

$\Re(z^n) = \dots$ $\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$ $\sinh x = \dots$

$f(x_{n-1}) \Delta x$ $x \in (-\infty, -2)$ $(e^x)' = e^x$ $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x} = 1$ $f(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2})$

$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos A$ $y = \sin x$ $\begin{pmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1 c_1 + b_1 c_2 \\ a_2 c_1 + b_2 c_2 \end{pmatrix}$ $\int x^n dx = \frac{x^{n+1}}{n+1} + C$

$\frac{1}{2^n} = 2$ $e^x = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{x^n}{n!}$ $\cosh(x) = \frac{e^x + e^{-x}}{2}$ $i = \sqrt{-1}$ $e^{ix} = \cos x + i \sin x$ $\log(x)$ $\sin x$ $\cos A = \cos B \cos C + \sin B \sin C \cos d$

$\sin x = \text{Im}\{e^{ix}\}$ $A_n^k = \frac{n!}{(n-k)!}$ $a \perp m, a^{y(m)} \equiv 1 \pmod{m}$ $\log(ab) = \log a + \log b$ $S = \dots$ $V = \dots$

$X = 1$ $\log_a^p x = \frac{1}{p} \log_a x$ $h = D \cdot \text{tg } \alpha$ $S = \frac{1}{2} ab \sin d$ $y = x^2$

$x! = 1 \cdot 2 \cdot \dots \cdot x$ $\lim_{n \rightarrow \infty} (1 + \frac{1}{n})^n = e$ $\cos 2\alpha = 2 \cos \alpha - 1$ $e^x \cos x = \dots$

$\text{tg } \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$ $\sqrt[n]{x_1 x_2 \dots x_n} \leq \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$ $\sum_{n=0}^k \frac{f^{(n)}(a)}{n!} (x-a)^n$

$\cos(x+y) = \cos x \cos y - \sin x \sin y$ $\text{tg } \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$ $(e^x)' = e^x$ $\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$ $\cos 60 = 0,5$

$(x^n)' = nx^{n-1}$ $(\sqrt{x})' = \frac{1}{2\sqrt{x}}$ $(\ln x)' = \frac{1}{x}$ $(\sin x)' = \cos x$ $(f(x))' = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta f}{\Delta x}$

$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x} = 1$ $\sin 90 = 1$ $e = 2,71$ $S = \frac{1}{2} ah$ $\sqrt{5} = \dots$

$\log_a(xy) = \log_a x + \log_a y$ \sqrt{x} $\lim_{x \rightarrow 2} \frac{x^2 + 3x}{x - 2}$ $a^2 + b^2 = c^2$

$\sqrt{2} = 1,41$ Σ $\sin A = \frac{a}{c}$ $\frac{1}{\varphi} = \varphi - 1$ $\varphi^2 = 1 + \varphi$

$S_k^{34} = \sum_{i=1}^k a_i$ ∞ $y = e^x$

Der Zahlendreher

Dr. Paolo Mercorelli ist Ingenieur und Wissenschaftler an der Leuphana. Mithilfe mathematischer Formeln macht er aus Science-Fiction Realität

Von Julia Drewes

Eins plus Eins ergibt Zwei, richtig? „Logisch!“, sagen die einen. „Kommt drauf an“, entgegnen die anderen. Dr. Paolo Mercorelli, Professor für Regelungs- und Antriebstechnik an der Leuphana Universität Lüneburg, gehört auf die Seite der anderen. Seit Jahren erforscht und entwickelt er intelligente Systeme, die in Fertigungsprozessen und Mobilität zum Einsatz kommen und damit den Alltag vereinfachen. Im Umgang mit Zahlen und Formeln ist er routiniert. Und darin, sie neu zu denken.

Autonome Fahrassistenten, intelligente Materie – was nach Stoff klingt, aus dem Science-Fiction gemacht ist, gehört für den gebürtigen Italiener längst zum Tagesgeschäft. Gemeinsam mit seinem Team des Mercorelli Control and Drive Systems Lab am Institut für Produkt und Prozessinnovation der Leuphana haucht er Leblosem Leben ein. Wie das funktioniert? Mit komplexer Mathematik: Algorithmen,

Schon als Kind habe ich mich gefragt – und ich frage es mich bis heute – wie hat Gott sich seine Welt vorgestellt: als Museum oder als Baustelle?

PAOLO MERCORELLI, PROFESSOR
LEUPHANA UNIVERSITÄT LÜNEBURG

lösungsorientierten Vorberechnungen, die schließlich sämtliche Vorgänge steuern. Getestet werden die Algorithmen beispielsweise in dem mobilen Uni-Robotersystem „Robotino“, das Mercorelli in Kooperation mit seinem Leuphana-Kollegen Anthimos Georgiadis, Professor für Prozessmesstechnik und intelligente Systeme, entwickelt hat. „Unsere digitalen Systeme funktionieren teilweise auch autodidaktisch“, so der Ingenieur. „Mathematisch ermöglichen wir das, indem wir eine Variable nicht als scharfen Wert definieren. Stattdessen besteht sie aus mehreren einzelnen Größen, Eins plus Eins ist dann eben nicht mehr Zwei.“

1998 hatte es Paolo Mercorelli nach Studium und Promotion in Florenz, Bologna und Kalifornien nach Deutschland verschlagen. Über Stationen u. a. in Heidelberg und Wolfsburg kam er in die Hansestadt, wo er 2012 zum Professor für Regelungs- und Antriebstechnik an die Leuphana Universität berufen wurde. Und jetzt? Seit längerem liegt sein Fokus auf dem Thema Elektromobilität. „Dieser Begriff ist etwas unscharf, denn darunter lassen sich viele weitere Bereiche gliedern, wie eben Fahrzeuge, die mit einem Energiespeicher unterwegs sind. Ich für meinen Teil beschäftige mich mit der Regelung elektrischer Antriebe – intelligenter Algorithmen.“ Zusammen mit zwei Doktoranden, Benedikt Haus von der Leuphana und Tanja Zwirger von der MTU Friedrichshafen, arbeitet er aktuell an Hybriden, die eine Kombination aus traditionellen (Benzin- und Dieselmotor) und elektrischen Antrieben darstellen.

Insgesamt fünf Doktoranden und zwei Doktorandidaten, ein Labor-Ingenieur, ein Ingenieur als wissenschaftlicher Mitarbeiter sowie je ein Bachelor- und ein Masterstudent gehören zum Stamm des Mercorelli ▶

Labs in Volgershall. Hier gehen die Frauen und Männer ihren individuellen Forschungsschwerpunkten und Fragestellungen nach, führen Messungen oder Computersimulationen durch, studieren Literatur und diskutieren. Mercorelli betreut sie dabei. „Forschen bedeutet für mich auch immer Dialog“, sagt er. „Seine Doktoranden zu motivieren ist die zentrale Aufgabe eines Professors.“

Gemeinsam mit Doktor-Kandidat und VW-Ingenieur Philip Hüger entwickelte er so einen Rangierassistenten für Anhänger, der in der Lage ist, das Fahrzeug selbstständig in die Parklücke zu manövrieren.

„Alles, was der Autofahrer noch machen muss, ist Gas und Bremse zu betätigen“, erläutert der Ingenieur das Prinzip. „Unser System wird inzwischen von unterschiedlichen Autoherstellern verbaut.“

Der sogenannte Kalman-Filter, ein mathematisches Verfahren, ist eines seiner wichtigsten theoretischen Werkzeuge. Damit lassen sich Größen abgeschätzt, die durch herkömmliche Messverfahren nicht mehr zu ermitteln sind. Auch die Einparkhilfe wurde so entwickelt. In Kooperation mit dem Logistiker Jungheinrich entstanden außerdem automatisch fahrende Lagerwagen. Diese sind nicht nur in der Lage, schwere Lasten zu transportieren. Sie erkennen auch Hindernisse. „Damit

sollen Unfälle in Produktionsanlagen vermieden werden.“

Dass sich aus diesen potenziellen Unfällen ein entscheidendes Argument seiner Kritiker ergibt, ist Mercorelli bewusst. Technik kann unseren Alltag erleichtern, unsere Sinne und Fähigkeiten auf ein neues Level anheben. Doch mit den Chancen kommen auch Risiken. „Ingenieure glauben an die Kooperation zwischen Mensch und Maschine“, sagt der Wissenschaftler. „Wir wissen, dass der technologische Fortschritt unter anderem in der Medizin eine wichtige



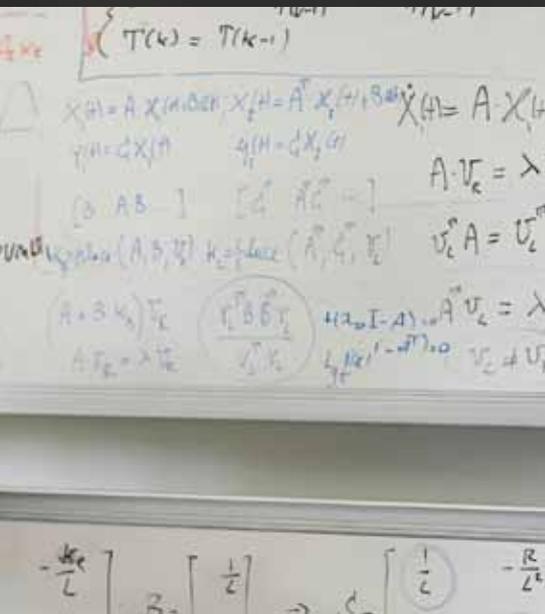
Rolle spielt, z. B. in puncto Sicherheit, Präzision in der Diagnostik, bei Operationen usw.“ Im Straßenverkehr ergebe sich ein etwas anderer Sachverhalt. Wenn die Technik versagt, bekomme die Frage nach Verantwortung und Schuld eine neue Qualität. „Wer ist bei einem Schaden heranzuziehen, der Halter oder der Hersteller? Dann steht man nicht nur vor einem technischen, sondern auch vor einem ethischen Problem.“ Solche Probleme seien komplex, aber lösbar, meint der Experte. „Wenn die Bereitschaft zur Forschung stärker wäre. Neue Technologie ist ein ökonomisches Thema, ein





„Ingenieure glauben an die Kooperation zwischen Mensch und Maschine.“

PAOLO MERCORELLI, PROFESSOR
LEUPHANA UNIVERSITÄT LÜNEBURG



ökologisches und soziologisches zugleich. Die Menschen sind sich heute über die Grenzen der fossilen Ressourcen im Klaren und umweltbewusster als noch vor einigen Jahren. Aber die Politik hängt da noch hinterher.“ Gesellschaftliche Vorbehalte gegenüber neuen Technologien bzw. künstlicher Intelligenz im Speziellen könnten weiter abgebaut werden, so Mercorelli, wenn die Politik für die Herausforderungen unserer Zeit sensibler werde, mehr Fördermittel für Kooperationsprojekte mit Unternehmen ausschütten würde. „Forschung kostet eben Geld.“

Woher kommt dann der eigene Antrieb? „Ich denke, dass der wahre Treiber aller Wissenschaftler unsere Neugier ist, der Wunsch, etwas Neues zu entdecken“, so Mercorelli und schlägt eine Brücke zwischen Wissenschaft und Glauben. „Darin steckt auch ein Stück biblischer Sünde.“ Unser Wissensdurst, so deutet er, leitet sich von der dem Menschen angeborenen Tendenz ab, über die Natur und ihre Phänomene herrschen zu wollen. „Schon als Kind habe ich mich gefragt – und ich frage es mich bis heute – wie hat Gott sich seine Welt vorgestellt, als Museum oder als Baustelle? Vielleicht finden wir in der Bibel eine Antwort. Denken wir an das erste Buch Mose, die Genesis, das, womit alles begann. Dort heißt es ‚Und Gott sprach: Lasst uns Menschen machen, ein Bild, das uns gleich sei, die da herrschen über die Fische im Meer und über die Vögel unter dem Himmel und über das Vieh und über die ganze Erde und über alles Gewürm, das auf Erden kriecht.‘ Erlauben Sie mir eine naive Anmerkung, so, als wäre ich noch ein Kind: Gott lässt uns hier eine Option, oder? Er gibt jedem von uns die Chance, neues Leben entstehen zu lassen. Warum nicht auch durch die Forschung? ■

