

Schwarze Schwäne und Schneeglöckchen im Herbst

Trauerschwäne und Schneeglöckchen würde man eher nicht zu den klassischen Themen der Mathematik zählen. Doch nicht zufällig interessieren sich ausgerechnet Statistiker und Stochastiker für die Vogeltiere und Frühblüher

Der Finanzmathematiker und Börsenexperte Nassim Taleb widmete schwarzen Schwänen gleich ein ganzes Buch, das es dauerhaft an die Spitze der internationalen Bestsellerlisten schaffte. Doch richtet sich sein Werk nicht an Freunde der Vogelwelt, sondern an Fachkollegen, Finanzmanager sowie Vertreter anderer Disziplinen, die sich mit Wahrscheinlichkeitstheorie oder Risikoforschung befassen. Schwarze Schwäne stehen bei Taleb für Ereignisse, die das an den Erfahrungshorizont geknüpfte Vorstellungsvermögen sprengen und demnach überhaupt nicht einkalkuliert werden. So wie die Menschen der westlichen Welt bis ins 17. Jahrhundert felsenfest davon überzeugt waren, dass Schwäne weiß sind, weil sie bis zur Entdeckung Australiens und seiner Tierarten keine Trauerschwäne gesehen hatten. Metaphorisch gesehen wimmelt die Welt von schwarzen Schwänen, behauptet Taleb. Doch erscheinen solche Manifestationen des Unwahrscheinlichen nicht immer so positiv wie die Entdeckung einer neuen Vogelart oder die überraschende Erfolgsgeschichte der Internetsuchmaschine Google. Es kann sich ebenso um statistische Ausreißer mit katastrophalen Folgen handeln wie Tsunamis, Erdbeben, Wirbelstürme oder eben auch Immobilienkrisen mit anschließenden Börsencrashes.

Schwarze Schwäne tauchen auch in der Arbeit von Claudia Klüppelberg mit schöner Regelmäßigkeit auf. Die Professorin leitet den Lehrstuhl für Mathematische Statistik am TUM-Zentrum für Mathematik und beschäftigt

sich mit Extremwerttheorie, wobei sie stochastische Modelle zur Beschreibung solcher Ausreißer in der Statistik entwickelt. Weil extreme Ereignisse sehr selten auftreten, verfügen Klüppelberg und ihre Kolleginnen und Kollegen über nur sehr wenige Daten für ihre Modelle.

Ausreißer berechenbar machen

„Das macht die Angelegenheit hochkompliziert“, sagt sie über ihre Versuche, durch mathematische Formeln den Ausreißern aus der Statistik ihre Unberechenbarkeit zu nehmen. „Wenn dann durch ein neues extremes Ereignis Daten zu den bisherigen dazukommen, verändert sich die Risikoeinschätzung – das mag niemand“, beschreibt sie das Grundproblem, das ihrer Disziplin unter Mathematikern auch lange Zeit den Ruf bloßer Kaffeesatzleserei beschert hat. Durch die enormen wirtschaftlichen Folgen von Katastrophen hat sich das Ansehen dieses Zweigs der Mathematik allerdings deutlich gebessert. Inzwischen gehört die Extremwerttheorie zum Standardrepertoire von Risikomanagern, die große Schäden und deren Auswirkungen abschätzen müssen. Heutzutage finden ihre Modelle in vielen Gebieten Verwendung: angefangen beim Risikomanagement der Banken und Versicherer über die Klimaforschung bis hin zu den Ingenieurwissenschaften.

Pioniere der Extremwerttheorie

Viele der Methoden, mit denen Klüppelberg und ihre Kollegen arbeiten, haben ihren Ursprung in der Hydro-



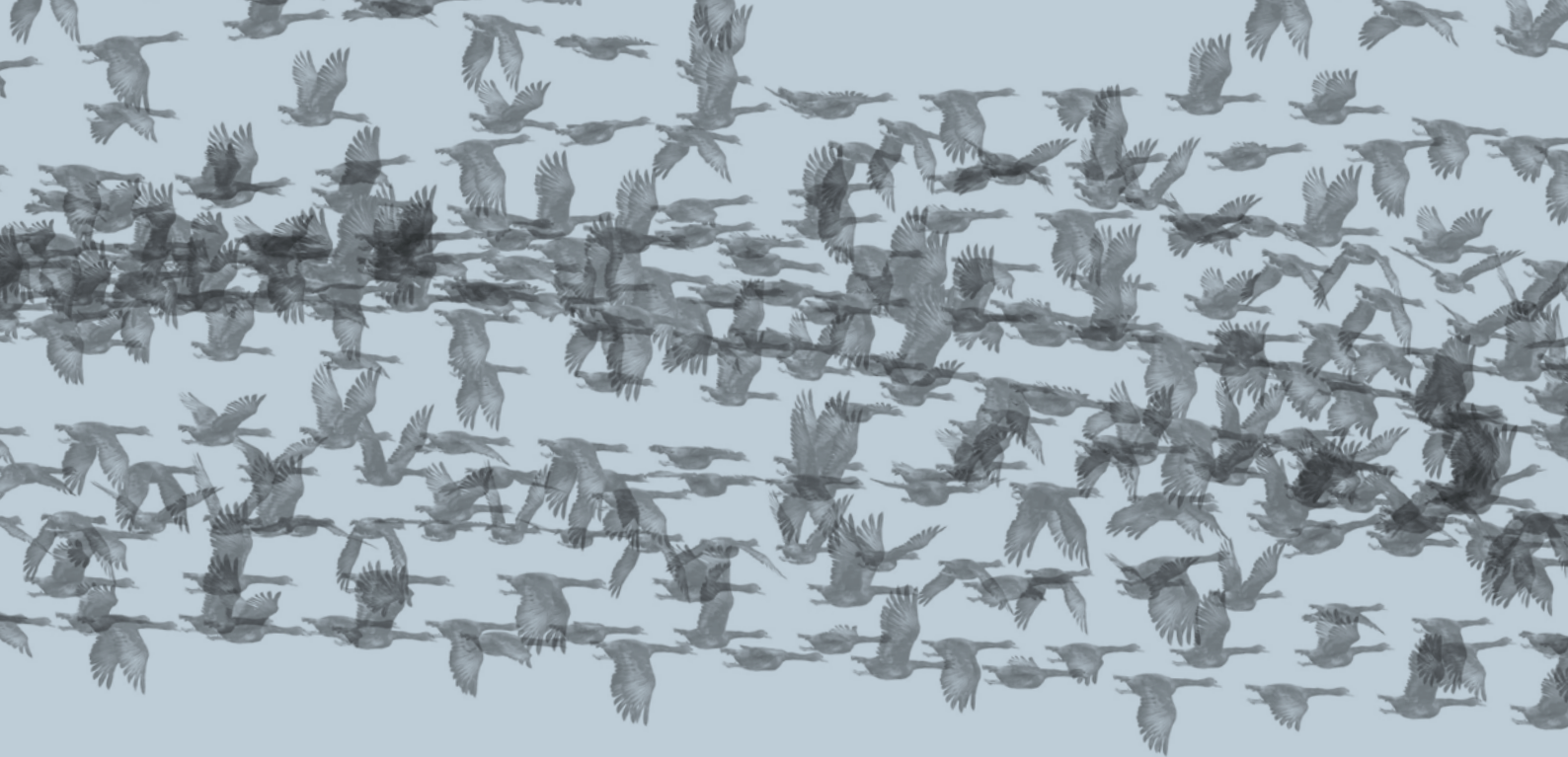
Link

www-m4.ma.tum.de

logie. Bei ihrer Suche nach der Formel, mit der sich extreme Pegelstände und ihre Folgen besser einschätzen lassen, wurden Wasserbauingenieure und Deichbauer im Werk des Mathematikers Emil Julius Gumbel fündig. Dieser hatte in den 1950er-Jahren eine Formel zur Berechnung der Höchst- und Tiefststände von Strömungen entwickelt, die den in einem bestimmten Zeitraum zu erwartenden höchsten Messwert bestimmt. Damit gehörte er neben Fisher und Tippett, die die Mathematik der seltenen Ereignisse im Jahr 1928 begründeten, zu den Pionieren der Extremwerttheorie. Denn die Gauß'sche Glockenfunktion, mit der Statistiker ansonsten gewöhnliche Wahrscheinlichkeiten ermitteln, eignet sich so gar nicht für die Extremwertforschung. Der Graph mit dem berühmten Schwung zeigt nur die Normalverteilung der Daten – was durchaus ausreicht, wenn man zum Beispiel herausfinden möchte, wie groß ein Auto sein muss, das der Körpergröße möglichst vieler Menschen angemessen ist. Extreme Werte kommen nur am linken und rechten Ende der Kurve vor. „Doch um wirklich gefährliche Dinge zu berechnen, fällt die Kurve zu ihren Enden hin zu stark ab“, erläutert Claudia Klüppelberg.

Mit seiner Formel hatte Gumbel die statistischen Methoden ausgebaut, die für die Extremwerttheorie noch heute wichtig sind. Von diesen Methoden ausgehend, sucht die Mathematikerin nach Formeln mit vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten: „Mich interessiert die methodische Weiterentwicklung dieser Modelle für unsere hochkomplexen modernen Probleme, die dynamisch und hochdimensional sind.“

Wie sich herausgestellt hat, eignen sich die Modelle der Hydrologen nicht nur, um die Frage zu beantworten, wie hoch ein Deich sein muss, um höchstens einmal pro Jahrhundert mit einer sehr kleinen Wahrscheinlichkeit überschwemmt zu werden. Sie funktionieren auch in Bereichen, wo durch das Auftauchen unvorhergesehener Ereignisse so manchem plötzlich das Wasser bis zum Hals stand. Schließlich bietet die Dynamik der Finanzmärkte immer wieder Spielraum für Extreme, wie die Geschichte der Börsenabstürze zeigt. Nach Gauß kommt es nur alle 1087 Jahre zu einem Börsencrash. Damit wäre nach dem Wall-Street-Börsendesaster vom 24. Oktober 1929, das die gesamte Weltwirtschaft ins Wanken brachte, für lange Zeit erst einmal wohlverdiente Ruhe gewesen. Ungünstigerweise handelt es sich bei dieser Zahl jedoch um einen bloßen Mittelwert und obendrein spielt auch noch der Zufall beim Zeitpunkt des Eintretens eine Rolle. „Vorausgesetzt, das Modell wäre richtig (was es nicht ist), kann es durchaus passieren, dass zwei Abstürze hintereinanderkommen und dann um die 2000 Jahre Ruhe ist“, so Klüppelberg. ▷



Doch wie die folgenden Jahrzehnte zeigten, stimmt das nicht so ganz. Den Zeitpunkt der nächsten großen Börsenkrise kann die Münchner Statistikerin mit ihren Modellen zwar auch nicht voraussagen, doch lässt sich mit ihnen herausfinden, wie risikobehaftet bestimmte Aussagen sind. Zum Beispiel, wenn es um die Kalkulation von Kreditausfall-, Marktpreis- und operationellen Risiken geht, wie sie seit dem 1. Januar 2007 durch die als Basel II bezeichneten Eigenkapitalvorschriften für alle Kreditinstitute und Finanzdienstleistungsinstitute EU-weit geregelt werden. Gemeinsam mit Kollegen entwickelte Klüppelberg Modelle zur Schätzung des „Value at Risk“, also des absoluten Wertverlusts beispielsweise einer Aktie, der mit einer zuvor definierten – üblicherweise sehr kleinen – Wahrscheinlichkeit innerhalb eines bestimmten Zeitraums nicht überschritten wird. „Extreme Ereignisse in diesem Bereich haben den Vorteil, dass man sie in Euro berechnen kann“, sagt sie. Ihr Modell arbeitet mit Methoden, die nur jene Beobachtungen zur Schätzung heranziehen, die für extremes Verhalten verantwortlich sind. „Also die kleinsten und/oder größten Werte der Stichprobe“, erklärt sie ihre Vorgehensweise frei nach Gumbel.

„Survival Guide“ für Risikomanager

Heraus kam dabei ein Sachbuch, das wohl als „Survival Guide“ auf den Schreibtischen der Risikomanager in den Versicherungen und Banken nicht fehlen dürfte.

Interessant sind Klüppelbergs Modelle auch für Versicherungsgesellschaften – etwa für die Berechnung von Versicherungsprämien. „Da geht es zum Beispiel darum, den Kumulschaden zu berechnen“, erklärt sie die Anwendung ihrer mathematischen Formeln auf jene Abhängigkeitsverhältnisse, die bei der Einschätzung des Schadens aus Sicht der Versicherer eine Rolle spielen. Ein solcher Schadensfall tritt für die Versicherung auf, wenn zum Beispiel durch einen Wirbelsturm oder Hochwasser mehrere Vertragskunden durch dieselbe Ursache geschädigt wurden und Ansprüche geltend machen.

Freiraum für die Risikoforschung

Momentan sind es aber weniger Fragen der Finanz- und Versicherungsmathematik, mit denen sich die gebürtige Pfälzerin beschäftigt. Als Carl von Linde Senior Fellow genießt sie am Institute for Advanced Study der TUM eine dreijährige Auszeit vom Hochschulbetrieb mit seinen alltäglichen Zwängen in Lehre und Verwaltung. Das TUM-IAS wurde 2005 gegründet und wird seit 2006 durch die Exzellenzinitiative von Bund und Ländern gefördert. Mittlerweile wurden 20 Fokusgruppen eingerichtet, die sich neben Klüppelbergs Risikoanalyse und stochastischer Modellierung unter anderem mit Fundamentaler Teilchenphysik, der Simulation des menschlichen Gehirns sowie neuen Methoden der Robotik beschäftigen. Am Standort in Garching entwickelt



sich eine hochkarätige Wissensbörse, wo exzellente Wissenschaftler aus der TU München, der forschenden Industrie und dem Ausland einen kreativen Freiraum vorfinden, in dem neue, risikoreiche Forschungsprojekte erlaubt sind. „Für die TUM ist das ein Highrisk-Highreward-Projekt“, sagt Klüppelberg lächelnd. „Schließlich haben wir völlig freie Hand für neue Forschung, wo man am Anfang nicht weiß, ob am Ende etwas Sinnvolles herauskommt.“

Blühen Schneeglöckchen bald im November?

Als Risikoforscherin weiß sie solche Spekulationslust zu schätzen und nutzt sie, um ihre Methoden für neue oder auch seit Langem vernachlässigte Risikoprobleme nutzbar zu machen. „Ich orientiere mich in Richtung Ingenieurwissenschaften, biologische Probleme und Klimaforschung“, beschreibt sie ihre gegenwärtigen Ideen. Beispielsweise hat sie gemeinsame Interessen mit der Ökologin Annette Menzel entdeckt. Unter deren Leitung war unlängst die größte Phänologie-Studie der Welt entstanden, bei der mehrere Dutzend Forscher aus Europa mehr als 125.000 Datenreihen mit Terminen der Blattentfaltung, Blüte, Fruchtreife und Blattverfärbung von rund 550 wild wachsenden und kultivierten Pflanzen analysiert hatten. Sie fanden dabei deutliche Beweise, dass die Klimaänderung die Jahreszeiten bereits verschoben hat. Der Studie zufolge kommt der Frühling inzwischen sechs bis acht Tage früher nach Europa als

noch vor 30 Jahren. „Mit den Methoden der Extremwerttheorie könnte man zum Beispiel untersuchen, ob durch die Erderwärmung die Schneeglöckchen irgendwann schon im November blühen werden oder ob sich der Frühling nicht unbegrenzt vorverlegen lässt“, so Klüppelberg über die vielversprechende Schnittmenge zwischen Ökologin und ihrer Mathematik.

Ein anderes ihrer Projekte befasst sich mit der effizienten Steuerung von Windkraftwerken. Es geht darum, mit Methoden der Extremwerttheorie herauszufinden, wie ein Windkraftwerk optimal gesteuert wird. Denn bislang werden die Rotorblätter häufig vorsichtshalber aus dem Wind gedreht, weil zu starker Wind sie beschädigen könnte. Oft stellt sich im Nachhinein heraus, dass diese Vorsichtsmaßnahme gar nicht nötig gewesen wäre. Bis die Anlage wieder läuft, müssen die Betreiber wertvolle Energie in den Wind schreiben. „Hier muss die optimale Windgeschwindigkeit vorausgesagt werden, um zu wissen, wann eine solche Maßnahme wirklich nötig ist“, beschreibt sie die Aufgabe der Extremwerttheorie bei der Lösung dieses Problems.

Auf welche Ideen Claudia Klüppelberg bis zum Ende ihrer Auszeit noch so alles kommen wird, lässt sich wahrscheinlich nicht einmal mit ihren eigenen Modellen der Extremwerttheorie berechnen – es sind einfach zu viele. Doch was auch immer sie gerade im Sinn haben sollte – Vorsicht ist geboten, wenn sie mal sagt: „Mir schwant da was.“

Birgit Fenzel