

3.2 Küstenstädte - das Beispiel New York

DIETER KASANG

Wie zahlreiche andere Küstenstädte ist New York einem starken Risiko durch Extremereignisse ausgesetzt, die sich durch den Klimawandel erhöht haben. Dazu gehören vor allem Sturmfluten, wie sie das moderne New York durch den Hurrikan Sandy 2012 erlebt hat, der die Gefährdung der Stadt zu einem politischen Thema auch für die Zukunft gemacht hat. Die Hochwassergefahr vom Meer her wird in New York auch durch einen - im globalen Vergleich ungewöhnlich starken - Meeresspiegelanstieg forciert. Zusätzlich leidet die Stadt durch die dichte Bebauung unter Hitzewellen, deren Häufigkeit und Intensität infolge der globalen Erwärmung in den nächsten Jahrzehnten zunehmen werden. Angesichts dieser Lage hat die Verwaltung der Stadt ein umfangreiches Forschungs- und Planungsprogramm aufgelegt, das die Folgen des Klimawandels für die Bevölkerung feststellen und Anpassungsmaßnahmen entwickeln soll.

The Coastal Cities - The example New York: Like many other coastal cities, New York is exposed to a high risk of extreme weather, which has increased as a result of climate change. This includes in particular storm surges, as the modern-day New York has experienced during Hurricane Sandy in 2012, which has made the endangerment of the city a political issue for the future as well. The threat of flooding from the sea in New York is further promoted by an unusually high sea level rise in global comparison. In addition, as a result of the high building density the city suffers from heat waves, whose frequency and intensity will increase as a result of global warming in the coming decades. In view of this situation, the administration of the city of New York has launched a comprehensive research and planning program to determine the impact of climate change on the population and to develop adaptation measures.

Megastädte, Küstenstädte, Klimawandel

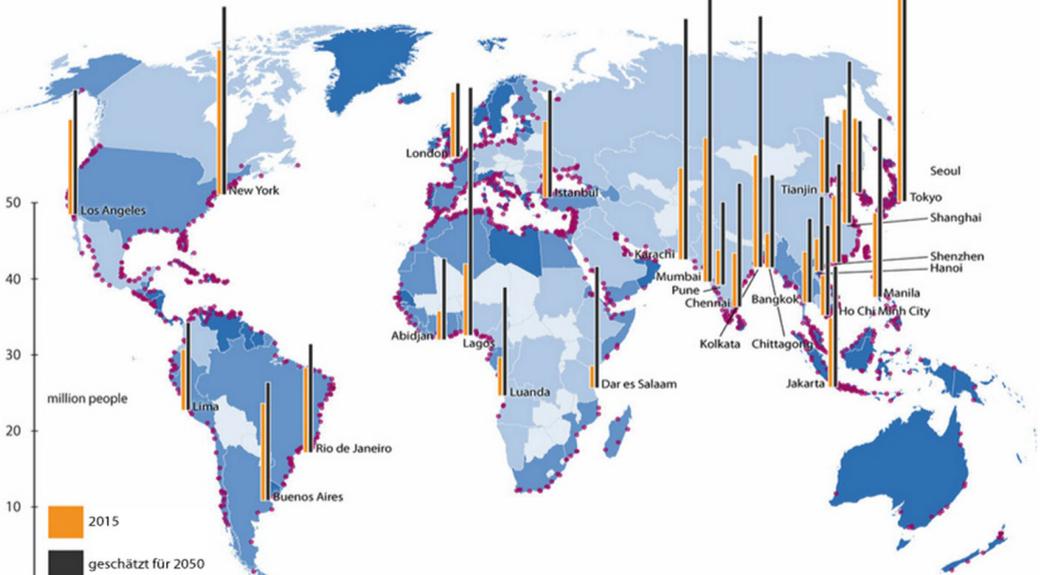
1950 war New York neben Tokio die einzige Megastadt der Welt, worunter zumeist Metropolregionen mit 10 Mio. Einwohnern und mehr verstanden werden. Gegenwärtig gibt es etwa 33 Megastädte, die vor allem in Asien liegen, mit weltweit rd. 529 Mio. Menschen bzw.

6,9 % der globalen Bevölkerung. Dieser Anteil wird nach Schätzungen der UN bis 2030 auf 8,8 % steigen (UNITED NATIONS 2018), wobei die Bevölkerungszunahme vor allem in Asien und Afrika stattfinden wird (Abb. 3.2-1).

Megastädte befinden sich hauptsächlich in niedrig gelegenen Küstengebieten, was sie spürbar gegenüber

Anteil der Bevölkerung, die weniger als 100 km von der Küste entfernt lebt.

über 70 % 30 bis 70 % weniger als 30 % 0 %



Quelle: Hoonweg & Pope (2014), Burket et al. (2000), Natural Earth.

Abb. 3.2-1: Gegenwärtige und künftige Megastädte in Küstenlage (FLICKR 2016: Population of Coastal Cities, violette Punkte: weitere Küstenstädte; <https://www.flickr.com/photos/gridarendal/32236257771/in/album-72157677525189761/>; Lizenz: CC BY-NC-SA; ursprgl. GRID-Arendal, Levi Westerveld, <http://www.grida.no/resources/8130>).

Naturkatastrophen exponiert. Für den Grenzbereich zwischen Kontinent und Meer und aufgrund der hohen Dichte von Bevölkerung, Gebäuden und Infrastrukturanlagen besteht eine besonders starke Gefährdung durch Meeresspiegeländerungen, Stürme und Überflutungen, die durch eine Absenkung der Landoberfläche infolge hoher Gebäudedichte und Grundwasserentnahme noch erhöht wird. Hinzu kommt wie in allen großen Städten mit dichter Bebauung und dadurch bedingter Ausbildung städtischer Wärmeinseln die intensivere Ausprägung von Hitzewellen im Vergleich zum Umland. Durch Extremereignisse besteht nicht nur ein hohes Risiko für Leib und Leben der Bewohner, sondern auch die Gefahr der Vernichtung großer Vermögenswerte, da hier wichtige Umschlagplätze für zahlreiche Güter, große Industrieanlagen und Gebäude angesiedelt sind. Zu den 20 am meisten durch den Klimawandel gefährdeten Städten weltweit in Bezug auf Menschen und Vermögenswerte zählt neben Mumbai, Guangzhou, Shanghai, Bangkok, Alexandria u.a. auch New York (WBGU 2016). Nimmt man nur die Vermögenswerte als Kriterium, stehen Städte wie Miami, New York, Tokio, New Orleans, Guangzhou und Shanghai ganz oben auf der Gefährdungsliste.

Küstenstädte sind aber nicht nur Betroffene von Wetterextremen. Als wichtige Zentren wirtschaftlicher Aktivitäten sind sie auch in hohem Maße Verursacher von Umweltveränderungen und insbesondere des Klimawandels. Hier laufen wichtige Verkehrswege vom Land, vom Meer und aus der Luft zusammen, die einen hohen Anteil von Treibhausgasemissionen verursachen. Und vielfach konzentrieren sich in großen Hafenstädten auch bedeutende Industrieanlagen und Einrichtungen zur Energieerzeugung der jeweiligen Länder. Das oft im Vergleich zum Hinterland höhere Konsumniveau der Bevölkerung besitzt außerdem einen erheblichen

Einfluss auf die Produktion von Konsumgütern nicht nur vor Ort, sondern weltweit und sorgt für deren energieaufwendigen Transport. Küstenstädte sind daher ein wesentlicher Treiber der CO₂-Emissionen und somit durchaus mitverantwortlich für ihre eigene Gefährdung durch einen höheren Meeresspiegel, stärkere Stürme, Überschwemmungen und Hitzewellen (WBGU 2016).

New York als gefährdete Megastadt

In der Metropolregion New York, wozu neben New York City (NYC) auch Teile der Staaten New York, New Jersey, Connecticut und Pennsylvania gehören, lebten im Jahr 2017 rund 20 Mio. Menschen, fast die Hälfte davon allein in NYC (DEPIETRI et al. 2018a). Große Teile der Metropolregion liegen weniger als 5 m über dem mittleren Meeresspiegel. 400.000 Menschen leben in NYC innerhalb des Überflutungsgebietes eines Hochwasserereignisses, das statistisch unter heutigen Bedingungen alle 100 Jahre einmal auftritt (GARNER et al. 2017). Die Uferbereiche von NYC erstrecken sich über eine Länge von 837 km, mit wichtigen Verkehrs- u.a. Infrastrukturanlagen wie drei internationalen Flughäfen, Hafenanlagen, U-Bahnen, Tunnel, Brücken, Abwasseranlagen, Kraftwerken etc. (GORNITZ et al. 2019). Dennoch galt New York traditionell nicht als eine Stadt, die durch Naturkatastrophen besonders stark gefährdet schien (DEPIETRI et al. 2018b). Diese Sichtweise hat sich jedoch seit den verheerenden Folgen des Hurrikans Sandy im Jahr 2012 geändert (DE BLASIO 2019), so dass die Stadt heute durchaus als ein bedeutendes Beispiel für die Gefährdung von Küstenstädten durch den Klimawandel gesehen werden kann.

Hurrikan Sandy und die mit ihm verbundenen Stürme und Überflutungen waren ein außergewöhnliches Ereignis, das weltweite Beachtung fand. Über



Abb. 3.2-2: Einfahrt zum Brooklyn-Battery-Straßentunnel, geflutet durch Hurrikan Sandy (Wikimedia Commons: Hugh L. Carey Tunnel during Hurricane Sandy, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hugh_L._Carey_Tunnel_during_Hurricane_Sandy_vc.jpg, Lizenz: CC BY).

einen längeren Zeitraum von über 100 Jahren gesehen fielen jedoch die meisten Menschen in NYC Hitze- wellen zum Opfer, die weniger spektakulär auftreten und bei denen das Sterben von zumeist armen und ge- schwächten Menschen sich weniger auffällig vollzieht. Allerdings richteten Hurrikane und tropische Stürme den größten Sachschaden an (Abb. 3.2-3). Und weitere Gefährdungen gehen auch von den häufig auftretenden, wenn auch weniger folgenreichen Nordoststürmen aus sowie von Hochwasserereignissen durch starke Nieder- schläge, die der stark versiegelte Boden und die wenig leistungsfähige und veraltete Kanalisation nicht aus- reichend aufnehmen können. Die Wetterrisiken, denen New York ausgesetzt ist, drohen einmal vom Meer her, zum anderen aber auch, weil die größte Stadt der USA ein dicht bebauter Ballungsraum ist, der sich von sei- nem ländlichen Umland signifikant unterscheidet.

Meeresspiegelanstieg

85,5 km² und damit gut ein Zehntel der gesamten Land- fläche in NYC liegen im Überschwemmungsgebiet eines Hochwasserereignisses vom Ozean her, das unter heutigen Bedingungen statistisch alle 100 Jahre einmal vorkommt (GORNITZ et al. 2019). Wie hoch bei solchen Ereignissen das Wasser aufläuft, hängt nicht nur von den unmittelbaren Ursachen wie der Stärke der Stürme oder dem Zusammenfall von Sturm und Tidehochwasser ab. Eine grundlegende Komponente ist die Veränderung des Meeresspiegels, der sich im globalen Vergleich in den letzten 100 Jahren überdurchschnittlich erhöht hat.

Mit 45,7 cm ist der relative Meeresspiegel am Pe- gel The Battery an der Südspitze von Manhattan zwi- schen 1856-2017 etwa doppelt so stark angestiegen wie

der mittlere globale Meeresspiegel mit ca. 20 cm zwi- schen 1900 und 2015 (GORNITZ et al. 2019, Abb. 3.2- 4). Die wichtigste Ursache ist die immer noch anhal- tende isostatische Absenkung der Region als Spätfolge des Abschmelzens der Eismassen des Laurentischen Eisschildes auf dem nordamerikanischen Kontinent am Ende der letzten Eiszeit. Die Entlastung der Erdkruste bewirkt dabei eine Anhebung der ehemals mit Eis be- deckten Gebiete, außerhalb davon wie im Raum von New York kommt es durch den Rückfluss des viskosen Erdmantels dagegen zu einer Absenkung. Glazialiso- statische Ausgleichsbewegungen spielen auch beim gegenwärtigen Abschmelzen der Eisschilde Grönlands und der Antarktis eine Rolle. Da sie sich aber in zeit- lichen Skalen von Jahrtausenden vollziehen, machen sie sich beim bisherigen Meeresspiegelanstieg und auch in den nächsten Jahrzehnten und Jahrhunderten kaum bemerkbar. Der Massenverlust des Grönlä- ndischen Eisschildes bewirkt allerdings unmittelbar, dass durch die nachlassende Gravitation die Wasser- massen des Ozeans in der Umgebung der Eisschilde absinken, was sich auch noch vor der relativ nahe lie- genden amerikanischen Nordostküste geringfügig aus- wirkt. Das Abschmelzen des Antarktischen Eisschildes hat jedoch durch denselben Prozess wegen der größe- ren Entfernung einen Anstieg des Meeresspiegels vor New York zur Folge, der die von Grönland ausgehende Wirkung deutlich übertrifft (SLANGEN et al. 2014). Ein weiterer wichtiger Faktor ist die Abschwächung der Me- ridionalen Umwälzirkulation (AMOC) im Nordatlantik durch eine Erhöhung der Meeresoberflächentemperatur und verstärkte Süßwasserzufuhr. Nach Modellbere- chnungen führt das zu einer Erwärmung und Erhöhung des

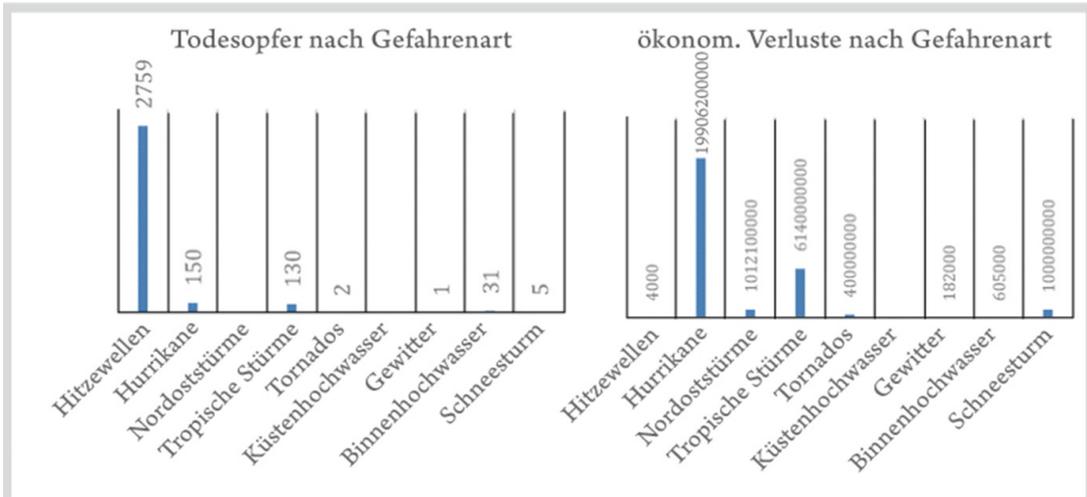


Abb. 3.2-3: Todesfälle und ökonomische Verluste durch Naturkatastrophen in NYC 1876-2016 (DEPIETRI & MCPHEAR- SON 2018b, verändert, Lizenz: CC BY).

Meeresspiegels im nordwestlichen Atlantik (KRASTING et al. 2016). Dieser Prozess ist zwar durch Messungen noch nicht vollständig bestätigt, könnte aber zukünftig von Bedeutung sein.

Neuere Studien gehen davon aus, dass die bisherigen Ursachen für den relativen Meeresspiegelanstieg in New York City auch im nächsten Jahrhundert und darüber hinaus weiterwirken bzw. sich noch verstärken werden (GARNER et al. 2017). Die Projektionen des IPCC-Berichts von 2013 zum globalen Meeresspiegelanstieg werden darin als zu konservativ angesehen. Jüngere Beobachtungen zu den Eisschilden von Grönland und der Antarktis sowie Fortschritte in der Eisschild-Modellierung haben die Instabilität vor allem des Westantarktischen Eisschildes betont und lassen bis 2100 einen höheren absoluten Meeresspiegelanstieg erwarten als bisher angenommen. Aufgrund der weiter bestehenden Unsicherheit über die dynamischen Prozesse des Antarktischen Eisschildes wird daher in Studien, die sich mit dem Meeresspiegelanstieg für NYC befassen, für die politische Planung auch ein extremes Szenario projiziert, bei dem davon ausgegangen wird, dass der westantarktische marine (d. h. größtenteils auf dem Meeresboden aufsetzende) Eisschild erheblich an Masse verliert (GORNITZ et al. 2019). Dieses als ARIM (*Antarctic Rapid Ice Melt*) bezeichnete Szenario ist zwar bei einer Eintrittswahrscheinlichkeit bis 2100 von unter 10 % relativ unwahrscheinlich, physikalisch aber durchaus möglich und basiert auf einem aktuellen Verständnis der Prozesse des Antarktischen Eisschildes. Berechnungen auf der Basis des ARIM-Szenarios ergeben bis 2100 eine obere Grenze für den globalen Meeresspiegel von 250 cm gegenüber dem Jahr 2000 (SWEET et al. 2017). Für NYC bedeutet das, dass ein Meeresspiegelanstieg gegenüber der vorindustriellen Zeit um ca. 290 cm bis 2100 im Bereich des Möglichen liegt.

Sturmfluten und Hochwasser

Auch der bisherige Meeresspiegelanstieg allein hat schon dazu geführt, dass sich bei Tidehochwasser Überschwemmungen ohne die Beteiligung von Sturmereignissen in NYC seit den 1950er Jahren mehr als verdoppelt haben. Sie machen sich vor allem in den tiefer gelegenen Stadtteilen rund um die Jamaica Bay am Südrand von Brooklyn und Queens bemerkbar (Abb. 3.2-6). Bei Sturmfluten läuft das Hochwasser noch wesentlich höher auf. Die meisten der 22 bekannten historischen Sturmfluten waren durch außertropische Stürme verursacht, vor allem durch Nordoststürme. Sie blieben in den letzten 150 Jahren jedoch unter einen Wasserstand von 2,20 m über dem mittleren Meeresspiegel (ORTON et al. 2019).

Die verheerendsten vier bekannten Überschwemmungen (1788, 1821, 1960 und 2012) in New York waren dagegen alle mit einem tropischen Wirbelsturm verbunden. Den höchsten Wasserstand im New Yorker Hafen in den letzten 300 Jahren verursachte mit 3,40 m über dem mittleren Meeresspiegel der Hurrikan Sandy im Jahr 2012 (ORTON et al. 2019). Daran beteiligt sind auch lokale Gegebenheiten, die das Hochwasser im Raum New York zusätzlich verstärken. Die Küsten von Long Island und New Jersey bilden einen nach Osten offenen rechten Winkel (Abb. 3.2-5). Dadurch kommt es bei einem sich von Osten nähernden Hurrikan zu Stauwirkungen, und Sturmfluten laufen Richtung NYC deutlich höher auf (BRANDON et al. 2015).

Hurrikan Sandy wandelte sich vor seinem Auftreten auf Land von einem tropischen zu einem außertropischen Sturm. Eine blockierende Hochdrucklage mit starken Nordoststürmen drängte den einstigen Hurrikan, der sich durch die Vereinigung mit Nordostwinden zu einem Supersturm von 1700 km Ausdehnung

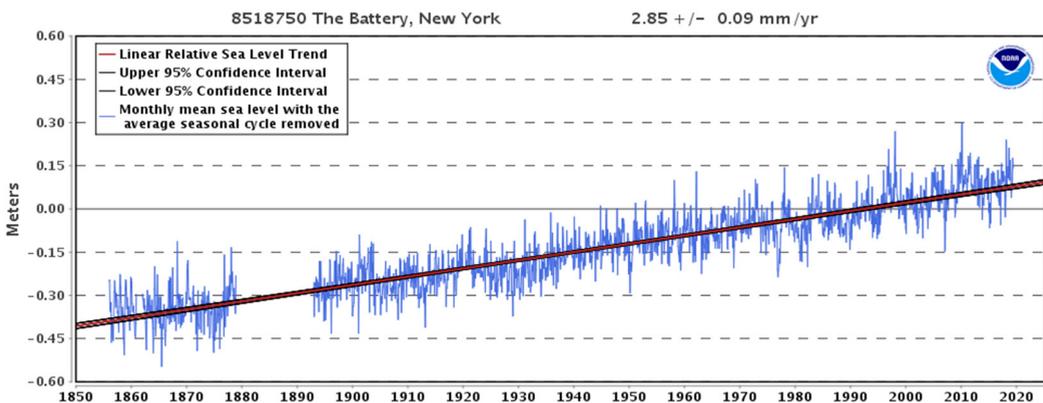


Abb. 3.2-4: Relativer Meeresspiegelanstieg am Pegel The Battery, NYC, 1856-2018; der mittlere Trend beträgt 2,85 mm/Jahr (NOAA Tides & Currents o.J., public domain).

auswuchs, Richtung Ostküste der USA. Hinzu kam der zeitliche Zusammenfall der maximalen Sturmflut mit einer Gezeitenflut, die zusammen das Wasser an die Küsten drückten (KUNZ et al. 2013). Sandy forderte allein in NYC nicht nur 43 Todesopfer, sondern verursachte auch einen Sachschaden von 19 Mrd. US-Dollar. Teilweise war wochenlang die Stromversorgung unterbrochen. Fünf Krankenhäuser mussten vorübergehend schließen und ihre Patienten evakuieren. Im südlichen Brooklyn, South Queens und Staten Island wurden fast 70.000 Gebäude beschädigt. Stark betroffen war auch die New Yorker Metro; Straßen, Tunnel (Abb. 3.2-2), Eisenbahnstrecken und Flughäfen waren vorübergehend überflutet (DEPIETRI et al. 2018a).

Aber nicht nur Menschen und Infrastrukturanlagen sind in NYC durch Extremereignisse wie den Hurrikan Sandy bedroht. Auch die natürlichen Landschaftsformen sind seit Jahrzehnten durch den stetig steigenden Meeresspiegel und Sturmfluten gefährdet (vgl. GORNITZ et al. 2019). Diese wirken sich z. B auf die den Küsten vorgelagerten Salzmarschen aus, die u.a. eine wichtige Funktion als Wellenbrecher bei Sturm-

fluten besitzen. Insbesondere in der Jamaica Bay haben viele Salzmarschen durch den Meeresspiegelanstieg an Fläche verloren. In Verbindung mit hohen Wellen verstärkt der Meeresspiegelanstieg bei starken Stürmen auch die Erosion von Stränden, von denen viele schon gegenwärtig künstlich aufgeschüttet werden müssen. Ein anderes Problem ist das Eindringen von Salzwasser, das sich allmählich den Hudson River aufwärts bewegt und den Salzgehalt des Brackwassers von Lagunen erhöht. Der Hauptgrund sind auch hier der Meeresspiegelanstieg und Sturmfluten. Daneben verringern höhere Lufttemperaturen und die dadurch bedingte zunehmende Verdunstung sowie gelegentlich auftretende Dürren den Süßwasserabfluss und fördern so ebenfalls das Vordringen der Salzfront. Das stellt nicht zuletzt ein Problem für die Trinkwasseraufbereitung am Hudson River dar.

Durch den fortgesetzten Meeresspiegelanstieg wird bei Sturmfluten im 21. Jahrhundert der Wasserspiegel weiter ansteigen. Überschwemmungen, die in den 2080er Jahren einmal in 100 bzw. in 500 Jahren auftreten werden, werden nach Modellberechnungen eine Wasserhöhe von 3,78 m bzw. 4,91 m erreichen.

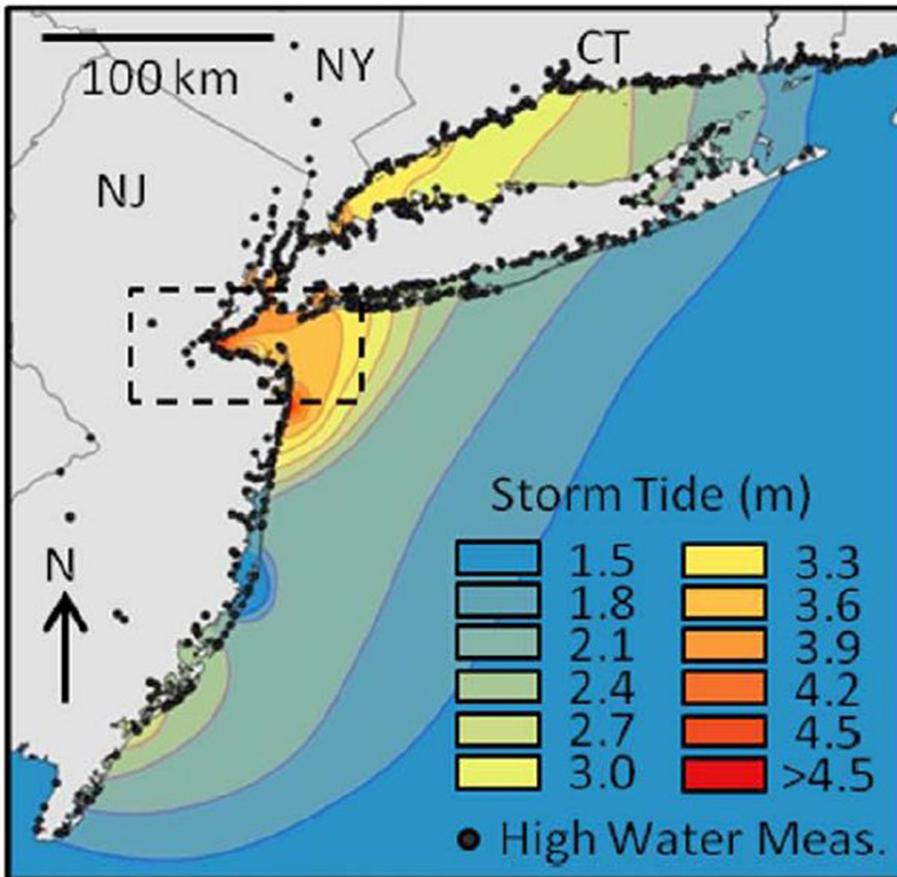


Abb. 3.2-5: Sturmfluthöhe während des Hurrikans Sandy (BRANDON et al. 2014, Lizenz: CC BY-NC-ND).

Nach dem extremen Meeresspiegel-Szenario ARIM sind in den 2080er Jahren auch 5,5 m möglich. Heutige 100-Jahre-Fluten werden in den 2080ern je nach Szenario alle 8 bis 59 Jahre auftreten. Und falls das ARIM-Szenario wirklich Realität werden sollte, liegt die Wiederkehrperiode eines heutigen 500-Jahre-Hochwassers bei weniger als 5 Jahren. Die täglichen Überschwemmungen durch die Tide könnten gegen Ende des 21. Jahrhunderts dann sogar höher ausfallen als die jüngsten Überflutungen durch den Hurrikan Sandy (ORTON et al. 2019). Modellprojektionen zeigen für die nordatlantischen Hurrikane eine Abnahme der Gesamtzahl der Hurrikane, aber eine Zunahme der starken Hurrikane. Außerdem wurde eine Abnahme der westwärts gerichteten Zugbahnen berechnet und ein häufigeres Abdrehen der Zugbahnen nach Osten. Das würde bedeuten, dass künftig weniger tropische Wirbelstürme auf die Küsten der Karibik und Nordamerikas treffen werden. In den selteneren Fällen würden die Hochwasser durch die intensiveren Stürme und das höhere Meeresspiegelniveau allerdings wesentlich weiter ins Land reichende Überschwemmungen bewirken als heute (WALSH et al. 2016).

Hochwasser droht New York City jedoch nicht nur von Meer her, sondern auch durch starke Niederschläge. Die dichte Bebauung begrenzt die Fähigkeit des Bodens, Wasser aufzunehmen und versickern zu lassen und erhöht das Risiko von Überschwemmungen. Die mittlere Oberflächenversiegelung nimmt 72 % der Fläche von NYC ein. Das veraltete Kanalsystem verkräftet höchstens 38 mm Niederschlag pro Stunde. Die Kanalisation ist bei starken Niederschlägen überlastet und es kommt besonders in tiefer gelegenen Gebieten relativ häufig zu Überschwemmungen. Nach neueren Untersuchungen nehmen in NYC die täglichen Niederschlagsmaxima im Herbst zu. Projektionen zeigen jedoch keine klaren Trends (DEPIETRI et al. 2018a).

Hitzewellen

Neben Sturmfluten und Überschwemmungen stellen sommerliche Hitzewellen ein signifikantes Problem für New York City dar. New York liegt mit 40° n.Br. etwa auf derselben Breite wie Madrid und ist daher subtropisch geprägt. Die Stadt steht trotz ihrer Küstenlage zusätzlich unter kontinentalem Einfluss. Die Winter sind daher kalt und die Sommer können bei starker



Abb. 3.2-6: Potenzielle Hochwassergebiete in NYC bei einem 100-Jahres-Hochwasser um 2010 (nach Einschätzung der Federal Emergency Management Agency, FEMA) sowie bei gleicher Wiederkehrperiode in den 2020er (bei einem zusätzlichen Meeresspiegelanstieg von 28 cm) und 2050er Jahren (bei einem zusätzlichen Meeresspiegelanstieg von 79 cm), verändert (KENNEDY 2014, public domain).

Sonneneinstrahlung sehr heiß werden. Die dichte Bebauung und die Größe der Stadt begünstigen außerdem die Ausbildung von städtischen Wärmeinseln, die wiederum Hitzeereignisse verstärken. Besonders in den dicht bebauten Gebieten mit wenigen Grünanlagen sind in NYC die städtischen Wärmeinseln intensiv ausgeprägt. Im Sommer und Herbst liegen hier die Lufttemperaturen um 4 °C über denen der weniger verdichteten Stadtgebiete (DEPIETRI et al. 2018a). Wichtige Ursachen für die Entstehung von städtischen Wärmeinseln sind die Bedeckung des Bodens mit Asphalt und Beton für Verkehrsanlagen und Gebäude. Deren Oberflächen wandeln die einfallende Sonnenstrahlung in sensible und Strahlungswärme um und nehmen so gut wie keine Feuchtigkeit auf. Dadurch kommt es kaum zur Verdunstung, und die daraus resultierenden Abkühlungseffekte bleiben aus. Durch die Lage am Meer erfährt New York allerdings bei Hitzeperioden eine gewisse Abkühlung vom Atlantik her. So liegen die Lufttemperaturen am John F. Kennedy Airport, der direkt an der Jamaica Bay liegt, um gut 1 °C unter denen des Central Parks in Manhattan. Hitzeperioden werden durch diesen Temperaturunterschied in ihren stärksten Ausprägungen teilweise nach Westen und Norden in Richtung New Jersey und Bronx abgedrängt (GONZALES et al. 2019). Wie einige Untersuchungen gezeigt haben, wird der Seewind jedoch gerade bei Hitzeperioden durch westliche

Winde vom Land her häufig blockiert (RAMAMURTHY et al. 2017).

Die mittleren Sommertemperaturen zeigen in New York City einen klaren Aufwärtstrend (Abb. 3.2-7). Als Hitzeperioden werden für NYC mindestens drei aufeinanderfolgende Tage mit einer Lufttemperatur von über 32 °C definiert (NOAA o.J.). Größere frühere Hitzeperioden ereigneten sich 1966, 1972 mit 253 zusätzlichen Toten an einem Tag, 2006 mit 46 Toten und 2013 mit 26 Toten. Die Anzahl der Opfer durch Hitzeperioden ist seit Beginn des 20. Jahrhunderts rückläufig, was durch die bessere Anpassung vor allem durch die Nutzung von Klimaanlage bedingt ist (DEPIETRI et al. 2018a). Projektionen nach dem Szenario RCP8.5 zeigen, dass die Anzahl der Hitzeperioden wahrscheinlich um jährlich eine Hitzeperiode alle 20 Jahre bis 2060 zunehmen wird. Die geringe Steigerung in der Anzahl ist dadurch zu erklären, dass die Hitzeperioden um 2 Tage in 20 Jahren länger werden, wodurch es zur Verschmelzung mehrerer Hitzeperioden zu einer kommen kann. Deutlicher nimmt nach dem Szenario RCP8.5 zwischen 1971-2000 und dem Ende des Jahrhunderts die Hitzeperioden-Intensität (Mittel der Maximum-Temperaturen eines Ereignisses) von 34 °C auf 35-37 °C zu (GONZÁLEZ et al. 2019).

Im Zeitraum 1997-2006 war die Sterblichkeit an extrem heißen Tagen im gesamten Stadtgebiet von NYC um 4 % im Vergleich zu allen Tagen in der war-

New York (Central Park), New York, Average Temperature, June-August

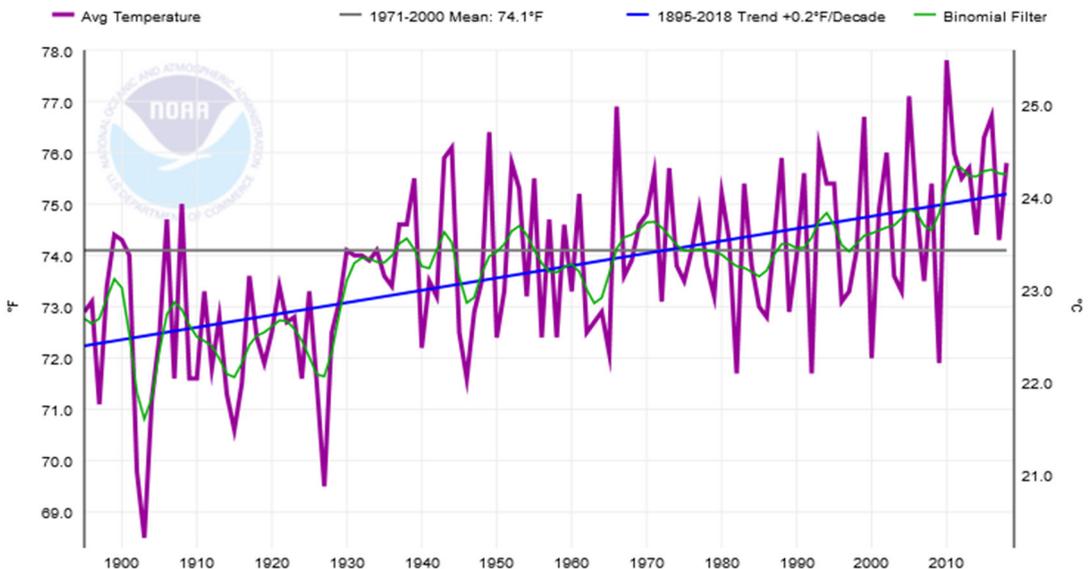


Abb. 3.2-7: Mittlere Sommertemperaturen (Juni-August) 1895-2018 New York, Central Parc, Angaben in Grad Fahrenheit (links) und Grad Celsius (rechts) (NOAA, National Center for Environmental Information: City Time Series, <https://www.ncdc.noaa.gov/cag/city/time-series>, Lizenz: public domain).

men Jahreszeit erhöht. Die zusätzliche Sterblichkeit während Hitzewellen war allerdings nicht gleichmäßig über die Stadt verteilt. Es gab höhere Sterblichkeitsraten in südlichen und westlichen Teilen der Bronx, im nördlichen Manhattan, im zentralen Brooklyn und im östlichen Midtown Manhattan. Diese Gebiete weisen im Mittel schlechtere Wohnbedingungen, ein geringes Einkommen und einen hohen Anteil an Afro-Amerikanern auf. Außerdem gibt es in solchen Vierteln auch wenige Grünanlagen, eine hohe Bodenversiegelung und dadurch höhere Bodentemperaturen sowie einen geringeren Maß an Zugang zu Klimaanlage im Vergleich zu anderen Stadtgebieten. Bei höherer Pflanzenbedeckung, einem größeren Anteil von Weißen und höherem Einkommen sowie einer größeren Verbreitung von Klimaanlage waren die Mortalitätsraten deutlich niedriger (KLEIN ROSENTHAL et al. 2014). Insbesondere konnten diese Zusammenhänge bei der Sterblichkeit

von Senioren ab 65 Jahren während sehr heißer Tage festgestellt werden (Abb. 3.2-8).

Schluss: Was tun?

Die Verantwortlichen in New York City waren sich schon früh der Gefährdung ihrer Stadt durch Wetterextreme bewusst und haben bereits am Ende des 19. Jahrhunderts Maßnahmen gegen Hitzewellen zum Schutz vor allem der ärmeren Bevölkerung ergriffen. Durch die Einrichtung von zentralen Kühlräumen mit Klimaanlage wurde diese Tradition in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts weiterentwickelt. Weniger vorbereitet ist NYC auch heute noch auf Hochwasser, die den Küstengebieten zwar selten, aber dann um so gefährlicher von Hurrikanen drohen (DEPIETRI et al. 2018a, COCH 2015). Seit Hurrikan Sandy hat sich die Stadt mit dem bereits 2008 gegründeten New York City Panel on Climate Change (DE BLASIO 2019) jedoch verstärkt darum

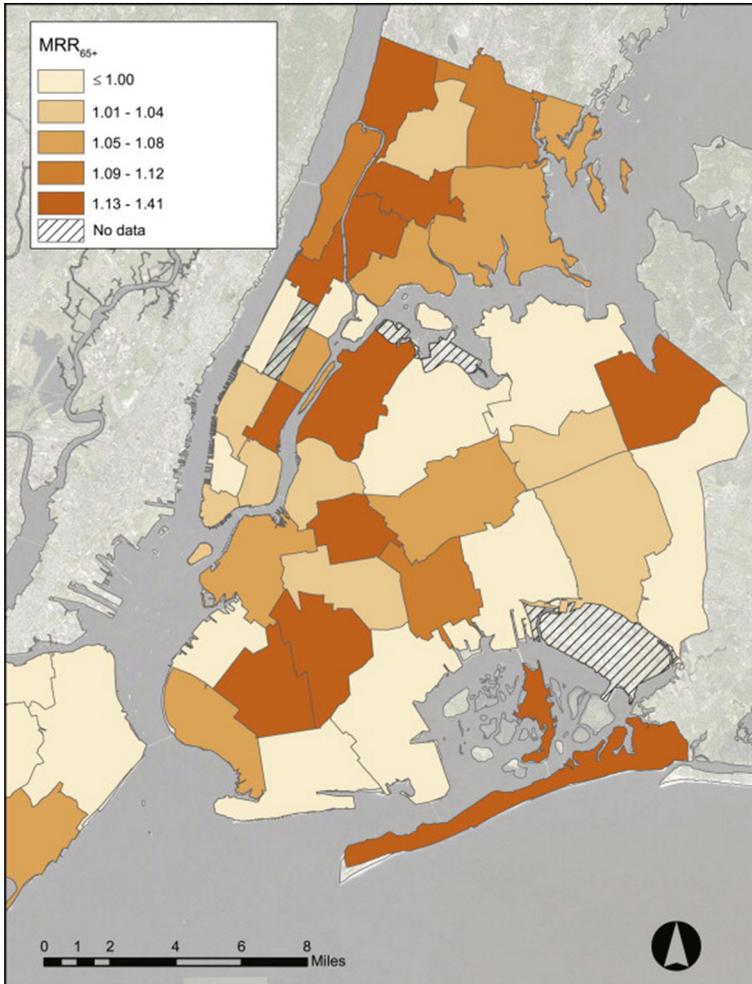


Abb. 3.2-8: Sterblichkeitsrate bei Senioren über 65 Jahren (MRR₆₅₊) in New Yorker Stadtteilen während sehr heißer Tage (ab 38 °C) während aller Tage im Mai-September 1997-2006. 1.13 in der Legende bedeutet eine um 13 % höhere Sterblichkeitsrate als im Mittel (KLEIN ROSENTHAL et al. 2014; Lizenz: CC BY-NC-SA).

bemüht, das Risiko durch den Klimawandel für ihre nahezu 10 Mio. Einwohner und die wichtigsten Infrastrukturanlagen zu erforschen und für die Zukunft möglichst realistisch zu projizieren. Gleichzeitig wurden Anpassungsstrategien für eine widerstandsfähige Stadtentwicklung ausgearbeitet und einige Maßnahmen in Reaktion auf Sandy umgesetzt.

Eine wesentliche Unterstützung wird dabei in der Kooperation mit der Bevölkerung in den gefährdeten Stadtteilen sowie mit anderen US-Städten wie Boston und Philadelphia gesehen (SOLECKI & ROSENZWEIG 2019). Als wichtig hat sich aber auch die Zusammenarbeit auf internationaler Ebene erwiesen, so z.B. mit Kopenhagen bei Hochwasserproblemen. Eine Maßnahme, die daraus hervorging, war etwa, asphaltierte Flächen durch Grasbewuchs zu ersetzen und Räume für das vorübergehende Aufstauen von Wasser zu schaffen. Eine ähnliche Zusammenarbeit gab es auch mit London. Solche Partnerschaften könnten zur Stärkung der Widerstandsfähigkeit von Städten gegen den Klimawandel einen wesentlichen Beitrag leisten. Die Mittel dafür stehen allerdings Küstenstädten wie New York oder Kopenhagen in einem erheblichen größeren Ausmaß zur Verfügung als Küstenmetropolen in sich entwickelnden Ländern wie Mumbai, Alexandria oder Jakarta. Die Chancen einer erfolgreichen Klimaanpassung werden aber auch für New York nur dann groß sein, wenn das Klimarisiko klein gehalten wird. Und das ist eine globale Aufgabe.

Literatur

- BRANDON C. M., J. D. WOODRUFF, J. P. DONNELLY & R. M. SULLIVAN (2014): How Unique was Hurricane Sandy? Sedimentary Reconstructions of Extreme Flooding from New York Harbor, *Scientific Reports* 4. <https://doi.org/10.1038/srep07366>.
- COCH N. K. (2015): Unique Vulnerability of the New York-New Jersey Metropolitan Area to Hurricane Destruction, *Journal of Coastal Research* 31, 196-212, <https://www.jstor.org/stable/43290194>.
- DE BLASIO B. (2019): New York City Panel on Climate Change 2019 Report, Foreword, *Ann. New York Acad. Sci.*, doi: 10.1111/nyas.14061.
- DEPIETRI Y., K. DAHAL & T. MCPHEARSON (2018a): Multi-hazard risks in New York City, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 18, 3363-3381, <https://doi.org/10.5194/nhess-18-3363-2018>.
- DEPIETRI Y. & T. MCPHEARSON (2018b): Changing urban risk: 140 years of climatic hazards in New York City, *Clim. Change*, 148, 1-14, doi:10.1007/s10584-018-2194-2
- GARNER A. J., M. E. MANN, K. E. EMANUEL, et al. (2017): Impact of climate change on New York City's coastal flood hazard: increasing flood heights from the preindustrial to 2300 CE. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 114: 11861-11866.
- GONZÁLEZ J. E., L. ORTIZ, B. K. SMITH, N. DEVINENI et al. (2019): New York City Panel on Climate Change 2019 Report, Chapter 2: New Methods for Assessing Extreme Temperatures, Heavy Downpours, and Drought. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 1439: 30-70. doi:10.1111/nyas.14007.
- GORNITZ V., M. OPPENHEIMER, R. KOPP, P. ORTON et al. (2019): New York City Panel on Climate Change 2019 Report, Chapter 3: Sea Level Rise. *Ann. New York Acad. Sci.*, 1439, 71-94, doi:10.1111/nyas.14006.
- KENNEDY C. (2014): Future Flood Zones for New York City, <https://www.climate.gov/news-features/featured-images/future-flood-zones-new-york-city>.
- KLEIN ROSENTHAL J., P. L. KINNEY & K. B. METZGER (2014): Intra-urban vulnerability to heat-related mortality in New York City, 1997-2006, *Health Place*, 30, 45-60, doi:10.1016/j.healthplace.2014.07.014.
- KRASTING, J.P., J.P. DUNNE, R.J. STOUFFER, and R.W. HALLBERG (2016): Enhanced Atlantic sea level rise relative to the Pacific under high carbon emission rates. *Nat. Geosci.* 9: 210-214.
- KUNZ M., B. MÜHR, T. KUNZ-PLAPP, J. E. DANIELL et al. (2013): Investigation of superstorm Sandy 2012 in a multi-disciplinary approach, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 13, 2579-2598.
- NOAA TIDES & CURRENTS (o.J.): Relative Sea Level Trends, The Battery, New York. https://tidesandcurrents.noaa.gov/sltrends/sltrends_station.shtml?id=8518750. Abgerufen 9.9.2019.
- NOAA NATIONAL WEATHER SERVICE (o.J.): Central Park Heat Wave Climatology. <https://www.weather.gov/okx/nycheatwave>. Abgerufen am 24.7.2019.
- ORTON P., N. LIN, V. GORNITZ, B. COLLE et al. (2019): New York City Panel on Climate Change 2019 Report Chapter 4: Coastal Flooding. *Ann. New York Acad. Sci.*, 1439, 95-114, doi:10.1111/nyas.14011.
- RAMAMURTHY P., J. GONZÁLEZ, L. ORTIZ, et al. (2017): Impact of heatwave on a megacity: an observational analysis of New York City during July 2016. *Environ. Res. Lett.* 12. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa6e59>.
- SLANGEN A. B. A., M. CARSON, C. A. KATSMAN, R. S. W. VAN DE WAL et al. (2014): Projecting twenty-first century regional sea level changes. *Clim. Change*. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1080-9>.
- SOLECKI W. & C. ROSENZWEIG (2019): New York City Panel on Climate Change 2019 Report Chapter 9: Perspectives on a City in a Changing Climate. *Ann. New York Acad. Sci.*, 1439, 280-305, doi:10.1111/nyas.14011.
- SWEET W. V., R. E. KOPP, C. P. WEAVER, et al. (2017): Global and regional sea level rise scenarios for the United States. NOAA Technical Report NOS CO-OPS 083.
- UNITED NATIONS (Department of Economic and Social Affairs, Population Division) (2018): The World's Cities in 2018 - Data Booklet (ST/ESA/SER.A/417).
- WALSH K.J., J. MCBRIDE, P. J. KLOTZBACH, S. BALACHANDRAN et al. (2016): Tropical cyclones and climate change. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 7(1), DOI:10.1002/wcc.371.
- WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen) (2016): Der Umzug der Menschheit: Die transformative Kraft der Städte, <https://www.wbgu.de/de/publikationen/publikation/der-umzug-der-menschheit-die-transformative-kraft-der-staedte>. Abgerufen am 24.7.2019.

Kontakt:

Dr. Dieter Kasang
Deutsches Klimarechenzentrum
Kasang@dkrz.de

Kasang D. (2019): Küstenstädte - das Beispiel New York. In: LOZÁN J. L. S.-W. BRECKLE, H. GRASSL, W. KUTTLER & A. MATZARAKIS (Hrsg.). *Warnsignal Klima: Die Städte*. pp. 82-90. online: www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de. doi:10.2312/warnsignal-klima.die-staedte.12.