

Transkript zum Podcast

Roboter werden bald ein Bewusstsein besitzen

Junichi Takeno im Gespräch mit
Karsten Wendland



Zur Podcast-Folge

Podcast-Reihe „Selbstbewusste KI“
Folge 12

Erstveröffentlichung: 09.11.2021

Forschungsprojekt:

Abklärung des Verdachts aufsteigenden Bewusstseins in der
Künstlichen Intelligenz – KI-Bewusstsein

www.ki-bewusstsein.de

Projektleitung:

Prof. Dr. Karsten Wendland
Institut für Technikfolgenabschätzung und
Systemanalyse (ITAS)

Förderkennzeichen: 2016ITA202

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Herausgeber:

Karsten Wendland, Nadine Lahn, Pascal Vetter

Empfohlene Zitationsweise/Suggested citation:

Wendland, K., Lahn, N. & Vetter, P. (Hg.) (2021). Roboter werden bald ein Bewusstsein besitzen. Junichi Takeno im Gespräch mit Karsten Wendland. Karlsruhe: KITopen.

<https://doi.org/10.5445/IR/1000139832>

Hinweis zum Copyright:

Lizenz: Namensnennung 4.0 International (CC BY 4.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>

Copyright notice:

License: Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>

Inhalt

1	Zum Projekt „KI-Bewusstsein“	4
2	Podcast-Serie „Selbstbewusste KI“	5
3	Bibliometrische Angaben zur Folge	6
4	Transkription des Gesprächsverlaufs	7
5	Erwähnte Quellen	22
6	Kontakt	23

1 Zum Projekt „KI-Bewusstsein“



Zum Projekt

Im Projekt „Abklärung des Verdachts aufsteigenden Bewusstseins in der Künstlichen Intelligenz (KI-Bewusstsein)“ am Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) untersuchen und kartieren wir, welche Gruppen wissenschaftlich, wirtschaftlich und weltanschaulich zu „aufsteigendem Bewusstsein“ in der KI arbeiten. Wir fragen danach, welche Motive, Intentionen und Verankerungen jeweils dahinterstecken und welche Zukunftsszenarien angedacht sind oder auch in Zweifel gezogen werden. Dabei klären wir technische Entwürfe ab und hinterfragen Mythen und Narrative, die in die Welt gesetzt werden und bestimmte Zuschreibungen auslösen.

Die Idee einer „erwachenden“, sich selbst bewusst werdenden Künstlichen Intelligenz hat in den vergangenen Jahren zunehmend Popularität erfahren, u.a. durch verbrauchernahe KI-gestützte Systeme wie *Siri* von Apple und den auf *Alexa* hörenden Smart Speaker, den eingebürgerten Roboter *Sophia* und auch IBMs dialogfähigen *Watson*. Renommierete KI-Akteure melden sich begeistert, mahnend oder warnend zu Wort und stellen die Entwicklung einer „Superintelligenz“ in Aussicht, die alles planetarisch Dagewesene in den Schatten stellen und den Menschen in seinen Fähigkeiten überholen werde.

In der KI-Community ist die Fragestellung zum sogenannten „maschinellen Bewusstsein“ zwar bekannt, aber kaum systematisch erforscht – das mystisch aufgeladene Nischenthema geht mit dem Risiko einher, sich einen wissenschaftlichen Reputationsschaden einzuhandeln. Gleichzeitig nähren KI-Forschung und -Marketing genau diese Mystik, indem sie vermenschlichende Sprachbilder verwenden, die ein aufkeimendes Bewusstsein verheißen, wenn etwa der Roboter „denkt“ oder „fühlt“, das autonome Fahrzeug mit einer „environment perception“ ausgestattet ist oder das Smart Home „weiß“, wie es seinen Bewohnern „helfen“ kann. Hierdurch werden Redeweisen und Narrative aufgebaut, die in der (medialen) Öffentlichkeit Vorstellungen zu einer „bewussten KI“ verbreiten, ohne dass hierzu wissenschaftlich belastbare Aussagen geliefert würden. Auch der transdisziplinäre Dialog zur Frage, was am sogenannten maschinellen Bewusstsein „dran“ sein könnte, ist bislang kaum vorhanden.

An diesem Defizit setzt das Projekt an mit dem Ziel, eine Abklärung zum Verdacht aufsteigenden Bewusstseins in der KI herbeizuführen, indem bestehende Diskurse analysiert, empirisch untersucht, einschlägige Akteure fächerübergreifend zusammengeführt, offene Fragen identifiziert und bearbeitet werden, ein gemeinsames, transdisziplinär tragfähiges Verständnis erarbeitet wird und die Ergebnisse in den öffentlichen Diskurs eingebracht werden.

„KI-Bewusstsein“ im Netz:
Web: www.ki-bewusstsein.de
Twitter: [@KIBewusstsein](https://twitter.com/KIBewusstsein)

Institut für Technikfolgenabschätzung
und Systemanalyse (ITAS):
<http://www.itas.kit.edu/>

2 Podcast-Serie „Selbstbewusste KI“



Zur Podcast-Serie

Kann Künstliche Intelligenz ein Bewusstsein entwickeln? Wie könnte das überhaupt funktionieren, und was würde das für uns bedeuten? 12 Folgen, 12 Gespräche mit Expertinnen und Experten und eine gemeinsame Abschlussrunde.

Folge	Titel	Gast
01	Ohne Leben kein Bewusstsein (01:10:29)	Thomas Fuchs
02	Roboter bekommen eine menschliche Aura (59:37)	Andreas Bischof
03	In der heutigen KI ist kein Geist (57:45)	Ralf Otte
04	Die Gründerväter der KI machten sich über Bewusstsein keine Gedanken (01:03:36)	Christian Vater
05	Von Kühlschränkluchtern, KI-Pubertät und Turnschuhen (01:08:58)	Thomas Metzinger
06	Wir müssen auf Weitsicht fahren und fragen: Was wäre wenn? (41:31)	Frauke Rostalski
07	Bewusstsein ist eine kausale Kraft und kein cleverer Programmier-Hack (55:24)	Christof Koch
08	Wir müssen Maschinen bauen, die Gefühle haben (39:04)	Antonio Chella
09	Dass Roboter uns Emotionen vorgaukeln, kann sehr wichtig sein (45:06)	Janina Loh
10	Die größte Hoffnung wäre, die Dystopien zu verhindern (52:46)	Joachim Weinhardt
11	Die meisten SF-Romane sind als Warnung gedacht, nicht als Gebrauchsanleitung (55:14)	Andreas Eschbach
12	Roboter werden bald ein Bewusstsein besitzen (34:55)	Junichi Takeno
Bonus	Das große Staffelfinale – Diskussionsrunde zu bewusster KI (01:41:08)	Gesprächsrunde

Verfügbarkeit der Audiodaten



Zu KITopen

KITopen: <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/serie/649>
Anchor.fm: <https://anchor.fm/kibewusstsein>
Spotify: <https://open.spotify.com/show/4BzUdFgR6o74H5sS2ait9z>
Apple Podcasts: <https://podcasts.apple.com/de/podcast/selbstbewusste-ki/id1530833724>

3 Bibliometrische Angaben zur Folge

Teasertext

Von der Idee, dass bald bewusste Roboter gebaut werden, ist der japanische Robotik-Experte Prof. Junichi Takeno von der Meiji University in Tokio überzeugt. Er selbst hat bereits Roboter konstruiert, die ihr Spiegelbild erkennen können. In der letzten Folge der ersten Staffel unseres Podcasts Selbstbewusste KI erklärt er, welche beeindruckenden Experimente er bereits mit seinen Robotern durchgeführt hat.

Metadaten

Titel: Roboter werden bald ein Bewusstsein besitzen
Dauer: 00:35:44
Erstveröffentlichung: 09.11.2021

Autor: Karsten Wendland
Gesprächsgast: Junichi Takeno
Fragensteller: Jürgen Manner

Redaktion: Robert Sinitsyn und Matthias Gerz
Aufnahmeleitung: Karsten Wendland
Produktion: Matthias Gerz
Synchronsprecher: Konstantin Kleefoot

DOI Audiofile: <https://doi.org/10.5445/IR/1000139706>
DOI Transkription: <https://doi.org/10.5445/IR/1000139832>

Folgenlogo





Zur Podcast-Folge

4 Transkription des Gesprächsverlaufs

Karsten Wendland: Hallo und herzlich willkommen bei „Selbstbewusste KI“, dem Forschungs-Podcast an der Grenze zwischen Mensch und Maschine. [00:00:08]

Junichi Takeno: I believe that the results of my experiments demonstrate an access to the core parts of human consciousness. [00:00:19]

Karsten Wendland: Mein Name ist Karsten Wendland, ich bin Forscher am Karlsruher Institut für Technologie und gehe Fragen nach, wie Technik, die gerade erst noch erforscht wird, morgen vielleicht schon unseren Alltag prägen könnte. [00:00:33] Kann Künstliche Intelligenz ein Bewusstsein entwickeln? [00:00:39] Wie könnte das überhaupt funktionieren, und was würde das für uns bedeuten? [00:00:45] Ja, treue Zuhörerinnen und Zuhörer unseres Podcasts haben diese Frage schon öfters gehört. [00:00:50] Wir sind jetzt in der Episode Nummer zwölf angekommen, und manche denken vielleicht, damit ist jetzt Schluss. [00:00:57] Das war doch mal so angekündigt. [00:00:58] Aber wir haben noch eine Sonderfolge für Sie in Vorbereitung, über die wir ganz zum Schluss der heutigen Folge noch einmal miteinander sprechen können. [00:01:07] Jetzt ist mein heutiger Gast zu unserer spannenden Frage ein weltweit bekannter Robotik-Experte aus Japan. [00:01:15] Der hat schon vor über 40 Jahren zu Robotern geforscht. Er gilt als einer der ganz frühen Vordenker zu den technischen Möglichkeiten, Bewusstsein in Maschinen hervorzubringen, zu erzeugen. [00:01:27] Und heute baut er Roboter, die sich selbst im Spiegel erkennen können, das ist ja etwas ganz Besonderes. [00:01:34] Die hierzu nötige Expertise hat er mit seinem Team über viele Jahre aufgebaut sukzessive und schon 2012 das Buch „Creation of a conscious Robot“ [[Quellenverweis 1](#)], also die Erschaffung eines bewussten Roboters in die Debatte eingebracht. [00:01:49] Er hat außerdem tiefere Einblicke in die europäische Kunst-, Kultur- und Ideengeschichte und verbindet diese sozusagen kognitiv mit seinen konzeptionellen Ansätzen als Entwickler von Robotern. [00:02:02] Ja, es freut mich außerordentlich, darüber heute mit einem der besten und reflektiertesten Robotik-Spezialisten weltweit sprechen zu dürfen, herzlich willkommen, Junichi Takeno! [00:02:13]

Junichi Takeno: Guten Tag, lieber Karsten! Es freut mich sehr, dass wir heute über dieses wichtige Thema sprechen. Ich bin schon sehr gespannt. [00:02:27]

Karsten Wendland: Ja, lieber Junichi, wir haben es eben schon gehört: Du baust Roboter, die sich im Spiegel erkennen können [\[Quellenverweis 2\]](#). [00:02:34] Sag doch mal, wie ist denn das bei dir selber? [00:02:36] Was geht dir denn durch den Kopf, wenn du selbst in den Spiegel schaust? [00:02:40]

Junichi Takeno: Ich bin schon ein alter Mann, und ich habe schon graue Haare. [00:02:49]

Karsten Wendland: Ja, das Phänomen ist mir bekannt, wobei ich selber noch im Farbcode Silber momentan verharre. [00:02:57] Ja, wir schauen ja aus Europa oft fasziniert und staunend nach Japan, auf euren unbeschwerten Umgang mit Robotern in den verschiedensten Lebensbereichen, und da kommen oft zwei Erzählstränge zum Tragen, über die wir auch schon hier in unseren Podcast-Episoden gesprochen haben. [00:03:14] Zum einen der Bezug auf den Shintoismus als Weltanschauung, dem ja offenbar viele Menschen in Japan zugeneigt sind. [00:03:22] Da würden wir gerne ein bisschen mehr erfahren. [00:03:24] Und dann haben wir ja auch schon im Gespräch mit Janina Loh über den Astro-Boy [\[Quellenverweis 3\]](#) gesprochen, also diese Roman- oder Comic- oder Filmfigur, in der es um den kleinen Roboter geht, der offenbar eine ganze Kultur bei euch in Japan mitgeprägt haben soll. [00:03:43] So. [00:03:44] Und jetzt entwickelst du Roboter seit rund 40 Jahren und steckst mittendrin im japanischen Kulturraum. [00:03:49] Und unsere Frage ist, wie sieht es denn nun aus? [00:03:52] Was ist deine Wahrnehmung, zunächst mal, ja, zum Shintoismus, und was sollten wir Europäer wissen, um zu verstehen, worum es im Kern im Shintoismus geht, und wie sich dies dann auf euer Selbstverständnis im Umgang mit Robotern auswirken kann? [00:04:09]

Junichi Takeno: Der Shintoismus gilt als eine einfache Form des Naturismus. [00:04:16] Er besagt, dass alle existierenden Wesen aus der Natur geschaffen sind und jedes einen reinen Geist hat. [00:04:23] Zum Beispiel hat ein in der Natur geschaffener Baum einen reinen Geist. Aber ich glaube, dass solche Ideen auf der ganzen Welt zu sehen sind. [00:04:32] Deswegen denke ich, dass der japanische Shintoismus nichts besonders Spezielles ist. [00:04:37] Meiner Einschätzung nach wurde der Shintoismus in Japan durch

den Buddhismus erweitert, der aus Indien über China ins Land kam. [00:04:44] In der Tat waren Shintoismus und Buddhismus bis vor etwa 170 Jahren miteinander verbunden. [00:04:50] Neue Ansätze dieser Verschmelzung sind im Shugendo und in der Shigoro-Sekte zu finden. [00:04:57] Diese Shugendo-Praktizierenden sind eine kleine Sekte von Bergbewohner-Asketen. [00:05:02] Und Shigoro ist ein Buddhismus neuen Stils, der Elemente des Hinduismus aus Indien enthält und Aspekte aufweist, die dem Shintoismus sehr ähnlich sind. [00:05:12] Die Europäer könnten nun denken, dass der Kern der japanischen Psyche aus dem Shintoismus stamme. [00:05:19] Aber ich halte ein solches Denken für unangemessen. [00:05:21] Der Shintoismus wurde durch den Buddhismus erweitert und ausgebaut. [00:05:26] Im Besonderen hinsichtlich des Menschenbildes. [00:05:29] Man könnte sagen, der Mensch wird nach dem Shintoismus mit einer Reinheit und Sauberkeit geboren. [00:05:35] Und der Buddhismus garantiert ihm, eine bessere Entwicklung des Selbst erreichen zu können. [00:05:40] Bemerkenswert in den Lehrsätzen des Sutras ist, dass alle Lebewesen in der Natur fähig sind, ein Buddha, das bedeutet, ein intellektuelles Wesen zu werden. [00:05:50] Und ich denke, wir sollten uns immer vor Augen halten, dass die Japaner glauben, dass alle in der Natur geschaffenen Wesen einen Geist haben. [00:05:59] Und ich hoffe, dies in unserem Gespräch später noch weiter vertiefen zu können. [00:06:03] Ich nenne diese Theorie: Die Ursprünge des japanischen Purismus. [00:06:08] Kurz gesagt, Japaner würden gerne glauben, dass ein Roboter, der aus verschiedenen Materialien hergestellt wurde, mit einem naturähnlichen Geist durchdrungen werden kann, und dass der Roboter in der Lage sein wird, sich selbst wie ein menschliches Wesen zu entwickeln. [00:06:25] Meiner Meinung nach stammt diese Art zu denken und zu fühlen eben aus diesem japanischen Purismus, einem Konzept, das eine Verschmelzung von Shintoismus und Buddhismus darstellt. [00:06:41]

Karsten Wendland: Und wie verhält sich das nun mit dem Astro-Boy? [00:06:45] Wir haben da verschiedentlich im Podcast schon darüber gesprochen, Frage an dich: Wie hast du das selbst erlebt? Was hast du als Kind früher von ihm gehalten? [00:06:54] Welche Bedeutung hat er deiner Beobachtung nach im japanischen Raum heute? [00:07:01]

Junichi Takeno: Ich habe das Gefühl, dass Roboter-Forscher meiner Generation eine Art Astro-Boy bauen wollen. [00:07:08] Der Astro-Boy ist ja eine

Androiden-, Manga- und Anime-Figur. Und als ich selbst noch ein Schulkind war, hatte ich das Gefühl, dass er mir sehr ähnlich war. [00:07:18] Aber der Astro-Boy hatte Superkräfte. [00:07:20] Er konnte mit einem Düsentriebwerk am Himmel fliegen, das im Weltall zu einem Raketenantrieb wurde, seine Arme wurden zu einem Maschinengewehr, seine Augen funktionierten nachts mit Suchscheinwerfern, sein Gehör war tausendfach vergrößert, seine Atomenergie hatte hunderttausend Pferdestärken und natürlich konnte er den Unterschied zwischen gut und schlecht erkennen. [00:07:40] Also kämpfte er gegen schlechte Menschen oder schlechte Roboter, um schwachen Menschen oder schwachen Robotern zu helfen. Ja, und später wurde ich von einer Fernsehsendung als einer jener Roboter-Forscher ausgewählt, die einen Astro-Boy der modernen Ära bauen. [00:07:58]

Karsten Wendland: Ja, und das scheint ja dann ganz gut gelaufen zu sein. [00:08:01] Erzähl uns doch bitte mal von deinen Robotern! [00:08:03] Die können ja, da haben wir schon ein paarmal jetzt davon gesprochen, etwas sehr Erstaunliches, nämlich sich selbst im Spiegel erkennen. [00:08:11] Und das offenbar jetzt nicht mit einfachen Tricks wie Aufkleberchen, die man erkennen kann, oder geheimen Zeichen, sondern ganz frei, also ohne solche Hilfsmittel. [00:08:20] Also, die Frage: Wie macht ihr das eigentlich? [00:08:23] Und was macht ihr anders als andere? [00:08:25]

Junichi Takeno: Meine Familie und ich sind in Freiburg eine Straße entlanggegangen, in der Hoffnung, an einem dunklen regnerischen Abend ein schönes Restaurant zu finden. [00:08:37] Plötzlich sah ich eine andere asiatische Familie, die sich uns schnell von rechts näherte, entlang der Geschäfte am Straßenrand. [00:08:44] Doch bald wurde mir klar, dass die andere Familie einfach wir waren. [00:08:48] Unsere Silhouetten spiegelten sich in den Schaufenstern des Geschäfts wider, ohne jegliche Innenbeleuchtung, denn es war Sonntag. [00:08:56] Und in diesem Moment kam mir eine neue Idee, nämlich, dass Bewegung der Schlüssel zu unserer Forschungsfrage ist, warum wir uns in einem Spiegel erkennen können. [00:09:06] Eine Silhouette allein hat keine besonderen Features. Wenn das stimmt, dachte ich, können wir dies als Schlüssel zur Lösung des Rätsels verwenden, warum ein zweijähriges Kleinkind sein eigenes Bild in einem Spiegel erkennen kann. [00:09:19] Nun, ich glaube nicht, dass ich ein besonders herausragender Forscher bin. [00:09:24] Allerdings habe ich in meiner Jugend sehr viele Bücher

gelesen. [00:09:27] Neben denen, die mit meinem Beruf zu tun haben, Bücher über Geschichte, Philosophie, Psychologie, Religion, Wirtschaft, Biologie, Soziologie, Kunst und Architektur. [00:09:41]

Karsten Wendland: Ja, und vielleicht ist das der breite Reflexionsrahmen, über den man sich dann freuen kann, wenn man ihn hat, wenn man Querbezüge herstellen kann und auch zwischen den Disziplinen denken kann und die Anknüpfungspunkte findet, zu denen man dann froh ist, wenn man sie hat. [00:09:58] Gut, also ihr sprecht tatsächlich und auch absichtlich von einer bewussten Maschine. Dieser Begriff, Bewusstsein, der beschäftigt uns nun seit elf Podcast-Folgen aus den unterschiedlichen Perspektiven, und wir interessieren uns immer dafür, was Bewusstsein im Arbeitskontext unserer Gäste bedeutet, also: Wie ihr konkret damit umgeht und wofür ihr den Begriff Bewusstsein oder Consciousness verwendet? [00:10:24] Also, Frage: Was meint ihr für euch, unter Kollegen, mit Bewusstsein, wenn ihr dieses Wort Bewusstsein als Arbeitsbegriff verwendet, also wenn ihr untereinander von Bewusstsein sprecht? [00:10:37]

Junichi Takeno: Das haben wir in der Tat in unserer Forschergruppe breit diskutiert. [00:10:44] Bei der Untersuchung von bewussten Maschinen gehen wir von folgenden Annahmen aus: Zunächst, jeder von uns hat ein subjektives Bewusstsein. [00:10:52] Und: Wir haben dasselbe Bild vom menschlichen Bewusstsein. [00:10:56] Dann sind uns die zehn Eigenschaften für das menschliche Bewusstsein von Edmund Husserl [[Quellenverweis 4](#)] wichtig. [00:11:02] Die Eigenschaft der ersten Person, Orientierung, Erwartung und so weiter. [00:11:08] Dieses menschliche Bewusstsein selbst wird durch neuronale Netze im Gehirn des Menschen erzeugt. [00:11:14] Es ist aber mehr als das. [00:11:16] Das Phänomen des menschlichen Bewusstseins, also das Erleben von Bewusstsein kommt bei jedem Menschen im Wesentlichen zustande durch die Kommunikation zwischen Neuronen im Gehirn und Neuronen im Körper. [00:11:28] Und jene Neuronen, die Bewusstsein erzeugen, verfügen nun über eine spezielle Netzwerkarchitektur, die in der Lage ist, das Selbstbezügliche, das heißt die Selbstreferenzialität, zu beschreiben. [00:11:40] Diese spezielle Architektur nennen wir Monad. M, o, n, a, d. [00:11:46] Und eine solche Architektur muss in der Lage sein, menschliche Emotionen und Gefühle zu erklären. [00:11:55]

Karsten Wendland: Ja, und damit tasten wir uns schon heran an das Eingemachte, an die Monad-Struktur so als Kernelement eurer Architektur und kommen damit schon zu unserem Fragensteller. [00:12:08] Wie du weißt, Junichi, tauchen in unseren Podcast-Episoden ja jedes Mal Fragensteller auf, und diesmal ist es kein Unbekannter, sondern ein alter Bekannter, nämlich Jürgen Manner aus Karlsruhe, der, ja, können wir sagen, unser gemeinsamer Verbindungsmann und Komplize ist, denn er hat uns zusammengebracht und in den Dialog gebracht, sodass wir uns auch vor der großen Pandemiezeit gemeinsam in Karlsruhe unterhalten konnten. [00:12:34] Und das finde ich ganz wunderbar, dass Jürgen einige Fragen zu unserem Podcast beiträgt. [00:12:41]

Jürgen Manner: Viele Menschen sagen, dass Roboter keine Gefühle haben können. [00:12:45] Viele Menschen sagen auch, dass Roboter kein Bewusstsein haben sollten. Du sagst dagegen, dass Roboter ohne Gefühle und ohne Bewusstsein für den Menschen gefährlich werden könnten. [00:12:59] Könntest du deine Auffassung bitte erläutern? [00:13:04]

Junichi Takeno: Ich denke, wir stehen vor zwei Arten von Gefahren, die das Bewusstsein von Robotern betreffen. [00:13:11] Die erste Gefahr ist die sehr enorme Entwicklung von Computersystemen und Netzwerken. Und Roboter werden sich in naher Zukunft in einem Zustand des Bewusstseins befinden. [00:13:21] Dieser Zustand wurde von dem berühmten Wissenschaftler Ray Kurzweil als Singularität bezeichnet. [00:13:27] Wenn man zustimmen kann, dass menschliches Bewusstsein durch komplizierte neuronale Netzwerke entsteht, sollten wir die Möglichkeit einer automatischen Erlangung von Bewusstsein als einem beliebigen Prozess in der automatischen Evolution eines Computerprogramms niemals ausschließen. [00:13:44] Ich denke, dass die Emergenz des Bewusstseins möglich ist und leichter und schneller durch die natürliche Evolution zustande kommt, als wir uns das so vorstellen. [00:13:53] Denn unser Denken über neuronale Netzwerke im menschlichen Gehirn erstreckt sich oft nur darauf, dass Bewusstsein etwas Unbekanntes und eine geheimnisvolle Angelegenheit ist. [00:14:03] Wenn wir plötzlich diesen Zustand mit bewussten Robotern erreichen, wird sich die menschliche Gesellschaft in einer ernsthaft destruktiven Situation befinden, weil kein Wissenschaftler in der Lage sein wird, die dann auftauchenden neuen Schwierigkei-

ten zu überwinden. [00:14:17] Ich vermute, dass ein sich automatisch entwickelndes bewusstes System beginnen wird, andere unbekannte Wesen zu zerstören, weil die zentrale Emotion des Systems nur an der Erhaltung der eigenen Existenz interessiert ist. [00:14:31] Aus diesem Grund behaupte ich, dass die Menschen so schnell wie möglich mehr Forschung über das menschliche Bewusstsein betreiben müssen, um sich auf die Ankunft der Singularität vorzubereiten, die bald kommen wird. [00:14:42] Was bedeutet das? Wenn ein Wissenschaftler einen wichtigen Teil des menschlichen Bewusstseins entdeckt hat, muss dieses Konzept versuchsweise als Programm in einem Computersystem oder auf einem Roboter implementiert werden, weil weitere objektive Erkenntnisse und Nachweise erforderlich sind. [00:14:58] Dies ist eine wissenschaftliche Methode, wie sie von Edmund Husserl vorgeschlagen wurde. [00:15:03] Und so entwickelt sich der Weg, der schließlich zum Roboter-Bewusstsein führt. Nun werden einige natürlich sagen, dass genau hierin die zweite Gefahr liegt. [00:15:12] Meine Position ist jedoch, dass dieses Bauen und Nachbauen ein sehr wichtiger Weg zum Gesamtverständnis ist und dass wir viele wertvolle Ideen erhalten können, wie wir solche bewussten Systeme kontrollieren können, um die ganze Sache für den Menschen jeweils sicher zu halten. [00:15:27] Ich glaube zum Beispiel, dass wir einen bewussten Roboter konstruieren können, der die Emotionen und Gefühle eines Menschen oder eines anderen Roboters versteht. [00:15:36] Und auch, dass moralische Umgangsformen im menschlichen Verhalten in naher Zukunft durch die Forschung schließlich in einen bewussten Roboter eingebaut werden können. [00:15:44] Ganz konkret sollte die Forschung zum Bau eines bewussten Roboters allerdings berücksichtigen, was wichtig ist, um gegen diese beiden Arten von Gefahren vorzusorgen. [00:15:54] Und meiner Meinung nach ist das Bauen und das Verstehen derselbe Prozess, ähnlich dem, wie Leonardo da Vinci zugeschrieben wird, seine Projekte erreicht zu haben. [00:16:06]

Karsten Wendland: Ja, also das hört sich gut an, ist auf jeden Fall ein schönes Vorbild. [00:16:11] Und in dem, was du da sagst, steckt allerdings ein, wir nennen das, Technik-Optimismus. [00:16:17] Und der fällt ja gerade den Machern der Technik oft recht leicht, weil sie eben wissen, wie die Dinge funktionieren und wie sie umgesetzt werden können, was alles möglich ist. [00:16:28] Und dann traut man der Technik auch eine ganze Menge zu.

[00:16:31] Wer jetzt weiter weg ist von der Implementierung, hat diese Möglichkeiten häufig aber nicht und ist manchmal eher skeptisch, bis hin zu Ohnmachtsgefühlen, die wir dann in unseren Diskussionen auch mit dem Begriff des Technik-Determinismus verbinden, wo dann die technischen Entwicklungen über einen hereinbrechen und man zum Schluss dann doch nichts machen kann. [00:16:53] Das ist so die Gegenposition. [00:16:55] Wie machst du das? [00:16:56] Wie versuchst du, Menschen die Sorgen zu nehmen, die eben keine Robotiker oder Techniker sind, sondern Zuschauer, Zuhörer, und die nicht durch die Methode des eigenen Handelns zum Verstehen kommen können, was machst du mit denen? [00:17:12]

Junichi Takeno: Ich denke, dass ich zunächst einige sehr erfolgreiche Ergebnisse meiner Arbeit vorstellen muss. [00:17:18] Und ich sollte diese mit Leuten besprechen, die dazu Bedenken haben. [00:17:23]

Karsten Wendland: Mhm. Mich würde jetzt noch mal stärker die technische Seite interessieren. [00:17:28] Wir fragen ja manchmal flapsig in unserem Podcast, wie kommt denn nun das Bewusstsein in die Maschine rein? [00:17:34] Und ihr antwortet jetzt, in unserem heutigen Fall, na ja, wir haben eine eigene technische Architektur, nämlich das Monad-System. Und das interessiert auch unseren heutigen Fragensteller Jürgen Manner, und hier kommt seine zweite Frage an dich: [00:17:51]

Jürgen Manner: Du bist berühmt für deinen Roboter, der sich selbst im Spiegel erkennt. [00:17:56] Dein Roboter muss also ein Spiegelbild von sich selbst vom Bild eines anderen Roboters unterscheiden können. [00:18:04] Wie macht dein Roboter das? Wie kann dein Roboter zwischen sich selbst und anderen unterscheiden? [00:18:11]

Junichi Takeno: Im Jahr 2004 habe ich ein bewusstes System auf meinem Roboter implementiert. [00:18:19] Dieses System war aus mehreren Bewusstseinsseinheiten aufgebaut, die ich in Anlehnung an die Arbeit des Mathematikers Gottfried Leibniz einfach Monad genannt habe. [00:18:29] Das steht für Module of nerves for advanced dynamics, kurz Monad. [00:18:35] Jedes Monad im System ist einfach ein Programm, das mit doppelt geschleiften rekurrenten neuronalen Netzen aufgebaut ist. [00:18:43] Manche betrachten dies als Kybernetik zweiter Ordnung. [00:18:46] Die erste Schleife rechnet

mit Bottom-up-Daten von einem externen niedrigeren Monad mit somatosensorischen Daten, die erst im eigenen Output zurückgekoppelt werden und die zweite Schleife, die sich sozusagen in einem höheren Monad befindet, berechnet eben höhere kognitive Informationen über die erste Schleife mittels gemeinsamer Neuronen zwischen der ersten und der zweiten Schleife. [00:19:09] Diese gemeinsamen Neuronen wirken wie die von Professor Giacomo Rizzolatti von der Universität Parma entdeckten Spiegelneuronen. [00:19:17] Ich nenne diesen gemeinsamen Bereich die primäre Repräsentation. Die zweite Schleife kann sich bei Bedarf mit einem höheren Monad verbinden, indem sie einen Eingangs-/Ausgangsanschluss an der Schleife benutzt. [00:19:32] Dieses Monad fungiert als Kommunikationseinheit zwischen den unteren und höheren Schichten. [00:19:38] Und die Informationen werden gleichzeitig von unten nach oben und von oben nach unten verarbeitet. [00:19:44] Das Monad rechnet also mit Eingangsdaten von einem externen Monad und mit Daten seines eigenen Verhaltens auf dem Monad, also gleichzeitig, und repräsentiert dies auf dem gemeinsamen Neuron, wie gesagt, als primäre Repräsentation. [00:20:00] So. Diese primäre Repräsentation beinhaltet also zu diesem Zeitpunkt sowohl Informationen des anderen Monad als auch die eigenen somatischen Informationen des Monads. [00:20:11] Das bedeutet, dass ein Monad methodisch und theoretisch zwischen dem Selbst und Anderen unterscheiden kann. [00:20:19] Nun geht es noch einen Schritt weiter. [00:20:22] Was man wissen sollte, ist, dass diese zweite Schleife auf einem Monad eine Repräsentation der Situation der ersten Schleife auf ihm erkennt. [00:20:30] Und das heißt, die zweite Schleife fungiert als Superkognition, und das hier ist der springende Punkt: Dass das Monad in der Lage ist, eine grundlegende Rolle als Bewusstseinsseinheit zu spielen, weil es zwischen dem anderen und dem Selbst unterscheiden kann, weil es das Selbst erkennt und weil es die Beziehung zwischen dem anderen und dem Selbst erkennt. [00:20:53]

Karsten Wendland: Okay, Junichi, damit hast du uns jetzt die Architektur und die Funktion beschrieben, und für unsere Hörerinnen und Hörer verlinken wir in der Beschreibung zu diesem Podcast zu einigen wissenschaftlichen Artikeln von dir, in denen dann neben der Beschreibung auch Skizzen, Architekturzeichnungen zu finden sind. [00:21:15] Und es gibt auch noch ein paar Videos zu deinen Experimenten [[Quellenverweis 6](#)], bei denen man sich dann

anschauen kann, wie das Ganze in der Erprobung aussieht. [00:21:22] Und jetzt erzähle uns mal, wie seid ihr denn dazu genau vorgegangen? [00:21:26]

Junichi Takeno: Ich habe drei Roboter für Experimente zur Spiegelbildkognition durch Roboter. [00:21:33] Es handelt sich um so kleine mobile E-Puck-Roboter, alle baugleich vom selben Hersteller. [00:21:38] Zwei von ihnen bekamen die gleiche Software, die mit mehreren Monads aufgebaut war. [00:21:43] Ich nenne diesen Typ bewussten Roboter, und er kann Imitationsverhalten ausführen und die Übereinstimmungsrate jedes Verhaltens zwischen den beiden Robotern zählen. [00:21:52] Der dritte Roboter hat die gleiche Hardware, aber seine Software ist anders, nämlich ein einfacheres Programm als bei den bewussten Robotern. [00:22:00] Er reagiert nur auf Befehle. [00:22:02] Ich nenne diesen Robotertyp den kontrollierten Roboter. [00:22:07]

Karsten Wendland: Also zwei bewusste Roboter, wie du sagst, und einen kontrollierten. [00:22:12] Okay, wie ging es dann weiter?

Junichi Takeno: Ich habe drei Experimente durchgeführt. [00:22:18] Im ersten Experiment imitierte ein bewusster Roboter das Verhalten seines eigenen Bildes in einem Spiegel. [00:22:24] In einem zweiten Experiment imitierte der bewusste Roboter das Verhalten eines anderen bewussten Roboters. [00:22:30] Und im dritten Experiment imitierte ein bewusster Roboter das Verhalten des kontrollierten Roboters, der vom bewussten Roboter über ein Kommandokabel gesteuert wurde. [00:22:39] Das Ergebnis des ersten Experiments hatte eine Übereinstimmungsrate von etwa 75 Prozent. [00:22:44] Das zweite lag bei etwa 50 Prozent und das dritte bei etwa 60 Prozent. Diese Ergebnisse waren sehr interessant. [00:22:52] Denn das erste war höher als das dritte. Nun schau dir die Situation der beiden Roboter im dritten Experiment genauer an: Einer der Roboter ist ein bewusster Roboter, und der andere ist ein einfacher Reflexionsroboter, der direkt über Kabel von einem bewussten Roboter gesteuert wird. [00:23:08] Was denkst du nun über dieses Experiment? [00:23:11] Wird bei diesem Experiment mit zwei Robotern oder mit nur einem Roboter gearbeitet? [00:23:16] Natürlich scheint das Experiment mit zwei Robotern zu arbeiten. [00:23:19] Ich glaube aber, dass man sich auch vorstellen kann, dass es sich bei diesem Experiment eigentlich nur um einen Roboter handelt, da der gesteuerte Roboter nur ein Unterteil des bewussten Roboters ist. [00:23:31] Denk mal daran, dass deine Hand oder

dein Fuß nur ein Unterteil deines eigenen Selbst ist. [00:23:37] Natürlich hat deine Hand oder dein Fuß viele Sensoren. [00:23:40] Aber diese werden hauptsächlich von deinem Selbst gesteuert. [00:23:43] Auf keinen Fall würde jemand denken, dass dein Selbst von einer Hand gesteuert wird. [00:23:49]

Karsten Wendland: Ja, hoffentlich nicht!

Junichi Takeno: Wenden wir uns nun dem ersten Experiment zu. [00:23:55] Die Korrespondenzrate des ersten Experiments ist höher als die des dritten. [00:24:00] Das Ergebnis deutet möglicherweise darauf hin, dass das Spiegelbild des bewussten Roboters gewissermaßen eine höhere Existenz ist, also ein Teil des eigenen Selbst des Roboters. [00:24:10] Daher kann ich aus diesen physikalischen Experimenten die neue Hypothese aufstellen, dass das gespiegelte Spiegelbild eines Menschen als eine besondere Existenz empfunden wird, die vom eigenen Selbst des Menschen gemanagt wird. [00:24:24] So. Nun möchte ich noch kurz auf das zweite Experiment eingehen. Hier haben die beiden Roboter jeweils eine individuelle Existenz unabhängig voneinander. [00:24:33] Die Korrespondenzrate lag bei etwa 50 Prozent. Diese Rate war die niedrigste der drei Experimente. Diese experimentellen Ergebnisse zeigen also, dass der bewusste Roboter in der Lage ist, auch zwischen sich selbst und dem anderen Roboter zu unterscheiden. [00:24:50] Ich möchte nun kurz zusammenfassen: Wenn ein Roboter von einem bewussten System gesteuert wird, das mit Monads aufgebaut ist, kann er zwischen sich selbst und dem anderen unterscheiden und er erkennt sein eigenes Bild, das in einem Spiegel reflektiert wird. [00:25:06] Das Monad-Konzept ist eine Art einfaches neuronales Netzwerk. [00:25:11] Bemerkenswert ist aber, dass das Netzwerk als ein grundlegendes Bewusstseinsmodul fungiert, weil es grundsätzlich zwischen Informationen von sich selbst und Informationen von anderen unterscheiden kann. [00:25:21] Und auch die Beziehungen zwischen den Informationen erkennen kann. [00:25:25] Lass mich anschließend noch einen Gedanken über die Erkennung des eigenen Bildes durch diesen Roboter hinzufügen. [00:25:30] Der bewusste Roboter im ersten Experiment erreichte eine Erkennungsrate von etwa 75 Prozent, mit der er also erkannte, dass das im Spiegel reflektierte Bild sein eigenes war. [00:25:41] Das Ergebnis war nicht nur eine leicht auszuwertende Quote, sondern es zeigt auch, dass das eigene Bild des Roboters im Spiegel eine besondere Eigenschaft hatte, die darauf hindeutet, dass es als Teil des Selbst

wie im dritten Experiment gesehen wurde. [00:25:55] Ich glaube, dass dies die weltweit erste physikalische Erklärung dafür war, warum jeder Mensch in der Lage ist, subjektiv zu entscheiden, dass ein Bild in einem Spiegel sein eigenes ist. [00:26:06] Michio Kaku hat dieses Experiment in seinem Buch *The Future of the Mind* [[Quellenverweis 5](#)] als das weltweit erste dieser Art beschrieben. [00:26:16]

Karsten Wendland: Ja, wunderbar. [00:26:17] Damit haben wir auch eine Buchempfehlung, die nehmen wir natürlich auch in unsere Podcast-Beschreibung rein. [00:26:22] Und ich denke, es lohnt sich, das, was du jetzt gesagt und geschlussfolgert hast, tatsächlich noch mal im Detail nachzuvollziehen und zu überprüfen. [00:26:33] Und außerdem sollten wir jetzt vor dem Hintergrund deiner Schilderung noch mal eine eigene separate Podcast-Folge darüber machen, warum sich manche Menschen morgens nicht im Spiegel erkennen, sondern denken, da stünde jemand ganz anderes. [00:26:49] Gut, ich möchte die Identitätsfrage, auf die uns Jürgen aufmerksam gemacht hat, auch noch mal aufgreifen. [00:26:56] Wir diskutieren hier im Kontext von KI und Bewusstsein auch immer wieder die Frage nach dem Selbstbewusstsein, also dem Ich-Konzept, das einer Maschine, die sich so verhält, als habe sie ein Ich, so wie wir es von uns kennen, ja auch zugeschrieben, angehängt oder gar zuerkannt werden könnte. [00:27:17] Das wäre dann die juristische Dimension. [00:27:21] Wie siehst du das, wie würdest du den Unterschied zwischen dem Ich im Menschen und dem, na ja, vielleicht simulierten oder sogar echten Ich in der Maschine unterscheiden? Wie würdest du es unterscheiden und vielleicht sogar trennen? [00:27:37]

Junichi Takeno: Das subjektive Konzept des Selbst oder Ich im Menschen konnte bislang von niemandem direkt gefunden oder entdeckt werden. [00:27:48] Es gab hierzu bis jetzt keine richtige Möglichkeit. Ich habe allerdings einen bestimmten, eng gefassten Rahmen gefunden, mit dem sich die Sache angehen lässt. [00:27:58] Der Ansatz ist so: Wir können das Roboter-Selbst im Roboter finden, weil es sich schlicht um eine objektive Sache handelt. Das Selbst des Roboters ist sozusagen ein Symbol. [00:28:08] Das ist jetzt sehr technisch ausgedrückt, also: Ein Symbol der Repräsentation des Roboters, die von einem Programm im Roboter erzeugt wird. [00:28:17] Und dieses Programm habe ich entwickelt auf Basis von Theorien der Phänomenologie, der Robotik und der Informatik. Na ja, und so kann prinzipiell jeder

jederzeit den Unterschied zwischen dem Selbst des Roboters und dem eigenen Selbst überprüfen. [00:28:32] Ich glaube, dass sich dieser fokussierte Ansatz in einer Weise weiterentwickeln wird, dass man die innere Funktionsweise des Menschen noch schneller erkennen können wird. [00:28:45]

Karsten Wendland: Ja, damit sind wir wieder an einem interessanten Punkt in der Diskussion, den wir auch schon hatten in den Gesprächen mit Antonio Chella und mit Janina Loh in unserem Podcast, nämlich der Frage, was wir denn von den Maschinen lernen können. [00:28:59] Da wird man ja erst mal stutzig und denkt, hoppla, haben sich hier jetzt nicht die Rollen vertauscht? [00:29:04] Sind nicht die Maschinen, gerade jetzt humanoide Roboter, sind das nicht Abbilder von uns? [00:29:11] Also, wir sind das Vorbild und der Roboter ist das Abbild. [00:29:13] Und dann wird das Abbild wieder zum Vorbild, indem wir aus dem Abbild irgendwas erkennen, was auf uns dann wirkt oder uns erklärt, wie wir funktionieren. [00:29:22] Ist das nicht ein bisschen seltsam? Oder funktioniert das? Und da muss man ja fairerweise sagen, dass die moderne Medizin sehr stark mit mechanistischen Weltbildern und Menschenbildern arbeitet und damit auch große Erfolge hervorgebracht hat. [00:29:36] Und was wir da jeweils diskutieren, ist so eine aufkommende Ähnlichkeit zwischen Mensch und Maschine, manche sprechen auch davon, dass irgendwann eine Ebenbürtigkeit erreicht werden wird. [00:29:49] Und dazu würde ich gern noch mal gemeinsam mit Jürgen Manner deine Gedanken aufgreifen, die zwischendurch schon etwas durchgeklungen sind: Wie ist das mit der ethischen Dimension des Ganzen, wenn wir Menschen eng mit Robotern oder allgemein autonomen Systemen zu tun haben werden, denen man ein Bewusstsein zumindest zuschreiben könnte? [00:30:14] Oder, wie ihr es sagt, die sogar ein Bewusstsein hätten? Hierzu die dritte Frage von Jürgen an dich:

Jürgen Manner: Selbstfahrende Autos, selbstfahrende Roboter müssten in offenen Situationen wichtige Entscheidungen treffen. [00:30:31] Sollte man dafür in selbstfahrende Autos ethische Prinzipien einbauen? [00:30:37] Sollte zum Beispiel ein Autoroboter im Notfall eher sich selbst und seine Insassen oder eher andere schützen?

Junichi Takeno: Ich stimme zu, dass ein selbstfahrendes Auto nach menschlichen ethischen Prinzipien implementiert werden sollte, und ich glaube, dass das Auto sich selbst und andere auf der Grundlage dieser Prinzipien im Notfall schützen sollte. [00:31:01] Ein bewusstes System kann für diese Notfälle sehr

praktikabel eingesetzt werden, weil das System sich des Anderen und des Selbst bewusst sein kann. [00:31:10] Und die Machbarkeit jedes Verhaltens gleichzeitig bewerten kann. Bei dieser Bewertung unter Verwendung menschlicher ethischer Prinzipien wird das System viel schneller sein, als menschliche Prozesse es wären, und einen Umfang abdecken, der im Vergleich zum menschlichen Denken riesig ist. [00:31:26] Und der Entscheidungsprozess des Autos kann im Nachhinein nachvollzogen und verifiziert werden. [00:31:32] Ich glaube aber, dass selbstfahrende Autos zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht die Grundarchitektur haben, die für ein bewusstes System erforderlich ist. [00:31:40] Autos haben eine sehr große Geschichte. Aber da Autos im Grunde genommen vor über hundert Jahren entworfen wurden, wird für die Einbindung von Bewusstsein eine andere Art von Konzept und Ausgestaltung nötig sein. [00:31:53] Denken wir zum Beispiel an Bumblebee aus dem amerikanischen Film Transformers. [00:32:02]

Karsten Wendland: Das ist ein schönes Schlussbild, was unsere Fantasien anregt. [00:32:07] Diese Beweglichkeit und Flexibilität hätten wir, glaube ich, auch alle ganz gerne. Lieber Junichi Takeno, jetzt sprachen wir im großen Bogen über Robotik, Ethik, Verantwortung und über selbstbewusste künstliche Intelligenz, die, wenn es sie denn gäbe, mehr wäre als eine bloße Maschine. [00:32:25] Unsere Frage zum Abschluss nun auch an dich: Wie lange wird es noch dauern?

Junichi Takeno: I am not able to estimate how long it will take now. [00:32:37] But I believe that the results of my experiments demonstrate an access to the core parts of human consciousness. [00:32:49]

Karsten Wendland: Ein optimistisches Schlusswort! [00:32:51] Vielen Dank, thank you, Junichi, for this great conversation and all the best to you and to all your colleagues in Japan! [00:33:00]

Junichi Takeno: Ich möchte Karsten und Jürgen für diese Podcast-Serie herzlich danken! [00:33:07]

Karsten Wendland: Das war Junichi Takeno, Robotiker aus Japan, der, wie wir gemerkt haben, philosophisch sehr bewandert ist und der Roboter baut, die sich selbst im Spiegel erkennen können. [00:33:23] Er war unser heutiger Gast in der Podcast-Serie Selbstbewusste KI, dem Forschungs-Podcast an

der Grenze zwischen Mensch und Maschine. [00:33:31] Sind Ihnen beim Zuhören weitere Fragen eingefallen oder geniale Ideen gekommen? [00:33:36] Wir freuen uns über Ihre Gedanken. Lassen Sie uns daran teilhaben und eine Nachricht über unsere Projekt-Website zukommen, die Sie im Internet finden unter www.ki-bewusstsein.de. [00:33:49] Oder schreiben und folgen Sie uns auf Twitter! [00:33:51] Dort finden Sie unser Projekt unter dem gleichen Namen, nämlich [@KIBewusstsein](https://twitter.com/KIBewusstsein). In der nächsten Folge haben wir nicht nur einen Gesprächspartner, sondern gleich mehrere. [00:34:02] Wir schalten eine gemeinsame Konferenz zwischen verschiedenen Gästen unserer Podcast-Serie Selbstbewusste KI und greifen dann gemeinsame Themen auf und auch Fragen, die Sie, verehrte Hörerinnen und Hörer, uns zwischenzeitlich zugesendet haben. [00:34:17] Die Redaktion dieser Folge lag in den guten Händen von Robert Sinitsyn und Mathias Gerz. [00:34:23] Produktion: Matthias Gerz, Synchronsprecher war Konstantin Kleefoot, und die Aufnahmeleitung lag diesmal bei mir selbst. [00:34:31] Ich freue mich, wenn es Ihnen gefallen hat und auch diese Folge ein Beitrag dazu war, KI-Bewusstsein etwas mehr zu entmystifizieren. Bleiben Sie gesund, hoffnungsvoll und gestaltungstark! Das war Ihr und euer Karsten Wendland, bis bald!

5 Erwähnte Quellen

Folgende weiterführende Quellen wurden in der Podcast-Folge genannt:

- [1] Buch von Junichi Takeno: Creation of a Conscious Robot. Mirror Image Cognition and Self-Awareness: <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/b12780/creation-conscious-robot-junichi-takeno>.
- [2] Zusammenfassender Artikel über die Forschung von Junichi Takeno auf der Website der Meiji University: <https://english-meiji.net/articles/132/>.
- [3] Artikel über den „Astro Boy“ bei SRF.
- [4] Das Verständnis von Bewusstsein nach dem Philosoph und Mathematiker Edmund Husserl: https://rep.adw-goe.de/bitstream/handle/11858/00-001S-0000-002C-DCB9-B/9783110260601_AdW14_03_CHRISTIAN%20BEYER%20%20Husserls%20Konzeption%20des%20BewusstseinsTeil1.pdf?sequence=1 (Beitrag von Prof. Dr. Christian Beyer, Georg-August-Universität Göttingen).
- [5] Buch des Physikers Michio Kaku: Future of the mind: https://www.researchgate.net/publication/295829741_Michio_Kaku_Future_of_the_mind.
- [6] Experimente von Junichi Takeno im International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems 1(4) 2008: https://www.researchgate.net/publication/228740023_A_Robot_Succeeds_in_100_Mirror_Image_Cognition.

6 Kontakt



*Zur Website des
ITAS*

Prof. Dr. Karsten Wendland

karsten.wendland@kit.edu

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)

Karlstraße 11

76133 Karlsruhe

GERMANY