



Gewitter und ihre Jäger

Maturitätsarbeit von Jamin Hoerni, Kantonsschule Freudenberg
Betreuer: M. Anderhalden

Eine Arbeit über das Naturphänomen Gewitter und zusätzlich über den Job eines Gewitterjägers, gegliedert in 2 Hauptteile.

Abgabedatum: 20.12.2011

Inhaltsverzeichnis

Einleitung.....	4
1.1 Das Wetter.....	5
1.2 Grundvoraussetzungen für Gewitter.....	5
1.2.1 Luftfeuchtigkeit und Wärme	5
1.2.2 Stabilität/Instabilität.....	6
1.3 Die verschiedenen Gewittertypen.....	7
1.3.1 Wärmegewitter	7
1.3.2 Frontgewitter.....	9
1.3.3 Orographische Gewitter	11
1.3.4 Gewitter infolge Abkühlung in der Höhe (Höhentief)	14
1.4 Begleiterscheinungen von Gewittern.....	16
1.4.1 Starkregen	16
1.4.2 Hagel.....	17
1.4.3 Blitz und Donner	18
1.4.4 Sturmböen	19
2.1 Die Arbeit eines Gewitterjägers	21
2.1.1 Forecast	21
2.1.2 Nowcast	26
2.2 Interview.....	30
2.3 Analyse des gejagten Gewitters	33
2.3.1 Die Wetterlage.....	33
2.3.2 Die Begleiterscheinungen.....	36
Fazit	37
Quellenverzeichnis & Danksagung	38
Anhang.....	40

Einleitung

Das Wetter und vor allem Gewitter und Stürme faszinierten mich schon als kleiner Junge, wobei man sagen kann, dass mir dies früher eher Angst einjagte. Mein aktueller Traumberuf ist es, Meteorologe zu werden und ich habe daher bewusst ein Thema in dieser Richtung gesucht. Da ich ausserdem ein Fan vom Film Twister bin, und es leider keine Tornadojäger in der Schweiz gibt, wollte ich mich mit dem nächstkleinerem Hobby, nämlich mit den Gewitterjägern befassen.

In meiner Arbeit will ich nun einem Phänomen des Wetters, nämlich den Gewittern auf die Spur gehen. Mein Ziel ist es, zu verstehen wie ein Gewitter entsteht, was es dazu braucht und welche Wetterlagen am günstigsten für Gewitter sind. Im ersten Unterkapitel werde ich die Grundvoraussetzungen für Gewitter genauer unter die Lupe nehmen und das zweite Unterkapitel ist für die verschiedenen Gewittertypen vorgesehen.

Zu den Gewittern gehören aber auch deren Begleiterscheinungen, die ich jeweils kurz anschnitten und auch ihre Entstehung erklären werde. Die Begleiterscheinungen sind auch wichtig, damit man weiss, ab wann ein Gewitter grosse Schäden anrichten kann und welchen Gefahren man ausgesetzt ist.

Was im Bezug auf diesen Teil in der Arbeit nicht erwähnt wird, sind die verschiedenen Wolken vor beziehungsweise nach Gewittern, da mir dafür einfach schlicht der Platz fehlt und weil es dazu viele weitere Recherchen braucht.

Alle Fakten über Gewitter haben jedoch auch mit dem zweiten Teil meiner Arbeit zu tun, in dem es darum geht, der Arbeit eines Gewitterjägers nachzugehen. Was fasziniert einen Menschen so an Gewittern, dass er dazu bereit ist, ein solches zu jagen? Er setzt sich immerhin der Gefahr der Natur aus, um ein gutes Bild zu schiessen.

Um Antworten auf diese Fragen zu erhalten, habe ich einen Gewitterjäger (Englisch Storm-Chaser) kontaktiert und ihn interviewt. Er ist einer der Bekanntesten auf seinem Gebiet und half mir sehr, sein Hobby zu verstehen, indem er mir genauestens erklärte, was er bei einer Gewitterjagd alles vorbereiten muss usw. Dazu war ich bei einem dieser Chasings mit dabei und erlebte hautnah, was es heisst, sich unter einem Gewitter zu befinden.

Im letzten Teil geht es darum, die beiden Hauptteile zu kombinieren. Das heisst, ich mache in diesem Teil eine Analyse des gejagten Gewitters und kann somit das erlernte Wissen aus Teil 1 auf Teil 2 übertragen. Das dient dazu bei, dass man die Bedeutung der aus Teil 1 besprochenen Sachen erkennt, und sieht wie wichtig sie für die Analyse eines Gewitters sind.

Teil 1: Gewitter und ihre Entstehung

1.1 Das Wetter

Definition: Das Wetter ist der Zustand der Troposphäre gemessen an einem bestimmten Zeitpunkt. Das Wetter, damit verbunden die atmosphärischen Prozesse, ist generell sehr komplex. Es gibt unzählige Parameter, die das Wettergeschehen beeinflussen und dazu gehören nicht nur Luftdruck, Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit und Windgeschwindigkeit, sondern z.B. auch Strahlung, Wolken, Vertikalwind usw. Alle von diesen Parametern werden als Veränderungen mit der Zeit zusammen betrachtet und spielen somit eine wichtige Rolle. Unser Vorstellungsvermögen ist bei so vielen verschiedenen Parametern ziemlich schnell überfordert. Zum Glück gibt es heute Computer, die uns mit Hilfe von mathematischen und physikalischen Formeln helfen, Modelle aus all diesen in Daten gefassten Parametern zu erstellen. Durch die Modelle erhalten wir dann kurz bis mittelfristige Prognosen, die jedoch von Zeit zu Zeit wieder berechnet werden.¹ Die Meteorologie ist heute sehr abstrakt geworden und das ist eigentlich schade. Sie ähnelt überhaupt nicht mehr der Meteorologie von früher, damals gab es noch die sogenannten Wetterschmöcker, die das Wetter anhand von Anzeichen in der Natur bestimmten. Aber lassen wir das auf sich beruhen und beschränken wir uns nun auf einen Teil des Wetters, nämlich spezifisch auf die Gewitter.

1.2 Grundvoraussetzungen für Gewitter

Es braucht für Gewitter gewisse Grundvoraussetzungen, damit diese überhaupt entstehen können. Die zwei wichtigsten sind hier erwähnt, obwohl es natürlich noch weitere gibt, die ich jedoch aus Platzgründen vernachlässigt habe.

1.2.1 Luftfeuchtigkeit und Wärme

Es gibt zwei verschiedene Arten von adiabatischen Gradienten, die beide mit dem Entstehen von Gewitterwolken zu tun haben. Diese beide zusammen ergeben dann die adiabatische Temperaturveränderung:

- Der trockenadiabatische Gradient: Die trockene Atmosphäre kühlt sich im Mittel um 1°C pro 100m ab.
- Der feuchtadiabatische Gradient: Die mit Feuchtigkeit gesättigte Atmosphäre kühlt sich im Mittel um 0.5°C pro 100m ab.

Der Grund dafür ist, dass je wärmer die Luft und je höher deren Druck ist, umso mehr Feuchtigkeit kann die Luft aufnehmen. Luft von 30°C kann 27g Wasserdampf/kg Luft aufnehmen, Luft von 10°C hingegen nur 7.8g.

¹ H. Kraus & U. Ebel, Risiko Wetter, 2003, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, s.2-3.

Gewitter und ihre Jäger

Durch die Kondensation von Wasserdampf zu Wassertropfchen wird Wärme freigesetzt. Dieser Prozess wird auch als Freisetzen latenter Wärmeenergie bezeichnet. Diese Wärme ist wärmer als die umliegende Luft, was dazu führt, dass sich eine Gewitterwolke über mehrere Kilometer vertikal nach oben ausdehnen kann, ohne dass sie sich auflöst.² Diesen Vorgang sieht man in Abb.1 sehr schön.

Vertikale Ausdehnung:

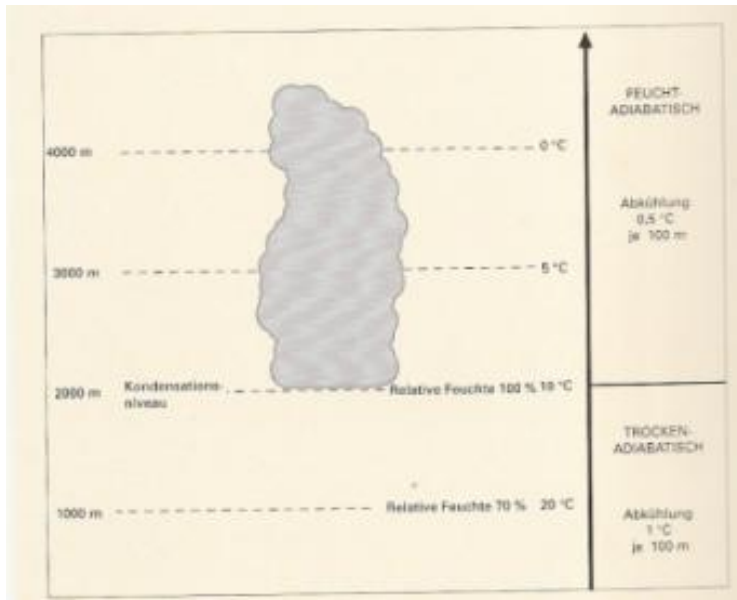


Abb.1

A. Hermant, Gewitter-Faszination eines Phänomens, 2002, Delius-Klasing-Verlag, Bielefeld, s. 20.

Wir sehen also, dass für Gewitter zwei Parameter sehr wichtig sind: die Wärme und die Luftfeuchtigkeit, ohne diese notwendige Zufuhr kollabiert eine Gewitterwolke schnell. Dies ist auch der Grund, warum es in den Tropen am meisten gewittert, in den Polarregionen dafür fast nie. Das Aufsteigen von Luftpaketen (die übrigens immer Warmluft in sich tragen, denn warme Luft steigt) wird auch als Konvektion (von lat. *convectum* = zusammengeführt) umschrieben.³

1.2.2 Stabilität/Instabilität

Der Begriff der Instabilität ist fundamental bedeutsam für das Verständnis der Entstehung von Gewittern. Ein Luftpaket wird dann als instabil bezeichnet, wenn es sich, nachdem es vom Ursprungsort entfernt wurde (durch äussere Ursache), weiter von diesem Punkt entfernt.

Stabilität: Eine Luftmasse wird als stabil bezeichnet, wenn die Temperatur des angehobenen Luftpakets rascher mit der Höhe abnimmt als die Temperatur der Umgebungsluft. Ausgeprägte Inversionen (= Bezeichnung für Lagen mit Zunahme der Temperatur in der Höhe) sind allgemein bei Hochdrucksystemen anzutreffen.⁴

² A. Hermant, Gewitter-Faszination eines Phänomens, 2002, Delius-Klasing-Verlag, Bielefeld, s.18.

³ G.H. Liljequist & K. Cihak, Allgemeine Meteorologie, 1990, Vieweg-Verlag, Braunschweig, s.191.

⁴ Siehe Fussnote 2.

Instabilität: Eine Luftmasse wird als labil/instabil bezeichnet, wenn die Temperatur eines angehobenen Luftpakets langsamer mit der Höhe abnimmt als die Umgebungsluft. Das Luftpaket ist wärmer und somit leichter als die Umgebungsluft und setzt seinen Anstieg fort. Dazu gehört auch, dass die vertikale Ausdehnung und Geschwindigkeit der Aufwärtsströme proportional sind zur Temperaturabnahme mit der Höhe (vertikaler Temperaturgradient) und zur Luftfeuchtigkeit in den unteren Schichten.⁵ Fürs weitere konzentrieren wir uns nun auf die Labilität, denn nur in labil geschichteter Luft entstehen Gewitter. Zudem muss gesagt sein, dass es vier verschiedene Arten gibt, die zu Labilität in der Atmosphäre führen, doch mehr dazu im folgenden Kapitel.

1.3 Die verschiedenen Gewittertypen

Das nachfolgende Kapitel handelt von den verschiedenen Wetterlagen, die zu Gewitter führen können. Es ist wichtig, Gewitter im Allgemeinen auch anhand von Wetterkarten zu analysieren, da gewisse Wetterlagen die Entstehung von Gewittern begünstigen. Das ist vor allem auch für Gewitterjäger sehr interessant, weil diese nämlich auch auf genaue Daten der Wetterlage angewiesen sind, um zu wissen mit was für einem Gewittertypen sie es zu tun haben. Im Alpenraum, zu dem die Schweiz gehört, sind vier Haupttypen von Gewittern bekannt, auf die ich nun jeweils kurz eintreten werde und anhand von Wetterkarten genauer erklären werde. Es sind dies:

- ❖ Wärmegewitter
- ❖ Frontgewitter
- ❖ Orographische Gewitter
- ❖ Gewitter infolge Abkühlung in der Höhe

1.3.1 Wärmegewitter

Wärmegewitter sind der klassische Fall im Sommer. Sie entstehen durch sehr starke Sonneneinstrahlung am Boden, die zu einer konvektiven Instabilität führen. Es sind lokale Gewitter, die zumeist sehr schwach ausfallen. Im Allgemeinen herrscht bei solchen Gewittern eine eher schwache Druckverteilung. Die Luft wird besonders vor diesen Gewittern als schwül empfunden. Wärmegewitter dauern nicht länger als 1 bis 2 Stunden und leiten keine Wetterveränderung ein - ausser vielleicht eine kleine Abkühlung und einen bedeckten Himmel bis zum Eindunkeln. In der Nacht lösen sie sich aber rasch wieder auf.⁶

Begleiterscheinungen in Kürze:

- Lokal kräftige, kurze Schauer (allerdings nicht allzu stark), aber nur selten Hagel.
- Selten starke Winde. Meist schwache bis mittlere Böen während der Schlussphase des Gewitters.

⁵ A. Hermant, Gewitter-Faszination eines Phänomens, 2002, Delius-Klasing-Verlag, Bielefeld, s.17-18.

⁶ P. Albisser, Wetterkunde für Wanderer und Bergsteiger, 2011, SAC-Verlag, Frutigen, s.105 & 108.

Gewitter und ihre Jäger

- Die Blitze sind für kurze Zeit sehr stark; in den Tropen gibt es vor allem Wolkenblitze, die sich nur zwischen den Wolken entladen und nicht auf den Boden gelangen.⁷

Wichtig zu erwähnen ist noch, dass es bei lokalen Gewittern, sehr auf die topographische Beschaffenheit des Bodens ankommt, wie diese Graphik (Abb. 2) zeigt:

Quellwolkenentstehung Tag/Nacht

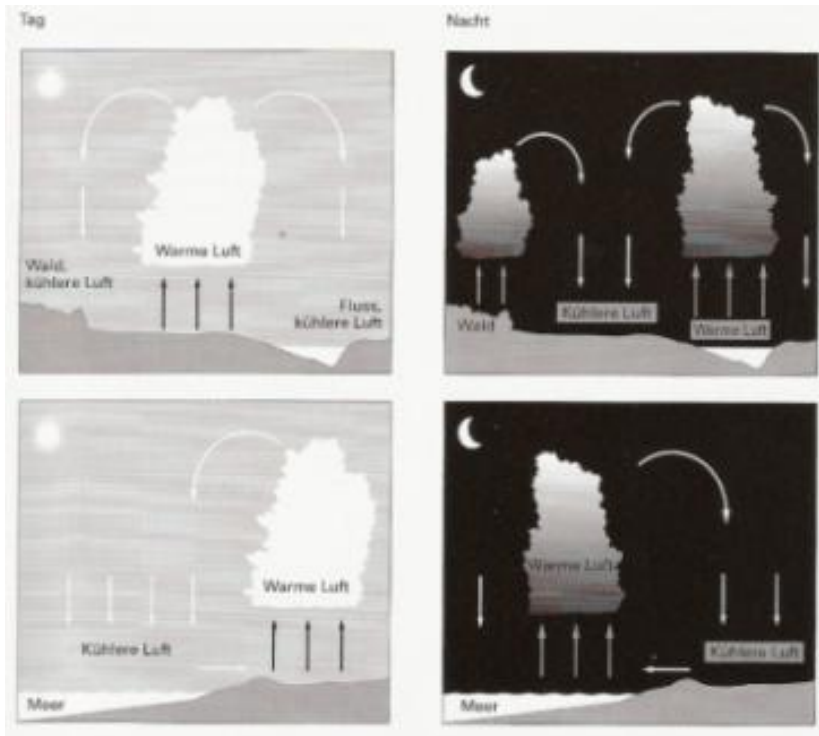


Abb. 2

A. Hermant, Gewitter-Faszination eines Phänomens, 2001, Delius-Klasing-Verlag, Bielefeld, s.27.

Der Unterschied von Tag und Nacht ist leicht erklärt: Am Tag erwärmt sich das Land schneller, als das Wasser → es entstehen nur Quellwolken über dem Land. In der Nacht jedoch kühlt das Land schneller ab, als das Wasser → es entstehen Kumuluswolken über dem Wasser, nicht aber über dem Land.⁸

Hier noch eine Wetterkarte vom 26.07.2008 (Abb.3), man sieht hier schön die flache Druckverteilung über Mitteleuropa (es hat nur wenige Isobarenlinien über Mitteleuropa). Es kam an diesem Tag in den Bergen, namentlich in Adelboden, Samedan, San Bernardino und Aigle zu solchen Wärmegewittern.

⁷ A. Hermant, Gewitter-Faszination eines Phänomens, 2002, Delius-Klasing-Verlag, Bielefeld, s.120.

⁸ A. Hermant, Gewitter-Faszination eines Phänomens, 2002, Delius-Klasing-Verlag, Bielefeld, s.27.

Gewitter und ihre Jäger

Wetterübersicht vom Samstag
Résumé météorologique du Samedi

26.7.2008



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern EDI
Département fédéral de l'intérieur DFI
Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz
Office fédéral de météorologie et de climatologie MeteoSuisse

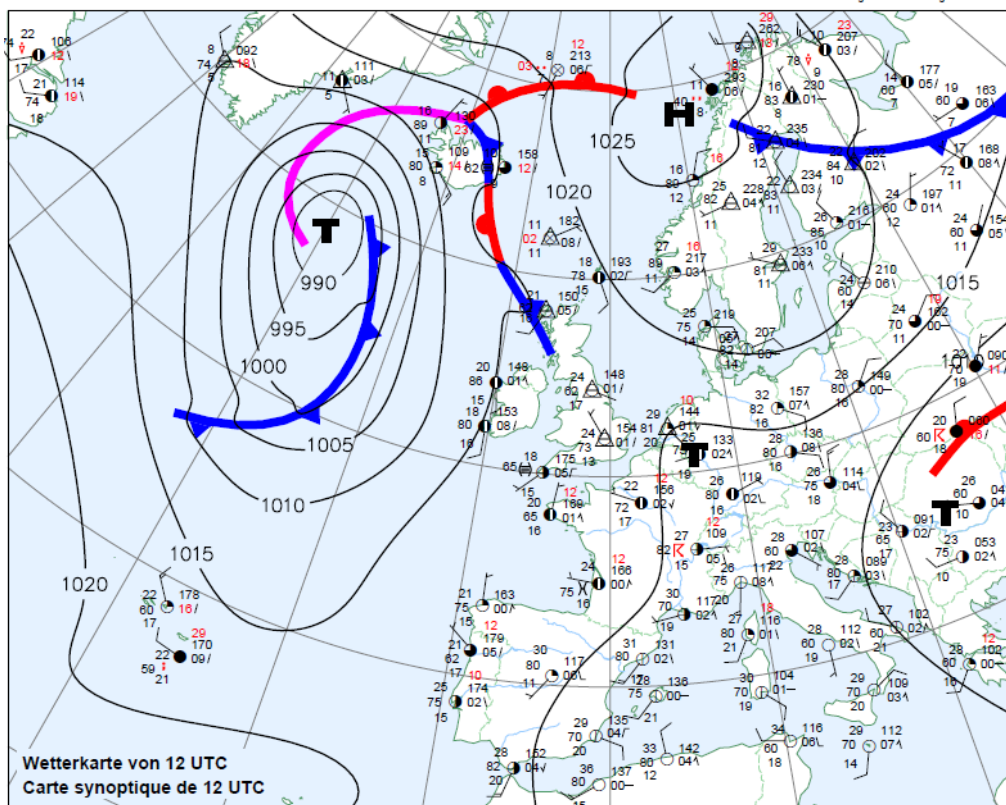


Abb. 3

Quelle: Meteo-Schweiz Zentrale.

1.3.2 Frontgewitter

Es gibt verschiedene Arten von Frontgewittern, wobei ich aber nur eine genau analysieren möchte, und zwar die Kaltfrontgewitter:

Kaltfrontgewitter entstehen durch Annäherung von grossräumig feuchter und instabil geschichteter Luftmassen, d.h. wenn eine Kaltfront über den Kontinent zieht. Bei einer Kaltfront ist dies meist kühle Meeresluft, die sich jeweils wie ein Keil unter die warme Luft schiebt (siehe Abb. 4). Das führt dazu, dass sich viel schneller Quellwolken bilden, als dies bei den Wärmegewittern der Fall ist, weil die Warmluft schneller in die Höhe gehoben wird, zudem können sie zu allen Tageszeiten vorkommen. Da eine Front sich sehr schnell nähert, sind solche Gewitter sehr gefährlich für Menschen, die sich gerade an exponierten Lagen, wie zum Beispiel in den Bergen befinden. Nach Frontgewittern ist nicht mit einer Wetterbesserung zu rechnen, sondern eher mit einer Wetterverschlechterung.

Dass solche Gewitter im Anmarsch sind, kann man daran erkennen, dass das Barometer während des Durchzugs der Front einen starken Druckabfall aufweist, der jedoch sehr bald wieder in die Höhe geht. Was noch dazugehört ist, dass solche Gewitter sich über eine Bandbreite von ca. 100 km erstrecken und somit überall entlang dieser sogenannten Frontlinie auftreten können.⁹

⁹ P. Albisser, Wetterkunde für Wanderer und Bergsteiger, 2011, SAC-Verlag, Frutigen, s. 108-109.

Gewitter und ihre Jäger

Schema eines Kaltfrontgewitters

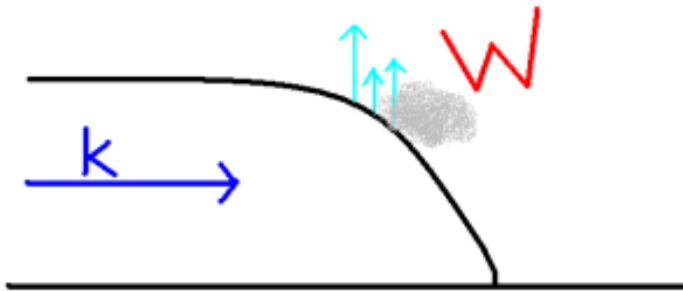


Abb. 4

Eigene Darstellung.

W: Warme Luftmasse K: Kalte Luftmasse

Abb. 5 zeigt eine Wetterkarte bei der eine Kaltfront die Schweiz durchquert, die an diesem Tag zu Kaltfrontgewittern führte.

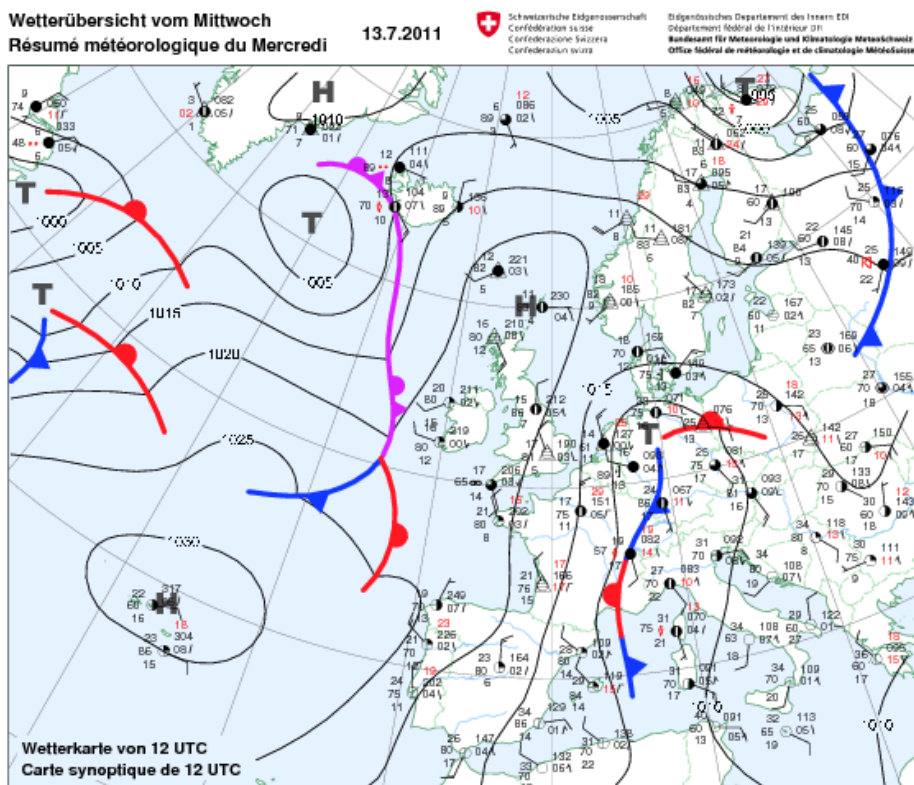


Abb.5

Online im Internet:

[http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/wetter/wetterereignisse/Gewitter Starkregen 12 13 Juli 2011. Par.0006.DownloadFile.tmp/gross.png](http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/wetter/wetterereignisse/Gewitter_Starkregen_12_13_Juli_2011.Par.0006.DownloadFile.tmp/gross.png) Stand(26.07.2011).

Gewitter und ihre Jäger

Begleiterscheinungen in Kürze:

- Starke Schauer beim Durchzug der Front, die meist durch Hagel ergänzt werden. Nach dem Durchzug der Front bringt die Restfeuchtigkeit meistens noch weitere Niederschläge.
- Kräftige Böen möglich, vor allem wegen des Druckunterschiedes, der ausgeglichen werden muss.
- Die Blitze beim eigentlichen Durchziehen der Front eher schwach. Blitzschläge sind sehr intensiv, Wolkenblitze dagegen sind eher schwach. Meistens gibt es im Norden der Front mehr Blitzschläge als im Süden.¹⁰

1.3.3 Orographische Gewitter

Orographische (vom griechischen oros = Berg) Gewitter sind eine Folge vom Aufsteigen riesiger Luftpakete: Fließt nämlich warme und feuchte Luft gegen ein Hindernis, in den meisten Fällen ein Gebirgskörper, so wird diese zum Aufsteigen gezwungen. Die Luft kühlt sich in der Höhe ab und wenn dort für Gewitter geeignete Temperaturen herrschen, so bilden sich dann ziemlich kräftige Gewitterwolken. Da Aufstiege solcher Luftmassen öfters durch Föhnlagen entstehen, und bei Föhn viel feucht-warme Luft geliefert wird, bilden sich die Gewitterzellen mehr oder weniger immer am gleichen Ort. Das führt dazu, dass teils mit extrem grossen Niederschlägen zu rechnen ist. Auf der anderen Seite des Berges ist es hingegen sehr sonnig, weil der Berg als Hindernis wirkt und kein Niederschlag auf die andere Seite gelangt.¹¹ Abb. 6 zeigt ein Beispiel für eine Föhnlage:

Bodenwetterkarte vom 03.10.2011

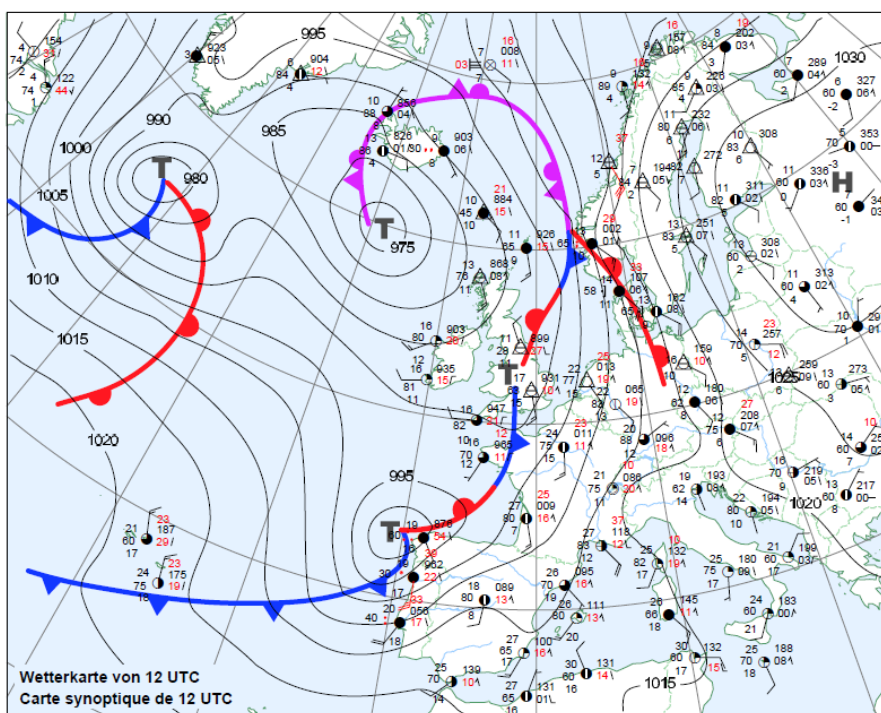


Abb. 6

Quelle: Meteo-Schweiz Zentrale.

¹⁰ A. Hermant, Gewitter-Faszination eines Phänomens, 2002, Delius-Klasing-Verlag, Bielefeld, s.122.

¹¹ P. Albisser, Wetterkunde für Wanderer und Bergsteiger, 2011, SAC-Verlag, Frutigen, s. 110.

29.6 mm Regen innerhalb 10 Minuten in Lugano

Am Donnerstag, 24. August 2006 etwa um 15 Uhr zog eine heftige Gewitterzelle begleitet von Hagel und Sturm über die Region Lugano hinweg. Die automatische Messstation Lugano registrierte innerhalb nur zehn Minuten 29.6 mm Regen im Vergleich zu 1545mm pro Jahr(!) und Windböen bis 85 km/h.

Niederschlagsradar Lugano 24.08.06, 15 Uhr

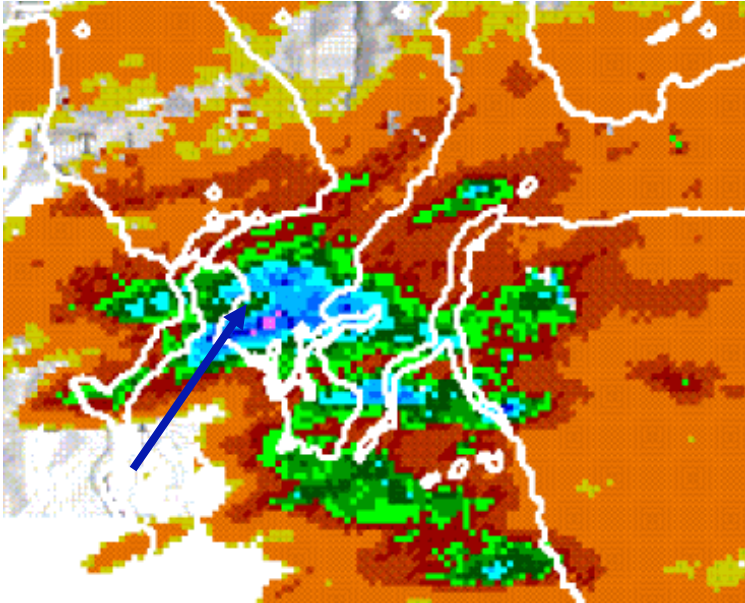


Bild des Niederschlagsradars am Nachmittag des 24. August 2006. Die Gewitterzelle liegt über Lugano (in der Mitte des Bildes, wo der Pfeil hinzeigt).

Abb. 7

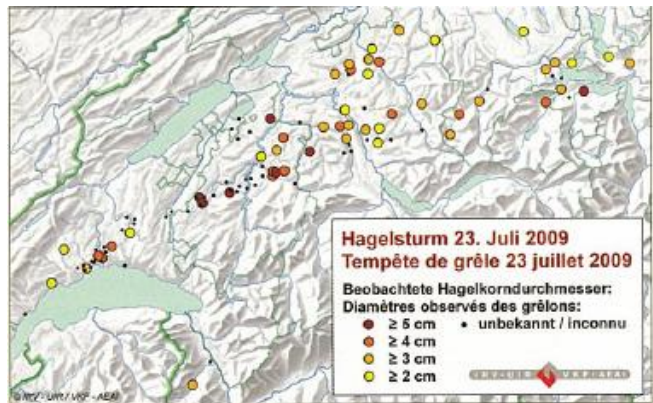
Online: http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/wetter/wetterereignisse/TS_Lugano.html Stand (04.08.2011).

Es gibt bei orographischen Gewittern und bei Frontgewittern auch Spezialfälle, folgender (der bei Frontgewittern stattfand) hat mir der Meteorologe Christophe Voisard erzählt: „Es gab an diesem Tag extrem starken Südföhn, der viel feucht-warme Luft mit sich trieb. Die Luft, welche wegen eines Hindernisses aufsteigen sollte, wurde jedoch daran gehindert, weil über dieser feucht-labilen Luft eine stabile Luft lag, welche man auch als trockene Inversion bezeichnet. Als die Inversion dann unterbrochen wurde, gab es ein gewaltiges Aufsteigen, der instabilen Luft und es kam zu sehr heftigen Hagelschäden, durch Hagelkörner in der Grösse von ca. 5cm und mehr!“ Das ist anhand des folgenden Berichts zu sehen:

Der Hagelsturm vom 23. Juli 2009

Allgemeines

Am 23. Juli 2009 wurden weite Teile des Schweizer Mittellandes sowie der angrenzenden Voralpen von einem aussergewöhnlich heftigen Hagelzug heimgesucht. Die Gewitterzelle bildete sich um die Mittagszeit im französischen Departement Ain und stiess gegen 15 Uhr am Genfer Jura auf Schweizer Staatsgebiet vor. In der Folge überquerte sie das Mittelland und zog gegen 18 Uhr über den Bodensee weiter Richtung Bayern; ihre Zugbahn konnte aber noch bis Oberösterreich weiterverfolgt werden. Auf ihrem Pfad wurden in der Schweiz laut dem Interkantonalen Rückversicherungsverband (IRV) die schwersten Hagelschäden seit 50 Jahren registriert.



Die Wetterlage

Kräftige südwestliche Höhenwinde steuerten in der Nacht auf den 23. Juli sehr warme Luft von Spanien gegen die Schweiz. In den Alpentälern kam teils kräftiger Föhn auf und sorgte dort tagsüber für Höchsttemperaturen um 30 Grad. Selbst auf dem 1970 Meter hohen Moléson wurden vor den Gewittern noch 20 Grad gemessen. Die Föhnströmung über den Alpen sorgte zudem für eine trockene Luftschichtung und behinderte so die frühe Auslösung von Gewittern. Erst im Vorfeld der anrückenden Kaltfront bildete sich um die Mittagszeit über dem französischen Departement Ain eine Gewitterzelle, welche am Nachmittag dem Genfersee entlang unter Verstärkung gegen Nordosten zog.

Hagelkorn von 5 cm fotografiert von Hr. Roger Mauron in Brünisried eine Stunde nach dem Gewitter vom 23. Juli.



12

Das oben beschriebene Phänomen wird im Amerikanischen, als „loaded gun“ und im Deutschen als potentiell explosive Ladung bezeichnet man kann dies anhand eines Kochtopfs und eines Dampfkochtopfs erklären. Aus dem ersten Topf entweicht fortlaufend kondensierter Wasserdampf, der sich langsam in der Umgebung verteilt. Beim Dampfkochtopf hingegen, wird das siedende Wasser jedoch durch den Deckel des Topfs zurückgehalten. Beim Entfernen des Verschlusses bricht ein schmaler und kräftiger Strahl kondensierten Wassers explosionsartig hervor, da im inneren des Topfs ein Druck von instabiler Luft herrscht.¹³ Abb.8 auf der folgenden Seite, zeigt schematisch die „Explosion“ einer loaded gun.

¹² Hagel, Bericht von A. Hostettler, Übersetzung: C. Voisard, Meteo-Schweiz.

¹³ A. Hermant, Gewitter-Faszination eines Phänomens, 2002, Delius-Klasing-Verlag, Bielefeld, s. 127.

Inversionslage bei Gewittern

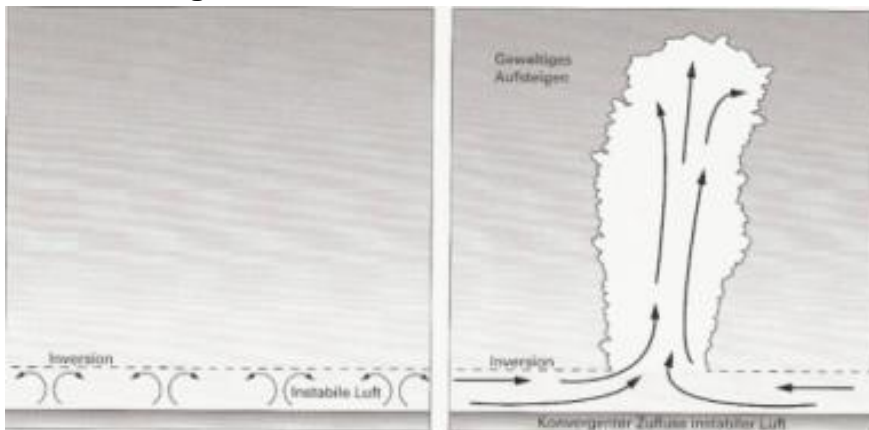


Abb. 8

Scan aus: A. Hermant, Gewitter-Faszination eines Phänomens, 2002, Delius-Klasing-Verlag, Bielefeld, s. 127.

Begleiterscheinungen in Kürze:

- Kräftiger und intensiver Regen, der meistens für längere Zeit andauert, wegen der Staulage, kann zum Teil von starkem Hagel begleitet sein.
- Sehr starke Winde im Vorfeld, wegen des Föhns hervorgerufen: Vereinzelt über 100km/h!
- Mehr Blitzschläge als Wolkenblitze, da sich die Gewitter an Hängen entladen, die meist sehr hoch sind. Spezialfall: Es gibt orographische Gewitter, bei denen aus dem oberen Teil der Wolke Blitze entweichen und an weit entfernten Stellen im Boden einschlagen! Vor allem in tropischen und subtropischen Luftmassen ist dies vermehrt der Fall, z.B. Florida.

1.3.4 Gewitter infolge Abkühlung in der Höhe (Höhentief)

Höhentief: Höhentiefs bzw. Kaltlufttropfen entstehen, wenn in der Höhe Kaltluft zungenförmig nach Süden und östlich davon Warmluft polwärts vorstößt. Dabei kann es zu einem Kaltlufttropfen kommen, der eigentlich nur aus abgespaltener kalter Luft besteht und einen Durchmesser von 100 bis 500 km hat. Kaltlufttropfen treten in der mittleren Troposphäre auf d. h. in einer Höhe von ca. 4-9km. Man weiss praktisch nie in welche Richtung solche Höhentiefs wandern, sie werden deshalb meistens mit Fettaggen auf Suppen verglichen, bei denen man ebenfalls nicht weiss in welche Richtung sie „schwimmen“. Höhentiefs entstehen das ganze Jahr durch und haben auch Einfluss auf das Wetter am Boden, obwohl man sie auf Bodenwetterkarten nicht erkennen kann. Zu Gewittern können sie deshalb führen, weil bei uns vor allem Höhentiefs wirksam sind, die vom Meer her zu uns aufs Festland gelangen. Während diesem Weg nehmen sie viel feuchte Luft auf. Wenn diese Höhentiefs nun aufs Festland treffen, steigt die warme Luft vom Boden auf und führt zu einer sehr labilen Schichtung der Luft. Wie schon weiter oben erwähnt, führt eine labile Schichtung der Troposphäre dazu, dass Gewitter entstehen. Zum Teil kann es passieren, dass solche Kaltlufttropfen an den Alpen hängen bleiben können.¹⁴

¹⁴ P. Albisser, Wetterkunde für Wanderer und Bergsteiger, 2011, SAC-Verlag, Frutigen, s. 38-40 & 80 & 110.

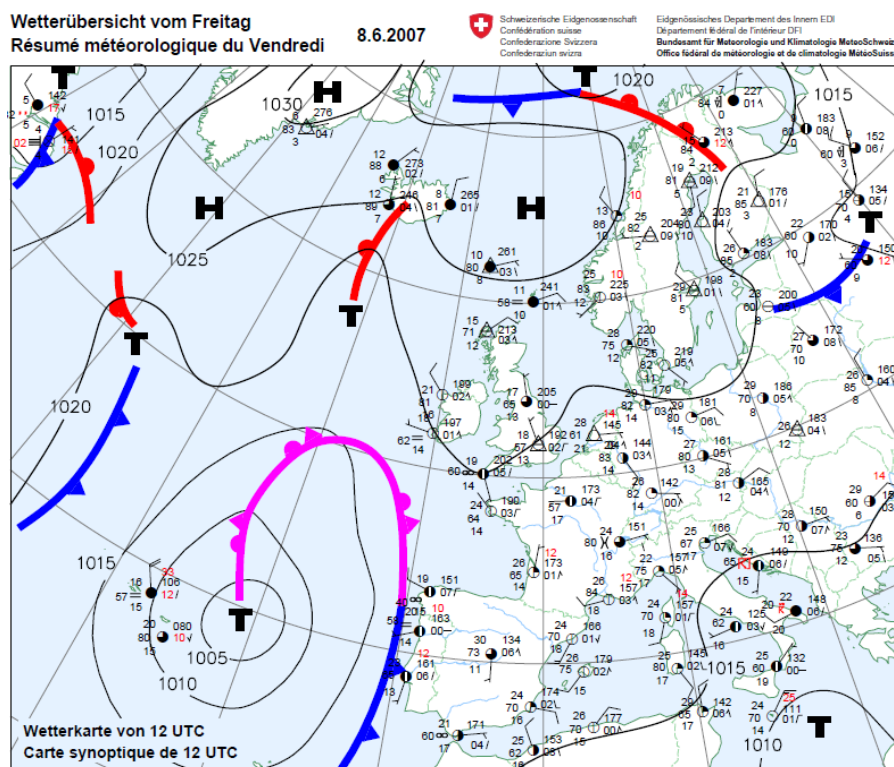
Gewitter und ihre Jäger

Begleiterscheinungen in Kürze:

- Da es sich um stark ausgedehnte Gewitterzonen handelt, zeichnen sie sich durch Beständigkeit und grosse Regenmengen aus. Vor allem in der Nähe des Kerns des Höhentiefs sind die Niederschläge am grössten!
- Unter bestimmten Bedingungen ist ein Kaltlufttropfen sogar prädestiniert, um kräftige stationäre Gewitter zu erzeugen, was zu sehr intensiver (und grosser) elektrischer Aktivität führt. Meistens sind diese Blitze aber weit verstreut über extrem weite Gebiete.¹⁵
- Es gibt keine grossen Winde am Boden, sondern nur die sogenannten Höhenwinde können bei solchen Gewittern sehr kräftig sein. (Da Winde den Druckunterschied zwischen Hochs und Tiefs ausgleichen müssen)

Die Gewitter am 08.06.2007 konnte man sich anhand der Bodenwetterkarte zwar erklären (Flachdruckwetterlage, auf Abb. 9), nicht aber die Heftigkeit der Gewitter. Darum, benötigt es hier auch einen Blick auf die Höhenwetterkarte (Abb.10), um zu sehen, dass dafür ein Höhentief (eingeschlossen zwischen zwei Hochdruckgebieten) verantwortlich war.

Bodenwetterkarte 08.06.2007



Quelle: Meteo-Schweiz Zentrale.

¹⁵A. Hermant, Gewitter-Faszination eines Phänomens, 2002, Delius-Klasing-Verlag, Bielefeld, s. 120&124.

Höhenwetterkarte 08.06.2007

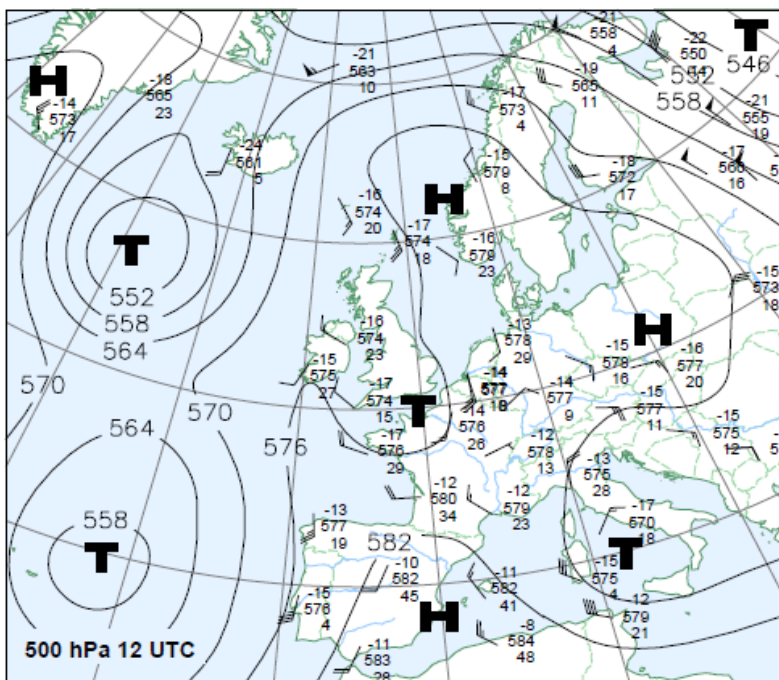


Abb. 10

Quelle: Meteo-Schweiz Zentrale.

1.4 Begleiterscheinungen von Gewittern

In diesem Kapitel geht es um die verschiedenen Begleiterscheinungen eines Gewitters. Diese fallen je nach Stärke und Typ des Gewitters heftiger oder weniger heftig aus. Zu den Begleiterscheinungen gehören Starkregen, Blitze, Donner, Hagel und Sturm. Es ist wichtig zu verstehen, wie zum Beispiel Hagel entsteht, um nachher vor allfälligen Hagelschäden zu warnen.

1.4.1 Starkregen

Definition: „Regen ist Niederschlag aus Wassertropfen mit einem Durchmesser von 0.5-6mm, der aus einer Wolke fällt. Er tritt am häufigsten bei Gewittern auf und sein Mass wird in Millimeter oder Liter pro Quadratmeter angegeben ($1\text{mm}=1\text{l/m}^2$).“¹⁶ Von Starkregen dagegen spricht man, wenn gewaltige Wassermengen an einem Ort niedergehen. Die Intensität von Starkregen wird definiert durch Niederschlag pro Zeiteinheit. Die übliche Masseneinheit für die Intensität von Starkregen ist mm/min oder mm/h. Es ist von Starkregen nur die Rede, wenn mindestens 5mm/5min, 7mm/10min, 10mm/20min, oder bei 20mm/h Regen fällt.¹⁷

Entstehung: Wassertropfen bilden sich in den Wolken aus feinsten Wassertröpfchen, die miteinander verschmelzen. Sobald die Tropfen eine bestimmte Masse erreichen, fallen sie, durch die Schwerkraft angezogen auf den Boden. Der Bildungsprozess von Regentropfen findet bei Temperaturen zwischen 0°C und -20°C statt. Dort verbinden sich die un-

¹⁶ A. Hermant, Gewitter-Faszination eines Phänomens, 2002, Delius-Klasing-Verlag, Bielefeld, s.106.

¹⁷ H. Kraus & U. Ebel, Risiko Wetter, 2003, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, s. 130.

terkühlten Wassertropfen zuerst zu Eiskristallen und wandeln sich anschliessend in Schnee um. Sobald sie beim Fallen in eine Schicht mit höherer Temperatur gelangen, werden sie schliesslich zu Regentropfen umgewandelt. Je höher die Wolke ist, aus der die Regentropfen fallen, desto grösser werden die Regentropfen. Dies hängt mit dem langen Weg zusammen, bei dem die Regentropfen mehr Tröpfchen einsammeln können.¹⁸

Starkregen bildet sich also bei Wolken mit sehr hoher vertikaler Ausdehnung, die zudem über mächtige Aufwinde verfügen. Gerade Cumulonimbus-Wolken bieten dafür eine perfekte Grundlage, da der oberste Teil der Wolke schon an der Tropopause angrenzt.

1.4.2 Hagel

Definition: „Hagel: Niederschlag aus (un-) durchsichtigen Eispartikeln mit sehr unterschiedlichen Formen und Grössen, die im Bereich zwischen 5mm und 7cm liegen. Vereinzelt bilden die Hagelkörner Konglomerate.“¹⁹ Hagel ist im Gegensatz zu Starkregen eine eher seltene Erscheinung, die jedoch massiv mehr Schaden anrichten kann. Die Hagelgrösse variiert je nach Grösse einer Gewitterzelle und ist unberechenbar. Das grösste je gemessene Hagelkorn hatte einen Durchmesser von 20.32 cm und einen Umfang von 47.29cm, sein Gewicht betrug 875 Gramm.²⁰

Entstehung: Wie bereits bei der Entstehung des Starkregens erwähnt, befinden sich in einer Gewitterwolke unterkühlte Wassertröpfchen. Im Amboss, d.h. im obersten Teil der Wolke, befinden sich Eiskristalle, welche auf Kosten der umliegenden Wassertröpfchen zu wachsen beginnen und sich schnell vergrössern. Diese Eiskristalle, die nun immer schwerer werden müssten durch ihr Gewicht eigentlich nach unten sinken, was aber durch Aufwinde in der Gewitterwolke verhindert wird. Durch diese Winde gelangen zudem immer mehr Wassertröpfchen zu den Eiskristallen, was dazu führt, dass diese schliesslich zu Hagelkörnern werden. Die Hagelkörner schweben nun in der Wolke, und zwar solange bis die Wolke ihr Gewicht nicht länger tragen kann, dann fallen sie zu Boden und gelangen als Hagel auf die Erdoberfläche. Hingegen wandeln sich Hagelkörner, die nicht eine bestimmte Mindestgrösse aufweisen, unterhalb der Nullgradgrenze leicht wieder in Regen um. Die Hagelkörner sind somit umso grösser, je intensiver die Aufwinde sind.²¹ Auf Abb. 11 sieht man ein Schema des Aufbaus einer Gewitterwolke bei Hagel.

¹⁸ A. Hermant, Gewitter-Faszination eines Phänomens, 2002, Delius-Klasing-Verlag, Bielefeld, s.106.

¹⁹ Siehe Fussnote 17.

²⁰ Online: <http://de.wikipedia.org/wiki/Wetterrekorde> (Stand 16.10.2011).

²¹ W. Eichenberger, Flugwetterkunde, 1973, Schweizer Verlagshaus, Zürich, s.234.

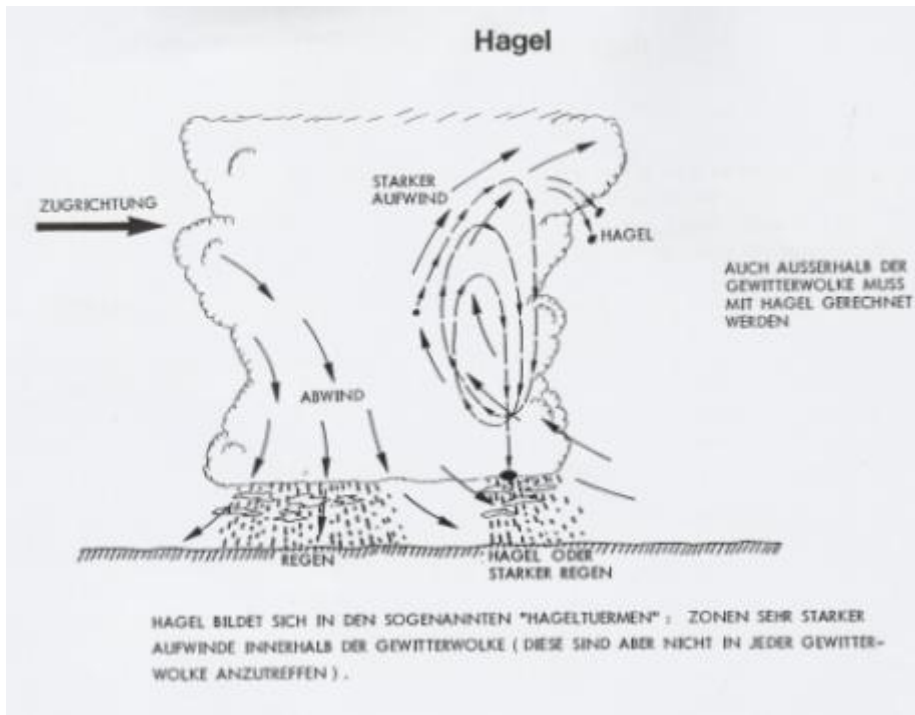


Abb. 11

Scan aus K.H. Hack, Meteorologie für Piloten, Aero-Clup der Schweiz, Luzern.

1.4.3 Blitz und Donner

Blitz: Definition: Ein Blitz ist eine elektrische Entladung, die entweder zwischen Wolke und Wolke (CC=Cloud to Cloud) oder Wolke und Boden (CG=Cloud to Ground) stattfindet. Ein Blitz kann positiv oder negativ geladen sein und auf zwei verschiedene Arten aufgebaut werden, es gibt somit Erde-Wolken-Blitze, sowie Wolken-Erde-Blitze, also CGs oder GCs.

Entstehung: Cumulonimbus-Wolken bestehen wie bereits erwähnt aus einigen Millionen Hydrometeoren. Das sind Wassertröpfchen, Eiskristalle, Hagelkörner usw. Durch mächtige Aufwärtsströme, die zum Teil bis zu 100km/h oder noch mehr erreichen, werden die unterschiedlichen Partikel aneinander gerieben und gemischt, was zur elektrostatischen Aufladung der Teilchen führt. Diese setzen sich danach in unterschiedlichen Teilen der Wolke ab, wobei eine Theorie besagt, dass die leichtesten positiv geladenen Eiskristalle durch die Aufwärtsströme nach oben verfrachtet werden und die schwereren negativ geladenen Wassertröpfchen in den unteren Teil der Gewitterwolke gelangen. Wenn die Ladungen am Boden nun positiv sind, kann ein Blitzkanal entstehen (der Leader), welcher auf den Boden trifft.²² Man spricht dann von einem Blitzschlag, bei Gewitterjägern ist der Ausdruck CG gebräuchlicher. CC-Blitze entstehen durch die unterschiedlichen Ladungen in der Wolke.

Diese Theorie trifft vor allem bei der Erklärung von negativ geladenen Abwärtsblitzen zu, die bei Gewittern, nebst den Wolkenblitzen am häufigsten auftreten. Ein positiver Abwärtsblitz hingegen tritt dann auf, wenn der Leader aus einem positiven Ladungsbereich

²² A. Hermant, Gewitter-Faszination eines Phänomens, 2002, Delius-Klasing-Verlag, Bielefeld, s. 154.

Gewitter und ihre Jäger

der Gewitterwolke entsteht. Die Aufteilung negative Blitze zu positiven Blitzen beträgt etwa 90% zu 10%, wobei die Aufteilung von der geographischen Lage abhängig ist.²³

Negativer CG



Positiver CG



Negativer GC



Positiver GC

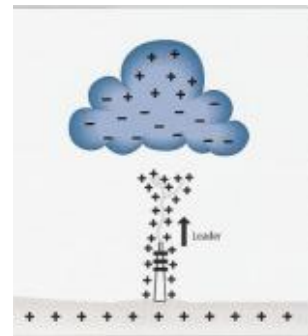


Abb. 12 Scan aus Dehn + Söhne, Blitzplaner, 2007, Dehn-Verlag, Neumarkt, s. 16-17.

Donner: Der Donner ist der stetige Begleiter des Blitzes. Bei einem Blitz wird die Lufttemperatur massiv erhöht, konkret beträgt die Temperatur in einem Blitzkanal ca. 30000°C. Diese hohe Temperatur führt zu einem Überdruck und da der Überdruck sehr stark ist, will sich die Luft ausdehnen. Das wiederum führt zu einer Explosion, die sich in der Form einer Schockwelle äussert. Die Donnerklänge sind je nach Art des Blitzes verschieden: Wolkenblitze geben zum Beispiel ein dumpfes Grollen, CG-Blitze hingegen tönen eher wie eine Detonation. Ein naher Blitzschlag ist gefolgt von einem kreischenden Donner, je nach Stärke tönt es aber eher wie ein Peitschenschlag. Wie nah ein Blitz einschlägt, kann man anhand einer einfachen Methode errechnen. Die Schallgeschwindigkeit beträgt 340m/s und somit ergibt die Anzahl Sekunden zwischen dem Aufleuchten des Blitz und dem Einsetzen des Donners, multipliziert mit der Schallgeschwindigkeit, die Entfernung des Blitzeinschlags.²⁴

1.4.4 Sturmböen

Böen sind die Folge von Abwärtsströmungen in einer Gewitterwolke. In einer Gewitterwolke wird auf der vorderen Seite der Gewitterwolke feuchte Luft aufgesogen und nach oben transportiert (Aufwärtsstrom), aber auch trockene Luft angesaugt, und zwar auf der Rückseite, die dann nach unten abfließt (Abwärtsstrom). „Ein Abwärtsstrom entsteht, wenn das Gewicht der Luft aufgrund der Niederschlagsmenge im Inneren der Gewitterwolke eine Bewegung nach unten hervorruft.“ Die Luft, welche nach unten abfließt, nehmen wir Menschen als Fallböen wahr, deren Stärke von der Grösse der Wolke, sowie der Stärke deren Aufwinde und Menge der Niederschläge in der Wolke abhängt.²⁵ Abb. 13 auf der folgenden Seite zeigt die Strömungen in einer Gewitterwolke.

²³ Dehn + Söhne, Blitzplaner, 2007, Dehn-Verlag, Neumarkt, s. 16-17.

²⁴ A. Hermant, Gewitter-Faszination eines Phänomens, 2002, Delius-Klasing-Verlag, Bielefeld, s. 180.

²⁵ A. Hermant, Gewitter-Faszination eines Phänomens, 2002, Delius-Klasing-Verlag, Bielefeld, s. 78.

Auf- und Abwärtsströme in einer Gewitterwolke

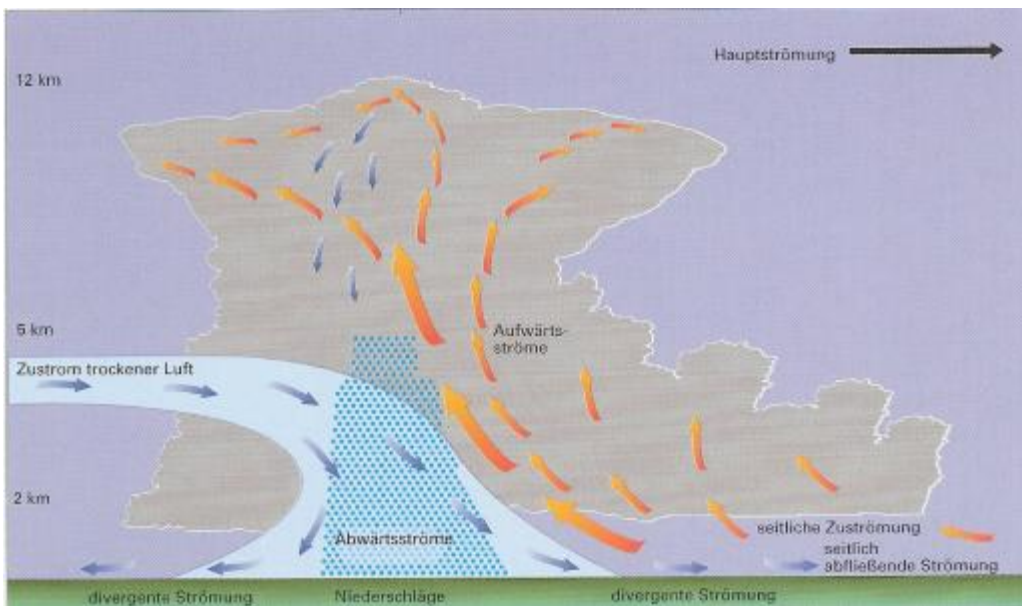


Abb.13

Scan aus A. Hermant, Gewitter-Faszination eines Phänomens, 2002, Delius-Klasing-Verlag, Bielefeld, s. 78.

„Es gibt zwei Gruppen von Böen, nämlich die Makro- und die Mikroböen. Mikroböen haben einen Durchmesser von $<4\text{km}$ und eine durchschnittliche Lebensdauer von 5 Minuten. Makroböen dagegen verfügen über einen Durchmesser von $>4\text{km}$ und einer Lebensdauer von 5-20 Minuten. Zum Teil können Makroböen in kurzer Zeit schwere Verwüstungen anrichten und sie werden darum öfters mit Minitornado verglichen.“²⁶ Hinzu kommt noch, dass Fallwinde auch Downbursts genannt, trocken oder nass sein können. Falls sie mit Niederschlag verbunden sind, ist dieser meistens Starkregen, der aber nur von kurzer Dauer ist. Wenn der Gewitterwolke von aussen jedoch sehr viel trockene Luft zugeführt wird, so sind diese Downbursts eben trocken, weil die Niederschlagsteilchen schnell verdunsten können, so dass kein Regen auf den Boden gelangt.²⁷ Im Gegensatz zu Hagel oder Starkregen sind Fallböen bei jedem Gewitter anzutreffen, es ist daher ratsam lose Gegenstände immer zu sichern. Schlimm sind diese Fallböen auch für Flugzeuge, und zwar besonders während dem Lande- und Abflug, wie diese tragische Geschichte zeigt: „Am 24.06.1975 flog eine Boeing 727 auf dem John F. Kennedy International Airport direkt in einen Downburst hinein. Das Flugzeug konnte die Landebahn nicht erreichen, es stürzte etwa 700m davor zu Boden. Das Unglück forderte 112 Tote und 12 Verletzte.“²⁸

²⁶ A. Hermant, Gewitter-Faszination eines Phänomens, 2002, Delius-Klasing-Verlag, Bielefeld, s. 82.

²⁷ H. Kraus & U. Ebel, Risiko Wetter, 2003, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, s. 122.

²⁸ H. Kraus & U. Ebel, Risiko Wetter, 2003, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, s. 125.

Teil 2: Die Gewitterjäger

2.1 Die Arbeit eines Gewitterjägers

Um die genaue Arbeit bzw. das Hobby eines Gewitterjägers zu beschreiben, hatte ich die Gelegenheit bei einem sogenannten Forecast und dem anschliessenden Nowcast und schliesslich bei der Jagd dabei zu sein. Ich möchte nun meine Erlebnisse in mehreren Teilen schildern und sie zum Teil mit Foto- und Kartenmaterial unterstützen. An dieser Stelle möchte ich auch schon im Voraus meinem „persönlichen“ Gewitterjäger Cyrill Steiger danken, mit dem ich ebenfalls noch ein Interview gemacht habe. Das Fore- und Nowcast welche ich beide genau erklären werde, geht nach den persönlichen Methoden von ihm und es ist zu betonen, dass nicht jeder so arbeitet wie er.

2.1.1 Forecast

Das Forecast dient dem Gewitterjäger zu seiner Vorbereitung auf die Jagd. Dazu gehört vor allem die Beobachtung von verschiedenen Wettermodellen wie zum Beispiel das COSMO-Modell, welches auch von Meteo-Schweiz genutzt wird. Die Wettermodelle liefern jedoch alleine nicht genug Informationen über bevorstehende Gewitter und darum braucht es verschiedene andere Wetterkarten/-daten, die vom Stormchaser genutzt werden. Dazu gehören z.B. auch Bodenwetterkarten, die in unserem Fall vom Deutschen Wetterdienst (DWD) stammten. Die Karten vom DWD eignen sich durchaus auch in der ganzen Schweiz, da sie eine weite Übersicht aufweisen.

Die besten Karten stammen jedoch vom GFS, was so viel bedeutet wie Global Forecast System. „GFS ist ein Amerikanischer Datenanbieter, bei dem alle 6 Stunden die Daten, welche von 1200 verschiedenen Messstationen in einen Grossrechner zusammenlaufen, aktualisiert werden. Je näher der Termin ist, umso genauer sind natürlich die Daten und Modelle.“²⁹ Auf der Website <http://www.wetter3.de/animation.html> kann man genau diese verschiedenen Karten und Modelle auswählen. Die für die Gewitterjäger am bedeutendsten werde ich kurz anhand von unserer Jagd erklären:

➤ **Bodenwetterkarte:** Ein Gewitterjäger betrachtet diese Karte bis zu zwei Tage im Voraus, in unserem Fall 51h vor Beginn des Gewitters. Auf der Bodendruckkarte schätzt man die Grossraumlage ein, dass heisst man schaut wo sich Tief- und Hochdruckgebiete befinden und wie sich diese auf das Wetter auswirken. Danach folgt die etwas genauere Analyse, ob sich nämlich Warm- oder Kaltfronten nähern, die wie bereits erwähnt für Gewitter geeignet sind. Dazu benötigt man nämlich die nachfolgende Karte.

²⁹ Zitat C. Steiger.

➤ Theta-E-Karte

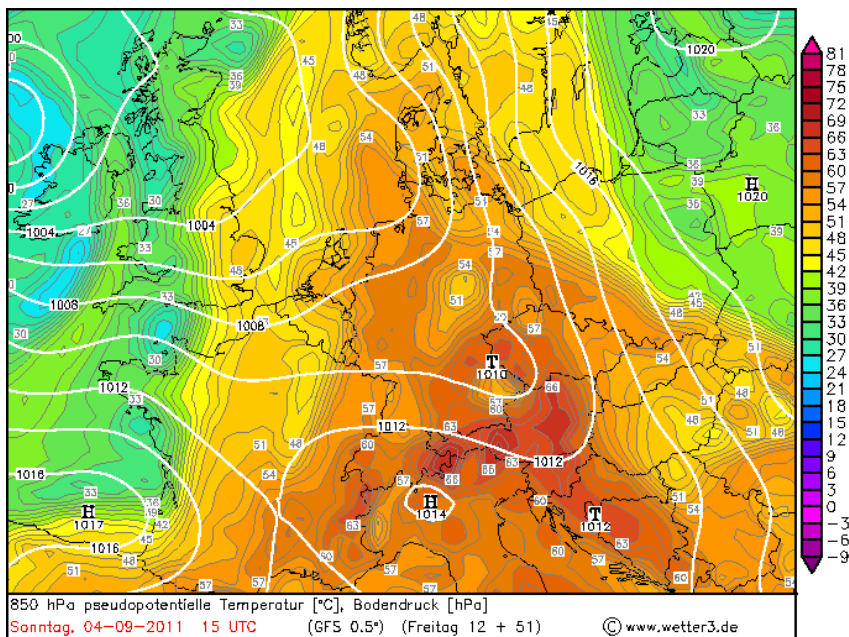


Abb. 14

Erhalten von C. Steiger.

Die Farbe auf der ThetaE-Karte zeigt die pseudoäquivalentpotentielle Temperatur t_{ps} : Die pseudoäquivalentpotentielle Temperatur t_{ps} oder abgekürzt pseudopotentielle Temperatur t_{ps} ist die Temperatur, die ein Wolkenluftpaket annähme, wenn es kondensierend unter ständigem Verlust an Flüssigwasser gehoben werden würde, bis der gesamte Wasserdampf kondensiert und ausgefallen wäre und es anschliessend wieder trockenadiabatisch auf 1000 hPa absänke.³⁰ Etwas vereinfacht heisst das, dass wenn man einer Wolke, die aufsteigt, alles in ihr enthaltene Wasser ablässt und dann wieder trockenadiabatisch absinkt, die Endtemperatur misst. Wenn dieser Wert nun hoch ist, so ist das eine gute Voraussetzung für Gewitter. Folgendes sagte mir Cyrill Steiger über diese Karte:

“Bei dieser sogenannten ThetaE-Karte sehen wir die Kaltfront noch weit weg über der Bretagne, sie scheint sich nordwärts irgendwo in Skandinavien zu "verlieren". Sie wird also kaum einen entscheidenden Einfluss auf die Gewitterbildung in der Schweiz besitzen, höchstens westlich des Juras, mit einer allfälligen präfrontalen Auslöse. Anhand der Isothermen in der Ostschweiz hingegen und des, durch den Tiefdruckausläufer und das Bodenhoch gebildeten, Luftmassenwechsels, erkennt man eine sogenannte Bodenkonvergenz. Damit steigt das Gewitterrisiko in diesem Gebiet.“³¹

³⁰ Online im Internet: <http://www.deutscher-wetterdienst.de/lexikon/index.htm> Stand(20.11.11).

³¹ Zitat: C. Steiger.

Gewitter und ihre Jäger

- Die Karte des DWD, eine andere aber etwas erweiterte Bodenwetterkarte, bestätigte die Vermutung von Cyrill. Man erkennt orange eingezeichnet die Konvergenzlinie.

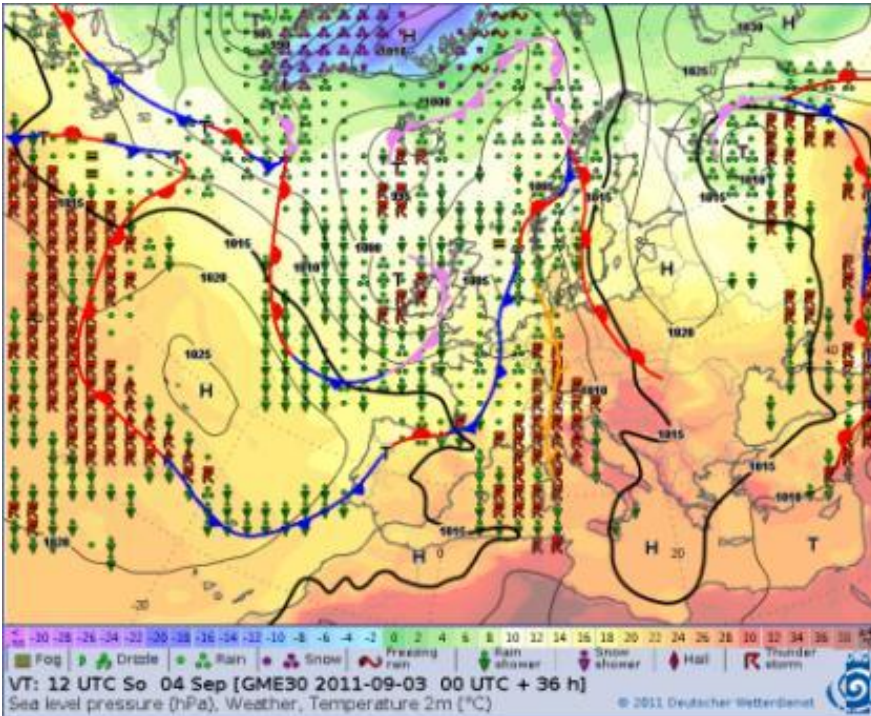


Abb. 15

Erhalten von C. Steiger.

- **CAPE** (= Convective Available Potential Energy): Wie der Name schon sagt, ist CAPE ein Mass für die Bestimmung, der zur Verfügung stehenden Energie der Luft, an einer bestimmten Stelle → Labilitätsenergie. Wie wir bereits aus Kapitel 1.2.2 wissen, braucht es eine Labilität der Luftschicht, damit Gewitter entstehen können. Hohe CAPE-Werte deuten also auf eine hohe Instabilität der Luft hin und sind Vorboten für Gewitter an dieser Stelle. Wie auf Abb. 16 zu sehen ist, waren hohe CAPE-Werte für die Region nord-östlich der Schweiz vorausgesagt, weshalb Cyrill Steiger auch den Raum München als Ziel ausgewählt hat.

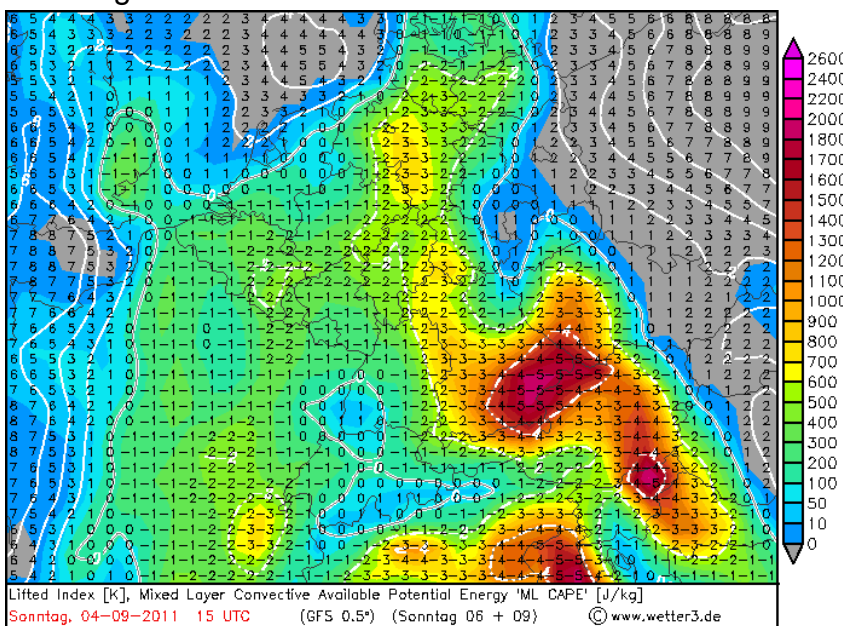


Abb. 16

Erhalten von C. Steiger.

Gewitter und ihre Jäger

➤ **CIN** (= Convective Inhibition): Auf Deutsch heisst CIN konvektive Hemmung und „man bezeichnet damit die Energie, die ein Luftpaket überwinden muss, um das Level of Free Convection (LFC) zu erreichen, d.h. selbständig weiter aufzusteigen. Sie ist ein Mass für die Schichtungsstabilität der Atmosphäre und wird in der Dimension Joule pro Kilogramm (J/kg) angegeben.“³²

CIN ist somit der Gegenspieler zum CAPE: „CIN-Werte unterdrücken durch eine trockenadiabatische Schichtung der Luft den Versuch einer Quellwolke zum Gewitter werden zu wollen.“³³ Für ideale Verhältnisse müssen die CIN-Werte also sehr klein sein und die CAPE-Werte sehr gross! Wie man auf folgender Karte sieht, waren die CIN-Werte an diesem Tag an unserem Zielort sehr klein (Abb.17), ein weiterer Faktor, der die Vermutung von Cyrill bekräftigte, dass dort heftige Gewitter entstehen können.

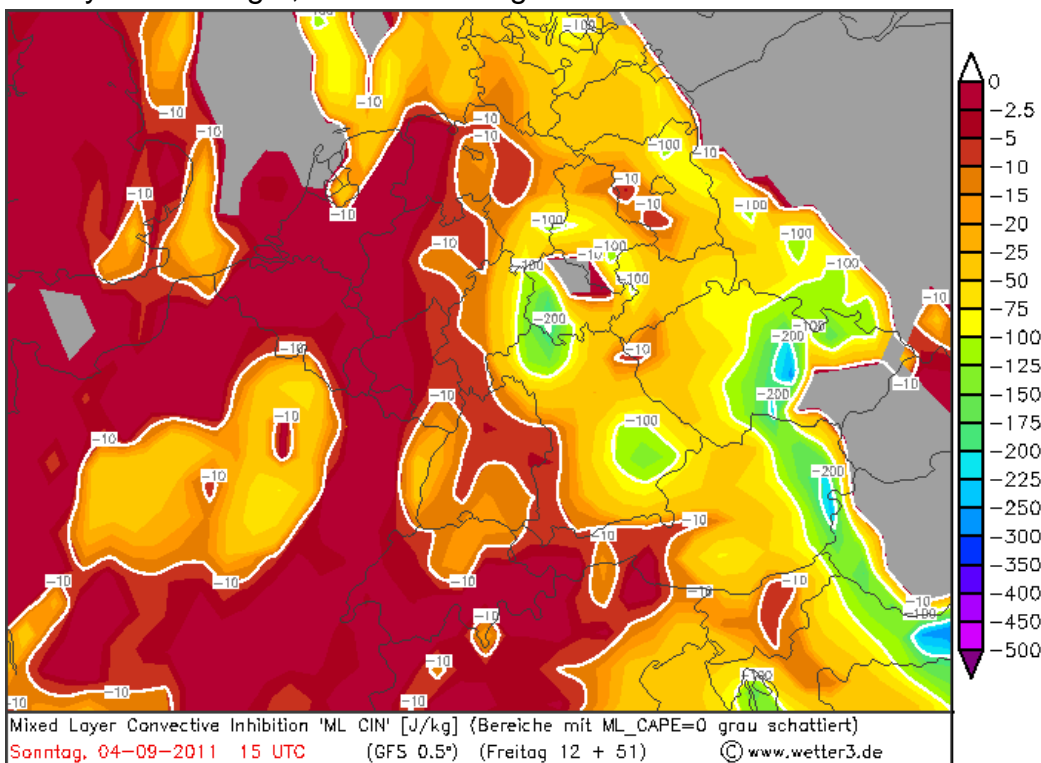


Abb. 17

Erhalten von C. Steiger.

➤ **850hPa-Frontalzone**: Diese Karte ist sehr kompliziert aufgebaut. Man nimmt für diese Karte nämlich alle Werte, die ich vorher kurz besprochen habe, zusammen und berechnet daraus die Vertikalbewegung der Luft. Dieses Modell ist also abhängig von CAPE-, CIN-, RH- (= Relative Humidity) und TP-(=Taupunkt) Werten, sowie von orografischen Bedingungen, Bodenkonvergenzen, vom Bodendruck und Höhentief usw. Die Skala, die rechts im Bild von Abb. 18 ist, zeigt die Vertikalbewegung der Luftpakete in hPa/h an. Hohe Vertikalbewegungen, die sich in hohen Negativwerten äussern, sind also wiederum ein Indiz für kräftige Gewitter. Man kann anhand der Abbildung ganz deutlich erkennen, dass dort wo der schwarze Pfeil hinzeigt, also im Raum Memmingen die Maximalwerte von -46hPa/h herrschen.

³² Online im Internet http://de.wikipedia.org/wiki/Convective_inhibition Stand (21.11.11).

³³ Zitat C. Steiger.

Gewitter und ihre Jäger

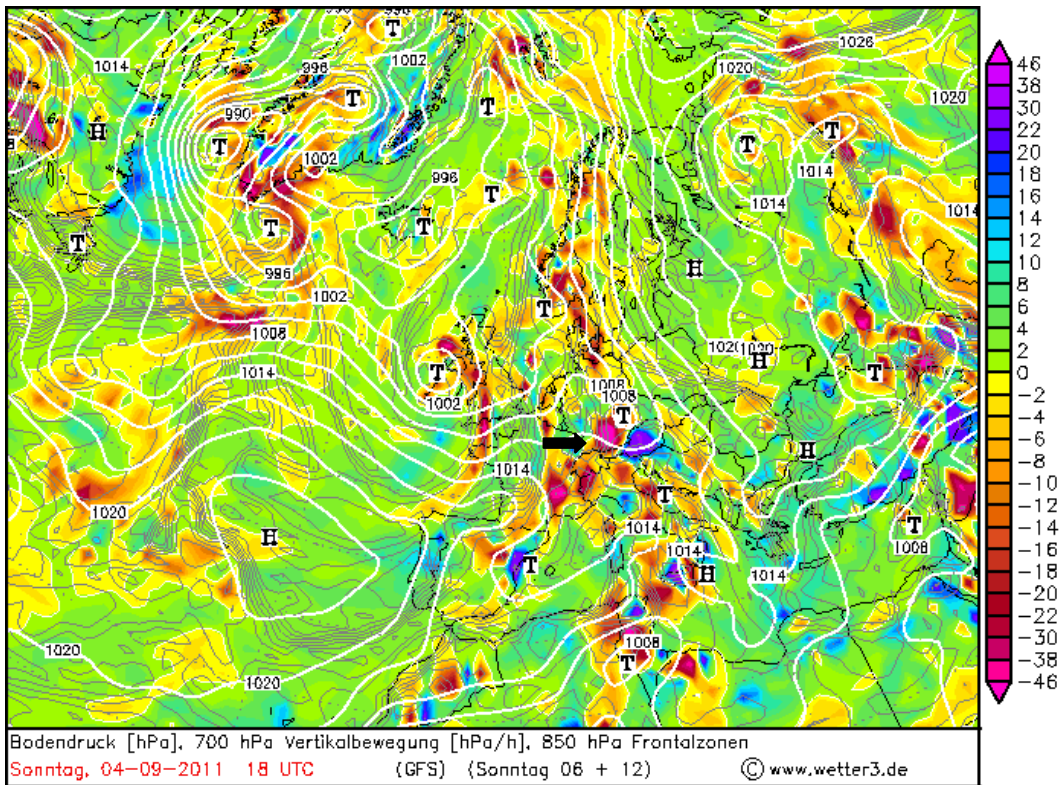


Abb.18

Erhalten von C. Steiger.

➤ **Temperatur der Wolkenobergrenze:** Diese Karte braucht man vor allem um zu wissen, ob Hagel dabei ist oder nicht. In unserem Fall lagen die Werte bei einer Temperatur von -63°C und das ist ein Vorzeichen für Extremhagel!

Natürlich kann man die Karten nicht nur von einem Datenanbieter anschauen, da die Daten nicht immer 100% richtig sind. So gibt es insgesamt drei grosse Datenanbieter und jeder sagte an diesem Tag etwas anderes voraus: GFS rechnete mit einer Superzelle im Raum Memmingen, WRF (=Weather Research and Forecasting) rechnete mit den aktivsten Gewitterzellen an der tschechischen Grenze und COSMO2 rechnete mit massiven Gewittern im Raum Zürich und Winterthur. „Die Frage ist nun welcher der drei Datenträger Recht behält und welche Daten am zuverlässigsten sind. Hier kommt die Erfahrung eines Gewitterjägers hinzu, man muss es im Gefühl haben, welchem Anbieter man nun vertrauen muss. Forecast ist also die Ausarbeitung und Interpretation von Wetterdaten, welche von einem Computer errechnet werden.“³⁴

³⁴ Zitat C. Steiger.

2.1.2 Nowcast

Wenige Stunden vor dem Gewitter geht man vom Forecast zum Nowcast über. Ich war bei den letzten Schritten des Forecast dabei und erlebte das ganze Nowcast selber. Folgende Schritte unternahm Cyrill als ich nach Winterthur ging um bei der Jagd dabei zu sein:

- Er studierte Satellitenbilder und verfolgte den Verlauf der Kaltfront, die Wolkenbilder und die Strömung.
- Er ging nach draussen und las aus den Wolken und verglich seine Erkenntnisse mit den Satellitenbildern.
- Er warf einen Blick auf Webcams in der Zielgegend; hier die Bucht beim Ammersee, westl. von München um 13:40 MESZ (kurz vor unserer Wegfahrt von Winterthur). Wie vorhergesagt, fast wolkenloses Sommerwetter.

Webcambild von der Bucht beim Ammersee



Abb. 19

Erhalten von C. Steiger.

- Er konsultierte die aktuellsten Sondierungsdaten von Wetterballonen (Sondierung Payerne).
- Er verfolgte den Donnerradar, die Niederschlagsdaten, die von diversen Radaren (Albis, Feldberg usw.) in einem einzigen Tool zusammengestellt, mit nur rund 4 Minuten Verzögerung im Internet abgerufen werden können.

Um ca. 14.15 fuhren wir (Cyrill Steiger, sein Kollege Roland und ich) von Winterthur aus los und hielten bei Rorschach mit einem Blick über den Bodensee kurz an, dort aktualisierte Cyrill auch gleich den Donnerradar, was während dem Fahren nicht möglich ist. Ein kurzer Blick in die Wolken sagte ihm, dass es hier keine Gewitter geben wird, also stiegen wir wieder ein und weiter ging es. Unglücklicherweise blieben wir unterwegs im Stau stecken, doch genau über uns in Bregenz, bildete sich eine Gewitterzelle, aus der sich später eine Superzelle entwickelte (Donnerradar auf Abb.20). Die Zelle war sehr blitzaktiv und wir sahen vom Auto aus einige CGs die ganz in der Nähe bei uns einschlugen. Dass es sich

Gewitter und ihre Jäger

um CGs handelten erfuhr ich durch Cyrill, denn der rief plötzlich ganz laut: „Lueg da, en positive CG!!“

Donnerradar zwischen 16 und 17 Uhr

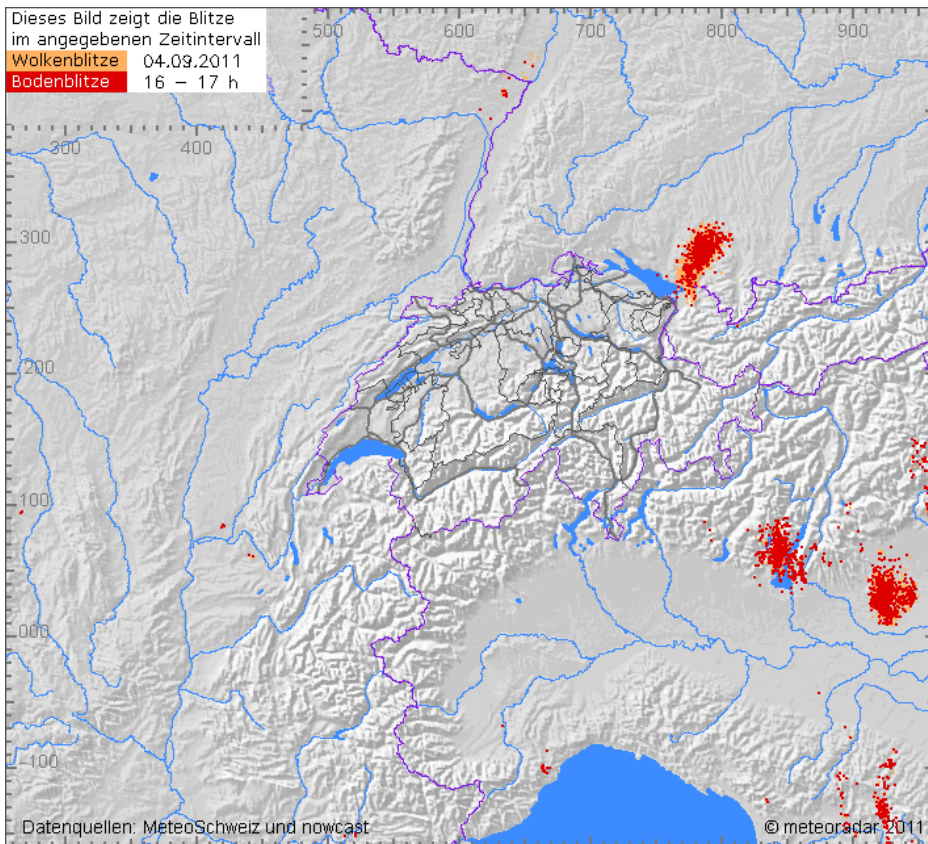


Abb. 20

Erhalten von C. Steiger.

Dann fuhren wir weiter und versuchten die Zelle einzuholen, was uns fast gelang bis wir jedoch im Stau auf der Autobahn bei Memmingen steckenblieben. Dort erlebten wir einen Corepunch (Kernzusammenprall, gemeint ist der Kern der Zelle) der feinsten Sorte: Wir hatten Blitze im Sekundentakt und Extremhagelschlag. Beim Weiterfahren sahen wir einen Autofahrer der mit seinem Auto im Hagel stecken blieb und sein Auto mit den Händen freischaufeln musste, um weiterfahren zu können! (Siehe Abb. 21/22 auf der nächsten Seite) Darauf rief Cyrill seinen Nowcaster an um zu wissen in welche Richtung die Zelle weiterzieht. - Ein Nowcaster ist jemand, der zu Hause am Computer sitzt und den Gewitterjägern, die unterwegs sind, Anweisungen gibt, wo sich eine Zelle befindet und wie sie sich entwickelt. Ein Nowcaster ist vor allem dann sehr nützlich, wenn man an einem Ort keine Internetverbindung hat und man keine Orientierung mehr hat, wo man hinfahren soll. - Wir hatten die Superzelle um ein Haar verpasst, denn wenn wir nicht zwei Mal im Stau steckengeblieben wären, hätten wir uns an einem idealen Spotterplatz (das ist ein geeigneter Platz um den Durchzug einer Zelle zu fotografieren) befunden und optimale Bilder schiessen können.

Hagel auf der Autobahn bei Memmingen 04.09.2011



Abb.21



Abb.22

Foto: Von mir geschossen.

Ein Kollege von Cyrill hat diesen Spotterplatz, den Cyrill übrigens im Voraus ausgewählt hatte zur rechten Zeit erreicht und hat folgende Bilder schiessen können (Abb.23).

Das war mein Erlebnis auf dieser Jagd und nach eben diesem Foto folgt nun das Interview, welches ich mit Cyrill gemacht habe. Das Interview dient vor allem dazu, eigentlich alle Fragen zum Thema Gewitterjäger, die vielleicht noch offen waren, zu beantworten. Auch für diejenigen, welchen ich das Hobby schmackhaft gemacht habe, finden sich im Interview einige Tipps und Tricks eines erfahrenen Jägers; Viel Spass beim Gewitterjagen! Im Anschluss an das Interview folgt dann der letzte Teil in dem es darum geht, die beiden Hauptteile durch eine Analyse des gejagten Gewitters zu verknüpfen.

Supercelle in Memmingen von Vorne, 04.09.2011



Abb.23 Foto: Walter, Gewitterjäger aus München.

2.2 Interview

- 1) **Frage:** „Ich habe Sie in Einstein gesehen, würden Sie sich als den berühmtesten CH-Gewitterjäger bezeichnen?“

Antwort: Die berühmtesten Stormchaser sind natürlich in den USA, allen voran Josh Wurman, Tim Samaras und Reed Timmer. Doch es gibt auch eine Szene in Australien und Europa, wobei hier nur wenige vor 1998 dieser Passion nachgegangen sind. Nach dem Film "Twister" stieg die Zahl der Stormchaser weltweit sprunghaft an. Ich begann ein Jahr vorher, vor 14 Jahren, und bin inzwischen ziemlich bekannt, aber noch nicht berühmt im herkömmlichen Sinne.

- 2) **Frage:** „Gewitterjäger ist ein sehr spezielles Hobby, sind Sie schon in ihrer Kindheit ein Gewitterfan gewesen? Was ist ihre Motivation?“

Antwort: Gewitter haben mich schon in meiner frühesten Kindheit fasziniert, so dass ich später zum Beispiel, mit dreizehn Jahren, im Gymnasium einen Vortrag zu diesem Thema machte. Ich liebe die Kraft und Schönheit der Naturphänomene, die Beobachtung der ungebändigten Energien. In Anbetracht dessen fühle ich oft eine gewisse Demut vor der Schöpfung; für mich eine beinahe unverzichtbare Empfindung, welche ich am intensivsten beim Gewitterjagen erreichen kann.

- 3) **Frage:** „Zu welchen Zwecken macht man das und was ist das Ziel einer Gewitterjagd?“

Antwort: Nebst dem emotionalen Motiv besteht natürlich auch ein Interesse an der Erforschung von Gewittern und Blitzen. Über diese Wetterphänomene weiss man noch viel zu wenig. So bin ich überzeugt, dass ich mit meinen Gewitterjagden, welche ich fast immer dokumentiere, einen wichtigen Beitrag für die Forschung leisten kann.

- 4) **Frage:** „Wann ist/war eine Gewitterjagd erfolgreich?“

Antwort: Eine Gewitterjagd ist dann erfolgreich, wenn der Auslöseort und Auslösezeitpunkt der Gewitterzellen mit der Vorhersage (Forecast) übereinstimmt und man es von einem optimalen Standort aus beobachten kann. Dies bestätigt gleichzeitig die richtige Interpretation der Rohdaten auf den zur Verfügung stehenden Wetterkarten. Es erfordert ein hohes Mass an Erfahrung, aber auch an Kombinationsgabe, welche zum besten Ergebnis führen. Es ist so, als wolle man jedes Mal eine unbekannte und geheimnisvolle Schrift entschlüsseln. Für mich ist dies eine spannende Herausforderung, welcher ich mich nicht entziehen kann. Gelingen auf der Jagd spektakuläre Fotos und Videoaufnahmen, wird der Erfolg gekrönt.

- 5) **Frage:** „Braucht es meteorologische Kenntnisse um Gewitter zu jagen, wenn ja welche?“

Antwort: Auf jeden Fall ist ein Grundverständnis von meteorologischen Zusammenhängen enorm wichtig, um erfolgreich Gewitter jagen zu können. Doch bei ei-

nem nicht allzu hohen Anspruch genügt dies bereits, da man auch erst losfahren, bzw. jagen kann, wenn sich Zellen bereits entwickelt haben und sie z.B. am Horizont oder in der Nähe sichtbar sind. Dies schränkt aber den Radius des Jagdgebietes ein. Will man aber weit weg von zuhause noch vor der Entstehung der Gewitter am richtigen Ort sein, dann sind spezielle Kenntnisse über gewitterbildende Faktoren notwendig, wie z.B. die in einem Luftpaket potenziell enthaltene Energie, welche die Konvektion begünstigt (engl. CAPE). Es ist nun die Aufgabe des Sturmjägers, unter Einbezug weiterer Faktoren und Parameter, den Schwellenwert der CAPE zu bestimmen, welcher variabel ist, um die Möglichkeit von Gewittern einschätzen zu können. Wichtig dabei ist aber u.a. auch eine sehr gute Kenntnis der Topografie.

- 6) **Frage:** „Würden Sie sich als Experte auf ihrem Gebiet bezeichnen?“
Antwort: Ein guter Gewitterjäger zeichnet sich durch eine hohe, nicht durch Zufall gekennzeichnete, Quote von erfolgreichen Chasings aus. Mit meiner bisherigen Quote bin ich sehr zufrieden. Mich als Experte zu bezeichnen, wäre etwas hoch gegriffen. Doch gelte ich im Bereich der Blitzforschung als sehr versierte Person.
- 7) **Frage:** „Es gibt ein Sturmforum im Internet, bei dem man sogenannte Forecast und Nowcast macht, sind sie dort sehr aktiv?“
Antwort: Während der Gewittersaison bin ich in der Regel in unserem Schweizer Sturmforum ziemlich aktiv, erstelle selber Vorhersagen, welche ich mit den Profis diskutiere und publiziere Chasingberichte mit Videos und Bildern. Es ist eine Informationsplattform, die mich auch unterstützt.
- 8) **Frage:** „Kennen Sie viele weitere Gewitterjäger und wie gross schätzen Sie die Szene?“
Antwort: Wie schon angedeutet, ist die Zahl der Stormchaser nach dem Film "Twister" sprunghaft angestiegen und steigt weiter. In den USA sind manchmal bis zu 2000 Jäger gleichzeitig unterwegs, wie ich vernahm. In Europa ist die Szene vergleichsweise klein. Ich kenne einige Chaser in Deutschland und alle in der Schweiz. Von den rd. 15 Chasern in der Schweiz sind aber nur etwa die Hälfte regelmässig unterwegs; und ich gehöre zu den etwa fünf Sturmjägern, die auch mal im Ausland den Gewittern nachjagen.
- 9) **Frage:** „Wie viel Zeit beansprucht ihr Hobby und ist das gut mit ihrem Beruf vereinbar?“
Antwort: Sturmjagen ist sehr zeitintensiv. Allein der erste Forecast dauert zweieinhalb bis vier Stunden. Jedes tägliche Update mit Kartenstudium weitere eins bis zwei Stunden. Je nach Target, kann die Fahrt von wenigen Stunden bis zu drei Tagen reichen. Schliesslich sitze ich einige Stunden nach der Jagd über den Ergebnissen, analysiere sie und stelle Videos und Fotos ins Internet.

10)**Frage:** „Aus was besteht die Ausrüstung eines Gewitterjägers? Investieren Sie viel Geld in diese?“

Antwort: Voraussetzung ist ein Auto, ein schneller Computer zuhause, ein Notebook für unterwegs, diverse Internetsticks, Video- und Fotokameras, Fachliteratur usw. Da kommen schon mal ein paar tausend Franken zusammen...

11)**Frage:** „Investieren Sie viel Zeit in Vorbereitungsarbeiten?“

Antwort: Ja. Mit dem bereits erwähnten Forecast ist noch nicht alles Nötige getan. Das Equipment muss jederzeit einsatzbereit und auf dem neusten Stand sein. D.h. Akkus laden, Stative vom letzten Einsatz putzen usw. gehört ebenso wie das Kartenstudium zur Vorbereitung.

12)**Frage:** „Es existieren doch gewisse Gefahren auf solchen Jagden wie gehen Sie mit denen um? - Ist Ihnen schon mal etwas passiert?“

Antwort: Natürlich ist die grösste Gefahr vom Blitz getroffen zu werden. Aber auch umstürzende Bäume, oder solche, die bereits quer über der Strasse liegen, Überschwemmungen und Erdbeben, Grosshagel, welcher das Auto zerstört usw. sind Gefahren, deren man bewusst sein sollte. Ich begegne ihnen mit entsprechend angemessenem Respekt und halte das Risiko mit geeigneten Massnahmen so gering wie möglich. So ist mir - zum Glück - noch nichts Ernsthaftes passiert in all den Jahren.

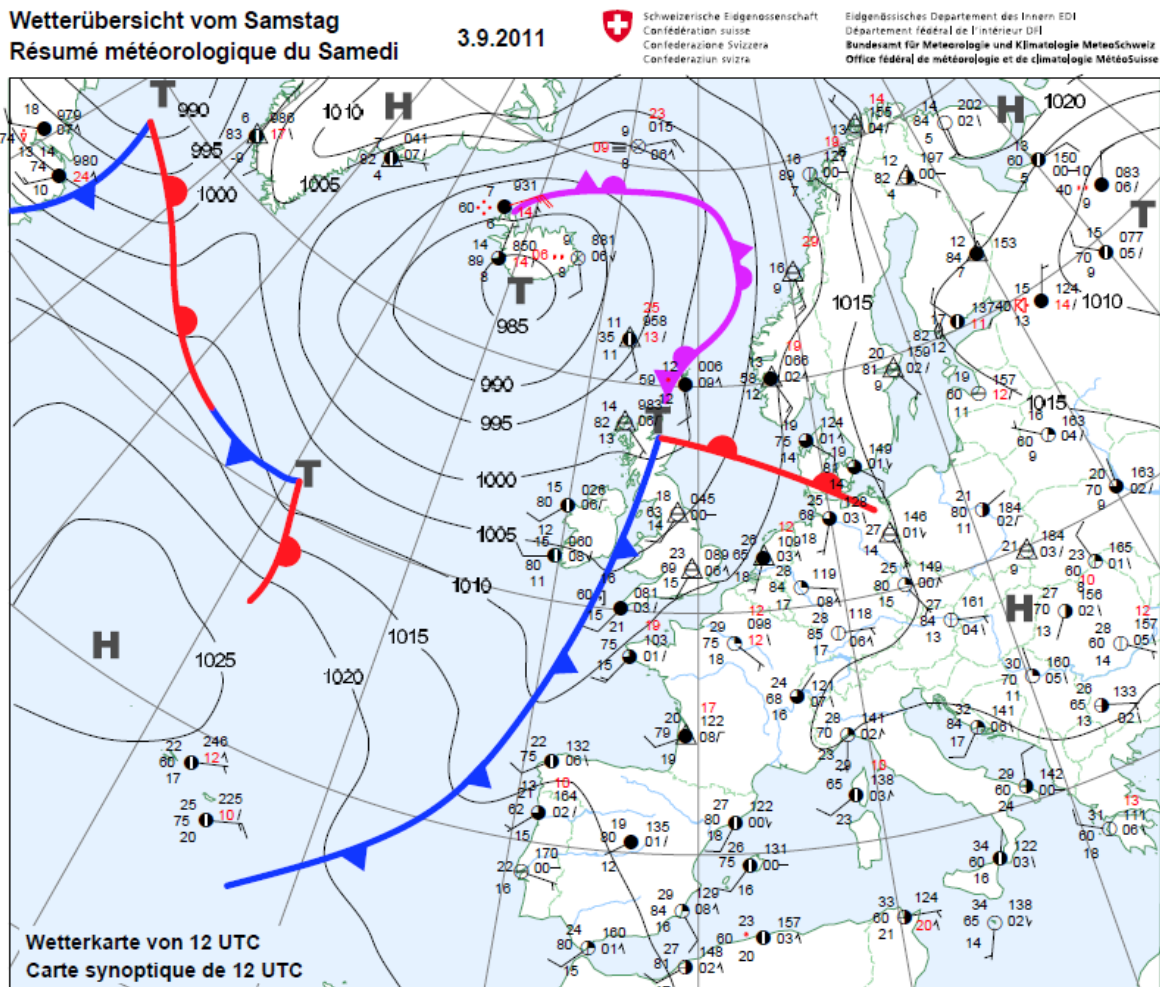
13)**Frage:** „Was gäben Sie mir für Tipps, wenn ich nun selber anfangen möchte zu jagen?“

Antwort: Das ist sehr individuell. Auf jeden Fall gehört eine grosse Portion Begeisterung für die Natur und für das Wetter dazu. Mit Vorteil besitzt man die Möglichkeit abstrakt zu denken und komplexe Zusammenhänge zu erkennen. Wie gesagt, reichen ein Grundverständnis im Bereich der Meteorologie und eine Basisausrüstung. Will man aber mehr und wirklich verstehen lernen, was in der "Wetterküche" gebraut wird, dann kommt man um ein (auch autodidaktes) Studium der Gewitterfaktoren, d.h. der Aneignung der Fachkenntnis nicht herum.

2.3 Analyse des gejagten Gewitters

In diesem letzten Kapitel, möchte ich meine Erfahrungen aus der Gewitterjagd mit dem ersten Teil meiner Arbeit verbinden. Das mache ich, indem ich das gejagte Gewitter anhand von seinen Begleiterscheinungen und Wetterlagen analysiere.

2.3.1 Die Wetterlage



Quelle: Meteo-Schweiz Zentrale.

Anhand der Wetterkarte vom Vortag (Abb.24) erkennt man, dass es sich um eine Föhnlage handelt. Das heisst auf der Alpensüdseite regnet es ergiebig und ist eher kühl, auf der Nordseite hingegen steigt die Temperatur in den Föhntälern markant an und es ist meist sonnig. Zudem sieht man, dass sich von Westen eine Kaltfront nähert, die sich über mehrere Kilometer weit ausdehnt. Auf Abb. 25, welches die Wetterkarte vom Tag der Jagd ist, sieht man wie die Kaltfront nun über Frankreich liegt und am späten Nachmittag die Schweiz, sowie auch unser Zielgebiet (Memmingen), durchqueren wird. Kurz hinter dieser ersten Kaltfront gibt es noch eine zweite, die ebenfalls etwas Abkühlung bringen wird, jedoch nicht so stark wie die erste.

Gewitter und ihre Jäger

Wetterübersicht vom Sonntag
Résumé météorologique du Dimanche

4.9.2011



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern EDI
Département fédéral de l'intérieur DFI
Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz
Office fédéral de météorologie et de climatologie MétéoSuisse

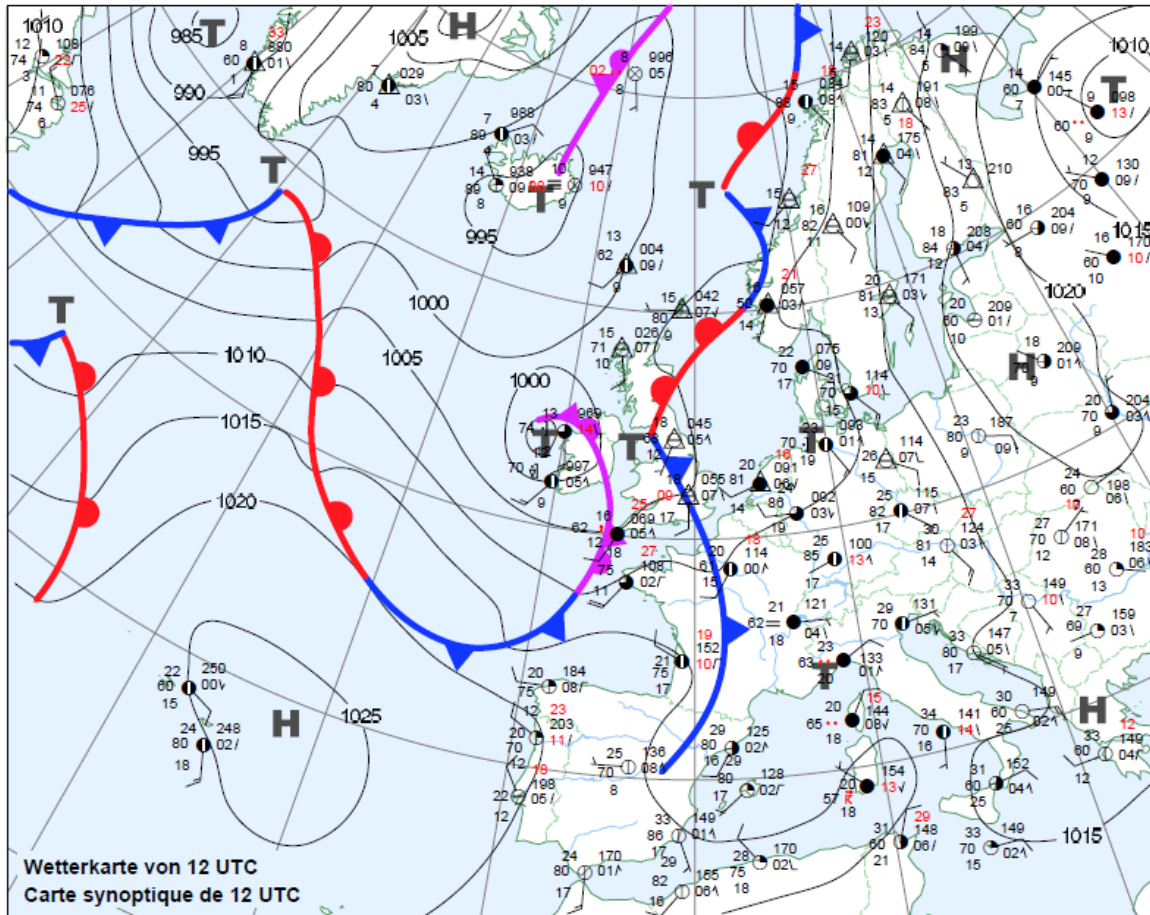


Abb.25

Quelle: Meteo-Schweiz Zentrale.

Wie wir aus Teil 1.3.2 erfahren haben, gibt es die Frontgewitter. In diesem Fall deutet alles darauf hin, dass wir es mit so einem zu tun hatten, da die Kaltfront sehr viel kältere und vor allem sehr feuchte Luft mit sich trug. Wenn man nun die Höhenwetterkarte anschaut (Abb.26 auf folgender Seite) erkennt man, dass sich ebenfalls zur gleichen Zeit ein Höhentief in Richtung Schweiz ausbreitete, was zu weiterer Instabilität der Luft führt. Diese beiden Typen zusammen ergeben eine extrem starke Instabilität der Luft, die in unserem Fall nun zu einer sogenannten **Superzelle** führte: Die Eigenschaft der Frontgewitter, die sich über mehrere Kilometer erstrecken können, diente hier dazu bei, dass sich die Gewitterzelle horizontal soweit ausdehnen konnte. Auf der anderen Seite bewirkte das Höhentief, dass die Zelle sich weiter, als das bei einem gewöhnlichen Frontgewitter der Fall ist, vertikal ausdehnte.

Aber es gab an diesem Tag doch auch Föhn, der für Wolkenauflösung sorgt, warum kam es also trotzdem zur Gewitterbildung? Der Föhn führte in diesem speziellen Fall zu einer Bodenkonvergenz (eine Linie in welcher Luftmassen aus verschiedenen Richtungen zusammenströmen und dann, weil sie eingengt werden, als Luftpakete aufsteigen), welche schliesslich als Auslöser dieser Superzelle diente. → Auch auf Abb.15 im Kapitel 2.1.1 zu sehen.

Gewitter und ihre Jäger

Superzellen sind ein seltenes Phänomen, die massive Schäden mit sich bringen. Ich habe noch die einzelnen Begleiterscheinungen an diesem Tag analysiert, damit man eine Ahnung davon kriegt, wie heftig so eine Zelle wüten kann.

Höhenwetterkarte 04.09.2011

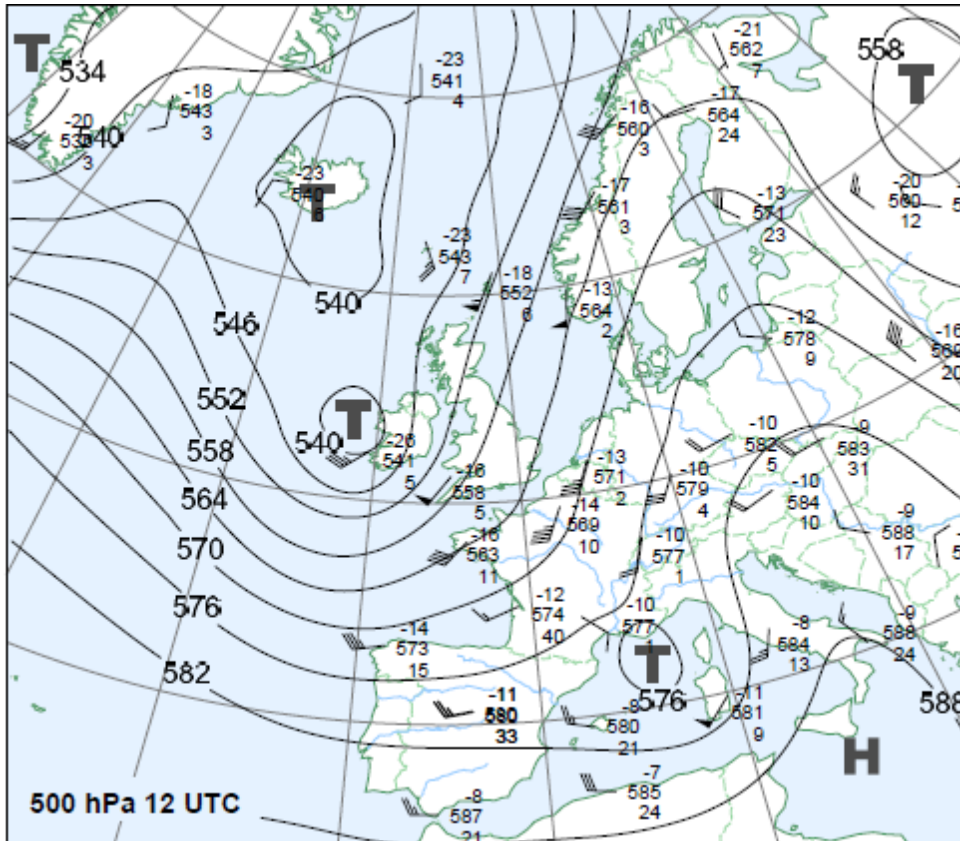


Abb. 26

Quelle: Meteo-Schweiz Zentrale.

Kurz zusammengefasst: Es gab eine Kaltfront, die sich mit viel feuchter Meeresluft näherte. Hinzu kam noch das Höhentief und beide Gewittertypen zusammen führten zur Entstehung einer Superzelle mit grosser Ausdehnung. Starthilfe leistete dabei noch die Bodenkongruenz, welche durch den Föhn verursacht wurde.

2.3.2 Die Begleiterscheinungen

Beim gejagten Gewitter war alles dabei was es an Begleiterscheinungen eines Gewitters gibt vergleiche Kap. 1.4. Der **Starkregen** setzte bei uns schon ganz am Anfang ein, als sich das Gewitter bei Bregenz über unseren Köpfen zusammenbraute. Der Starkregen deutet drauf hin, dass die Gewitterzelle, die wir jagten schon während ihrem Anfangsstadium sehr kräftig war. Dies wiederum ist sehr typisch für ein Frontgewitter, nur dass der Starkregen schon von Anfang an dabei ist zeigt, dass es sich hier um eine Kombination von Gewittertypen handeln muss. Zudem deutet der Starkregen im Anfangsstadium darauf hin, dass auch eine gewisse Hagelgefahr besteht. Der **Hagel** setzte dann auch ein und wurde umso stärker, je näher wir dem Kern der Gewitterzelle kamen. Wie bereits erwähnt, war die Autobahn weiss vom Hagel und ich habe dazu auch einen Artikel im Internet gefunden: *„Nach einem schweren Gewitter mit Hagel, Sturm und Starkregen sind zahlreiche Keller im Unterallgäu mit Wasser vollgelaufen. Strassen wurden überflutet, und etliche Bäume knickten um. Wie die Polizei am Sonntagabend in Kempten mitteilte, fuhren Polizei und Feuerwehr nach ersten Schätzungen rund 150 Einsätze nahe Memmingen. Der Hagel habe Maisfelder verwüstet, Bäume seien auf Strassen gestürzt. An Häusern seien hohe Schäden entstanden. Der Deutsche Wetterdienst hatte vor Unwetter mit starkem Wind und Hagel mit Korngrößen um einen Zentimeter in Schwaben und Franken gewarnt. Die teils schweren Gewitter sollten in der Nacht zum Montag nach Osten abziehen. Verletzt wurde nach Polizeiangaben niemand. Darüber hinaus ist auch der Verkehr auf den Autobahnen stark behindert, wie uns Autofahrer telefonisch mitteilen. Die A 96 zwischen Memmingen und Mindelheim sei bis zu 30 Zentimetern hoch mit Hagelkörnern überflutet, sodass dort zahlreiche Autos fest stecken. Wie gemeldet wird, setzt die Autobahnmeisterei sogar Schneepflüge ein, um die Fahrbahnen wieder frei zu räumen.“*³⁵ Der Hagel zeigt, dass wir es hier mit einer gewaltigen Zelle zu tun hatten. Typisch für solche Superzellen, waren auch die vielen **Blitze**, vor allem CGs, die wir gesehen haben. Es blitzte etwa 50 Mal pro Minute und das ist im Vergleich zu einem normalen Gewitter „mit etwa zwei bis drei Blitze pro Minute“³⁶, sehr viel. Auch das ist eine Eigenschaft, die mit beiden Typen etwas zu tun hat, Höhentiefs tragen nämlich zu grosser Blitzaktivität bei. Was die **Sturmböen** angeht, ist es offensichtlich, dass dort wo starke Aufwinde herrschen auch dementsprechend starke Abwinde vorhanden sind. Superzellen sind die Grundlagen für einen Tornado und darum ist es nicht verwunderlich, dass an diesem Abend ziemlich hohe Windgeschwindigkeiten über 100km/h herrschten, denn es knickten sogar Bäume um.

Kurz zusammengefasst: Alle Begleiterscheinungen aus waren in der Superzelle enthalten, und zwar im Extrembereich! Wäre diese Zelle im Hochsommer entstanden, dann hätten wir im besten Fall sogar mit einem Tornado rechnen können, allerdings wäre das dann etwas zu gefährlich für mich geworden! Ich habe also an diesem besagten 04. September dieses Jahres, zusammen mit Cyrill Steiger und seinem Kollegen tatsächlich eine Superzelle verfolgt und ich bin sehr stolz darauf, dass ich dabei gewesen bin.

³⁵Online im Internet: <http://www.augsburger-allgemeine.de/bayern/Hagel-auf-der-A-96-Schneepfluege-im-Einsatz-id16580456.html> (Stand 28.11.11).

³⁶Online im Internet: <http://members.chello.at/troeblitz/html/Faq.htm> (Stand 05.12.2011).

Fazit

Eines der Ziele meiner Arbeit war es zu verstehen, wie ein Gewitter entsteht und bei welchen Wetterlagen dies begünstigt wird. Zudem wollte ich dieses Wissen auch anwenden und das ist mir mit dem 2. Teil der Arbeit auch gelungen. Das Auffinden von Informationen über Gewitter war nicht immer einfach, aber ich habe es nach mehreren Anläufen schliesslich geschafft. Zudem bekam ich Unterstützung von Herrn Voisard (→ Dankagung), der mir später auch bei speziellen Fällen von Gewittern half. Aber auch der Tag an der Meteo-Schweiz Zentrale im Februar, nach welchem ich mich dann definitiv für das Thema Gewitterjäger entschied, war insofern sehr hilfreich, dass ich dort gelernt habe, wie man eine Wetterkarte genau betrachtet und das ich durch diesen Tag dort auch zu Kontaktdaten eines Gewitterjägers gelangte.

Ein zweites Ziel war es, die Begleiterscheinungen eines Gewitters nachvollziehen zu können und deren Entstehung zu schildern. Darüber hinaus wollte ich eigentlich zu verstehen geben, dass Begleiterscheinungen auch gewisse Gefahren beherbergen können. Dieses Kapitel verknüpft auch die beiden Teile sehr gut miteinander, den die Begleiterscheinungen haben, sowohl mit den Gewittern, als auch mit den Gewitterjägern etwas zu tun.

Ein drittes Ziel war es die Arbeit eines Gewitterjägers zu betrachten. Dazu wollte ich schon von Anfang an einen eher etwas praktischeren Teil machen, was mir mit Hilfe eines Gewitterjägers, den ich wie schon bereits erwähnt kontaktiert hatte, gelang. Dass ich auf eine Chasing-Tour mitgehen konnte ist nicht selbstverständlich, denn man nimmt für gewöhnlich nicht einfach Leute mit auf eine Tour, ausser wenn sie diese teuer bezahlen. Zudem hatten wir am Anfang einige Schwierigkeiten, da auch nicht sehr gewitterreiches Wetter herrschte, wir hatten bekanntlich einen ziemlich nassen und kalten Sommer. Aber ich bin sehr glücklich, dass es trotz allem in letzter Minute geklappt hat. Die Jagd an und für sich habe ich als sehr spezielles Erlebnis in Erinnerung, bei dem ich sehr viele Informationen für meine Arbeit erhalten habe und das zugleich sehr spannend war. Wie ich bereits in der Einleitung bemerkt habe, finde ich Gewitter ein faszinierendes Naturphänomen und das gejagte Gewitter, war bisher das kräftigste, welches ich in meinem kurzen Leben je gesehen habe. Am meisten staunte ich ab der Menge des Hagels auf der Autobahn! Auch Cyrill sagte mir dann, dass ein Hagelsturm in diesem Ausmass sehr selten ist, und dass es nur wenige gibt, die bei ihrer ersten Gewitterjagd schon auf einen solchen treffen;)

Ein letztes Ziel, welches ich mir dann gegen Ende der Arbeit festlegte, war das erlernte Wissen aus Teil 1 nun auf Teil 2 anzuwenden. Somit habe ich erstens, die Teile wieder miteinander verknüpft und zweitens, noch etwas eigenes, das in die Arbeit einfließt. Und doch ist es, wie ich festgestellt hatte, nicht so einfach das Recherchierte richtig zu verarbeiten. Ich denke aber, dass ich gerade durch diesen letzten Teil, das Erlernte testen konnte, ob ich es wirklich verstanden habe.

Alles in allem kann ich sagen, dass es mir sehr Spass gemacht hat, die Arbeit zu schreiben, da ich sowieso ein Gewitterfan bin. Vielleicht werde ich später in meinem Leben selber manchmal auf Gewitterjagd gehen, aber bis dahin vergehen wahrscheinlich noch ein paar Jahre.

Quellenverzeichnis & Danksagung

Literatur:

- A. Hermant, Gewitter-Faszination eines Phänomens, 2002, Delius-Klasing-Verlag, Bielefeld.
- Dehn + Söhne, Blitzplaner, 2007, Dehn-Verlag, Neumarkt (De).
- G.H. Liljequist & K. Cihak, Allgemeine Meteorologie, 1990, Vieweg-Verlag, Braunschweig.
- H. Kraus & U. Ebel, Risiko Wetter, 2003, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg.
- K.H. Hack, Meteorologie für Piloten, Aero-Clup der Schweiz, Luzern.
- P. Albisser, Wetterkunde für Wanderer und Bergsteiger, 2011, SAC-Verlag, Frutigen.
- W. Eichenberger, Flugwetterkunde, 1973, Schweizer Verlagshaus, Zürich.

Internetquellen:

- Titelbild: <http://www.wetter24.de/wetter-news/news/ch/8f60e1fbef89fe5fff0059666a68024d/article/gewitterzeit.html> (Stand 18.10.11).
- Abb. 5
http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/wetter/wetterereignisse/Gewitter_Starkregen_12_13_Juli_2011.Par.0006.DownloadFile.tmp/gross.png (Stand 26.07.11).
- Abb. 7
http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/wetter/wetterereignisse/TS_Lugano.html (Stand 04.08.2011).
- Im Text erwähnt:
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Wetterrekorde> (Stand 16.10.11).
- <http://www.deutscher-wetterdienst.de/lexikon/index.htm> (Stand 20.11.11).
- http://de.wikipedia.org/wiki/Convective_inhibition (Stand 21.11.11).
- <http://www.augsburger-allgemeine.de/bayern/Hagel-auf-der-A-96-Schneepfluege-im-Einsatz-id16580456.html> (Stand 28.11.11).
- <http://members.chello.at/troeblitz/html/Faq.htm> (Stand 05.12.2011).

Bilder:

- Abb. 1,2,8,11,12 und 13 sind Scans aus den oben erwähnten Büchern.
- Abb. 3,6,9,10,24,25 und 26 sind Wetterkarten von der Meteo-Schweiz Zentrale, die entweder von C. Voisard oder von der Geografie-Sammlung stammen.
- Abb. 4 ist eine eigene Darstellung und Abb. 21/22 sind selbstgemachte Fotos.
- Abb. 14-20 und 23 sind Bilder bzw. Graphiken, die ich von C. Steiger erhalten habe.

Gewitter und ihre Jäger

Ungedruckte Quellen:

- Das Interview habe ich mit Herrn C. Steiger gemacht (weitere Infos zu Ihm findet man in der Danksagung)
- Der Bericht über Hagel (auf Seite 12) habe ich von C. Voisard erhalten.

Danksagung:

- Mein Dank geht hier an **Christophe Voisard**, Meteorologe bei Meteo-Schweiz, der mir durch einen Besuch bei Meteo-Schweiz Zürich geholfen hat, ins Thema zu finden und der mir bei der Kontaktierung eines Gewitterjägers geholfen hat. Zudem stammen zwei der Bücher und Kartenmaterial von ihm und ich danke ihm auch für die Geduld, mit der er mir gewisse Dinge verständlich gemacht hat.
- Ein weiteres Dankeschön geht an **Cyrill Steiger**, dem Gewitterjäger, der mich durch meine Arbeit begleitet hat. Ohne ihn hätte ich meine Arbeit nicht schreiben können. Ich danke ihm auch, dass er bereit war mich auf eine Chasingtour mitzunehmen und dass er mir geholfen hat meine Erlebnisse aufzuarbeiten, und zwar mit Kartenmaterial, sowie mit Kommentaren zu Fore- und Nowcast. Nicht zu vergessen verdanke ich ihm auch das Interview, welches sehr hilfreich war.
- Natürlich möchte ich auch meinem Betreuer **Martin Anderhalden** danken, der mich bei der Arbeit unterstützt hat, mich mit Kartenmaterial versorgte und mir auch viele Tipps gegeben hat, die sehr hilfreich waren.

Anhang

Erklärung betr. Plagiarismus für Maturaarbeiten an der Kantonsschule Freudenberg Zürich

Originalarbeit

Ich erkläre, dass es sich bei der eingereichten schriftlichen Arbeit mit dem Titel

Gewitter und ihre Jäger

um eine von mir selbst und ohne unerlaubte Beihilfe verfasste Originalarbeit handelt. Ich bestätige, dass die Arbeit meines Wissens nicht bereits früher an der KFR oder an einer anderen Schule eingereicht worden ist.

Verweise auf Quellen

Ich erkläre, dass sämtliche Bezüge auf fremde Quellen (Originaltexte, Sekundärliteratur, Bilder, Tabellen usw.), die in der oben genannten Arbeit verwendet wurden, deutlich als solche gekennzeichnet und mit korrekten Quellenangaben versehen sind.

Plagiats-Prüfung

Ich bin damit einverstanden, dass meine Arbeit zur Überprüfung der korrekten und vollständigen Angabe der Quelle mit Hilfe einer Software (Plagiatserkennungstool) geprüft wird. Zu meinem eigenen Schutz wird die Software auch dazu verwendet, später eingereichte Arbeiten mit meiner Arbeit elektronisch zu vergleichen und damit Abschriften und eine Verletzung meines Urheberrechts zu verhindern. Falls Verdacht besteht, dass mein Urheberrecht verletzt wurde, erkläre ich mich damit einverstanden, dass die Schulleitung meine Arbeit zu Prüfzwecken herausgibt.

Massnahmen bei Plagiaten und anderen Unredlichkeiten

Ich bestätige, dass ich die Plagiarismus-Richtlinien der Kantonsschule Freudenberg gelesen und verstanden habe. Ich nehme zur Kenntnis, dass bei unerlaubter Beihilfe sowie bei mangelhaften Quellenangaben (Plagiaten) rechtliche Schritte unternommen werden und ich mit disziplinarischen sowie mit anderen Massnahmen rechnen muss, welche in folgenden Erlassen vorgesehen sind: Schulordnung der Kantonsschulen vom 5. April 1977, Reglement für die Maturitätsprüfungen an den Gymnasien des Kantons Zürich vom 10. März 1998, Plagiarismus-Richtlinien der Kantonsschule Freudenberg vom 13.6.2008.

Name: **Hoerni**

Vorname: **Jamin**

Datum:

Unterschrift Schülerin/Schüler:

Unterschrift Erziehungsberechtigte/r:
