Ausgaben für Forschung steigen stetig

Forschungsquote erstmals bei 3,14 Prozent des BIPs.

Und sie bewegt sich doch. Die Forschungsquote steigt im Jahr 2017 auf 3,14 Prozent. Damit haben sich die Ausgaben für Forschung und Entwicklung (F&E) gemessen am Bruttoinlandsprodukt (BIP) in den vergangenen Jahren beständig erhöht (siehe Grafik). Nach einer von der Statistik Austria veröffentlichten Schätzung gibt Österreich für F&E heuer 11,33 Milliarden Euro aus.

Mit dieser Quote liegt Österreich über dem europäischen Zielwert für 2020 von drei Prozent. Schon im Vorjahr lag man mit 3,12 Prozent im EU-Vergleich hinter Schweden (3,26 Prozent) an zweiter Stelle. Vom Ziel der Bundesregierung von 3,76 Prozent des BIPs bis 2020 ist man aber derzeit noch deutlich entfernt.

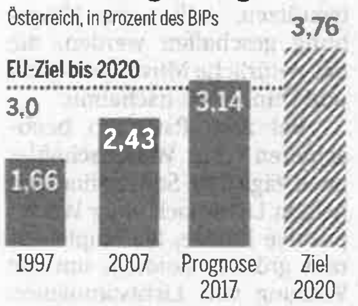
Forschungsprämie erhöht

Die meisten Mittel für F&E wenden Unternehmen auf: 5,46 Milliarden Euro bzw. 48,2 Prozent der gesamten Forschungsausgaben stammen heuer aus diesem Bereich, der damit gegenüber dem Vorjahr um drei Prozent zulegt.

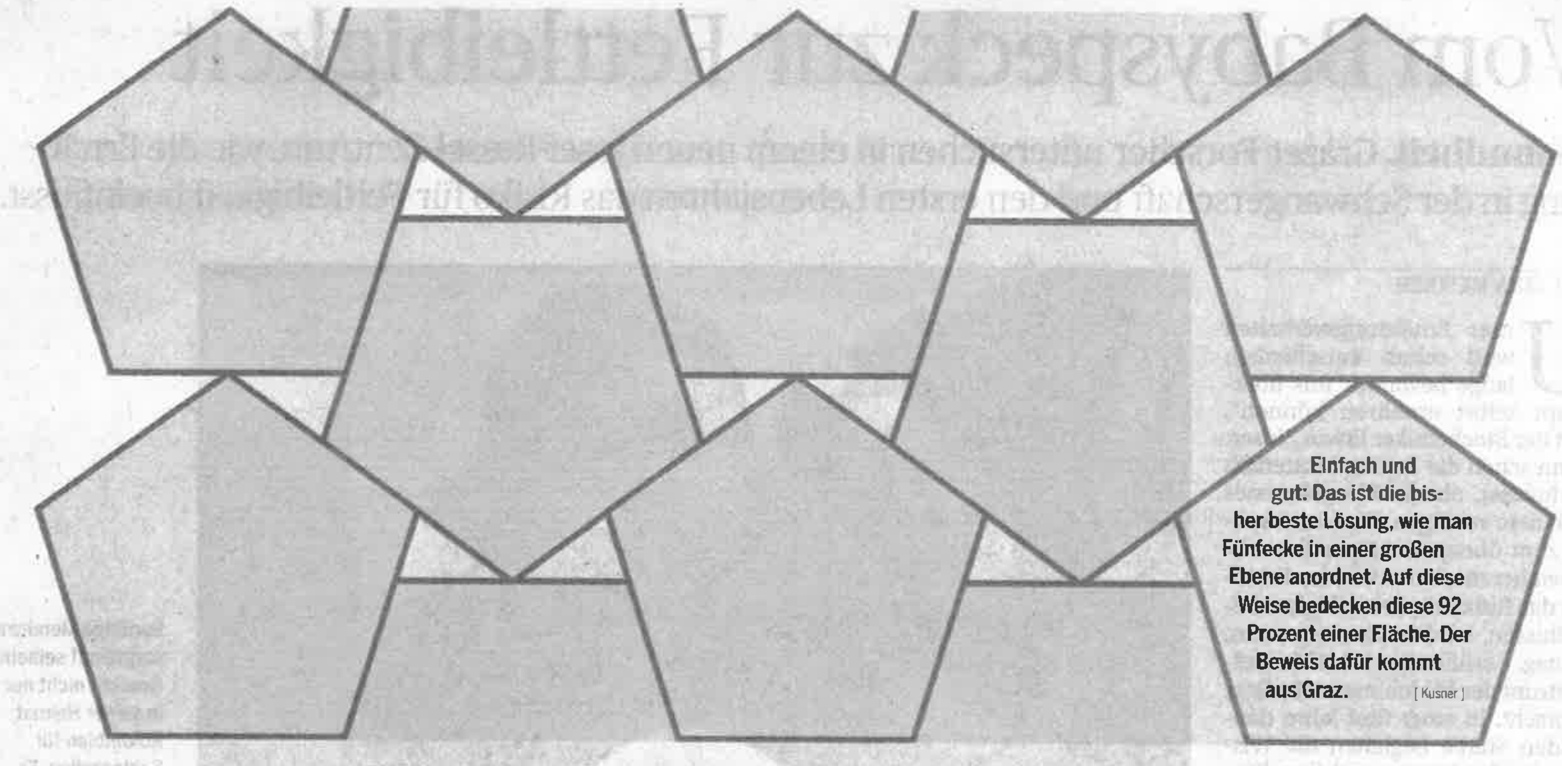
Nach der aktuellen Prognose wächst der Anteil der öffentlichen Finanzierung um mehr als fünf Prozent auf 4,08 Milliarden Euro. Grund dafür dürfte die Anhebung der Forschungsprämie – einer Förderung für F&E-Projekte in Unternehmen – auf zwölf Prozent sein. 2018 soll sie weiter auf 14 Prozent steigen. (APA/gral)

Forschungsausgaben

Österreich, in Prozent des BIPs



Quelle: Statistik Austria · Grafik: „Die Presse" · GK



Einfach und gut: Das ist die bisher beste Lösung, wie man Fünfecke in einer großen Ebene anordnet. Auf diese Weise bedecken diese 92 Prozent einer Fläche. Der Beweis dafür kommt aus Graz. [Kusner]

Mathematikpuzzle mit Fünfecken

Geometrie. Wie können Fünfecke eine möglichst große Fläche bedecken? Der Mathematiker Wöden Kusner errechnete, wie sie sich möglichst platzsparend in einer Ebene verteilen lassen.

VON REINHARD KLEINDL

Professionelle Fliesenleger werden es bestätigen: Mit fünfeckigen Fliesen lässt sich kein Badezimmerboden auslegen. Fünfecke hinterlassen zwangsläufig Lücken; Dreiecke, Vierecke oder Sechsecke sind für Fliesen eindeutig geeignete. Sie erlauben es, Flächen lückenlos zu füllen. Die Frage, wie die beste Flächenfüllung mit regelmäßigen Fünfecken aussieht, bei welcher Anordnung die Lücken zwischen ihnen möglichst klein werden, war bis vor Kurzem nicht eindeutig geklärt, es gab nur Vermutungen. Dem aus den USA stammenden Mathematiker Wöden Kusner von der TU Graz ist es nun gemeinsam mit Thomas Hales von der Universität Pittsburgh gelungen, den fehlenden Beweis zu liefern.

„Genau genommen geht es um regelmäßige Fünfecke, mit gleich langen Seiten und gleichen Winkeln", sagt Kusner. „So, wie sich die meisten Menschen ein Fünfeck vorstellen. Wir suchten die dichteste Möglichkeit, solche Fünfecke zu packen, unter der Voraussetzung, dass sie nicht überlappen." Anfangs war durchaus nicht klar, was man erwarten durfte, sagt Kusner: Man fragt sich, ob die dichteste Packung etwas Reguläres ist oder etwas Bizarreres. Wer mit Fünfecken in einer Fläche zu tun hat, denkt vielleicht an Quasi-Kristalle und die damit verbundenen Unregelmäßigkeiten.

Unregelmäßige Muster

Die Entdeckung, dass in der Natur fünfeckige Kristallgitter möglich sind, brachte Daniel Shechtman 2011 den Chemie-Nobelpreis ein. Seine Arbeiten waren zuvor äußerst umstritten gewesen, weil bereits bekannt war, dass fünfeckige Kristallstrukturen nicht regelmäßig sein können, ihre Muster wiederholen sich nie. Wer wie Kusner mit Fünfecken in der Ebene zu tun hat, tut also gut daran, auf Überraschungen gefasst zu sein und auch exotischere Möglichkeiten in Betracht zu ziehen.

Tatsächlich zeigte sich, dass die Lösung ein relativ einfaches, regelmäßiges Muster ist (siehe Abbildung oben). „Dass dieses Muster die beste Lösung ist, wurde in den 80er-Jahren vermutet. Dabei bedecken die Fünfecke etwa 92 Prozent der Fläche. Wir konnten zeigen, dass es keine bessere Möglichkeit gibt. Das Resultat ist für sehr große Flächen gültig", sagt Kusner. Die Forscher sprechen hier von einem sogenannten asymptotischen Ergebnis: Für kleinere Flächen kann es andere Lösungen geben, die geringfügig besser sind.

Packungsprobleme haben eine lange Tradition in der Mathematik und sind wegen ihrer Anschaulichkeit beliebt. Am bekanntesten ist vielleicht das Kugelpackungsproblem, das auf Johannes Kepler zurückgeht. Wie lassen sich Kugeln am platzsparendsten anordnen? Auch die mathematische Klärung dieser Fragestellung ließ lange auf sich warten, der Beweis gelang Thomas Hales 1998, unter Zuhilfenahme von Computermethoden.

Der nun gefundene Beweis für das Packungsproblem mit Fünfecken hat Bedeutung für einen Bereich der Mathematik, der mit Zufallselementen arbeitet. Die Rede ist von sogenannten Monte-Carlo-Methoden, benannt nach der berühmten Casino-Stadt, in der Roulette-Tische und andere Zufallsgeräte eine große Rolle spielen. Ein Beispiel für eine Monte-Carlo-Methode ist eine Meinungsumfrage: Durch zufällige Auswahl von Befragten ist es möglich, Rückschlüsse auf die Meinung aller Menschen zu ziehen. Wichtig ist, dass die Auswahl wirklich zufällig ist oder zumindest keine bestimmte Gruppe bevorzugt.

Manchmal ist es möglich, das Ergebnis zu verbessern, wenn die Auswahl nicht wirklich zufällig ist, sondern nach bestimmten, sorgfältig ausgewählten Verfahren geschieht. In diesem Fall spricht man von Quasi-Monte-Carlo-Methoden. Hier ist es manchmal nötig, „fast" zufällig Punkte in einer Ebene auszuwählen, die wie zufällig verteilt aussehen, aber besser kontrollierbare Eigenschaften haben. „Die Methoden, die für meinen Beweis verwendet wurden, werden auch bei der Auswahl solcher Punktmengen angewendet", erklärt Kusner.

Seine Arbeit war eingebettet in einen Spezialforschungsbereich des Wissenschaftsfonds FWF zu Quasi-Monte-Carlo-Methoden. In diesem forschen Wissenschaftler in Linz, Graz, Wien und Salzburg in insgesamt zehn Projekten.

Ein Plan B für junge Forscher

Neues Karriereservice soll Alternativen aufzeigen.

Was, wenn aus der erhofften wissenschaftlichen Karriere nichts wird? Nur ein Teil der Jungforscher schafft nach dem Doktorat oder der Postdocstelle den Einstieg in die Welt der Wissenschaft. Allen anderen will ein am Mittwoch eröffnetes Karrierezentrum der Ludwig-Boltzmann-Gesellschaft mögliche Wege aufzeigen und bei einem Plan B unterstützen.

Vermittelt werden soll „die Sprache oder Etikette, die außerhalb der Wissenschaft verwendet wird". Geboten werden neben Karriereberatung und Coachings auch Praktika und Expertengespräche. Das Service soll künftig auch Wissenschaftlern anderer außeruniversitärer Forschungseinrichtungen offen stehen. Internationale Studien zeigen, dass nur rund ein Viertel aller Nachwuchsforscher in der Wissenschaft bleiben kann. (APA/gral)

Mehr: **http://cc.lbg.ac.at**

Die Suche nach echtem Zufall in der Mathematik

Zahlentheorie. Dem Wiener Mathematiker Clemens Müllner gelang es, einen Spezialfall der sogenannten Sarnak-Vermutung zu beweisen, die sich mit Primzahlen beschäftigt. Das ist wichtig für Verschlüsselungsverfahren.

Die Jagd nach Beweisen in der Zahlentheorie hat der Mathematik einige ihrer spannendsten und unterhaltsamsten Anekdoten beschert. Am bekanntesten ist die Suche nach dem Beweis für die Fermat-Vermutung, eine Verallgemeinerung des Satzes von Pythagoras. Sie beschäftigte Generationen von Mathematikern, bis Andrew Wiles fast 400 Jahre später nach siebenjähriger Arbeit im Alleingang den Beweis erbrachte. Fermat selbst hatte seine Vermutung am Seitenrand eines Buches notiert und behauptet, einen Beweis zu besitzen, eine Geschichte, die im Weltbestseller „Fermats letzter Satz" erzählt wird. Andere bekannte Probleme wie die Goldbach-Vermutung sind nach wie vor offen, obwohl für den Beweis Letzterer schon ein Preisgeld von einer Million Dollar ausgeschrieben war.

Der Reiz dieser Problemstellungen liegt darin, dass sie oft verhältnismäßig einfach zu erklären, aber in vielen Fällen ausgesprochen schwierig zu beweisen sind. Eine solche Vermutung aus der Zahlentheorie ist die Sarnak-Vermutung. Der Beweis eines wichtigen Spezialfalls dieser Vermutung gelang nun dem Mathematiker Clemens Müllner vom Institut für Diskrete Mathematik und Geometrie der TU Wien. Die Sarnak-Vermutung dreht sich um die sogenannte Möbius-Funktion, benannt nach dem deutschen Mathematiker.

Drei Werte für eine Funktion

Jede natürliche Zahl lässt sich als Produkt von Zahlen darstellen, die nicht weiter teilbar sind, den Primzahlen. Die Zahl sechs ist zum Beispiel ein Produkt der Primzahlen zwei und drei. Manche Zahlen sind das Produkt einer geraden, manche das einer ungeraden Anzahl von Primzahlen. Einige Zahlen enthalten lauter unterschiedliche Primzahlen, bei anderen kommen einige Primzahlen doppelt vor. Die Möbius-Funktion kann drei Werte annehmen: eins, wenn die Anzahl der Primzahlen gerade ist, minus eins, wenn ihre Anzahl ungerade ist, und null, wenn Primzahlen doppelt vorkommen. Für die sechs ist die Möbius-Funktion also eins.

Die Sarnak-Vermutung besagt, dass die Möbius-Funktion zufällig ist. Das sagt etwas über die Primfaktorenzerlegung, also die Zerlegung von Zahlen in Primzahlen, aus und ist von praktischer Relevanz: So gut wie alle gängigen Verschlüsselungsverfahren beruhen darauf, dass Primfaktorenzerlegung für große Zahlen enorm aufwendig ist. Gäbe es einfache Lösungen, wäre Verschlüsselung nicht mehr sicher.

Müllners Forschungsinteresse gilt Folgen von Zahlen, die mit sogenannten Automaten konstruiert werden, das sind imaginäre Maschinen aus der theoretischen Informatik, ähnlich der bekannteren Turingmaschine, die ein Modell für einen Computer darstellt. „Ursprünglich haben wir Teilfolgen von automatischen Folgen studiert", sagt Müllner. Das sind Folgen, die von Automaten generiert werden können. „Im Zuge dessen habe ich eine neue Struktur für Automaten und automatische Folgen gefunden." Müllner konnte nun zeigen, dass die Möbius-Funktion nicht durch Folgen angenähert werden kann, die aus solchen Automaten stammen. Salopp gesagt: Maschinen können keine einfachen Lösungen für die Primfaktorenzerlegung liefern. Genau so, wie man es sich für Verschlüsselungsverfahren wünscht.

Die Arbeiten fanden im Rahmen eines Spezialforschungsbereichs für Quasi-Monte-Carlo-Methoden statt (siehe Beitrag oben). „In diesem Bereich braucht man annähernd zufällige Folgen. Über automatische Folgen lassen sich solche sehr schnell und einfach erzeugen. Die Anwendung auf die Sarnak-Vermutung war dann ganz natürlich", sagt Müllner.

„In der mathematischen Community ist das sehr gut angenommen worden. Die Sarnak-Vermutung ist eine sehr tief gehende Vermutung mit Anwendungen auf Zahlentheorie und dynamische Systeme", sagt der Forscher. Nach einem allgemeinen Beweis für die Sarnak-Vermutung wird nach wie vor gesucht. (rk)