

Monitoring von starken Hagelstürmen in der Schweiz

2001-2002

eine Weiterführung der NFP31-Berichte in Zusammenarbeit mit der
Schweizerischen Hagelversicherungs Gesellschaft

von

Hans-Heinrich Schiesser und Willi Schmid

meteoradar gmbh, Rübacher 4, 8143 Stallikon

Stallikon, im Februar 2005

Inhalt

1.	Einleitung	4
2.	Hagelschadenmeldungen der Hagelversicherung	4
2.1	Definition Hagelschadentag und Schadencluster	4
2.2	Daten 2001-2002	5
2.3	Zeitreihen 1920-2002	5
3.	Schadencluster	6
3.1	Daten 1947-2002	6
3.2	Zeitreihe 1947-2002	7
4.	Radarzellen	8
4.1	Definition einer Radarzelle	8
4.2	Daten	8
4.3	Auswertung der Hagelzüge	8
4.4	Zeitreihen	15
5.	Ausblick	18
6.	Literatur	18
	Anhang	19
	Tabellen 1- 6	

1. Einleitung

Im Rahmen des Nationalen Forschungsprogrammes 31 (NFP31) „Klimaänderungen und Naturkatastrophen“ wurden intensive Studien auf dem Gebiet der Hagelsturmklimatologie durchgeführt. Das „Monitoring von starken Hagelstürmen“ war ein Teil dieser Forschung, um Zeitreihen von solchen Ereignissen zu erhalten. Einerseits benützte man Radarinformationen von operationellen und experimentellen Radargeräten, andererseits verwendete man auch einfachere Informationen wie jährliche Listen der Gemeinden, aus welchen Schäden in der Landwirtschaft gemeldet wurden. In der Liste ist der Name der Gemeinde aufgeführt sowie die Tage, an denen der Hagel registriert wurde. Die Gemeinden sind nach Kantonen geordnet und lassen in der Verknüpfung mit Koordinaten auch eine räumliche Analyse zu.

Der vorletzte Band „Monitoring von starken Hagelstürmen in der Schweiz“ wurde im Jahre 1997 von der „Gruppe für Radarmeteorologie des Instituts für Atmosphärenphysik“ publiziert und erfasste die Jahre 1995 und 1996 (Gruppe für Radarmeteorologie, 1997). Der letzte Bericht wurde im Jahre 2004 mit der Datensammlung 1997-2000 in Zusammenarbeit mit der Schweizerischen Hagelversicherungs Gesellschaft in einer etwas vereinfachten Ausführung erstellt. Die Aufarbeitung der Jahre 2001-2002 geschieht im Rahmen der letztjährigen einfacheren Erfassung und ist Inhalt des aktuellen Berichtes.

Der erste Teil zeigt die Auswertungen mit den Hagelschadendaten, welche von der Schweizerischen Hagelversicherungs Gesellschaft zur Verfügung gestellt werden. Der zweite Teil hat die Auswertung der Radardaten zum Thema, welche von den operationellen Radars der MeteoSchweiz (MCH) stammen.

2. Hagelschadenmeldungen der Hagelversicherung

2.1 Definition Hagelschadentag und Schadencluster

Datenbasis sind die jährlichen Listen der Schweizerischen Hagelversicherungs Gesellschaft von Hagelschadentagen (Schadenmeldungen aus der Landwirtschaft) nach Kantonen und Gemeinden. Die Listen sind kontinuierlich seit 1949 vorhanden. Ein Hagelschadentag bedeutet, dass mindestens eine Anzeige von Hagelschaden aus einer Gemeinde bei der Hagelversicherung eingereicht wurde. Wir wissen daher die Gemeinde (Name) und das Datum des Hagelfalls. Die früheren Jahre (vor 1949) sind teilweise vorhanden, aber nicht mehr kontinuierlich. Jedoch ist die Anzahl Gemeinden pro Kanton aus Tabellen in den Annalen der Meteorologischen Anstalt (heute MeteoSchweiz) bis 1898 zurück ersichtlich, die Listen der Hagelversicherung dienten auch dort als Informationsquelle. Ab 1920 werden diese Daten für Zeitreihen verwendet, da ab diesem Jahr die Reihe als eher homogen betrachtet wird (Willemse, 1995).

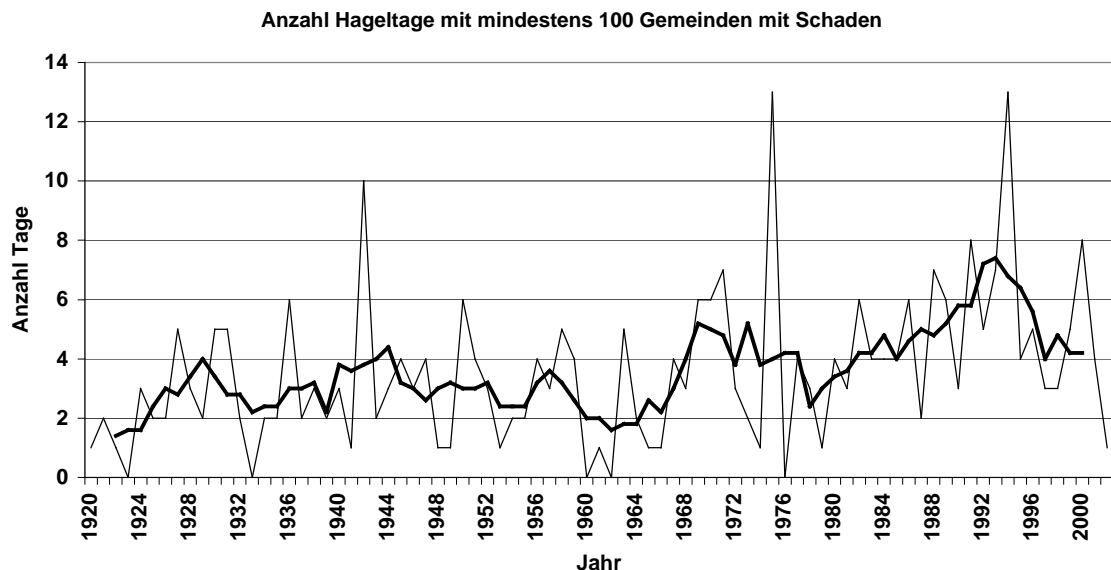
Von den Angaben der Hagelschadentage nach Gemeinden werden einerseits die Anzahl betroffener Gemeinden (pro Tag oder pro Jahr) oder die Anzahl betroffener Tage (pro Monat oder Jahr) für längere Zeitreihen verwendet, andererseits macht die geografische Verteilung der Schadengemeinden es möglich, aus einer Ansammlung von solchen Gemeinden eine potentielle Schadenfläche von einer oder mehreren Hagelzellen zu quantifizieren. Diese zusammenhängenden Flächen, eine Ansammlung von benachbarten Gemeinden, werden Schadencluster (s. auch Willemse, 1995) genannt. Solche Gebiete können mit Radarbeobachtungen verglichen werden und stimmen mit der Zugbahn der entsprechenden Hagelzellen meist gut überein.

2.2 Daten 2001-2002

Die Tabellen 1 und 2 im Anhang geben für jeden Tag der Saison (Mai bis September der Jahre 2001 und 2002) die Anzahl Gemeinden an, aus denen an diesem Tag mindestens ein Hagelschaden in der Landwirtschaft gemeldet worden ist. Sie entsprechen z.B. der Tabelle 3.4.2 im Monitoring Bericht vom Jahr 1995 und 1996 (Gruppe für Radarmeteorologie, 1997). Die Daten stammen aus der Schweiz nördlich der Alpen, d.h. die Kantone Wallis, Tessin und Graubünden sind in den Analysen nicht berücksichtigt. Insgesamt gibt es im Beobachtungsgebiet ungefähr 2400 Gemeinden.

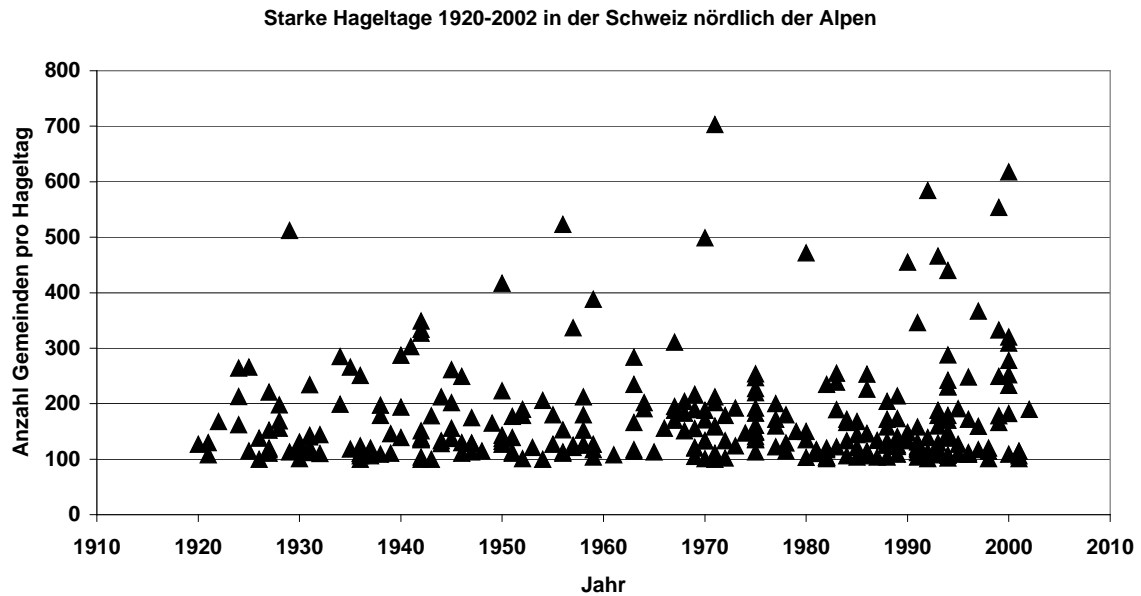
2.3 Zeitreihen 1920-2002

Figur 1 zeigt die Zeitreihe der Anzahl Tage, an welchen mindestens 100 Gemeinden Hagelschäden gemeldet haben. Ab 100 Gemeinden wird ein Tag als „starker oder schlimmer“ Hageltag definiert (Schiesser et al. 1997). Die dicke Linie des gleitenden Mittels zeigt einen stetigen Anstieg seit 1980 nach einem Minimum von 0 Tagen im Jahre 1976 (einem trockenen Sommer mit wenig Gewitteraktivität) bis zum Jahre 1994, mit einer grossen Anzahl solcher Tage. Anschliessend wieder eine Abnahme bis 1999, eine Spitze im Jahre 2000, dann wieder ein Abfall in den Jahren 2001 und 2002. Das Jahr 2002 zeigt einen sehr niedrigen Wert von einem Ereignis. Das 5-jährige gleitende Mittel bleibt aber immer noch auf einem höheren Niveau als während der Periode vor etwa 1970.



Figur 1: Zeitreihe der Anzahl Hageltage mit mindestens 100 Gemeinden mit Hagelschaden in der Landwirtschaft für die Periode 1920-2002. Die dicke Linie ist das gleitende 5-Jahresmittel.

Figur 2 gibt eine Zeitreihe wieder, welche die Tage ab 100 Gemeinden einzeln mit ihren Werten darstellt. Ab 500 Gemeinden wird ein Ereignis als Extremereignis definiert (Schiesser, 2003), ab 100 Gemeinden als „starker oder schlimmer“ Hageltag (Schiesser et al. 1997). Wir sehen, dass in den Jahren 2001 und 2002 kein weiterer Tag, welcher das Kriterium für ein „Extremereignis“ erfüllt, dazugekommen ist.



Figur 2: Zeitreihe der Tage von 1920-2002 mit 100 und mehr Gemeinden als Einzelwerte angegeben. Ab 500 betroffene Gemeinden pro Tag wird von einem Extremereignis gesprochen. Diese Definition wurde im OcCC-Bericht (Schiesser, 2003) verwendet.

3. Schadencluster

3.1 Daten 1947-2002

Im Rahmen des NFP31 hat man die Schadencluster nach Länge der Hauptachse (angenommene Zugbahn des verursachenden Gewitters), den Anfangs- und Endkoordinaten dieser Achse und nach der potentiellen Hagelschadenfläche erfasst. Damit konnte man einen räumlichen Bezug zum Beobachtungsgebiet schaffen. Die entsprechenden Analysen finden sich in Willemse (1995). Es hat sich herausgestellt, dass die Anzahl der Hagelschaden-Gemeinden pro Jahr hoch mit der jährlichen Zahl der Schadencluster korreliert. Somit werden wir die aufwändige räumliche Erfassung in Zukunft weglassen und über die Anzahl Gemeinden auf die Anzahl Cluster schliessen. Damit kann man die Zeitreihe der Cluster, welche ab 1947 vorhanden ist, elegant weiterführen. Eine Differenzierung in Längensklassen (z.B. 25-50 km, > 50 km) ist aber nicht mehr möglich, da z.B. die Datenpaare der in der Klammer genannten Gruppen nicht sehr stark korrelieren ($r = 0.2$).

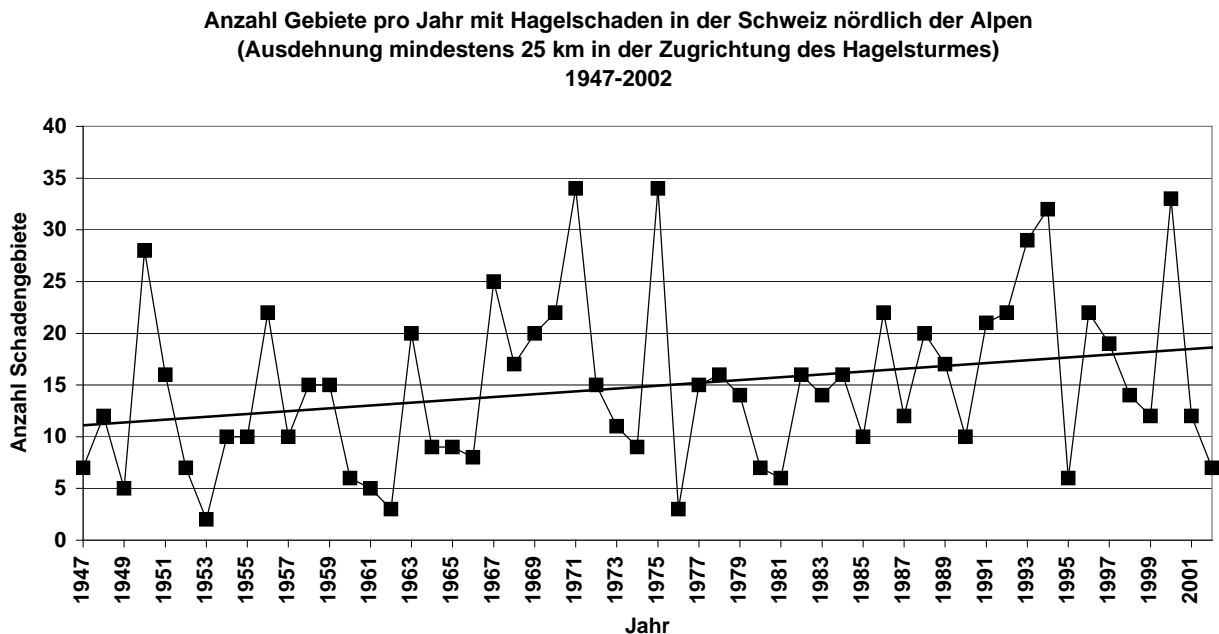
Im letztjährigen Bericht (Schiesser und Schmid, 2004) zeigten die Figuren 3 – 5 Streudiagramme der Anzahl betroffener Gemeinden pro Saison (Mai – September) versus die Anzahl Schadencluster (Figur 3), der totalen potentiellen Hagelschaden-Fläche (Figur 4), respektive der totalen Länge alle Cluster-Längsachsen in der Figur 5. Die Wertepaare korrelieren hoch in allen drei Regressionsberechnungen, die Anzahl Cluster mit einem Korrelationskoeffizienten von $r = 0.89$, die Fläche mit $r = 0.92$, respektive die Länge mit $r = 0.9$. Die Regressionsgleichungen sind dort in den Figurentexten angegeben. Alle drei Grössen werden in diesem Bericht aus der totalen Anzahl betroffener Gemeinden berechnet.

Tabelle 3 im Anhang gibt die jährlichen totalen Werte der Clustervariablen (Jahr, Anzahl, Fläche, Länge und Anzahl Gemeinden) wieder, beginnend 1947 und endend im Jahre 2002. 1947 sind die Daten gemeindeweise vollständig vorhanden, 1948 nur aus den Annalen (Kantonszahlen und totale Anzahl), so dass die Anzahl Cluster geschätzt werden musste.

Anschliessend ab 1949 sind die Gemeindeflisten noch vorhanden. Ab dem Jahre 2000 wurden die Cluster nicht mehr individuell erhoben, sondern, wie oben erwähnt, mittels der Regressionsformel geschätzt.

3.2 Zeitreihe 1947-2002

Figur 3 stellt die Zeitreihe der jährlichen Anzahl Cluster für die Beobachtungsperiode 1947-2002 dar. Die Trendlinie hat eine leicht steigende Tendenz und zwar von etwa 11 Schadengebiete im Jahre 1947 auf 18 oder 19 im Jahre 2002. Die Schwankungen von Jahr zu Jahr sind relativ gross, Spitzen in den 70er Jahren und vor allem auch 1994 wechseln ab mit Minima wie z.B. in den Jahren 1953, 1962 und 1976. Nach 1976 sind die Minima nicht mehr unter die Zahl von 5 Clustern gefallen. Das Jahr 2000 hat eine mit den Spitzenjahren vergleichbare Anzahl gebracht. In den beiden jüngsten Jahren ist ein Rückgang der Clusterzahl zu verzeichnen, der zunehmende Trend bleibt aber noch erhalten.



Figur 3: Zeitreihe der Anzahl Schadengebiete pro Jahr mit mindestens 25 km Zugbahnlänge. Die Periode 1947-2002 (56 Jahre) ist dargestellt.

4. Die Radarzellen

4.1 Definition einer Radarzelle

Für das Projekt NFP31 (Schiesser et al., 1997) waren nur die starken Gewitter von Bedeutung, nämlich solche, welche zu heftigen Hagelniederschlägen führten. Diese Erfassung soll hier fortgesetzt werden. Damit man von starken Gewittern sprechen kann, müssen die einzelnen Zellen bestimmte Radarkriterien, sogenannte Hagelkriterien, erfüllen. Das Radarecho muss einen Reflektivitätswert von mindestens 45 dBZ erreichen. Die 30 mm/h Kontour der Niederschlagsintensität der operationellen MCH-Radargeräte entspricht einem Reflektivitätswert von 47 dBZ. Das Ganze wird durch die Bedingung verschärft, dass zusätzlich während dreier Bildsequenzen die höchste Niederschlagsintensität von 100 mm/h – das entspricht der 55 dBZ-Radarreflektivität – vorkommen muss. Bei dieser Intensität kann Hagel am Boden erwartet werden. Dadurch, dass die höchste Intensität mindestens eine halbe Stunde dauern muss (3 Bilder im 10-Minutenintervall), können kurzlebige, meist lokale Zellen ausgeschlossen werden. Dies ist auch notwendig, da sonst für die Erfassung eine zu grosse Zahl von Zellen vorhanden wäre. Das Höhenkriterium von mindestens 7 km Vertikalerstreckung des 47 dBZ-Echos wurde der Einfachheit halber weggelassen. Zellen unter 7 km, welche das obige Kriterium erfüllen, sind so selten, dass dies auf die Zellenzahl und im weiteren auf die Zeitreihe keinen relevanten Einfluss hat.

Die Messungen wurden während den für die Sommerstürme wichtigen Monaten Mai bis September vorgenommen. Bei Erfüllung aller Hagelkriterien werden die Zellen in den Datensatz aufgenommen. Die Lebensdauer einer Zelle beginnt bei der Beobachtung des ersten Auftauchens der 47 dBZ-Kontour auf dem Radarbild. Diese Kontour wird über die Zeit verfolgt und zwar auf einer Bildfolge im 10-Minuten Abstand. Die neuen Radarbilder hätten eine zeitliche Auflösung von 5 Minuten. Um Vergleiche mit früheren Jahren anstellen zu können, wird die 10-Minuten-Abfolge beibehalten. Ende der Zellenerfassung ist dann, wenn das 47 dBZ-Echo der entsprechenden Zelle verschwindet.

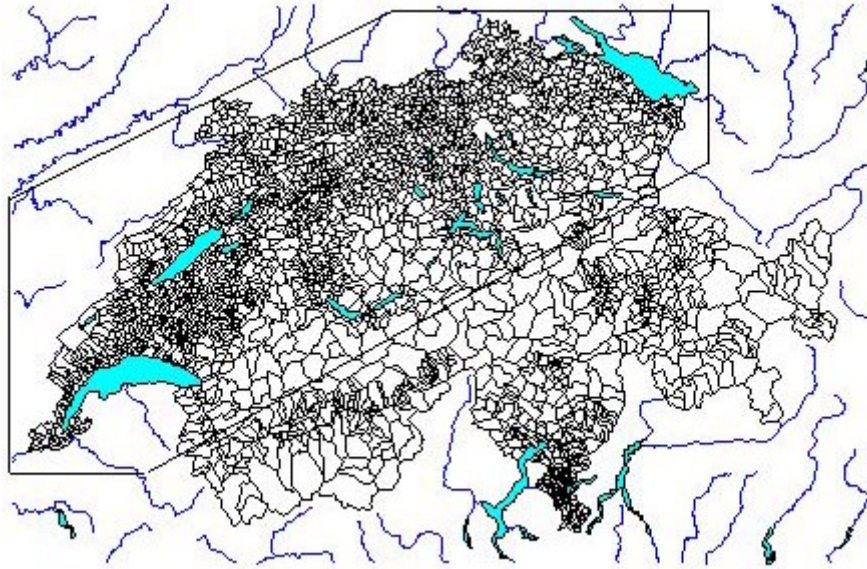
4.2 Daten

Die Publikation der jährlichen Daten endete mit dem Jahr 1996 im letzten Monitoring Bericht, der im Rahmen des NFP31 erschienen ist (Gruppe für Radarmeteorologie, 1997). Die Fortsetzung für die Jahre 1997-2000 der Zellendaten finden sich im Anhang 1 im letztjährigen Bericht (Schiesser und Schmid, 2004), der für die Hagelversicherung erstellt wurde. Die Variablen wurden im Vergleich zu früher etwas eingeschränkt. Die für die Jahre 2001 und 2002 erfassten Variablen sind aus der Tabelle 4 im Anhang ersichtlich. Anschliessend an diese Tabelle sind im Anhang die Tabellen 5 und 6 zu finden, in welchen jeweils die Zellen (eine Datenzeile für eine Zelle) eines Jahres zusammengefasst sind.

4.3 Auswertungen der Hagelzüge

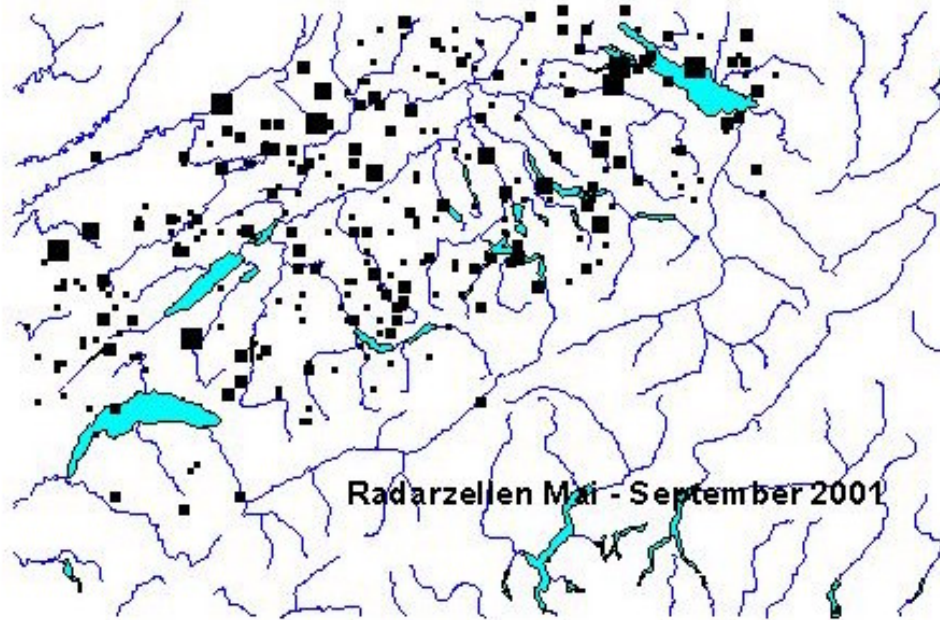
Um einen Vergleich mit früheren Jahren (1997-2000) zu ermöglichen, wurden die Zentren der Hagelzüge auch für die Jahre 2001 und 2002 im Untersuchungsgebiet aufgetragen. Die Zentren entsprechen dem Schwerpunkt der Zugbahn. Zusätzlich wurden sie unterteilt auf vier Zugbahnlängenklassen, welche aus den Figuren ersichtlich sind. Damit gewinnt man noch eine Idee über die Intensität der Stürme, da die Zugbahnlänge relativ gut mit der globalen kinetischen Energie des Hagelgewitters korreliert.

Figur 4 zeigt das Hagelgewitter-Beobachtungsgebiet NFP31, welches für die weitere Erfassung beibehalten wird.

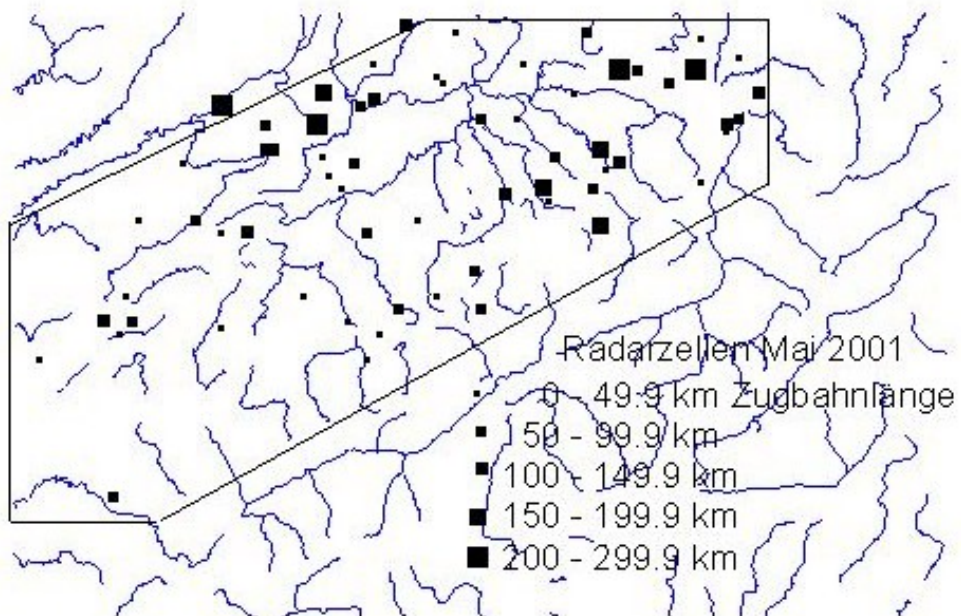


Figur 4: Untersuchungsgebiet vom Nationalen Forschungsprogrammes 31 (NFP-31) „Klimaänderung und Naturkatastrophen“. In diesem Gebiet werden die „Radarzellen“ erfasst.

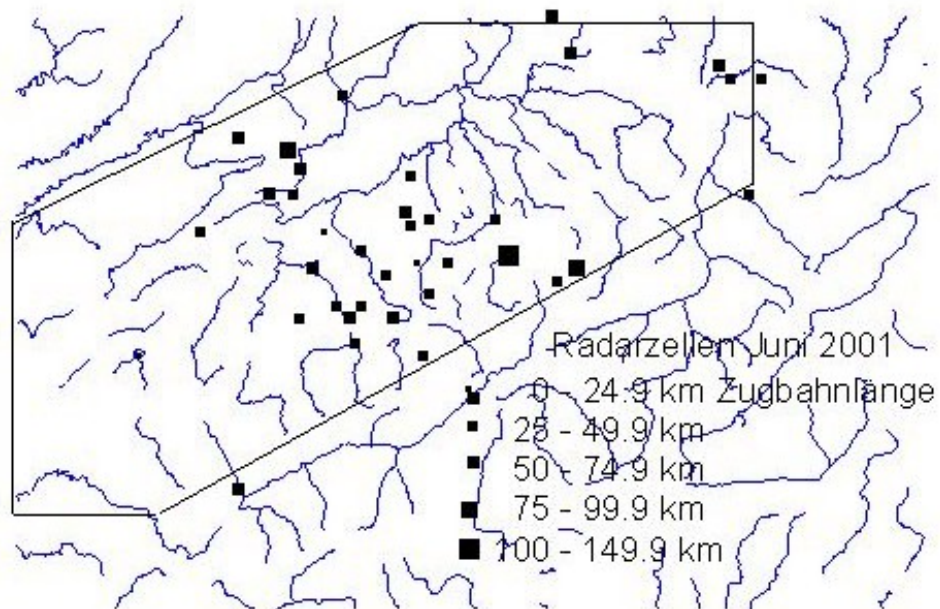
Die Figuren 5-15 geben den jährlichen Ueberblick (2001 – 2002) über die geografische Verteilung der Sturmzentren wie auch für die einzelnen Monate (Mai bis August für 2001, resp. Mai bis September für 2002) wieder. Die Gemeindekarte sowie die Grenzen des Beobachtungsgebietes sind im jährlichen Ueberblick, wegen der besseren Uebersicht, weggelassen worden. Die quadratischen Symbole bedeuten für den jährlichen Ueberblick: kleinstes Quadrat = Zugbahnlängen von 0 – 49.9 km, kleines Quadrat = 50 – 99.9 km, mittleres Quadrat = 100 – 149.9 km, grosses Quadrat = 150 – 199.9 km. Das grösste Quadrat entspricht einer Zugbahnlänge von 200 und mehr km. Auf den Bildern der Monate ist die Legende für die Symbole in der Figur eingetragen, da die Kategorien je nach Zugbahnlängenverteilung variieren können. Auch das Beobachtungsgebiet ist hier eingezeichnet. Beim Betrachten der Bildfolge kann man die monatlichen Unterschiede in der Intensität und im räumlichen Aufscheinen gut erkennen.



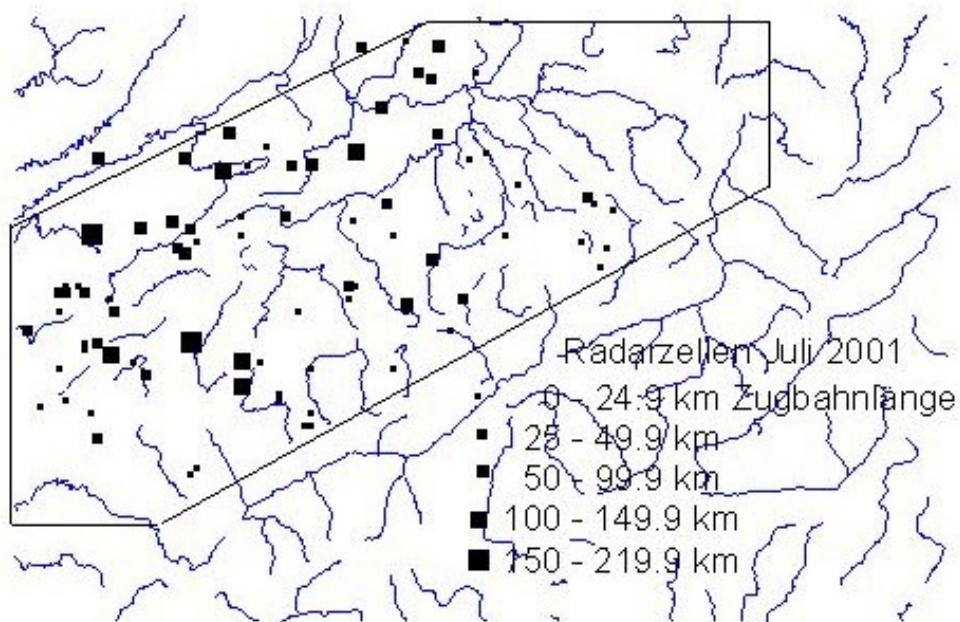
Figur 5: Zentren der Hagelzellen im Jahre 2001. Die Erklärung der Symbole siehe Text.



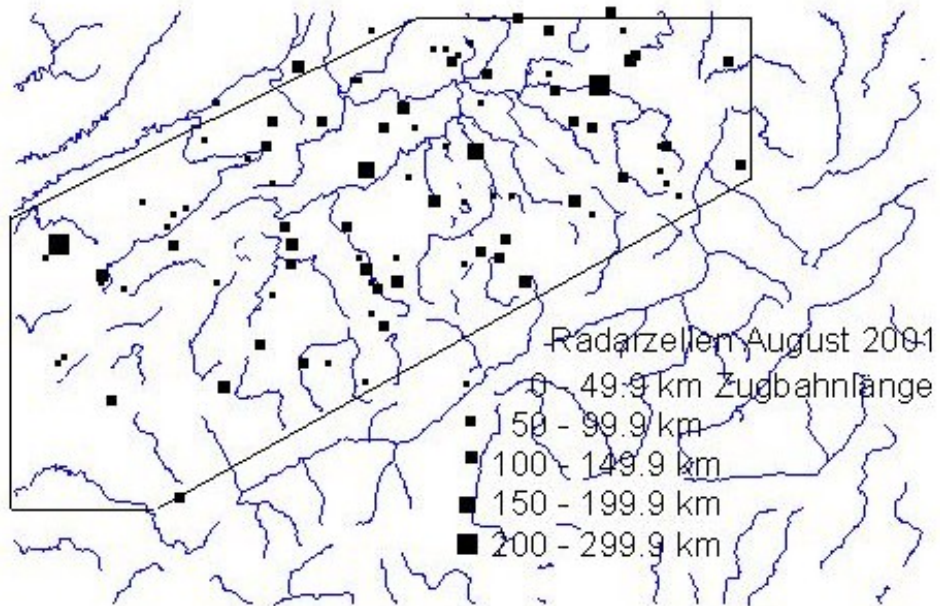
Figur 6: dasselbe wie Figur 5, aber für den Monat Mai 2001.



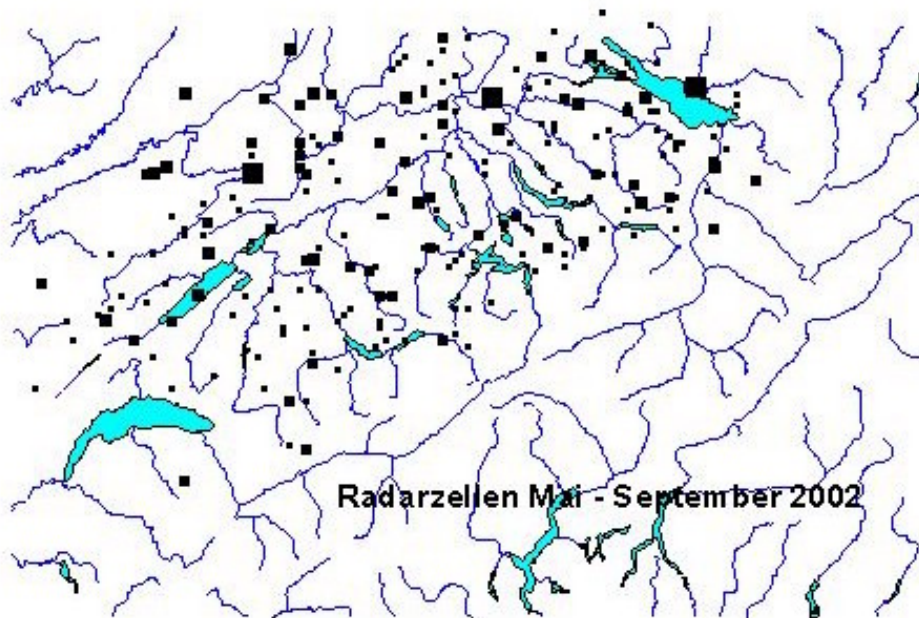
Figur 7: dasselbe wie Figur 5, aber für den Monat Juni 2001.



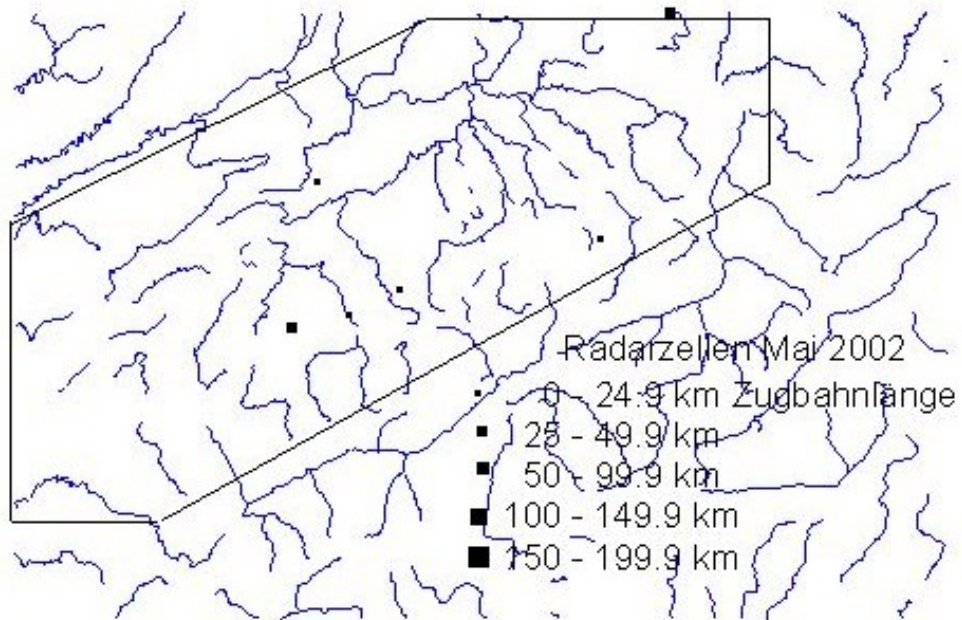
Figur 8: dasselbe wie Figur 5, aber für den Monat Juli 2001.



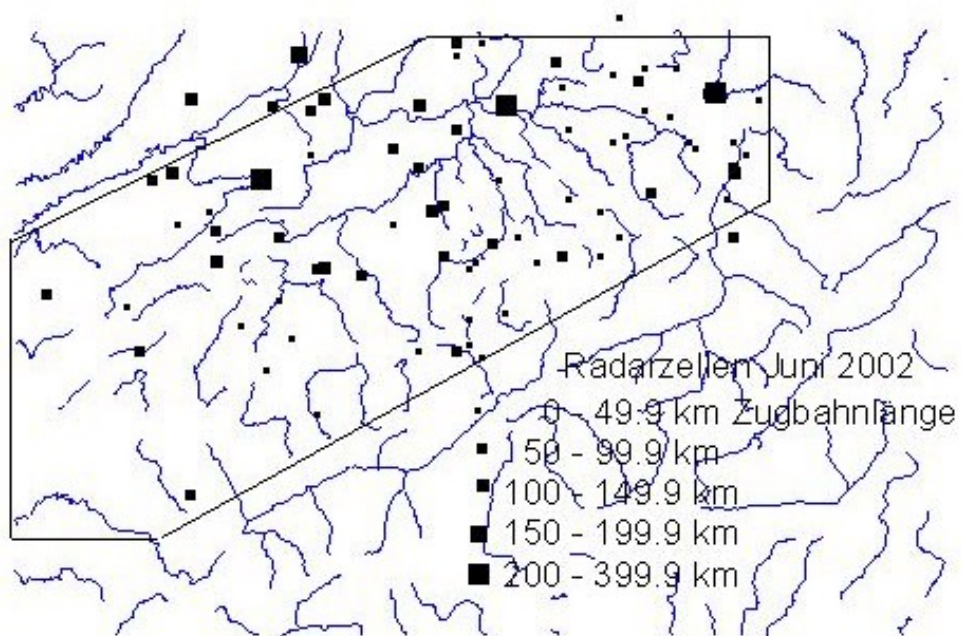
Figur 9: dasselbe wie Figur 5, aber für den Monat August des Jahres 2001.



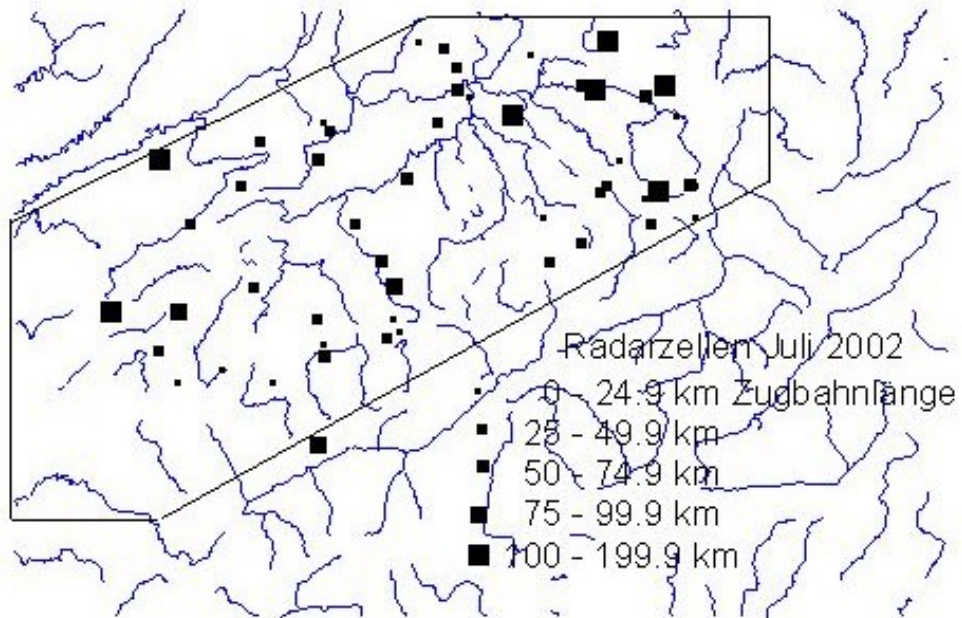
Figur 10: Zentren der Hagelzellen im Jahre 2002. Die Erklärung der Symbole siehe Text.



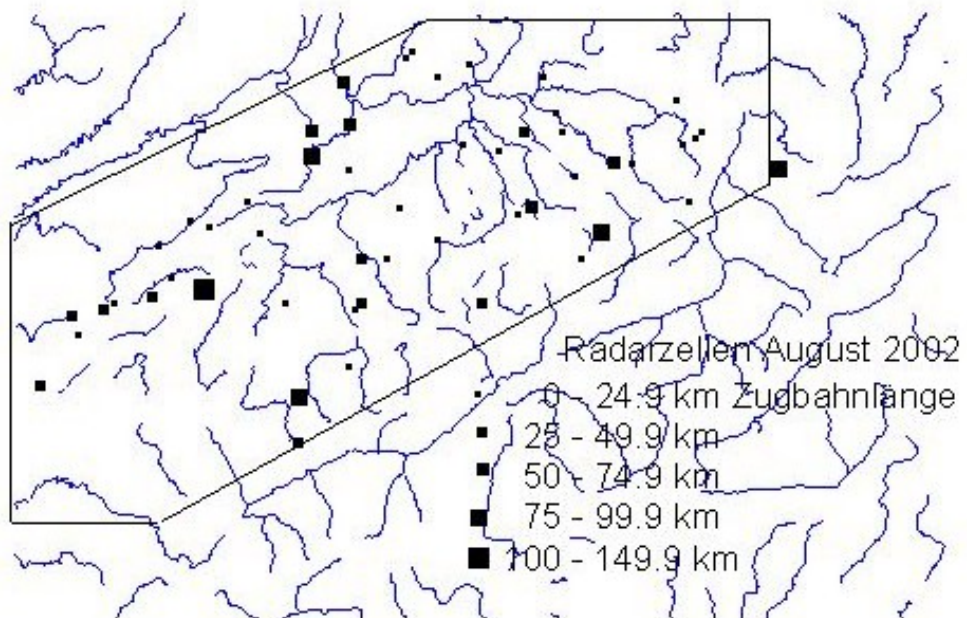
Figur 11: dasselbe wie Figur 10, aber für den Monat Mai des Jahres 2002.



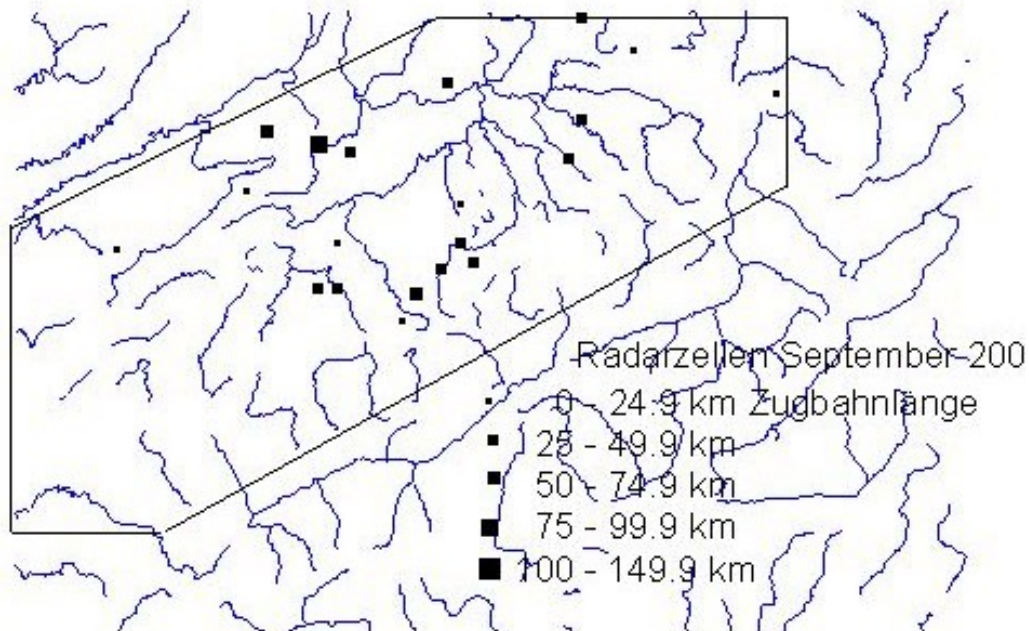
Figur 12: dasselbe wie Figur 10, aber für den Monat Juni des Jahres 2002.



Figur 13: dasselbe wie Figur 10, aber für den Monat Juli des Jahres 2002.



Figur 14: dasselbe wie Figur 10, aber für den Monat August des Jahres 2002.

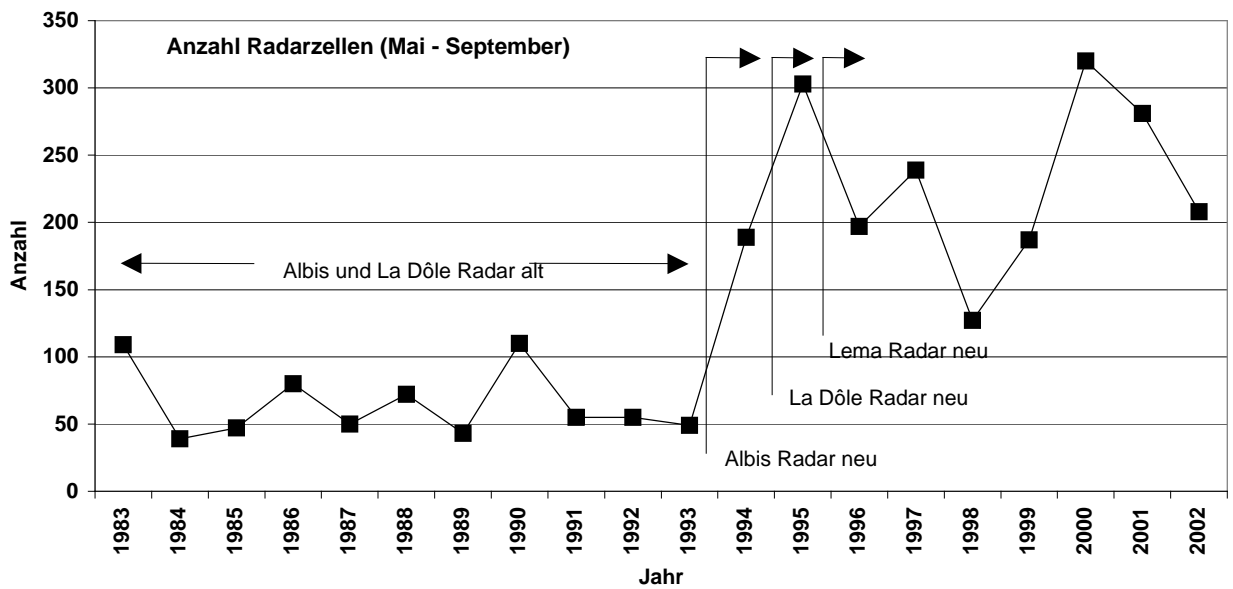


Figur 15: dasselbe wie Figur 10, aber für den Monat September des Jahres 2002.

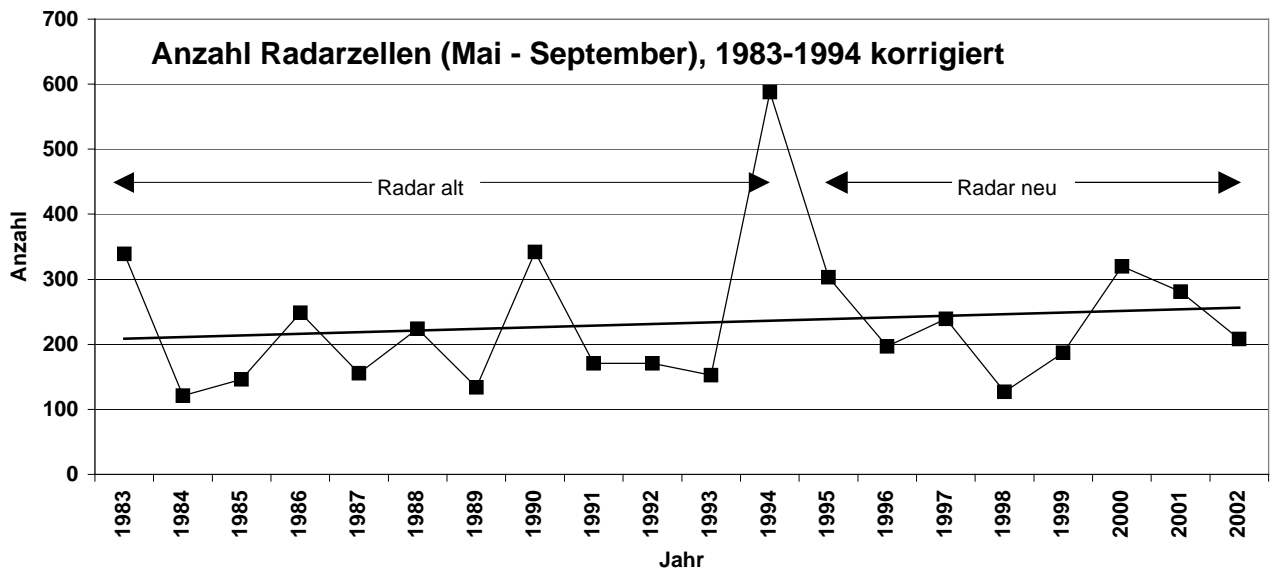
4.4 Zeitreihen

Um die Entwicklung über die letzten Jahre zu zeigen, wird in Figur 16 eine Zeitreihe der Anzahl Radarzellen über eine Beobachtungsperiode von 20 Jahren (1983 – 2002) dargestellt. Wir erkennen einen grossen Sprung in der Reihe und zwar um die Jahre 1994 und 1995. In diesen Jahren wurden die alten Radargeräte auf dem Albis (1994) und La Dôle (1995) mit neuen Geräten ausgetauscht. Die neuen Geräte sind Doppler-Radars, gehören also zu einer neuen Generation von Radargeräten. Damit wurde es möglich, die Bodenechos besser zu erkennen, was den Vorteil hatte, dass weniger Radarlöcher (keine Radarwerte) auf den Bildern zu finden sind. Daher gibt es ab dieser Zeit mehr Radarzellen, da die Hagelzüge auf den Bildern weniger unterbrochen werden und früher wegen ihrer zu kurzen Dauer wegfielen.

Da wir mit der Periode 1995-2002 nun schon 8 Jahre mit den neuen MCH-Radargeräten haben, kann man es wagen, die frühere Periode, nämlich 1983-1994 mit dem Verhältnis der Mittelwerte der beiden Perioden zu korrigieren und so auf vergleichbare Jahreswerte mit der Periode mit den neuen Radargeräten zu kommen. Der Mittelwert der Anzahl Zellen der Periode 1995-2002 beträgt 232.6, derjenige der Periode 1983-1994 74.8. Dies ergibt ein Verhältnis von 3.11, d.h. wir haben im Mittel in der zweiten Periode mit den neuen Radars 3.11 mal mehr Zellen erfasst. Die Bodenechounterdrückung mit dem Dopplersignal (bewegt sich ein Radarecho = Zelle oder bewegt es sich nicht = Bodenecho in den bodenechogefährdeten Gebieten) machte dies möglich. Figur 17 zeigt die korrigierte Zeitreihe der Figur 16. Wir sehen eine markante Spitze im Jahre 1994. Dieses Jahr war tatsächlich ein aussergewöhnliches Hageljahr. Ueber die ganze Zeitreihe gesehen, lässt sich ein nur leicht steigender Trend für die jährliche Zellenanzahl erkennen.

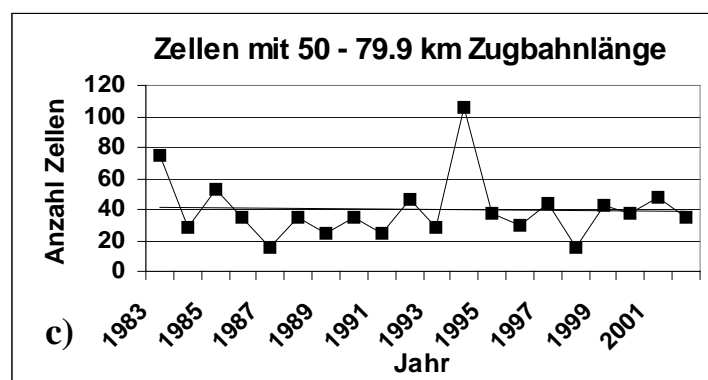
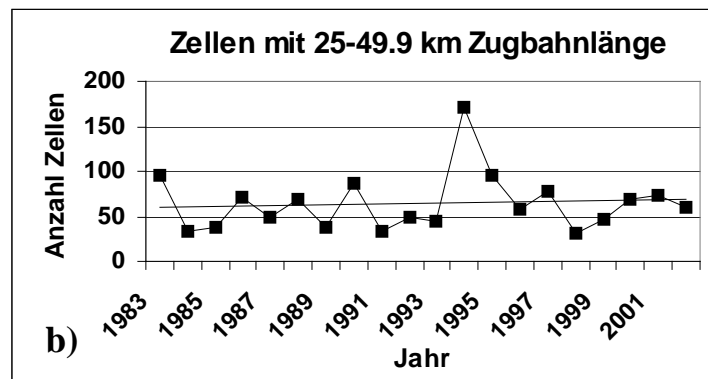
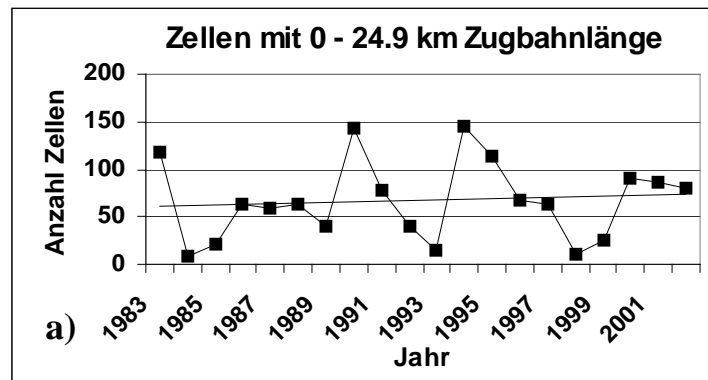


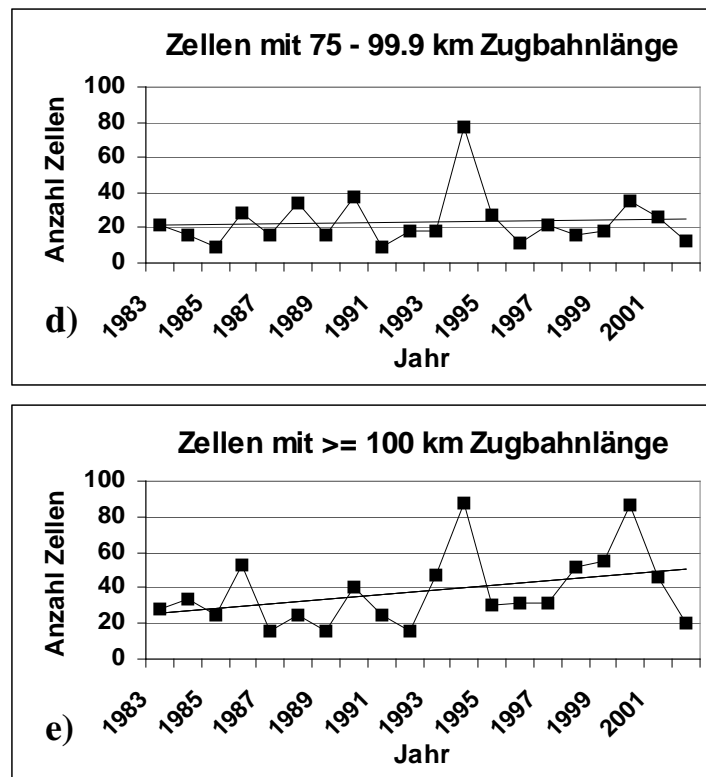
Figur 16: Zeitreihe der Anzahl Radarzellen 1983-2002. Zu beachten ist, dass die Radargeräte der MeteoSchweiz in den Jahren 1994 und 1995 ausgewechselt wurden. Das bedeutet einen Bruch in der Zeitreihe.



Figur 17: Korrigierte Zeitreihe aus der Figur 16.

Für die korrigierten Jahre 1983 – 2002, immerhin 20 Jahre, wird in diesem Abschnitt der Verlauf der Anzahl Zellen in einigen Zugbahnlängenklassen betrachtet. Im letzten Bericht wurden die Anteile gezeigt. Mit der Anzahl Zellen lassen sich jedoch auch Trendbetrachtungen anstellen. Die Figuren 18 (a bis e) zeigen für 5 Längenklassen die korrigierten Zeitreihen der Periode 1983 – 2002. Eine Trendlinie ist in allen fünf Figuren eingetragen. Am markantesten ist eine Zunahme der Anzahl Zellen in der Kategorie Zugbahnlängen ≥ 100 km zu erkennen, d.h. bei den grossen Zellen ist - vorerst qualitativ gesehen - eine zunehmende Tendenz sichtbar. 1994 ist in allen Kategorien als Spitze sichtbar.





Figur 18: Fünf Zeitreihen (1983-2002) der jährlichen Anzahl Radarzellen nach Zugbahnlängen stratifiziert.

5. Ausblick

Der Monitoring-Bericht gibt einen Ueberblick über die Gewitteraktivität einer Saison. Er stellt eine Sammlung von Daten dar, welche je nach Interesse weiter ausgewertet werden kann. Die Monitoring-Berichte sollen auch verhindern, dass jeder, der in der Zukunft am Thema Hagelgewitter interessiert ist, wieder von vorne mit einer Datensammlung beginnen muss. Daher ist es zu begrüßen, wenn die weiteren Jahre auch in dieser Arte erfasst werden können. Geplant ist im nächsten Bericht die Erfassung der Jahre 2003 bis 2004. Dann sind wir mit der Aufarbeitung soweit, dass eine jährliche aktuelle Erfassung wieder möglich ist. Damit erreichen wir, dass dramatische Entwicklungen auch sofort gesehen werden können. Die Zunahme der Zellen mit über 100 km Zugbahnlänge bei der Radarerfassung oder die Zunahme der Anzahl Tage mit über 100 Gemeinden mit Hagelschäden rechtfertigt eine weitere Erfassung. Der nächste Bericht wird die Werte 2003 und 2004 dazufügen. Auf die Entwicklung kann man gespannt sein.

6. Literatur

- Gruppe für Radarmeteorologie, 1997: Monitoring von starken Hagelstürmen in der Schweiz 1995 und 1996. Institut für Atmosphärenphysik, LAPETH-34, 300pp.
- OcCC, 2003: Extremereignisse und Klimaänderung. Herausgeber: OcCC (Organe consultatif sur les changements climatiques), Bern, 88pp.
- Schiesser, H.H., Schmid, W. (Meteoradar Schmid), 2004: Monitoring von starken Hagelstürmen in der Schweiz 1997-2000. Bericht für die Schweizerische Hagelversicherungs Gesellschaft, 43 pp.
- Schiesser, H.-H., 2003 : Hagel. In : Extremereignisse und Klimaänderung. Herausgeber: OcCC (Organe consultatif sur les changements climatiques), Bern, 65-68.
- Schiesser, H.-H., Waldvogel, A., Schmid, W., Willemse, S., 1997: Klimatologie der Stürme und Sturmsysteme anhand von Radar- und Schadendaten. Schlussbericht NFP31, vdf, 132pp.
- Willemse, S., 1995: A statistical analysis and climatological interpretation of hailstorms in Switzerland. Dissertation ETH No. 11137, 194pp.

Anhang

Bezugsquelle des vollständigen Berichtes inkl. allen Datentabellen des Anhanges:

meteoradar gmbh
Räbacher 4
8143 Stallikon / Schweiz
Email. schmid@meteoradar.ch