

2.5. Starkniederschläge

Christoph Frei

Starkniederschläge in der Schweiz sind entweder kurz und intensiv in Zusammenhang mit Sommergewittern oder weniger intensiv über mehrere Tage in Zusammenhang mit stationären Wettersystemen. Extreme Starkniederschläge können zu Hochwassern, Uferüber tretungen, Murgängen und Hangrutschungen führen. Im 20. Jahrhundert haben intensive Tagesniederschläge in weiten Teilen des Mittellandes und des nördlichen Alpenrandes zugenommen. Aussagen über Veränderungen von extremen Starkniederschlägen sind nicht möglich. Für die Zukunft weist eine Mehrheit von Modellrechnungen auf eine Zunahme der mittleren Niederschlagsintensität und der Häufigkeit von intensiven Tagesniederschlägen hin. Bei einer Intensivierung des Wasserkreislaufs könnten in den Alpen vor allem die Starkniederschläge von langer Dauer zunehmen.

Arten von Starkniederschlägen in der Schweiz

In der Schweiz gibt es grob gesagt zwei Arten von Starkniederschlägen: kurze, intensive und länger dauernde, aber weniger intensive.

Starkregen von kurzer Dauer (eine bis wenige Stunden) und hoher Intensität (40–80 mm pro Stunde) treten vor allem im Sommer im Zusammenhang mit Gewittern auf und sind räumlich auf den eigentlichen Gewitterzug (wenige Kilometer bis wenige Dutzend Kilometer) begrenzt. Extreme Ereignisse können zu Uferüber tretungen von Bächen und kleineren Flüssen sowie zu Murgängen im Gebirge führen (vgl. Kapitel 2.7. und 2.8.). Überschwemmungen in besiedeltem Gelände können folgen, wenn die Kapazität der Abwassersysteme überschritten wird. Gelegentlich sind kurze, intensive Starkregen auch von Hagelschlag begleitet (vgl. Kapitel 2.6.). Ein Beispiel für einen extremen kurzzeitigen Starkniederschlag ist das Gewitter von Sachseln am 15. August 1997.

Starkniederschläge von längerer Dauer (ein bis mehrere Tage), aber geringerer Intensität (100–400 mm pro Tag) können über das ganze Jahr hindurch auftreten. Sie sind verbunden mit intensiven und/oder mehr oder weniger stationären grossskaligen Wettersystemen. Extreme Dauerregen können zu Hochwassern und eventuell zu Uferüber tretungen von grossen Flüssen und Seen sowie zu Murgängen und Hangrutschungen führen (vgl. Kapitel 2.7. und 2.8.). Beispiele für diese Kategorie sind die Dauerniederschläge vom Mai 1999 in der Ostschweiz, jene vom Oktober 2000 im Wallis und Tessin sowie die verheerenden Starkniederschläge in Zentraleuropa im August 2002. In Form von

Schnee können extreme Dauerniederschläge verbreitete und grosse Lawinnenniedergänge verursachen (vgl. Kapitel 2.9.).

Die Schadenwirkung von Starkniederschlägen ist in der Regel nicht unmittelbar, sondern das Resultat von Folgeeffekten wie Hochwasser, Rutschungen und Lawinen (vgl. Kapitel 2.7., 2.8. und 2.9.) oder Begleiterscheinungen wie Hagel (vgl. Kapitel 2.6.). Der entstehende Schaden ist deshalb nicht nur von der Dauer und



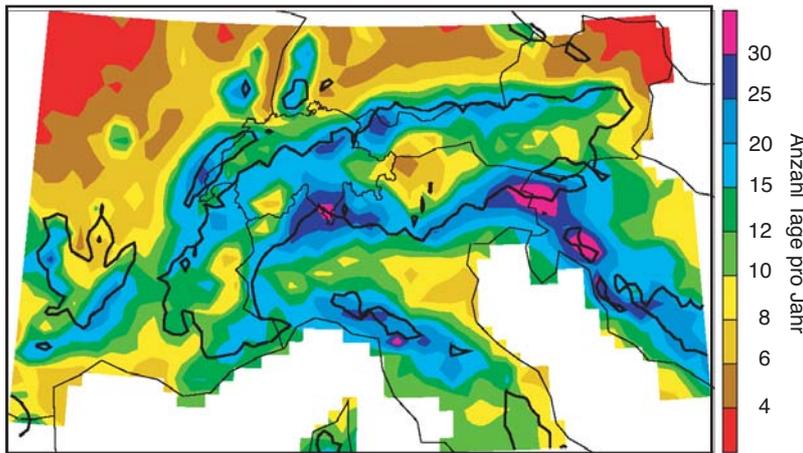


Abbildung 29: Klimatologische Häufigkeit von Tagesniederschlägen grösser als 20 mm pro Tag im Alpenraum (1971–1990, Anzahl Tage pro Jahr).

Intensität des Niederschlags, sondern in hohem Masse von der Disposition des Gebietes (z.B. Vorfeuchte im Boden) und Begleiteffekten (z.B. Schneeschmelze) abhängig.

Klimatologie

Bei Starkniederschlägen in der Schweiz spielen Effekte der Topographie wie Staulagen und Thermik an Hügel- und Bergzügen eine wesentliche Rolle. Die Topographie bestimmt damit massgeblich, wo Starkniederschläge wie häufig auftreten. Tagesniederschläge von 20 mm pro Tag oder mehr treten entlang dem nördlichen und südlichen Alpenrand sowie im Jura häufiger

auf als im Mittelland und in inneralpinen Tälern (Abbildung 29). Das Tessin ist rund doppelt so häufig betroffen wie das Schweizer Mittelland. Die grosse Zahl an Ereignissen im Tessin ist für den gesamten Alpenraum ausserordentlich.

Starkniederschläge im Tessin treten besonders häufig im Herbst auf. Dann erreichen Fronten und Tiefdruckgebiete den Mittelmeerraum wieder auf südlicheren Zugbahnen als im Sommer und bewirken starke

Feuchtetransporte gegen die Südalpen. Beim Starkniederschlag vom Oktober 2000 wurde innerhalb von 5 Tagen eine Wassermenge von Süden gegen die Alpen geführt, die schätzungsweise dem Volumen des Genfersees entspricht (Abbildung 30). Oft werden auch das Wallis und das Puschlav von solchen Südströmungsereignissen betroffen.

Beobachtete Trends im 20. Jahrhundert

Die Niederschläge im Alpenraum schwanken stark von Jahr zu Jahr. Je nach Jahreszeit und Region unterscheiden sich feuchte und trockene Jahre um einen Faktor 2 bis 4. Beobachtungen zeigen, dass die mittleren Winterniederschläge im 20. Jahrhundert im nördlichen und westlichen Alpenraum um 20–30% zugenommen haben.¹ Im mediterranen Bereich der Alpen hat der mittlere Herbstniederschlag andererseits um ähnliche Beträge abgenommen.

Für extreme Starkniederschläge sind keine verlässlichen Aussagen über Trends möglich, da seltene Ereignisse statistisch schlecht erfassbar sind (vgl. Kapitel 1.4.). Trendanalysen beschränken sich auf häufigere Ereignisse. Ihre Intensität liegt weit unterhalb jener von schadenverursachenden Ereignissen. In der Schweiz haben intensive Tagesniederschläge (Wiederkehrperiode 30 Tage) im Winter und im Herbst an den meisten Langzeitstationen des Mittellandes und des nördlichen Alpenrandes zugenommen (Abbildung 31).² Für rund 30% der Stationen ist der Trend signi-

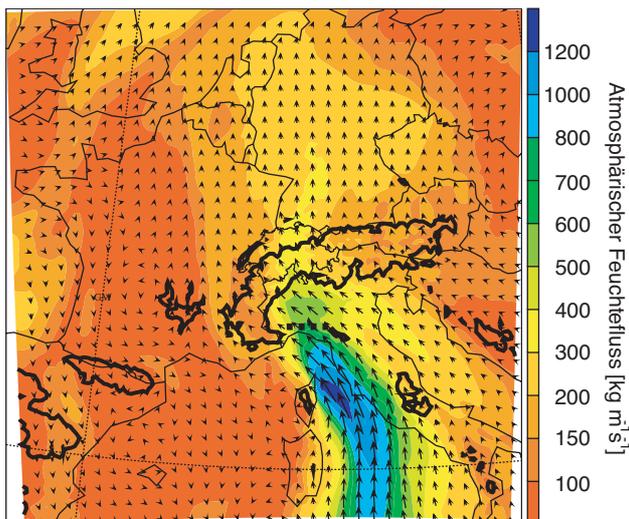


Abbildung 30: Vertikal integrierter atmosphärischer Feuchteffluss am 15. Oktober 2000. Vom 12.–16. Oktober ist in der Atmosphäre eine Wassermenge gegen die Südalpen geführt worden, die dem Inhalt des Genfersees entspricht.

fikant. Die Zunahmen bewegen sich in einer Grössenordnung von 20–80% pro 100 Jahre. Ähnliche Trends wurden für intensive Niederschläge von 2–5 Tagen Dauer nachgewiesen. Bei den intensiven sommerlichen Tagesniederschlägen zeigen sich keine systematischen Veränderungen (Abbildung 31). Allerdings können Trends in der Intensität von Sommergewittern nicht ausgeschlossen werden. Wegen der kurzen Zeitdauer von Gewittern wären für Trendaussagen Angaben über stündliche Niederschlagsintensitäten aussagekräftiger. Dafür fehlt jedoch die hohe Zeitauflösung in den Langzeit-Messreihen.

Wie die Schweiz beobachtet auch das benachbarte Europa eine Zunahme der mittleren und intensiven Winterniederschläge.³ Die Veränderungen im Herbst südlich der Alpen, wo das Mittel abnimmt und die intensiven Ereignisse zunehmen, werden ebenfalls durch Trendstudien für Italien bestätigt.⁴

Veränderung als Folge der globalen Klimaänderung

Es lassen sich drei verschiedene Wirkungsketten unterscheiden, über welche die globale Klimaänderung die Häufigkeit von Starkniederschlägen beeinflussen kann:

- (a) Es wird erwartet, dass die Klimaänderung zu einer stärkeren Erwärmung in polaren gegenüber tropischen Regionen führt und der Feuchtegehalt der Atmosphäre zunimmt. Diese beiden Faktoren können sich auf die Intensität, die Häufigkeit und die Zugbahn der Tiefdruckgebiete in den mittleren Breiten auswirken. Solche Veränderungen wären direkt gekoppelt mit Änderungen in der räumlichen Verteilung und der Intensität von Niederschlägen in Europa einschliesslich des Alpenraums.
- (b) In den mittleren Breiten ist eine Erwärmung der Atmosphäre mit einer Zunahme des Wasserdampfgehalts von ca. 6% pro Grad Erwärmung verbunden (Gesetz von Clausius-

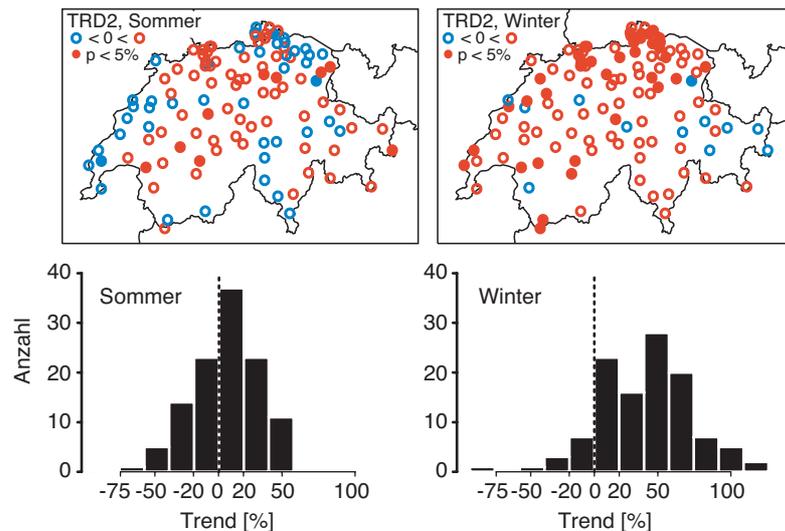


Abbildung 31: Trend in der Häufigkeit von intensiven täglichen Niederschlägen (durchschnittlich ein Ereignis pro Monat) an 110 Schweizer Niederschlagsstationen im Zeitraum 1901–1994. Oben: Stationen mit einer Zunahme in Rot, Stationen mit einer Abnahme in Blau. Gefüllte Kreise für Stationen mit statistisch signifikanter Veränderung. Unten: Histogramme der prozentualen Veränderung (Wahrscheinlichkeitsänderung seit 1901) für alle Stationen.²

Clapeyron). Heute gilt als relativ gesichert, dass die daraus resultierende Intensivierung des Wasserkreislaufes zu einer Zunahme der mittleren Niederschlagsintensität beiträgt. Diese Intensivierung wirkt sich zudem überproportional auf die Häufigkeit von Starkniederschlägen aus.⁵

- (c) Die Intensivierung des Wasserkreislaufes ist auch mit einer erhöhten Verdunstung verbunden. In Regionen mit einer andauernden trockenen Jahreszeit wie dem Mittelmeerraum könnte dies zu einer Abnahme des Bodenwassergehaltes im Sommer und Herbst führen. Diese Änderung kann sich auf die Thermodynamik der unteren Troposphäre und die Niederschlagsprozesse auswirken. Die Grössenordnung dieses Effektes und seine mögliche Bedeutung im Alpenraum ist aber noch nicht ganz verstanden.

Verschiedene globale Klimamodellszenarien für die zweite Hälfte des 21. Jahrhunderts wurden auf charakteristische Grössen für Starkniederschläge untersucht. Eine Mehrheit der Resultate weist auf eine globale Zunahme der mittleren Niederschlagsintensität und der Häufigkeit von intensiven Tagesniederschlägen hin.⁶ Diese Tendenz bestätigt sich in den verfügbaren regionalen Modellanalysen für Europa. Diese zeigen eine Zunahme des maximalen jährlichen Tagesniederschlags um 10–25%. Für die Häufigkeit,

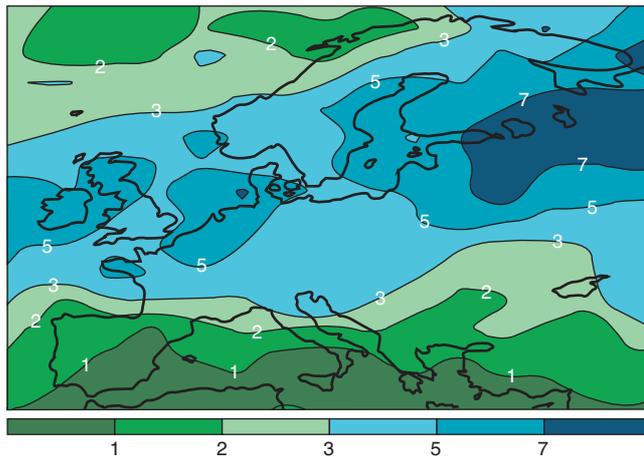


Abbildung 32: Relative Änderung in der Häufigkeit von extrem nassen Wintern bei einer Verdoppelung des CO₂-Gehaltes der Atmosphäre. Für Winterniederschläge, die heute im Durchschnitt alle 40 Jahre auftreten, wird über Zentral-, und Nordeuropa eine Zunahme um einen Faktor 3–5 simuliert. Resultate aus 19 gekoppelten Klimamodellsimulationen.⁷

mit welcher der heutige einjährige und der heutige 50-jährliche Niederschlags-Extremwert überschritten wird, werden Zunahmen um einen Faktor 2 und mehr festgestellt.⁸ Eine umfassende Analyse von 19 globalen Klimamodellen zeigt, dass extrem niederschlagsreiche Winter (heutige Wiederkehrperiode 40 Jahre) gar um Faktoren 3–5 häufiger werden könnten (Abbildung 32)⁷. Die Zunahmen werden im Winterhalbjahr über dem gesamten europäischen Kontinent und im Sommer vor allem in Zentral- und Nordeuropa erwartet.

Die in vielen Modellen gefundene Zunahme von Starkniederschlägen wird vor allem als Folge der Intensivierung des Wasserkreislaufs mit der globalen Erwärmung interpretiert (Wirkungskette b). Ein intensivierter Wasserkreislauf wird heute für das Winterhalbjahr und für den gesamten Kontinent als wahrscheinlich angesehen.⁹ Im Alpenraum könnte dies vor allem eine Zunahme von Starkniederschlägen von langer Dauer bewirken. Diese Ereignisse hängen nicht nur von der Wetterlage ab, sondern auch von der Feuchtigkeitsmenge, welche die Atmosphäre zuführt. Zu dieser Kategorie könnten auch die besonders extremen herbstlichen Ereignisse auf der Alpensüdseite zählen.

Allerdings zeigen die Modelle grosse Unterschiede im Muster der regionalen Veränderungen. Diese Unterschiede gehen darauf zurück, dass sich die typische Zugbahn und Intensität von Tiefdruckgebieten (Wirkungskette a) in den verschie-

den Modellen unterschiedlich ändert. Es ist deshalb noch unklar, wie und wo in Europa die Intensivierung des Wasserkreislaufs durch allfällige Änderungen in der grossräumigen Dynamik kompensiert oder verstärkt wird. Bei den quantitativen Angaben für den Alpenraum handelt es sich also höchstens um grobe Abschätzungen.

Für sommerliche Starkniederschläge im Alpenraum sind zurzeit weder qualitative noch quantitative Angaben möglich. Es fehlen Modellanalysen auf der Zeitskala von Stunden, und die Modelle weisen für den Sommer grosse systematische Fehler auf. Zudem sind die Wechselwirkungen zwischen Bodenhydrologie, Vegetation und sommerlichen Niederschlagsprozessen (Wirkungskette c) noch ungenügend verstanden und in den verfügbaren Modellen nur ungenau repräsentiert.

- 1 Schmidli, J., C. Schmutz, C. Frei, H. Wanner, and C. Schär, Mesoscale precipitation variability in the Alpine region during the 20th century. *Int. J. Climatol.*, 22, 1049–1074, 2001.
- 2 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.
- 3 Frich P., L. V. Alexander, P. Della-Marta, B. Gleason, M. Haylock, A. M. G. Klein Tank, and T. Peterson, Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. *Climate Res.*, 19, 193–212, 2002.
- 4 Brunetti M., M. Maugeri, and T. Nanni, Variations of temperature and precipitation in Italy from 1866 to 1995. *Theor. Appl. Climatol.*, 65, 165–174, 2000.
- 5 Frei C., C. Schär, D. Lüthi, and H. C. Davies, Heavy precipitation processes in a warmer climate, *Geophys. Res. Lett.*, 25, 1431–1434, 1998.
- 6 Kharin V. V. and F. W. Zwiers, Changes in the extremes in an ensemble of transient climate simulations with a coupled Atmosphere–Ocean GCM. *J. Climate*, 13, 3760–3788, 2001.
- 7 Palmer T. N. and J. Räisänen, Quantifying the risk of extreme seasonal precipitation events in a changing climate, *Nature*, 415, 512–514, 2002.
- 8 Durman C. F., J. M. Gregory, D. C. Hassell, R. G. Jones, and J. M. Murphy, A comparison of extreme European daily precipitation simulated by a global and a regional climate model for present and future climates, *Q. J. Roy. Meteorol. Soc.*, 127, 1005–1015, 2001.
- 9 Cubasch U., G. A. Mehl et al., Projections of future climate change. Chapter 9 in: *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*, Cambridge University Press, Cambridge, U.K. 525–582, 2001.