

2.6. Hagel

Hans-Heinrich Schiesser

Bei einem extremen Hagelereignis organisieren sich die einzelnen Gewitterzellen entlang einer Linie, die sich über mehrere 100 km erstreckt und durch das ganze Mittelland und die Voralpen zieht. Von den fünf extremen Hagelereignissen seit 1920 waren jeweils mehr als 500 Gemeinden betroffen. Diese Ereignisse sind gleichmässig über die Beobachtungsperiode verteilt. Die Häufigkeit der vier Grosswetterlagen, die für extreme Hagelereignisse verantwortlich sind, hat hingegen seit 1940 deutlich zugenommen. Falls die Häufigkeit dieser Wetterlagen auch in Zukunft zunimmt, müsste mit mehr extremen Hagelereignissen gerechnet werden.

Definition eines extremen Hagelereignisses

Hagelereignisse treten oft sehr lokal auf. Eine einzelne Hagelzelle verursacht einen Hagelstrich mit mehreren Hagelzügen am Boden. Mehrere Hagelzellen können sich aber auch in einem grossen Sturmsystem formieren, das die ganze Schweiz betrifft und viele Hagelstriche produziert. Ein Sturmsystem verursacht weitverbreitet Hagel-, Wasser- und Windschäden in der Landwirtschaft, im Wald, an Gebäuden und an Autos. In seltenen Fällen sind es mehrere Sturmsysteme, die ganz Europa abdecken.

Sowohl Einzelzellen als auch Sturmsysteme können zu extremen Hagelereignissen führen. Extremwerte in einzelnen Hagelzellen sind zum Beispiel Hagelkorngrössen von 5–10 cm, Böenspitzen von 144–180 km/h, Regenintensität von 100 mm/h, Niederschlagsmenge von 30–50 mm/m² oder einige Blitze pro km².¹ In einem extremen Sturmsystem organisieren sich die einzelnen Gewitterzellen zu einer Linie, die sich über mehrere 100 km erstreckt und von West nach Ost durch das ganze Schweizer Mittelland und die Voralpen wandert. Die Meteorologen nennen ein solches System ein mesoskaliges konvektives Sturmsystem (MCS). Hinter der Linienformation folgt ein grossflächiges Niederschlagsgebiet mit teilweise intensivem Regen. In Hagelzellen der Formation werden grössere Hagel- und Regenintensitäten, Regenmengen, Windstärken und Blitzaktivitäten beobachtet als in isolierten Zellen.²

Für die Schweiz definieren wir im Folgenden solche Sturmsysteme (MCS) als Extremereignisse. Sie beeinträchtigen einen grossen Teil des Landes und verursachen weitverbreitet Schäden.

Meteorologische Bedingungen

Es hat sich gezeigt, dass extreme MCS in der Schweiz unter ganz bestimmten meteorologischen Voraussetzungen entstehen³:

- Die Grosswetterlage wird bestimmt durch eine so genannte Troglage, die eine Strömung aus Südwest gegen die Schweiz bewirkt.
- Eine Kaltfront mit grossen Temperaturunterschieden liegt über Frankreich und reicht weit nach Spanien.
- Auf der Vorderseite der Kaltfront fliesst feuchtwarmer tropische oder subtropische Luft in die Schweiz.
- Über der Schweiz sind die Druckunterschiede gering und die Luftschichtung ist instabil.



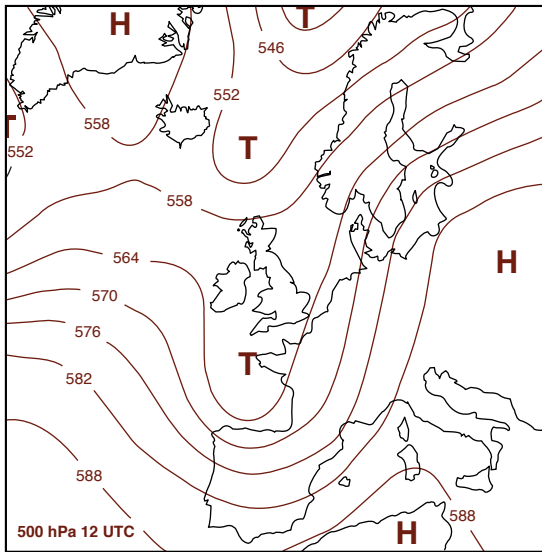


Abbildung 33: Typische Troglage über der Biscaya mit einer Südwestströmung gegen Zentraleuropa (500-hPa-Niveau). Das Beispiel ist vom 5. Juli 1999.

Vier verschiedene Grosswetterlagen waren für die Auslösung der fünf extremen Hagelereignisse der letzten 80 Jahre verantwortlich. Allen gemeinsam ist die Südwestströmung vor dem Frontdurchgang. Eine typische Troglage über der Biscaya mit einer Südwestströmung gegen Zentraleuropa führte zum extremen Hagelereignis vom 5. Juli 1999 (Abbildung 33).

Häufigkeit und Trend der Extremereignisse

Mit dem Wettarradar lassen sich Niederschlagsgebiete verfolgen und grosse, intensive Hagelzellen erkennen. Die einzelnen Hagelzellen lassen sich auch übergeordneten Sturmsystemen zuordnen. Solche Radarmessungen werden aber erst ab etwa 1980 systematisch in der Schweiz durchgeführt.

Somit existieren keine langen Messreihen, die bezüglich Häufigkeit und Trend von Extremereignissen (MCS) untersucht werden können. Über die Ausdehnung eines Hagelgebiets gibt die Hagelversicherung Auskunft. Die Schadenstatistik erlaubt eine naturwissenschaftliche Betrachtung der Auswirkungen der Klimaänderung auf extreme Hagelereignisse.

Die Statistik zeigt in einer vertrauenswürdigen, relativ homogenen Zeitreihe ab 1920^{4,5} wie viele Gemeinden pro Tag nördlich der Alpen Hagelschäden in der Landwirtschaft meldeten. Die

- (e) Bis kurz vor dem Eintreffen der Kaltfront aus Westen ist die Einstrahlung über dem Mittelland maximal. Die untersten Luftschichten werden auf über 30°C erwärmt.
- (f) Die Kaltfront trifft am späteren Nachmittag ein. Im Vorfeld und innerhalb der Front wird die Bildung von Gewitterzellen ausgelöst.
- (g) Die Gewitterzellen formieren sich zu einem oder mehreren linienförmigen MCS.

Anzahl betroffener Gemeinden gibt Auskunft über die Ausdehnung eines Sturmsystems – unter der Annahme, dass von mindestens einem Landwirt ein Schaden gemeldet wird, wenn ein Sturmsystem mit Hagelschlag über eine Gemeinde zieht.

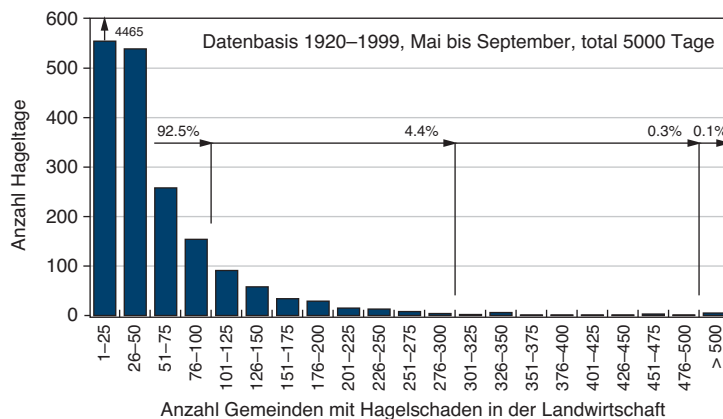


Abbildung 34: Anzahl Hageltage mit einer bestimmten Anzahl betroffener Gemeinden (aus insgesamt 2400 Gemeinden in der Schweiz nördlich der Alpen) mit Hagelschäden in der Landwirtschaft. An fünf (0.1 %) der 5690 Hageltage von 1920–1999 wurden über 500 Gemeinden betroffen (letzte Säule). Diese Fälle werden als „extrem“ definiert. Tage mit 100–200 betroffenen Gemeinden werden als „stark“ bezeichnet (3.9%, 5.–8. Säule). Hageltage mit nur 1–25 betroffenen Gemeinden gab es in derselben Zeit 4465 (79%, erste Säule).

Abbildung 34 zeigt, wie viele Gemeinden an wie vielen Tagen von 1920–1999 einen Hagelschaden in der Landwirtschaft meldeten. Insgesamt wurden 5690 Hageltage verzeichnet. In fünf Fällen (0.1%) waren 500 oder mehr Gemeinden (von 2400 Gemeinden) betroffen. Dass es sich bei diesen fünf extremen Hageltagen um ein MCS handelt, zeigt die Verteilung der Schadengemeinden für das Hagelereignis vom 21.

Juli 1992 (Abbildung 35). Es verursachte versicherte Schäden von ungefähr 100 Mio. SFr. Hinzu kamen unversicherte Schäden wie grosse Waldschäden.

Sämtliche Hageltage, an denen von 1920–1999 mehr als 100 Gemeinden Schäden meldeten, sind in Abbildung 36 dargestellt. Die fünf Extremereignisse sind gleichmässig über die Beobachtungsperiode verteilt. Die „starken“ Hagelereignisse, die in 100 bis 200 Gemeinden Schäden verursachten, nehmen nach 1980 zu. Dieser Trend ist in Abbildung 37 verdeutlicht: Vor 1980 ist die Häufigkeit starker Hagelereignisse ungefähr konstant. Zwischen 1980 und 1994 nimmt sie deutlich zu. Nach dem intensiven Hageljahr 1994 nimmt sie wieder ab, bleibt aber über dem Durchschnittswert der Zeitperiode vor 1980.

Seit 1940 hat die Häufigkeit der vier Grosswetterlagen, die für die extremen Hagelereignisse verantwortlich waren, im Sommer in Zentraleuropa deutlich zugenommen (Abbildung 38).

Einfluss der Klimaänderung

Falls die Häufigkeit der vier Grosswetterlagen im atlantisch-europäischen Raum mit der Klimaänderung weiter zunimmt, werden auch die für Sturmsysteme günstigen Bedingungen häufiger. Es müsste mit mehr extremen Hagelereignissen gerechnet werden. Auch der zunehmende Trend innerhalb der „starken“ Hageltage könnte sich fortsetzen.

Ob die Ereignisse intensiver werden, hängt auch davon ab, ob die Schichtung der Troposphäre während der Sommermonate

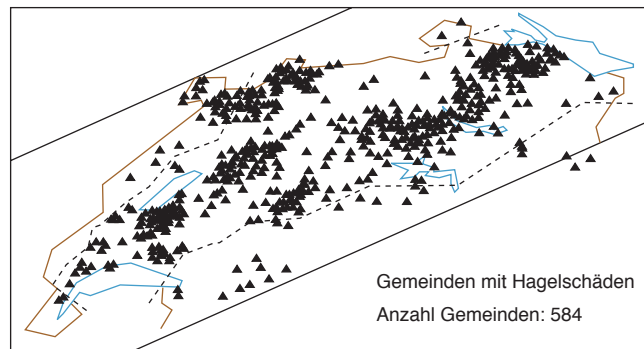


Abbildung 35: Verteilung der Gemeinden mit Hagelschadenmeldungen an einem „Extremtag“ (21.7.1992). Die Hagelzüge des Sturmsystems (SW-NE-Richtung) sind aus der Anordnung der Gemeinden gut zu erkennen.

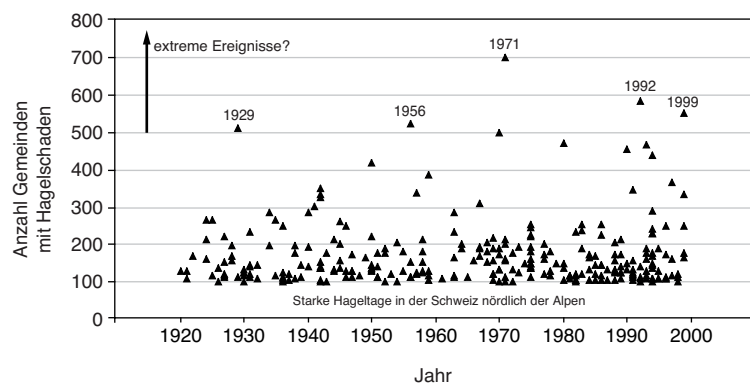


Abbildung 36: Zeitreihe der Tage von 1920–1999 mit 100 und mehr Schweizer Gemeinden nördlich der Alpen mit Hagelschaden in der Landwirtschaft. Die fünf „Extremtage“ sind relativ gut über die Beobachtungsperiode verteilt. Im Bereich zwischen 100 und 200 betroffenen Gemeinden „starker“ Hageltage ist nach 1980 eine etwas dichtere Ansammlung festzustellen.

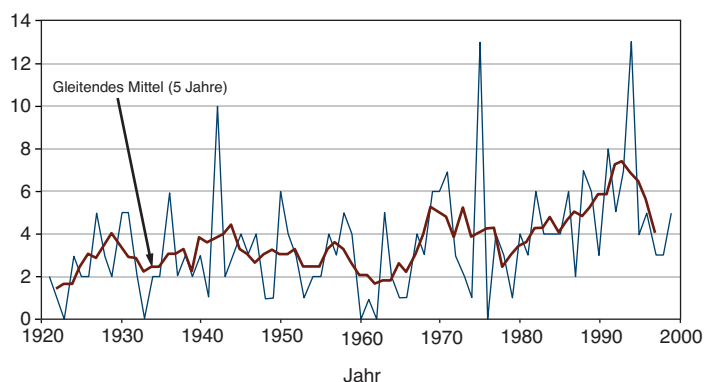


Abbildung 37: Zeitreihe der Anzahl Tage mit 100 und mehr betroffenen Gemeinden von 1920–1999. Der steigende Trend der „starken“ Hageltage zwischen 1980 und 1994 ist deutlich erkennbar.

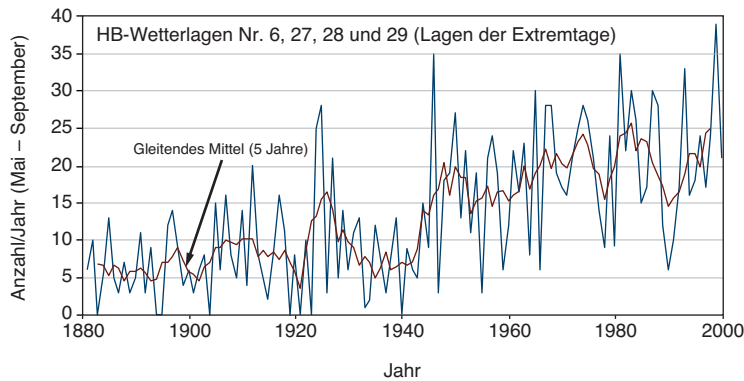


Abbildung 38: Zeitreihe 1881–2000 der vier Wetterlagen, die für „Extremhageltage“ verantwortlich sind.⁶ Allen gemeinsam ist die Südwestströmung vor dem Frontdurchgang (Abbildung 33). Seit 1940 ist ein markanter Anstieg der vier Wetterlagen zu beobachten.

durch die Klimaänderung instabiler wird. Eine instabile Schichtung fördert die Bildung von Gewitterzellen beim Frontdurchgang. Sondenmessungen zwischen 1954 und 1993 haben gezeigt, dass sich die untere Troposphäre stärker erwärmt hat als die obere Troposphäre und die Stabilität der Schichtung schwächer wurde.^{1,5}

Die Datenreihe der Hageltage wurde bis 1999 aufgearbeitet. Neuere Daten zeigen für das Jahr 2000 (am 3. Juli) einen weiteren „Extremtag“ mit 620 betroffenen Gemeinden. Dies bedeutet, dass wir in den letzten 10 Jahren drei Fälle registrierten, im Gegensatz zu drei Fällen in den vorangegangenen 70 Jahren. Es liegen aber noch nicht genügend Daten vor, um zu erkennen, ob es sich dabei um einen effektiven Trend oder eine zufällige Anhäufung handelt (vgl. Kapitel 1.4.).

- 1 Schiesser H.-H., A. Waldvogel, W. Schmid und S. Willemse, *Klimatologie der Stürme und Sturmsysteme anhand von Radar- und Schadendaten*, Schlussbericht NFP31, vdf, Zürich, 132 S., 1997.
- 2 Schiesser H.-H., R. A. Houze, and H. Huntrieser, *The meso-scale structure of severe precipitation systems in Switzerland*, *Mon. Wea. Rev.*, 123, 2070–2097, 1995.
- 3 Huntrieser H., *Zur Bildung, Verteilung und Vorhersage von Gewittern in der Schweiz*, Diss. Nr. 11020, ETH Zürich, 246 S., 1995.
- 4 Bider M., *Statistische Untersuchungen über die Hagelhäufigkeit in der Schweiz und ihre Beziehung zur Grosswetterlage*. *Arch. Meteor. Geophys. Bioklimat.*, 6, 66–90, 1954.
- 5 Willemse S., *A statistical analysis and climatological interpretation of hailstorms in Switzerland*, Ph.D. Thesis No. 11137, ETH Zürich, 194 p., 1995.
- 6 Wetterlagen nach Hess-Brezowsky: Lage 6 (Südwestlage zyklonal, 5.7.1999, 3.7.2000), 27 (Südlage zyklonal, 10.9.1956), evtl. 28 (Tief britische Inseln, wahrscheinlich 21.7.1992) und 29 (Trog Westeuropa, 4.7.1929, 26.8.1971).