

Dr. Wilfried Zipse

Hagelabwehr aus der Luft - Technik, Wirksamkeit, Kosten

Die intensiven Hagelereignisse der letzten Jahre geben Anlass über eine Hagelbekämpfung in Rheinland-Pfalz nachzudenken, zumal Meteorologen eine Häufung von Hagelereignissen im Zuge des Klimawandels vorhersagen. Allein an der Mosel waren im Weinbau für 2007 Schäden von nahezu vier Mio €, 2008 nahezu zehn Mio € zu verzeichnen.



Abb. 1: Hagelschaden am 29.05.08 in Mesenich

Hagelabwehr aus der Luft wird derzeit in etwa 30 Staaten weltweit angewandt. Durch Flugzeuge oder mit Raketen werden auch wasserarme Wolken, wie z.B. in Dürrezonen zum Abregnen gebracht. In Russland kommen schon seit Jahrzehnten Spezialmaschinen zum Einsatz, um an Nationalfeiertagen die Sonne scheinen zu lassen.

In Deutschland wird derzeit in zwei Regionen Hagelfliegerei betrieben, im Ems-Murr-Kreis und in den Landkreisen Rosenheim, Miesbach und Traunstein.

Definition von Hagel

Hagel ist ein Niederschlag, der aus über fünf mm dicken Eisklumpen besteht (Standard nach WMO). Kleinere Eisklumpen werden als Graupel bezeichnet.

Wie entsteht Hagel?

Hagelkörner entstehen, wenn Luftfeuchtigkeit in großer Höhe an kleinsten Staubteilchen (Kondensationskernen) kondensiert und gefriert. Sind nicht viele Kondensationskerne vorhanden, legt sich mehr und mehr Feuchtigkeit an den wenigen vorhandenen Kernen fest. Daraus entwickeln sich schnell immer größere Eisklumpen und es entsteht Hagel. Die starken Aufwinde von 20-30m/s, welche in solch einer Gewitterzelle herrschen, begünstigen die Hagelbildung, weil die Gefrierprozesse (bis -40°C) welche in großen Höhen stattfinden, eine stetige Massenzunahme fördern. Ohne Aufwinde würden die Partikel absinken und als Regen niedergehen. Es zeigt sich dabei, dass der Aufwind innerhalb einer Wolke unterschiedlich stark ist und Partikel dadurch einen Kreislauf durchfahren können. Zunächst werden sie durch den Aufwind angehoben, danach fallen sie wieder in tiefere Luftschichten, nehmen weiteres Wasser auf, werden abermals nach oben gerissen, und das zusätzliche Wasser gefriert an. Dieser Vorgang wiederholt sich solange, bis ein Hagelkorn zu schwer ist, um von den Aufwinden getragen zu werden.

Schadensintensität von Hagel

Folgende Faktoren beeinflussen einen Hagelschaden: Hagelgröße, Eisdichte, Hagelform, Intensität des Hagelschlags, Fallgeschwindigkeit (res. Aufprallenergie), Aufprallwinkel, horizontale und vertikale Windgeschwindigkeit und die Eigenschaft potentieller Schadensgüter.

Kleiner Hagel von 0,5 cm bis 1,0 cm im Durchmesser:

- Richtet im Allgemeinen keinen Schaden an. Im Obstbau können kleinere Schäden durch angeschlagene Früchte auftreten.

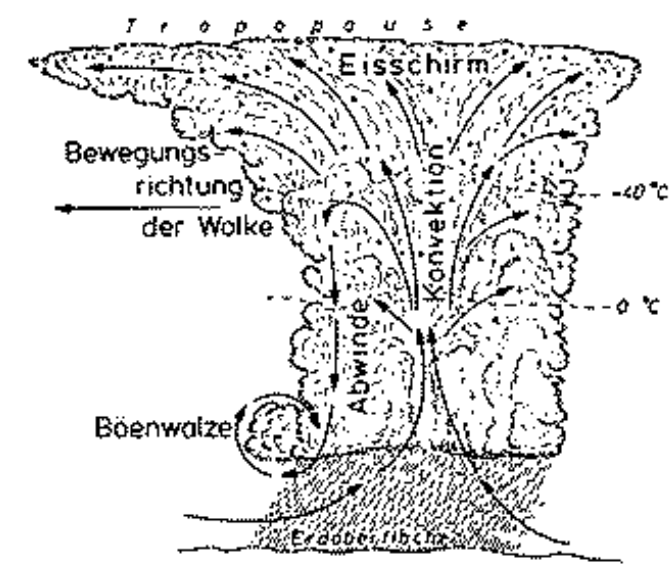


Abb. 2: Entstehung von Hagel

Kleiner bis mittelgroßer Hagel von 1,0 cm bis 2,0 cm im Durchmesser:

- Richtet im Allgemeinen keinen Schaden an. Im Weinbau kann es zu größeren Schäden kommen, insbesondere wenn der Hagelfall sehr intensiv ausfällt, und von starkem Wind begleitet ist. In Wein- und Obstkulturen kann es im Extremfall bereits zu Totalverlusten kommen. Erste signifikante Entlaubungen können eintreten.

Mittelgroßer Hagel von 2,0 cm bis 3,5 cm im Durchmesser:

- Je nach Härte und Form der Hagelkörner treten bedeutende Schäden im Autoblech auf, Gewächshäuser und entsprechende Glasflächen drohen zu zerbrechen. Im Weinbau gibt es je nach Intensität des Hagelschlags, verbreitet hohe Wertverluste oder gar Totalverluste, nachhaltig auch durch Triebholzschädigung.

Großer Hagel von 3,5 cm bis 5,0 cm im Durchmesser:

- Verbreitet bedeutende Schäden. Im Weinbau nachhaltige Schäden und Verluste auch durch Stammschädigungen.

Starkhagel von 5,0 cm bis 7,0 cm im Durchmesser:

- Wahrscheinliche Superzelle. Im Weinbau Totalschaden / Stammschädigung. Vögel und andere Kleintiere können teils schwer verletzt oder gar getötet werden. Auch für Menschen erhebliche Gefahr - Platzwunden und Prellungen sind möglich!

Extremhagel über 7,0 cm Durchmesser:

- In den meisten Fällen fällt dieser nur vereinzelt außerhalb des Hauptniederschlagkerns. Deshalb treten schwere Schäden nur vereinzelt, aber in katastrophalem Umfang mit Lebensgefahr bis hin zu Straßenschäden auf.

Hagelhäufigkeit

Die Hagelhäufigkeit, sowie die daraus folgenden Schäden für unser Gebiet sind nicht exakt festzustellen, da wissenschaftliche Erhebungen fehlen. Laut mündlicher Mitteilung des Deutschen Wetterdienstes liegt die Hagelhäufigkeit an der Mosel bei ca. 2,8 Tagen/Jahr. Davon erreicht selten ein Hagelschlag die Intensität wie am 29. Mai 2008 an der Untermosel, am 25. Mai 2007 an der Mittelmosel oder am 26. Juni 2005 im Ruwertal.

In Baden-Württemberg stieg die Schadenssumme von 1950 bis 1995 sehr stark an. Diese Erhöhung hängt aber nicht nur mit zunehmender Hagelstärke, sondern auch mit einer Wertsteigerung der Sachgüter zusammen.

Wie läuft die Hagelbekämpfung ab?

Früher wurde die Hagelabwehr mit Raketen durchgeführt. Es musste ein dichtes Netz mit freiwilligen „Schützen“ aufgebaut werden, die immer verfügbar waren. Im Landkreis Rosenheim wurden bereits im Jahre 1958 Impfvorsuche mit Hilfe von Bodenraketen durchgeführt und bis 1973 fortgesetzt. Damals waren 140 Hagelschützen, 30 Betreuer oder Bodengeneratoren und 210 Wetterbeobachter eingesetzt. Mit Ablauf des Jahres 1973 musste diese Form der Wolkenimpfung, aufgrund der geänderten Sprengstoffgesetze, eingestellt werden. Nachdem im Folgejahr 1974 aber Schäden in Höhe von rund 23 Millionen DM durch Hagelschlag im Landkreis Rosenheim aufgetreten waren, wurde die Hagelabwehr 1975 mit einem Starrflügler erneut aufgenommen. Die Hagelbekämpfung mit einem Starrflügler wird somit seit über 30 Jahren durchgeführt. So kann man die Wolken schon weit im Vorfeld impfen, ehe sich eine gefährliche Hagelwolke noch weiter aufbaut.



Abb.3: Präsentation des zweiten Hagelfliegers für den Rems-Murr-Kreis am 03.07.07, Flughafen Stuttgart

Voraussetzung für die Hagelbekämpfung ist ein meteorologischer Dienst, der über ein Wetterradar zur Feststellung von „Hagelwolken“ (hoch gesättigte Gewitterwolken) verfügt. Jeden Morgen erhält der Pilot von der Wetterstation eine Information, ob und wann mit

einem Gewitter zu rechnen ist, damit er nicht ständig in Alarmbereitschaft bleiben muss. Trotzdem können unvorhergesehene Gewitterzellen entstehen, der Pilot muss aber auch dann innerhalb von ca. 15 Min. in der Luft sein.

Im Falle der Hagel- und Sturmkatastrophe in Wintersdorf am 25.05.2007 baute sich die Gewitterfront mit Hagel in nur 20 Minuten auf.



Abb.4: Voraussetzung für die Hagelbekämpfung ist ein meteorologischer Dienst, der über ein Wetterradar zur Feststellung von „Hagelwolken“ (hoch gesättigte Gewitterwolken) verfügt.

Ist eine Gewitterfront im Anmarsch, erhält der Pilot auf ein spezielles Handy alle 10 Minuten eine Information des meteorologischen Dienstes. Bei Bedarf auch öfter. Er kann sich nun über die Stärke und die Richtung der Gewitterzelle informieren.

Auf Grundlage der empfangenen Daten entscheidet der Pilot selbständig über einen Einsatz. Es werden nicht alle Gewitter angefliegen!

Der Pilot fliegt mit seiner Maschine quer vor der Gewitterfront her und sucht den besten

Aufwind, um die Wolke impfen zu können. In diesen Aufwinden können die Maschinen Geschwindigkeiten bis zur Belastungsgrenze erreichen. Fliegerisches Können ist gefragt. Die Flugdauer und das Impfen können zwei bis drei Stunden betragen. Eine sehr gute

Wolkenkenntnis muss der Pilot mitbringen. Als Ausbildung muss der Pilot eine Berufspilotenausbildung haben, damit geht auch eine Instrumentenflugberechtigung einher. Die Saison läuft von Mitte April bis Mitte Oktober.



Abb.5: Beispiel einer wirksamen Hagelbekämpfung

Technik der Hagelabwehr

Das Geheimnis der Hagelabwehrflugzeuge steckt in zwei Spezialgeneratoren, dies sind zylinderförmige Tanks, welche am Ende mit einer Brennkammer versehen und unter den Tragflächen montiert sind. In den Generatoren wird eine 6%ige Silberjodid-Acetonlösung (je rund 20 l Inhalt) verbrannt. Die Acetonlösung verbrennt rückstandsfrei, dabei werden pro Gramm Silberjodid dreißig Billionen Silberjodidkristalle freigesetzt, welche durch die Aufwinde in die Gewitterzelle getragen werden. Sie fungieren dort als Kristallisationskeime, an denen sich dann Hagelkörner bilden. Durch die unzähligen Silberjodidkristalle wird verhindert, dass sich das Eis an nur wenigen Kristallisationskeimen anlagert und dort zu richtigen „Taubeneiern“ anwächst.

Deshalb bleiben die Korngrößen klein (Graupelgröße bis dicke Wassertropfen) und die Niederschlagsintensität hat sich soweit verringert, dass keine, oder nur noch geringe Schäden entstehen, denn beim Fall durch die Wolken können die kleinen „Korngrößen“ abtauen und als Graupel oder im Idealfall als Regen niedergehen.



Abb.6: Spezialgenerator im Einsatz

Wirksamkeit der Hagelabwehr

Durch die Beimpfung der Wolken wird das Risiko der großen Hagelschäden vermindert. Die Niederschlagsmenge wird nicht beeinflusst, sondern nur die Niederschlagsart.

Das heißt, aus den großen schwer schädigenden Hagelschauern werden weniger schädigende Graupelschauer, bis hin zu großtropfigen Niederschlägen.

Bei einem schweren Hagelgewitter können schnell Schäden in zweistelliger Millionenhöhe entstehen. Landwirtschaftliche Kulturen aber auch gewerbliche und private Werte sind davon betroffen.

Sicherer wird die Hagelabwehr, wenn in einem Schutzgebiet mehrere Hagelflieger zur Verfügung stehen. Es kommt vor, dass Gewitterfronten an verschiedenen Stellen aufziehen, oder die Gewitterfront so breit ist, dass mit dem Einsatz weiterer Flieger die Gewitterfront besser abgedeckt werden könnte.

Für eine erfolgreiche Hagelabwehr muss auch gewährleistet sein, dass die Piloten und Maschinen sich immer im einsatzfähigen Zustand befinden.

Genauere Zahlen über Hagelrisiko und Schadenminderung liegen uns aus Baden-Württemberg vor. Dort haben sich Hagelschäden und die Hagelrisikohäufigkeit von den 70er Jahren zu den 80er Jahren um 99% erhöht. Nur in der Region Stuttgart und im Rems-Murr-Kreis, wo Hagelabwehr betrieben wurde, war eine Abnahme der Hagelhäufigkeit um 19% zu verzeichnen.

Das Hagelrisiko war in der Vergangenheit in der Region Stuttgart besonders hoch. Dort traten auch die höchsten Schadenssummen auf. Seitdem hier Hagelabwehr betrieben wird, waren im zehnjährigen Zeitraum 1980 bis 1989 fast 30% weniger Schäden als im Jahresabschnitt 1970 bis 1979 zu verzeichnen.

Die grafische Darstellung "Kumulierte Hagelschadenssummen" (Abb. 7) zeigt zum

einen den Verlauf der Schadenssumme im Versuchsgebiet und zum anderen die Schadenssumme außerhalb des Versuchsgebietes. Hier wird sehr deutlich, dass sich eine Differenz von mehreren 100 Millionen DM ergibt. Leider hat die Landesregierung 1996 die Hagelstatistik eingestellt, so dass nur der Versuchsverlauf bis 1996 statistisch nachvollziehbar ist.

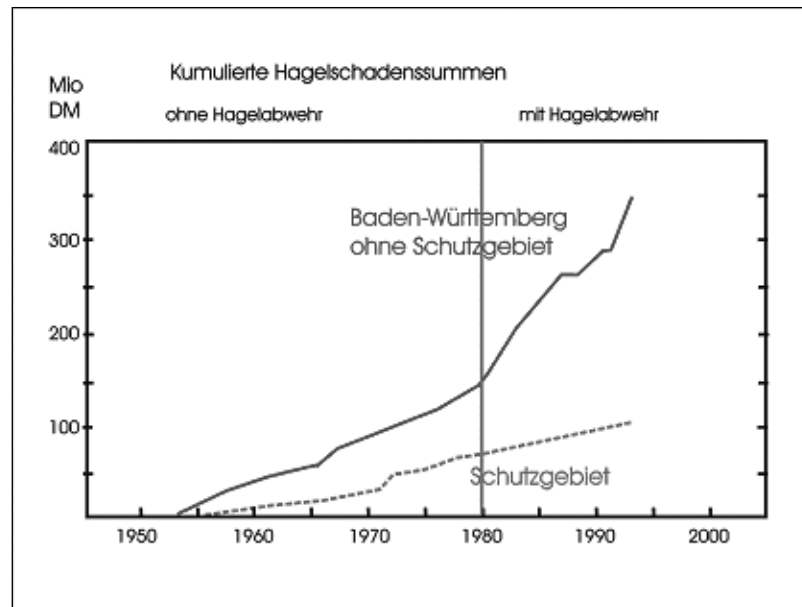


Abb. 7: "Kumulierte Hagelschadenssummen" in Baden-Württemberg, von 1980 bis 1995 der Vergleich der Gebiete mit und ohne Hagelabwehr.

Die Schadenssummen verringerten sich um ca. 30%. Im Versuchsgebiet ergab sich somit eine Differenz von einigen 100 Millionen Euro zu Gunsten der beflogenen Flächen. In einer begleiteten Studie der Universität Hohenheim aus den Jahren 1980 bis 1993 wurde errechnet, dass unter der Voraussetzung, dass 3,9% des Betrages, der an Schaden vermieden wurde, für die Hagelfliegerei aufgewendet worden ist. Durch die Hagelfliegerei wurde somit das 25-fache des Aufwandes an Schaden vermieden.

Andere internationale Recherchen ergaben einen durchschnittlichen Wirkungsgrad von 45% - 60%.

Eine explizite Studie hat die „Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Österreich“ bei der Hagelabwehr in Niederösterreich durchgeführt. Nach einigen Verbesse-

rungen in der Technik und beim Wetterradar, konnte das Hagelkornspektrum zu 75% unter zehn mm Durchmesser gedrückt werden. Die Anzahl der Hageltage von sechs Tagen (1981-1985) wurde auf rund drei Tage (1990-2000) zurückgeführt.

Die durch Hagel getroffene Fläche nahm zwischen 1981 und 2000 um 46% ab. Bei der Intensität – gemessen in Joule/m² – war eine Abnahme um 38% (von 73 auf 45 Joule/m²) feststellbar. (Bei 50 Joule/m² tritt im Weinberg eine Ertragsminderung von 30% auf.)

Bei den dortigen Weinbergen ging der Ertragsverlust von 25% auf 10% zurück (=60% Wirkungsgrad).

Kosten

Konkrete Zahlen liegen uns nur aus dem Rems-Murr-Kreis vor.

Die Hagelabwehr liegt hier in den Händen des Umwelt- und Verkehrsausschusses der Kreisverwaltung Rems-Murr.

Von dem Umwelt- und Verkehrsausschuss wurde ein Planungszeitraum von 2007 bis 2011 vorgegeben. Für diesen Zeitraum sollen zwei Hagelflieger zum Einsatz kommen. Die von zwei Firmen abgegebenen Angebote wurden verhandelt, mit dem Ergebnis, dass pro Jahr Kosten in Höhe von 250.000 Euro für die Flieger aufzuwenden sind.

Zusätzliche Kosten in Höhe von ca. 10.000 Euro fallen dann noch für den meteorologischen Dienst, die wissenschaftliche Begleitung, Öffentlichkeitsarbeit etc. an.

Die Summe der Kosten belaufen sich somit auf 260.000 Euro pro Jahr.

Finanzierung

Für die Bereitstellung der Geldmittel muss kräftig die Werbetrommel gerührt werden. Eine „Leitfigur“ mit Verhandlungsgeschick und Engagement wird benötigt, um erstmals

das notwendige Interesse zu wecken, um dieses in eine Zweckgemeinschaft einfließen zu lassen, welche die Finanzierung übernimmt.

Im oben genannten Rems-Murr-Kreis wird ca. 1/3 der Kosten von Winzern aufgebracht. Pro Hektar Weinberg liegen die Kosten bei 50 Euro. Bei den Genossenschaftswinzern (80%) wird dieser Betrag über den Auszahlungspreis geregelt.

Die restlichen 2/3 der Kosten werden vom Kreis, von Gemeinden, der Stadt Stuttgart, Versicherungen, Obstbauern, Weinbauverband, Daimler und anderen übernommen.

Für die Landkreise Rosenheim, Miesbach und Traunstein werden die Mittel für zwei Hagelflieger von den Landkreisen, sowie einem "Verein zur Erforschung der Wirksamkeit der Hagelbekämpfung im Raum Rosenheim e.V." mit weit über 8.000 Mitgliedern finanziert.