

# Der beste aller kurzen Wege

Für eine möglichst kurze und grüne Tourenplanung: Mathematiker der Uni Bonn und DHL verstetigen ihre Zusammenarbeit

VON MAIKE WALBROEL

**BONN.** Man bekommt eine Liste von zu bereisenden Orten und den Entfernungen zwischen diesen. Die Herausforderung: die optimale Route zu finden, die all diese Orte verbindet. Dieses „Traveling Salesman Problem“ (Problem des Handlungsreisenden) ist ein populäres Rätsel der Mathematik: Auch ein Computer stößt hier schnell an seine Grenzen. „Bei drei Städten gibt es schon sechs Möglichkeiten, bei 20 werden es selbst für den schnellsten Computer der Welt zu viele“, sagt Professor Jens Vygen vom Institut für Diskrete Mathematik an der Uni Bonn.

Wie nah das Problem am Alltag vieler Unternehmen ist – gerade in der Logistikbranche –, zeigt sich an einem Kooperationsprojekt zwischen Vygens Institut und der DHL, das nun unbefristet verlängert wurde. „Vor fünf Jahren ungefähr kam man auf uns zu, weil die Deutsche Post bei der Tourenplanung auf Herausforderungen gestoßen ist, für die wir Experten sind – und wir sitzen direkt vor der Haustür“, sagt Vygen.

Die Herausforderung: Wie kann ein Unternehmen, das etwa Pakete oder Fracht ausliefert, seine Route optimal planen? „Schon die Berechnung der besten Route von A nach B ist nicht mehr ganz einfach, wenn die Fahrzeiten und Kosten von der Verkehrssituation abhängen“, gibt Dr. Dirk Müller zu bedenken, der die Softwareentwicklung im Forschungsinstitut für Diskrete Mathematik leitet. „Und das bei einer Gesamtrechnungszeit von nur einigen Minuten.“ Die beste Route ist daher nicht immer die mit der kürzesten Strecke – anders als in der Brief- und Paketzustellung für private Haushalte bieten sich im Frachtbereich für Gewerbetreibende Zustellbezirke nicht immer an, da jeden Tag andere Punkte angefahren werden.

„Wir haben uns mit vielen Dingen beschäftigt: Die Pakete müssen auf verschiedene Fahrzeuge verteilt werden, die Lieferungen müssen in verschiedenen Zeitfenstern eintreffen, dann gilt es auch noch, die Größe der jeweiligen Frachtgüter zu berücksichtigen. Unsere Berechnungen orientieren sich dabei am Verkehr zu unterschiedlichen Ta-



Große Stadt, komplizierte Routenplanung: Wie geht es von A über B, C, D... nach Z auf möglichst optimalem Weg (nicht einfach nur kurz, sondern auch dem Verkehr angepasst und ressourcenschonend)? Dieses „Problem des Handlungsreisenden“ beschäftigt Mathematiker und Logistiker. SYMBOLFOTO (LUFTBILD VON FRANKFURT): DPA

geszeiten“, so Vygen. „Wir benutzen Daten, die gemittelt sind, tagesaktuell geht es nicht, wenn man im Voraus plant. Um das Problem zu lösen, müssen jede Menge Teilprobleme gelöst werden.“

„Wir“, damit meint Vygen sein Team, das auch aus studentischen Mitarbeitern besteht. Zusammen haben sie einen Algorithmus entwickelt, der frühmorgens die bestmögliche Zustellroute berechnen soll. „Mich reizt, dass es noch ein vergleichsweise junges Projekt ist, in dem sehr viel Bewegung steckt“, sagt Jannis Blauth, Doktorand, der an der Entwicklung des Algorithmus mitarbeitet. „Ich muss sagen, dass ich sehr positiv überrascht war, wie sehr die Studenten in das Projekt mit eingebunden werden. Es wird einem die Gelegenheit gegeben, sich intensiv mit einer Aufgabe zu beschäftigen und kreative Lösungen dafür zu finden, und das immer im engen Austausch mit den Betreuern und Professoren.“

Kooperationspartner von Vygens Institut ist Greenplan, eine 100-pro-

zentige Tochter der Deutsche Post AG, die für die konkrete Anwendung des Algorithmus zuständig ist und ihn an Kunden aus verschiedenen Sektoren verkauft. Greenplan wirbt damit, durch die möglichst optimal geplanten Routen Kosten und auch Emissionen einzusparen. „Vor allem in Deutschland, aber auch in den nordischen Ländern wird bereits nach Greenplan-Routen gefahren“, berichtet Dr. Clemens Beckmann, CEO von Greenplan. „Unser

Algorithmus wird ständig weiterentwickelt. So reagieren wir zum einen auf die unterschiedlichen Anforderungen unserer Kunden, zum anderen aber auch auf den Bedarf der unterschiedlichen Industrien.“ Und wer genau sind die Kunden? Man bleibt diskret.

Eine aktuelle Herausforderung, mit der man sich bei Greenplan beschäftigt, sind sogenannte Ad-hoc-Aufträge. „Diese Sendungen oder Aufträge kommen erst tages-

aktuell auf und müssen dann ideal in eine bestehende Planung eingefügt werden. Hierzu haben wir gemeinsam mit der Universität unterschiedliche Lösungsansätze entwickelt“, berichtet Beckmann.

Um Routen zu optimieren, würden in der Theorie oft vereinfachte Modelle betrachtet, so Blauth. „Deren Studium hilft entscheidend, um möglichst gute Verfahren für die praktische Anwendung zu finden.“ Beispielsweise sei ein Problem, eine möglichst gute Route für ein Fahrzeug zu finden, das „aufgrund einer Kapazitätsschranke mehrfach zum Depot zurückkehren muss.“

Jens Vygen sieht gerade für seine studentischen Mitarbeiter die Vorteile der Kooperation: „Sie sind noch mitten in ihrem Studium, arbeiten am Institut und denken sich Teilalgorithmen aus.“ Auch ihn selbst reizt das Thema nach wie vor: „In der Theorie gibt es noch so viele spannende Fragen. Unser Ziel ist natürlich, dass unser Algorithmus irgendwann flächendeckend eingesetzt wird.“

## AUSZEICHNUNG FÜR DAS TEAM

### Nicht optimal, aber so optimal wie möglich

Um mathematische Probleme wie das Traveling Salesman Problem, die nicht optimal lösbar sind, so optimal wie möglich zu lösen, soll eine Lösung nur um einen gewissen Faktor schlechter sein als die optimale Lösung. Dieser Faktor, die sogenannte Approximationsgüte, konnte für das Tourenplanungspro-

blem seit Jahrzehnten nicht verbessert werden. Jens Vygen, Vera Traub, eine ehemaligen Doktorandin des Instituts für Diskrete Mathematik und Jannis Blauth, der aktuell dort promoviert, wurden von der IPCO conference (Integer Programming and Combinatorial Optimization) 2021 mit dem Best Paper Award ausgezeichnet, weil ihnen eine Verbesserung der Approximationsgüte gelang. wmk

## Straßen, Stadtparks und die Krise

Neues Forschungsprojekt der Professur für Städtebau der Uni Bonn startet mit Umfragen

VON MARGIT WARREN-DIEKE

**BONN.** Fast nichts ist mehr so wie es noch vor rund anderthalb Jahren war. Die Corona-Krise hat nicht nur große Teile des privaten, sondern auch des öffentlichen Lebens in den Städten und Gemeinden auf den Kopf gestellt. Genau dort setzt ein neues Forschungsprojekt der Universität Bonn an. Im Auftrag des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung und des Innenministeriums untersucht ein Team um Theo Kötter, Professor für Städtebau und Bodenordnung vom Institut für Geodäsie und Geoinformation, die Auswirkungen der Pandemie. Dafür gibt es eine Fördersumme von rund einer Viertelmillion Euro.

Die Wissenschaftler wollen unter anderem folgenden Fragen nachgehen: Wie hat sich die Nutzung der Straßen, Parks und Bahnhöfe in den Städten verändert? Welche langfristigen Effekte gibt es? Wie lassen sich öffentliche Räume planen und gestalten, damit sie trotz der Krise funktionsfähig und attraktiv bleiben? Und hatten/haben die Menschen in Lockdown- und Homeoffice-Zeiten überhaupt die Möglichkeit, sich in Wohnortnähe auch mal im Grünen aufzuhalten? Gibt es diesen öffentlichen Raum – quantitativ und qualitativ – in ausreichendem Maße?

Dabei haben die Wissenschaftler besonders sehr dicht besiedelte Wohnquartiere im Blick. Bald beginnt das Team mit seinen Befra-



Beliebte Oase in der Stadt: Der Botanische Garten der Uni Bonn. FOTO: THEO KÖTTER

gungen und bittet Bürgermeister beziehungsweise Dezernenten für Stadtentwicklung aus 30 Städten und Gemeinden bundesweit um Antworten. Auch Vereine, örtliche Initiativen, Sozialverbände und Unternehmen stehen auf der Liste der Adressaten. Bonn ist im Gegensatz zu etwa Bergkamen und Bad Oeynhausen in der ersten Runde nicht dabei, steht aber auf der Nachrückerliste.

Obwohl die Bundesstadt noch nicht im Fokus der Forscher steht, kann Kötter bereits ein prägnantes Beispiel aus ihr nennen, wie die Pandemie den öffentlichen Raum verändert hat: Um mehr Abstand unter den Fußgängern auf der Beueler Einkaufsmeile (Friedrich-Breuer-Straße) zu ermöglichen, stehen nun Pöller, wo sich zuvor noch Parkplätze befanden.

„Ziel des Projektes ist es, Erkenntnisse zur Stärkung der Resilienz von Städten und Gemeinden gegenüber Pandemien zu gewinnen“, sagt Kötter. Und da Resilienz (ein in der Psychologie gern verwendeter Begriff für die Fähigkeit, schwierige Situationen einigermaßen unbeschadet zu überstehen) häufig etwas mit Anpassung zu tun hat, betrachten die Wissenschaftler auch dies: Welche Anpassungen in Sachen Stadtplanung und -entwicklung, Quartiersmanagement und Digitalisierung erweisen sich zur Bewältigung der Corona-Krise als günstig? Da dies derzeit wohl noch niemand beantworten kann, planen Kötter und sein Team eine weitere deutschlandweite Befragung – in knapp zwei Jahren, nach weiteren Erkenntnissen über die Pandemie und den Umgang mit ihr.

## 750 000 Euro für ein Bonner Start-up-Vorhaben

Physiker bringen Laserstrahlen in die gewünschte Form

**BONN.** Wie lassen sich moderne Bauteile wie Elektromotoren, Akkus oder Handys schneller, energiesparender und hochwertiger herstellen? Ein wichtiges Werkzeug aus der Physik sind Hochleistungslaser, die dabei helfen, verschiedene Materialien zu bearbeiten. Mit ihrer neuen Technologie, die Strahlform des Lasers genau passend auf den jeweiligen Prozess abzustimmen, haben Physiker der Uni Bonn einen hochdotierten Wettbewerb gewonnen.

So entstand aus angewandter Wissenschaft ein Plan für ein Unternehmen: Das Start-up-Vorhaben „Midel Photonics“ von Dr. David Dung, Dr. Christian Wahl, Dr. Christopher Grossert und Frederik Wolf war erfolgreich beim Programm „EXIST-Forschungstransfer“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie und des Europäischen Sozialfonds. Die Förderung in Höhe von rund 750 000 Euro soll den Gründern dabei helfen, ihren Ansatz aus der Forschung in die industrielle Anwendung zu bringen.

Mit der von den Bonner Physikern entwickelten Methode wird es möglich, Laserstrahlen in die passende Form zu bringen. Dies stößt laut Uni in der Industrie auf großes Interesse, da dort immer mehr Laser eingesetzt werden, zum Beispiel zur Fertigung von Elektromotoren oder Handykomponenten. Bislang werden für die sehr unterschiedlichen Prozesse noch Laserstrahlen mit runder Form verwendet. „Das ist

so, als würden Sie versuchen, bei einem Akkuschauber mit einem einzigen Kreuzaufsatz jegliche Schraubentypen zu drehen. Mit einem passenden Aufsatz ginge es deutlich leichter“, erklärt David Dung, einer der Gründer. Mit der Technik des Start-up-Projekts sollen solche Aufsätze für die gewünschte Laserstrahlform deutlich flexibler herstellen lassen als bisher.

Ziel der Förderung ist die Entwicklung industrieller Prototypen. Nun hat das Team die Möglichkeit, sich auf die industrielle Anwendung zu konzentrieren – für die Forscher aus der Physik ein ganz neues Kapitel. Von der Kundengewinnung bis zum Business-Plan ist das Aufgabenfeld für die kommenden 18 Monate vielschichtiger geworden.

Die größte technische Herausforderung ist, was die Physiker im Kleinen schon schaffen, aufs Große zu übertragen: „Von mikroskopisch kleinen Strukturen, wie sie in der Wissenschaft benötigt werden, zu den zentimetergroßen Strukturen, wie man sie für den industriellen Einsatz benötigt – und das ohne Qualitätseinbußen“, sagt Christian Wahl. Neben diesen technischen Feinheiten steht auch die finale Unternehmensgründung während der Förderphase an. Darüber hinaus müssen die Gründer auch noch ein tragfähiges Geschäftsmodell mit einem Vertriebskonzept aufstellen und möglichst eine Anschlussfinanzierung einwerben. wmk

## Die Beziehung zu Japan im Fokus

Reihe zu Kooperationen in der Wissenschaft

**BONN.** Ein 160 Jahre altes Dokument liefert den Ausgangspunkt für eine aktuelle Veranstaltungsreihe. Am 24. Januar 1861 unterzeichnete Japan mit Preußen einen Freundschafts-, Handels- und Schifffahrtsvertrag, der heute als Beginn der deutsch-japanischen diplomatischen Beziehungen gilt. Anlässlich des 160-jährigen Bestehens des Umgangs beider Länder miteinander lädt die Uni Bonn gemeinsam mit der Universität zu Köln und dem Japanischen Kulturinstitut Köln zu einer Ringvorlesung ein. Dabei stellen Wissenschaftler der beteiligten Einrichtungen und solche aus Japan die Ergebnisse gemeinsamer Forschungsprojekte vor.

Die Online-Reihe findet jeweils mittwochs ab 18 Uhr als Zoom-Webinar statt. Den Auftakt macht am 14. April ein Vortrag von Professor Keiichi Aizawa, dem Direktor des Japanischen Kulturinstituts, zur Geschichte der wissenschaftlichen Kooperationen zwischen Deutschland und Japan. wkm

Termin und Zoom-Link unter [www.jki.de/veranstaltungen/ringvorlesung](http://www.jki.de/veranstaltungen/ringvorlesung).

## DIE KRISE UND ICH

*Marvin Richter ist 27 Jahre alt und kommt aus Bad Oeynhausen. Er studiert im vierten Semester Nachhaltige Sozialpolitik auf Bachelor an der Hochschule Bonn-Rhein-Sieg (H-BRS).*

*Wie stark und wo erlebst du derzeit Einschränkungen deines Alltags? Meine Freunde treffe ich kaum, wir telefonieren.*

*Was vermisst du an der H-BRS am meisten?*

Den Austausch mit anderen Studierenden und Dozenten und die Lernatmosphäre.

*Was erhoffst du dir für dieses Semester? Wenn es Lockerungen gibt, hoffe ich, dass man sich wieder mehr in Präsenz treffen kann. In vielen sozialwissenschaftlichen Studiengängen geht es sehr um Diskussionen; digital ist die Hemmschwelle höher, etwas zu sagen.*

*Musst du mehr Hausarbeiten schreiben als sonst, und sind bei dir Prüfungen ausgefallen? Es ist nichts ausgefallen. Einiges ist jetzt digital geworden, ich bin da aber für eine einheitliche Lösung. Und es sind nicht alle technisch so gut ausgestattet.*

*Wie verbringst du jetzt deine Freizeit? Meine Freunde aus der Heimat treffe ich alle paar Wochen, sonst telefonieren wir. Ich gehe spazieren und fotografiere. Ich bin gerade kurz davor, mir ein E-Drum-Set zu kaufen, das ist mitbewohnerfreundlicher.*

*Welchen Wunsch würdest du dir jetzt sofort erfüllen, wenn du die Möglichkeit hättest, in die Uni-Zeit vor Corona zurückzureisen?*

Ich hätte mehr soziale Kontakte an der Hochschule aufgebaut – in dem einen Semester, das ich in Präsenz hatte. Und ich wäre bestimmt mehr verreist. Ich hatte im Herbst selbst Corona, zum Glück mit mildem Verlauf. Mein Kurzzeitgedächtnis ist schlechter geworden, das kann aber auch an der ganzen Homeoffice-Situation liegen. Ich habe es fast wieder vergessen, mittlerweile.

GESPRÄCH: MAIKE WALBROEL