

Erbarnten mit den Robotern

Verkehr Wie kommen selbstfahrende Autos mit Radfahrern und Fußgängern zurecht? Forscher in den Niederlanden fanden den idealen Ort für einen Härtetest: die wuselige Altstadt von Delft.

Gut möglich, dass durch die amerikanische Millionenstadt Phoenix bald Robotertaxis rollen. Die Firma Waymo, eine Konzernschwester von Google, will in wenigen Monaten mit der Generalprobe beginnen. Dann sitzen erstmals Passagiere allein in unbemannten Autos.

Ein technischer Triumph, keine Frage – aber vergleichsweise leicht errungen. Denn auf den breiten, pfeilgeraden Straßen der Wüstenmetropole in Arizona können die selbstfahrenden Maschinen in der Regel dahinsausen fast wie auf Schienen. Kaum ein Fußgänger, kaum ein Radfahrer stört den Verkehr.

Aus gutem Grund erprobt Waymo die Technik im Großraum Phoenix – und nicht etwa in den Gassen von Delft. Dort bietet sich das typisch kleinteilige Bild niederländischer Ortskerne: Kanäle, Brücken, enge Sträßchen. Passanten laufen kreuz und quer, Radler schlängeln sich durchs Gewühl. Die stolze Roboterflotte käme hier nicht weit; binnen Kurzem würden die Autos aus Amerika ratlos liegen bleiben.

Für Dariu Gavrilă dagegen ist Delft genau der richtige Ort. „Hier stellen sich die härtesten Probleme des autonomen Fahrens“, sagt der Computerspezialist. Er leitet die neue Forschungsgruppe „Intelligent Vehicles“ an der hiesigen Technischen Universität. Gavrilă Ziel: Ein selbstfahrendes Auto, das im Durcheinander von Delft bestehen kann – es hätte dann auch andernorts wenig zu befürchten (außer vielleicht in Rom oder Palermo).

Als Erstes müsse ein stadtgängiges Auto verstehen, was die Leute im Umkreis gerade beabsichtigen, sagt Gavrilă. Will die Frau vorne rechts wirklich über die Straße? Biegt der Radfahrer gleich links ab, oder weicht er nur einer Holperstelle aus?

Der Computer sollte möglichst das Verhalten aller Akteure ein wenig vorausberechnen. Dann kann er seine Fahrweise beizeiten anpassen. Im Idealfall bremsst der Autopilot weder unnötig früh noch verspätet und abrupt. Viel steht auf dem Spiel. „Immerhin werden erstmals massenhaft Roboter auf die Menschen losgelassen“, sagt Gavrilă. „Da müssen sie schon sozial verträglich agieren.“

Ob das Wagnis gelingt, ist nicht gesagt. Im Stadtverkehr werden fahrerlose Autos wohl nur akzeptiert, wenn sie nicht mit Begriffsstutzigkeit nerven – etwa indem sie schreckhaft vor jedem Passanten stoppen, der sich der Bordsteinkante nähert.

Um die Sicherheit macht sich der Forscher weniger Sorgen. Schon heutige Assis-

tenzsysteme, sagt er, reagierten recht verlässlich, wenn ihnen jemand vor die Motorhaube gerät. Gavrilă selbst war früh an ihrer Entwicklung beteiligt; fast zwei Jahrzehnte lang arbeitete er bei Daimler in Ulm, bevor er nach Delft ging.

Bislang erkennt der Steuercomputer aber nur recht pauschal, was ihm da gerade in die Quere kommt: Fußgänger, Radfahrer, Autos. Künftig soll er auch noch herausfinden, wie sich die erkannten Objekte verhalten. Bei einer Passantin an der Gehwegkante etwa kann die Blickrichtung ein wichtiges Indiz sein. Dreht sie den Kopf zum nahenden Auto? Dann hat sie es gesehen und wird wohl warten.

Bei Fußgängern in Bewegung lässt sich so auch ihr Kurs besser vorausberechnen: Bevor sie kehrtmachen, drehen sie meist schon den Kopf, gefolgt vom Rumpf.

Ein Versuchsfahrzeug malt mit einem Laserstrahl einen Zebrastrifen auf die Straße.

Selbst die Neigung der Körperachse kann etwas verraten: Wer leicht nach rückwärts zu kippen scheint, ist wohl im Begriff anzuhalten. Der Radfahrer, der sich nach links neigt, wird gleich eine Kurve fahren.

So kann das autonome Auto ein wenig in die Zukunft spähen, „eine Sekunde, vielleicht zwei“, sagt Gavrilă – weit genug hoffentlich, um halbwegs vorausschauend zu fahren.

Wenn es nach dem Forscher geht, nimmt das Roboterfahrzeug eines Tages auch wahr, wie die Leute ihre Arme und Beine bewegen. Dann könnte es einfache Gesten lernen: Winkt mich die Frau vorbei? Fordert mich der Polizist auf anzuhalten?

Menschen im Verkehr haben es viel leichter. Die Absichten von ihresgleichen erfassen sie zumeist mühelos. Kann eine Maschine ohne Verstand da auch nur annähernd mithalten?

Der Münchner Philosoph Julian Nida-Rümelin ist skeptisch. „Denken Sie an den Rennradfahrer“, sagt er, „der vorm Linksabbiegen nicht den Arm hebt, sondern nur lässig, mit der Hand am Lenker, die Finger abspreizt. Die Sensorik möchte ich sehen, die das richtig deutet.“

Vor allem aber funktioniert der Stadtverkehr nur durch beständigen Austausch

von Signalen. „Die Leute teilen einander ihre Absichten mit, informell und schnell“, sagt der Philosoph. Auf dem Weg ins Büro muss er mit dem Auto an einer Engstelle vorbei, wo er auf das Erbarnten des Querverkehrs angewiesen ist. „Man nickt einander zu, und schon ist klar, wer wem den Vortritt lässt“, sagt Nida-Rümelin. „Ohne einen Fahrer, der solche Signale versteht, kann der Wagen da lange warten.“

Obendrein wird das Roboterauto der Zukunft lernen müssen, sich selbst verständlich zu machen. Wie sonst sollen Fußgänger wissen, ob das heranrollende Gefährt sie bemerkt hat und zu bremsen gedenkt?

Etliche Forscher haben das Problem schon erkannt. Ein Versuchsfahrzeug von Daimler malt mit einem Laserstrahl einen Zebrastrifen vor sich auf die Straße, um Passanten zum Überqueren einzuladen. Konkurrent Ford experimentiert mit blinkenden Lichtbändern in der Frontscheibe. Andere setzen auf stilisierte Augen aus LED-Lämpchen, Signaltöne oder gar gesprochene Durchsagen.

Auf Dauer kann es freilich keine Lösung sein, dass jedes Geisterauto seinen eigenen Zirkus von Leucht- und Klangeffekten veranstaltet. Ein gemeinsames Repertoire von Signalen, die jeder versteht, muss erst noch gefunden werden.

Manchmal genügt es aber wohl auch, einfach zu handeln. In einem beliebten Gedankenspiel steuern vier Roboterautos gleichzeitig auf eine Kreuzung zu, an der rechts vor links gilt – und alle bleiben auf immer stehen, weil keines imstande ist, sich die Vorfahrt einfach zu nehmen. Der Delfter Verkehrsforscher Gavrilă sieht darin aber kein großes Problem: „Ein Wagen könnte langsam losfahren und beobachten, wie die anderen reagieren.“ Die gleiche Taktik hilft womöglich auch in belebten Innenstadtstraßen: Wo andauernd Fußgänger kreuzen, schiebt sich das Auto dann eben vorsichtig durch das Gewusel.

Ohne eine gewisse Fähigkeit zur Selbstbehauptung wird es ohnehin nicht gehen. Wehrlose Roboter wären allzu leichte Opfer. Kinder könnten sich einen Spaß daraus machen, in den Straßen die autonomen Autos aufzustauen wie Bachläufe. Fußgänger könnten vor den fahrerlosen Gefährten jederzeit bei Rot die Kreuzung queren.

Kleinere Verstöße, meint Gavrilă, könnte der Steuercomputer direkt der Polizei melden. Seine zahlreichen Sensoren und Kameras haben den Vorfall ja in der Regel gleich beweiskräftig dokumentiert.



MICHAEL KOOREN / DER SPIEGEL

Testfahrzeug in Delft

Wie selbstfahrende Autos menschliche Absichten errechnen

... aktuell

... in der Zukunft



Vorhersage
0,5 Sekunden

1. Hindernis

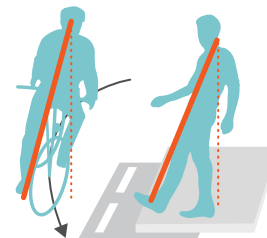
Heutige Assistenzsysteme nehmen Objekte auf der Fahrbahn und deren Bewegung wahr, ohne genauer zu wissen, was vor sich geht.

Quelle: TU Delft



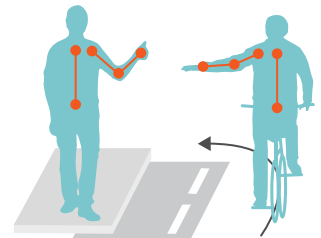
2. Blickrichtung

Der Steuercomputer erkennt die Ausrichtung des Kopfes. Blickt der Passant zum Auto, hat er es gesehen und wird vermutlich warten.



3. Körperhaltung

Auch die Neigung der Körperachse deutet an, was die Person als Nächstes tun könnte. Voraussagen von bis zu zwei Sekunden werden möglich.



4. Gelenksimulation

Wenn der Computer Arme und Beine korrekt ortet, kann er auch einfache Gesten anderer Verkehrsteilnehmer erkennen.

DER SPIEGEL

Die Alternative wäre auch nicht gemächlich: separate Fahrbahnen, abgeschirmt gegen Störungen und bösen Willen. „Wollen wir unsere Städte wirklich derart verunmenschlichen?“, fragt sich Nida-Rümelin. Er plädiert für eine gemäßigte Automatisierung nur auf Autobahnen und anderen Fernstraßen – und in den Innenstädten steuert weiterhin der Mensch: „Damit täten wir uns erheblich leichter.“

Verkehrsforscher Gavrila ist dagegen zuversichtlich. Die Technik müsse ja nicht gleich perfekt sein, sagt er, nur gut genug: „Wenn das Auto mal überfordert ist, hält es eben am Straßenrand an. Danach könnte eine zentrale Leitstelle vorübergehend das Steuer übernehmen.“

Bei einer Probefahrt durch Delft kommt es natürlich gleich zu einer solchen Situation. Gavrilas Testfahrzeug ortet unter-

wegs zwar tadellos alle Fußgänger und Radfahrer, aber an waghalsig geparkten Lieferwagen käme es ohne Beistand noch nicht vorbei. Auch jener Bauarbeiter, der vor einer gesperrten Spur gestikuliert, wäre ein Fall für die künftige Leitstelle.

Wann wird der Computer auch nur den normalen Innenstadtverkehr allein bewältigen? Nicht vor 2030, glaubt Gavrila.

Den Entwicklern von Waymo geht das zu langsam. Sie testen ihre Autos deshalb vermehrt in Computersimulationen. Die Firma hat dafür eigens eine künstliche Verkehrswelt namens Carcraft geschaffen. Dort sind stets um die 25 000 virtuelle Fahrzeuge unterwegs. Täglich legen sie rund 13 Millionen Kilometer zurück. Oft fahren die Computerpiloten denselben Streckenabschnitt viele Tausend Male ab – jeweils in leichter Abwandlung. Die Entwickler können dann an der Steue-

rung spielen, bis es passt. Oder das Auto lernt gleich selbst, wie es am besten durch einen zweispurigen Kreisverkehr kommt.

Ähnliche Methoden des Maschinenlernens will auch Gavrila in Delft erproben. Vor allem aber setzt er darauf, dass die Autos im Realbetrieb ihre Städte künftig selbst erforschen. „Während der Fahrt zeichnen ihre Sensoren und Kameras ja zentimetergenau auf, was sie wahrnehmen“, sagt er. Diese Daten könnte man sammeln und zusammenführen. Es entstünden Bewegungsprofile für jede Kreuzung, gewonnen aus Abertausenden Aufzeichnungen: Welche Pfade nehmen hier die Radfahrer? Wo ist mit riskantem Fußgängerverhalten zu rechnen?

Die autonomen Autos lernen dann voneinander. „Aus Sicht des Datenschutzes“, sagt Gavrila, „wirft das natürlich viele Fragen auf.“

Manfred Dworschak