

Ergebnisse neuerer Forschungen über die Hagelschläge

Autor(en): **Hess, C.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft**

Band (Jahr): **10 (1892)**

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-558811>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ergebnisse neuerer Forschungen über die Hagelschläge.

Von
Dr. Cl. Hess.

Das Herannahen und der Aufbau der Hagelwolken.

Der Hagelschlag ist ein Phänomen, das immer in Begleitschaft von Gewittern auftritt. Man unterscheidet nun zwei Arten von Gewittern, nämlich Wirbelgewitter und Wärmegewitter. Erstere entstehen beim Herannahen eines Wirbelsturms oder einer Cyklone, treten meistens gleichzeitig in grösserer Zahl über ausgedehnten Gebieten auf und bilden sodann gewöhnlich den Anfang einer kürzern oder längern Schlechtwetterperiode. Die letztere Art ist lokaler Natur und entsteht zumeist in der heissen Jahreszeit infolge eines aufsteigenden Luftstromes. Beide Arten können den verderblichen Hagelschlag mit sich führen, tragen jedoch dann immer ein bezeichnendes äusseres Gepräge, das von dem berühmten Meteorologen *Hann* wie folgt gezeichnet wird:¹

„Unterhalb einer dichten, schweren Cumulusmasse und unmittelbar *vor* den von ihnen im Hintergrunde ausgehenden grauen Regen- oder Hagelsäulen erscheint in einem meist halbkreisförmigen Bogen ein weisslichgrauer, zuweilen rötlich angehauchter, ziemlich tief herabhängender *Wolkenvorhang*, der die Regen- oder Hagelsäulen gegen den Beschauer zu von oben herab zum Teil einhüllt. Die Konsistenz dieser Wolkendraperie ist mehr flocken- oder nebelartig und es zeigen sich in demselben rasche Bewegungen. Wenn sich

¹ Zeitschrift für Meteorologie von Dr. J. Hann, XV. Bd., p. 434—437.

dieser Wolkenvorhang unter einem regnenden Cumulostratus ausbildet, darf man sicher auf *Sturm* (wenn auch nur lokalen Gewittersturm) *rechnen* und *Hagel ist zu befürchten*.“

Die ganze Wolkenmasse rückt rasch näher; es beginnt ein grosstropfiger Regen und bald darauf unter einem eigentümlichen Brausen und einem zuweilen sinnbetörenden Lärm ein Hagelschlag, der in wenigen Minuten ein bedauerliches Werk der Zerstörung an Kulturen, Sträuchern, Bäumen und Häusern anrichtet. Die Körner fallen zuerst gross und seltener, dann immer kleiner und dichter, dann folgen wieder grosse Tropfen, welche in gewöhnlichen Regen übergehen. Nach einer Stunde ist meistens das grossartige, aber Schauer erregende Naturereignis vorüber.

Nach *Hann* ist der Wolkenaufbau bei den Sturm- und Hagelwettern meist folgender:

- 1) grauweisslicher oder rötlicher herabhängender Wolkenvorhang über oder vor der Regenwand;
- 2) dichte, schwere, grauviolette Cumulostratuslager darüber;
- 3) getürmte Haufenwolken, die sich von den Cumulostratuslagern wohl abtrennen (die Abgrenzungsform \asymp ist charakteristisch und wohl auf eigentümlichen elektrischen Zuständen beruhend);
- 4) dichter Cirrostratus. Häufig schalten sich dazwischen noch eine oder selbst mehrere cumulostratusartige Wolkenetagen ein, stets darüber die allverbreitete, amorphe, hohe Cirrostratusdecke.

Solange die Cirrostratusdecke noch gegen das Zenith heraufrückt, kann man in allen Fällen, wo sich die Bewegung der Wolkenteile von der Richtung des Fortschreitens des Wolkenschirmes als Ganzes trennen lässt, beobachten, dass sich diese erstern fast senkrecht zur Richtung des heranrückenden Gewitterherdes fortbewegen.

Gestalt, Struktur und Grösse der Hagelkörner.

Gestalt, Struktur und Grösse der Hagelkörner sind ausserordentlich verschieden. Um ein Bild von der Manigfaltigkeit zu geben, will ich einige eingehendere Beschreibungen namhafter Hagelschläge selbst zu Hülfe nehmen und die sachbezüglichen Angaben wörtlich anführen.

Ueber die Struktur der Hagelkörner, welche bei dem Gewitter am 19. September 1881 zu *Innsbruck* gefallen sind, schreibt Herr *Dr. J. Blaas*:¹ „Die Körner, von der *Grösse* einer Erbse bis zu der einer Nuss (grösster Durchmesser 4 cm), besaßen ein *Gewicht*, das 8 g nicht überstieg; als Mittel aus einer grössern Anzahl von verschiedenen Dimensionen ergab sich 6,5 g. Ihre *Gestalt* wich von der einer Kugel erheblich ab; gewöhnlich war die Kugelform durch zwei bis vier ebene Schnitte gestört. Die Mehrzahl liess sich auf die Form einer mehr oder weniger stumpfen dreiseitigen Kugelpyramide, d. h. einer Pyramide mit einer Kugelfläche als Basis zurückführen. Alle Körner zeigten einen konzentrisch *schaligen Bau* in der Weise, dass abwechselnd trübweisse und glashelle, durchsichtige Schalen um einen trübweissen Kern gelagert waren. Die der konvexen Basis parallelen Schalen hatten ihr Zentrum nicht in der Mitte des Kornes, sondern gewöhnlich an der Spitze der dreiseitigen Pyramide.

Die Zahl der Schalen schwankte etwa zwischen 3 und 7; gegen die konvexe Pyramidenbasis hin mehrten sich die trüben Partien und konnten endlich nicht mehr auseinander gehalten werden; selten schloss ein Korn mit einer hellen Zone ab. Im zentralen Durchschnitt erschienen die Schalen nicht immer als vollkommene Kreissegmente mit gemeinsamem Mittelpunkte, sondern verliefen öfter unregelmässig ein- und ausgebogen und gegen die abgerundete Seite des Kornes hin ausgezogen.

Die Dicke der abwechselnden Schalen war sehr verschieden und zeigte durchaus keine Unregelmässigkeit im Wechsel. An einigen Körnern wurden auch zwei Schalensysteme mit nebeneinander liegenden Zentren, umschlossen von gemeinsamer Kruste, gefunden.

Unter dem Mikroskope stellte sich heraus, dass die trübweissen Schalenstücke und der Kern nur durch Anhäufung von Luftblasen hervorgerufen wurden; die glashellen, durchsichtigen Teile enthielten nur wenige derselben. Durch Anordnung dieser überaus zahlreichen Luftblasen in annähernd radialen Streifen erschien das Korn bei oberflächlicher Betrachtung radialstrahlig struirt,² jedoch zeigte sich nirgends eine derartige Anordnung der kristallinen Elemente. Die

¹ Zeitschrift für Meteorologie Bd. XVI, p. 470.

² Siehe Tafel I, Fig. d, f, k, m, n. Der Verfasser.

Betrachtung im polarisirten Lichte ergab im Gegenteil eine durchgreifende Zusammensetzung aus ganz unregelmässig gestalteten Eiskörnern, welche ganz nach Art des Quarzes in Granit und Gneis ungemein lebhaft Interferenzfarben zeigten.“

In seinem Buche „Ueber kristallinen Hagel im untern Kaukasus“ beschreibt *H. Abich*¹ eine Reihe dort beobachteter Hagelschläge. Die bemerkenswertesten Formen an Hagelkörnern beobachtete er beim Hagelschlage am 9. Juli 1869 bei Bjeloi Kliutsch in der Nähe von Tiflis. Ueber dieselben gibt er an, sie seien „sphäroidische Körper von kristallinischer Grundanlage, in der Richtung der Ebene des Längsdurchmessers dicht, aber regellos besetzt mit regellosen, kristallklaren Formen manigfaltiger Kombinationen der Grund- und Hauptgestalten des drei- und einaxigen Systems. Hauptsächlich machten sich Kristalle geltend, die bei den Kalkspaten und dem Eisenglanz vorkommen. Die Kristalle hatten eine Länge von 15—20 mm und gaben dem ganzen Korn ein drusenförmiges Aussehen. Viele hatten einen durchsichtigen, andere einen milchigen Kern, der wiederum von einem milchigen, aus feinen Blasen bestehenden Kreise umgeben war. Der milchige Ring um den Mittelpunkt war dann deutlich als ein wie faserig verfilzt aussehendes Gewebe der feinsten Luftspalten, untermengt mit kleinen länglichen Poren ausgezeichnet.... Bei allen Hagelkörnern liefen vom Mittelpunkt radienartig langgezogene wurm- und birnförmige feine Luftporen zur Peripherie.“²

Nach *Dr. Fritsch*³ fielen bei einem Hagelwetter in Salzburg die Hagelkörner gleichzeitig von NO und SW, so dass die Schlossen sich kreuzten. Es fielen Klumpen bis zu 12 Loth (185 g), welche wie ein Konglomerat von Kristallen mit einem eiförmigen Kerne aussahen.

Ueber das Hagelwetter vom 14. Juni 1875 zu Hausdorf in Kärnten schreibt Pfarrer *Kaiser*:⁴ „Die ohne Wind und Regen bei unheimlicher Stille der Luft in den untern Regionen, aber stürmischem Brausen, vulgo „Schäumen“ in den obern, herabstürzenden Hagelkörner waren in Grösse und Gestalt sehr

¹ Ueber kristallinen Hagel im untern Kaukasus in seiner Beziehung zu der Physik des Bodens. Von H. Abich. Wien 1879, bei Alfred Hölder.

² Siehe Tafel I, Fig. d, f, k, m, n. Der Verfasser.

³ Zeitschrift für Meteorologie von Jelinek und Hann, Bd. VI, p. 257.

⁴ Zeitschrift für Meteorologie von Jelinek und Hann, Bd. X, p. 211.

verschieden, im Durchmesser 1—3,5 cm. Was ihre Form und Gestalt anbelangt, gab es darunter Kugeln, Halbkugeln, eckige, unförmliche Brocken, flache, elliptische, den abgeschliffenen Geschieben ähnliche Gebilde, vier bis sechs konzentrische, teils schneeige, teils helle, um einen milchigen Kern gelagerte Kreise aufweisende Scheiben. Auch die Halbkugeln zeigten auf ihrer flachen Seite die nämliche Struktur, ihre konvexe Seite jedoch bestand aus zusammengefrorenen kleinen Hagelkörnern. Die 3,5 cm grossen Schlossen waren Konglomerate aus zusammengefrorenen kleinern Körnern und von vollständiger Kugelgestalt, als wären sie aus einer Drehbank hervorgegangen.“¹

In der Sitzung der Pariser Akademie vom 27. November 1867 berichtete *P. Secchi*² über einen zu Crotta Ferata beobachteten Hagelschlag. Dem Berichte ist zu entnehmen, dass die Hagelwolke in Form eines grossen Baumwollballens herandrückte und sich mit einer wirbelnden Bewegung von SO nach NW bewegte. Die ersten Regentropfen hatten mindestens 1 cm³ Rauminhalt, die ersten Hagelkörner waren geformt wie Gruppen von Kristallen, ähnlich denen von Quarz, vereinigt zu einer unregelmässigen Masse von Eis. Die Eisklumpen wogen 40—60 g, einige sogar 300 g.

In Wiedemanns Annalen VIII, 135, 1879, berichtet Herr Professor *Hagenbach*³ über den Hagelfall am 29. Juni 1879 über der Stadt Basel. Die gefallenen Schlossen hatten keine auffallende Grösse; sie wogen durchschnittlich nur 6 g, zeichneten sich aber durch eine ungewöhnliche Gestalt aus. Die Grundform war stark abgeplattet ellipsoidisch, nach Art der Linsen. In der Mitte war ein kleiner undurchsichtiger Kern, und um denselben lagerte sich das Eis in konzentrischen Schichten, welche eine nach dem Zentrum weisende Strahlung zeigten. Aus der eben angegebenen Grundform ragten am äussern Umfang oder dem Aequator des Ellipsoides noch einzelne Zacken hervor, welche teilweise die Länge von 1¹/₂ cm erreichten; die Ansätze hatten vollkommen das Aussehen von Kristallen. Das Aussehen stimmte ganz und gar mit dem von *Abich* beschriebenen überein, nur waren die Körner bedeutend kleiner.

¹ Siehe Tafel I, Fig. f und k. Der Verfasser.

² Zeitschrift für Meteorologie von Jelinek und Hann, Bd. XII, p. 42.

³ Zeitschrift für Meteorologie von Hann, Bd. XV, p. 132.

Uebereinstimmende Beobachtungen sind bei Anlass des gleichen Unwetters von *P. Merian* gemacht worden.

Ueber die Struktur der Hagelkörner in Indien macht *H. Blanford*¹ folgende Angaben. Die Hagelkörner besitzen seitliche Auswüchse von durchsichtigem Eis von halbkugeliger, konischer und zylindrischer Form. Im Innern besitzen dieselben einen undurchsichtigen Kern mit dicken durchsichtigen Eishüllen. Alle Hagelkörner in Indien sind mehr oder weniger abgeplattete Sphäroide oder Discoide; die konische Gestalt kommt nie vor. Der Umfang der Körner steigt bis auf $6\frac{1}{2}$ " (165 mm), das Gewicht bis auf 720 Grains.

Im fernern heisst es in einem Berichte vom st. gallischen Forstamt Weesen-Amden über das Hagelwetter vom 13. Juli 1889:² „Die Steine hatten sehr verschiedene Formen, z. B. kronenartig, traubenartig, nagelfluhartig, mit 10—20 Zacken, der gleiche Stein mit 4—5 Farben, schneeweisse Körner von der Grösse einer Haselnuss, undurchsichtig, umgeben mit verschiedenen kleinern und grössern Körnern, worunter solche wie Stachelbeeren zugespitzt und durchsichtig; wieder solche wie grosse Fünffrankenstücke ganz plattenartig, rund mit kreisförmigen und auch unregelmässigen runden Löchern, so dass sie Knaben wie Fingerringe anlegen konnten.“³

Schliesslich verweise ich noch auf die beim Hagelwetter vom 6. Juni 1891 von mir beobachteten, auf pag. 26/27 beschriebenen und in der Tafel I abgebildeten Formen.

Die *Grössen*, in denen die eisigen Gebilde der Atmosphäre entfallen, sind fast ebenso manigfaltig wie die Formen. Je nach der räumlichen Ausdehnung der einzelnen Körner führen dieselben auch besondere Namen, die jedoch keineswegs in allen Landesgegenden harmoniren. Herr Professor *Dr. Prestel* schlägt zum Zwecke einer einheitlichen Bezeichnung den Gebrauch folgender Klassifikation vor:⁴

- 1) *Gries* oder *Riesel* sind kugelige Eismassen, deren Durchmesser kleiner als 1 mm sind;
- 2) *Graupeln* haben Durchmesser von 1—4 mm;
- 3) *Hagel* sind Eisstücke von 4—10 mm, und
- 4) *Schlossen* solche, deren Dimensionen 10 mm übersteigen.

¹ Zeitschrift für Meteorologie von Dr. J. Hann, Bd. XVI, p. 348.

² Annalen der schweiz. meteorologischen Zentralanstalt, 1889.

³ Siehe Tafel I, Fig. 1. Der Verfasser.

⁴ Zeitschrift für Meteorologie von Jelinek und Hann, Bd. XII, p. 87.

Die letzten zwei Gebilde, d. i. *Hagel* und *Schlossen*, sind von *Prestel* noch wie folgt gruppiert worden:

- A. *Schlossen mit sphärischer Form*:
 - a. mit klarem, durchsichtigem Eis mit kleinmuscheligen Bruch,
 - b. mit konzentrischer, schaliger Absonderung abwechselnd hellen und trüben Schichten,
 - c. mit radialstrahligen Luftblasen,
 - d. mit radialer Absonderung,
 - e. mit weissem und durchsichtigem Eise mit Luftschichten und Spiegelflächen,
 - f. mit krummflächigen, regelmässigen Formen;
- B. *Schlossen mit prismatischer Form*; diese zeigen dann unvollkommene Blätterdurchgänge oder auch muscheligen Bruch. Es sind schiefe, vierseitige Ecksäulen, gleichförmig weiss wie Quarz;
- C. *Schlossen von kristallinischer Form*;
- D. *Bruchstücke sphärischer Hagelkörner*;
- E. *Aggregate, die entstanden sind durch Regelation*; dabei sind zu unterscheiden:
 - a. Konglutarate,
 - b. Konglomerate;
- F. *Unregelmässige Bruchstücke*.

Dr. Prestel nimmt für alle Eisbildungen in der Atmosphäre die *sphärische* Gestalt als die Grundform an. Dem entgegen hält Herr *v. Osborne Reynolds*¹ dafür, dass alle Hagelkörner mehr oder weniger eine *konische Form mit einer abgerundeten Basis* haben, somit einem Kugelsektor gleichen. Sie seien Aggregationen kleiner Eispartikelchen ohne Kristallisation wie bei den Schneeflocken. Die Oberfläche sei vom Scheitel aus gestreift. Indem die kleinen Eiskörperchen fallen, sollen sie an der Basis wachsen und dadurch die Kegelform annehmen. Die Spitze der Kegel sei weicher als die Basis, weil die Fallgeschwindigkeit anfänglich langsam sei. Wenn Geschwindigkeit und Kraft des Stosses genügend seien, so werden die aneinanderstossenden Partikelchen adhären wie solides Eis; das schein bei den grossen Hagelsteinen der Fall zu sein. Herr *v. Osborne Reynolds* suchte die Richtigkeit

¹ Aus dem Vortrag: „On the Manner in which Raintrops and Hailstones are formed.“ Auszug: Zeitschr. f. Meteorol. v. Jelinek u. Hann, Bd. XII, p. 39.

seiner Ansichten über die Bildung des Hagelkornes durch das Experiment zu erhärten. Er liess mittelst eines kräftigen Luftstromes einen Eisnebel, bestehend aus Wasser und Aether, bei Holzsplittern vorbeigehen, wobei die Splitter in der Tat mit konischen Ansätzen, mit der Basis gegen den Luftstrom gewendet, behaftet wurden. Daraus folgerte der Experimentator: „Wenn Wolkenteile gebildet werden bei oder über 0° , so entstehen Wasserkügelchen, welche beim Gefrieren die Form behalten. Wenn dann die Abkühlung unter 0° erfolgt, so schlagen sich die Dampfteilchen kristallinisch auf das Eis nieder. Die so entstandenen Flocken sollen dann beim Fallen wachsen. Die Aenderung in der Grösse sei eine Folge von Unregelmässigkeiten oder Störungen in der Wolke, welche ihre Ursache in der starken Kondensation an der obern Seite durch Ausstrahlung in den Weltraum haben können.

Herr *Dr. Flögel*¹ bestreitet v. Reynolds die Priorität auf die obige Erklärung der Entstehung der Hagelkörner aus Eispartikelchen, die zu Kegeln anwachsen, und damit auch auf die Idee, dass die Kegelform die Grundform des Hagels sei; auch tritt er der Behauptung Prestels entgegen, dass „bei den zu Aggregaten zusammengeballten Schneeflocken, welche man Hagel nennt, die sphäroide Gestalt vorherrschend“ sei, und sagt, dass ausserdem die Behauptung, Gries und Graupeln stimmen darin überein, dass sie kugelförmige, undurchsichtige, weisse Aggregate seien, zu weitgehend sei, denn sie seien weder rund noch Schnee.

Gestützt auf eigene Beobachtungen sieht Herr Dr. Flögel in den Schneeflocken den Uebergang zum Hagel und glaubt, dass sechsstrahlige Sterne mit flachen Schneefiguren die Grundlage des Kornes bilden, dass Zentrum und Arme mit feinem Reif überzogen seien und eine baum- oder moosartige Einlage bilden. Er hält die Körner für stark verdickte Sterne mit sternförmiger Basis und ebensolchem Umrisse; die Dicke betrage die Hälfte des Scheibendurchmessers. Die Körner seien keine vollständige, sondern abgestumpfte Kegel; der Winkel an der fehlenden Spitze betrage nach Schätzung $70\text{—}80^{\circ}$; die Basis sei nicht mehr flach, sondern rund; die durch die Arme der sternförmigen Grundfigur bedingten Furchen seien mit Reif ausgefüllt und das Ganze als unausgebildeter Hagel

¹ Zeitschrift für Meteorologie von Jelinek und Hann, Bd. XII.

die Uebergangsform vom Schnee zum rechten Hagel, welcher letzterer durch Anwachsen bei gleichzeitiger Rotation in kaltfeuchter Luft entstanden sein könne. Hiemit seien auch die Reynoldschen Streifen, die er selber nicht gesehen, erklärt.

Die Reynoldschen Versuche haben nun allerdings gezeigt, dass ein Anwachsen der Eismassen in der angegebenen Weise möglich ist, und es kann auch bei Riesel und Graupel zutreffen. Durch einen Hinweis auf Unregelmässigkeiten in der Wolke und die Annahme starker Ausstrahlung an der obern Wolkendecke ist jedoch die Bildung der grossen Schlossen aus den kleinen Kegeln noch nicht erklärt. Auch die Kontroverse zwischen den Herren Prestel und Flögel hat kein anderes positives Resultat gezeitigt, als die Konstatirung, dass bei den kleinen Eisniederschlägen sowohl die Kegel- als die Kugelform vorkommen. Ob diese aber die Embryone der grossen Hagelkörner und Schlossen sind, bleibt nach wie vor eine unentschiedene Frage.

Die Schlossen zeigen zuweilen auch fremdartige Einschlüsse. So beobachtete man nach *A. v. Humboldt* auch schon roten Hagel; *Maternus von Cilano* fand im Innern von Körnern Spreu mit Schnee, *Pictet* Schwefelkies, *Eversmann* und *Hermann* goldhaltiges Schwefelkies mit 90 $\frac{0}{100}$ Eisen, *Lazari* Eisen oder Nickel; auch Sand und gewöhnliche Steine sind schon vorgefunden worden.

Man kann die Frage aufwerfen, ob diese Einschlüsse tellurischen oder kosmischen Ursprungs seien. Für einzelne ist ersteres gewiss, für andere letzteres wahrscheinlich; denn einerseits können grosse atmosphärische Wirbel, Wind- und Wasserhosen die Transportmittel sein, welche terrestrische Gegenstände losreissen und in die Höhe führen, die Schlossen die Polizeidiener, welche die entführten Objekte wieder zur Mutter Erde zurückbringen; andererseits können beispielsweise eingeschlossene Eisenteilchen etc. Fragmente von Meteormassen sein, welche in den Wirbel der Bewegungen hineingezogen worden sind.

Ueber die Verbreitung des Hagels.

Der Hagel ist ein ausserordentlich stark verbreitetes Phänomen; denn wir treffen denselben von den Aequatorialgegenden bis hinauf in die nordischen Breiten der skandina-

vischen Halbinsel, allerdings mit starken Unterschieden sowohl in Hinsicht der Häufigkeit, als auch der Intensität desselben. In den Tropen sind die Hagelschläge auf dem Flachlande selten, vielleicht deshalb, weil Körner, deren Temperaturen in der Nähe des Schmelzpunktes liegen, schmelzen, bevor sie den Boden erreichen, vielleicht auch, weil durch den beständig aufsteigenden Luftstrom eine Bedingung, welche zur Hagelbildung erforderlich ist, fehlt. Immerhin ist das Vorkommen konstatiert; denn die meteorologischen Fachschriften enthalten Hagelberichte aus dem Lande Ugogo im äquatorialen Afrika ($6\frac{1}{2}^{\circ}$ südl. Breite), vom Nigerdelta, von den Ufern des Senegals, den Küsten des roten Meeres, von Abessinien, dem Sudan, ferner von Alexandrien, von der Adria, von der Südseite des Kaukasus, von den Bergen von Sierra Leone, von den Höhenzügen Brasiliens, den chilenischen Anden, dem gebirgigen Java, sowie endlich den indischen Ebenen. In der Mitte der gemässigten Zone ist der Hagelfall so häufig, dass bereits über einzelne Gebiete spezielle Hagelstatistiken, ja sogar Hagelkarten existieren, die den Zweck haben, die Erforschung der Relationen zwischen der Häufigkeit und der Bodenbeschaffenheit hinsichtlich Kulturen und vertikaler Erhebung zu erleichtern. Die mir bekannten Hagelberichte reichen in Europa bis in eine nördliche Breite von 60° . Auch die amerikanischen Berichte erreichen diese Höhe, demnach können wir annehmen, dass der Hagel rings um die Erde in einem Gürtel bekannt sei, der sich nordwärts vom Aequator bis zu 60° Breite erstreckt. Es ist anzunehmen, dass die Ausbreitung südwärts keine geringere sein wird; spezielle Berichte aus dem Süden von Südamerika sind mir jedoch unbekannt.

In den südlichen Gegenden (in der heissen Zone) sind die Hagelschläge meistens sehr intensiv, ausgiebig und in hohem Masse kälteerzeugend. Einige Beispiele mögen die Behauptung begründen. Vom Senegal wird berichtet, dass dort fast Jahr für Jahr mehrere Centimeter tiefe Schichten Hagelkörner fallen, von Kassalo (im Sudan), dass dort ein Hagelwetter die tropische Pflanzenwelt, sowie zahlreiche an ein warmes Klima gewohnte Tiere zu Grunde gerichtet habe. Nach dem Hagelwetter habe sich eine derartige Kälte eingestellt, dass die dortigen Gewässer eine leichte Eisdecke erhielten. Nach den mündlichen Aeusserungen des Herrn *Ilg*, der durch seinen fünfzehnjährigen Auf-

enthalt und die vielen Reisen im Lande Abessinien kennt wie kein anderer, fällt dort der Hagel sehr häufig und sehr reichlich. Damit harmoniren auch die Angaben *Woeikoffs*, wonach im nördlichen Abessinien Ost- und Südwinde die an den Gipfeln der abessinischen Berge angesammelten Wolken über die Westabhänge hinwegtreiben und diese mit ungeheuren Hagelmassen überschütten. Im Winter 1873/1874 sind in Alexandrien *elf* Hagelwetter beobachtet worden; am 18. März 1874 waren dort alle Terrassen mit Hagelkörnern bedeckt. Nach *Abichs* Buch „über kristallinen Hagel im untern Kaukasus“ sind dort die Hagelfälle weder selten noch gelinde. In Kalkutta hatten beobachtete Hagelkörner ein Gewicht von 720 Grains und einen Umfang bis zu 6 Zoll. Aber auch in nordischen Gegenden scheinen die Hagelkörner die durch die Benennung ange deuteten Grenzen des Rauminhaltes zuweilen zu überschreiten. Nach einem Berichte des Barons *A. E. Nordenskiöld* fielen am 4. Juli 1883 nachmittags auf einem Striche vom Watesee in Dalkarlien bis zum Mälarsee (Schweden) Hagelstücke wie Kartoffeln bis zu 100 Gramm Gewicht (zirka 6 cm Durchmesser). Zudem zeigten diese Schlossen Einschlüsse von Steinen aus weissem Quarz bis zu 5,8 Gramm Gewicht. Am 20. August 1880 sind zu Rochefort Eisstücke von 500 Gramm Gewicht gefallen. Die Anzahl der Beispiele, in denen die Benennung „Hagelkörner“ für die gefallenen Körper füglich in „Eisklumpen“ umgewandelt werden könnte, um die Sache wahrheitsgetreuer zu bezeichnen, wäre leicht noch zu vergrößern.

Ueber Bodenbeschaffenheit und Häufigkeit der Hagelfälle.

Ueber den Zusammenhang zwischen Bodenbeschaffenheit und Häufigkeit der Hagelfälle liegen verschiedene interessante Arbeiten vor. Leider sind aber die Resultate nicht der Art, dass man von einer Erledigung der Frage reden könnte; immerhin sind dieselben der Erwähnung wert.

Aus einer Abhandlung von Herrn *Johann Prettnner* über „die Verteilung der Hydrometeore in *Kärnten*“ entnehmen wir für das dortige Gebiet die allgemeinen Ergebnisse:

- 1) Der Hagel ist sehr ungleich im Lande verteilt. Die Anzahl der Hagelfälle des einen Ortes übertrifft im Maximum um das Achtfache das Minimum des andern.

- 2) Die östliche, flachere Hälfte des Landes wird entschieden viel häufiger vom Hagel getroffen, als die westliche, mehr gebirgige.
- 3) Ein Bezirk der häufigsten Hagelfälle wird von den Abhängen der Kärnten im Nordost umgebenden Gebirge gebildet.
- 4) Im Hochgebirge der Zentralalpen und seinen Tälern scheint ihr Minimum zu liegen.

In *Frankreich* ist nur das Rhonedepartement einer speziellen Untersuchung unterworfen worden und zwar durch Herrn *C. André*. Die Untersuchung ergab, dass die Häufigkeit der Hagelschläge am grössten ist in der Erhebung von Pramenoux, dann in der nördlichen Partie der Berge von Tarare. Auf diese folgt die Nordseite des Massivs von Saint-André.

Ueber die Verbreitung des Hagels in der *Schweiz* hat Herr Professor *Fritz* eine Abhandlung in Petermanns geographischen Mitteilungen 1876, X, veröffentlicht.¹ Ich entnehme derselben folgenden Passus:

„In den Alpen ist der Hagelschlag in den grossen Haupttälern selten; am meisten leiden die in der grossen, zwischen Jura und den Alpen befindlichen Einsenkung gelegenen Orte und dann die dem Jura oder den Ausgängen der grossen Alpentäler nahen Gelände. In den grossen Alpentälern des Rheins, der Rhone, im untern Engadin, im Tale von Aosta, im obern und mittlern Veltlin, im Traverstale etc. ist der Hagel selten oder wenig gefährlich. Im Wallis hagelt es oft in 20 Jahren nicht, in Chur ist in 40 Jahren kein erheblicher Hagelfall vorgekommen. Villeneuve, Vevey, Cully (Waadt) leiden wenig vom Hagel; die Gegend von Genf, die Ortschaften am Fusse des Jura, das untere Veltlin, die Umgebung von Chiavenna, Mendrisio und Lugano, Borgo Franco und Ivrea, Cressier am Neuenburgersee etc. leiden viel. Nördlich von den Alpen haben die meisten Schädigungen die Orte zu befürchten, die in dem Raume liegen, der durch den Genfer-, Neuenburger- und Vierwaldstättersee, durch das Aaretal und den südlichsten Teil des Bodensees begrenzt ist. Auf diesem Gebiete zeichnen sich wieder einzelne Striche durch häufige Hagelfälle aus, während oft dicht dabei liegende Orte Hagelschäden gar nicht kennen.“

¹ Auszug in der Zeitschrift für Meteorologie von *J. Hann*, Bd. XII.

Für ganz *Europa* haben die Herren *Kämtz*, *Wesselowski* und *Fritz* übereinstimmend gefunden, dass *die Zahl der Hagelfälle von Westen nach Osten abnimmt.*

Das Material, auf welches die Untersuchungen über den Zusammenhang der Hagelhäufigkeit und Bodenbeschaffenheit fussen, muss noch als etwas lückenhaft bezeichnet werden, einerseits deshalb, weil die Aufzeichnungen in verschiedenen Gegenden ganz besonders in frühern Jahren sehr ungleichmässig besorgt worden sind, je nachdem sich eben gerade Personen vorfanden, welche sich für die Sache interessirten. Andererseits aber ist die Beurteilung meistens eine sehr individuelle und unter dem Drucke des Schreckens meistens etwas übertriebene. Die Früchte der Untersuchungen sind daher auch noch nicht als völlig ausgereift zu betrachten und hinsichtlich der Quantität etwas spärlich. Was als positiv ermittelt hingestellt werden kann, ist folgendes:

1) *Im äquatorialen Flachlande ist die Häufigkeit der Hagelschläge geringer als in den gemässigten Zonen.*

2) *Im tropischen Flachlande ist die Häufigkeit kleiner als auf den Gebirgsstöcken, Gebirgsketten und Hochplateaux.*

3) *In den gemässigten Zonen sind die Hagelschläge über dem Flachlande und den Tälern häufiger als auf den angrenzenden Höhenzügen.*

4) *Sowohl die Grösse als die Wucht der fallenden Hagelkörner ist über gebirgigem Terrain geringer als über ebenem.*

5) *Die Hagelhäufigkeit nimmt von der Westküste Europas gegen Osten ab.*

Ueber das Fortschreiten der Hagelwetter.

Die Hagelwetter setzen grösstenteils an ihrem Entstehungsherde mit Wucht ein, um sodann von hier aus eine grössere oder kleinere Gegend in ein Bild der Verwüstung zu verwandeln. Die Zerstörung erstreckt sich in den meisten Fällen über einen Streifen, dessen Länge und Breite sehr veränderlicher Natur sind. Um mir selbst ein Bild von dieser Veränderlichkeit zu verschaffen, habe ich aus den statistischen Zusammenstellungen der Gewitterbeobachtungen in der Schweiz in den Jahren 1884—1889, veröffentlicht in den „Annalen der schweizerischen meteorologischen Zentralanstalt“, eine Reihe

von Beispielen ausgezogen. Der Auszug weist nun Fälle auf, in denen der beobachtete Hagelstrich nur $\frac{1}{2}$ km breit war, daneben aber auch solche, in denen die Breite 8—10 km, ja sogar 14 km erreichte; allerdings ist die Zahl der letztern nur gering; denn die meisten bewegen sich zwischen 1 und 5 km. Das arithmetische Mittel aus 56 Breitenangaben beträgt rund 3 km. Auch die Länge der Streifen ist sehr verschieden. Neben solchen, die kaum eine halbe Wegstunde (genau 2 km) lang sind, gibt es auch Striche von 80, 150, ja sogar 180 km Länge. Manchmal sind die Striche von Anfang bis ans Ende von gleicher Breite; zuweilen weiten sie sich jedoch aus und ziehen sich dann wieder zusammen. Es kommt auch vor, dass sie sich verzweigen und dass die Zweige sich wieder vereinigen, d. h. dass mitten in einem breit gewordenen Streifen gewissermassen Inseln vorkommen, welche der Heimsuchung schadlos entgangen sind. Ausserdem gibt es noch Vergabelungen, die sich jedoch nicht mehr vereinigen. Dabei bewegen sie sich meistens in schnurgerader Richtung, unbeachtet, ob die am Wege liegenden Bergrücken und Täler Quer- oder Längsrichtung besitzen, nur mit der Abwechslung, dass sich die bestrichenen Flächen zuweilen etwas zusammenziehen (über Bergrücken) und dann wieder ausweiten (über den Tälern). Ein schönes Beleg für die angeführten Behauptungen bietet uns der Hagelschlag vom 22. Juli 1887, der sich von den Voralpen des Kantons Bern bis ans östliche Ende des Bodensees hinzog. Ueber denselben schreibt Herr *G. Mantel* in den „Annalen der schweizerischen meteorologischen Zentralanstalt“ (1887): „Schon im Entstehungsgebiete dieses Zuges, in den Voralpen des Kantons Bern zwischen der Sense, dem Aartale bei Bern und der östlichen Kantonsgrenze, fiel Hagel an einer grossen Anzahl von Orten und möglicherweise bedeckte derselbe hier schon grössere zusammenhängende Flächen; es ist uns zwar hierüber nichts weiter bekannt geworden, doch deuten darauf die Bemerkungen einer Anzahl Beobachter, dass die „ganze Gemeinde“ betroffen worden sei, und ein kleiner Strich, der sich in der Breite von zirka 2 km in der Gemeinde Neuenegg (Bern) etwa 3 km weit von N nach S erstreckte. Die Körner hatten zuerst bis Baumnussgrösse, wurden aber rasch kleiner und deckten den Boden nur 1 cm hoch. Allgemein fielen im Entstehungsgebiet nur kleine Körner, und auch da, wo die-

selben etwas grösser waren, traten sie neben den gleichzeitig niedergehenden Regengüssen in den Hintergrund und verursachten ihrer geringen Menge wegen nur unerheblichen oder mässigen Schaden. Die uns bekannt gewordenen Orte mit Riesel- und Hagelfällen sind die folgenden: Krauchtal, Hettiswyl, Burgdorf, Hasle, Rüegsau, Sumiswald, Wasen, Wynigen, Kappelen, Dürrenrot, Wyssachengraben, Huttwyl, Ursenbach, Gondiswyl. — Von der Grenze des Kantons Luzern an besitzen wir nun eingehendere Nachrichten, aus welchen hervorgeht, dass sich der Hagelschlag in ununterbrochenem Strich von mindestens 150 km aus dem Napfgebiet über die Kantone Luzern, Aargau, Zürich, St. Gallen und Appenzell bis ans obere Ende des Bodensees und wohl noch weiter erstreckte. In den Kantonen Luzern und St. Gallen wurden die Grenzen der intensivsten Hagelzone aufgenommen, in den übrigen Kantonen liegen die meldenden Stationen nicht dicht genug zur Festlegung derselben. Anfänglich liefen zwei Hagelstreifen, durch ein Gebiet mit weniger bedeutendem Schaden voneinander getrennt, in geringer Distanz parallel neben einander her. Der kürzere Arm, eine Fortsetzung der Hagelfälle in Huttwyl, Wyssachengraben u. s. w., erstreckte sich über Uffhusen bis in die Nähe des Mauensees. Der andere aber, der Hauptarm, der in bedeutender Breite vom Napf herunter kam, erstreckte sich ununterbrochen bis über's Rheintal hinaus. Seine Breite wechselte zwischen zirka 2 km und 9—10 km, wobei aber zu beachten ist, dass, wenigstens in den Kantonen Luzern und St. Gallen, hierunter nur die Zone des intensivsten Hagelschlages verstanden sein kann, indem ausserhalb desselben noch eine grosse Anzahl ebenfalls Schaden meldender Stationen lag, allerdings auch nachträglich noch eine Anzahl unregelmässiger Gewitterausbrüche mit Hagelfällen im Randgebiet des Hauptzuges stattfanden. Der vorerwähnte Hauptarm des Hagelschlages wandte sich über dem Sempachersee nordwärts, überschritt dann in einer Breite von zirka 2 km, nach Wiederaufnahme der nordöstlichen Richtung den Lindenberg und in grösserer Breite das Reusstal. Ueber der Albis- und Pfannenstielkette scheint sich der Strich wieder etwas zusammengezogen zu haben, an den Ufern des Zürichsees dagegen und namentlich im Tale des Pfäffikersees, am Fusse der Allmannkette dehnte er sich bis auf 9—10 km aus. Die All-

mann- und Hörnlikette wurden wieder in schmaler Zone überschritten; vom untern Toggenburg aus dehnte sich dieselbe wieder erheblich in die Breite aus und gelangte nun mit geringern Schwankungen am Rand der Appenzeller und St. Galler Voralpen, bei Rorschach den See berührend, über Rheineck und St. Margrethen in's Rheintal. — Dieser Hagel-schlag ist in verschiedener Beziehung bemerkenswert. In fast gerader Linie zieht er sich quer über eine Reihe tief eingeschnittener Täler und über schmale und breite Berg-rücken hinweg in der Richtung des Gewitterzuges, d. h. des in der Höhe der Gewitterwolken herrschenden Windes. Nirgends lässt sich eine Andeutung erkennen, dass er einem Berge auszuweichen, einem Fluss- oder Seetal zu folgen sich angeschickt habe.“

Das Irrtümliche der Ansicht, der Hagel sei ein Erzeugnis der tiefern Luftschichten, und die hagelführenden Wolken hängen so tief, dass relativ geringe Bodenerhebungen im stande seien, eine direktive Kraft auf den Verlauf des Hagel-wetters auszuüben, kann noch durch weitere Beobachtungen nachgewiesen werden.

Bei dem Hagelwetter, welches am 6. Juni 1891 den Kanton Thurgau durchzog, zieht sich die Axe des Schaden-streifens vom Irchel aus über Dägerlen, nach Eschlikon bei Dynhard, Herten zwischen Altikon und Ellikon, Uesslingen und von hier scharf umbiegend über Horgenbach nach Kurzdorf bei Frauenfeld, dann nach Herten *am Stähelibuck, über die Höfe Friedberg und Hessenbohl nach dem Holzhof bei Leut-merken*, zwischen Eschikofen und Amlikon hindurch direkt gegen Ottenberg, *über die Höhen des Ottenbergs* hinweg genau ostwärts nach Güttingen am Bodensee. Während die äussersten Grenzlinien vom Entstehungsherde bis an den Bodensee nahe-zu geradlinig die westöstliche Richtung verfolgen, bewegt sich die Axe des Streifens grösster Schädigung im Zickzack hin und her von Höhenzug zu Höhenzug, nämlich vom Irchel nach Iselisberg, von hier nach dem Stähelibuck, über den Wellenberg und Ottenberg hinweg nach der Seegegend. Die intensivsten Entleerungen überschritten somit alle in der Richtung West-Ost stehenden Höhenzüge mit *zerstörender Wucht*; somit lag der Entstehungsort der Körner weit höher als die Gipfel der angeführten Höhenzüge.

Die hagelführenden Gewitter überziehen jedoch nicht nur kleinere Gebirgszüge, sondern auch solche, die bereits den Voralpen, ja sogar den Hochalpen angehören. Ich führe beispielsweise an, dass am 15. August 1888 ein Hagelschlag sich über den Rigikulm hinwegbewegte gegen die Scheidegg und sich bei Gersau in den Vierwaldstättersee stürzte, ferner dass am 14. Juli 1884 ein sehr schweres Hagelwetter die Südostalpen durchzog und einen grossen Teil des Kantons Tessin mit Hagel überschüttete. Der Schlag erstreckte sich vom Lukmanierpass aus südwestwärts über Gebirgsstöcke und Täler, wie wenn der Boden unter ihm und für ihn geebnet wäre. Ferner ist der Beschreibung zweier Hagelwetter vom 7. und 8. Juli 1875 von dem berühmten Genfer Physiker *Colladon* folgendes zu entnehmen:¹ „Das erste derselben begann etwas vor 10 Uhr abends an der Saône (zwischen Macon und Lyon) und legte in fast rein östlicher Richtung die Strecke bis St. Maurice und zu den Bädern von Lavey unterhalb Sion bis 2 Uhr morgens zurück. Genf traf es um Mitternacht. Die verhagelte Zone hatte eine Länge von 200 km bei 7 bis 8 km durchschnittlicher Breite. Das zweite Hagelwetter entwickelte sich um Mittag des nächsten Tages bei Port de Beauvoisin (S-W von Chambery) und nahm einen fast rein nordöstlichen Verlauf, indem es gegen 3 Uhr 15 Minuten bei Sion am linken Rhoneufer anlangte. Die rasche Aufeinanderfolge zweier mächtiger Hagelstriche an benachbarten Orten (der zweite Hagelstrich blieb aber ganz südlich von dem erstern, nur die Enden trafen auf nahe denselben Ort westlich von Sion), ihre wenig verschiedene Geschwindigkeit, ziemlich paralleler Lauf, ziemlich übereinstimmende Grösse des Hagelkorns u. s. f. ist eine sehr bemerkenswerte Tatsache. *In beiden Fällen überschritten die Hagelwolken Bergketten von 1500—2000 m Seehöhe (zirka 1100—1600 m relativ), ohne in ihrer Geschwindigkeit und Richtung hiedurch merklich beeinflusst zu werden.*“

Die angeführten Beobachtungstatsachen berechtigen zu der Schlussfolgerung: *Ein Hagelwetter, das sich einmal aus dieser oder jener Ursache in einer bestimmten Richtung in Bewegung gesetzt hat, behält die angenommene Bewegungsrichtung bei, unbeachtet, ob Gebirgszüge und Täler mit derselben überein-*

¹ Meteorologische Zeitschrift von Dr. J. Hann, Bd. XV, p. 430.

stimmen oder sie durchschneiden. Die Configuration des Bodens ist bei angenommener Bewegungsrichtung ohne Einfluss auf den weitern Verlauf des Phänomens.

Es kommt nun auch noch vor, dass mehrere Hagelwetter am nämlichen Tage, jedoch zu verschiedenen Tagesstunden und in verschiedenen Gegenden auftreten. Die graphische Darstellung zeigt dann nicht selten, dass die bestrichenen Flächen in chronologischer Reihenfolge geradlinig angeordnet sind. Die Vermutung, dass in einem solchen Falle alle Einzeltreffen in organischem Zusammenhange stehen und Glieder desselben Individuums sind, ist naheliegend und wird manchmal durch rieselförmige Uebergänge noch besonders nahe gelegt. Ein solches Unwetter entlud sich z. B. am 16. Juli 1884 auf der langen Linie von der Saane im Kanton Freiburg bis in die Nähe des Bodensees, seine Bahn intermittierend, nach Art einer punktirten Linie verzeichnend. Nach den Annalen der schweizerischen meteorologischen Centralanstalt begann das Hagelwetter in *Valsainte* und bei Freiburg, überstrich zwischen Guggisberg und Signau-Langnau einen 40 km langen und 7 km breiten Streifen, übersetzte in der Mitte zwischen Bern und Thun das Aaretal, erlangte hier die grösste Breitereaudehnung, um bald vollständig zu verschwinden. Der Schlag setzte sodann im Seetal bei Sursee wieder ein, verbreitete sich über das Gebiet der drei Seen, überzog die Gehänge des Lindenberges, die Gemeinden Muri und Aristau und gelangte bis in die Reuss; hier fand wieder eine Unterbrechung statt. Die nächste Fortsetzung finden wir am Zürichsee und Greifensee. Endlich entstand noch Hagel am mittlern Laufe der Thur, in den Gemeinden Fischingen, am Nollen, in Sulgen, und schliesslich in Amrisweil und Altnau. Die Körner wurden gegen das Ende hin immer kleiner und schliesslich ganz schadlos.

Auch der Wechsel zwischen grossen und kleinen, trüben und hellen Körnern, ebenso zwischen Hagel und Regen kann durch ein Beispiel aus den schon wiederholt angeführten Annalen gut illustriert werden. In der Beschreibung des Hagelwetters vom 30. Mai 1885 finden wir folgende Stelle: „Viel beträchtlicher waren die Niederschlagsmengen in den Voralpen der Zentralschweiz, wo auch Hagel fiel. Zuerst wurde von diesem der Kanton Obwalden betroffen, wo die

Bezirke Sarnen, Alpnach und Kerns mit haselnussgrossen Körnern überschüttet wurden. Im Kanton Schwyz hagelte es im Bezirke Einsiedeln, die Körner hatten jedoch nur Graupelgrösse. Den grössten Betrag erreichten die Niederschläge im Toggenburg, wo die gefallenen Wassermassen Ueberschwemmungen und Erdschlipfe veranlassten. Dann fiel wieder Hagel über Lichtensteig, Oberhelfenschwyl, Mogelsberg, Brunnadern und Degersheim. Die Hagelkörner hatten in Mogelsberg $\frac{1}{2}$ —1 cm im Durchmesser und waren undurchsichtig und aussergewöhnlich hart; in Lichtensteig hatten sie die Grösse von Haselnüssen bis kleinen Baumnüssen und waren wenig durchsichtig, und endlich in Hemberg-Oberhelfenschwyl hatten sie 2—3 cm Durchmesser und waren „ganz hell und gläsern.“ In Lichtensteig fiel vor Eintritt des Hagels und während desselben ein sehr starker Regen, in Hemberg-Oberhelfenschwyl setzte zuerst der Hagel ein und wechselte dann dreimal mit dem Regen ab.“

Ueber den Einfluss der Wälder auf den Hagelschlag.

Mit dem gleichen Unrechte, mit welchem man bis jetzt der vertikalen Gliederung des Bodens einen übertriebenen Einfluss auf die Ausbreitungs- oder Bewegungsrichtung eines Hagelwetters zugeschrieben hat, hat man auch die Einwirkung der Wälder auf das nämliche Phänomen bis dato unrichtig beurteilt und zwar in der Weise, dass man den Wäldern eine schützende Wirkung zugeteilt hat, welche sie in Wirklichkeit gar nicht besitzen. Seitdem die meteorologische Centralanstalt in Zürich die Gewitterstatistik an die Hand genommen hat, sind dort von kantonalen Forstbeamten und Bezirksförstern eine Reihe von Berichten zusammengelaufen, welche die bisherigen Auffassungen als irrig erscheinen lassen. Es ist interessant, einige dieser Berichte wörtlich kennen zu lernen.

Nachdem am 30. Juni 1885 ein verheerendes Hagelwetter die Kantone Luzern, Aargau und Zürich verwüstet hatte, wurde für den Kanton Luzern eine Abschätzungskommission für den kulturellen Schaden ernannt. In ihrem Berichte an die kantonale Regierung heisst es u. a.: „Da man in neuerer Zeit dem Walde einen wesentlichen Einfluss auf Bildung und Verhinderung von Hagelwettern beilegt und

diese Ansicht auch in den betroffenen Hagelgebieten öfters geäußert wurde, haben wir auch nach dieser Richtung hin einige Beobachtungen notirt, die wir in folgendem andeuten wollen:

Wir gehen dabei von der Ansicht aus, dass unsere Wahrnehmungen vielleicht in Kreisen, wo man sich speziell mit der Theorie der Hagelbildung befasst, Verwendung finden können. Die herrschende Ansicht, dass der Wald Hagelbildung verhindern oder Hagelgewitter in gewöhnliche umwandeln könne, wird durch unsere Beobachtungen nicht besonders unterstützt. Wir haben zwar auch die Beobachtung gemacht, dass der Wald auf die Intensität der Hagelschläge von Einfluss ist, da nach dem Ueberschreiten des Waldes ein Abnehmen des Schadens sich zeigte, doch meistens nur auf ganz geringe Ausdehnung; eine Abschwächung des Gewitters im weitem zeigte sich nicht. Die Erscheinung, dass Waldsäume auf der dem Hagelstrich abgekehrten Seite fast unversehrt waren, ist nur eine Folge der Deckung durch den Wald.

Wir haben im fernern auch nicht an einem einzigen Orte einen Fall konstatiren können, wo Richtung oder Intensität des Gewitters wegen einer Waldlücke verändert worden wäre. Gleichwohl wollen wir nicht bestreiten, dass der Wald in gewissen Fällen auf die Hochgewitter einen günstigen, mässigen Einfluss auszuüben im stande ist. Wir denken uns, dass dies dann der Fall sein wird, wenn die Gewitter von geringer Ausdehnung sind und namentlich, wenn sie in geringer Höhe über dem Boden einhergehen. In unserem Falle haben wir es mit hochgehenden, nach beiden Richtungen gross angelegten Gewittern zu tun.“

Ueber das gleiche Unwetter schreibt der Kreisförster *Häusler*: „Und nun, wie sieht's in den Waldungen aus, über die das Hagelwetter gezogen ist? Anfänglich hatte ich gehofft, der Menziker und Reinacher „Einschlag“ und das Bannwyler „Tannenholz“ auf der Schwarzenberger „Höhe“ werden das Gewitter, wenn auch nicht aufhalten, so doch etwas gemildert haben. — Aber Welch' arge Täuschung! Der Hagel hat diese dicht belaubten, gut geschlossenen, frohwüchsigen Bestände seine ganze Wut fühlen lassen. Eine 5 cm dicke Schicht von Blättern, Nadeln und Zweigen deckte überall den Boden. Aeste von Meterlänge und darüber,

Tannen-, Föhren- und Lärchengipfel lagen massenhaft abgeschlagen auf dem Boden. Ich traf Eichenoberständer im Mittelwald total kahl und entblättert; die Wipfel der Tannen ganz rot und verschunden, die Rinden von den Quirlen losgelöst.“

Forstmeister *Orelli* sagt: „Im ganzen schienen die ältern Hochwaldbestände diesen Gewitterzug wenig beeinflusst zu haben, da bewaldete Hügel (z. B. Altberg, Schenkelberg, Dietlisberg bei Rafz) ebenso leicht überschritten wurden, wie nicht bewaldete Hügel und Berge.“

Während des Hagelwetters vom 3. Juni 1886, das sich vom Zusammenfluss der Saane mit der Aare bis nach Schüpfen erstreckte, „fiel der Hagel über einem meist bewaldeten Hügelzug und Hochplateau.“ In einem Originalbericht heisst es: „Im Frienisbergwald ist der Boden mit abgeschlagenen Blättern, Aestchen, Tannenzapfen besät und merkt man hier nicht, dass der Hagel weniger intensiv gewesen sei, als auf dem freien Felde.“

Im fernern berichtet Herr Kreisförster *Heusler* in Lenzburg über das Hagelwetter vom 2. Juni 1887, das den Kanton Aargau durchzog: „Im l. John des Suhrhard (Gemeinde Suhr) sind über 40 Eichenständer entwurzelt am Boden liegend. Grausiges Bild der Verwüstung durch den orkanartigen Sturm! Die Holzmacher mussten sich flüchten und Rottannenrinde zum Schutze über die Köpfe decken; beinahe wären sie von einer fallenden Eiche getroffen worden. Dieselben behaupten auch, dass dort Hagelsteine in Hühner-eiergrösse und darüber, zackig und kompakt gefallen seien. Die schönen Wald- und Feldkulturen sehen bedenklich aus; Gipfeltriebe meist abgeschlagen. Von dem Gebiet, das ich durchreist, war der Hagelschlag *hier* am bedeutendsten.“

Am 21. Juni 1888 durchzog ein Hagelschlag das Tal der Birsig, über dessen Tätigkeit wir von Herrn Kreisförster *Jermann* informirt werden: „Von Laufen über Brislach, Zwingen, Wohlen sind nur einzelne Körner gefallen. Der eigentliche Hagelschlag hat erst beim Eintritt in den Staatswald „Allmend“ begonnen. Das Wetter soll dort zirka 5 Minuten still gestanden haben und es wurden Saat- und Pflanzschule stark mitgenommen. Von hier zog sich das Wetter über das Birstal hinüber über die Felder und Waldungen von

Nenzlingen, wo es auf der Höhe des Eggberges wieder stillstand und nachher ins Tal hinabzog über Pfeffingen und Aesch. Alle Waldungen sind gemischt, vorherrschend Laubholz und meistens Hochwald; nur im Birsigtal werden Niederwaldschläge geführt; Holz jung bis mittelwüchsig, nur Staatswaldungen, zum Teil altes und haubares Holz.“ In einer Zeitungsnotiz über das Hagelwetter vom 25. Juni 1885 im Toggenburg heisst es: „Die Körner sollen bis 50 g schwer gewesen sein und den Boden 4 cm hoch bedeckt haben. Dennoch war der Schaden nicht sehr gross, da natürlich viel *Wald* und Waidland betroffen wurde.“

In der Beschreibung des Hagelwetters vom 2. Juni 1889 im Freiamte, vom Kreisforstamte *Muri*, ist zu lesen: „Im Kirchmooswald ist der Boden total mit jungen Trieben der Tannen bedeckt.“ In dem Berichte des Forstamtes *Aarberg* heisst es: „Im Laub- und Nadelwald zeigt sich starkes Abschlagen von Laub (Eichen- mehr als Buchenlaub), kleinen Zweigen und frischen Tannlisprossen etc.“

Ueber das Unwetter vom 13. Juli 1889 im Entlebuch, finden wir die Stelle: „Der Hagelschlag war sehr wichtig auf dem Höhenzug von Schratten her über die Farnern, First, Schimberg, Riselten und Pilatus. Hasli- und Entlebucher-Hochwald waren weiss wie im Winter.“

Und schliesslich noch ein Passus aus einem Berichte des schon wiederholt zu Rate gezogenen, aufmerksamen Beobachters, Herrn Kreisförster *Heusler* in Lenzburg, über das Hagelwetter vom Ruedertal bis Dintikon: „Später, als das Gewitter am „Riesenberg“, 668 m, mit Nadelholz bewaldet, anstund, fielen die Hagelkörner in verstärkter Dichtigkeit fast senkrecht oder vielmehr von Ost nach West auf die Felder und Wälder zwischen Geisshof und Stockhof, 558 m, welches Gebiet infolge dessen weitaus am stärksten gelitten hat.“

Diese Zitate reichen wohl aus zum Beweise, dass die landläufige Ansicht vom Schutze der Wälder bei fortschreitenden Hagelwettern eine irrige ist und dass es vor allem an der Zeit wäre, Behauptungen, zufolge derer Waldlücken im stande sein sollen, Hagelfall zu unterhalten, während letzterer beiderseits durch den Wald sistirt werde, als zu weit gehend zu Grabe zu tragen. Die angeführten Erfahrungen berechtigen im Gegenteil zur Wiederholung der schon in der Beschreibung

des Hagelwetters vom 6. Juni 1891 aufgestellten Behauptung, *dass selbst ausgedehnte Waldkomplexe nicht im stande sind, fortschreitende Hagelschläge zu stillen*. Die bisherige Ansicht vom Schutze der Wälder kann sich gebildet haben, weil der Schaden in den Wäldern nicht so auffällig ist, wie ausserhalb, und weil demselben in frühern Jahren weniger Bedeutung beigemessen wurde als heutzutage.

Die Untersuchung des Hagelwetters, welches am 6. Juni 1891 den Kanton Thurgau heimgesucht hat, führte betreffs Einflusses der Wälder auf den Hagelschlag noch zu einem weitem Resultate, das an dieser Stelle erwähnenswert ist. Die kartographische Aufzeichnung führte nämlich zur Erkenntnis, dass allerdings das Hagelphänomen als Ganzes aufgefasst einen schnurgeraden Verlauf hatte, dass aber innerhalb der parallel verlaufenden Grenzlinien, innert welcher überhaupt Hagel gefallen ist, der Streifen intensivster Entleerung im Zickzack hin und her geworfen wurde. Die genauere Prüfung erwies, dass diese wellenartige Bewegung der stärksten Entleerung dem Wechsel der Waldungen folgte. *Das Hin- und Hergehen des Streifens stärkster Schädigung innerhalb der gesamten Hagelzone ist durch die Situation der grossen Waldkomplexe verursacht worden, und zwar hat sich die intensivste Entleerung immer auf diejenige Seite gewendet, auf welcher das Uebergewicht der Wälder zu finden war.*

Ueber die Geschwindigkeit der Hagelwetter.

Die Geschwindigkeit, mit welcher die verheerenden Meteore eine Landschaft überschütten, ist sehr verschieden. Ich will mich darauf beschränken, drei Beispiele anzuführen, von denen zwei den Extremen und eines den Mittelwerten angehören. Das mit Hagelschlag begleitete Gewitter vom 16. Juli 1884 legte stündlich 69 km zurück, dasjenige vom 18. August 1884 zirka 35 km, während das Unwetter vom 6. Juni 1891 den Thurgau mit einer Geschwindigkeit von 57 km pro Stunde durchzog. Wenn wir die angegebenen Zahlen auf die Sekunde reduzieren, so finden wir für die grösste sekundliche Geschwindigkeit 19,2 m, für die kleinste 9,7 m und für die mittlere 15,8 m. Wir können somit sagen, *die Geschwindigkeit, mit welcher ein Hagelwetter eine Gegend*

überzieht, bewegt sich in der Regel zwischen 10 und 20 m und beträgt im Mittel 15 m per Sekunde; eine Zahl, wie man sie übrigens auch schon in Fachschriften und Lehrbüchern angegeben findet.

Ueber die Periodizität der Hagelschläge.

Die Frage der Periodizität der Hagelschläge war schon vor mehr als 30 Jahren auf der Tagesordnung meteorologischer Untersuchungen. Im Jahre 1858 veröffentlichten die Herren *Fournet* und *Benoit* in den „Annales de la Soc. d'Agriculture de Lyon“ eine Zusammenstellung der Hagelwetter, welche in dem Zeitraum von 1819—1866 im Rhonedepartement vorgekommen sind. Für den Zeitraum 1824—1866 sind die halbmonatlichen Summen vom April bis Oktober folgende:¹

	1.—15.	16.—30 (31.)		1.—15.	16.—30. (31.)
April	5	8	August	52	38
Mai	20	33	September	16	10
Juni	53	33	Oktober	6	0
Juli	52	57			

Hiernach gibt es in dem bezeichneten Gebiete in der ersten Hälfte des Juni und in der zweiten Hälfte des Juli die meisten Hagelwetter, während zwischen den beiden Epochen eine verminderte Häufigkeit konstatiert ist.

Nach einer zweiten Zusammenstellung der Hagelfälle im gleichen Gebiete ergab sich für den Zeitraum 1824—1878, dass das erste Maximum in der ersten Dekade des Juni, das zweite dagegen in der ersten Dekade des August liegt.

Uebereinstimmend mit dem ersten der beiden Ergebnisse hinsichtlich der Lage der Maxima, hat Herr Professor *v. Bezold* für das verwandte Phänomen des Gewitters aus einer Beobachtungsreihe der meteorologischen Station *Hohenpeissenburg* für 52 Jahre die Zahlen gefunden:

	1.—15.	16.—30. (31.)
April	29	64
Mai	118	126
Juni	164	139
Juli	166	192
August	181	142
September	79	43
Oktober	17	8

¹ Meteorologische Zeitschrift von Jelinek und Hann, Bd. VIII. p. 172.

Für *Kärnten* fand Herr *Johann Prettner* aus 20jährigen Beobachtungen die Summen:

	1. und 2. Woche.	3. und 4. Woche.
Mai	0	10
Juni	32	37
Juli	32	50
August	31	21
September	4	1

Württemberg weist nach den Untersuchungen des Herrn Finanzassessors *Camerer* für den Zeitraum 1828—1873 folgende Summen auf:

Februar	2	Juni	173
März	0	Juli	216
April	3	August	118
Mai	86	September	20

Für die Schweiz als Ganzes findet sich keine analoge Statistik für eine grosse Reihe von Beobachtungsjahren vor, wohl aber für den Kanton *Zürich*, der durch Herrn Professor *Fritz* zu einer solchen für 90 Jahre gekommen ist. Allerdings ist das Material, besonders für den Anfang des Jahrhunderts, etwas locker und bezieht sich die Zählung nicht nur auf Hagel-, sondern auch auf Rieselschläge; dessenungeachtet sind die Zahlen brauchbar. Dieselben sind:

	1. Dek.	2. Dek.	3. Dek.		1. Dek.	2. Dek.	3. Dek.
Januar	1	2	1	Juli	102	121	122
Februar	1	4	3	August	136	155	112
März	3	6	10	September	59	48	22
April	32	55	52	Oktober	15	8	0
Mai	66	74	102	November	4	6	1
Juni	114	155	138	Dezember	0	1	3

Für die *ganze Schweiz* findet sich in den Annalen der schweizerischen Zentralanstalt nur Material für die Jahre 1883—1889. Aber auch diese kurze Reihe zeigt zwei Maxima, von denen das erste in die erste Dekade des Juni, die zweite in die zweite Dekade des Juli hineinfällt.

Für die einzelnen Gebiete hat sich nun ergeben:

	1. Maximum.	2. Maximum.
Rhonedepartement:	1. Dekade d. Juni.	1. Dekade d. August.
Hohenpeissenburg:	1. Hälfte - -	2. Hälfte - Juli.
Kärnten:	2. - - -	2. - - -
Kanton Zürich:	2. Dekade - -	2. Dekade - August.
Schweiz:	1. - - -	2. - - Juli.

Es ist auf der Hand liegend, dass man in Anbetracht der Beschaffenheit des Materials nicht zu sehr auf die einzelnen Daten pochen kann. Immerhin spricht die Uebereinstimmung der Ergebnisse dafür, dass folgende allgemeine Sätze als richtig aufgestellt werden können:

- 1) *Der Hagel ist in den gemässigten Zonen eine Erscheinung der heissen Jahreszeit. Das Vorkommen erstreckt sich über die Monate April bis Oktober. Hagelschläge im März sind meteorologische Seltenheiten.*
- 2) *Die Häufigkeit der Hagelschläge hat zwei ausgesprochene Maxima, von denen das eine in die erste Hälfte des Juni, das andere in die zweite Hälfte des Juli hineinfällt.*

Die Häufigkeit der Hagelschläge ist nicht nur einer jährlichen Periode unterworfen, sondern, wie zuerst Herr Professor *Fritz*¹ nachgewiesen hat, einer mehrjährigen und vermutlich sogar noch einer sekulären. Um die Veränderlichkeit in der Häufigkeit im Laufe mehrerer Jahre zu erkennen, benützte *Fritz* die Aufzeichnungen von 23 französischen, 5 italienischen, 10 belgischen und holländischen, 118 österreichischen, 51 deutschen, 14 schweizerischen und 5 grossbritannischen, in summa also 226 Stationen, bildete für das laufende Jahrhundert die fünfjährigen Mittelsummen und verglich dieselben mit dem gemeinsamen Mittel. Dabei ergab sich, dass der Verlauf der Reihe deutlich *Maxima* und *Minima* hervortreten liess. Die Reihe zeigte *Maxima der Hagelfälle* in den Jahren:

1804, 1819, 1828, 1839, 1848, 1859, 1869, 1883.

Die *Sonnenfleckenmaxima* fielen auf:

1804, 1816, 1829, 1837, 1848, 1860, 1871, 1883.

In diesen Zahlen herrscht eine so überraschende Uebereinstimmung, dass sie zu dem Schlusse berechtigt: *Die Hagel-*

¹ Internationale wissenschaftliche Bibliothek, Bd. LXVIII.

erscheinung ist periodisch veränderlich und erreicht mit den Maxima und Minima der Sonnentätigkeit auch die Wendepunkte ihrer Perioden. Nach der Erkenntnis dieser Naturwahrheit prüfte *Fritz* noch Beobachtungsreihen aus dem vorigen Jahrhundert und fand die Parallelität der beiden Erscheinungen aufs schönste bestätigt. Der Unterschied der Hagelhäufigkeit in den Jahren mit Maxima und derjenigen der Minima ist nur unbedeutend. Das Verhältnis der Minimalzahlen zu den Maximalzahlen ist 7 : 10.

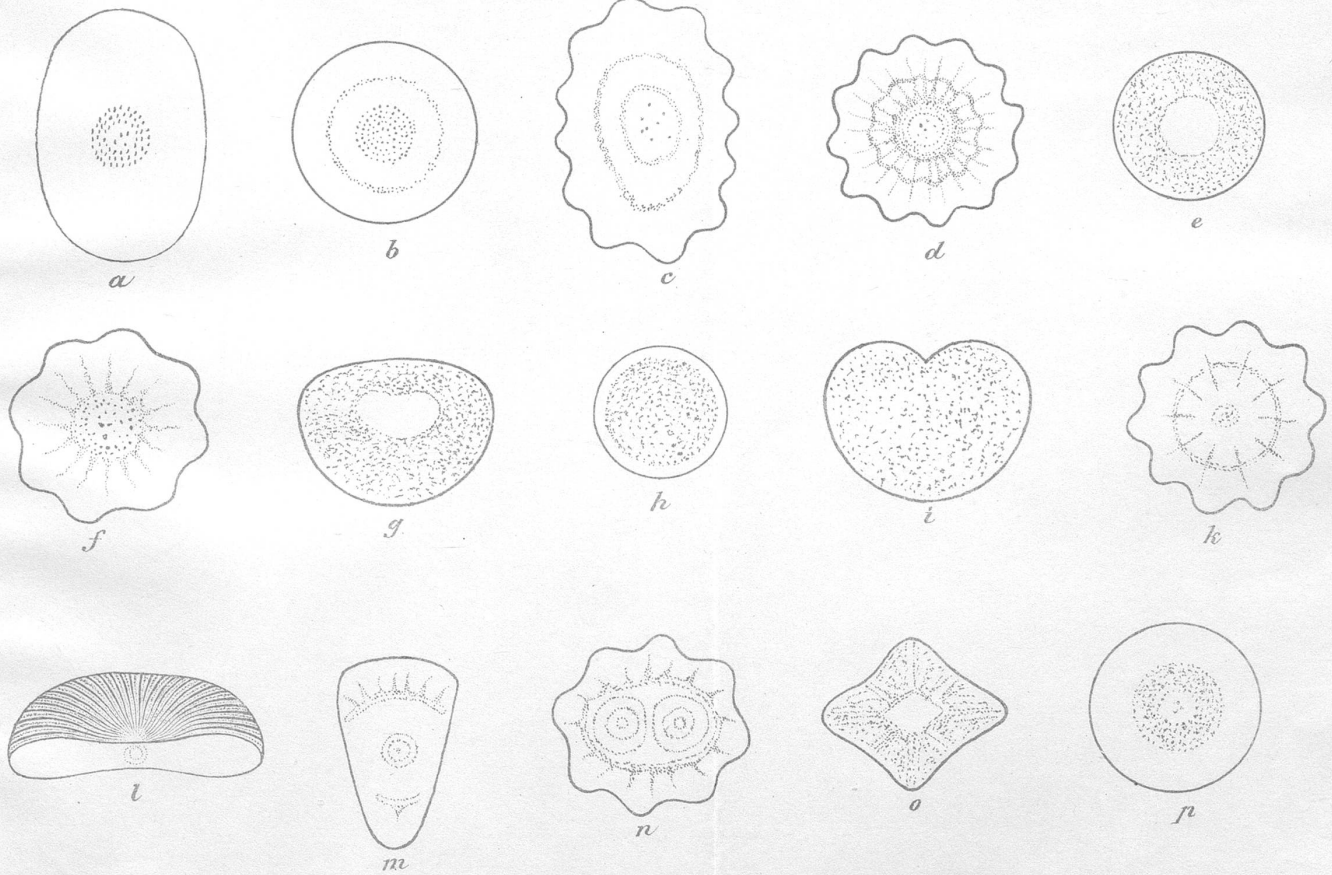
Parallel mit der Sonnenfleckenhäufigkeit wächst und schwindet auch die Häufigkeit der Polarlichter, so dass ein rasches Steigen der Zahl der Sonnenflecken auch ein solches bei den Nordlichterscheinungen beobachten lässt. Hieraus ergibt sich der weitere Schluss, *dass die Häufigkeit der Hagelschläge und diejenige der Polarlichter sich im gleichen Sinne ändern.* Das Erscheinen grosser Nordlichter in mittlern und niedern Breiten weist stets mit grosser Wahrscheinlichkeit auf hagelreiche Jahre hin.

Herr Professor *Fritz* glaubt in dem Umstande, dass die Zahlen der Hagelfälle zwischen 1840 und 1850, ebenso im ersten und letzten Drittel des letzten Jahrhunderts ausgesprochene Maxima aufweisen, eine Andeutung zu erblicken, dass ausser der oben angegebenen elfjährigen noch eine zweite zirka 55 Jahre dauernde Periode der Hagelhäufigkeit bestehe, will aber, in Anbetracht des Umstandes, dass die benutzten Beobachtungsreihen nicht homogen genug sind, das Resultat noch mit Vorsicht aufgenommen wissen.

Hagelkörner,
gefallen am 6. Juni 1891 in Frauenfeld.

Taf. I.

(nat. Grösse)



Cl. Hess.

Taf. II.

