

Pressemitteilung

Technische Universität München

Dr. Ulrich Marsch

06.03.2020

<http://idw-online.de/de/news742869>

Forschungsergebnisse
Mathematik
überregional



Wie Drohnen Wände hören

Eine Drohne, vier Mikrofone und ein Lautsprecher: Mehr ist nicht nötig, um die Lage von Wänden und anderen ebenen Flächen innerhalb eines Raums zu erfassen. Das haben Prof. Gregor Kemper von der Technischen Universität München (TUM) und Prof. Mireille Boutin von der Purdue University in Indiana, USA, mathematisch bewiesen.

Können Wände und ebene Fläche mithilfe von Schallwellen erkannt werden? Mathematiker beschäftigen sich mit diesem Problem auf theoretischer Ebene bereits seit längerer Zeit.

„Das Grundscenario ist ein Raum mit flachen Wänden, inklusive Zimmerdecke und Fußboden“, erklärt Prof. Gregor Kemper vom Lehrstuhl für Algorithmische Algebra der TUM. Dabei muss der Raum nicht zwingend eine rechteckige Form haben. Auch die Neigung der Wände kann detektiert werden. In dem Raum befinden sich mehrere Mikrofone sowie ein Lautsprecher.

Lautsprecher und Mikrofone werden auf Drohne platziert

Frühere Arbeiten konnten bereits mathematisch beweisen, dass vier Mikrofone, die im Raum angebracht sind und ein Lautsprecher ausreichen, um die Wände zu lokalisieren und auch ihre Neigung zu berechnen. Dazu müssen die Mikrofone unabhängig voneinander in zufällige Raumpositionen gebracht werden, was einigen Aufwand darstellt und bei einem konkreten Anwendungsfall unter Umständen gar nicht möglich wäre.

Kemper und Boutin gingen daher einen Schritt weiter. Sie platzierten in ihrem theoretischen Ansatz den Lautsprecher und vier Mikrofone auf einer Drohne, so dass diese das Messequipment direkt in den Raum fliegen könnte.

Algorithmus kann Echos einer Wand zuordnen

Das Prinzip bleibt bei dem aktuellen Ansatz der gleiche: Sendet der Lautsprecher einen Schallimpuls aus, werden die Schallwellen von den Wänden zurückgeworfen. Diese direkten Reflexionen des Impulses werden als Echos erster Ordnung bezeichnet. Das größte Problem, das die Wissenschaftler bei der mathematischen Machbarkeitsstudie lösen mussten: „Jedes Mikrofon nimmt sehr viele Echos auf. Wir müssen genau zuordnen können, welche Echos von welcher Wand stammen“, erklärt Kemper.

Die Laufzeit, also die Zeitdifferenz von der Aussendung des Schallimpulses bis zum Empfangen des Echos, kann mithilfe der Mikrofone sehr genau bestimmt werden. Alle Laufzeiten, die einer bestimmten Wand zugeordnet sind, stehen in einer ganz bestimmten Beziehung zueinander. Kemper und Boutin entwickelten einen Algorithmus, der diese Beziehung berücksichtigt und so die einzelnen Echos der richtigen Wand zuordnen kann.

Nachdem die Echos den jeweiligen Wänden zugeordnet wurden, erfolgt die Berechnung der Position und Neigung der Wände durch geometrische Verfahren, die der Standortermittlung mit GPS ähneln.

Der Zufall lässt Geisterwände entstehen

Ein bekanntes Problem dieser Berechnungen: Sie sind nicht immer zutreffend. Denn es kann vorkommen, dass die Echos zufällig die mathematische Beziehung zueinander erfüllen. Dann können sogenannte Geisterwände entstehen.

„An sich wäre zu erwarten, dass die Wahrscheinlichkeit von Geisterwänden bei der Befestigung der Mikrofone auf einer Drohne höher ist“, erklärt Kemper. „Denn im Gegensatz zu den frei im Raum angebrachten Mikrofonen haben sie aufgrund der starren Anbringung auf der Drohne einen geringeren Bewegungsfreiraum. Statt zwölf besitzen sie nur sechs Freiheitsgrade.“

Drohne in idealer Position für Messungen

Die Frage, wie wahrscheinlich Geisterwände bei der Vermessung auftreten, führt zur Kernaussage der wissenschaftlichen Arbeit: Kemper und Boutin haben mathematisch bewiesen, dass die Bewegungsfreiheit der Drohne ausreicht, um sie mit Wahrscheinlichkeit 1, also mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit, in eine Position zu bringen, bei der keine Geisterwände entstehen.

„Die sechs Freiheitsgrade der Drohne sind genug, damit sich die Mikrofone fast sicher in einer optimalen Position für die Messung befinden“, sagt Kemper. Die einzige Bedingung: Die Mikrofone dürfen nicht auf einer Ebene auf der Drohne angeordnet sein.

Erster Schritt für praktische Anwendungen

In einem nächsten Schritt wird das Szenario der Forscher noch realistischer: Sie wollen eine mathematische Lösung finden für den Fall, dass es zu Messfehlern oder Messungenauigkeiten kommt. Auch die Konfiguration des Lautsprechers und der Mikrofone auf einem bodengebundenen Fahrzeug wollen sie prüfen.

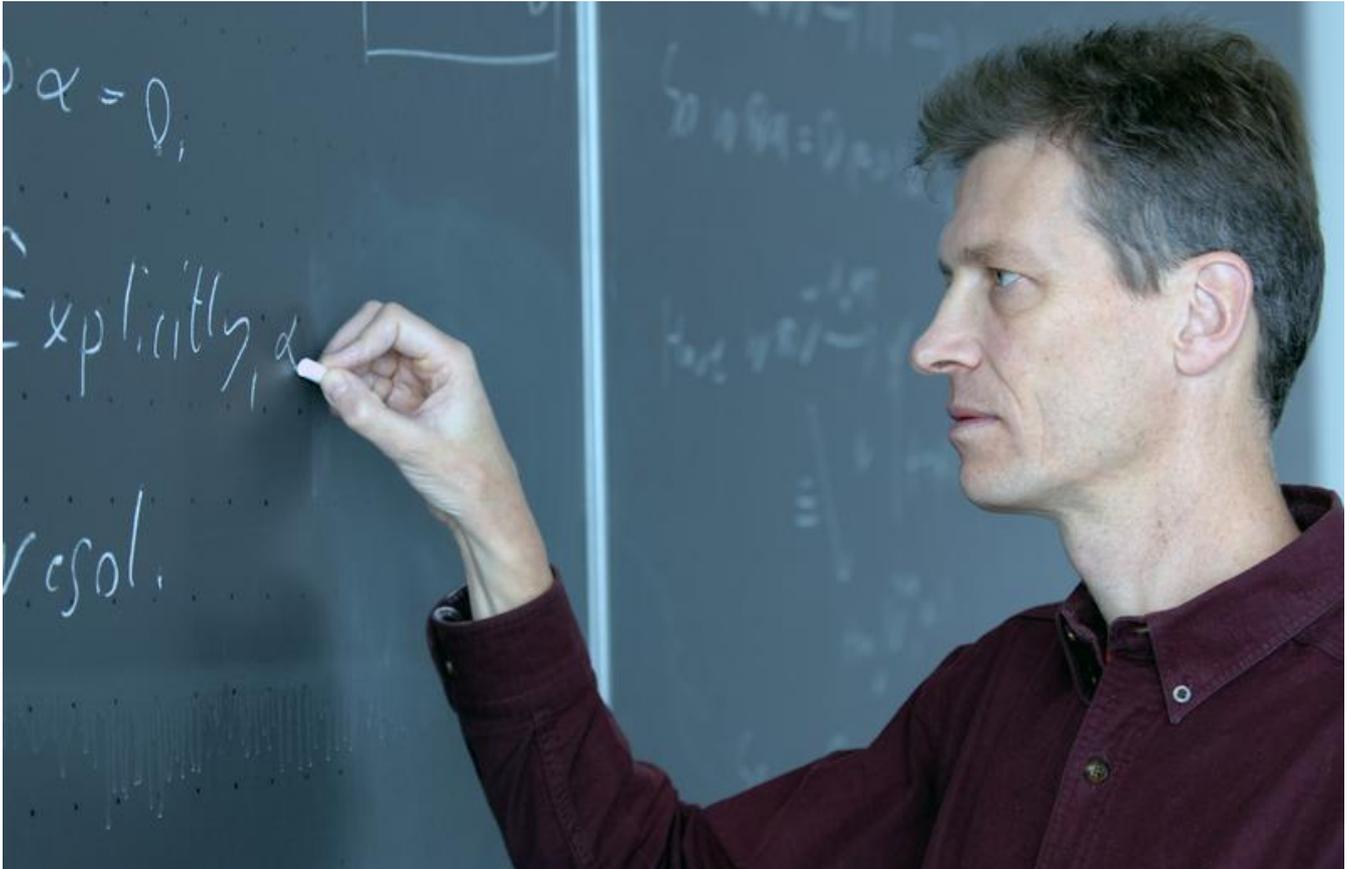
wissenschaftliche Ansprechpartner:

Prof. Dr. Gregor Kemper
Technische Universität München
Lehrstuhl für Algorithmische Algebra
Tel: +49 (0) 89 289 174 54
kemper@tum.de

Originalpublikation:

Mireille Boutin and Gregor Kemper: A Drone Can Hear the Shape of a Room, SIAM J. APPL. ALGEBRA GEOMETRY; Vol. 4, No. 1, pp. 123-140
DOI: 10.1137/19M1248534

URL zur Pressemitteilung: <https://www.youtube.com/watch?v=qHF4mpQ2irc&feature;=youtu.be>



Prof. Gregor Kemper
A. Johann / TUM