

Berichte
des
Deutschen Wetterdienstes

Nr. 69
(Band 10)

DK 551 578. 7

Die Hagelhäufigkeit in Bayern
(1952—1956)

von

Ernst Trautmann
(mit 3 Abbildungen im Text und 6 Karten)

Offenbach a. M. 1960
Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes

Inhalt

	Seite
Zusammenfassung	3
Abstract	3
1. Einleitung	4
2. Die früheren Arbeiten über den Hagel	4
2.1. Die meteorologischen Arbeiten	4
2.2. Die geographischen Arbeiten	4
3. Die Hagelschäden nach der Versicherungsstatistik	5
3.1. Die Statistiken der Hagelversicherungsgesellschaften	5
3.2. Die Statistik der Bayerischen Versicherungskammer	6
3.2.1. Räumliche Verteilung der Hagelschäden	6
3.2.2. Zeitliche Verteilung der Hagelschäden	8
4. Die Hagelbeobachtungen des Bayerischen Klimanetzes	9
4.1. Zeitliche Verteilung der Hagelbeobachtungen	10
4.2. Räumliche Verteilung der Hagelbeobachtungen	10
5. Einzelne Hagelzüge	12
5.1. 29. Juli 1956	12
5.2. 14. August 1954	12
5.3. 1. August 1955	13
5.4. 18. Juli 1953	13
6. Ausblick	14
Literatur	15
Erläuterung zu den Karten 2 und 3	16
Karten 1—6	

Anschrift des Verfassers:

Dr. E. Trautmann, Fürth, Jakob-Henle-Straße 28

Zusammenfassung

Das zeitlich und räumlich begrenzte Auftreten von Hagelfällen erschwert die Untersuchung des Phänomen Hagel allein mit Hilfe des klimatologischen Beobachtungsnetzes sehr. Es wird für Bayern und den Zeitraum 1952 bis 1956 ein neuer Weg beschritten: die Kombination der Hagelbeobachtungen aus dem Klimanetz mit den Hagelschadensmeldungen der Bayerischen Versicherungskammer, die infolge der obligatorischen Schadensmeldung aller Gemeinden ein lückenloses Bild in zeitlicher wie räumlicher Beziehung gibt. Nach theoretischen Erörterungen über die Hagelbildung im Cumulonimbus werden die Graupelfälle ausgeschieden durch Beschränkung der Untersuchung auf alle Tage mit einer über 1500 m NN gelegenen Null-Grad-Grenze.

Im zeitlichen Ablauf der Hagelhäufigkeit werden Höhepunkte Ende Mai/Anfang Juni und Mitte Juli erreicht, die mit den Monsunwellen nach Flohn in Zusammenhang stehen. Die räumliche Verteilung, bearbeitet auf der Basis der Landkreise, zeigt Schwerpunkte im oberbayerischen Alpenvorland, in Mittelfranken und im Raum der oberen Sächsischen Saale. Die Schadensmeldungen lassen im Vergleich zu den Hagelbeobachtungen des Klimanetzes einige Mängel erkennen: die Schadensanfälligkeit der Kulturpflanzen richtet sich nach ihrem Wachstum derart, daß kurz vor und zur Zeit der Ernte eine Überbewertung stattfindet. Auch die Ackerlandkreise sind anfälliger als die Wiesen- und Forstkreise.

Schließlich werden aufgrund der Schadensmeldungen vier ausgewählte Hagelzüge behandelt, von denen der Fall des 18. Juli 1953 neben einer Hagelstraße in der Oberpfalz auf höhenströmungsgleicher Zugbahn eine weitere Straße in Niederbayern mit hoher Intensität und einem großräumigen, der Ablenkungskraft der Erdrotation unterliegenden Strömungsfeld zeigt.

Abstract

Due to the fact that the occurrence of hailstorms is limited as to both time and space it is very difficult to carry out investigations on this phenomenon by means of the climatological network only. A new method is applied to the region of Bavaria for the period 1952 through 1956: the hail observations of the climatological network are combined with the reports on damages by hail issued by the Bavarian Insurance Chamber which supply a complete survey from the temporal and spatial viewpoint, since the municipalities are obliged to deliver accurate reports on the damages by hail. According to the theory on the formation of hail in cumulonimbus, the cases of small hail are eliminated by selecting the days with the zero line higher than 1500 m above sea-level.

The frequency distribution of hail shows two maxima: about the end of May and in the middle of July which are connected to the monsoon waves according to Flohn. The spatial distribution has been studied for each country of the region. The centres of intensity are to be found in the Upper Bavarian foreland of the Alps, in Central Franconia, and in the area of the upper course of the Saxon Saale. As compared with the hail observations of the climatological network, the reports on damages by hail involve some deficiencies: the field crop plants are most susceptible to damages immediately before and during harvesting, and are consequently overrated during this period. Furthermore the areas of arable land are more susceptible to damages than meadows and forestry.

Finally four hail tracks are followed which have been selected out of the material of the Bavarian Insurance Chamber. It reveals for 18 July 1953 a hail track in the Upper Palatinate and another track at an equal level of flow in Lower Bavaria which showed a high intensity and a large field of flow deviated by the Coriolis force.

1. Einleitung

Der Hagel gehört zu denjenigen Wettererscheinungen, die zwar relativ selten und dann nur in bestimmten Jahreszeiten und nur in eng begrenzten Räumen auftreten, die aber den Menschen dennoch seit jeher stark beeindruckt haben. Die beim Hagelschlag offenbarte Naturgewalt, meist mit Gewittern verbunden, brachte nur allzu oft schwere Schäden in der Vegetation und an den Erträgen menschlichen Fleißes, sei es in der Landwirtschaft oder im Bauwesen. Es ist daher nicht verwunderlich, daß viele Untersuchungen über die Entstehung und Verbreitung des Hagels schon seit den Anfängen meteorologischer Forschung gemacht wurden, daß aber auch bis heute noch keine vollständige Klarheit über sein Auftreten sowohl in zeitlicher wie in örtlicher Hinsicht geschaffen werden konnte.

Die Entstehung des Hagels allein vom meteorologischen Gesichtspunkt her zu lösen durch Forschung auf dem Gebiete der Wolkenphysik bildet nur einen Teil des Problems; es muß auch völlige Klarheit über sein Auftreten im geographischen Raume geschaffen sein. Das Wettergeschehen, und hier insbesondere die Bildung der den Hagel auslösenden Cumulonimben, ist zeitlich und räumlich eng verknüpft mit der Landschaft und ihren Besonderheiten. Nur durch die gemeinsame Forschung des Meteorologen und des Geographen kann das Phänomen Hagel in seiner Entstehung und in seiner Auswirkung auf den Menschen und seinen Lebensraum erfaßt und möglicherweise als Krönung dieser Arbeiten vorhergesagt und vermieden werden.

Die Aufgabe der vorliegenden Untersuchung soll es sein, für den bayerischen Raum, der mit seinen Gebirgen und seinen sehr differenzierten Landschaften gerade im Auftreten von Hagelfällen mannigfache Verschiedenheiten aufweist, die räumliche und zeitliche Verteilung innerhalb des Jahrfünfts 1952 bis 1956 aufzuzeigen.

2. Die früheren Arbeiten über den Hagel

In unserem Kulturkreis haben sich bereits *Anaxagoras* und *Aristoteles* mit dem Problem der Hagelentstehung befaßt (1), und wie ein roter Faden zieht sich durch die meteorologische Wissenschaft der Jahrhunderte immer wieder die Frage nach dem Hagel bis auf die heutigen Zeiten. Heute sind es besonders die Schweizer Forscher, die sich intensiv mit dem Hagel beschäftigen, der in ihrem Lande eine große Häufigkeit und Verbreitung aufweist. Sie haben sogar eine Eidgenössische Kommission zum Studium der Hagelbildung gegründet.

2.1. Die meteorologischen Arbeiten

Die Fragen nach der Entstehung des Hagels wurden in den letzten Jahren auf zwei Wegen zu lösen versucht. *A. Wegener* (2), *Findeisen* (3), *Wall* (4) und *H. Weickmann* (5) zeichnen das folgende Bild, das als Eiskeimtheorie bekannt geworden ist: die Eisbildung in der Atmosphäre zugleich mit dem Vergraupelungsprozeß in dem Cumulonimbus führt bei besonders extremen Verhältnissen zur Hagelbildung. Die Wolkenluft muß einen sehr hohen Flüssigwassergehalt, etwa zwischen 3 und 8 gr/m³, besitzen. Weitere Vorbedingung ist die beträchtliche Aufwindgeschwindigkeit innerhalb des Cumulonimbus, sie wird zwischen 5 und 10 m/sec angesetzt.

H. Weickmann (5) nimmt an, daß der Vorgang der Vergraupelung im Cumulonimbus bei einer Tröpfchengröße ab 30 μ Radius einsetzt. Diese Wassertöpfchen werden im Aufwind innerhalb der Wolke

mit einem bei -40° C wirksamen Gefrierkern kristallisieren. Durch Anfrieren weiterer Tröpfchen wird die Vergraupelung gefördert bis zu Frostgraupeln von etwa 4 mm Durchmesser, die nunmehr das Gleichgewicht zwischen Fallgeschwindigkeit und Aufwind verlassen und fallen. Beim Fall in der Wolke, entgegen dem immer noch vorhandenen Aufwind, wächst das entstehende Hagelkorn weiter bis zu Größen von 10 mm Durchmesser. Hagelkörner mit größerem Durchmesser sind entweder in Wolken mit besonders hohem Flüssigwassergehalt gewachsen oder zuvor von einem besonders stetigen Aufwindstrom gehalten worden, der wenigstens 9 m/sec betragen haben wird.

Dieser Eiskeimtheorie stellt in neuester Zeit *Ludlam* (6) eine Theorie entgegen, die in wesentlichen Punkten abweicht. Er hält es für wahrscheinlicher, daß als Keime der Hagelbildung einzelne große Wolken-tröpfchen wirken, die sich zunächst in den unteren Schichten des Cumulonimbus befinden. Sie werden im Aufwindstrom gehoben und gefrieren in der unterkühlten Zone teilweise. Im Aufwind des Cumulonimbus wachsen sie weiter bis zu einer Größe, die als Funktion der Aufwindgeschwindigkeit anzusehen ist. Nach ihrem Ausfall aus der Wolke wächst der Anteil der kleineren Hagelsteine bis zur Grenze des verfügbaren Wassergehaltes der Wolke. Ihr Ausfall geht zugleich mit dem völligen Schmelzen vor sich, großtropfiger Regen erreicht die Erde. *Ludlam* teilt die Vorgänge im Cumulonimbus in eine junge Phase mit Hagelausfall und in eine reife Phase mit starkem Regenfall. Seine Theorie wird durch Radarbeobachtungen an den oberitalienischen Seen gestützt (7), wie auch durch Arbeiten von *Appleman* (8) in Nordamerika und Untersuchungen in Südostengland (9).

Für die folgende Untersuchung ist die Tatsache wichtig, daß der einem Cumulonimbus entfallende Niederschlag erst dann als Hagel auftreten wird, wenn die Wolke neben beträchtlichen Aufwinden einen hohen Flüssigwassergehalt besitzt. Ihn kann sie jedoch nur haben bei hoher Lage der Null-Grad-Grenze mit großem Abstand von der Wolkenbasis. Diese Voraussetzungen sind sowohl in der Eiskeimtheorie von *Findeisen/Weickmann* als auch in der Theorie von *Ludlam* gegeben.

2.2. Die geographischen Arbeiten

Stellt die Erforschung der Hagelentstehung die eine Seite des Problems Hagel dar, so bildet die Frage nach seinem zeitlichen und räumlichen Auftreten die andere Seite. Hier treten nun zu den rein meteorologischen Forschern diejenigen der benachbarten Disziplinen, die Geographen und viele Vertreter der Agrarwissenschaften. Das zeitlich wie räumlich eng begrenzte Auftreten des Hagels erschwert seine Erfassung sehr, und es sind daher von den verschiedensten Seiten Versuche unternommen worden, die im wesentlichen folgende gangbaren Wege ergeben haben.

Das klimatologische Beobachtungsnetz der staatlichen Wetterdienste wurde zunächst herangezogen. *Alt* und *Weickmann* (10) haben aus der Periode 1893 bis 1907 aus 177 über ganz Süddeutschland verteilten und als zuverlässig erkannten Klimastationen zeitliche und räumliche Untersuchungen der Gewitter und des Hagels durchgeführt. Ihre Karten der geographischen Verteilung der Hagelhäufigkeit im Jahr und in den einzelnen Monaten Mai bis August stellen die ersten Karten dieser Art für Süddeutschland dar. Sie brachten wertvolle Erkenntnisse, die auch heute noch absolute Gültigkeit besitzen und in den späteren Jahren nur verfeinert werden konnten. Aber in dieser Untersuchung steht schon der Satz: „In erster Linie müßte ein unvergleichlich engeres Stationsnetz zugrunde ge-

legt werden können.“ A r e n d t (11) benutzte für Nord- und Mitteldeutschland das Netz des Preußischen Meteorologischen Institutes mit etwa 600 Stationen und entnahm dem 20jährigen Beobachtungsmaterial die Tage mit Hagel- und Graupelfällen. Er zeichnete zwei Verteilungskarten, die „die Zahl der Tage mit Hagel- und Graupelfällen in 20 Jahren“ und „die Summe der Tage mit Hagel- und Graupelfällen von Mai bis Oktober“ enthalten. Diese Karte wird von A r e n d t entsprechend dem geringen Anteil der Graupelfälle in diesen Monaten als „Hagelkarte“ bezeichnet. Sie ist es jedoch streng genommen nicht, da auch im Mai/Juni sowie September/Okttober bei tief gelegenen Null-Grad-Grenzen durchaus der Vergraupelungsprozeß nicht zur Hagelbildung fortführt, sondern mangels hinreichenden Gehaltes der Wolken an echten und unterkühlten Wassertröpfchen abgebrochen wird. Aber gerade der in der Wirkung auf die Land- und Forstwirtschaft entscheidende Unterschied zwischen Graupel- und Hagelfall — ersterer ist praktisch ungefährlich, letzterer jedoch meist sehr bedeutsam — muß in Verteilungskarten berücksichtigt werden. A r e n d t stellt selbst fest, daß sich „im Mai der Anteil der Hagelfälle an der Gesamtheit der Tage mit Hagel- und Graupelfällen auf 50% und mehr beläuft“. Er nennt aber auch Gegenden östlich der Oder, in denen Anteile von noch nicht 30% erreicht werden. Diese Gebiete mit ihrem kontinentalen Klima sind im Mai noch kälter, als etwa die Räume westlich Elbe und Weser. Infolgedessen liegt auch die Null-Grad-Grenze noch wenig über dem Boden, und der Graupelfall ist erklärt. Es bietet also das von A r e n d t angewandte Verfahren der gemeinsamen Zählung von Graupel und Hagel kein homogenes Material in bezug auf die Niederschlagsform. Daß es aber auch sonst nicht homogen ist, hat K n o c h (12) gezeigt in der Erwähnung der unterschiedlichen Beobachter: teils lieferten hauptamtliche Meteorologen, teils nebenamtliche Beobachter die Aufzeichnungen.

M. B i d e r (13) verwertet Beobachtungsreihen der Jahre 1901 bis 1950 von 72 Stationen des Schweizerischen Meteorologischen Dienstes wie auch C. H e s s sie im „Klima der Schweiz“ (14) benutzt hat. Er kommt zu dem Schluß, „daß sich die Angaben über die Anzahl der Hageltage im schweizerischen Beobachtungsnetz, und wohl auch in anderen Beobachtungsnetzen, nur in sehr beschränktem Maße zur Feststellung der wirklichen Hagelhäufigkeit eignen“. Auch hier wie schon zuvor in dem von A r e n d t benutzten Material ist es wieder die Inhomogenität, die durch die Einbeziehung der Graupelfälle hervorgerufen wird. Schließlich bietet das Stationsnetz nicht die für eine derart lokal auftretende Niederschlagsform, wie es der Hagel ist, notwendige Dichte. B i d e r übernimmt denn auch nicht die Darstellungsart, welche von A l t - W e i c k m a n n und von A r e n d t in der Zeichnung von Isolinien angewandt worden ist. Er wendet die Punktmethode in einer Karte der Schweiz an und stellt fest, daß „in Anbetracht der erwähnten Unsicherheit des Materials und der geringen Anzahl der für eine 50jährige Beobachtungsperiode zur Verfügung stehenden Stationen es kaum möglich ist, aus der Karte sichere Schlüsse zu ziehen“.

Die angeführten drei für den deutschsprachigen Raum grundlegenden Arbeiten über die Hagelverbreitung an Hand des Materials meteorologischer Stationen zeigen übereinstimmend die Mängel dieses Materials auf und zwingen zur Suche nach anderen Unterlagen. Sie bieten sich durch die Eigenheit an, die nur wenige Wettererscheinungen aufweisen, nämlich durch ihre Schadensbildung im Wirtschaftsleben. Der in den letzten Jahrzehnten beobachtete Trend zur Vermeidung von jeglichem persönlichem Risiko brachte einen rasch wachsenden Ausbau der Versicherungen gegen Wetter-schäden, so daß heute das Netz der Hagelversicherten

und damit auch der Hagelanzeigenden, seien es Einzelversicherer oder versicherte Gemeinden, dichter ist als jedes klimatologische Beobachtungsnetz. Hier öffnet sich ein neuer Weg zur Erforschung der Hagelverbreitung.

3. Die Hagelschäden nach der Versicherungsstatistik

3.1. Die Statistiken der Hagelversicherungsgesellschaften

Fast gleichzeitig gaben diese Statistiken den Anlaß zu drei Arbeiten über die Hagelverteilung in Niedersachsen, Thüringen und der Schweiz. M. S c h w i n d (15) benutzt die Schadensmeldungen der einzelversicherten Bauern an die Landwirtschaftliche Brandkasse Hannover für die Jahre 1936 bis 1945, die er gemarkungsweise auszählt und in einer Gemeindegrenzenkarte durch Linien gleicher Hagelhäufigkeit zu einem anschaulichen Bild bringt. F. M a t z n e r (16) stützt sich auf das Material der ehemaligen Landesversicherungsanstalt in Gotha aus den Jahren 1936 bis 1948 und 1947 bis 1951. Ebenfalls auf der Basis der Gemeindegrenzen zeichnet er zwei Karten, die jeweils die Zahl der Hageljahre innerhalb der Thüringischen Gemeinden erkennen lassen. Der Fall eines im Jahr überhaupt gemeldeten Hagels in einer Gemeinde wird mit Hageljahr bezeichnet. Die Hagelhäufigkeit innerhalb des Jahres bleibt unbeachtet. Schließlich benutzt B i d e r (13) eine Kombination der vom Hagel betroffenen Gemeinden, die an die Schweizerische Hagelversicherung berichtet und von Stationen des Klimanetzes, die Hagel beobachtet haben. In den Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt wird jährlich eine Zusammenstellung dieser Gemeinden gegeben. Für den Zeitraum 1921 bis 1950 werden der Jahresgang des Hagels sowie die Abhängigkeit der Hagelhäufigkeit von der Großwetterlage untersucht.

Für Bayern wurde das Material der Bayerischen Versicherungskammer über Hagelschäden der versicherten Gemeinden von 1884 bis 1950 verwendet, um das Blatt 57 a im Klima-Atlas von Bayern (17) zu zeichnen. Nach der Punktmethode sind die Gemeinden dargestellt, die im Mittel des Zeitraumes ungefähr jedes zweite Jahr Hagelschäden meldeten. Darüber hinaus zeigt die Textkarte im gleichen Klima-Atlas die mittlere Zahl der Tage mit Hagel und Graupel Mai bis August für den Zeitraum 1936 bis 1948, der das Beobachtungsmaterial des Klimanetzes zugrundegelegt ist.

Die neueste Arbeit auf der Basis des Versicherungsmaterials ist wiederum von M. S c h w i n d (18), sie stützt sich auf die Hagelschadensmeldungen aller Feldmarken des alten Deutschen Reichsgebietes für die Jahre 1912 bis 1941, wie sie die Norddeutsche Hagel-Versicherungsgesellschaft A.G. in Berlin besitzt. Die Zahl der Hagelschadensjahre, das sind die Jahre, in denen schadenbringender Hagel aufgetreten ist, wird für jede Gemeinde festgestellt. Gebiete gleicher Hagelhäufigkeit werden durch Isolinien abgegrenzt, die S c h w i n d Isochalazen nennt.

Bei allen diesen mit dem Versicherungsmaterial durchgeführten Untersuchungen ist zu bedenken, daß sie nur einen unbestimmbaren Teil aller Hagelfälle umfassen, nämlich die Schaden stiftenden Hagelfälle, soweit sie Versicherte getroffen haben. Der schon oben erwähnte Trend zur Sicherung gegen Schäden hat den Kreis der Versicherten von Jahr zu Jahr größer werden lassen; es wird daher jede Versicherungsstatistik variieren und selbst bei langen Zeiträumen nur inhomogenes Material bieten. Schließlich beschränkt sich die Versicherung auf Gebiete intensiver landwirtschaftlicher Nutzung, es werden also die walddreichen Gebirge zumeist unberücksichtigt bleiben müssen. S c h w i n d

konnte den gesamten oberbayerischen Alpenrand und den südlichen Bayerischen Wald mangels Materials nicht bearbeiten.

Gegenüber diesen drei schwerwiegenden Bedenken (Hagelschäden, variierende Versichertenzahl, Beschränkung auf Nutzflächen) tritt eine weitere Einschränkung des Materials zurück: es werden nur die Monate April bis Oktober benutzt. Diese Beschränkung ist meteorologisch zu rechtfertigen, da in den Wintermonaten die Bereitschaft zur Hagelbildung mangels starker Turbulenz in Verbindung mit dem Vorhandensein der notwendigen hohen Feuchtwassergehalte im Wolkenraum nur sehr selten gegeben ist. Graupelfälle scheiden ohnehin aus, da sie keinen Schaden stiften.

Wenn im Folgenden trotzdem für das Land Bayern eine Untersuchung über die Hagelfälle mit Versicherungsmaterial unternommen wird, so rechtfertigt sich diese aus der andersartigen Struktur des Materials, welches seit 1952 gewonnen wurde.

3.2. Die Statistik der Bayerischen Versicherungskammer

Im Land Bayern sind nur zwei Gesellschaften zur Hagelversicherung zugelassen: die Bayerische Versicherungskammer und die Norddeutsche Hagelversicherungsgesellschaft. Die Bayerische Versicherungskammer ist eine Anstalt des öffentlichen Rechts mit eigenem Haushalt. Sämtliche Bürgermeister der etwa 8 000 bayerischen Gemeinden sind verpflichtet, über jeden in ihrer Gemeinde aufgetretenen Hagelschaden Meldebögen an die Bayerische Versicherungskammer zu senden. Diese Verpflichtung besteht unabhängig von dem Vorhandensein versicherter Gemeindemitglieder. Der Bürgermeister ist jedoch im Unterschied zu den benachbarten Bundesländern in den Gemeinden ehrenamtlich und meistens nur in den Städten hauptamtlich tätig. Eine bindende Vorschrift, ob eine Stadt von einer bestimmten Größe an von einem berufsmäßigen Stadtoberhaupt regiert werden soll, gibt es nicht. Die Meldepflicht wird also nicht stets und überall zur Gänze erfüllt sein, andererseits bietet sich durch dieses Verfahren ein wesentlich besseres Material als das der bisherigen Untersuchungen an. Die Einschränkung der variierenden Zahl der Versicherten entfällt. Auch die Beschränkung auf Nutzflächen ist nur noch bedingt vorhanden, da die Erfahrung gezeigt hat, daß auch Gemeinden mit vorwiegendem Waldbesitz Hagelschadensmeldungen präsentierten. Lediglich die in Bayern nicht unerheblichen Staatsforsten werden nicht erfaßt.

Es ist nun das Verdienst des seinerzeitigen Leiters der Klimaabteilung, Herrn Professor Dr. Knoch, dieses wertvolle statistische Material dem Deutschen Wetterdienst nutzbar gemacht zu haben. Seit dem Jahre 1952 melden die Bürgermeister auf doppelten Formularen an die Bayerische Versicherungskammer, der Durchschlag wird dem Deutschen Wetterdienst übergeben. 4769 Meldungen wurden bis 1956 eingekassiert. Die Aufarbeitung dieses Materials, welches mir freundlicherweise zur Verfügung gestellt wurde, geschah nach den kommunalen Abgrenzungen (Gemeinden, Landkreise, Regierungsbezirke). Insbesondere die Aufteilung in die 142 Landkreise Bayerns, die einen mittleren Flächeninhalt von 49 436 ha besitzen, erschien zum Vergleich der späteren Untersuchungen der Hagelbeobachtungen aus dem Klimanetz angebracht. Bis mit 1955 meldete der Landkreis Lindau noch nicht, da er erst am 1. September 1955 laut Gesetz wieder vom Bayerischen Staat übernommen wurde. Er ist mithin im gesamten 5jährigen Zeitraum nicht berücksichtigt.*)

Zur ersten Orientierung soll das Land Bayern in einen nördlichen und einen südlichen Teil getrennt

*) Auf Karten 2 und 3 durch Punktierung gekennzeichnet.

werden. Die Grenze verläuft südlich der Landkreise Dillingen, Donauwörth, Eichstätt, Riedenburg, Regensburg, Roding und Cham. Sie entspricht etwa dem Donaulauf von Gundelfingen bis Regensburg und weiterhin der Grenze zwischen dem Bayerischen und dem Oberpfälzer Wald bis Furth. Zu Nordbayern zählen somit die Regierungsbezirke Unter-, Mittel-, Oberfranken, die Oberpfalz und die schwäbischen Landkreise Nördlingen, Dillingen und Donauwörth. Südbayern umfaßt die Regierungsbezirke Nieder- und Oberbayern sowie Schwaben ohne die oben erwähnten drei Landkreise.

Die 4769 Hagelschadensmeldungen der Jahre 1952 bis 1956 verteilen sich nun derart auf die einzelnen Jahre:

394 Meldungen in 1952, davon 183 in Nord- und 211 in Südbayern,

1112 Meldungen in 1953, davon 382 in Nord- und 730 in Südbayern,

932 Meldungen in 1954, davon 574 in Nord- und 358 in Südbayern,

1116 Meldungen in 1955, davon 565 in Nord- und 551 in Südbayern,

1215 Meldungen in 1956, davon 621 in Nord- und 594 in Südbayern.

Das Jahrfünft wies mit 2444 Schadensmeldungen in Südbayern bei einer Fläche von 3 522 000 ha einen geringen Überschuß gegen 2325 Meldungen in Nordbayern bei einer Fläche von 3 498 000 ha auf. Die Flächendifferenz beträgt 0,7%, mithin können Süd- und Nordbayern nahezu als flächengleich angesehen werden. Der leider noch recht kurze Zeitraum von 5 Jahren seit dem Beginn des Meldedienstes ließ eine Bearbeitung nach Hagelschadensjahren im Sinne von Schwind (18) und damit die direkte Vergleichbarkeit mit seiner Karte der Hagelhäufigkeit in der Bundesrepublik nicht möglich erscheinen. Es wurden stattdessen die Hagelschäden jeder einzelnen Gemeinde ausgezählt und diese Zahlen, in Gruppen zusammengefaßt, als Unterlage für Karte 1 benutzt.

Von den etwa 8 000 Gemeinden Bayerns hatten innerhalb der betrachteten 5 Jahre 2855 Gemeinden Hagelschäden, davon (in Klammer Nord-/Südbayern):

1 719 Gemeinden je einen	Schaden	(948/771),
681 Gemeinden je zwei	Schäden	(367/314),
270 Gemeinden je drei	Schäden	(116/154),
98 Gemeinden je vier	Schäden	(35/ 63),
52 Gemeinden je fünf	Schäden	(19/ 33),
24 Gemeinden je sechs	Schäden	(10/ 14),
6 Gemeinden je sieben	Schäden	(0/ 6),
5 Gemeinden je acht	Schäden	(0/ 5).

Es war also fast jede dritte bayerische Gemeinde mindestens einmal innerhalb der 5 Jahre vom Hagel geschädigt worden. Dabei fällt auf, daß die Häufigkeit des Schadensanfalles in südbayerischen Gemeinden größer war als in nordbayerischen, denn vom dreimaligen Befall an aufwärts überwiegen die südbayerischen Gemeinden. Achtmal meldeten Hagelschäden die Gemeinden Lengenwang (Kreis Markt Oberdorf), Niederlauterbach und Schweitenkirchen (Kreis Pfaffenhofen), Eggstätt (Kreis Rosenheim) und Freimann (Kreis Traunstein).

3.2.1. Räumliche Verteilung der Hagelschäden

Die Karte 1, bearbeitet nach der Punktmethode, weist in Nordbayern Häufungen der Hagelschäden in den folgenden Landschaften auf: Obermaintal um Kulmbach, Westseiten der Fränkischen Schweiz und

des Fränkischen Jura, westlich des Nürnberger Beckens, Vorland zwischen Main und Steigerwald, Frankenhöhen und Nordrand des Fränk.-Schwäbischen Jura vom Hahnenkamm bis zur Sulzbürg südlich Neumarkt. Diesen Landschaften ist gemeinsam ihre Lage im Luv von Gebirgszügen bei der im mitteleuropäischen Klima bevorzugten West- bis Nordwestströmung. Der Raum Kulmbach-Bayreuth liegt bei dieser Strömung im Luv der herzynisch streichenden Bruchkante Frankenwald-Fichtelgebirge. Den nach Westen steil abfallenden Schichtstufen des Jura wie auch des Steigerwaldes sind Schadenszonen unmittelbar vorgelegt, zum Teil sogar bis über den Stufenrand hinaus fortgesetzt wie auf der Langen Meile nordöstlich Forchheim und zwischen Moritzberg und Arzberg östlich Nürnberg. Die Häufung auf den Frankenhöhen, insbesondere am Oberlauf der Wörnitz, läßt sich nicht ohne die im Jagstraum gegebenen Verhältnisse erklären.

Besonderer Erwähnung bedürfen noch die relativ niederschlagsarmen Jurahochflächen beiderseits der mittleren und unteren Altmühl. Sie weisen ein von West nach Ost verlaufendes Hagelschadensband auf, welches sich durch eine schadensfreie Zone gut nach Norden vom schadensreichen Steilrand des Jura zwischen Hahnenkamm und Sulzbürg absetzt.

Bemerkenswert schadensfreie Räume in Nordbayern sind der Spessart, die Rhön, die Flußgebiete der Fränkischen Saale und der Itz, des Maines zwischen Ochsenfurt und Gemünden, das Aischtal bis Höchststadt, das Vilstal von Amberg bis zur Mündung, der Oberpfälzer Wald, die Kernstöcke des Fichtelgebirges sowie die ihm beiderseits vorgelagerten Bergrücken Steinwald und Waldstein. Auch das Nürnberger Becken und das Ries blieben in dem Jahrfünft von Hagelschäden verschont. Zwei völlig verschiedene Gründe dürften zur Erklärung herangezogen werden: erstens werden die schadensreichen Luvseiten durch schadensarme Leelagen ergänzt. Als solche können die Talräume der Fränkischen Saale und des mittleren Maines im Lee des Spessart und der Rhön, der Itz im Lee der Haßberge, der Aisch im Lee des Steigerwaldes, der Vils im Lee des Jura und des Rieses im Lee des nördlichen und westlichen Riesrandes (Wallerstein, Ipf) angesprochen werden. Die zweite Gruppe der waldreichen Räume des Nürnberger Beckens (Sebalder und Lorenzer Reichswald), des Fichtelgebirges mit Steinwald und Waldstein und schließlich des Oberpfälzer Waldes zeigt einen methodischen Fehler in der Schadensmeldung auf. Es sind vorwiegend Staatsforsten mit nur wenigen Gemeinden, die obendrein nur wenige eigene Fluren besitzen. Ein Sonderfall liegt in dem Gebiete zwischen Pegnitz, Eschenbach und der oberen Vils vor, welches als unbewohnter Truppenübungsplatz nicht durch Schadensmeldungen erfaßt werden kann.

In Südbayern zeichnen sich zwei von West nach Ost verlaufende Schadensbänder deutlich ab mit einer dazwischen gelegenen vorwiegend schadensarmen Zone. Das eine Band zieht auf der schwäbisch-niederbayerischen Schotterebene von den Unterläufen der Iller und Günz über die Holledau bis zum Gäuboden, das andere Band längs des oberbayerischen Alpenvorlandes mit nach Osten zunehmender Schadenshäufung, so daß schließlich zwischen Inn und Salzach oder genauer zwischen Chiemsee und Waginger See der schadensreichste Raum Bayerns angetroffen wird. Dieses Band findet seine Erklärung im Stau der aus den Sektoren West bis Nord anströmenden Luftmassen und ist somit schon in Nordbayern gefundenen Luvlagen gleichzusetzen. Die sich im Alpenvorland infolge der durch das Landschaftsprofil geförderten Vertikalströmung ausbildenden Cumulonimben erfahren in der allgemeinen Westdrift auf ihrem Wege längs des Alpenrandes eine rasche Intensivierung, so daß schließlich nach Über-

querung der Inntalauen bei Rosenheim ungewöhnlich kräftige Turbulenz mit erheblicher Hagelbildung beobachtet werden kann.

In dem schwäbisch-niederbayerischen Schadensband südlich der Donau dürften verschiedene Ursachen zusammentreffen. Zunächst hat der im letzten Abschnitt noch näher untersuchte Hagelfall vom 18. Juli 1953, der ein zusammenhängendes Schadensband von Ulm bis Passau gegeben hat, das Bild der fünfjährigen Schadensfälle stark beeinflußt. Dann aber wird hier ein zweiter methodischer Fehler in der Schadensmeldung der Gemeinden offenbar. Die Holledau, das ist der Raum zwischen Paar und Großer Laaber mit den Kreisstädten Pfaffenhofen und Mainburg, stellt das an Fläche größte Hopfenanbaugebiet Bayerns dar. In vielen Gemeinden wird sogar Monokultur getrieben. Nun ist der Hopfen zwischen Mai und Ende August infolge seiner bis zu 8 m hohen Ranken eine gegen Hagel sehr anfällige Kulturpflanze, die darin nur noch von der Weinrebe erreicht oder übertroffen werden kann. Es werden also in Hopfenanbaugebieten Hagelfälle schon im sonst für Kulturpflanzen noch erträglichen Stadium zu Schäden führen. Übrigens ist auch das zweitgrößte, jedoch nur etwa 800 ha umfassende Hopfenanbaugebiet um Spalt (20 km südwestlich Schwabach in Mittelfranken) durch Häufung der Hagelschäden auf der Karte 1 erkennbar.

Als schadensfreie Räume zeichnen sich wiederum, wie schon in Nordbayern, zwei große Forsten ab, der Köschinger Forst nordöstlich von Ingolstadt und der Ebersberger Forst, etwa 30 km östlich von München. Aber auch zwei ausgedehnte Moorgebiete, das Dachauer und das Erdinger Moos, entziehen sich der Kontrolle gemeindlicher Schadensmeldungen. Schließlich sind aus den größten zusammenhängenden bayerischen Staatsforsten ebenfalls keine Schadensmeldungen zu erhalten. Es sind die Forsten des hinteren Bayerischen Waldes längs der tschechischen Grenze vom Arber bis zum Dreisessel und des vorderen Bayerischen Waldes vom Pröller bis zum Sonnenwald. Hier ist der niedrige Übergang von Deggendorf über Gotteszell nach Regen, den auch die Bahnlinie benutzt, noch reich besiedelt und also auch mit Schadensmeldungen belegt. Vielleicht läßt sich auch daraus auf die Hagelanfälligkeit des vorderen Waldes schließen.

Die gesamten Bayerischen Kalkalpen etwa oberhalb 1000 m NN und ihre bewohnten Täler (Iller bis Kempfen, Ammer, Loisach, Isar, Mangfall, Ache, Traun und Salzach) weisen keine einzige Schadensmeldung auf. Hier wird der methodische Fehler in der Versicherungsstatistik sehr deutlich. Er zwingt, einen weiteren Weg zur Erfassung der räumlichen Verteilung zu suchen, wie er denn auch im nächsten Abschnitt aufgezeigt werden wird.

Als Ergänzung und Vergleichsmöglichkeit mit dem Beobachtungsmaterial aus dem Klimanetz wurde neben der in Karte 1 gegebenen Punktmethode eine weitere, flächenhafte Darstellung der Schadenshäufigkeit in Karte 2 versucht. Es ist der Prozentsatz berechnet aus der Zahl der Schadensgemeinden eines Landkreises und der Summe sämtlicher Gemeinden des gleichen Kreises. Die Häufigkeit des Schadensbefalles in einer Gemeinde ist nicht berücksichtigt. Die Prozentsätze schwanken zwischen 2,9% und 91,5%. Es gibt also Landkreise, in denen innerhalb der Jahre 1952 bis 1956 unter 5% aller Gemeinden einen oder mehrere Hagelschäden gemeldet haben (Sonthofen 2,9%, Wegscheid 3,8%, Alzenau 4,7% und Coburg 4,7%), aber auch einen Landkreis, in dem von 24 Gemeinden 22 Hagelschäden anzeigten, mithin 91,5% aller Gemeinden! Abb. 1 (Kurve a) zeigt die Häufigkeitsverteilung der in den Landkreisen berechneten Prozentsätze (Schadensgemeinden in Prozent aller Gemeinden eines Kreises)

in Stufen zu je 5%. Ihr kann zum Beispiel entnommen werden, daß in 20 Landkreisen Bayerns zwischen 25,0% und 29,9% aller Kreisgemeinden Hagelschäden aufzuweisen hatten. Bei der flächenhaften Darstellung auf Karte 2 wurden folgende 4 Stufen benutzt:

- Stufe 1 : 28 Landkreise bis 24,9%,
- Stufe 2 : 73 Landkreise von 25,0% bis 49,9%,
- Stufe 3 : 23 Landkreise von 50,0% bis 69,9%,
- Stufe 4 : 18 Landkreise über 70,0%.

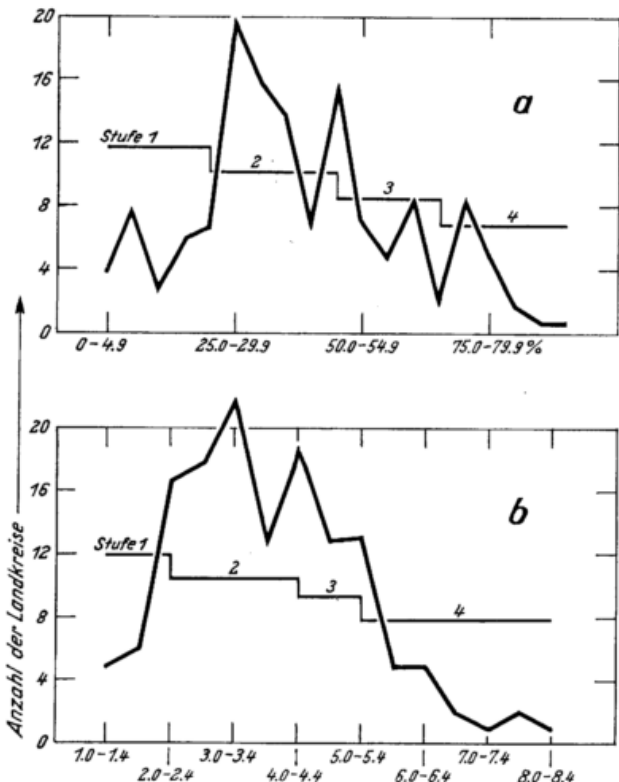


Abb. 1
a: Hagelschäden
Schadensgemeinden in Prozent aller Kreisgemeinden 1952—1956
b: Hagelbeobachtungen
Quotienten aus Anzahl der Hagelbeobachtungen und Anzahl der amtlichen Stationen des Landkreises 1952—1956

Die Karte 2 (Erläuterungen auf Seite 16) läßt wiederum die schon beschriebenen schadensreichen und schadensarmen Gebiete gut erkennen, so besonders in Mittelfranken, im Hofer Grenzland, auf der schwäbisch-niederbayerischen Schotterebene von den Kreisen Dillingen über Rottenburg bis Vilshofen und im Alpenvorland von Schongau bis Laufen. Aber auch die schadensarmen Kreise im Spessart, der Rhön, dem Frankenwald, dem Oberpfälzer und dem Bayerischen Wald und endlich in den Alpen kommen klar zur Geltung. Über die auffallend schadensarmen Kreise Kempten, Mindelheim und Friedberg wird später noch zu sprechen sein.

Die Vorteile und Nachteile der Versicherungsstatistik bei der Erforschung der Hagelverteilung sollen nochmals kurz gegenübergestellt werden:

Vorteile: 1. Die Pflicht jedes bayerischen Bürgermeisters zur Berichterstattung über Hagelschäden auf den Gemeindefluren, sei es Teil- oder Totalschaden, verschafft der Statistik eine invariante Fülle Materials im Gegensatz zu der von Jahr zu Jahr schwankenden, im allgemeinen jedoch stetig wachsenden Zahl und damit Meldung der Hagelversicherten anderer Gesellschaften.

2. Die Dichte des Meldernetzes ist erheblich größer als jedes klimatologische Beobachtungsnetz es jemals bieten könnte.

3. Die sofort nach dem Schaden abgegebene Meldung mit Datum und Uhrzeit des Hagelfalles gestattet direkte Vergleiche mit den klimatologischen Beobachtungen, wie sie im nächsten Abschnitt vorgenommen werden wird.

Nachteile: 1. Die Beschränkung auf den Schaden schließt viele Hagelfälle geringerer Intensität aus.

2. Die Beschränkung auf den Schaden an Kulturpflanzen, und sei es auch nur Weide, engt den Zeitraum der Meldung auf die Vegetationszeit bis zur Ernte ein.

3. Die Beschränkung auf die Gemeinden schließt jeden Schadensfall in Staatsforsten, Mooren und auf Ödland (Alpen) aus. Dadurch entziehen sich große Flächen der bayerischen Grenzgebiete dieser Untersuchung.

4. Besonders schadensanfällige Kulturpflanzen, wie Hopfen, werden in ihren Anbaugebieten eine Überbetonung der Schadenshäufigkeit verursachen.

3.2.2. Zeitliche Verteilung der Hagelschäden

Eine Untersuchung des Jahresganges setzt eine sehr lange Beobachtungsreihe voraus. Bider (13) hält selbst einen „dreißigjährigen Zeitraum für eine so sporadisch auftretende Erscheinung wie der Hagel“ für relativ kurz; danach scheint also das hier vorhandene, fünfjährige Material Bayerns erst recht nicht brauchbar, um sichere Resultate über das jahreszeitliche Auftreten und das Erkennen von zeitlichen Häufungspunkten zu erzielen. Trotzdem soll der Versuch unternommen werden unter den folgenden Einschränkungen:

1. Es werden nicht für jeden Tag der Monate April bis Oktober die Hagelschadensmeldungen ausgezählt, sondern nur für zehntägige Intervalle. Dadurch können die erheblichen Streuungen innerhalb der fünf Jahre etwas ausgeglichen werden. Aus den Monaten November bis März liegen keine Meldungen vor.

2. Es werden statt der Mittelwerte lediglich die Summen der im Jahrfünft eingegangenen Schadensmeldungen benutzt. Diese werden in Prozenten der Fünfjahressumme aller Meldungen, also in Prozenten von 4769 angegeben.

Mit diesen Einschränkungen läßt sich die folgende Statistik erzielen, die nochmals einer vergleichenden Revision unterzogen worden ist unter Wegfall der Meldungen des 18. Juli 1953. Von diesem schwersten Schadenstag des Jahrfünfts gingen allein 373 Meldungen ein, das sind 33,5% aller bayerischen Schadensmeldungen des Jahres 1953 und noch 7,8% aller Meldungen des Jahrfünfts.

Dekadensummen der Hagelschäden in Prozent der Fünfjahressumme

	a) mit 18. Juli 1953 (4769 Meldungen)			b) ohne 18. Juli 1953 (4396 Meldungen)		
	1.—10.	11.—20.	21.—Ende	1.—10.	11.—20.	21.—Ende
April	0,0	0,1	0,1%	0,0	0,1	0,1%
Mai	0,5	1,6	8,3%	0,5	1,8	9,0%
Juni	13,2	3,7	6,2%	14,4	4,0	6,7%
Juli	7,0	18,8	13,1%	7,6	12,0	14,2%
August	9,7	7,5	5,6%	10,5	8,1	6,1%
September	3,9	0,7	0,0%	4,2	0,7	0,0%
Oktober	0,0	0,0	0,0%	0,0	0,0	0,0%

In Abb. 2 stellen die Kurven a und b die Zahlen obiger Statistik dar. Die Schadenshäufigkeit weist Höhepunkte in der letzten Mai- und in der ersten Junidekade auf, sowie in der zweiten und dritten Juli-

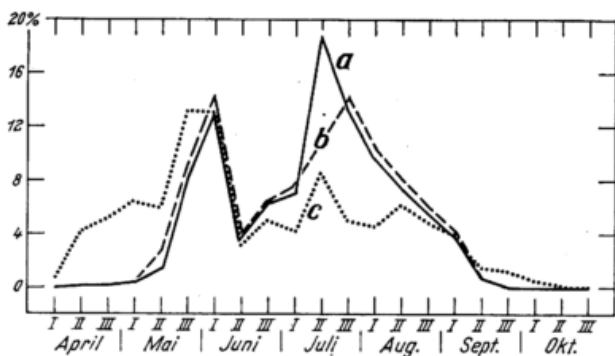


Abb. 2
 Dekadensummen der Hagelschäden in Prozent der Fünfjahressumme
 a: einschließlich 18. 7. 1953
 b: ohne 18. 7. 1953
 c: Dekadensummen der Hagelbeobachtungen in Prozent der Fünfjahressumme

dekade. Nach Abzug des 18. Juli 1953 bleibt die Julispitze in gleicher Höhe mit der Spitze der ersten Junidekade. Zwischen beiden Maxima liegt ein ausgeprägtes Minimum in der zweiten Junidekade. Schließlich ist noch bemerkenswert der rasche Anstieg von der zweiten zur dritten Maidekade, der ein langsamerer Abstieg im August und September gegenüber steht. Diese Kurven können bis zu einem gewissen Grade mit dem Jahresgang der Hagelhäufigkeit nach der Anzahl der vom Hagel betroffenen Gemeinden in der Schweiz (Abb. 3 der Arbeit von Bider) verglichen werden und lassen dadurch eine auch über das betrachtete Jahrfünft hinausgehende Allgemeingültigkeit vermuten. Bider findet in den westschweizerischen Kantonen regelmäßigen Anstieg der Hageltage bis zum ersten Maximum am 29. Mai, welches etwa der 3. Mai- und 1. Junidekade in Bayern entsprechen würde. Die Kantone zeigen weiter zwischen dem 20. Juni und 10. Juli ein Minimum, um dann zum zweiten Maximum zwischen dem 10. und 20. Juli mit gleicher Höhe wie das erste zu kommen. Der gleiche Verlauf ist in Bayern vorhanden. Nach dem 20. Juli ist in der Westschweiz sofort rascher und nach dem 10. August allmählicher Rückgang der Hageltage zu verzeichnen, während in Bayern die Kurve einen stetigen Abfall aufweist.

Es ist also eine gewisse Ähnlichkeit des Jahresganges in der Westschweiz mit dem in Bayern nicht zu leugnen. Auch die ostschweizerischen Kantone verhalten sich analog mit Ausnahme der ersten Häufigkeitsspitze, die hier erst zwischen dem 10. und 20. Juni gelegen ist, während in Bayern um diese Zeit schon das Maximum verstrichen und der markante Tiefpunkt erreicht sind.

Ihre Erklärung findet diese Übereinstimmung im Jahresablauf der mitteleuropäischen Witterung, die von Flohn (19) beschrieben worden ist. Nach seiner Darstellung folgt den Hochdruckwetterlagen Ende Mai eine völlige Umgestaltung der Großwetterlage mit dem ersten Einbruch kühler Meeresluftmassen Anfang Juni. Diese erste Monsunwelle M 1 strömt in den überhitzten Kontinent und bringt einen schroffen Temperaturrückgang im Gefolge häufiger Gewitter. Das Hagelschadensmaximum in der ersten Junidekade ist eine Folge der ersten Monsunwelle. Die weiteren Monsunwellen, M 2 vom 12. bis 14. Juni und M 3 vom 26. bis 29. Juni, bewirken im Hagelfall das Gegenteil der ersten Welle, nämlich ausgesprochene Minima. Der Wärmegehalt der über Mitteleuropa liegenden und derjenige der einfließenden Luftmassen sind nunmehr so wenig unterschiedlich, daß vertikale Umlagerungen trotz der sicher vorhandenen hohen Wassergehalte in der Wolkenluft nicht mehr zu starken Hagelbildungen führen.

Mit dem fortschreitenden Temperatúrausgleich zwischen Ozean und Festland gegen den Hochsommer zu verlieren die weiteren Monsunwellen M 4 vom 5. bis 11. Juli und M 5 vom 19. bis 29. Juli an großräumiger Intensität. Andererseits können sie gerade jetzt auf dem sehr stark erwärmten Kontinent räumlich eng begrenzte Überhitzungen mit nachfolgenden starken Gewittern auslösen. So gibt auch Flohn in seiner Abb. 19 die Spitze der Gewitterhäufigkeit am 16. Juli an (für Augsburg—Bayreuth—München), die analog als Hagelschadensspitze in der 2. Julidekade erscheint.

Bedenkt man immer wieder, daß nur ein fünfjähriger Zeitraum in Bayern untersucht werden konnte, so sind doch die Ähnlichkeit des zeitlichen Ablaufes hier wie in der Schweiz mit ihrem 30jährigen Material und auch die Übereinstimmung mit dem Witterungsablauf nach Flohn so deutlich, daß die Realität der Maxima und Minima im Jahresgang der Schadensmeldungen nicht geleugnet werden kann.

4. Die Hagelbeobachtungen des Bayerischen Klimanetzes

Die Untersuchung des Hagels in Bayern kann nur dann vollständig sein, wenn neben dem Versicherungsmaterial auch das Material des Beobachtungsnetzes herangezogen wird, welches der Deutsche Wetterdienst in Bayern unterhält. Keines der beiden Materialien kann für sich allein den Anspruch erheben, ein lückenloses Bild sowohl in räumlicher wie zeitlicher Hinsicht geben zu können. Aber beide zusammen dürften zur Zeit das bestmögliche Bild bieten. Der Deutsche Wetterdienst besitzt in Bayern (im Mittel der Jahre 1952 bis 1956) 122 Klimastationen mit haupt- oder nebenamtlichen Beobachtern und 1055 Niederschlagsmeßstellen. Stellt man dieses Meldernetz mit insgesamt 1177 Stationen dem Meldernetz der Hagelschadenversicherung mit ihren etwa 8000 Gemeinden gegenüber, so beträgt die Stationsdichte 1:6,8. Es entfällt also auf etwa sieben Gemeinden eine Station des Deutschen Wetterdienstes. Die geringere Dichte wird aber aufgewogen durch die Genauigkeit der geschulten Beobachter, die jeden, auch den geringsten und noch keineswegs zu Schäden führenden Hagelfall in ihren Tagebüchern verzeichnen. Die Nachteile der Versicherungsstatistik, nämlich ihre Beschränkung auf Kulturpflanzen und kultiviertes Land fallen hier fort.

Es haben die 1177 Stationen in dem betrachteten Jahrfünft 4527 Hagelbeobachtungen notiert. Sie verteilen sich so:

- 723 Beobachtungen in 1952, davon
258 in Nord- und 465 in Südbayern,
- 1114 Beobachtungen in 1953, davon
544 in Nord- und 570 in Südbayern,
- 999 Beobachtungen in 1954, davon
485 in Nord- und 514 in Südbayern,
- 781 Beobachtungen in 1955, davon
280 in Nord- und 501 in Südbayern,
- 910 Beobachtungen in 1956, davon
316 in Nord- und 594 in Südbayern.

Es stehen insgesamt 1883 Beobachtungen in Nordbayern 2644 Beobachtungen in Südbayern gegenüber. Sie stammen von 604 Stationen in Nord- und von 573 Stationen in Südbayern. Obwohl also das Stationsnetz um 5,4% in Nordbayern größer ist, gingen von Südbayern 40,4% mehr Beobachtungen ein. Die Zahl der gemeindlichen Schadensmeldungen mit 2325 in Nord- und 2444 in Südbayern unterscheiden sich dagegen nur um 5,1%.

4.1. Die zeitliche Verteilung der Hagelbeobachtungen

Die Beobachter an den Klimastationen und an den Niederschlagsmeßstellen liefern besonders in den Frühjahrsmonaten viele Aufzeichnungen über Hagel, über Eiskörner und über Graupeln. Die Unterscheidung dieser Niederschlagsformen ist selbst für einen geübten Beobachter nicht einfach, und es ist dann nicht selten, daß der gleiche Niederschlag von benachbarten Stationen verschieden beurteilt wird. Eine kritische Prüfung des Beobachtungsmaterials erscheint daher geboten. Folgt man den Ausführungen von H. Weickmann (5), dann ist neben den mindestens 9 m/sec betragenden Aufwindgeschwindigkeiten im Cumulonimbus eine hinreichend große Menge echter und unterkühlter Wassertröpfchen notwendig, um durch Vergraupelung oder Sublimation Hagelsteine zu erzeugen. Während die maximale Eisbildung in den Schichten zwischen -4° und -11° abläuft, ist die Ausbildung echter Wassertropfen an den Raum zwischen Wolkenuntergrenze und Null-Grad-Grenze gebunden. Ihre Lage bildet also hier das entscheidende Kriterium bei der Trennung von Graupel und Hagel. Bei einer mittleren Höhenlage des bayerischen Raumes (mit Ausnahme der Mittel- und Hochgebirge) von 300 bis 600 m NN und bei Wolkenuntergrenzen zwischen 900 m und 600 m über Grund (also 1200 m NN) muß die Null-Grad-Grenze mindestens in 1500 m NN gelegen sein, um in einer 300 m dicken Wolkenschicht das Reservoir an echten Wassertröpfchen vorzufinden, das dann bei einem Mindestradius von 30μ den Vergraupelungsprozeß einleiten kann. Nach den Meßwerten der täglichen Radiosondenaufstiege von Erlangen 15 Uhr wurde an den folgenden Tagen der Monate April bis Oktober die Null-Grad-Grenze unter 1500 geopot. Metern vorgefunden:

- 1952: 1. — 6. April, 20., 22. Mai, 19., 20., 28., 29. September, 2., 10. — 13., 15. — 17., 31. Oktober.
 1953: 7., 14. — 15. April, 6. — 13. Mai.
 1954: 1. — 3., 5. — 21., 23., 26. April, 3., 4., 19. — 21. Mai, 22., 29. — 30. September, 7. — 9., 11. — 26. Oktober.
 1955: 1. — 3., 5., 10. — 12., 14. — 25. April, 15., 18. — 22. Mai, 7., 16. — 19., 24. — 31. Oktober.
 1956: 1. — 9., 17. — 23., 30. April, 1., 2., 11., 13., 19. Mai, 5. — 8., 26. — 31. Oktober.

Die Niederschlagsbeobachtungen dieser Tage wurden nicht berücksichtigt, teilweise brachten sie tatsächlich echte Graupelfälle wie am 4. Mai oder am 22. September 1954.

Die Hagelbeobachtungen werden nun mit den gleichen Einschränkungen wie bei den Hagelschäden ausgezählt: die Zehntagessummen in Prozent der Fünfjahressumme sind berechnet und in der Kurve c der Abb. 2 wiedergegeben.

Dekadensumme der Hagelbeobachtungen
in Prozent der Fünfjahressumme (4527)

	1.—10.	11.—20.	21.—Monatsende
April	0,8	4,4	5,4%
Mai	6,5	6,0	13,4%
Juni	13,1	3,2	5,3%
Juli	4,3	8,7	5,3%
August	4,7	6,2	5,0%
September	4,0	1,6	1,4%
Oktober	0,6	0,1	0,0%

Dazu kommen noch 3 Hagelbeobachtungen im März 1952 und 4 Hagelbeobachtungen im November 1952.

Der Vergleich mit den Hagelschäden ergibt ein Übergewicht der Beobachtungen im April und Mai sowie in

geringerem Maße im September und Oktober, also in denjenigen Monaten, in denen die Kultur der Nutzpflanzen entweder noch nicht voll entwickelt oder schon beendet ist. Die Gefährdung durch Hagelschlag ist im April gering, sie nimmt aber im Mai laufend zu, bis die erste Junidekade Übereinstimmung beider Kurven bringt. Auch die zweite Junidekade zeigt noch gute Übereinstimmung insofern, als Hagelbeobachtungen und Schäden gleichermaßen häufig auftreten. Im weiteren Verlauf bleiben die Zahlen der Hagelbeobachtungen stets hinter ihren Maximalwerten der dritten Mai- und der ersten Junidekade zurück, andererseits nehmen die Schadensmeldungen beträchtlich zu. Hierdurch wird die Schadensanfälligkeit der Kulturpflanzen während ihres Wachstums besonders deutlich. Erst gegen Ende der Erntezeit Anfang September verlaufen beide Kurven wieder in gleicher Höhe. Der Oktober bringt noch einige wenige Hagelfälle, jedoch ohne Schäden.

Die Abb. 2 zeigt, daß sich das Verhältnis der Schadensmeldungen zu den Hagelbeobachtungen im Laufe der Vegetationszeit stark verändert. Ein objektives Bild über die Hagelhäufigkeit wird sich also nur aus der gemeinsamen Betrachtung beider Meldesysteme gewinnen lassen.

4.2. Räumliche Verteilung der Hagelbeobachtungen

Die geringe Stationsdichte erlaubt nun nicht mehr wie bei der Versicherungsstatistik die Punktmethode zur Darstellung der geographischen Verteilung. Ein Analogon zur Karte 1 muß entfallen. Wohl aber läßt sich die Parallele zur Karte 2 ziehen, denn die Abgrenzung nach Landkreisen ist nach einigen Umrechnungen durchaus möglich. Es stehen 1177 Beobachtungsstationen in 142 Landkreisen zur Verfügung, mithin entfallen im Durchschnitt auf einen Landkreis 8,3 Stationen. Diese Zahl ist hinreichend zur Erkennung von Gebieten mit wenigen und vielen Beobachtungen. Tatsächlich variieren denn auch die Hagelbeobachtungen zwischen 2 (Kreis Beilngries) und 237 (Kreis Miesbach). Nun ist jedoch entsprechend der recht unterschiedlichen Flächengröße der Landkreise auch ihre Besetzung mit den Beobachtungsstationen des Deutschen Wetterdienstes sehr verschieden. Darüber hinaus ist die Stationsdichte in geographisch stark differenziertem Gelände (Alpen) höher als im Flachlande Mittelfrankens oder dem niederbayerischen Gäubodenland. Durch die Bildung des Quotienten aus der Zahl der Hagelmeldungen eines Landkreises und der Zahl der Beobachtungsstationen dieses Kreises wird eine einheitliche Vergleichsbasis geschaffen. Dieser Quotient schwankt zwischen 1,0 und 8,0, seine Häufigkeiten sind in der Abb. 1 (Kurve b) zugleich mit der Häufigkeit der Prozentsätze (Kurve a) aus der Zahl der Schadensgemeinden eines Landkreises und der Summe sämtlicher Gemeinden dieses Kreises nach Abschnitt 3.2.1. wiedergegeben. Mit dem Ziele unmittelbarer Vergleichbarkeit beider auf der Basis der Landkreise zu zeichnenden Verteilungskarten wurde jede dieser Kurven in 4 Stufen unterteilt, deren Kreiszahl möglichst gleich hoch sein sollte. Es ergaben sich die folgenden 4 Stufen, die auch auf den Karten 2 und 3 dargestellt sind:

Karte 2
(Hagelschäden)

- Stufe 1 0,0 — 24,9% (28 Landkreise)
 Stufe 2 25,0 — 49,9% (73 Landkreise)
 Stufe 3 50,0 — 69,9% (23 Landkreise)
 Stufe 4 70,0% und darüber (18 Landkreise)

Karte 3
(Hagelbeobachtungen)

- Stufe 1 1,0 — 2,4 (28 Landkreise)
- Stufe 2 2,5 — 4,4 (72 Landkreise)
- Stufe 3 4,5 — 5,4 (26 Landkreise)
- Stufe 4 5,5 und darüber (16 Landkreise)

Im Vergleich der Karten 2 und 3 (siehe Erläuterung auf Seite 16) schält sich nunmehr das tatsächliche Auftreten von Hagelfällen in den bayerischen Landkreisen unabhängig von den Mängeln, die beiden Methoden anhaften, heraus. Zunächst seien diejenigen Kreise näher betrachtet, die sich auf beiden Karten um 3 und um 2 Stufen unterscheiden. Die Differenzen sollen in der unten folgenden 1. Gruppe der Landkreise eine Überbetonung der Schäden in Karte 2 bei gleichzeitig nur wenigen Hagelbeobachtungen in Karte 3 offenbaren. Die Gegenüberstellung dieser Kreise mit einer dem Statistischen Jahrbuch für Bayern 1955 entnommenen Statistik der Bodennutzung 1954 wird erweisen, daß die vielen Schadensmeldungen in den mit Ackerland überdurchschnittlich versorgten Kreisen auftreten. Die 2. Gruppe der Landkreise mit wenigen Schäden, aber vielen Hagelbeobachtungen ist auch gleichzeitig die Gruppe der vorwiegend mit Wiesen, Viehweiden, Almen und Forsten ausgestatteten Kreise. Als Vergleichsmaßstäbe sind die Durchschnittswerte der jeweiligen Regierungsbezirke herangezogen.

Anteil von Ackerland und Wiesen, Viehweiden mit Almen und Forsten an der Landkreisfläche in Prozenten

Gruppe 1

	Ackerland	Wiesen- Viehweiden, Forsten
Straubing	63,0%	30,2%
Landau	53,5%	38,4%
Vilsbiburg	44,3%	46,5%
Dingolfing	44,8%	44,2%
Eggenfelden	39,5%	53,2%
Reg.-Bez. Niederbayern	36,5%	54,0%
Fürth	48,2%	35,4%
Feuchtwangen	37,1%	54,5%
Reg.-Bez. Mittelfranken	37,0%	52,0%

Gruppe 2

	Ackerland	Wiesen- Viehweiden, Forsten
Sonthofen	0,05%	72,0%
Garmisch-Partenkirchen	0,3%	60,4%
Berchtesgaden	1,0%	46,9%
Miesbach	1,3%	81,3%
Füssen	1,8%	74,7%
Kempten	2,4%	88,8%
Wolftratshausen	10,0%	80,5%
Bad Aibling	12,7%	68,9%
Wolfstein	18,2%	72,6%
Reg.-Bez. Oberbayern	23,6%	59,5%
Reg.-Bez. Schwaben	23,8%	62,4%

Es können mit der Statistik über die Bodennutzung nicht erklärt werden die Unterschiede von 2 Stufen in den Kreisen Cham, Uffenheim, Donauwörth, Pfarrkirchen und von 3 Stufen im Kreise Friedberg.

In Cham, Uffenheim, Donauwörth und Friedberg sind die Schadensmeldungen im Vergleich zu den Hagelbeobachtungen sehr gering, obwohl sie einen überdurchschnittlichen Anteil an Ackerflächen besitzen. Die Nachbarschaft schadensreicher Kreise bei Uffenheim, Donauwörth und Friedberg lassen hier eine Vernachlässigung der Meldung vermuten, in Cham muß die Klärung offen bleiben. Der Kreis Pfarrkirchen ordnet sich sowohl auf der Schadenskarte wie auf der Hagelbeobachtungskarte gut ein, kann aber mit seiner hohen Zahl an Schadensmeldungen doch nicht mehr in die Gruppe 1 der vorwiegend mit Ackerflächen ausgestatteten Kreise eingereiht werden, er besitzt 31,7% der Kreisfläche an Äckern und 58,5% an Wiesen, Weiden und Forsten. Er liegt also unter dem Regierungsbezirkdurchschnitt an Acker- und über dem Durchschnitt an Wiesen- und Weidenflächen. Er bildet die einzige Ausnahme in der nochmals zusammengefaßten Regel, daß

die Ackerlandkreise im tatsächlichen Bild der Hagelverteilung durch ihre hohe Zahl an Schadensmeldungen überbetont und ebenso die reinen Wiesen- und Forstenkreise unterbewertet werden.

Erst die Heranziehung der unabhängigen Beobachter des Klimanetzes gibt ein vollständiges und objektives Bild. Es ergänzt die von Schwind (18) gezeichnete Karte der Hagelhäufigkeit in der Bundesrepublik, die am Alpenrand und im hinteren Bayerischen Wald aus Mangel an Unterlagen nicht bearbeitet werden konnte.

Der Vergleich mit den drei bisher für Bayern vorliegenden Karten über den Hagel bringt viele Übereinstimmungen und somit Bestätigungen, aber auch manches Abweichende.

Alt und Weickmann (10) geben in ihrer Karte 13 eine geographische Verteilung des Quotienten „Jahressumme der Gewitter zu Jahressumme der Hagelschläge“ und stellen fest, daß „in kupertem Terrain die Hagelgefahr größer ist als in den vorwiegend ebenen, wenig kuperten Lagen der Flußtäler“. In der den Alpen vorgelagerten Moränenlandschaft finden sie eine größere Hagelgefahr als im Alpengebiet. Das dürfte mit den hier getroffenen Feststellungen übereinstimmen. Große Hagelhäufigkeit wird noch über dem Frankensteinwald und dem Fränkischen Jura sowie an den Nord- und Ostgrenzen Bayerns offenbar, was hier noch durch die Aufspaltung in Luv- und Leeseiten, besonders am Fränkischen Jura, ergänzt werden konnte.

Die Karte der Gemeinden mit häufigen Hagelschäden im Klima-Atlas von Bayern (17) und die Textkarte Abb. 5 über die mittlere Zahl der Tage mit Hagel und Graupel ergänzen sich zu einem Bild, das dem hier entworfenen durchaus ähnlich ist. Wiederum ist es der Alpenrand, der durch große Hagelhäufigkeit auffällt. Die Hagelschäden im Alpenvorland werden von West nach Ost fortschreitend zahlreicher, bis auch auf diesen Karten der Chiemgau und das Land zwischen Inn und Salzach die größte Schadensdichte und auf der Textkarte die höchste Tagesanzahl mit Hagel und Graupel aufzeigen. Auf der Schadenskarte ist die Holledau in gleichem Maße wie hier auf der Karte 1 als sehr schadensreich gekennzeichnet. Unterschiede ergeben sich jedoch im Raum zwischen Parsberg und Falkenstein, also beidseitig des Regen und der unteren Naab. Während die Schadenskarte im Klima-Atlas hier sehr viele Gemeinden mit Hagelschäden anführt, zeigt unsere Karte 1 keine besonderen Häufungsstellen. Das gleiche gilt für die Frankenhöhen. Andererseits sind in beiden Karten als schadensreich noch hervorzuheben: das Spalter Hopfengebiet im inneren Rezatbogen, die nördliche Frankenalb und der Raum der oberen Sächsischen Saale. Es kann daraus geschlossen werden, daß der hier bearbeitete fünfjährige Zeitraum durchaus in großen Zügen mit dem im Klima-Atlas bearbeiteten 67jähri-

gen Zeitraum übereinstimmt, sofern man nur die extrem schadensarmen und schadensreichen Gebiete Bayerns betrachtet.

Schließlich soll auf *Schwind* eingegangen werden, der in seiner Arbeit (18) das Hagelband I so beschreibt: „... Etwa 10 km ostwärts des Illertales entwickelt sich das Band erneut und findet dann am Lech endgültig sein Ende... Hervorzuheben ist die Hagelgefährdung auf der linken Donauseite von der Iller- bis zur Günzmündung und auf der rechten Donauseite von der Günzmündung bis zum Donaumoos.“ Diese Hagelgebiete finden sich auch auf unserer Karte 1 wieder, darüber hinaus jedoch erstrecken sie sich weiter nach Osten in Räume, die von *Schwind* mit etwas geringerer Hagelhäufigkeit belegt sind. Zu diesem Hagelband I zählt *Schwind* noch „in Begleitung der Kernregion die inselhaft auftretenden Gebiete stärkerer Hagelgefährdung vor dem Albrand...“, die nach Osten vorausschießenden Inseln an der Altmühl bei Eichstätt und an den Unterläufen von Schwarzer Laaber, Naab und Regen.“ Es sind die gleichen Räume, die auch im Klima-Atlas als besonders schadensreich auffallen, jedoch in dem hier untersuchten 5jährigen Zeitraum weder bei den Schäden noch bei den Hagelbeobachtungen eine besondere Stellung einnehmen. Auf den Kreisarten 2 und 3 treten die Landkreise Eichstätt, Riedenburg, Parsberg und Regensburg sogar hinter den nach Süden angrenzenden niederbayerischen Landkreisen des Donautales und des Gäubodens zurück. Nachdem nun zwei Arbeiten mit langjährigem Versicherungsmaterial hier einen sehr schadensreichen Raum herausgestellt haben, zeigt unser 5jähriges Material hier offensichtlich eine Lücke.

Auch das Hagelband II zieht nach *Schwind* noch über bayerischem Boden, wenn auch schon in abgeschwächter Form. Er schreibt: „Weiter ostwärts finden sich nur noch Sprenkel, am Ostabfall des Steigerwaldes (Neustadt-Schlüsselfeld), vor dem Albrand (Forchheim), in der Fränkischen Alb selbst (vor allem im Wiesental) und im Gebiet des Fichtelgebirges.“ Diese Feststellungen werden mit unserem Material bestätigt, sie können noch ergänzt werden durch den hagelreichen südlichen Steigerwald bis zu den Frankenhöhen (Kreise Uffenheim, Ansbach, Feuchtwangen, Dinkelsbühl) und durch den Raum der oberen Sächsischen Saale (Kreise Hof, Rehau).

5. Einzelne Hagelzüge

Das Versicherungsmaterial mit seiner hohen Stationsdichte ist nicht nur für die allgemeine und großräumige Hagelverteilung geeignet, sondern auch zur Darstellung einzelner Hagelunwetter. Im folgenden seien vier besonders charakteristische Fälle behandelt:

- 1.) ein Hagelstreifen längs des Alpenrandes (29. Juli 1956),
- 2.) ein Hagelstreifen von den Frankenhöhen bis zum Fichtelgebirge (14. August 1954),
- 3.) ein Hagelband zwischen Rhön und Inn-Salzachmündung (1. August 1955),
- 4.) ein Hagelstreifen von Ulm bis Passau (18. Juli 1953).

Die Hagelbeobachtungen des Bayerischen Klimanetzes wurden am 14. August 1954 (Karte 4) und am 18. Juli 1953 (Karte 6) herangezogen, um an zwei Beispielen eine Vergleichsmöglichkeit zwischen Schadensmeldungen und Beobachtungsergebnissen zu bieten.

5.1. Der 29. Juli 1956

Dieser Fall ist typisch für Hagel am Alpenrand. Die Wetterlage zeigt ein über Südengland gelegenes Sturm-

tief. Die auf seiner Vorderseite sehr kräftige, warme Südwestströmung wurde am Nachmittag des 29. Juli durch den Einbruch kühlerer Meeresluftmassen über Bayern abgelöst. Der Frontdurchgang war mit Gewittern verbunden und brachte im Vorland unter dem Einfluß der Alpen besonders starke vertikale Umlagerungen. Die bis in über 5000 m Höhe eingetretene Abkühlung lag zwischen 4° und 7°. Ein Gewitterzug längs des Alpenrandes war mit einem etwa 20 km breiten Hagelband verbunden (Karte 4, die auch den Hagelzug vom 14. August 1954 enthält), das von der Iller um 15.15 Uhr bis zur Salzach um 18 Uhr auf bayerischem Gebiet verfolgt werden kann. Die Intensität des Hagelfalles hat von West nach Ost laufend zugenommen, was sich aus dem Verhältnis der 15 total geschädigten Gemeinden in der ersten Hälfte des Hagelstreifens von der Iller bis zur Isar zu den 54 Gemeinden auf der etwa gleichlangen zweiten Streifenhälfte von der Isar bis zur Salzach ergibt. Der anfangs nur geringen Breite des Hagelstreifens folgt nach fast dreistündiger Laufzeit eine sichtbare Ausweitung. Die mittlere Geschwindigkeit errechnet sich zu 73 km/h. Meine eigenen Feststellungen der verheerenden Folgen dieses Hagelschlages, die ich längs der Autobahn Irchenberg-Rosenheim einige Tage danach machen konnte, waren erschütternd: der gesamte, vorwiegend aus Erlen bestehende Auenwald der hier sehr breiten Innaue war total entblättert und machte mit seinen gebrochenen Jungästen den Eindruck eines winterlichen Laubgehölzes nach schwerem Sturm.

5.2. Der 14. August 1954

Dieser Fall zeigt einen Hagelstreifen über Mittelfranken mit Teilung beim Auftreffen auf das Fichtelgebirge.

Am Morgen des 14. August zieht sich eine Tiefdruckrinne vom nördlichen Norwegen über England bis nach Spanien. Über Mitteleuropa herrscht Südwestströmung, welche mit kräftiger troposphärischer Erwärmung Mittagstemperaturen um 22 Grad in Nordbayern bewirkt. Am Abend bricht die von Westen kommende kühle Meeresluft mit einer wirksamen Kaltfront in Nordbayern ein, in der Höhe strömt jedoch noch feuchtwarme Mittelmeerluft aus Südwesten heran. Die Aufstiege von Erlangen, 14. August, 15 Uhr, und 15. August, 3 Uhr, zeigen die kräftige Abkühlung bis 3000 m, bemerkenswert ist auch noch der hohe Feuchtegehalt der Luft in 2000 m und oberhalb 3700 m. Die durch die einfließende Kaltluft erzwungenen vertikalen Umlagerungen konnten in den Schichten oberhalb 3700 m vollständig oder fast gesättigte Luftmassen vorfinden, die die Hagelbildung erheblich förderten. Die mit Gewittern verbundene Kaltfront brachte gegen 20 Uhr ein an den Frankenhöhen bei Feuchtwangen beginnendes, zunächst noch schmales Hagelband, welches der südwestlichen Höhenströmung folgend bis zum Jurarand (Leyher Berg östlich Erlangen) verläuft (Karte 4). Dort verbreitert es sich und teilt sich schließlich in einen nördlichen des Fichtelgebirges und einen südlich des Fichtelgebirges und des Steinwaldes bis zur Wondreb ziehenden Streifen. Gegen 22 Uhr wird die Landesgrenze erreicht. Auch die Hagelbeobachtungen der Klimastationen lassen das Hagelband kaum breiter erscheinen als es die Schadensmeldungen angeben, ein Beweis für die in diesem Falle berechnete Anwendung der Schadensmeldungen zur Erfassung dieser Vorgänge. Totalschäden an den Gemeindefluren waren bis zum Jura nur in zwei Fällen gegeben, im weiteren Verlauf häuften sie sich, zwischen Heidenaaß und Wondreb endlich wurden in 9 von 18 verhagelten Gemeindefluren Totalschäden angemeldet.

5.3. Der 1. August 1955

Stellten die beiden bisher behandelten Fälle konkrete Hagelzüge mit genauen Begrenzungen und somit jeweils einen in sich abgeschlossenen Vorgang dar, so bringt der 1. August 1955 einen breiten, quer durch Bayern verlaufenden Streifen, in dem sich einzelne und zeitlich voneinander unabhängige Hagelzüge ausgebildet haben (Karte 5).

Die Wetterlage zeigt einen Ausläufer des atlantischen Hochdruckgebietes bis nach Mitteleuropa, wo bei geringen Luftdruckunterschieden noch alternde Meeresluft gelegen ist. Der Aufstieg von Erlangen weist um 15 Uhr sehr hohe Luftfeuchten zwischen 1500 m und 4100 m auf, während über München zur gleichen Zeit wesentlich geringerer Feuchtegehalt vorhanden ist. Bei starker Erwärmung der untersten Luftschichten durch Einstrahlung kommen im Laufe des Nachmittags vertikale Umlagerungen zustande, die infolge des hohen Feuchtegehaltes der darüber gelegenen Luftschichten zu heftigen Gewittern und örtlich bedeutenden Regenfällen führten. So fielen in Nürnberg-Buchenbühl zwischen 16.45 Uhr und 20 Uhr 105 mm! Zwischen 14 Uhr und 21.15 Uhr treten infolge dieser Gewitter Hagelschäden in einer bis zu 50 km breiten Zone von der Rhön in südöstlicher Richtung bis zum Zusammenfluß von Inn und Salzach auf. Aus den Uhrzeiten der Hagelfälle kann man schließen, daß es sich nicht um ein zusammenhängendes, von Nordwest- nach Südostbayern fortlaufendes Hagelband, sondern um die Auswirkung einzelner Gewitterherde gehandelt hat. Diese Annahme wird gestützt durch die Vorgänge auf dem südlichen Fränkischen Jura, der zwischen 17.30 Uhr und 18.30 Uhr im Altmühlraum und gegen 20 Uhr im Sulztal nördlich Beilngries verhagelt wurde, also offenbar im Gefolge zweier verschiedener Gewitter. Innerhalb dieser quer durch Bayern verlaufenden Zone ist demnach eine hochreichend feuchte Luftmasse vorhanden gewesen, deren Charakteristik durch den Aufstieg von Erlangen gegeben ist. Der Vergleich der absoluten Topographien der 850 mb — und der 500 mb — Fläche zeigt auch tatsächlich eine Strömungsverschiedenheit. In der 850-mb-Fläche liegt der Kern eines Kaltlufttropfens über Nordostbayern, in der 500-mb-Fläche über der Schweiz. Mithin standen die in Nordostbayern aus Nordwest einfließenden Luftmassen im Gegensatz zu den in Südbayern vorhandenen südwestlichen Strömungen. Die Grenzzone verläuft in der durch die Hagelverteilung gegebenen Richtung.

Einzelne verstreute Schadensgebiete im Obermaintal, im vorderen Bayerischen Wald, im Ries und nördlich des Chiemsees weisen schon in ihrem zeitlichen Auftreten darauf hin, daß sie nicht mit dem großen Hagelband quer durch Bayern in unmittelbarem Zusammenhang stehen.

5.4. Der 18. Juli 1953

An diesem Tage erlebte Bayern die schwersten Hagelunwetter des Jahrfünfts. Insgesamt 373 Schadensmeldungen (in Südbayern allein 309) wurden abgegeben, das sind 33,5% aller Meldungen des Jahres 1953.

Die Wetterlage ist gekennzeichnet durch das zyklonale Einfließen polarer Luftmassen von Nordwesten nach Süddeutschland, welches die nach mehrtägiger antizyklonaler Lage stark erwärmten kontinentalen Luftmassen verdrängte. Die Kaltfront liegt am 18. gegen 7 Uhr auf der Linie Stettin—Bamberg—Stuttgart—Bern. Gegen 9 Uhr zeigt das Barogramm in Nürnberg den Frontendurchgang an. Die nachfolgende Luftmasse ist nach dem Aufstieg von Erlangen zwischen dem Boden und 3500 m bis zu 3° kälter. Diese Kaltluft fließt nunmehr weiter südostwärts, um 24 Uhr liegt die Front

auf der Linie Breslau—Wien—Innsbruck. Nach Faust kann sie zum rein labilen Typ der aktiven Kaltfront gerechnet werden. Das Einfließen der Kaltluft in den süddeutschen Raum geschieht zunächst sehr langsam, etwa gegen 10 Uhr wird der Nordrand des Jura bei Weißenburg erreicht. Hier kommt zu der advektiven Turbulenz noch die geographisch bedingte Vertikalströmung hinzu, die nunmehr zum Hagel führt (Karte 6). Die eingeschlagene Hagelstraße liegt in der südwest-nordöstlichen Höhenströmung, wie sie aus den absoluten Topographien bis zur 500-mb-Fläche zu ersehen ist. Die nach den Schadensmeldungen berechnete Zuggeschwindigkeit liegt mit 70 km/h über derjenigen der einfließenden Kaltluft. Sie zeigt die vorausseilende Eigenbewegung des Gewitters infolge des zunehmenden Kontrastes zwischen der vorgelagerten labilen Warmluft und der eigenen, während des Regenfalles produzierten Kaltluft. Bemerkenswert sind hier die Vorgänge beim Überqueren des Jura und anschließend des Naabtales bei Nabburg: vom östlichen Jura und dem Raume der Vils liegen fast keine Schadensmeldungen vor. Auch die Beobachtungen aus dem Klimanetz geben keinen Hagelfall. Es kann also angenommen werden, daß hier die Vertikalströmungen im Cumulonimbus abgenommen und dadurch das Abschmelzen des Hagels noch in der Wolke oder kurz darunter ermöglicht haben. Die Abnahme der Vertikalströmung läßt sich orographisch durch die Verflachung des Geländes erklären wie auch im weiteren Verlauf wieder das Auftreffen auf die Ostseite des Naabtales erneute Verhagelung brachte. Hier liegen parallele Vorgänge mit den von D u h m (20) beschriebenen Windströmungen beim Überqueren enger Täler vor.

Die Kaltluftmasse erreicht nach dem Überschreiten des Jura gegen 14 Uhr das Donautal. Bis zu diesem Zeitpunkte war hier bei heiterem Himmel eine starke Erhitzung der bodennahen Luft erfolgt (Dillingen 25,0°, Ingolstadt 27,0°). Die nunmehr bestehende Einstrahlungslabilität der Warmluft fördert im Zeitpunkt der anfließenden Kaltluftmassen die vertikale Umlagerung bis zur Auslösung von Unwettern. Die nun folgenden Vorgänge werden aus den Hagelschäden geschlossen. Die stärksten Vertikalströmungen im Cumulonimbus müssen am Südrande des Donautales zwischen Günzburg und Dillingen aufgetreten sein als Endeffekte nach den von Nordwesten über den Donauraum angebahnten Umlagerungen. Hier sind gegen 14.30 Uhr die ersten Hagel- und auch die ersten Totalschäden zu beobachten. Der aus Neu-Ulm gemeldete Hagelschaden gegen 14 Uhr deutet schon die bis zum Hagelstadium gereifte Entwicklung an. Da jedoch auf der etwa 25 km langen Strecke bis Günzburg keine weiteren Schäden gemeldet worden sind, muß erst hier die eigentliche Geburtsstätte des nun folgenden Unwetters angesetzt werden. Binnen drei Stunden wurde die Strecke bis zur Landesgrenze bei Wegscheid zurückgelegt, das entspricht einer mittleren Geschwindigkeit von 85 km/h. Im Vergleich zur ersten Hagelstraße nördlich des Jura hat sich hier ein Vorgang abgespielt, der mit höherer Zuggeschwindigkeit und sich ständig ausbreitender Frontlinie ein klassisches Beispiel liefert für das Voreilen einer Gewitterfront vor der eigentlichen Kaltfront, bedingt durch die mit hoher latenter Labilität versehene vorgelagerte Warmluft und die sich ständig steigende Eigenerzeugung von Kaltluft im Cumulonimbus mit ihrer bei zunehmenden Temperaturkontrasten verbundenen Energiesteigerung.

Beachtung verdient die leichte Krümmung der Zugbahn. Aus der anfangs nordöstlichen Richtung, die auch bestimmend für die geradlinige Bahn der ersten Hagelstraße nördlich des Jura geblieben ist, schwenkt die zweite Hagelstraße ganz allmählich in östliche und endlich in schwach südöstliche Richtung ein. Diese Krümmung steht im Gegensatz zu dem zyklonalen Verlauf

der Höhenströmung um das über den Britischen Inseln gelegene hochreichende Tief. Die Höhenströmung ist über Süddeutschland einheitlich nach Nordosten gerichtet.

Wenn man bedenkt, daß die Hagelstraße allein über Bayern auf einer Strecke von 250 km verfolgt werden kann und daß der Vorgang mit einer Geschwindigkeit von 85 km/h abgelaufen ist, dann dürfte es nicht abwegig sein, darin ein im Sinne von R a e t h j e n „großräumiges Stromfeld“ zu sehen, auf welches die ablenkende Kraft der Erdrotation maßgeblich einwirken kann. Diese Kraft wirkt rechtsablenkend. Eine überschlägige Rechnung bei der mittleren horizontalen Windgeschwindigkeit von $v = 24$ m/sec ergibt nach der Formel $v = 2 \omega \sin \varphi \cdot a$ für den Trägheitsradius a den ungefähr mit der tatsächlichen Laufbahn übereinstimmenden Wert von 220 km. Besonders für das Bogenstück vom Lechtal bis zur Landesgrenze bei Wegscheid kann dieser Krümmungsradius angesetzt werden.

Aus den drei vorliegenden Barogrammen von Hüll, mitten in der Zugbahn gelegen, von Metten, etwa 15 km nördlich der Hagelstraße und von Finsterau auf dem Kamm des hinteren Bayerischen Waldes in 1000 m NN und etwa 25 km nördlich der Hagelstraße, lassen sich interessante Schlüsse auf die an diesem Nachmittag abgelaufenen Vorgänge ziehen (Abb. 3). In Hüll

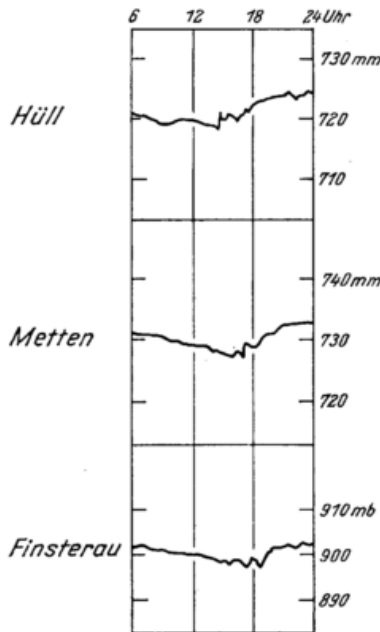


Abb. 3
Barogramme vom 18. Juli 1953

setzt nach einem etwa 1 mm betragenden Druckfall eine plötzliche Spitze von 4 mm ein, hervorgerufen durch die beträchtlichen labilen Kaltluftmassen. Die advective Kaltluft äußert sich im Barogramm Hüll erst etwa 2 Stunden später durch eine Druckrinne mit nachfolgendem anhaltendem Druckanstieg. Das Barogramm Metten weist entsprechend der abseitigen Lage der Station von der eigentlichen Zugstraße eine nur 2 mm hohe Druckspitze auf und ebenfalls nach 2 Stunden mit plötzlichem kräftigem Druckanstieg die Ankunft der

echten Kaltluft. Endlich läßt das Barogramm Finsterau den in produzierte und herangeführte Kaltluft geteilten Vorgang ganz besonders klar erkennen mit dem jeweils vorausgehenden Druckfall. Der Abstand beider Durchgänge beträgt etwa 2 Stunden. Das Thermogramm Finsterau zeigt im ersten Stadium einen Temperaturrückgang um etwa 7°, im zweiten Stadium um etwa 3°.

Nun kommt noch an diesem 18. Juli zu den beiden Hagelunwettern auf der oberpfälzer Straße mit geringer Intensität und höhenströmungsgleicher Zugbahn und auf der niederbayerischen Straße mit großer Intensität und einem großräumigen, der Ablenkungskraft der Erdrotation unterliegenden Strömungsfeld ein drittes Hagelgebiet hinzu. Dieses erstreckt sich über das gesamte unmittelbare Alpenvorland in einer nach Osten (Chiemgau) zunehmenden Tiefe von etwa 30 km. Die Hagelintensität scheint bei nur 7 gemeldeten Totalschäden geringer gewesen zu sein. Im übrigen liegt hier der typische voralpine Hagelzug vor, wie er bereits im Falle des 29. Juli 1956 im Abschnitt 5.1. beschrieben worden ist.

6. Ausblick

Die parallele Bearbeitung der Hagelschäden und der Hagelbeobachtungen in Bayern wird fortgesetzt mit dem Ziele zehnjähriger Mittelwerte. Darüber hinaus ist die Untersuchung sämtlicher Hagelzüge seit 1952 auf Grund des Versicherungsmaterials begonnen, sofern ein Hagelzug 10 und mehr gemeindliche Schadensmeldungen bewirkt hat. Es scheinen sich bestimmte Räume abzuzeichnen, die bevorzugt von Hagel befallen werden, so zum Beispiel der Voralpenraum in west-östlicher Richtung.

Die rechtzeitige Erkennung eines möglichen großräumigen Hagelfalles könnte vielleicht noch zur Verhütung oder mindestens zu Schutzmaßnahmen führen, wenn auch die im vorigen Abschnitt berechneten sehr hohen Zuggeschwindigkeiten das Problem sehr erschweren. Hohe Feuchtlabilität und hier besonders die zeitliche Änderung der spezifischen Feuchte im Wolkenniveau sind gute Indikatoren für mögliche Hagelfälle. Das hier benutzte Material der Versicherungsstatistik wie auch das Beobachtungsmaterial des Deutschen Wetterdienstes wurden für die Jahre 1952 bis 1956 in Beziehung gesetzt zur spezifischen Feuchte aus den Radiosondenaufstiegen. Sichere Korrelationen dürften sich aber erst nach einem mehr als 5jährigen Zeitraum ergeben.

Dieses Manuskript ist entstanden dank der Aufzeichnungen der 1177 haupt- und nebenamtlichen Beobachter des Deutschen Wetterdienstes. Die regelmäßige Meldung der Hagelschäden durch die Bürgermeister der etwa 8000 bayerischen Gemeinden wurde von der Bayerischen Versicherungskammer veranlaßt. Das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft und Verkehr ist an den Ergebnissen interessiert. Allen Beteiligten wird für diese Hilfe gedankt, weil die Untersuchung nur auf diese Weise möglich wurde.

Dem Herrn Präsidenten des Deutschen Wetterdienstes danke ich für die Aufnahme der Arbeit in die Reihe der Berichte und der Klimaabteilung für die Hilfe bei der Herstellung der Reinzeichnung der Karten.

Literatur

- (1) Schneider-Carius, K.: Wetterkunde, Wetterforschung. München 1955, 22 ff.
- (2) Wegener, A.: Frostübersättigung und Cirren. Meteor. Z. **37**, 8—12 (1920)
- (3) Findeisen, W.: Die Kondensationskerne. Beitr. Phys. fr. Atm. **25**, 220—232 (1939)
- (4) Wall, E.: Die Eiskeimbildung in Lösungskernen. Meteor. Z. **60**, 94—104 (1943)
- (5) Weickmann, H.: Entstehung und Bekämpfung des Hagels. Meteor. Rdsch. **6**, 175—180 (1953)
- (6) Ludlam, F. H.: The hail problem. Nubila **1**, 12—94 (1959)
- (7) Ludlam, F. H.: Hailstorm studies, 1958. Nubila **2**, 7—27 (1959)
- (8) Appleman, H.: An investigation into the formation of hail. Nubila **2**, 28—37 (1959)
- (9) Ludlam, F. H. and Macklin, W. C.: Some aspects of a severe storm in SE-England. Nubila **2**, 38—50 (1959)
- (10) Alt, E. u. Weickmann, L.: Untersuchungen über Gewitter und Hagel in Süddeutschland (Periode 1893—1907). Dt. Meteor. Jb. Bayern 1909, Teil C
- (11) Arendt, Th.: Die geographische Verbreitung des Hagels in Nord- und Mitteldeutschland. Petermanns Geogr. Mitt. **68**, 241—244 (1922)
- (12) Knoch, K.: Hagelverbreitung und Hagelschäden in Deutschland. Organ. Météor. Internat. Publ. No 36, 69—70 (1938)
- (13) Bider, M.: Statistische Untersuchungen über die Hagelhäufigkeit in der Schweiz und ihre Beziehungen zur Großwetterlage. Arch. Meteor. Geophys. Bioklimat. B **6**, 66—90 (1954)
- (14) Maurer J. u. Billwiller, R., jr. u. Hess, C.: Das Klima der Schweiz. Frauenfeld 1909 u. 1910
- (15) Schwind, M.: Hagelhäufigkeit und Intensität für die Monate April bis Oktober während der Jahre 1936—1945, nach Unterlagen der Landschaftlichen Brandkasse Hannover. In: Atlas Niedersachsen, Bremen 1950
- (16) Matzner, F.: Die Bedeutung einer Hagelschadenkarte für die Landwirtschaft und den Gartenbau. Wiss. Z. Univ. Jena, Math-Naturwiss. R. **3**, 299—305 (1953/54)
- (17) Deutscher Wetterdienst US-Zone: Klima-Atlas von Bayern. Bad Kissingen 1952, Blatt 57 a
- (18) Schwind, M.: Die Hagelhäufigkeit in der Bundesrepublik Deutschland. Mitt. Inst. Raumforsch. H. **36** (1957)
- (19) Flohn, H.: Witterung und Klima in Mitteleuropa. Forsch. Dt. Landeskd. Bd. **78** (1954)
- (20) Duhm, H.: Die Windhose im südlichen Schwarzwald am 23. Juli 1939. Meteor. Z. **57**, 403—406 (1940)

Erläuterung zu den Karten 2 und 3

Auf den Karten 2 und 3 sind die Regierungsbezirke mit Buchstaben und innerhalb dieser Bezirke die Landkreise mit fortlaufenden Nummern gekennzeichnet. Es bedeuten:

A. Reg.-Bez. Unterfranken

Landkreis	1 Alzenau
	2 Aschaffenburg
	3 Bad Kissingen
	4 Bad Neustadt/Saale
	5 Brückenau
	6 Ebern
	7 Gemünden
	8 Gerolzhofen
	9 Hammelburg
	10 Haßfurt
	11 Hofheim
	12 Karlstadt
	13 Kitzingen
	14 Königshofen/Grabf.
	15 Lohr
	16 Marktheidenfeld
	17 Mellrichstadt
	18 Miltenberg
	19 Obernburg
	20 Ochsenfurt
	21 Schweinfurt
	22 Würzburg

B. Reg.-Bez. Mittelfranken

Landkreis	1 Ansbach
	2 Dinkelsbühl
	3 Eichstätt
	4 Erlangen
	5 Feuchtwangen
	6 Fürth
	7 Gunzenhausen
	8 Hersbruck
	9 Hilpoltstein
	10 Lauf/Pegnitz
	11 Neustadt/Aisch
	12 Nürnberg
	13 Rothenburg o. d. Tb.
	14 Scheinfeld
	15 Schwabach
	16 Uffenheim
	17 Weißenburg/Bay.

C. Reg.-Bez. Oberfranken

Landkreis	1 Bamberg
	2 Bayreuth
	3 Coburg
	4 Ebermannstadt
	5 Forchheim
	6 Höchstadt/Aisch
	7 Hof
	8 Kronach
	9 Kulmbach
	10 Lichtenfels
	11 Münchberg
	12 Naila
	13 Neustadt/Coburg
	14 Pegnitz
	15 Rehau
	16 Selb
	17 Stadtsteinach
	18 Staffelstein
	19 Wunsiedel

D. Reg.-Bez. Oberpfalz

Landkreis	1 Amberg
	2 Beilngries
	3 Burglengenfeld
	4 Cham
	5 Eschenbach/Opf.
	6 Kemnath
	7 Nabburg
	8 Neumarkt/Opf.
	9 Neunburg v. Wald
	10 Neustadt/Waldnaab
	11 Oberviechtach
	12 Parsberg
	13 Regensburg
	14 Riedenburg
	15 Roding
	16 Sulzbach-Rosenberg
	17 Tirschenreuth
	18 Vohenstrauß
	19 Waldmünchen
	20 Weiden

E. Reg.-Bez. Niederbayern

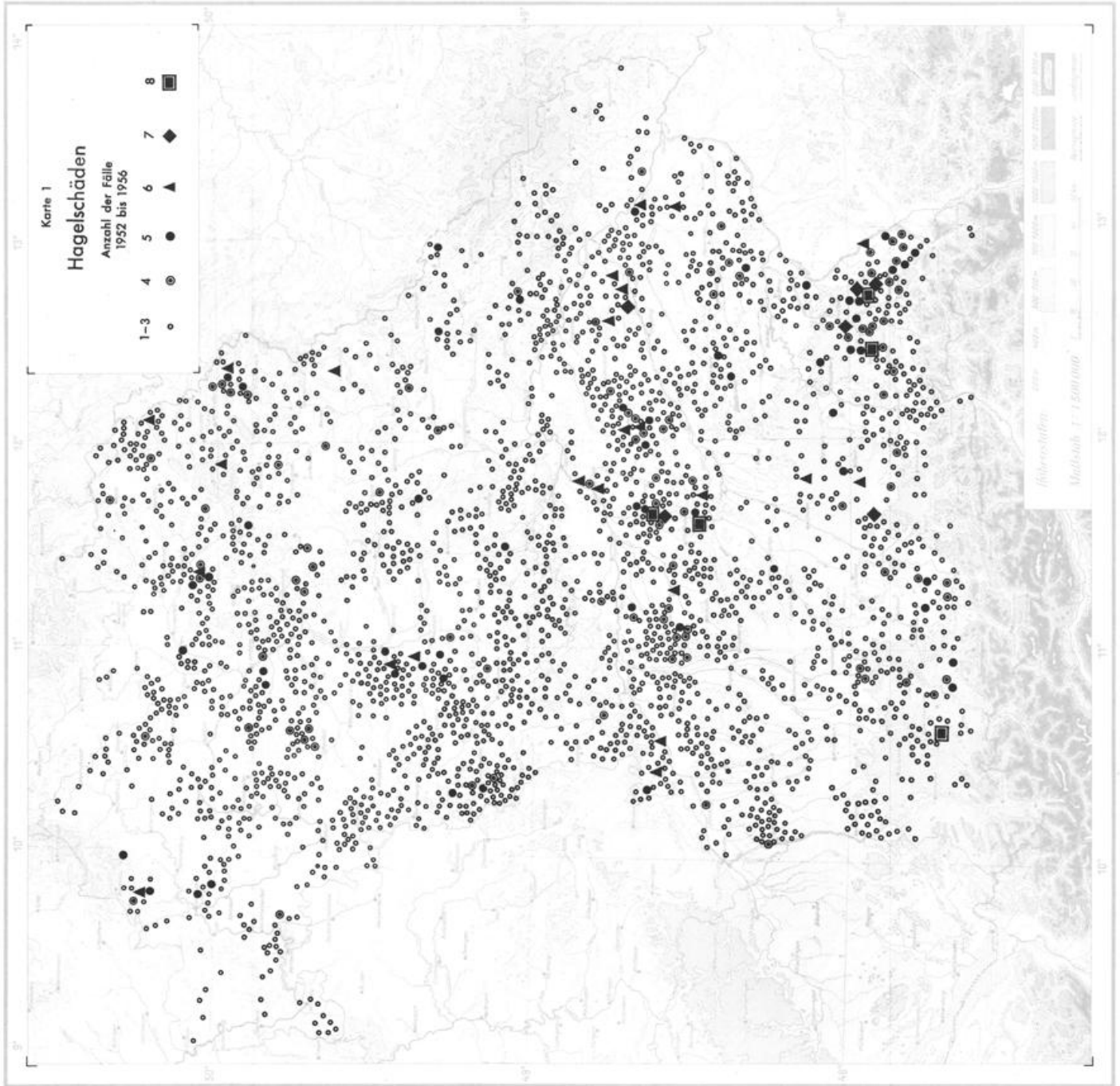
Landkreis	1 Bogen
	2 Deggendorf
	3 Dingolfing
	4 Eggenfelden
	5 Grafenau
	6 Griesbach
	7 Kehlheim
	8 Kötzing
	9 Landau/Isar
	10 Landshut
	11 Mainburg
	12 Mellersdorf
	13 Passau
	14 Pfarrkirchen
	15 Regen
	16 Rottenburg
	17 Straubing
	18 Viechtach
	19 Vilshofen
	20 Vilshofen
	21 Wegscheid
	22 Wolfstein

F. Reg.-Bez. Oberbayern

Landkreis	1 Aichach
	2 Altötting
	3 Bad Aibling
	4 Bad Tölz
	5 Berchtesgaden
	6 Dachau
	7 Ebersberg
	8 Erding
	9 Freising
	10 Fürstenfeldbruck
	11 Garm.-Partenkirch.
	12 Ingolstadt
	13 Landsberg
	14 Laufen
	15 Miesbach
	16 Mühldorf
	17 München
	18 Pfaffenhofen/Ilm
	19 Rosenheim
	20 Schongau
	21 Schrobenhausen
	22 Starnberg
	23 Traunstein
	24 Wasserburg
	25 Weilheim
	26 Wolfratshausen

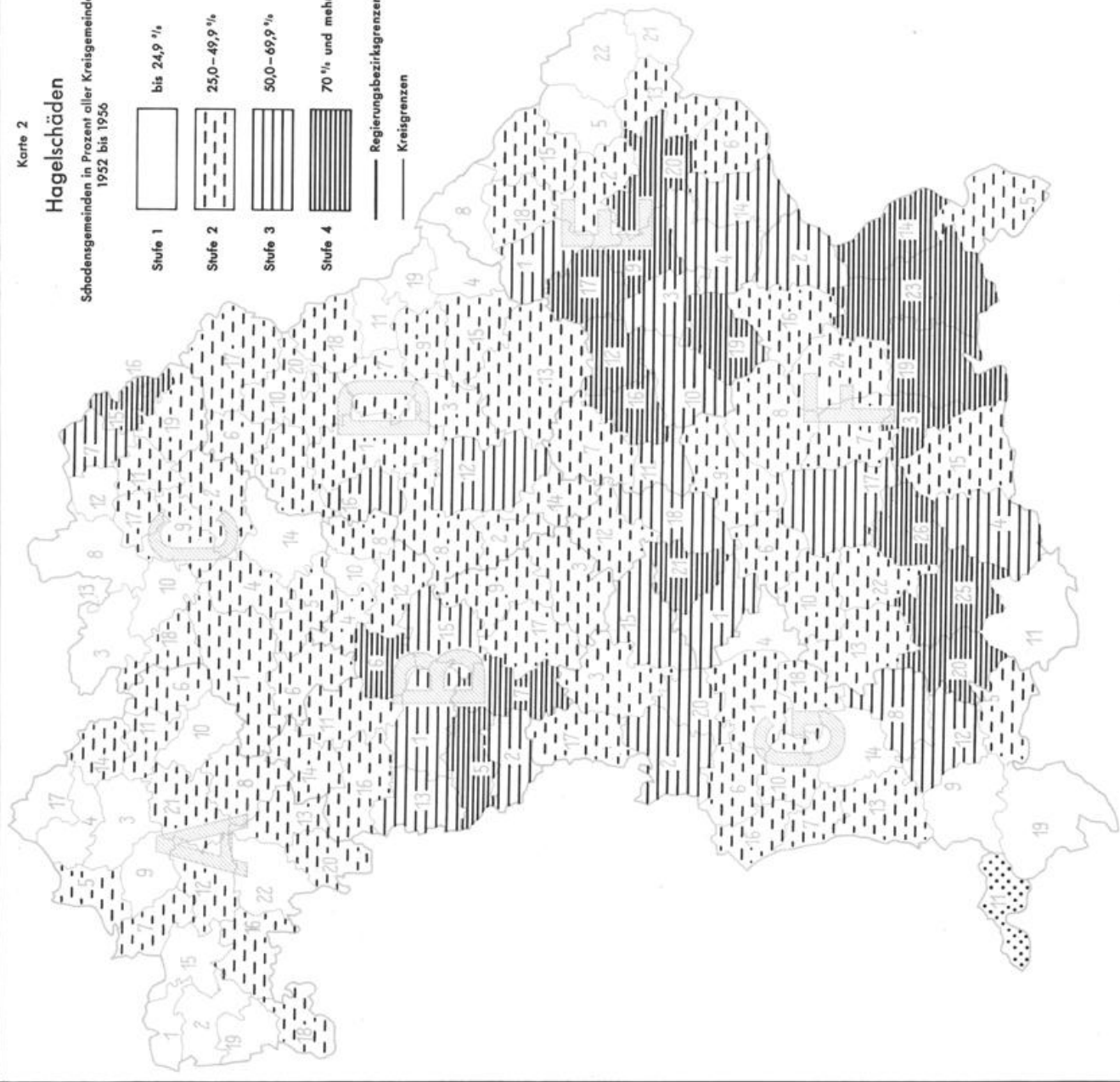
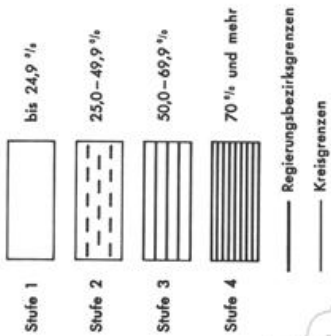
G. Reg.-Bez. Schwaben

Landkreis	1 Augsburg
	2 Dillingen
	3 Donauwörth
	4 Friedberg
	5 Füssen
	6 Günzburg
	7 Illertissen
	8 Kaufbeuren
	9 Kempten
	10 Krumbach
	11 Lindau
	12 Markt Oberdorf
	13 Memmingen
	14 Mindelheim
	15 Neuburg/Donau
	16 Neu-Ulm
	17 Nördlingen
	18 Schwabmünchen
	19 Sonthofen
	20 Wertingen



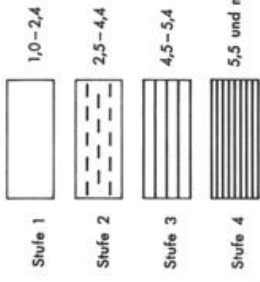
Hagelschäden

Schadensgemeinden in Prozent aller Kreisgemeinden
1952 bis 1956

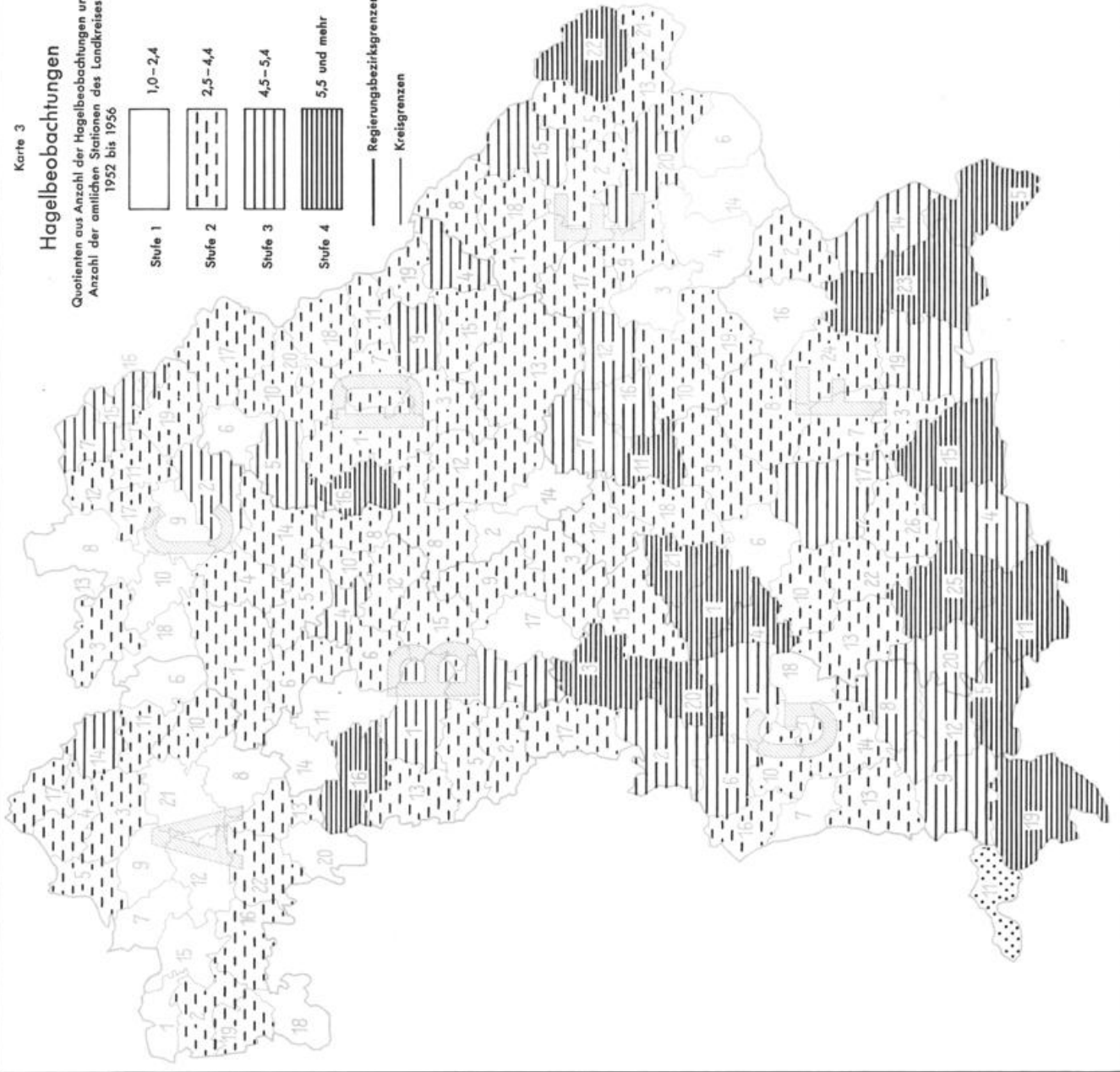


Hagelbeobachtungen

Quotienten aus Anzahl der Hagelbeobachtungen und Anzahl der ornithologischen Stationen des Landkreises 1952 bis 1956

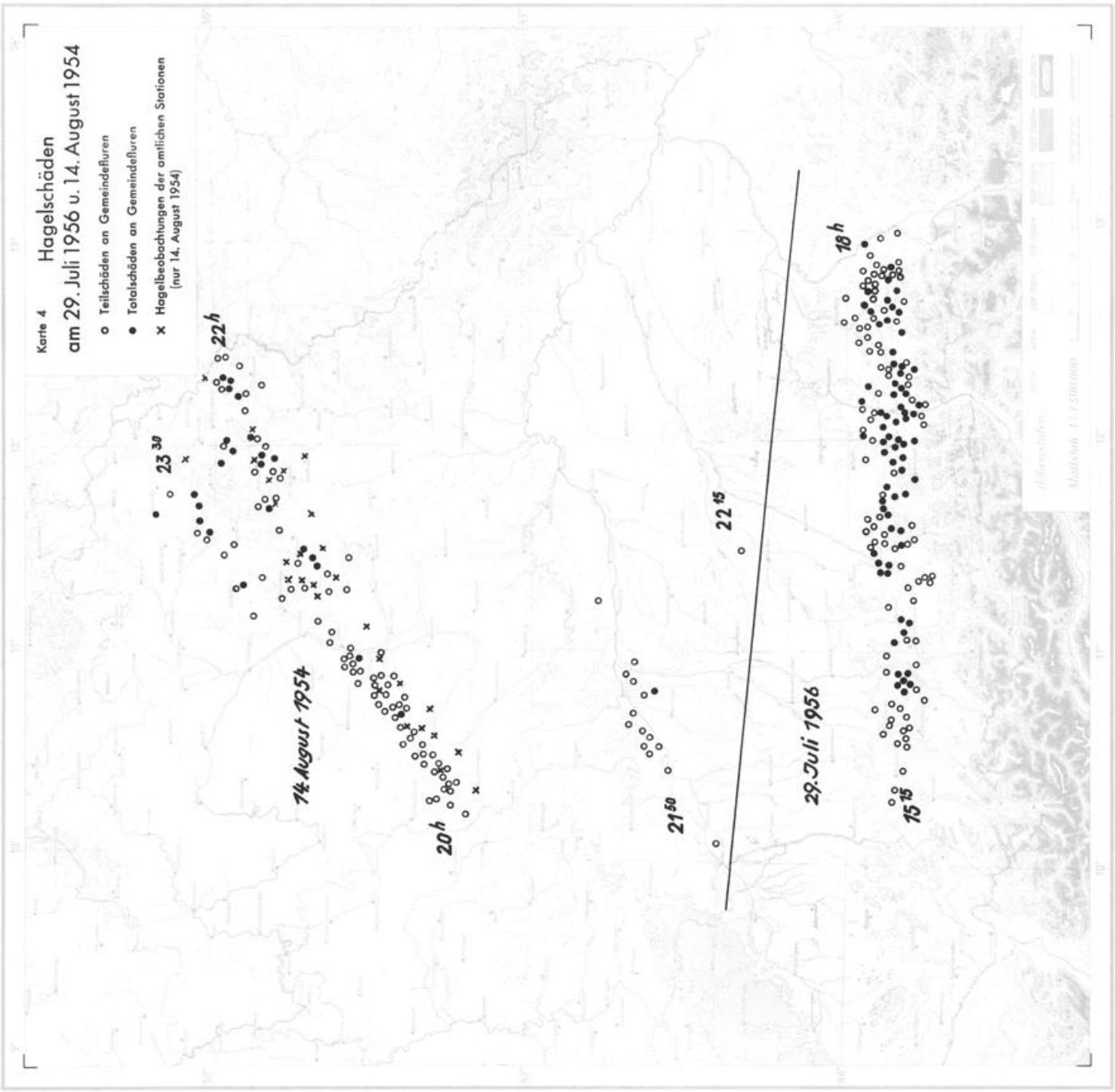


— Regierungsgrenzen
— Kreisgrenzen



Karte 4 Hagelschäden
am 29. Juli 1956 u. 14. August 1954

- Teilschäden an Gemeindefläuren
- Totalschäden an Gemeindefläuren
- x Hagelbeobachtungen der amtlichen Stationen
(nur 14. August 1954)



14 August 1954

29. Juli 1956

23³⁰

22^h

20^h

21⁵⁰

22¹⁵

15¹⁵

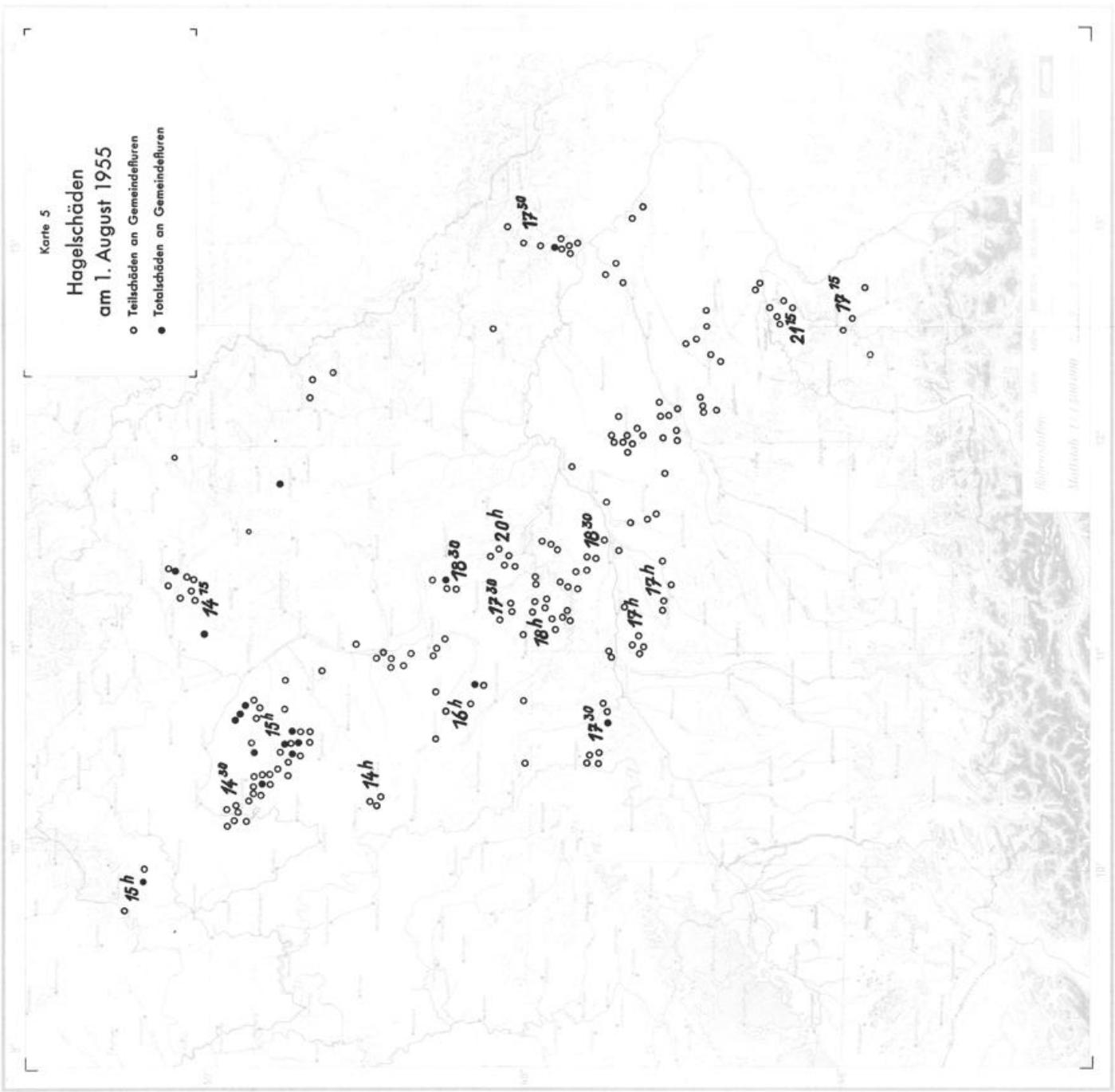
18^h

Abmessungen: 1000 x 1000 mm
Maßstab: 1:1.500.000

Karte 5

Hagelschäden am 1. August 1955

- Teilschäden an Gemeindefluren
- Totalschäden an Gemeindefluren

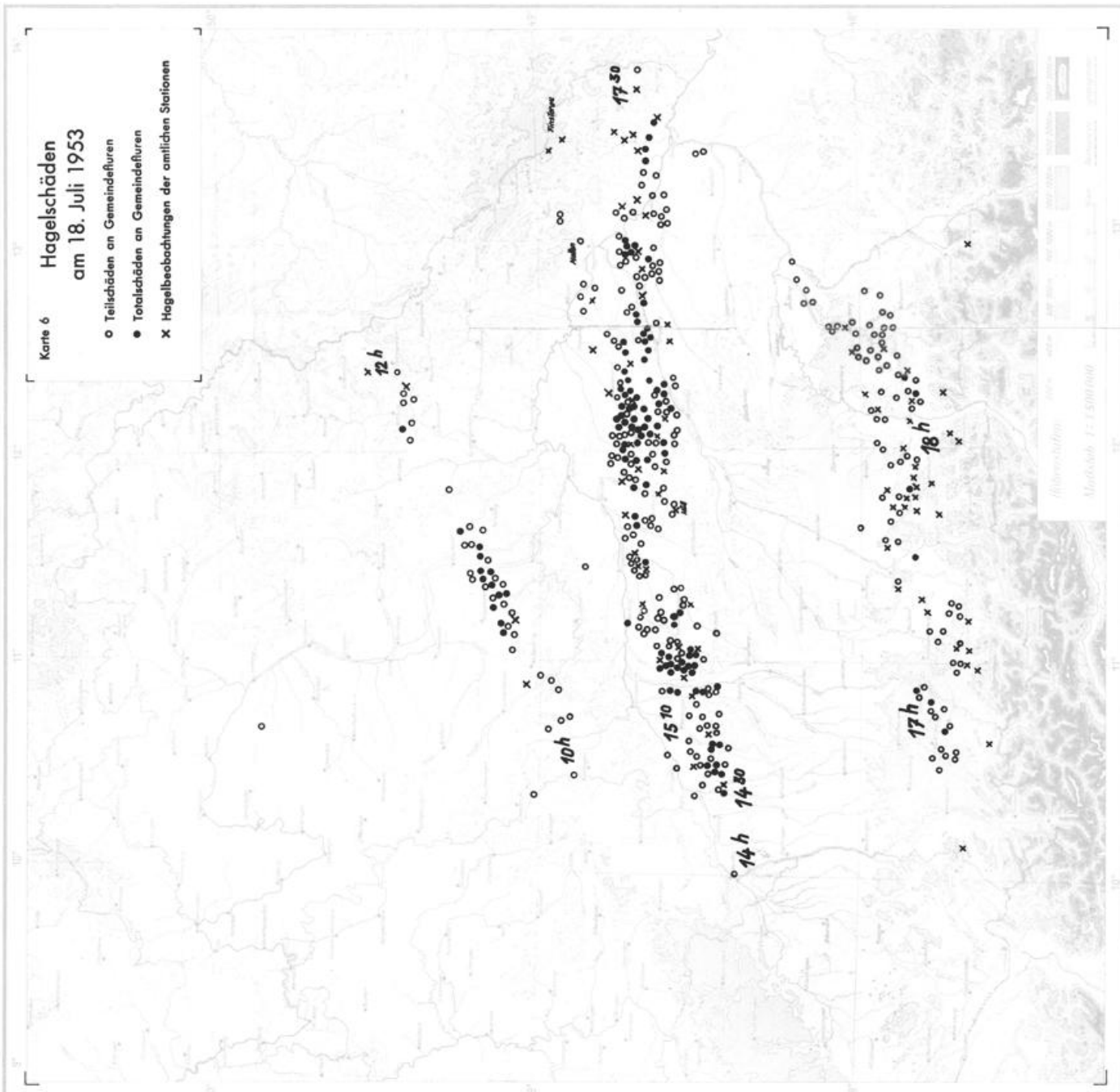


Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung

10° 11° 12° 13° 14° 15° 16° 17° 18° 19° 20° 21° 22° 23° 24° 25° 26° 27° 28° 29° 30°

Karte 6 Hagelschäden
am 18. Juli 1953

- Teilschäden an Gemeindefluren
- Totalschäden an Gemeindefluren
- x Hagelbeobachtungen der amtlichen Stationen



Hagelschäden
Maßstab 1:1.500.000