

Hagelstürme in einem sich erwärmenden Klima



Timothy H. Raupach, Universität von New South Wales, Australien

*Wer einmal einen grossen Hagelsturm erlebt hat, weiss wie verwüstend diese sein können. Ihre Kapazität Fahrzeuge einzuschlagen und Hausdächer zu zerstören, macht sie zum Alptraum für Versicherungen. Es ist weithin bekannt, dass der Klimawandel einige Wetter-Extreme auf der Welt beeinflusst. Wie aber wird der Klimawandel auf künftige Hagelstürme auswirken? Tim Raupach und seine Kolleg*innen haben nachgeforscht, was für Veränderungen bisher beobachtet und modelliert wurde. Die allgemeine, auf Theorie basierende, Annahme ist, dass der Klimawandel die Häufigkeit von Hagelstürmen reduziert, jedoch zu grösseren Hagelkörnern führt, was das Schadensausmass erhöht. Hier erklärt Tim, was seine Nachforschungen ergeben haben und warum die Realität von Hagelstürmen komplizierter ist als die Theorie.*

Hagelstürme können extreme Schäden mit sich bringen – heftige Hagelereignisse verletzen Personen, beschädigen Gebäude und Fahrzeuge und zerstören die Ernte. Einzelne starke Hagelstürme können über 1 Milliarde US\$ in Schäden verursachen. Mit dem sich erwärmenden Klima ist es natürlich zu fragen, ob der Klimawandel Hagelstürme beeinflusst. In einem kürzlich erschienenen Review-Artikel publiziert in *Nature Reviews Earth & Environment* (Raupach et al, 2021), haben meine Co-Autor*innen und ich den aktuellen Wissensstand bezüglich Klimawandel und Hagelstürme zusammengefasst. Wir haben die bestehenden Unsicherheiten erklärt und Vorschläge gemacht, wie wichtige, aktuelle Wissenslücken geschlossen werden können.

Woher kommt Hagel?

Gewitter, welche Hagel produzieren, entstehen unter bestimmten Bedingungen. In der Atmosphäre muss konvektionelle Instabilität herrschen, was bedeutet, dass die Temperatur der Umgebungsluft sich mit der Höhe schneller abkühlt als die Temperatur eines steigenden Luftpaketes, welches mechanisch gehoben wird. In einer instabilen Atmosphäre ist ein steigendes Luftpaket wärmer als die Umgebungsluft. Dies verschafft ihm Auftrieb, wodurch es von alleine weiter steigt: Luft, welche auf diese Weise steigt formt einen Aufwind.

Während die Luft steigt, kondensiert der enthaltene Wasserdampf und nimmt eine flüssige Form an. Wenn die Temperatur über dem Schmelzpunkt, respektive der 0°C-Grenze, tief genug ist, gefriert ein Teil des Wassers zu Eis, aber ein Teil wird unterkühlt, was bedeutet, dass es flüssig bleibt, obwohl die Temperatur unter dem Gefrierpunkt ist. Tropfen von unterkühltem Wasser kollidieren mit Eispartikel und gefrieren diesen an, wodurch sich Eisklumpen formen. Ein solcher Eisklumpen wird ein Hagelkorn genannt, insofern es einen Durchmesser von 5 mm überschreitet. Die Zeitdauer, in der ein Hagelkorn unterkühltes Wasser sammelt, bestimmt wie gross es werden kann. Ein Hagelkorn fällt, wenn es nicht mehr von den Aufwinden getragen werden kann und beginnt zu schmelzen während es durch die wärmere Luft fällt. Wenn es während des Falls komplett schmilzt, wird es zu Regen, andernfalls erreicht es den Boden als Hagel.



Die Zeitdauer, in der ein Hagelkorn unterkühltes Wasser sammelt, bestimmt wie gross es werden kann. (Foto von AngelaJMahr auf Pixabay)

Wie könnte sich der Klimawandel theoretisch auf den Hagel auswirken?

Es ist zu erwarten, dass einige Faktoren, welche Hagelstürme beeinflussen auch vom Klimawandel beeinflusst werden. Diese Faktoren sind die Instabilität in der Atmosphäre, die Höhe der 0°-Grenze und die vorhandene vertikale Windscherung.

Eine wärmere Atmosphäre enthält mehr Feuchtigkeit, und es wird allgemein erwartet, dass die atmosphärische Instabilität in einer wärmeren und feuchteren Atmosphäre zunimmt. Bei einer Zunahme von Feuchtigkeit und Instabilität werden eine Zunahme der Gewitterhäufigkeit sowie stärkere Aufwinde erwartet, die grössere Hagelkörner hervorbringen könnten.

In einer wärmeren Atmosphäre ist der Schmelzpunkt, sprich die 0°-Grenze höher, so dass sich die Distanz, in der Hagel durch die wärmere Luft fällt und schmilzt, erhöht. Bei einer höheren 0°-Grenze könnten kleinere Hagelkörner vollständig schmelzen, was die Häufigkeit von Hagelereignissen verringert. Hagelkörner, die nicht vollständig schmelzen, wären tendenziell grösser, wodurch die durchschnittliche Grösse der Hagelkörner, die den Boden erreichen, zunimmt.

Die vertikale Windscherung ist der Unterschied zwischen dem Wind in verschiedenen Höhen, wobei schwere Gewitter oft mit hoher Windscherung einhergehen. Es wird erwartet, dass der Klimawandel die vertikale Windscherung insgesamt verringert, jedoch sind die durch den Klimawandel bedingten Veränderungen bei Hagelstürmen im Allgemeinen eher durch Veränderungen der Instabilität bedingt. Mit Fokus auf die Veränderungen der Instabilität und der 0°-Grenze wird allgemein erwartet, dass der Klimawandel die Häufigkeit von Hagelstürmen verringert, aber die Hagelkorngrössen zunehmen und damit zu einer höheren Intensität führen kann. Unsere Analyse der

beobachteten und modellierten Hageltrends zeigt jedoch, dass die Realität komplexer ist und die Hageltrends je nach Ort stark variieren.

Was wurde beobachtet und modelliert?

In Ostasien ist die Hagelhäufigkeit seit etwa 1980 zurückgegangen und in China hat sich die maximale Hagelgrösse verringert. In keiner Modellierungsstudie wurden Hagelprognosen für Asien erstellt.

In Zentral- und West-Europa hat die Hagelhäufigkeit im Allgemeinen zugenommen, während im Süden und Osten ein Rückgang zu beobachten ist, aber die Trends sind räumlich sehr unterschiedlich. Prognosen für künftige Veränderungen in Europa deuten hin auf eine leichte Zunahme hagelfreundlicher Umgebungen und einer Zunahme der Wahrscheinlichkeit von grossen Hagelkörnern, obwohl die Studien nicht immer übereinstimmen und einige Ergebnisse eine geringe statistische Signifikanz aufweisen.

In Nordamerika zeigen die Beobachtungen keinen eindeutigen Gesamttrend für die Hagelhäufigkeit, obwohl es in einigen Regionen Hinweise auf positive Trends bei der Häufigkeit von grossen Hagelkörnern gibt. Die Prognosen für Nordamerika zeigen regional unterschiedliche Trends, eine Zunahme der hagelfördernden atmosphärischen Bedingungen und eine erwartete Verlagerung hin zu grösseren Hagelkörnern. Es werden weniger Ereignisse, aber intensivere Hagelstürme in der warmen Jahreszeit erwartet.

In Australien konzentrieren sich die Studien auf den Südosten und zeigen sowohl abnehmende als auch zunehmende Tendenzen bezüglich der Hagelhäufigkeit. Wobei eine neuere Studie positive Tendenzen bei sehr grossen Hagelkörnern in der Region Sydney aufzeigt, die mit der erwarteten Zunahme der atmosphärischen Bedingungen für Gewitter übereinstimmen.

Die Unsicherheit bezüglich der Auswirkungen des Klimawandels auf Hagelstürme ist nach wie vor sehr gross. Diese hohe Unsicherheit ist zum Teil darauf zurückzuführen, dass Hagelstürme relativ selten und relativ kleinräumig sind. Dies erschwert ihre Beobachtung und Modellierung über die für die Trendanalyse erforderlichen Zeitskalen. Um die Unsicherheit zu verringern, ist ein "prozessbasierter" Ansatz erforderlich, bei dem das Verständnis der Prozesse, die Hagelstürme beeinflussen, ihre Wechselwirkungen und ihre Veränderungen aufgrund des Klimawandels berücksichtigt werden.

Darüber hinaus sind weitere Studien auf der Grundlage von Beobachtungen und Simulationen erforderlich, insbesondere in den vielen Regionen der Welt, in denen die Entwicklung von Hagelstürmen bisher nicht untersucht wurde. Vollständige Referenzen und eine ausführliche Diskussion finden sich in unserer wissenschaftlichen Publikation (Raupach et al., 2021).

Mehr Informationen: t.raupach@unsw.edu.au

Referenz

Raupach TH, O Martius, JT Allen *et al.* (2021). The effects of climate change on hailstorms. *Nat Rev Earth Environ* 2: 213–226. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-00133-9>

Dr. Timothy H. Raupach ist Postdoktorand am UNSW Sydney Climate Change Research Centre und assoziierter Forscher am ARC Centre of Excellence for Climate Extremes. Zu seinen Forschungsinteressen gehören Radarmeteorologie, kleinräumige Niederschlagsvariabilität und die Auswirkungen des Klimawandels auf Konvektion und schwere Stürme. @timraupach auf Twitter

Die in diesem Artikel geäußerten Ansichten sind die der einzelnen Autoren und stellen nicht die Ansichten des Global Water Forum, des UNESCO-Lehrstuhls für Wasserwirtschaft und grenzüberschreitende Wasserbewirtschaftung, der UNESCO, der Australian National University, der Weltbank, der Universität Oxford oder einer der Institutionen dar, mit denen die Autoren verbunden sind. Die Allgemeinen Geschäftsbedingungen des Global Water Forum finden Sie [hier](#).

*Titelbild: Gewitter welche Hagel produzieren entstehen unter bestimmten Bedingungen. Die generelle Annahme ist, dass mit dem Klimawandel die Häufigkeit von Hagelstürmen abnimmt, jedoch die Hagelkorngrößen zunehmen und somit die auch die Intensität oder Heftigkeit von Hagelstürmen.
(Foto von [DerTobiSturmjaqd](#) auf Pixaby)*

