

1.4. Der Nachweis von Trends stösst an Grenzen

Christoph Frei

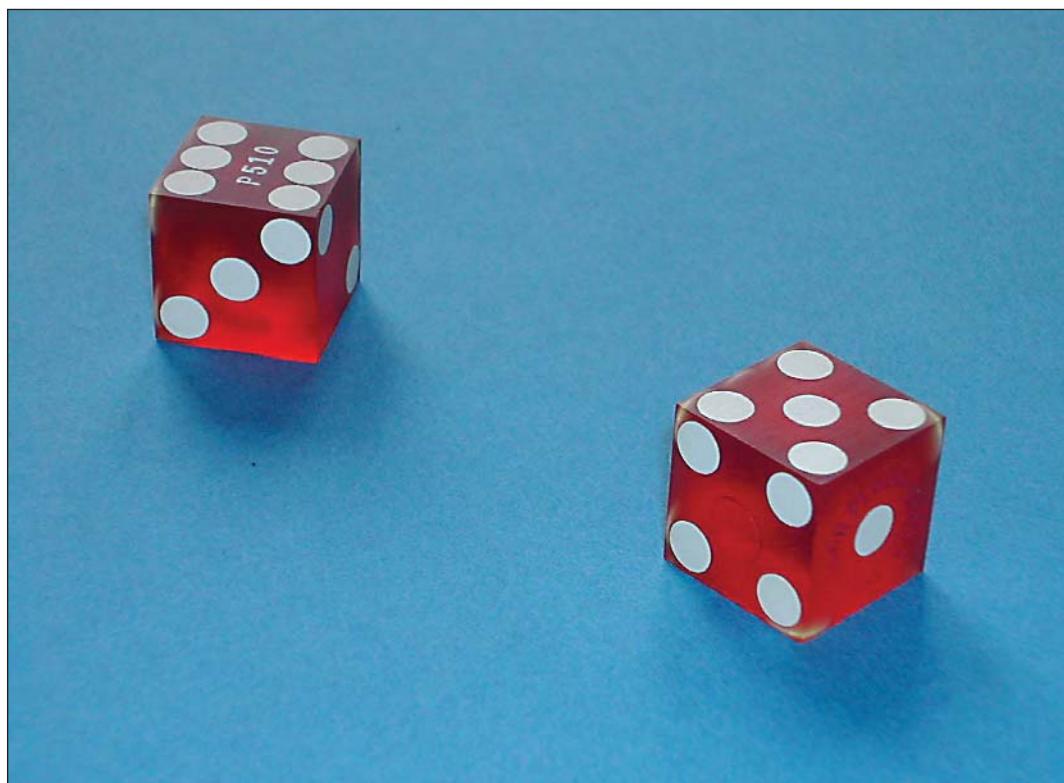
Der Nachweis von Trends bei Extremereignissen stösst wegen ihrer Seltenheit an grundsätzliche Grenzen. Je seltener nämlich die Ereignisse sind, umso schwieriger ist es, einen Trend nachzuweisen. Kleinere Häufigkeitsänderungen sehr seltener Ereignisse gehen in den natürlichen Klimavariationen unter. Die scheinbare Häufung von Extremereignissen in den letzten Jahren könnte durch einen wirklichen Trend oder durch Zufall verursacht sein. Extremereignisse sind deshalb ungeeignete Indikatoren für die globale Klimaänderung.

In der Schweiz gilt, im Rückblick der letzten 30 Jahre, das Jahr 1999 mit dem Lawinenwinter, dem Pfingsthochwasser, den sommerlichen Hagelgewittern und dem Wintersturm Lothar als dasjenige mit den zahlreichsten wetterbedingten Naturkatastrophen von nationaler Bedeutung. Ist dies eine unnatürliche Häufung, gar ein Anzeichen der globalen Klimaänderung? Was kann man darüber aus den langjährigen instrumentellen Klimabeobachtungen in Erfahrung bringen?

Die längsten instrumentellen Beobachtungsreihen in der Schweiz reichen zurück bis ins frühe 19. Jahrhundert (z.B. Grosser Sankt Bernhard bis 1818). Koordinierte Klimamessnetze mit weitgehend vergleichbaren Messbedingungen wurden in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts aufgebaut. Aus diesen Netzen liegen heute kontinuierliche Messreihen in täglicher Auflösung von etwa 100 Niederschlagsstationen und etwa 30 Temperaturstationen vor.^{1,2} Für andere Beobachtungsgrössen sind die Datengrundlagen weniger gut: Messungen der Windstärke zum Beispiel existieren über einen 100-Jahre-Zeitraum lediglich für drei Stationen (Bern, Basel und Zürich) und die zahlreichen Instrumentenwechsel und Stationsverschiebungen erschweren die Bereinigung der Zeitreihen von nicht klimatischen Signalen (Homogenisierung).³ Nach intensiver Aufarbeitung von instrumentellen Beobachtungsreihen in den letzten Jahren liegen heute für die Schweiz zahlreiche, im internationalen Vergleich qualitativ

hoch stehende Zeitreihen vor, die die notwendige zeitliche und räumliche Auflösung aufweisen, damit Langzeitvariationen und Trends für temperatur- und niederschlagsbedingte Extremereignisse untersucht werden können.

Trotz der komfortablen Datengrundlage stösst der Nachweis von Trends für Extremereignisse an prinzipielle Grenzen. Diese sind durch die Seltenheit der Ereignisse und eine damit verbundene statistische Unsicherheit bedingt: Der Nachweis eines Trends enthält eine Beurteilung darüber, ob die in den Beobachtungen vorgefundene Abfolge von Ereignissen das Ergebnis einer systematischen Veränderung (das Signal eines Trends) oder aber einfach das Resultat des Zufalls (das Rauschen des Klimas) ist. Die Unterscheidung zwischen Signal und Rauschen wird umso unsicherer, je seltener (extremer) die Ereignisse sind. Die Situation ist vergleichbar mit derjenigen eines Würfelspielers, der mit wenigen Würfeln nachweisen sollte, ob sein Würfel gezinkt ist.



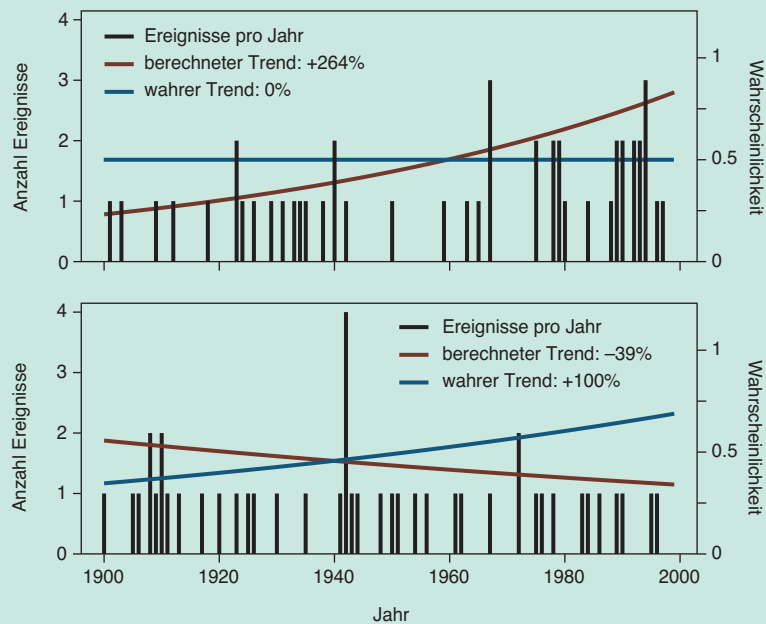


Abbildung 8: Künstlich generierte Zeitreihen von Ereignissen im 20. Jahrhundert. In der oberen Abbildung wurde eine konstante Wahrscheinlichkeit für ein Ereignis vorgegeben (blaue Linie). Die zufällige Häufung der Ereignisse am Ende des Jahrhunderts täuscht eine Wahrscheinlichkeitszunahme von über 250% vor (rote Kurve). Im Gegensatz dazu wurde in der unteren Abbildung eine Verdoppelung der Ereigniswahrscheinlichkeit vorgegeben (blaue Linie). Die zufällige Verteilung der Ereignisse täuscht aber eine Abnahme der Ereigniswahrscheinlichkeit um 39% vor (rote Linie).

Getarnter, gebluffter oder wahrer Trend?

Aufgrund ihrer Seltenheit lässt sich für Extremereignisse ein Trend nur sehr ungenau bestimmen. Eine zufällige Häufung von Ereignissen am Anfang oder am Ende der Beobachtungsperiode kann einerseits einen Trend vorgaukeln, der in der Realität nicht vorhanden ist („gebluffter“ Trend). Andererseits kann ein tatsächlich vorhandener Trend derart von zufälligen Variationen überlagert sein, dass er bei der statistischen Analyse von Messreihen nicht nachgewiesen werden kann (getarnter Trend).

Abbildung 8 illustriert die möglichen Fehlschlüsse einer Trendanalyse: Sie zeigen künstlich generierte Zeitreihen von Extremereignissen über eine 100-Jahre-Periode (schwarz, Anzahl Ereignisse pro Jahr, linke Achse). Für das obere Beispiel wurde bei der Generierung vorgegeben, dass die Wahrscheinlichkeit für ein Ereignis (blaue Kurve, rechte Achse) konstant ist, also kein wahrer Trend vorliegt. Im Durchschnitt tritt ein Ereignis pro zwei Jahre auf. Der für die dargestellte Sequenz von Ereignissen berechnete Trend (rote Kurve) impliziert aber eine Zunahme in der Ereigniswahrscheinlichkeit um mehr als 250% über 100 Jahre. Dieser „gebluffte“ Trend ist das Resultat der zufälligen Häufung von Ereignissen am Ende der Periode. Ebenso gut hätte sich eine zufällige Häufung von Ereignissen am Anfang der Zeitperiode ereignen können. Dann hätte man irrtümlicherweise einen abnehmenden Trend ermittelt.

Im unteren Beispiel wurde bei der Zeitreihen-Generierung vorgegeben, dass sich die Ereigniswahrscheinlichkeit im Laufe von 100 Jahren verdoppelt (blaue Kurve). Die generierte Ereignissequenz gibt diese Vorgabe aber kaum wieder, weil sich, entgegen dem vorgegebenen „wahren“ Trend, eine zufällige Häufung von Ereignissen am Anfang der Periode ereignet hat. Die statistische Analyse dieser Zeitreihe ermittelt eine Abnahme um ca. 40% (rote Kurve). In diesem Fall ist der „wahre“ Trend getarnt und wird nicht nachgewiesen. Je seltener die betrachteten Ereignisse sind, umso geringer ist die Chance, einen wahren Trend nachzuweisen.

Christoph Frei

Die Grenzen der Nachweisbarkeit von Trends in Extremereignissen lassen sich theoretisch abschätzen. Für Ereignisse mit einer Wiederkehrperiode von einem Jahr könnte ein Trend nur nachgewiesen werden, wenn sich die Ereigniswahrscheinlichkeit im Laufe eines Jahrhunderts mindestens verdoppelt hätte.⁴ Für das Kaliber von Ereignissen des Jahres 1999, mit Jährlichkeiten von 10 bis über 100 Jahre, wären für einen Nachweis gar Änderungen um ein Vielfaches nötig. Kleinere Trends gehen im Rauschen der natürlichen Klimavariationen unter.

Das Nachweisproblem wirkt sich sowohl auf wissenschaftliche Untersuchungen als auch auf die öffentliche Diskussion über den Zusammenhang zwischen Klimaänderung und Extremereignissen aus:

- (a) Die scheinbare Häufung von Extremereignissen in den letzten Jahren könnte das Zeichen eines realen Trends oder lediglich dasjenige eines durch den Zufall vorgegaukelten Trends sein. Genauere Aussagen lassen sich für diese sehr seltenen Ereignisse aus statistischen Gründen zurzeit nicht machen.
- (b) Extremereignisse sind ungeeignete Indikatoren für die globale Klimaänderung. Die Aufmerksamkeit der Klimaproblematik in den Medien jeweils im Takt von Extremereignissen impliziert einen Zusammenhang, der weder nachgewiesen noch ausgeschlossen werden kann. Dies birgt die Gefahr, dass die öffentliche Wahrnehmung der Klimaproblematik einerseits in Perioden mit häufigeren Extremereignissen möglicherweise ungerechtfertigt dramatisiert und andererseits in Perioden mit selteneren Ereignissen möglicherweise ungerechtfertigt verharmlost wird.
- (c) Aussagen über Trends in der instrumentellen Periode basieren auf dem Studium von intensiven, nicht notwendigerweise Schaden verursachenden Ereignissen. So konnte z.B. für intensive Niederschläge mit einer durchschnittlichen Wiederkehr von 30 Tagen eine deutliche Zunahme im Winter und im Herbst um 20–80% gefunden werden.⁴ Diese hebt sich insbesondere im nördlichen Mittelland deutlich vom reinen Zufall ab. Aussagen zu intensiven Ereignissen können aber nicht einfach auf die wirklichen Extremereignisse übertragen werden. Zudem sind die Trends für sich alleine noch kein Nachweis einer menschengemachten Klimaänderung, sie können ihre Ursache auch in natürlichen langzeitlichen Klimavariationen haben und dürfen deshalb nicht unbedacht in die Zukunft extrapoliert werden.
- (d) Aussagen über die zukünftige Änderung in der Wahrscheinlichkeit von wirklich seltenen Extremereignissen sind zumindest regional von eingeschränktem Nutzen. Auch markante Änderungen können in Zukunft durch die Zufallskomponente überlagert sein. Ein allenfalls erhöhtes Risiko als Folge der globalen Klimaänderung wird sich nicht notwendigerweise in den kommenden Jahrzehnten spürbar auswirken. Trotzdem können technische Massnahmen zum Schutze vor einem erhöhten Risiko bereits über kürzere Zeiträume Wirkung zeigen: So haben sich zum Beispiel die Massnahmen in Brig nach der Überschwemmung von 1993 beim Hochwasser vom Herbst 2000 bereits als sehr wertvoll erwiesen.
- (e) Die Untersuchung von Langzeitbeobachtungen allein reicht nicht für ein vertieftes Verständnis des Zusammenhangs zwischen Klimaänderung und Extremereignissen. Wissenschaftliche Fortschritte sind vielmehr in einem tieferen Verständnis der Prozesse des Klimasystems zu suchen, wozu die Anwendung von Klimamodellen einen wichtigen Beitrag leistet.

- 1 Weingartner R., Niederschlagsmessnetze, in: Hydrologischer Atlas der Schweiz. Landeshydrologie und -geologie EDMZ, Bern, 1992.
- 2 Jungo P. and M. Beniston, Changes in the anomalies of extreme temperature anomalies in the 20th century at Swiss climatological stations located at different latitudes and altitudes. *Theor. Appl. Climatol.*, 69, 1–12, 2001.
- 3 Schiesser H. H., C. Pfister, and J. Bader, Winter storms in Switzerland North of the Alps 1864/65–1993/94. *Theor. Appl. Climatol.*, 58, 1–19, 1997.
- 4 Frei C. and C. Schär, Detection probability of trends in rare events: Theory and application to heavy precipitation in the Alpine region. *J. Clim.*, 14, 1568–1584, 2001.