



Doctoral Thesis

## Development of thunderstorms in Switzerland in relation to surface winds

**Author(s):**

Linder, Wolfgang

**Publication Date:**

1998

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-001920901> →

**Rights / License:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH No. 12589

**Development of Thunderstorms in Switzerland  
in Relation to Surface Winds.**

A dissertation submitted to the  
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY (ETH)  
ZÜRICH

for the degree of  
DOCTOR OF NATURAL SCIENCES

presented by  
WOLFGANG LINDER  
Dipl. Met. Universität Karlsruhe  
born on February 14, 1967  
citizen of Germany

Accepted on the recommendation of  
Prof. Dr. A. Waldvogel, ETH Zürich, CH, examiner  
Prof. Dr. C. Schär, ETH Zürich, CH, co-examiner  
Dr. W. Schmid, ETH Zürich, CH, co-examiner

Zürich, 1998

## Abstract

In Switzerland thunderstorms are a major problem. Farmers, for instance, lose their crops because of hail, rain and wind damage, and insurance companies pay for the damages. Therefore many efforts were made in the last decades to observe and forecast the formation of thunderstorms in general and hailstorms in particular. Methods of observation include radar, satellite and lightning detection from automated surface networks. Thunderstorm forecasts are mainly based on synoptic methods. However, recent studies indicate that the spatial distribution of thunderstorms varies considerably under similar large-scale conditions. This suggests that mesoscale factors determine the exact location of the storms. This thesis investigates the relation between the low-level wind field measured by the automated surface network of the Swiss Meteorological Institute (ANETZ) and the origin regions of hailstorms.

The study is confined to northern and western Switzerland. Here the orography is dominated by the two parallel mountain chains of the Alps and the Jura, and the Mittelland, which lies in between. In this region, the so-called study area, it is well known that the first storms often form over the mountains. Therefore it is vital to understand the orographically induced thermal circulations which develop between the Mittelland and the mountains as a result of solar heating.

First, the characteristics of these thermal circulations are identified for sunny summer days which are undisturbed by precipitating convection. Sunny summer days between 1983 and 1996 are stratified into five groups according to the direction and the strength of the main surface flow in the central Mittelland. It is shown that the thermal circulation between the Swiss Mittelland and the adjacent mountains reveals different behaviour for different general wind directions in the Mittelland. During northeasterly flow, the circulation causes strong upslope flow between the Mittelland and the Jura. During southwesterly flow, the circulation causes strong upslope flow between the Mittelland and the Alps.

Second, a relation is established between the main flow direction in the central Mittelland and the origin regions of hail cells. All hail days between 1983 and 1996 are stratified into five groups, using the same criteria as for sunny summer days. The origin regions of the hail cells are determined for each of the five groups of days. During strong northeasterly flow, most hailstorms form on the Jura. During weak northeasterly flow, hailstorms form as often over the Jura as over the Mittelland. During southwesterly flow, most storms form over the Mittelland.

Third, an attempt is made to identify wind fields which are related to the occurrence of hail in a specific region. The five groups of hail days are stratified according to the origin regions of hail cells. Typical characteristics of the wind field are determined for each origin region. New wind criteria are defined which are closely related to the origin regions of hail cells. If the main surface flow is strong and from the northeast or if the upslope flow between the Mittelland and the Jura is strong, hailstorms form over the Jura. If the main surface flow is from the northwest and the valley winds in the Rhine and Reuss valleys are strong, hailstorms form over the Alps. (The Rhine (Reuss) valley drains from eastern (central) Alps to eastern (central) Mittelland.) If the main surface flow is weak and from the southwest and there is downslope flow from the Jura towards the Mittelland or strong valley flow in the Reuss valley, storms form over the Mittelland.

Fourth, it is investigated whether the Swiss Model (SM) reproduces the results found for the ANETZ data. It is shown that the model reproduces the character of the thermal circulation. The dependence of the strength of the upslope flow on the main flow direction is the same as for the

ANETZ. However, in many cases the main flow direction predicted by the SM is not the same as the one shown by the ANETZ. Consequently, the precipitation regions predicted by the SM often do not correspond to the origin regions of hail cells.

## Zusammenfassung

In der Schweiz stellen Gewitter ein grosses Problem dar. Landwirte leiden unter gewitterbedingten Schäden wie Hagel, Überschwemmungen und Starkwinde. Versicherungsgesellschaften müssen anschliessend für diese Schäden aufkommen. Aus diesem Grund wurden in den letzten Jahrzehnten grosse Anstrengungen unternommen, um Gewitter und insbesondere Hagelgewitter zu analysieren und vorherzusagen. Dies geschah unter anderem mit Radar, Satelliten und Blitzempfängern eines automatischen Bodenmessnetzes. Gewittervorhersagen basieren hauptsächlich auf synoptischen Methoden. Neuere Forschungsergebnisse zeigen jedoch, dass unter denselben grosskaligen Bedingungen die räumliche Verteilung von Gewittern stark variieren kann. Dies lässt vermuten, dass mesoskalige Faktoren für die genauen Entstehungsorte der Gewitter verantwortlich sind. Die vorliegende Doktorarbeit befasst sich mit der Relation zwischen dem bodennahen Windfeld, gemessen von dem automatischen Messnetz der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt (ANETZ), und den Entstehungsgebieten von Hagelgewittern.

Es wird die Nord- und Westschweiz betrachtet (das sogenannte Testgebiet). Das Tessin, das Wallis sowie Graubünden unterscheiden sich meteorologisch gesehen sehr stark vom Testgebiet und sind deshalb nicht Teil dieser Studie. Die Orographie im Testgebiet wird bestimmt durch zwei annähernd parallel zueinander liegende Gebirge (Jura und Alpen) sowie durch das Mittelland, das zwischen diesen beiden Gebirgen liegt. Es ist hinreichend bekannt, dass die ersten Gewitter des Tages meist über den Bergen entstehen. Deswegen erscheint es für die Gewittervorhersage unerlässlich, ein Verständnis der orographisch induzierten thermischen Zirkulation zwischen dem Mittelland und dem Jura bzw. den Alpen zu entwickeln.

Zu diesem Zweck wird zuerst die thermische Zirkulation an Schönwettertagen, an denen das Windfeld nicht durch Gewitter modifiziert wird, analysiert. Schönwettertage zwischen 1983 und 1996 werden in fünf Gruppen unterteilt. Die Unterteilung erfolgt anhand der bodennahen Windrichtung und -stärke im zentralen Mittelland. Es wird gezeigt, dass der Charakter der thermischen Zirkulation zwischen dem Mittelland und den umliegenden Bergen deutlich von der Windrichtung im zentralen Mittelland abhängt. Bei nordöstlicher Strömung (Bise) verursacht die thermische Zirkulation starke Hangaufwinde zwischen dem Mittelland und dem Jura, bei südwestlicher Strömung zwischen dem Mittelland und den Alpen.

Als zweites werden die Strömungsrichtung des bodennahen Windes im zentralen Mittelland und die Entstehungsgebiete (Jura, Mittelland, Alpen) von Hagelzellen zueinander in Beziehung gesetzt. Hageltage zwischen 1983 und 1996 werden analog zu den Schönwettertagen in fünf Gruppen unterteilt. Für jede Gruppe werden die häufigsten Entstehungsgebiete ermittelt. Bei starker nordöstlicher Strömung entstehen die Hagelzellen am häufigsten über dem Jura, bei schwacher nordöstlicher Strömung am häufigsten über dem Jura und über dem Mittelland. Bei südwestlicher Strömung entstehen die Hagelzellen am häufigsten über dem Mittelland.

Als drittes wird versucht, typische Windmuster für die fünf Entstehungsgebiete von Hagelzellen zu erfassen. Dazu werden die nach dem Bodenwind unterteilten fünf Gruppen von Hageltagen noch weiter nach Entstehungsgebieten unterteilt. Für jede der neuen Gruppen werden die Eigenheiten des Windfeldes bestimmt. Daraufhin werden Kriterien definiert, nach denen aus dem Windfeld auf die Entstehungsgebiete von Hagelzellen geschlossen werden kann. Wenn die bodennahe Strömung im zentralen Mittelland stark nordöstlich oder der Hangaufwind zwischen Mittelland und Jura gut ausgeprägt ist, entstehen Hagelzellen vorzugsweise über dem Jura. Wenn die Strömung nordwestlich ist und die Talwinde in Rhein- und Reusstal stark sind, entstehen Hagelzellen am häufigsten

über den Alpen. Bei schwach südwestlicher Strömung und entweder Hangabwind von den Jura Höhen ins Mittelland oder starkem Talwind im Reusstal entstehen Hagelzellen vor allem im Mittelland.

Als viertes wird untersucht, ob das Schweizer Modell (SM) die gefundenen Ergebnisse bestätigt. Es wird gezeigt, dass das Modell den Charakter der thermischen Zirkulation erfasst. In Bezug auf die Abhängigkeit der Stärke der Hangaufwinde von der Strömungsrichtung stimmen Modell und ANETZ - Messungen gut überein. Jedoch ist in vielen Fällen die vom Modell vorhergesagte Strömungsrichtung nicht dieselbe wie die vom ANETZ gemessene. Folglich stimmen die vom Modell vorhergesagten Niederschlagsgebiete oft nicht mit den Hagelentstehungsgebieten überein.