

Wieder nichts, was uns Menschen ausmacht

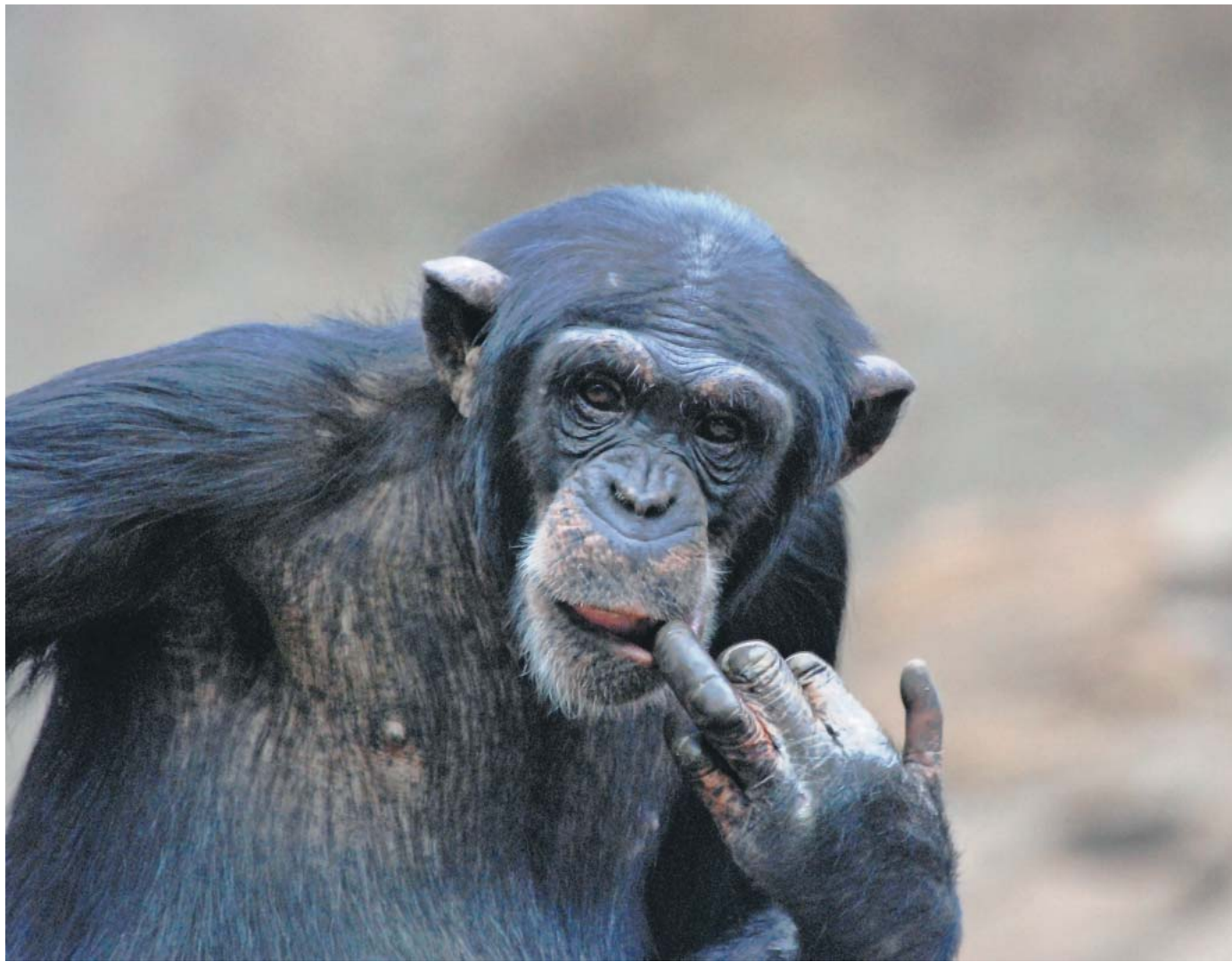
Ich weiß, dass du etwas zu wissen meinst, was aber falsch ist: Das klingt sehr menschlich. Doch jetzt zeigen Forscher, dass Primaten solche kognitiven Subtilitäten implizit bereits beherrschen.

Von Helmut Mayer

„Theory of mind“ (TOM) ist keine besonders glückliche, aber nun einmal eingebürgerte Bezeichnung der Kognitionswissenschaften. Über eine solche TOM zu verfügen bedeutet nicht, eine ausgefeilte Theorie zu beherrschen, sondern das Verhalten anderer Akteure als Ausdruck von deren geistigen Zuständen lesen zu können: als Ausdruck von Intentionen, Wünschen und bestimmten Überzeugungen über das Vorliegen von Sachverhalten, die wiederum von den Beobachterposition der anderen abhängen.

Menschen haben die Vollform einer solchen TOM: Wir richten uns in unserem Verhalten danach, dass unsere Mitmenschen die Realität aus bestimmten Blickwinkeln wahrnehmen und dabei bestimmte Intentionen und Überzeugungen mit ihr verknüpfen. Wobei auch der Fall eintreten kann, dass wir aufgrund einer besseren Informationslage wissen, dass die Überzeugung der anderen, die wir für die Prognose ihres Verhaltens in Rechnung stellen, falsch ist. Ich weiß zum Beispiel, dass die Äpfel nicht mehr im Kühlschrank sind, denn ich habe sie selbst auf den Tisch gestellt; aber ich gehe trotzdem davon aus, dass mein Mitbewohner, der von der Verbringung der Äpfel in die Obstschale auf dem Tisch nichts weiß, weil er zu diesem Zeitpunkt nicht in der Wohnung war, sie immer noch im Kühlschrank suchen wird. Ich weiß also, was der Fall ist – in diesem Fall habe ich ihn selbst hergestellt, aber ich hätte auch jemand Drittes beim Apfeltransfer beobachten können –, ich weiß jedoch auch, wie sich die Situation jemandem darstellt, der die Herstellung des neuen Sachverhalts nicht mitbekommen hat. Das heißt, ich weiß, dass Letzterer einer aus seiner Sicht richtigen, aus meiner Sicht jedoch objektiv falschen Überzeugung folgen wird. Menschenkinder können ab dem Alter von etwa vier Jahre, eine solche Unterscheidung vornehmen.

Prominent wurde die TOM auch deshalb, weil sie lange als Kandidat für eine Beschreibung der kognitiven Sonderstellung des Menschen galt: Menschen verfügten über eine TOM, nehmen andere also als Agenten mit einem geistigen Innenleben und bestimmten Blickwinkeln auf die Welt wahr, während die Großen Menschenaffen, so beeindruckend ihre Leistungen auch sonst sein mögen, noch keine



Mir kannst du nichts vormachen: Schimpanse Lome aus dem Leipziger Zoo

Foto Max-Planck-Institut für evolutionäre Anthropologie

TOM in ihrem kognitiven Repertoire haben und sich nur an die körperlichen Bewegungen anderer Akteure halten.

Diese Vorstellung ließ sich allerdings nicht halten: Eine Reihe von immer gewitzter ausgedachten Experimenten zeigte, dass Große Menschenaffen sich durchaus an den Intentionen und Überzeugungen anderer Akteure orientieren können, um deren Verhalten zu antizipieren. Zweifelsfrei schien allerdings weiterhin, dass sie Akteuren auch falsche Überzeugungen zuschreiben können, so wie es im Apfel-Beispiel vorgestellt wurde.

Doch genau diesen Beweis hat nun eine Gruppe von Forschern um Michael Tomasello vom Max-Planck-Institut für evolutionäre Anthropologie in Leipzig erbracht, die ihre Ergebnisse in der Zeitschrift „Science“ (doi: 10.1126/science.aaf8110) vorstellen. Die Herausforderung für das experimentelle Setting lag darin, tragfähige nichtsprachliche Indizien dafür zu finden, dass die Affen die Handlung eines von ihnen beobachteten Akteurs deshalb richtig antizipieren, weil sie dessen falsche Überzeugung vom Vorliegen eines Sachverhalts dabei in Rechnung stellen. Einen Wink zur Lösung dieser Schwierigkeit gaben Experimente mit Kleinkindern, die zeigten, dass sich antizipatorische Augenbewegungen als solche Indizien verwenden lassen: Die Kinder sehen dorthin, wo

sie erwarten, dass ihr Gegenüber den Gegenstand suchen wird, dessen Verschwinden sie selbst verfolgt hatten.

In den nun durchgeführten Experimenten mit Schimpansen, Bonobos und Orang-Utans wurden die Augenbewegungen der Primaten auf nichtinvasive Weise aufgezeichnet. Die Affen verfolgten, durch das Schlürfen von angebotenem Saft ruhiggestellt, auf einem Bildschirm kleine „Seifenoper“, in der Akteure nach einem Gegenstand oder auch nach einem affenähnlich verkleideten Menschen („King Kong“) suchen. So konnten sie beobachten, dass Letztere nicht dort sind, wo sie der suchende Akteur in den gefilmten Szenen zuletzt gesehen hat, denn im Unterschied zu ihm sahen sie, wie der Gegenstand fortgenommen wurde oder der gefilmte „King Kong“ das Weiße suchte. Ihre Augenbewegungen aber zeigten ihre Erwartung an, dass der Akteur schließlich dort suchen würde, wo er den Gegenstand oder „King Kong“ fälschlich immer noch vermutete.

Bei den Experimenten wurde darauf geachtet, den Affen keine Möglichkeit zu geben, Hinweise aus der Körpersprache der Akteure zu gewinnen. Zu diesem Zweck wählte man Szenarien und Handlungsverläufe, die den Tieren unvertraut waren. Die bescheidenste Interpretation der Versuchsergebnisse lautet trotzdem, dass die Affen sich an die Regel hielten, nach der

die Akteure dort nach den Gegenständen suchten, wo sie diese zum letzten Mal gesehen hatten, selbst wenn die Menschenaffen wussten, dass die Gegenstände dort nicht mehr zu finden waren. Doch diese Erklärung, so die Forschergruppe, würde sich zum einen mit schon gewonnenen Indizien für eine TOM bei Affen nur schwer vereinbaren lassen. Zum anderen zeigten neuere Experimente, dass Affen genauso wie Kleinkinder offenbar aus eigener Erfahrung mit opaken Objekten darauf schließen können, ob andere durch diese Objekte schauen können – also einen Wechsel der Perspektive von sich selbst zu anderen Akteuren beherrschen, was über ein strikt aus Verhaltensbeobachtungen gewonnene Regel hinausgeht.

Für die Forscher ist damit erwiesen, dass die Fähigkeit, anderen Akteuren falsche Überzeugungen zuzuschreiben, kein Unterscheidungsmerkmal des Menschen gegenüber den Großen Menschenaffen ist. Zwar können die Affen, wie andere Experimente bereits zeigten, solche Zuschreibungen nicht in explizite Handlungsentscheidungen umsetzen, doch implizit seien sie ihnen bereits geläufig. Damit sind unsere nächsten Verwandten unter den Primaten uns, wieder einmal, ein Stückchen näher gekommen. HELMUT MAYER

Zu diesem Beitrag finden Sie auf unserer Internetseite ein Video, das die Experimente der TOM-Forscher verdeutlicht: www.faz.net/wissen

Wenn die Wahrnehmung frisch verdrahtet wird

Gelähmter lernt mit Brain-Machine-Interface das Fühlen

Durch einen schweren Autounfall jegliche Empfindungen in den Händen verloren zu haben und diese zehn Jahre später wiederzugewinnen – diese unglaubliche Erfahrung durfte Nathan Copeland machen. Er profitiert von einer Technik, die an der Universität von Pittsburgh in dem dortigen medizinischen Zentrum entwickelt worden ist. Die Technik basiert auf einer Stimulierung des Gehirns, wodurch Gelähmte wieder etwas empfinden können. Ihr Verfahren stellen die Forscher um Robert Gaunt in der Zeitschrift „Science Translational Medicine“ (doi: 10.1126/scitranslmed.aaf8083) vor.

Nathan Copeland wurde bei seinem Unfall im Jahre 2004 im Alter von 18 Jahren am Rückenmark verletzt und war dadurch von Brusthöhe abwärts gelähmt. Folglich hatte er in seinen Gliedmaßen keinerlei Gefühle mehr. Kurz nach dem Schicksalsschlag bewarb er sich für eine Studie, die von den Forschern der Universität von Pittsburgh angeboten wurde. Fast zehn Jahre später wurde er von den Wissenschaftlern kontaktiert. Nachdem er die Eingangstests bestanden hatte, implantierte ihm die Neurochirurgin Elizabeth Tyler-Kabara vier Mikroelektroden-Arrays in sein Hirn.

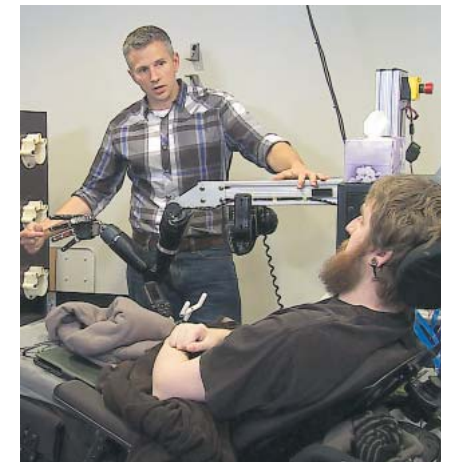
Diese sollten später die Schnittstelle zwischen seinem Hirn und einem Roboterarm („Brain-Machine-Interface“) herstellen. Mit Hilfe der Mikroelektroden-Arrays, die Neuronen elektrisch stimulieren, können Berührungen wieder wahrgenommen werden – eine Technik, die als intrakortikale Mikrostimulation bekannt ist. Vor der Operation hatten Tyler-Kabara und ihre Kollegen mittels bildgebender Verfahren die Hirnregion von ihrem Patienten Copeland identifiziert, die für die Kontrolle von Bewegungen und Berührungen in seiner Hand und seinen Fingern zuständig ist.

Als die Forscher um Robert Gaunt die Hirnbereiche von Nathan Copeland, die mit den Elektroden verbunden

waren, mit elektrischen Spannungspulsen reizten, konnte der Achtundzwanzigjährige Wärme und Druck auf seiner Handfläche und den vier Fingern seiner rechten Hand spüren. Wie die Forscher berichten, beschrieb Copeland fast alle Reize als ein Gefühl, als würde jemand seine Finger berühren oder schieben. Dieses künstlich erzeugte Empfinden sei im Laufe der sechsmonatigen Studie stabil geblieben. Dann wurde Copelands Hirn über die Schnittstelle mit einem Roboterarm verbunden: Der gelähmte Patient sollte über den Roboterarm, den er mit seinen Gedanken steuern konnte, Berührungen empfinden. Das Ergebnis: In knapp 84 Prozent der Fälle konnte er die angepöppelten Roboterfinger richtig identifizieren.

Die Ergebnisse zeigen nach Überzeugung der Forscher, dass Hirnimplantate in der Lage sind, lebensechte Berührungen bei Gelähmten hervorzurufen. Das wiederum könnte zur Entwicklung fortgeschrittener Neuroprothesen führen. Das große Ziel sei es, so die Wissenschaftler aus Pittsburgh, einen Roboterarm zu entwickeln, der sich bewegen und auch fühlen kann wie ein echter Arm.

MIRAY CALISKAN



Nathan kann wieder etwas fühlen. Foto AP

Weibliches Gehirn wächst zum Eisprung

Das Gehirn von Frauen reagiert offenbar auf die hormonellen Schwankungen während eines Zyklus mit einer erstaunlichen Sensibilität und Plastizität. Kurz vor dem Eisprung, wenn die Konzentration von Östrogenen im Blut am höchsten ist, nimmt das Volumen des Hippocampus messbar zu. Das haben jetzt erstmals Claudia Barth und Julia Sacher vom Leipziger Max-Planck-Institut für Kognition- und Neurowissenschaften zusammen mit Berliner und kanadischen Wissenschaftlern gezeigt. In der Zeitschrift „Scientific Reports“ (doi: 10.1038/srep32833) schildern sie die Ergebnisse

ihrer hochaufgelösten Hirnscans im Kernspin-Tomographen, die in kurzen Abständen an einer jungen Frau vorgenommen worden waren. Nahezu synchron mit dem Hormonverlauf änderte sich die Mikrostruktur sowohl in der weißen wie der grauen Hirnmasse. Was genau die Volumenänderung im Hippocampus bewirkte, ist unklar. Ältere Experimente an Nagetieren legen nahe, dass sich möglicherweise die Myelinisierung der Nervenverbindungen verstärkt, die Durchblutung forciert oder die Astrozytenvermehrung angeregt wird. Das Bild erinnere an die plastischen Veränderungen im Gehirn, die beim Lernen erzeugt werden. Tatsächlich ist der Hippocampus eines der zentralen Areal der Gedächtnisbildung. F.A.Z.

Der Wahnsinn des manuellen Individualverkehrs

Sie fahren effizienter, produzieren weniger Schadstoffe und verringern die Unfallgefahr: Was also ist so schlimm an selbstfahrenden Autos?

Dass Menschen früher nur von einem Ort zum anderen kamen, wenn sie zu Fuß gingen oder ritten, erscheint uns heute primitiv und befremdlich. Größere Strecken im Gehen oder im Sattel zurückzulegen ist in unseren Breiten eine Freizeitbeschäftigung geworden. Was früher anstrengende Notwendigkeit war, dient jetzt in zahlreichen Varianten, vom einfachen Spaziergang bis zur hochausgerüsteten Alpenüberquerung, dem Vergnügen oder wird dafür eingesetzt, die Risiken sitzenden Arbeitens für Kreislauf, Körpergewicht und Rücken zu mindern.

Mit ähnlichem Befremden könnten Menschen der Zukunft schon bald auf unsere Zeit zurückblicken: Was, damals mussten die Menschen selbst ihre Autos steuern? Auch dann, wenn sie müde oder erschöpft waren? Sie mussten sich über Hunderte Kilometer auf die Straße konzentrieren, anstatt zu lesen, Kaffee zu trinken oder zu schlafen? Es starben weltweit mehr als eine Million Menschen pro Jahr bei Autounfällen, ganze Familien wurden ausgelöscht? Radfahrer und Fußgänger lebten in ständiger Angst, überfahren zu werden? Die Straßen waren zugesperrt mit ungenutzten Autos? Es gab Staus? Mein Gott, wie primitiv war das Leben damals 2016!

Dieser fiktive Blick zurück aus der Zukunft ist keine Science-Fiction. Weltweit nimmt gerade eine bahnbrechende Entwicklung ihren Lauf. Es geht um weit mehr als der heiß diskutierte Vorschlag, ab 2030 Benzin- und Dieselaautos zu verbieten. Aus gutem Grund ist von einer dritten Mobilitätsrevolution nach der Einführung der Eisenbahn und des Autos die Rede. Erst zwölf Jahre ist es her, dass DARPA, die Forschungsagentur des amerikanischen Militärs, ihre erste „Grand Challenge“ für autonome Fahrzeuge ausrichtete. Sie fand in der Mojave-Wüste statt – nicht nur, um die Geländegängigkeit der fahrerlosen Automobile zu testen, sondern auch, weil niemand es gewagt hätte, sie in die Nähe unschuldiger Passanten kommen zu lassen. Damals galten selbstfahrende Fahrzeuge als exotisch. Heute wandern sie in den Alltag ein.

Sie sind sie nicht nur im Silicon Valley in der Nähe des Google-Hauptquartiers unterwegs, sondern auch in Pittsburgh, wo Über ihren Einsatz testet, in Berlin, wo Local Motors auf einem Betriebsgelände einen autonomen Bus namens „Olli“ erprobt, sowie an vielen anderen Orten weltweit. Die Entwicklungingenieure überschlagen sich mit Erfolgsmeldungen, die von Unfällen nur kurzzeitig unterbrochen werden. Pioniere wie Elon Musk von Tesla oder John Zimmer von Lyft sagen voraus, dass autonome Fahrzeuge viel schneller den Alltag prägen werden, als dies heute möglich erscheint.

Machbar wird der Siegeszug autonomer Fahrzeuge durch den Einsatz lernender IT. Schon länger ist in Autos so viel Hardware und Software verbaut, dass Kfz-Mechaniker nicht nur im Schrauben, sondern auch im Lesen von Codes geübt sein müssen. Hinzu kommen nun Kameras und Radargeräte, die ihre Umwelt erfassen, gekoppelt mit Rechnern, die aus den Signalen ein stimmiges Bild der Umwelt errechnen und mit Hilfe von Algorithmen entscheiden, wie sich das Fahrzeug verhält.

Die beeindruckenden technischen Fortschritte treffen allerdings auf eine ganz und gar irrationale Beziehung: Kein anderer Gegenstand in unserem Alltag ist dermaßen mit Emotionen beladen wie das Auto. Menschen sparen jahrelang auf ein bestimmtes Modell, sie pflegen ihre Autos liebevoll, geben ihnen Kosennamen. Für viele sind Autos Erweiterungen des eigenen Körpers, was sich in Sätzen wie „Ich stehe da drüben“ für das parkende Auto niederschlägt. Mancher macht sich nach einem Zusammenstoß mit einem Radfahrer mehr Sorgen um seinen Lack als um den verletzten Mitmenschen. Das Auto gilt als Inbegriff von Individualität, wovon auch die unendlichen Wahlmöglichkeiten bei der Ausstattung zeugen. Sich in sein Auto zu setzen, den Motor anzulassen und ein selbstgewähltes Ziel anzusteuern: ein Symbol von Freiheit. Ein größeres Modell als der Nachbar zu fahren: ein Triumph. Der Trend zu SUVs, diesen „Kreuzungen aus Hightech-Sneaker und Panzerspähwa-

gen“ (Jörg Häntzschel), zeigt zudem, dass Privatfahrzeuge ihren Besitzern auch Schutz vor einer als feindselig empfundenen urbanen Umwelt spenden sollen. Röhrende Motoren helfen jungen Männern dabei, die Aufmerksamkeit zu bekommen, die ihnen sonst vielleicht fehlt.

Liebe, Neid, Protzerei, Aggression, Nostalgie, Abkapselung, Anerkennung – es gibt kaum eine Emotion, die nicht irgendwie auch mit dem Auto verbunden ist. Die ungebremste Bereitschaft, durch Müdigkeit oder Unaachtsamkeit sein oder fremdes Leben zu riskieren, Ewigkeiten nach Parkplätzen zu suchen oder im Stau zu stehen und zudem große Summen für Kauf, Benzin, Wartung und Reparatur zu entrichten, zeigt, wie durch und durch irrational die heutige Auto-Mobilität ist. Trotz aller Umwelt-Rhetorik nimmt die Zahl der Autos in Deutschland stark zu. Allein seit 2010 ist die Zahl der Pkw um drei Millionen auf 45 Millionen gewachsen.

Nun wäre der Einzugs autonomer Fahrzeuge keine große Sache, wenn das Gefahrenwerden nur eine Option wäre wie be-

heizbare Sitze. Ist es aber nicht. Eine dritte Mobilitätsrevolution wird aus dem aktuellen Umbruch, weil das Auto der Zukunft nicht nur elektrisch, sondern auch umfassend mit anderen Autos vernetzbar sein wird. Ein Internet der rollenden Dinge ist in Planung. Seine Befürworter sind nicht nur Technikbegeisterte, sondern auch Menschen, die unter den Automassen leiden, die von einer Revitalisierung der Stadt träumen, von der app-gesteuerten Kombination von Verkehrsmitteln, ja vom Ende des Individualverkehrs.

In dieser erträumten Welt gibt man ein Fahrtziel in sein Smartphone ein, die gewünschte Personenzahl und eventuelle Gepäckstücke, und wenig später fährt ein fahrerloses Fahrzeug vor, das einen ans Ziel bringt. Wer allein fahren will, zahlt mehr, ansonsten poolt das Betriebssystem Nutzer je nach Angebot und Nachfrage. Die Mobilitäts-Apps zeigen auch andere Optionen als Autos, integrieren Mieträder, Busse und Bahnen zur Auswahl. Wer von einem Dorf in Norddeutschland in ein Dorf in Süddeutschland will, kann



Achtung, hier fehlt vom Fahrer jede Spur.

Foto Google

entweder für die Langstrecke einen ICE nehmen oder aber ein Schlaf-Auto bestellen, das ihn über Nacht ans Ziel bringt und die Batterie mit Ökostrom auflädt, während die Insassen schlummern. Sex im Auto, wiederkehrendes Hollywood-Motiv, erlebt eine Blüte.

Das autonome Fahrzeug umfährt wie selbstverständlich jeden Stau, das heißt, es gibt gar keinen Stau mehr, weil die Vernetzung die Autos automatisch so verteilt, dass der Verkehr fließt. Ampeln werden überflüssig. Niemand muss mehr nachts bei Rot warten, obwohl man allein auf der Straße ist. Die Fahrzeuge sind so eingestellt, dass sie jedes Tempolimit einhalten – Geschosse, die mit 60 oder 80 durch Spielstraßen rasen oder am Freitagabend volltrunkene Fahrer in den Gegenverkehr schleudern, gehören der Vergangenheit an. Krankenwagen und Löschfahrzeuge kommen mit Maximalgeschwindigkeit ans Ziel, weil das Betriebssystem die anderen Fahrzeuge die Bahn automatisch freimachen lässt.

Die Algorithmen sind in dieser Zukunft so konditioniert, dass sich Radfahrer und Fußgänger völlig angstfrei in der Stadt bewegen können. Kein übermüdeter Manager, keine Mutter mit Tunnelblick zur Kita, kein testosterongefüllter Macho kann mehr das Leben von Mitmenschen ruinieren. Diese Sicherheit ist das neue Symbol von Freiheit. Dafür kommt das Leben in die Städte zurück. Da die Zahl der Autos, die nötig ist, um die Mobilitätsbedürfnisse zu befriedigen, nur bei höchstens 25 Prozent des heutigen Bestands liegt, werden riesige Flächen frei: In den Straßen ist Platz für Cafés, Spielplätze, Bäche, Sportanlagen, Kioske, Co-working-Spaces. In den früheren Parkhäusern kann Gemüse wachsen. Auch die Dörfer, in denen heute ein Auto mangels Busangebot oft unentbehrlich ist, werden in das Internet der mobilen Dinge integriert: Man kann sich Waren liefern lassen, Gruppenreisen ordern, Kleinstautos zum nächsten Bahnhof bestellen.

Für seine Befürworter entlarvt ein solches Szenario den Wahnsinn der heutigen Autowelt und deren Scheinwerte: die ver-

meintliche Individualisierung durch Lackfarbe und eine bestimmte Ausstattung, eine vermeintliche Autonomie, die im Stau endet, und ein vermeintliches Fahrvergnügen, das Menschenleben gefährdet. All das erscheint plötzlich unglaublich primitiv, zumal, wenn man es in eine Welt projiziert, in der zehn Milliarden Menschen in gigantischen Megalopolen zusammenleben sollen. Die meisten Fahrzeugmodelle aus Ingolstadt, Stuttgart und Wolfsburg sahen in einer urbanen Zukunft, die einigermaßen sozial und ökologisch verträglich sein soll, aus wie ein T-Rex, der im Stadtpark herumläuft.

Wolfgang Wahlster, Direktor des Deutschen Forschungszentrums für Künstliche Intelligenz, hält einen Siegeszug autonomer Fahrzeuge binnen fünf bis zehn Jahren für möglich: „Wenn alle autonom fahren, wird es viel leichter.“ Doch die offizielle Verkehrspolitik spiegelt das revolutionäre Potential vernetzter, autonomer Mobilität aber bisher kaum wider. Sie beruht darauf, das individuelle Verbrennungsauto 1:1 durch individuelle Elektroautos zu ersetzen. Dass das zumindest für die nächsten paar Jahre im Interesse einer innovationsgehemmten deutschen Automobilbranche liegt, ist klar. Doch Silicon Valley ist bisher noch vor keiner Umwälzung zurückgeschreckt. Im Zweifelsfall baut Google oder Apple die Autos selbst, oder man erzeugt sie, wie Local Motors, im 3D-Drucker.

Wie schon in anderen Bereichen besteht das Risiko, dass Deutschland und Europa von der Vergangenheit träumen, während Silicon Valley das gesellschaftliche Leben auf den Kopf stellt. Dann liegt bald auch die Kontrolle über Mobilitätsdaten und -algorithmen dort. Die Verkehrspolitik heute noch auf das Individualfahrzeug auszurichten, könnte bald so aussehen wie das letzte Forschungsförderprogramm zur Optimierung des Faxgeräts vor der Einführung des Smartphones. Die Liebhaber handgesteuerter Benzinautos können sich derweil auf eine Welt einrichten, in denen ihnen spezielle Gebiete für dieses skurrile Freizeitvergnügen eingeräumt werden. CHRISTIAN SCHWÄGERL