

# Auf schnellstem Weg durchs Straßennetz

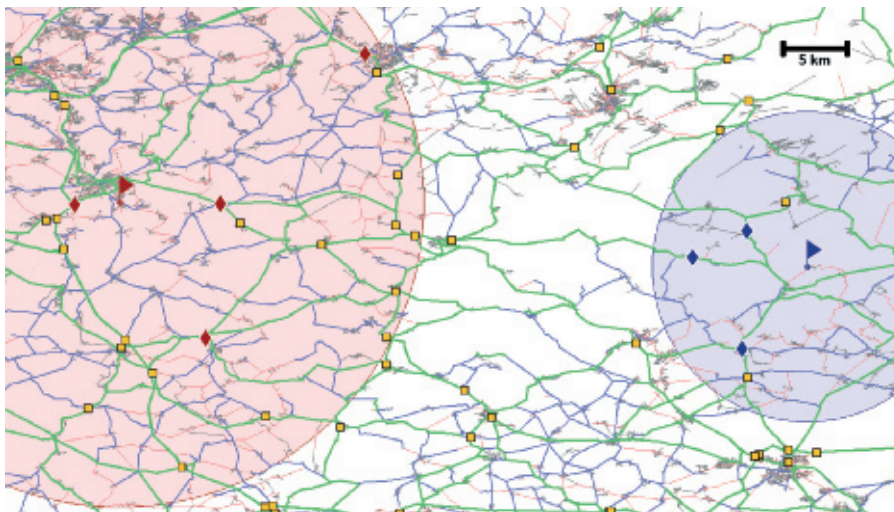
Max-Planck-Forscher beschleunigen Navigationshilfen um das 100-Fache

WER EINE ANSAGE seiner Navigationshilfe verpasst, bringt nicht nur sich selbst in Hektik, sondern auch den Routenplaner: Manchmal minutenlang sucht ein gängiges Navigationsprogramm einen neuen Weg, der die Reisenden auf schnellstem Weg zum Ziel bringt. Doch es geht auch deutlich schneller – mit einer Idee von Wissenschaftlern des Max-Planck-Instituts für Informatik, die Navigationshilfen um das 100-Fache beschleunigt.

Die Max-Planck-Forscher haben dazu gemeinsam mit Kollegen der Universität Karlsruhe relativ wenige Transitknoten ermittelt – markante Punkte, wie etwa eine Autobahnauffahrt oder ein Verteilerkreis, die Fahrer immer wieder passieren, wenn sie weiter entfernte Ziele ansteuern. Etwa 11 000 dieser Punkte gibt es im Straßennetz Westeuropas. Die Navigationshilfe sucht die Transitknoten, die am dichtesten an Start und Ziel einer Reise liegen. Das sind meist weniger als zwei Dutzend. Die Entfernungen zwischen diesen Knoten ermittelt der Routenplaner in wenigen millionstel Sekunden aus Tabellen.

Liegen Start und Ziel dicht beieinander – etwa in Berlin Tiergarten und Berlin Mitte –, reicht das weitmaschige Netz der Knoten nicht. Je nach Distanz arbeitet die Navigationshilfe dann mit 300 000 oder drei Millionen Knoten. „Mit diesem hierarchischen Vorgehen können wir extrem schnell die beste Route zwischen beliebigen Punkten bestimmen“, sagt Hannah Bast, die das neue Navigationssystem am Max-Planck-Institut für Informatik zusammen mit Stefan Funke entwickelt hat.

Bislang tastet sich ein Routenplaner im Straßennetz von Knotenpunkt zu Knotenpunkt, alleine 20 Millionen in Westeuropa. Auf kürzeren Strecken funktioniert das zwar ganz gut, die Planung längerer Reisen dauert auf diese Weise aber viel länger als mit den Transitknoten – obwohl der herkömmliche Routenplaner in der Mitte zwischen weit voneinander entfernten Punkten nur Fernstraßen berücksichtigt.



Derzeit hangelt sich ein Routenplaner von Knotenpunkt zu Knotenpunkt durch das Wirrwarr der Straßen. Künftig könnte er den kürzesten Weg zwischen Start und Ziel (Fähnchen) mithilfe vorberechneter Informationen zu den nächstgelegenen Transitknoten (Rauten) ermitteln.

„Manche kommerziellen Navigationshilfen rechnen zwar schnell, ermitteln aber nicht immer die schnellste Route“, sagt Hannah Bast. Die neue Methode liefert dagegen immer die beste Strecke, was sich besonders für Logistikunternehmen bezahlt macht. Kürzeste Wege

schnell und zuverlässig zu ermitteln, senkt nämlich deren Kosten. Aber auch Routenplaner im Internet könnten die Tausenden von Anfragen, mit denen sie pro Sekunde bestürmt werden, auf diese Weise besser bewältigen. PH

MI 0601-3878-BC-JK

## Manche mögen's heißer

Mit Beschichtungen aus neuen Keramiken könnten Flugzeugturbinen und Motoren künftig bei höheren Temperaturen und sparsamer arbeiten

WENN ES RICHTIG HEISS WIRD, sind Keramiken das Material der Wahl. Beschichtungen aus Keramiken schützen Bauteile von Flugzeugantrieben oder Kraftwerksturbinen vor Hitze. Doch bislang ist auch mit den besten Keramiken bei 1200 Grad Celsius Schluss: Da versagt selbst die widerstandsfähigste Schutzschicht. Doch die Turbinenhersteller wollen mehr, um die Betriebstemperatur weiter zu erhöhen. Denn je größer sie ist, desto effizienter wird der Treibstoff genutzt. Dieser Wunsch könnte bald Wirklichkeit werden.

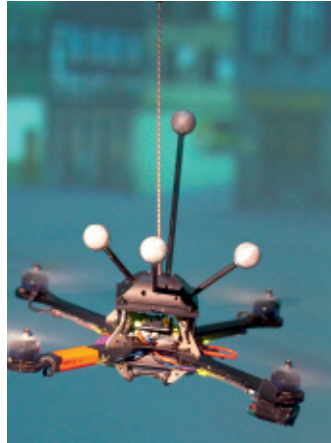
Forscher um Martin Jansen, Direktor am Max-Planck-Institut für Festkörperforschung in Stuttgart, haben einen neuen Typ leichter und sehr stabiler Keramiken entwickelt, die sogar mehr als 1400 Grad trotzen. Für gewöhnlich bestehen Keramiken aus einem sehr regelmäßigen Kristall, in dem die Atome fein säuberlich geordnet ein symmetrisches Gitter aufbauen. Ein solcher Kristall kann unerhört

# Flug am Roboterarm

Mit simulierten Bewegungen lassen sich unbemannte Flugkörper sicherer steuern, weil sie auch den Gleichgewichtssinn des Piloten ansprechen

EINEN UNBEMANNTEN Flugkörper zu fliegen ist un-gefährlich – für den Piloten, aber nicht für den Flugkörper. So sind etwa in Afghanistan mindestens 20 von 60 unbemannten US-Aufklärungsflugzeugen abgestürzt, und dabei wurden sie nicht mal abgeschossen. Mit einer Steuerung, die Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für biologische Kybernetik in Tübingen entwickelt haben, würden die Flugzeuge ohne Cockpit vielleicht noch fliegen. Die Forscher sprechen mit einem Bewegungssimulator nämlich auch das Gleichgewichtsorgan des Piloten an, der das Flugzeug fernsteuert.

Derzeit führt der Pilot den Steuerknüppel fast nur auf Sicht: Ein Bildschirm zeigt ihm den virtuellen Blick aus einem Cockpit. Wie das Flugzeug in der Luft liegt, Turbulenzen oder Windböen fühlt er nicht. Anders im Bewegungssimulator: Auch hier sitzt der Pilot vor einem Bildschirm, schnallt sich aber auf einen Pilotensitz an einem Roboterarm, der dem Koloss von Rhodos als Prothese hätte dienen können. Der Arm wird mit Sensordaten des Flugkörpers zu dessen Lage und Beschleunigung gesteuert. „Anhand dieser Information vollzieht der Bewegungssimulator den Flug so gut wie möglich nach“,



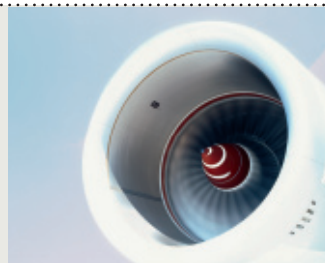
Fliegen ist auch nicht schöner: Heinrich H. Bühlhoff erfährt am Roboterarm fast dieselben Bewegungen wie im Cockpit – so kann er einen unbemannten Quadrocopter steuern.

erklärt Paolo Robuffo Giordano, der die Forschung am Bewegungssimulator leitet. Derzeit untersuchen er und seine Kollegen, wie sich ein unbemannter Miniatur-Flugkörper auf diese Weise fliegen lässt.

„Grundsätzlich wollen wir mit dem Roboterarm untersuchen, wie das Gehirn die Information verschiedener Sinnesorgane, also etwa der Augen, Ohren, des Tast- und Gleichgewichtssinns kombiniert“, erklärt Direktor Heinrich H. Bühlhoff, in dessen Abteilung die Arbeiten stattfinden. Das System könnte aber auch in der Praxis Anwendung finden: unter anderem für die Erdbeobachtung, für die Inspektion von Pipelines, ferngesteuerte Weltraummissionen oder die Pilotenausbildung.

PH | MI 0107-4065-BC-JK

Fotos: MPI für biologische Kybernetik – Martin Breidt / MPI für biologische Kybernetik



stabil sein. Ist die Belastung aber zu hoch, bricht er unversehens. Einer der Gründe: Ausgehend von einem Gitterfehler breitet sich ein Riss entlang der regelmäßigen Gitterebenen rasend schnell durch den ganzen Kristall aus.

In Jansens Keramik sitzen die Atome hingegen in einem bunten Durcheinander – die Keramik ist amorph. Hier gibt es keine Gitterebenen und damit keine Expressroute für die Rissausbreitung. Für seine Keramik verwendet Jansen die Elemente Silicium, Bor, Stickstoff und Kohlenstoff, die untereinander besonders feste chemische Bindungen eingehen. Zudem binden diese Atome mindestens drei Nachbaratome, was das amorphe Netzwerk

Keramik von der Rolle: SiBNC-Keramiken lassen sich zu Fasern verarbeiten. Beschichtungen aus einem verbackenen Gewebe dieser Fasern könnten Flugzeugturbinen hitzebeständiger machen.

besonders stabil macht. Das Forschungsvorhaben wird vom Bundesforschungsministerium und von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert.

Auf der gegenwärtigen Entwicklungsstufe, die auf die Industrialisierung des neuen Werkstoffs abzielt, sind mehrere Industriepartner und weitere Forschungsinstitute wie etwa das Fraunhofer-Institut für Silicatforschung in Würzburg eingebunden. Dort wurde eine Pilotanlage installiert, um die Vorstufe der Keramik in Zentnermengen herzustellen und zu keramischen Fasern zu verarbeiten – ein wichtiger Schritt zum industriellen Einsatz. „Der Werkstoff wird sicherlich ein Erfolg“, sagt Martin Jansen. Dafür spricht nicht zuletzt, dass sich die Keramik zu verschiedenen Produkten verarbeiten lässt – zu Beschichtungen für Flugzeug- und Kraftwerksturbinen sowie Verbrennungskammern ebenso wie zu massiven Bauteilen oder auch zu Keramikfasern für Verbundwerkstoffe.

Tim Schröder | MI 1201-2758-BC-WA

Fotos: Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC / Corbis