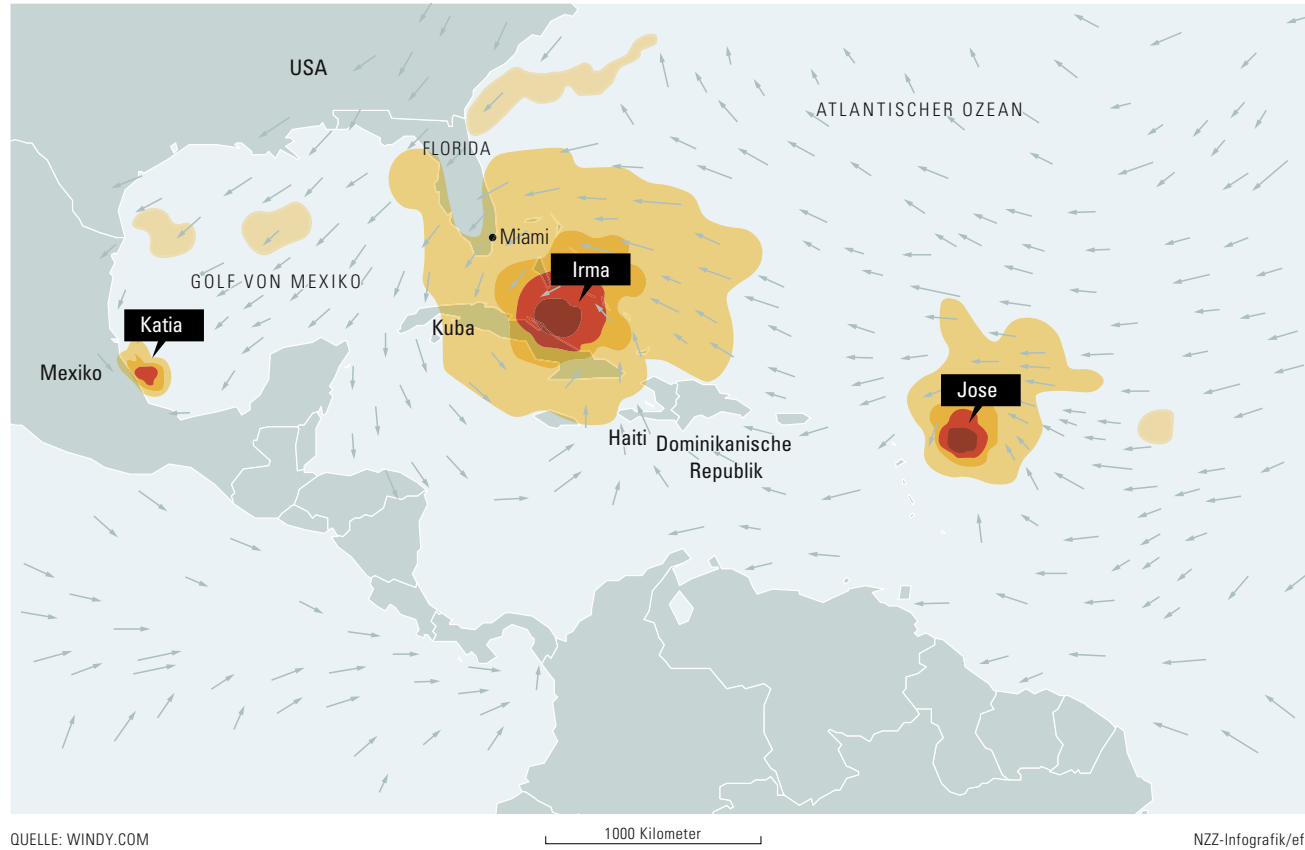




können.

BRYAN WOOLSTON / REUTERS

Position der Hurrikane, Prognose für Samstag, 6 Uhr Ortszeit



## Massenevakuierung am PC

Wie man Menschenströme so steuert, dass möglichst wenig schiefliegt

HELGA RIETZ

Wegen des Hurrikans «Irma» haben am Freitag viele hunderttausend Menschen Florida verlassen. Bis zum Sonnenuntergang am Freitag müsse die Evakuierung von Floridas Süden abgeschlossen sein, forderte Senator Marco Rubio via Twitter.

So viele Menschen in Sicherheit zu bringen, ist eine Herkulesaufgabe – und doch, gerade für die betroffene Region, kein beispielloses Ereignis: Erst 2016 mussten 2,5 Millionen Menschen die Küsten Floridas, Georgias und South Carolinas verlassen, als der Hurrikan «Matthew» auf die USA zusteuerte. Am Golf von Mexiko flohen 2008 fast zwei Millionen Menschen vor «Gustav», 2005 mehr als drei Millionen vor «Rita» und «Katrina». 2011 gab Hurrikan «Irene» Anlass zu einer Massenevakuierung von North Carolina bis New York.

Angesichts von Terroranschlägen und Naturkatastrophen in dichtbesiedelten Gebieten (von denen ein Teil infolge des Klimawandels in Zukunft noch häufiger werden dürfte), hat sich auch die Forschung dem Phänomen grossräumiger Evakuierungen in den letzten 15 bis 20 Jahren verstärkt zugewandt. Die Grundlagen bilden die schon länger etablierten Erkenntnisse aus der Physik von Transport und Verkehr.

Wichtigstes Werkzeug dieses Fachbereichs sind Computersimulationen, die beispielsweise Menschenströme in einem Fussballstadion oder an einem geschäftigen Flughafen abbilden. Sie zeigen den Forschern, an welchen Stellen eines Gebäudekomplexes es allenfalls zu

einer gefährlichen Überlastung kommt, die schlimmstenfalls in eine Panik münden kann. Anhand der Simulationen können dann Massnahmen ergriffen werden, die die Menschenströme auch unter Spitzenbelastung optimal steuern.

Bei grossräumigen Evakuierungen sei eine systematische Untersuchung jedoch wesentlich komplexer, weil die jeweiligen regionalen Besonderheiten die Ergebnisse stark beeinflussen, sagt Michael Schreckenberg, Verkehrsforscher an der Universität Duisburg-Essen. Die Staus auf den wenigen Autobahnen, die von der Küste Floridas landeinwärts führten, zeigten, dass die dortigen Verkehrsnetze einer Evakuierung dieser Grössenordnung in keiner Weise gewachsen seien, so Schreckenberg. In dieser Situation habe man nur noch wenige Optionen, die Kapazität des Verkehrsnetzes zu erhöhen – und zwar dahingehend, dass sie einen möglichst reibungslosen Verkehrsfluss weg von der Halbinsel erlaube. Dazu gehört zum Beispiel, die Autobahnspuren Richtung Süden «umzukehren», so dass diese nur noch nach Norden befahren werden können.

«Man könnte das alles besser organisieren», sagt Schreckenberg, gerade in Regionen, in denen regelmässig eine bestimmte Naturgefahr drohe. Technisch sei es heute keine grosse Herausforderung mehr, auch Extremereignisse per Simulation durchzuspielen. Diese könnten viele Fragen beantworten. Etwa, wie viel Zeit benötigt wird, um eine gegebene Region komplett zu evakuieren. Wie sich der Verkehrsfluss aus einer Stadt heraus ändert, wenn wichtige Zufahrtsstrassen blockiert sind oder wenn

infolge eines Stromausfalls keine Züge mehr fahren. Anschliessend liessen sich verschiedene Hilfsmassnahmen evaluieren – zum Beispiel eine zusätzliche Strasse, die nur bei drohender Gefahr geöffnet wird; gewissermassen als «Notausgang» aus der Region. Der Aufwand dafür wäre indes beträchtlich.

Zudem sei die Optimierung der Verkehrsflüsse im Zusammenhang mit grossflächigen Evakuierungen nur ein Aspekt von vielen, betont Kay Axhausen von der ETH Zürich. Viele entscheidende Fragen betreffen eher die Kommunikation im Krisenfall: Wie informiert man die Menschen wirksam? Wie bekommt man sie dazu, koordiniert die Gefahrenzone zu verlassen? Hinzu kommen soziale Aspekte, zu denen Axhausen 2011 eine Studie veröffentlicht hat: Familien mit Kindern wollen in der Regel nur zusammen evakuieren, während Ältere ihre Behausung oft gar nicht verlassen mögen. Wie gut sich die Menschen selbst zu helfen wissen, hängt wesentlich von deren sozialer Situation ab: Weil viele Ärmere und Alte einen weniger grossen Aktionsradius haben, können sie weniger auf die Hilfe von Familienmitgliedern und Freunden ausserhalb der Gefahrenzone zählen.

Alle Fortschritte aufseiten der Forschung nützen indes wenig, wenn die Erkenntnisse nicht in konkrete Notfallpläne einfließen. Bei der Erforschung konkreter Katastrophenszenarien, sagt Axhausen, würden Studienergebnisse aber oft nicht veröffentlicht, sondern blieben aus verschiedensten Gründen in den Schränken der zuständigen Behörden eingeschlossen.

## Der Weg der Hurrikane

In 30 bis 40 Prozent der Fälle nehmen Wirbelstürme eine andere Route als vorhergesagt

SVEN TITZ

Die Einwohner von Florida wollen so früh wie möglich wissen, ob der Hurrikan «Irma» die Halbinsel voll trifft oder ob er an der westlichen oder östlichen Küste entlangzieht. Das vorherzusagen, ist allerdings kompliziert. Wie sich ein Hurrikan bewegt, bestimmen mehrere Faktoren. Zwei sind besonders wichtig: Zum einen wird der Wirbelsturm von der Corioliskraft beeinflusst. Diese durch die Erdrotation hervorgerufene Scheinkraft lenkt den Wind leicht ab, auf der Nordhalbkugel nach rechts (und auf der Südhalbkugel nach links). Der zweite wichtige Faktor ist die umgebende Luftströmung, in welche der Wirbelsturm eingebettet ist. Starke Hurrikane werden vor allem von Höhenwinden gesteuert.

«Irma» zog in den letzten Tagen mit der dominierenden Strömung in west-

nordwestliche Richtung. Am Wochenende wird sich das ändern. Denn dann beginnen Höhenwinde den Hurrikan zu beeinflussen, die aus südwestlicher Richtung wehen. Südlich von Florida knickt die prognostizierte Zugbahn darum gemäss allen Modellen nach rechts ab. Da die Modelle die Intensität von «Irma» und die Reaktion auf den Höhenwind unterschiedlich berechnen, weichen die Vorausberechnungen von «Irmas» Pfad dort weiter voneinander ab als zuvor. Doch für die Wirkung auf Florida kann schon ein Unterschied von wenigen Kilometern entscheidend sein.

Zu sehen ist der Rechtsknick auch in Vorhersagegrafiken. Die bekannteste Grafik des National Hurricane Center zeigt einen trichterförmigen Bereich. Er gibt den wahrscheinlichen Pfad des Hurrikans in den nächsten drei bis fünf Tagen wieder.

Diese Darstellung wird jedoch manchmal falsch interpretiert. Analysen von Vorhersagen der vergangenen fünf Jahre zeigen: Nur bei 60 bis 70 Prozent der produzierten Vorhersagegrafiken blieben die Wirbelstürme anschliessend auch komplett in dem trichterförmigen Bereich. In 30 bis 40 Prozent der Fälle wanderte das Zentrum des Wirbelsturms irgendwann aus dem Vorhersagetrichter heraus.

Darüber hinaus ist zu beachten, wo genau ein Hurrikan zerstörerisch wirkt. Im Auge ist es fast windstill. Die stärksten Winde wehen ringförmig um das Auge, in der sogenannten «eyewall». Winde mit Hurrikanstärke können jedoch auch noch mehr als hundert Kilometer vom Zentrum entfernt auftreten. Deshalb gilt: Auch wer sich ausserhalb des Vorhersagetrichters befindet, sollte sich nicht in Sicherheit wiegen.

## Verwüstung in der Karibik

Auf seiner bisherigen Bahn durch die Karibik hat der Hurrikan «Irma» mehrere kleine Inseln völlig verwüstet. Sie werden Jahre brauchen, um sich von den Schäden zu erholen.

PETER GAUPP, SAN JOSÉ DE COSTA RICA

Erst allmählich zeichnet sich das Ausmass der Verheerung ab, das der Hurrikan «Irma» in der Karibik seit Mittwoch mit orkanartigen Winden und Überschwemmungen durch Sturmfluten und sintflutartige Regenfälle angerichtet hat. Besonders umfangreich sind die Schäden auf den Inseln der Kleinen Antillen, die der Wirbelsturm voll traf. Zwar ist die Zahl der Todesopfer – vorläufig deren 21 – nicht sehr gross, Hunderttausende haben jedoch Behausung und Einkommensbasis verloren.

«Von Trümmern übersät»

Das mit der grösseren Schwesterinsel Antigua einen Kleinstaat bildende Barbuda ist, wie Premierminister Gaston Browne nach einem ersten Augenschein berichtete, von Trümmern übersät und nahezu unbewohnbar. Die Behausungen der knapp 2000 Bewohner seien zu 95 Prozent beschädigt oder zerstört.

Katastrophal ist die Lage auch auf der zwischen Frankreich und den Niederlanden aufgeteilten Insel St. Martin, die in erster Linie vom Tourismus lebt, sowie im ebenfalls zu Frankreich gehörenden Jet-Set-Refugium Saint-Barthélemy und im britischen Überseegebiet Anguilla. Die Infrastruktur auf St. Martin ist völlig zusammengebrochen, rund 60 Prozent der Häuser sind nach offiziellen Schätzungen unbewohnbar. Plünderungen haben stattgefunden. Auf St. Martin sind bisher zehn Todesopfer gezählt worden, auf Anguilla und Barbuda je eines.

Im Unterschied zum unabhängigen Antigua und Barbuda haben die europäischen Überseegebiete den Vorteil, dass ihnen Unterstützung aus den Mutterländern zuteil wird. Von Guadeloupe aus, das «Irma» nicht direkt traf, wird die Hilfe für die französischen Inseln in der Karibik koordiniert, wo der Schaden auf mindestens 200 Millionen Euro beziffert wird. 100 000 Notrationen wurden bereitgestellt, Hunderte von Ärzten, Helfern und Sicherheitskräften verschifft. Frankreichs Premierminister Emmanuel Macron hat seinen Besuch angekündigt. Der niederländische Regierungschef Mark Rutte hat die Lage in Sint Maarten als gefährlich bezeichnet: Bewaffnete machten die Strassen unsicher. Wie Paris hat auch Den Haag Sicherheitskräfte nach St. Martin geflogen, um Ordnung herzustellen und die Arbeit der Helfer zu erleichtern.

Auf den am Donnerstag heimgesuchten Jungferninseln, die sich in britischem und amerikanischem Besitz befinden, gab es mindestens vier Todesopfer. Der Notstand wurde ausgerufen. Grossbritannien hat für seine betroffenen Gebiete Soforthilfe von über 30 Millionen Pfund beschlossen. In der Region befindliche Kriegsschiffe und Flugzeuge aus dem Mutterland kommen zu Hilfe.

Knapp an grossen Inseln vorbei

An den grossen Inseln Puerto Rico und Hispaniola, die sich Haiti und die Dominikanische Republik teilen, ist «Irma» knapp vorbeigezogen. Auch Kuba, wo vorsorglich Evakuierungen in grossem Stil stattfanden, schien am Freitag dem Auge des Hurrikans zu entgehen. Die Schäden sind dennoch auch hier immens. Auf Puerto Rico blieben mehr als eine Million Menschen ohne Strom und 220 000 ohne Wasserversorgung. Dem bankrotten Aussengebiet der USA fehlen die Mittel zur raschen Erholung. In Haiti und der Dominikanischen Republik wurden Gebiete an der Nordküste überschwemmt und Strassenverbindungen unterbrochen. In Letztgenannter waren fast 20 000 Menschen evakuiert worden. Mehr als 2200 Behausungen wurden beschädigt, über 100 zerstört. Teilen Haitis droht wegen der Verwüstungen eine Hungersnot.