

Logische Verfahren helfen dabei, komplexe mathematische Probleme auf dem Computer zu knacken. Damit macht die Logik die Rechner klüger und schneller. Sie kann sogar die Kommunikation zwischen Mensch und Maschine auf ein ganz neues Niveau heben. Christoph Weidenbach vom Max-Planck-Institut für Informatik entwickelt seit dreißig Jahren solche vielversprechenden logischen Verfahren, die er auch am eigenen Rennwagen testet.

TEXT: TIM SCHRÖDER

Christoph Weidenbach mag schnelle Gefährte. Er hat einen Opel Speedster – einen gut 900 Kilogramm leichten Roadster. Weidenbach öffnet das Garagentor. Blitzsauber ist es in dem Raum. Drinnen steht der Flitzer, glänzend bis auf ein paar Insektenreste an der Front. Und gelb-schwarz lackiert – „wie die Biene Maja“, sagt Weidenbach lächelnd. Der Wissenschaftler wohnt in einem kleinen Weinort südlich von Mainz. Wenn er seinen Speedster richtig ausfahren will, dann kurvt er durch die Weinberge bis zur nahe gelegenen Autobahnauffahrt und von dort noch etwa anderthalb Stunden an Koblenz vorbei hoch in die Eifel zum Nürburgring.

Die Nordschleife des Nürburgrings, die sich auf 20 Kilometern über die Hügel und durch den Wald schlängelt, gilt als anspruchsvollste Rennstrecke der Welt. Alle Automobilhersteller testen hier ihre Sportwagen. Auch Privatleute dürfen mit ihren Autos über den Asphalt brettern. „Die Nordschleife ist wie Achterbahnfahren“, sagt Christoph Weidenbach. „Nur dass man selbst lenkt. Dieses Jahr werde ich zum ersten Mal meine vierjährige Tochter auf die Nordschleife mitnehmen.“ Zusammen mit seinem Bruder hat Weidenbach den Speedster vor einigen Jahren getunt, das komplette Auto inklusive Motor zerlegt und neu auf-

gebaut. Er hat einen Kompressor hinzugefügt, der die Luft für die Verbrennung mit Druck in die Brennkammer jagt. Vorher war ihm der Wagen zu langsam. Jetzt hat er fast 300 PS, doppelt so viel wie das Serienmodell. Sein Vater hatte ein Autohaus – ebenfalls Opel. Kein Wunder, dass Christoph Weidenbach schon mit zwölf Jahren Auto fahren konnte.

Kfz-Mechaniker ist er zwar nicht geworden, trotzdem hat seine Forschung über die Jahre immer wieder etwas mit dem Auto zu tun gehabt. Der Wissenschaftler arbeitet am Max-Planck-Institut für Informatik in Saarbrücken. Er leitet die unabhängige Forschungsgruppe „Automation of Logic“. Deren Ziel ist es, komplexe Sachverhalte logisch zu beschreiben, um sie zu automatisieren, um Computer in die Lage zu versetzen, die damit verbundenen Probleme von allein zu lösen. Das erinnert ein wenig an Computer, die Schach spielen können. Nur ist Christoph Weidenbachs Ansatz deutlich komplizierter.

Im Allgemeinen sind die Probleme, für die er mit seinem Team Verfahren entwickelt, „beweisbar nicht lösbar“. Das heißt, dass diese Probleme beliebig schwierig sind und jenseits dessen, was ein Computer berechnen kann. Gerade deshalb ist es wichtig, die neuen Verfahren auf realen Anwendungen zu testen, von denen man weiß, dass sie sich prinzipiell lösen lassen. So fahren Weidenbachs Forschungsergebnisse quasi in seinem Speedster mit: Er hat das Motorsteuergerät des Wagens logisch modelliert. Solche Steuergeräte regeln, wie viel Luft in den Motor gelangt oder wie viel Benzin eingespritzt wird. Herkömmliche Steuergeräte tun einfach das, was man ihnen einprogrammiert hat. Christoph Weidenbachs Version kann dank der Logik selbst überprüfen, was sie gerade tut, in Bruchteilen von Sekunden auswerten, ob das gut

—>

# BESUCH BEI

---

CHRISTOPH WEIDENBACH

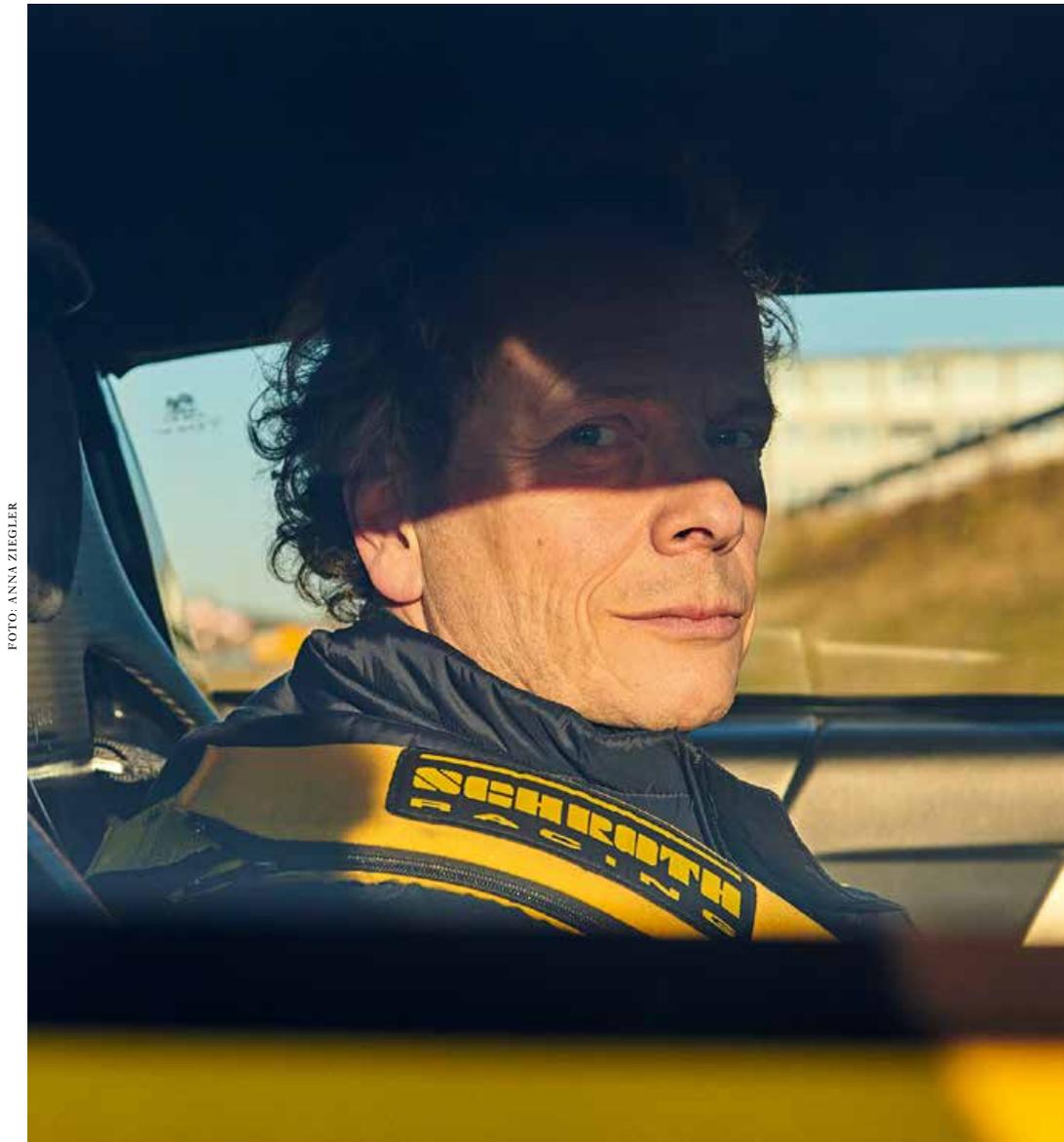


FOTO: ANNA ZIEGLER

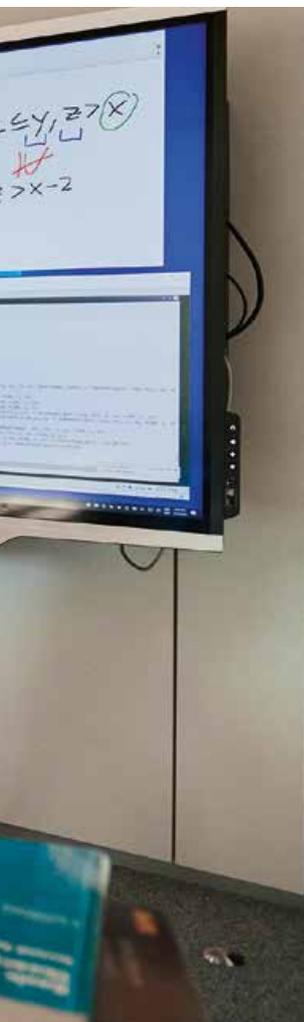
47

Fokussiert im Cockpit: Christoph Weidenbach und sein Team entwickeln Verfahren für Logikprogramme, die dann komplexe technische Systeme sicherer, effizienter und sich selbst erklärend steuern – etwa den Motor eines Opel Speedster.



FOTOS: ANNA ZIEGLER





Ideenschmiede:  
Christoph Weidenbach  
und sein Kollege Martin  
Bromberger denken  
darüber nach, wie sie  
ihre Methoden anhand  
der Modellierung eines  
Motorsteuergeräts  
erweitern können. Die  
Daten dieses Geräts liest  
Weidenbach in seinem  
Auto per Laptop aus.

und sinnvoll ist, und sie kann, mehr noch, bei Bedarf sogar erklären, was sie macht. Bekanntlich sind Computer zunächst einmal dumm. Sie rechnen stumpf vor sich hin, indem die Transistoren in ihrem Innern an- und ausgeschaltet werden. Damit können sie zum Beispiel addieren oder subtrahieren. Logische Schlüsse sind anspruchsvoller. Das zeigt schon eine einfache logische Kette wie „Alle Menschen sind sterblich“ – „Sokrates ist ein Mensch“ – „Also ist auch Sokrates sterblich“. Derartige logische Wenn-dann-Beziehungen, also Regeln, sind eine Grundlage für jede Software und alles, was ein Rechner berechnen kann.

Das gilt etwa für den Airbag. Beim Airbag ist die Steuerung permanent damit beschäftigt zu überprüfen, ob sie auslösen muss oder nicht. Sie analysiert Parameter wie die Beschleunigung und muss

extrem schnell entscheiden, ob es tatsächlich einen Unfall gegeben hat. Würde sie im falschen Moment auslösen, könnte sie einen Verkehrsunfall verursachen, wenn der Airbag dem Fahrer unvermittelt ins Gesicht schlägt. Bei der Entwicklung von Airbag-Software wird daher logisch-mathematisch getestet, ob die Software später im Auto stets korrekt arbeiten wird. Mit Weidenbachs Ansatz kann die Korrektheit bewiesen werden. Die Herausforderung für Logikprogramme besteht einfach darin, ungeheuer große Datenmengen in Sekundenbruchteilen verarbeiten zu müssen. Noch stoßen sie an ihre Grenzen. Der Max-Planck-Forscher ist da schon weiter. Für seinen Speedster setzt er logische Verfahren ein, die noch jung und nicht in der Industrie angekommen sind.

Christoph Weidenbach hat nach seiner Habilitation Anfang der 2000er-Jahre einige Zeit für den Autohersteller GM gearbeitet. Mit Logik hatte er damals wenig zu tun. Als Manager hatte er unter anderem die Aufgabe, das Ressourcenplanungssystem SAP in Europa mit einzuführen. „Allerdings hatte ich damals vertraglich vereinbart, vierzehn Tage im Jahr am Max-Planck-Institut weiterarbeiten zu dürfen. So etwas gibt es sonst eigentlich nicht“, sagt er. So blieb er über die Jahre mit der Forschung in Berührung. Im Jahr 2005 kehrte Weidenbach schließlich ans Institut zurück, weil er das klare rationale Arbeiten vermisst hatte. Von daher kennt er beide Seiten sehr gut – die Informatik mit ihrer Logik und den Bedarf der Industrie.

Eine weitere Anwendung der von Weidenbach entwickelten Verfahren ist das Management von Produktbaukästen der Automobilhersteller. Dabei handelt es sich um komplexe Listen, die sämtliche Teile enthalten, die in den verschiedenen Automodellen verbaut sind – von der Schraube bis zur Windschutzscheibe. Ideal ist es für einen Hersteller, wenn er für neue Fahrzeugtypen Teile wiederverwenden kann. Nur lässt sich das nicht immer ohne Weiteres feststellen. Schwierig ist etwa die Frage, ob es gelingt, ein neues Auto zu bauen, das bestimmte Eigenschaften erfüllt – beispielsweise ein neues Modell, das eine Höchstgeschwindigkeit

—>

von 200 Kilometern pro Stunde erreicht und nur vier Liter Kraftstoff auf 100 Kilometer benötigt. Dem Computer reicht es nicht, mit einem Plan gefüttert zu werden wie: „Für das neue Modell X wird Motor Z verwendet.“ Er braucht Regeln wie: „Motor Z passt in jedes Auto, dessen Motorraum ein Volumen von 1,10 Meter Breite und 0,6 Meter Tiefe hat.“

Führende Autohersteller nutzen solche Modellierungen bereits. Noch aber hakt es, weil es ungeheuer viele Varianten gibt. Ein konkretes Auto könnte ein Coupé oder ein Cabriolet sein, es könnte mit zehn verschiedenen Motoren, fünf verschiedenen Getrieben und mit diversen Rädern ausgestattet werden. Manche Fahrzeuge haben eine Anhängerkupplung, andere eine große HiFi-Anlage. Insgesamt ergeben sich Milliarden verschiedener Kombinationen. Eine einfache Aufzählung aller Varianten

träger kombinierbar“ nicht in wenigen logischen Schritten mit dem Ausgangsproblem „nur vier Liter auf 100 Kilometer“ in Verbindung gebracht werden kann, wird sie gelöscht. „Doch auch mit solchen Verfahren lässt sich nur etwa ein Drittel der Einsichten eliminieren“, sagt Weidenbach. Sein Ziel ist es daher, die Mathematik und die Logik so zu kombinieren, dass Regelwerke entstehen, die sich in der Praxis anwenden lassen und in akzeptabler Zeit zu einer Lösung führen – für die Modellierung eines neuen Autos, die den gesamten Baukasten und die technischen Zusammenhänge berücksichtigt, aber auch für ganz andere Fragestellungen.

Christoph Weidenbach und sein Team haben ein Software-Gerüst entwickelt, das Framework „Superlog“, das aufgrund sogenannter Modellannahmen rechnet. Es setzt bestimmte Tatsachen, die es aus

## „Großartig ist, dass Geräte dank der logischen Vorgehensweise auch erklären können, warum sie etwas tun.“

ten funktioniert daher oftmals nicht. Heutige logische Verfahren lösen das Problem, indem sie aus den bekannten Regeln neue Einsichten erlernen. Eine Einsicht könnte sein, dass kein Motor die Verbrauchsvorgabe „nur vier Liter auf 100 Kilometer“ in Kombination mit der großen HiFi-Anlage erfüllt. Das ist bereits eine sinnvolle Information.

Ein weiteres Problem besteht darin, dass auch die Zahl der Einsichten aufgrund der vielen Kombinationsmöglichkeiten noch zu groß ist. So könnte das System etliche nutzlose Aussagen ausspucken wie: „Die Anhängerkupplung ist nicht mit einem Fahrradträger kombinierbar“, was weniger mit dem Ausgangsproblem zu tun hat. Computerprogramme, die heute nach diesem Prinzip des Lernens durch Generierung neuer Einsichten arbeiten, kranken also an der schieren Zahl möglicher Einsichten.

„Man versucht heute, dieses Problem zu lösen, indem man unnötige Einsichten eliminiert“, erklärt Christoph Weidenbach. Wenn etwa die Einsicht „Die Anhängerkupplung ist nicht mit einem Fahrrad-

den Regeln ableitet, als bekannt voraus und rechnet nur dort, wo das logische Modell noch nicht passt. Das ist in etwa so, als würde man von vornherein voraussetzen, dass Sokrates ein Mensch ist. Damit verkürzt sich der rechnerische Aufwand enorm. Datenmassen lassen sich damit effizient in die Regelwerke überführen. Eine Anwendung gibt es bereits: die Software für das Steuergerät in Weidenbachs Speedster, die in Millisekunden eine Reihe von Motorparametern aufnimmt und in Echtzeit modelliert, welche Steuerbefehle gegeben werden sollen. Die Geschwindigkeit dieser logischen Analyse ist konkurrenzlos schnell. „Großartig ist, dass Geräte dank der logischen Vorgehensweise auch erklären können, warum sie etwas tun“, sagt der Wissenschaftler – anders als herkömmliche Steuergeräte, die einfach aufgrund bestimmter Parameter einen Befehl geben.

Solche Geräte könnten die Kommunikation zwischen Mensch und Maschine deutlich erleichtern und sicherer machen. Christoph Weidenbach erinnert an den Absturz der Air-France-Maschine auf dem

—>

FOTO: ANNA ZIEGLER



51

Innovativer Ansatz: Informatik, wie sie Christoph Weidenbach betreibt, beschränkt sich längst nicht auf theoretische Studien. Der Autofan setzt die Ergebnisse seiner Forschungen auch in die Tat um und testet sie im eigenen, 300 PS starken Roadster, den er hin und wieder am Nürburgring ausfährt.

Flug von Brasilien nach Paris am 1. Juni 2009. Weil die Staudrucksensoren für die Geschwindigkeitsmessung der Maschine vereist waren und widersprüchliche Informationen lieferten, schaltete sich mitten über dem Atlantik der Autopilot ab. Die Piloten waren durch das Verhalten der Flugzeugsteuerung verwirrt – das geht aus den Stimmenaufnahmen des Flugschreibers hervor. Der fliegende Pilot zog die Nase der Maschine in der Folge viel zu steil hoch, ohne dass die beiden anderen Männer im Cockpit dies bemerkten. Schließlich riss die Strömung an den Tragflächen ab, weil das Flugzeug zu langsam wurde. Es stürzte ins Meer. Wäre das Steuergerät in Logik modelliert worden, hätte es einfach erklären können, dass der Steuerknüppel des Piloten, der die Nase nach oben zog, Priorität hatte über

anstaltungen auf den Dörfern und in Vereinen, um Geld zu verdienen – und sich ein Motorrad zu kaufen. „Irgendwann wurde mir allerdings klar, dass man davon auf die Dauer nicht leben kann – und vom Jazz schon gar nicht.“ Daher entschied er sich für die Computerwissenschaften und wurde von der damaligen Zentralstelle für die Vergabe von Studienplätzen an die Universität Kaiserslautern geschickt. Was genau ihn schließlich in diese Fachrichtung gebracht hat, das kann er nicht sagen. Vielleicht war es das Einmaleins, das sein Vater ihm eingebimst hatte. Eine große Rolle spielte sein Cousin, der in Bonn Mathematik studiert und ihn als Jugendlichen für logische Beweisverfahren begeistert hatte. Irgendwie sei seine Karriere auch zufällig verlaufen.

## „Ich hielt den Ansatz für falsch und Harald Ganzinger mein Promotionsthema für Quatsch. Das hat er mir knallhart gesagt.“

52

den Steuerknüppel des Piloten, der sie nach unten drücken wollte, um Geschwindigkeit zu gewinnen.

Dass Christoph Weidenbach bei der Modellierung nicht-trivialer technischer Sachverhalte gelandet ist, ist im Grunde ein Zufall. Er arbeitete gerade an seiner Promotion, als sein Betreuer 1991 nach Saarbrücken zu Harald Ganzinger wechselte, damals Direktor am Institut. Ganzinger leitete die Arbeitsgruppe „Logik der Programmierung“. Er befasste sich mit der Idee, das Rechnen in Logik durch sogenannte Ordnungen einzugrenzen und zu vereinfachen. „Ich hielt den Ansatz für falsch und Harald Ganzinger mein Promotionsthema für Quatsch. Das hat er mir knallhart gesagt“, erzählt Christoph Weidenbach. „Am Ende haben wir uns dann aber unsere Theorien gegenseitig genauer angeschaut – und zusammen einige wirklich gute Fachartikel publiziert.“

Als Jugendlicher spielte Weidenbach auf hohem Niveau Saxofon. Mit fünfzehn landete er sogar in der Landesjugendbigband von Rheinland-Pfalz – einer Art Kadenschmiede. „Ich überlegte damals, den Jazz zum Beruf zu machen.“ Mit befreundeten Musikern tingelte er an den Wochenenden zu Tanzver-

Heute hilft Christoph Weidenbach jungen Menschen dabei, sich beruflich zu orientieren und leichter ans Ziel zu gelangen. Er leitet den Beirat des Bundeswettbewerbs Informatik, der junge Talente fördert. Jedes Jahr werden aus mehr als tausend Oberstufenschülerinnen und -schülern nach zwei Wettbewerbsrunden dreißig Kandidaten ausgewählt. Es gibt Einzelgespräche und Gruppenaufgaben. Die Besten erhalten ein Stipendium der Studienstiftung. Für Weidenbach ist es ganz besonders wichtig, die Jugendlichen zu beraten: „Wir kennen die guten Informatikstandorte und die spannenden Inhalte und sehen zu, dass die Jugendlichen in gute Hände kommen – und manchmal hilft es auch, wenn wir ihnen Empfehlungsschreiben mitgeben können.“

Christoph Weidenbach will vermeiden, dass sie ihr Talent vergeuden. „An einer Riesen-Uni geht man unter. Ein duales Studium wird den richtig guten Schülern nicht gerecht. Wir sehen zu, dass unsere Kandidaten in Sachen Studium keinen Unfug machen.“ Der Wissenschaftler sagt, dass er Glück gehabt habe, bei Harald Ganzinger gelandet zu sein. Was seine fachliche Entwicklung angeht, habe ihm das Tore geöffnet. „Jetzt versuche ich, junge Leute in die richtigen Bahnen zu lenken.“

