' brain together, a. a. O.
- 6 Michelle Starr: Control a rat with your brain. Harvard scientists create an interface that allows humans to move a rat's tail just by thinking about it. In: CNET.com, August 1, 2013, <https://www.cnet.com/news/control-a-rat-with-your-brain/>.
Seung-Schik Yoo, Hyungmin Kim, Emmanuel Filandrianos, Seyed Javid Taghados, Shinsuk Park: Non-Invasive Brain-to-Brain Interface (BBI): Establishing Functional Links Between Two Brains, a. a. O.
- 7 Scientific American: Scientist controls colleague's hand in first human brain-to-brain interface. In: Scientific American, August 27, 2013, <https://www.scientificamerican.com/article/scientist-controls-colleagues-hand-in-first-human-brain-to-brain-interface/?redirect=1>.
- 8 Kristin Houser: Brain Power: Chinese Scientists Built a Brain Interface to Control Cyborg Rats. In: Futurism.com, February 5th, 2019, <https://futurism.com/the-byte/rat-cyborgs-mind-control>.
- 9 Yipeng Yu, Gang Pan, Yongyue Gong, Kedi Xu, Nenggan Zheng, Weidong Hua, Xiaoxiang Zheng, Zhaohui Wu: Intelligence-Augmented Rat Cyborgs in Maze Solving. In: PLOS ONE Journals, February 9, 2016, https://www.researchgate.net/publication/293797041_Intelligence-Augmented_Rat_Cyborgs_in_Maze_Solving.
- 10 Kathleen Riley: Brain-to-Brain Communication in Humans Could Soon Become a Reality. Our days of talking may be numbered. Get ready for telepathy. In: Futurism.com, January 31st, 2017, <https://futurism.com/brain-to-brain-communication-in-humans-could-soon-become-a-reality>.
Kristin Houser: Brain Power: Chinese Scientists Built a Brain Interface to Control Cyborg Rats, a. a. O.
- 11 Leigh Hartmann: China exports tools of repression to the world. In: Share America, May 6, 2019, <https://share.america.gov/china-exports-tools-repression-world/>. Vgl. Emily Dreyfuss: The Internet Became Less Free In 2018. Can We Fight Back? In: Wired, December 26, 2018, <https://www.wired.com/story/internet-freedom-china-2018/>.
- 12 Samuel Woodhams: How China Exports Repression to Africa. China's "techno-dystopian expansionism" is undermining democracy in African countries. In: The Diplomat, February 23, 2019, <https://thediplomat.com/2019/02/how-china-exports-repression-to-africa/>. Vgl. dazu auch Abdi Latif Dahir: Techno Dystopia. China is exporting its digital surveillance methods to African governments. In: Quartz, November 1, 2018, <https://qz.com/africa/1447015/china-is-helping-african-countries-control-the-internet/>.
Adrian Shahbaz: Freedom on the Net 2018: The Rise of Digital Authoritarianism. Freedomhouse Report, <https://freedomhouse.org/report/freedom-net/freedom-net-2018/rise-digital-authoritarianism>
- 13 Manuel Canales, Sean McNaughton: See which countries fund the most scientific research. China ranks second only to the U.S.—thanks to a big boost in government spending. In: National Geographic, May 2019, <https://www.nationalgeographic.com/magazine/2019/05/data-show-why-china-science-research-is-booming/>.
- 14 Siehe zum Beispiel Helen Regan, Rebecca Wright and Alexandra Field: Chinese gene-editing scientist defends his research, raises possibility of third baby. In: CNN, November 29, 2018, <https://edition.cnn.com/2018/11/28/health/genetic-editing-he-speaks-int/index.html>.
- 15 Komal Nathani: Will Xi Jinping's Dream of Becoming the Global AI Leader Turn into Reality? In: The Entrepreneur Asia Pacific, December 13, 2018, <https://www.entrepreneur.com/article/324732>.
- 16 Zak Doffman: Why We Should Fear China's Emerging High-Tech Surveillance State. In: Forbes, October 28, 2018, <https://www.forbes.com/sites/zakdoffman/2018/10/28/why-we-should-fear-chinas-emerging-high-tech-surveillance-state/#6b00bfe04c36>.
- 17 Michael J. Mazarr, Timothy R. Heath and Astrid Stuth Cevallos: China and the International Order. RAND Corporation 2018, https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_reports/RR2400/RR2423/RAND_RR2423.pdf.
- 18 Roland Benedikter, Verena Nowotny: China's Road Ahead: Problems, Questions, Perspectives. Springer International 2013, <https://www.springer.com/gp/book/9781461493624>.

- 19 Manuel Canales and Sean McNaughton: See which countries fund the most scientific research. China ranks second only to the U.S.—thanks to a big boost in government spending. In: National Geographic, May 2019 Issue, <https://www.nationalgeographic.com/magazine/2019/05/data-show-why-china-science-research-is-booming/>.
- 20 Ebda.
- 21 Hannah Devlin: First human-pig 'chimera' created in milestone study. In: The Guardian, 26 January 2017, <https://www.theguardian.com/science/2017/jan/26/first-human-pig-chimera-created-in-milestone-study>.
- 22 Michael Greshko: Sheep-Human Hybrids Made in Lab—Get the Facts. The breakthrough moves researchers a small step closer to growing human organs for medical transplants. In: National Geographic, February 18, 2018, <https://news.nationalgeographic.com/2018/02/sheep-human-hybrids-chimeras-crispr-organ-transplant-health-science/>.
- 23 Ebda.
- 24 Roland Benedikter, Karim Fathi: Der Kampf um das menschliche Ich. Die globale Bewusstseinsindustrie entsteht: Was wird aus dem Menschen und seinem Selbstbild unter dem Einfluss von Neurotechnologie und Transhumanismus? In: Telepolis, 24. Februar 2013, <https://www.heise.de/tp/features/Der-Kampf-um-das-menschliche-Ich-3397750.html>.
Loz Blain: Interview: Dr. Michio Kaku on science, the future and the new space race. In: New Atlas, September 15th, 2018, <https://newatlas.com/michio-kaku-interview/56278/>.
- 25 Siehe zum Beispiel Susan Schneider: Should You Add a Microchip to Your Brain? You might risk losing yourself. In: The New York Times, June 10, 2019, <https://www.nytimes.com/2019/06/10/opinion/future-artificial-intelligence-transhumanism.html>.
- 26 Arianna Ferrari: Animal Enhancement: Technovisionary Paternalism and the Colonisation of Nature. In: Simone Bateman, Jean Gayon, Sylvie Allouche, Jérôme Goffette, Michela Marzano (eds.): Inquiring into Animal Enhancement: Model or Countermodel of Human Enhancement? Springer International 2018, pp. 13–33, https://link.springer.com/chapter/10.1057/9781137542472_2.
- 27 Julian Savulescu, Nick Bostrom (eds.): Human Enhancement, Oxford University Press 2011.
- 28 Zum Beispiel Todd Haselton: Elon Musk: I'm about to announce a 'Neuralink' product that connects your brain to computers. In: CNBC, September 7, 2018, <https://www.cnbc.com/2018/09/07/elon-musk-discusses-neurolink-on-joe-rogan-podcast.html>.
Chantal da Silva: Elon Musk startup 'to spend £100m' linking human brains to computers. In: The Independent, 28 August 2017, <https://www.independent.co.uk/news/world/americas/elon-musk-neuralink-brain-computer-startup-a7916891.html>.
Jennifer Sijnja: Dr Michio Kaku: His vision for tomorrow. In: CEO Magazine, 18 October 2018, <https://www.theceo-magazine.com/business/innovation-technology/dr-michio-kaku-his-vision-for-tomorrow/>.
- 29 George Dvorsky: Cyborg Rats Solve Mazes Better and Faster Than Normal Rats. In: Gizmodo, 3 August 2016, <https://gizmodo.com/cyborg-rats-solve-mazes-better-and-faster-than-normal-r-1763530847>
- 30 Siyi Chen: Cyborg Maze Runner. Watch: A cyborg rat could point the way to a post-AI future. In: Quartz, February 18, 2016, <https://qz.com/618871/watch-a-cyborg-rat-could-point-the-way-to-a-post-ai-future/>
- 31 Ebda.

Impressum

Der Autor

Roland Benedikter, geboren 1965, ist Co-Leiter des Center for Advanced Studies von Eurac Research Bozen, Forschungsprofessor für Multidisziplinäre Politikanalyse *in residence* am Willy Brandt Zentrum der Universität Wrocław-Breslau, Mitglied des Zukunftskreises des BMBF Berlin und Affiliate Scholar des Institute for Ethics and Emerging Technologies IEET Hartford, Connecticut. U. a. Mitautor von zwei SME (Strategic Multilayer Analysis) White Papers zur Ethik von Zukunftstechnologien für Pentagon und U. S. Generalstab, Zusammenarbeit mit der Deutschen Akademie für Technikwissenschaften Acatech zur Mensch-Maschine-Interaktion, Publikationen zur Humanismus-Transhumanismus-Debatte.

Kontakt: roland.benedikter@eurac.edu.

Homepage: <http://www.eurac.edu/de/aboutus/people/Pages/staffdetails.aspx?persId=41927>.

Konrad-Adenauer-Stiftung e. V.

Dr. Norbert Arnold

Leiter des Teams Bildungs- und Wissenschaftspolitik

Hauptabteilung Politik und Beratung

T: +49(0)30 / 26 996-3504

norbert.arnold@kas.de

Postanschrift: Konrad-Adenauer-Stiftung e. V., 10907 Berlin

Herausgeberin: Konrad-Adenauer-Stiftung e. V. 2019, Berlin

Gestaltung: yellow too Pasiak Horntrich GbR

Satz: Janine Höhle, Konrad-Adenauer-Stiftung e. V.

ISBN 978-3-95721-621-2



Der Text dieses Werkes ist lizenziert unter den Bedingungen von „Creative Commons Namensnennung-Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 international“, CC BY-SA 4.0 (abrufbar unter: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode.de>).

Bildvermerk Titelseite

© okalinichenko, stock.adobe.com