

## Die Bekämpfung des Hagels durch das sogenannte Wetterschiessen.

Von Prof. Dr. **K. Mack** in Hohenheim.

Mehr und mehr hat in letzter Zeit das sogenannte Wetterschiessen von sich reden gemacht, seitdem im Jahre 1896 der Bürgermeister STIGER von Windisch-Feistritz in Steiermark dieses Verfahren in der dortigen Gegend zur Abwendung von Hagelschlägen in systematischer Weise eingeführt und seitdem sein Vorgang vielerorts, insbesondere auch in Italien, Nachahmung gefunden hat. Der Glaube an die Wirksamkeit des Wetterschiessens, das lediglich in der Abfeuerung von Schüssen aus geeignet konstruierten Böllern gegen die Wetterwolken besteht, ist übrigens ein alter<sup>1</sup>; schon im vorletzten, d. h. im 18. Jahrhundert wurde es in den österreichischen Kronländern ausgeübt und dann durch ein Hofdekret der Kaiserin Maria Theresia verboten. Die Resultate, die mittels des neuen STIGER'schen Verfahrens in des Wortes voller Bedeutung erzielt wurden, erfuhren in den betreffenden Gegenden eine ganz vorwiegend günstige, zum Teil sogar eine enthusiastische Beurteilung, so dass auch anderwärts, wo Hagelwetter häufig auftreten und durch ihre Verheerungen die Landwirtschaft und den ganzen Volkswohlstand schädigen, der höchst gerechtfertigte Wunsch rege wurde, dass, sobald der Erfolg des

<sup>1</sup> Vergl. den zahlreiche interessante Einzelheiten enthaltenden Aufsatz von R. v. Strele über „Wetterläuten und Wetterschiessen“ in der Zeitschrift des deutschen und österreichischen Alpenvereins, Jahrg. 1898, S. 123. Es findet sich dort u. a. die Angabe, dass die philosophische Klasse der Münchner Akademie im Jahre 1785 die Preisfrage aufwarf: „Was für Wirkung hat das Abfeuern des Geschützes auf Wetterwolken? Was lehrt die Erfahrung in Hinsicht auf die verschiedenen Lagen? Ist es als ein Mittel gegen die Wetter- und Hagelschäden einzuführen, oder als den eigenen und nachbarlichen Fluren gefährlich zu verbieten?“ Ob und von wem die Preisaufgabe behandelt wurde, ist v. Strele nicht bekannt.

Wetterschiessens als ein unzweifelhafter erkannt sei, man sich das neue Verfahren ebenfalls zu eigen machen möge. Da auch bei uns in Württemberg fast alljährlich sehr empfindliche Schädigungen durch Hagelschlag dem Land und der Landwirtschaft erwachsen, ist es gewiss angezeigt, die Nachrichten über die Erfolge des Wetterschiessens — positive wie negative —, sowie über die Fortschritte in der Technik desselben aufmerksam zu verfolgen. Wenn ich mir heute erlaube, in unserem Verein die Aufmerksamkeit auf das Wetterschiessen zu lenken, so geschieht es deshalb, weil ich glaube, dass nunmehr die Angelegenheit in ein Stadium getreten ist, das die Bildung eines zutreffenden Urteils über Wert oder Unwert des Verfahrens zu ermöglichen beginnt. Zwei neue Momente liegen nämlich jetzt vor, die für die Beurteilung der Angelegenheit von hoher Bedeutung sind. —

Das eine dieser Momente liegt in der Anstellung systematisch durchgeführter Versuche mit Böllern, wie sie nach STIGER zum Wetterschiessen verwendet werden; diese Versuche haben gelehrt, dass durch solche Böller Luftbewegungen von so ausserordentlich grosser Energie erzeugt werden, dass man berechtigt ist, in ihnen wenigstens einen zureichenden Grund für eine auf die Wetterwolken auszuübende Wirkung zu erkennen. Diese Versuche wurden in St. Kathrein bei Bruck an der Mur in Steiermark vor einigen Wochen, gegen Mitte Januar ds. Js., ausgeführt, unter Anwesenheit eines Vertreters der österreichischen Centralanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus; und der Direktor dieses Instituts, Dr. PERNTER, hat am 20. Januar in Wien der österreichischen meteorologischen Gesellschaft einen hochinteressanten Vortrag über die Ergebnisse der Schiessversuche sowie über die Frage des Wetterschiessens überhaupt gehalten<sup>1</sup>.

Das zweite der oben genannten Momente besteht darin, dass nunmehr genauere Nachrichten vorliegen über den Verlauf eines „Wetterschiesskongresses“, der im November v. Js. in Casale-Monferrato in Piemont abgehalten wurde und den Zweck hatte, die bisherigen Erfahrungen auf dem Gebiet des Wetterschiessens in den verschiedenen Ländern zusammenzustellen und zu diskutieren. Dieser Kongress war sehr zahlreich, auch von der gelehrten Welt Italiens, besucht und es wurde auf ihm konstatiert, dass die bisherigen Wetterschiessversuche über alle Erwartungen günstige Resultate geliefert haben.

<sup>1</sup> Der Wortlaut dieses Vortrages wurde von Herrn Pernter in den Nummern 19 und 20 der „Wiener Abendpost“ veröffentlicht.

Ich möchte Ihnen nun zunächst etwas genaueren Bericht erstatten sowohl über jene Schiessversuche in St. Kathrein, wie auch über den Kongress in Casale-Monferrato, wobei ich meinen Mitteilungen jenen oben erwähnten Vortrag des Herrn Direktor PERNTER in Wien sowie das Protokoll des Kongresses in Casale-Monferrato zu Grunde lege<sup>1</sup>.

Um die zeitliche Reihenfolge einzuhalten, wenden wir uns zunächst zu dem Kongress von Casale. Hinsichtlich seiner Vorgeschichte ist folgendes zu bemerken: Nachdem im Jahre 1896 Herr STIGER das Wetterschiessen aus seinen eigens konstruierten Böllern wieder eingeführt hatte, deren in der nächsten Umgebung von Windisch-Feistritz 36 Stück aufgestellt waren, verwandelte sich die Gering-schätzung, mit der sein Vorgehen ursprünglich betrachtet wurde, bald in ihr Gegenteil. „Seit den 70er Jahren hatte es jedes Jahr Hagelschläge gegeben; seit Herr STIGER das Wetterschiessen wieder aufgenommen hat, hagelte es wohl in den angrenzenden Gegenden, aber nicht wieder in Windisch-Feistritz, und bis heute ist dort thatsächlich kein Hagelschaden mehr vorgekommen<sup>2</sup>.“

Das Wetterschiessen fand nun auch in anderen Weinbaugegen-den Steiermarks Eingang, und sein Ruf verbreitete sich bald nach dem häufig vom Hagel heimgesuchten Oberitalien. Ein italienischer Deputierter, Dr. E. OTTAVI, begab sich nach Windisch-Feistritz, um an Ort und Stelle die Einrichtungen zu studieren, und verpflanzte das STIGER'sche Verfahren nach Italien. Ausserordentlich rasch wurden in den am meisten vom Hagel betroffenen Gegenden in Piemont, in der Lombardei, im Venetianischen, in der Emilia und in Toskana eine grosse Zahl von Schiessstationen eingerichtet. Im Jahre 1899 wurde mit der Einführung des Schiessens in Italien begonnen, und schon in diesem Jahre waren ca. 2000 Schiessstationen in Thätigkeit. In der Provinz Alessandria allein, der auch Casale-Monferrato angehört, wurden 340 Stationen erstellt, in der Provinz Vicenza 443, in der Gegend von Bergamo 195, bei Brescia 260. Um sofort einen Überblick über den Nutzen der neuen Institution zu erhalten, beschlossen die Italiener die Einberufung jenes Wetterschiesskongresses, der dann in der That in der Zeit vom 6.—8. November abgehalten wurde. Das italienische Ackerbauministerium war dabei durch den Unterstaatssekretär vertreten, das Kriegsministerium und das Ministerium des Innern entsandten Abgeordnete. Unter den anwesenden

<sup>1</sup> Atti del congresso degli spari contro la grandine. Casale 1899.

<sup>2</sup> Pernter l. c.

italienischen Gelehrten sind die Professoren BOMBICCI und MARANGONI, die durch ihre Untersuchungen über die Hagelbildung bekannt sind<sup>1</sup>, hervorzuheben. Im ganzen waren 560 Kongressteilnehmer erschienen, darunter auch Herr STIGER selbst, der zum Ehrenpräsidenten gewählt wurde. Vier Referenten berichteten über die Erfolge des Wetterschiessens in den verschiedenen Gegenden: ein Herr SUSCHNIG über Steiermark und drei italienische Professoren über Piemont, die Lombardei und Venetien. Alle Referenten stimmten darin überein, dass bei rechtzeitigem Beginn des Schiessens der Erfolg, d. d. die Abwendung des Hagels, stets eintrat; dass dort, wo nicht geschossen wurde, der Hagel seine vernichtende Wirkung ausübte, während im Schiessgebiet kein Hagel fiel. Es verdient hervorgehoben zu werden, dass die Referenten sich bemühten, möglichst objektiv und zurückhaltend sich zu äussern und jede allzu sanguinische Auffassung zu vermeiden. Die Resolution, die auf die Vorträge der Referenten hin vom Kongress angenommen wurde, lautet folgendermassen: „Nach Kenntnisnahme der Resultate, welche durch die Schiessversuche in Steiermark, Dalmatien, Piemont, der Lombardei, Venedig, der Emilia und in Toskana erzielt wurden, ist der Kongress überzeugt: a) dass wir durch das Wetterschiessen einen erfolgversprechenden Weg zur Lösung des wichtigen Problems der Abwendung des Hagels beschritten haben; b) dass die in diesem Jahre erzielten Erfolge gar nicht vielversprechender sein könnten; c) er wünscht, dass die Gegenden, in welchen heuer die ersten Versuche gemacht wurden, Mittel und Wege finden mögen, die Hagelschutzwehr auf Grund der gemachten Erfahrungen auszugestalten.“ Weitere Themata, die vom Kongress behandelt wurden, waren die folgenden: die Technik der gegenwärtigen Schiessapparate; Vorschläge neuer Schiesssysteme; Technik und Disziplin des Schiessens; wissenschaftliche Folgerungen, welche aus den bisherigen Schiesserfahrungen gezogen werden können; Erörterungen über die Zweckmässigkeit besonderer gesetzlicher Bestimmungen hinsichtlich des Wetterschiessens; die Bildung von Hagelschiesskonsortien etc. Betreffs weiterer Einzelheiten sei auf das Protokoll des Kongresses, das vieles Interessante enthält, verwiesen.

Wir wenden uns jetzt zu den Schiessversuchen in St. Kathrein. Dieselben wurden auf Anregung des Herrn STIGER wesentlich zu dem Zweck angestellt, ein möglichst wirksames Böllermodell durch systematisches Probieren von Böllern verschiedener Dimensionen zu er-

<sup>1</sup> Vergl. z. B. Met. Zeitschr. 1891, S. 115, und 1894, S. 300.

mitteln. Das ursprüngliche STIGER'sche Modell besteht in einem gewöhnlichen Böller (oder Pöller, wie es die Österreicher nennen), vor dessen Mündung als wesentlicher Teil noch ein grosser Eisenrichter angebracht ist. Dieser Trichter hat den Zweck, die Wirkung des Schusses möglichst nach einer Richtung zu konzentrieren. Der Trichter besteht aus 2 mm dickem Eisenblech, ist 2 m lang und hat an der oberen Öffnung einen Durchmesser von 79 cm, an der unteren von 20 cm; an der oberen Öffnung ist inwendig ein 15 cm breiter Eisenstreifen eingienietet. Der Böller ist befestigt in einem schweren Klotz von hartem Holz; an ihn ist auch der Trichter angeschraubt. Mit solchen Böllern sind bis jetzt die Schiessstationen in Steiermark wie auch in Italien ausgestattet. Die in St. Kathrein zu dem oben angegebenen Zweck angestellten Versuche wurden durchgeführt von Herrn SUSCHNIG, Leiter eines dortigen Hammerwerks. Herr SUSCHNIG ist derselbe, welcher in Casale das Referat über Steiermark vorgetragen hatte. Direktor PERNTNER stellt ihm das Zeugnis aus, dass er „ausgestattet mit einem ausgezeichneten physikalisch-experimentellen Sinn in geradezu vollendeter Weise die Versuche durchführte, Schritt für Schritt Böllergrösse, Bohrungstiefe und -Weite, Trichterform und -Höhe, sowie Grösse der Pulverladungen experimentell durchprüfte, bis er schliesslich zum wirksamsten System kam, mit welchem geradezu staunenswerte Wirkungen erzielt werden.“

Worin besteht nun aber das Kriterium für die Wirksamkeit eines einzelnen Böllerschusses? — Hiermit kommen wir zu einem Punkt, welcher von besonderem Interesse ist. Bei jedem Schuss aus einem mit Trichter versehenen Böller fliegt ein grosser Rauchwirbelring — ähnlich den bekannten Ringen, die beim Cigarrenrauchen hervorgebracht werden können — mit bedeutender Energie aus der Mündung heraus. Dr. TRABERT, der Vertreter der Wiener Centralanstalt bei den Schiessversuchen in St. Kathrein, schreibt in dem amtlichen Bericht, den er über die Ergebnisse derselben erstattete, folgendes: „Dieser Wirbelring, der im reflektierten Sonnenlicht gesehen wird, steigt mit deutlich und weithin vernehmbarem Sausen oder Pfeifen rasch empor. Die Beobachtungen ergaben, dass sich dieses Pfeifen bis zu 13 Sekunden lang hören liess, bei Windstille und in der Ruhe der Nacht soll es bis über 20 Sekunden vernehmbar sein.“ Herr STIGER legte von Anfang an alles Gewicht auf diesen Wirbelring, und sein Pfeifen ist ihm ein Mass für die Wirksamkeit der Schüsse. Nach der Dauer des Pfeifens schätzte er stets die Güte der Schüsse und der Wetterschiessapparate. Auch die mechanische Kraft dieser Luft-

wirbelringe war Herrn STIGER nicht entgangen. Er erzählt, dass er überrascht war, einmal zu sehen, wie eine Schwalbe, welche von einem solchen Luftwirbel getroffen wurde, tot herabfiel. Herr STIGER legte übrigens der mechanischen Kraft des Wirbels nur nebensächliche Bedeutung bei. Erst bei dem Kongress in Casale fing man an, in ihr ein wesentliches Moment zu erblicken, als ein italienischer Gelehrter, Professor ROBERTO, mitteilte, dass bei Versuchen, welche er anstellte, der Wirbelring einmal bei horizontalem Schuss das Lattengestell einer in 75 m Entfernung aufgestellten Scheibe zerbrach und beim Anprallen an den Boden das daselbst stehende Gras vollständig abmähte.

Besonders überraschend waren nun die mechanischen Wirkungen der Wirbelringe bei den Versuchen in St. Kathrein. Direktor PERNER, welcher einem Teil der Versuche anwohnte, berichtet darüber folgendes:

„Wir sahen bei den Wetterschiessversuchen in St. Kathrein den Luftwirbelring mit einer enormen Geschwindigkeit in die Höhe schiessen, fast wie ein Geschoss aus dem Trichter gegen die Wolken fahren und hörten sein Pfeifen deutlich 20—28 Sekunden lang, sobald mit der ausgeprüften besten Pulverladung und den bestdimensionierten Böllern und Trichtern von 4 m Höhe geschossen wurde. Die staunenswerte Energie des Luftwirbelrings lernten wir aber erst bei den Horizontalschüssen kennen. Es war eine Reihe eigenartiger Scheiben in 40, 60, 80 und 100 m Entfernung aufgestellt. Wo der Ring in diese Scheiben fuhr, warf er die dort hängenden Stangen mit beschwerten Leinwandlappen herab, zerriss die aus dickem Papier gefertigten Scheiben (das Papier hatte einen Zerreißungswiderstand von 12 kg), riss angenagelte Leisten los, ja, brach 3 cm breite und 1,5 cm hohe Leisten entzwei, schleuderte die Bruchstücke weit auseinander — einmal 18 m weit — u. dergl. mehr. Eine grosse Dogge, die er einmal traf, überschlug zweimal und verlor dadurch alle weitere Lust zum Beobachten.“

Am Schluss seines Vortrages sagt Herr PERNER noch, dass man, so wie die Dinge jetzt liegen, das Wetterschiessen nicht einfachhin verwerfen könne. „Wir finden vielmehr manche Anhaltspunkte, welche dem Wetterschiessen in der neuen Form gar nicht wenig das Wort reden.“ —

Wie soll man sich nun aber eine Wirkung zahlreicher aus Böllern vertikal ansteigender Wirbelringe auf die Hagelwolken im Sinne einer Unschädlichmachung derselben vorstellen? Herr PERNER

giebt keine bestimmte Antwort auf diese Frage, während auf dem Kongresse in Casale verschiedene Erklärungsversuche ausgesprochen wurden, unter denen derjenige des Prof. ROBERTO hervorzuheben ist<sup>1</sup>. Soviel ich sehe, ist indes ein wesentliches Moment, das, wie mir scheint, die wahrscheinlichste Erklärung der Wirksamkeit des Wetter-schiessens an die Hand giebt, bis jetzt nicht in Betracht gezogen worden. Es sei gestattet, im folgenden auf dasselbe hinzuweisen und zunächst einige einleitende Bemerkungen voranzustellen.

Es ist bekannt, dass bei der Wolkenbildung aufsteigende Luftströme eine grosse Rolle spielen. Insbesondere die Cumuli oder Haufwolken kommen durch solche zu Stand. Wenn die Sonne scheint und die Erdoberfläche erwärmt, können an geschützten Stellen die unteren Luftschichten eine so hohe Temperatur annehmen, dass die normale Lagerung der atmosphärischen Schichten gestört ist und labiles Gleichgewicht eintritt. Der Ausgleich erfolgt dann durch aufsteigende Luftströme; an irgend einer Stelle tritt ein Durchbruch nach oben ein, es erhebt sich die hochoberwärmte Luft der unteren Schichten in Form einer unsichtbaren Säule oder eines Schlauches, und nun strömt von allen Seiten her aus der Umgebung die Luft horizontal nach der Durchbruchstelle hin, um von hier durch den Schlauch nach oben abzufließen. Unten stellt sich durch das seitliche Nachrücken von kühlerer Luft das normale Gleichgewicht allmählich wieder her, während die nach oben abgeflossene Luft, die sich beim Anstieg erheblich abkühlt, durch Kondensation des mitgeführten gasförmigen Wasserdampfes in der Höhe Anlass zur Bildung einer Cumuluswolke giebt. An schönen Sommertagen ist diese Bildung der Cumuluswolken eine ganz normale Erscheinung; vormittags, wenn die Sonne einige Stunden geschienen hat, beginnt das Spiel der aufsteigenden Luftströme, es bilden sich vereinzelt Cumuli, gegen Mittag bis gegen 2 oder 3 Uhr wächst ihre Zahl und Grösse, und gegen Abend verschwinden sie wieder, indem die vorhandenen, die jetzt keinen Nachschub von unten mehr erhalten, sich auflösen. Diese sogenannten Schönwetterwolken geben für gewöhnlich keinen Anlass zu Regen oder gar zu Hagel. Wohl aber können dies aufsteigende Luftströme dann thun, wenn nach längerem Anhalten von warmem Sommerwetter eine weitgehende Überhitzung der unteren Luftschichten eingetreten ist; dann können sich sehr mächtige aufsteigende Ströme bilden, die grosse Luftmassen mit hohem Dampf-

<sup>1</sup> Kongressakten. S. 141.

gehalten in bedeutende Höhe hinaufführen; die sehr reichliche Kondensation giebt dann Anlass zu Platzregen oder Hagelfällen, wobei stets Gewittererscheinungen mit auftreten. Die bei solchen Anlässen sich bildenden mächtigen Wolken gehören zur Klasse der Cumulo-Nimbi. Unter günstigen Umständen, wenn nämlich die Atmosphäre vor Bildung der ansteigenden Ströme in verhältnismässiger Ruhe sich befand, können diese Wolken auffallend regelmässige imposante Gestalten von turmhähnlicher oder pilzartiger Form annehmen. Gerade in den letzten Jahren sind vielfach sehr schöne Beispiele solcher Wolkengebilde beobachtet worden<sup>1</sup>. Diese Wolkenformen lassen sich experimentell im kleinen nachahmen<sup>2</sup>, und es hat sich ergeben, dass die Regelmässigkeit ihrer Gestalt darauf beruht, dass, während der aufsteigende Luftstrom sich erhebt, in seinem oberen Teil ein kolossaler horizontaler Luftwirbelring sich ausbildet. Dieser Wirbelring ist bei derartigen Wolkengebilden im Innern des Wolkenturms oder im Hut des Pilzes verborgen. In einem solchen horizontalen Luftwirbel findet eine kreisende Bewegung der Teilchen um die horizontale kreisförmige Wirbelachse statt. Bei der grossen Höhe, in welcher man sich den Wirbelring vorzustellen hat, ist in ihm längst die Kondensation des Wasserdampfes zu Wassertröpfchen eingetreten. Die Wirbelbewegung hat zur Folge, dass die Wasserteilchen lange in dieser Höhe schwebend erhalten werden, wodurch sie sich allmählich in Eis verwandeln und damit den Anlass zur Hagelbildung geben. Haben die Körner eine gewisse Grösse erreicht, so lösen sie sich durch ihre Schwere vom Wirbel los und fallen herab. Damit der Hagelfall einige Zeit andauern kann, ist wesentlich, dass auch der aufsteigende Strom, der dem Wirbel von unten das Material zur Hagelbildung zuführt, längere Zeit anhalte.

Stellen wir uns nun vor, dass eine solche Überhitzung der unteren Luftschichten eingetreten sei; die hohe Temperatur verbunden mit reichlichem Wasserdampfgehalt wird bewirken, dass die Atmosphäre einen schwülen und gewitterhaften Eindruck macht. Am Himmel haben sich schon drohende Wolken gebildet, während die unheimliche Gewitterschwüle und die Ruhe vor dem Sturm noch

<sup>1</sup> Vergl. W. v. Bezold, Zur Thermodynamik der Atmosphäre. Sitz.-Ber. d. Berliner Akademie. Jahrg. 1892, S. 305. — Streit, Merkwürdige Form von Hagelwolken. Met. Zeitschr. 1896, S. 14. — W. Laska, Über die Form der Hagelwolken. Met. Zeitschr. 1899, S. 22. — J. Hann, Bemerkenswerte Gewitterwolkenformen. Met. Zeitschr. 1899, S. 23.

<sup>2</sup> K. Mack, Met. Zeitschr. 1898, S. 281 u. ff.

anhält. Es ist der Zustand, von welchem Herr PERENTER mit Recht sagt, man habe die Empfindung, in ihm werde das Unheil ausgebrütet, durch Zerstörung der Stille aber könne es abgewendet werden. Jetzt wird, falls die betreffende Gegend zu Hagelfällen neigt und mit STIGER'schen Böllern ausgestattet ist, mit dem Wetterschiessen an möglichst zahlreichen Stationen begonnen. Die Schüsse krachen, und die Wirbelringe, vielleicht 20 oder 30, fahren pfeifend und sausend an räumlich ziemlich weit<sup>1</sup> voneinander getrennten Stellen in die Höhe, jeder durchbricht die noch im labilen Gleichgewicht ruhenden überhitzten Luftschichten und eröffnet der Luft einen Abfluss nach oben. Über jeder Schiessstelle bildet sich ein Kanal mit einem aufsteigenden Luftstrom, aber je mehr Kanäle es sind, desto weniger fliesst in den einzelnen hinein, desto weniger hoch kann die in ihm abfliessende Luftmasse in der Atmosphäre sich erheben, desto geringer wird die Abkühlung der in die Höhe geführten Dampfmassen sein, desto geringer also auch die Gefahr der Hagelbildung.

Falls die Dinge sich wirklich so verhalten, wäre also die Wirksamkeit des Wetterschiessens darin begründet, dass es die Bildung einzelner sehr mächtiger aufsteigender Ströme verhindert durch Erzeugung möglichst zahlreicher schwächerer Ströme; man hätte es also gewissermassen mit einer Zerspaltung, einer Verzettlung mächtiger Ströme in viele schwache unschädliche zu thun. Auf diese Weise würde der labile Gleichgewichtszustand, den wir für die Entstehung eines Hagelwetters und für die Fortdauer eines schon eingeleiteten als erforderlich vorausgesetzt haben, durch das Wetterschiessen behoben und unschädlich gemacht.

In der soeben vorgetragenen Betrachtung waren die Verhältnisse bei den sogen. Wärmegewittern zu Grunde gelegt. Neben ihnen werden gewöhnlich noch die Gewitterböen und die Wirbelgewitter unterschieden. Alle 3 Arten von Gewittern können von Hagelschlag begleitet sein. Nach v. BEZOLD<sup>2</sup> ist es zweckmässig, die Wärmegewitter und die Gewitterböen als Wärmegewitter im weiteren Sinn zusammen zu fassen und jene ersteren, die vereinzelt und lokal begrenzt aufzutreten pflegen, als erratische, die Gewitter-

<sup>1</sup> Die Distanz zweier Schiessstationen soll nach den Erfahrungen in Italien etwa 500—800 m, höchstens 1000 m betragen. Vergl. Akten des Kongresses von Casale S. 88 und S. 142.

<sup>2</sup> W. v. Bezold, Zur Thermodynamik der Atmosphäre. Sitz.-Berichte d. Berliner Akad. Jahrg. 1892, S. 140. Abdruck in Met. Zeitschr. 1892, S. 330.

böen als Frontgewitter zu bezeichnen. Beide Arten von Wärmegewittern setzen, wie jetzt allgemein angenommen wird, labilen Gleichgewichtszustand in den unteren Luftschichten voraus<sup>1</sup>, so dass also die oben angestellte Betrachtung, durch die wir die Wirksamkeit des Wetterschiessens zu erklären versuchten, auch auf die Frontgewitter auszudehnen ist. Auf die Wirbelgewitter dagegen, die als Begleiterscheinungen grösserer barometrischer Depressionen bei unruhigem trübem Wetter aufzutreten pflegen, findet sie keine Anwendung. Nach HELLMANN<sup>2</sup> fallen jedoch die Wirbelgewitter meistens in die kalte Jahreszeit, in die Wintermonate von Oktober bis März; hinsichtlich der Frage des Hagelschutzes kommen sie somit weniger in Betracht. Die auf die Sommermonate entfallenden Hagelwetter, die allein der Landwirtschaft ernstlichen Schaden zuzufügen vermögen, sind bei uns im Binnenland fast ausnahmslos Wärmegewitter.

Es möge nun noch etwas genauer die Frage betrachtet werden, ob es überhaupt in unserer Macht liegt, durch künstliche Mittel auf die Auslösung des labilen Gleichgewichtszustands in der Luft einzuwirken, und ob das Wetterschiessen als ein besonders geeignetes Mittel hierzu anzusehen ist. Beide Fragen sind meiner Meinung nach zu bejahen. Betreffs ersterer Frage ist zu bemerken, dass schon ganz schwache, zufällig eintretende Bewegungsvorgänge und Erschütterungen ausreichend sein können, jene Auslösung einzuleiten. Zur Stütze dieser Anschauung sei es gestattet, ein Citat anzuführen. Es ist dem berühmten Werk von REYE<sup>3</sup> über Wirbelstürme etc. entnommen, dass für die Beurteilung der Verhältnisse des labilen Gleichgewichts in der Luft grundlegend geworden ist. Die Stelle lautet: „Über einer grösseren Fläche, etwa über einem weiten Flussthal, werde die windstille oder auch ruhig dahinfließende Luft vom Boden aus stark erwärmt, bis allmählich ein stark gespannter Zustand des labilen Gleichgewichts eingetreten ist. An irgend einer Stelle bewirke eine geringe Störung, etwa der Flug eines Vogels oder der Rauch eines Kamins, ein Aufsteigen der Luft.“ Dass sodann intensiver wirkende, z. T. absichtlich angewandte Mittel im stande sind, bei labilem Gleichgewichtszustand aufsteigende Luftströme hervorzurufen, ist durch ebenfalls in REYE's Werk mitgeteilte, auf zu-

<sup>1</sup> W. v. Bezold, l. c. — Vergl. auch einen Vortrag von August Schmidt über den Mechanismus der Gewitterstürme in diesen Jahresheften. 51. Jahrg. S. CVI, 1895.

<sup>2</sup> G. Hellmann, Met. Zeitschr. 1885, S. 445.

<sup>3</sup> Th. Reye, Die Wirbelstürme etc. 2. Aufl. S. 46.

verlässigen Quellen beruhende Schilderungen künstlicher Regenfälle durch Erzeugung grosser Feuer in Gestalt von Steppenbränden etc. dargethan. Auch eine Äusserung v. HELMHOLTZ<sup>1</sup>, die er in einem Vortrag über „Wirbelstürme und Gewitter“ thut, ist in diesem Zusammenhang von Interesse; sie lautet folgendermassen: „Es ist durchaus nicht unglücklich, dass eine Feuersbrunst oder der Kanonendonner einer Schlacht, wie behauptet worden ist<sup>2</sup>, ein Gewitter herbeiziehen könne. Wenn der entsprechende Zustand unsicheren Gleichgewichts in der Atmosphäre nur erst vorbereitet ist, kann jeder Umstand, der einen ersten kleinen Teil der feuchtwarmen Luftmasse zum Aufsteigen bringt, wie der Funken im Pulverfasse wirken und die Hauptentladung nach der Stelle dieser ersten Störung hinlenken.“ Dass nun ein lebhaft rotierender, mit bedeutender Energie vertikal ansteigender Wirbelring besonders geeignet ist, einen aufsteigenden Luststrom zu erzeugen und ihm gewissermassen Bahn zu brechen, beruht auf folgendem. In einem Wirbelring sind es immer dieselben Teilchen, die um die kreisförmige Wirbelachse rotieren: man hat es also mit einer fortschreitenden Gas- und Luftmasse zu thun, die wie ein fester Körper, einem Projektil vergleichbar, die aufeinanderfolgenden Luftschichten durchbricht. Diese fortschreitende Gas- und Luftmasse besteht nun aber nicht bloss aus dem eigentlichen Wirbelring allein; denn die Rotation des letzteren überträgt sich auch auf das umgebende Medium und insbesondere auf diejenigen Teilchen desselben, die in irgend einem Augenblick in der Ebene der Ringachse im Innern der durch sie gebildeten Kreisfläche sich befinden. Auch alle diese Teilchen werden — vorausgesetzt, dass die Energie des Wirbels eine genügende ist — in die Rotation mit hineingezogen und nehmen an der fortschreitenden Bewegung des Wirbelrings teil. Die ganze fortschreitende Masse, d. h. der sogen. Wirbelkörper<sup>3</sup> hat deshalb etwa die Gestalt einer stark ab-

<sup>1</sup> H. v. Helmholtz, Vorträge und Reden. Braunschweig 1884, II. Bd. S. 163.

<sup>2</sup> Diesbezügliche Angaben sind schon häufig gemacht worden. Bei dem Kongress in Casale wies ein Herr Obert darauf hin (Kongressakten S. 105), dass die Schlachten von Solferino, Marengo, Trafalgar, Dresden, Eylau, Hohenlinden, Inkermann, Puebla, Magenta, Abba Garima und viele andere Gewitter oder Regen im Gefolge hatten. Auch machte er zwei Fälle namhaft, wo nach dem Auffliegen von Pulvermagazinen — in Toulon und bei der Porta S. Paolo in Rom — Platzregen eintraten. (Diese Anmerkung ist von mir beigelegt. Mack.)

<sup>3</sup> Eine sehr übersichtliche Darstellung dieser Verhältnisse bei der Wirbelbewegung findet sich in dem Lehrbuch der Experimentalphysik von E. Riecke. I. Bd. S. 150 u. ff.

geplatteten Kugel oder einer Linse. Stellen wir uns nun irgend eine horizontale Luftschicht vor, der sich der Wirbel von unten nähert. An der Stelle des Durchbruchs hebt der Wirbelkörper die Luftschicht zunächst in die Höhe und zieht sie dann an seiner kreisförmigen Begrenzung in Form eines hohlen Strangs hinter sich her<sup>1</sup>. Auf diese Weise öffnet sich hinter dem Wirbelring ein Kanal, in welchen die durchbrochenen Luftschichten hineingezogen werden. Da bei den Versuchen in St. Kathrein festgestellt wurde, dass die den Trichter des Böllers verlassenden Wirbelringe bis in Höhen von 1000 bis 2000 m hinauf eine erhebliche Energie bewahren, so erkennt man, dass nicht bloss die untersten Luftschichten, sondern auch in grösserer Höhe befindliche, in denen etwa labiles Gleichgewicht herrscht, von den Wirbelringen erreicht und gewissermassen nach oben angezapft werden. Wegen dieses Hinaufreichens der Wirkung in grosse Höhen sind solche Wirbelringe zur Erzeugung aufsteigender Ströme andern ähnlich wirkenden Mitteln, z. B. grossen Feuern, vorzuziehen und jedenfalls auch weniger kostspielig und weniger gefährlich.

Wenn wir somit in der Möglichkeit der Zerstörung und Unschädlichmachung des labilen Gleichgewichts der Luftschichten auf mechanischem Weg den wahrscheinlichsten Grund für die Wirksamkeit des Wetterschiessens erblicken, so können doch daneben noch weitere sekundäre Momente in Betracht kommen. Vielfach wurde schon die Anschauung ausgesprochen, dass auch die Schallwirkung der Detonationen den Hagelbildungsprozess störe. Dem Läuten der Kirchenglocken, zu dem man in manchen Gegenden beim Herausziehen eines Hagelwetters seine Zuflucht nimmt, könnte neben dem religiösen Moment ebenfalls der instinktive Glaube an eine Wirksamkeit der Schallwellen zu Grunde liegen. Es scheint sichergestellt zu sein, dass wenn im Nebel geschossen wird, die kleinen Tröpfchen zusammenfliessen und herabfallen, so dass nach längerem Schiessen häufig blauer Himmel über der Schiessstelle sichtbar wird<sup>2</sup>. Dieses

<sup>1</sup> Vergl. K. Mack, Met. Zeitschr. 1898, S. 289 und Wied. Annal. 68, S. 193, 1899. In letztgenannter Abhandlung sind insbesondere die Figuren 13 und 14 zu beachten.

<sup>2</sup> Hier mag auf eine bemerkenswerte Stelle in Benvenuto Cellini (Goethe'sche Übersetzung, 2. Buch, 11. Kapitel, vorletzte Seite) hingewiesen werden. Sie lautet: „Als sie (die Herzogin von Farnese) ihren Einzug in Rom hielt, war ich (Cellini) schuld, dass ein Schade von mehr als tausend Scudi verhindert wurde; es regnete sehr stark, und der Kastellan (der Engelsburg) war äusserst verdriesslich, ich aber sprach ihm Mut ein, und sagte ihm, wie ich

Zusammenfliessen scheint mir am ungezwungensten durch die Verdichtungen und Verdünnungen sich zu erklären, welche das Wesen des Schalls ausmachen. Wenn starke Schallwellen durch eine Wolke oder durch eine Nebelschicht hindurchgehen, so werden in irgend einem bestimmten Punkt Verdichtungen und Verdünnungen der Luft mit grosser Geschwindigkeit einander ablösen. Durch die Verdichtungen werden jeweils die Tröpfchen einander genähert und finden dadurch Gelegenheit, zusammenzuziessen. Infolge ihrer Vergrösserung beginnen sie herabzufallen; es regnet, und hierdurch ist ein weiteres Moment gegeben, das der Ausbildung des labilen Gleichgewichts in den unteren Schichten entgegenwirkt. Die herabfallenden Tropfen werden im allgemeinen niedrigere Temperatur besitzen als die unteren Schichten und so zur Abkühlung der letzteren beitragen; auch die Verdunstung der Tropfen auf dem warmen Erdboden wird im selben Sinne wirken.

Nicht ausgeschlossen ist endlich auch noch eine Wirkung des Wetterschiessens auf den elektrischen Zustand in den Wolken. Herr STIGER hat wiederholt betont, dass der auffallendste Effekt des Wetterschiessens der sei, dass es zu blitzen aufhöre, sobald geschossen werde. Auch auf dem Kongress in Casale wurde diese Wahrnehmung von vielen Seiten bestätigt. Da das Gebiet der atmosphärischen Elektrizität nach besonders vielen Richtungen noch eine terra incognita ist, so beschränke ich mich darauf, diese Verhältnisse zu erwähnen; ich möchte ihnen ausserdem nur sekundäre Bedeutung beimessen, sofern ich das Hauptmoment für die Verhinderung des Hagels in der Zerstörung des labilen Gleichgewichts auf mechanischem Weg erblicke.

Endlich mag noch erwähnt werden, dass sowohl von Herrn STIGER als auch von anderer Seite versichert wurde, dass das Schiessen ohne Trichter ebenfalls eine gewisse Wirkung habe. Auf Grund obiger Ausführungen könnte dies nicht besonders wundernehmen, da offenbar auch durch gewöhnliche Vertikalschüsse wie auch durch Schüsse in angenähert horizontaler Richtung der Abfluss überhitzter Luftschichten nach oben, allerdings in weniger wirksamer Weise, angebahnt werden kann. —

mehrere Kanonen nach der Gegend gerichtet hätte, wo die stärksten Wolken wären; und als ich mitten in einem dichten Regen aning, die Stücke abzufeuern hörte es auf und viermal zeigte sich die Sonne, und so war ich Ursache, dass dieses Fest aufs glücklichste vorbeiging.“ Es geht aus dieser Schilderung hervor, dass schon im 16. Jahrhundert der Glaube bestand, dass durch Schiessen eine Aufheiterung des Himmels bewirkt werden könne.

Die vorgetragenen Betrachtungen hinsichtlich der wahrscheinlichsten Gründe für die Wirksamkeit des Wetterschiessens sind, wie kaum besonders hervorzuheben ist, teilweise hypothetischer Natur. Wenn sich somit über die in diesen Zeilen versuchte Erklärung streiten lässt, so möge doch nochmals betont werden, dass nach dem nunmehr vorliegenden Erfahrungsmaterial die Wirksamkeit des Wetterschiessens wenigstens in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle als eine Thatsache anerkannt werden muss, die kaum mehr ernstlich angezweifelt werden kann. Besonders schwerwiegende Bedeutung in dieser Hinsicht ist dem schon oben erwähnten Zeugnis des Herrn PERNTER beizumessen, das, auf amtliche Kenntniss der Verhältnisse in Österreich gestützt, das völlige Aufhören der Hagelschläge in Windisch-Feistritz seit Einführung des Wetterschiessens konstatiert, während vorher kein Jahr ohne Hagelwetter vergangen war. Es ist anzunehmen, dass man nunmehr auch in andern Ländern Wetterschiessversuche anstellen wird, und es steht zu hoffen, dass, je mehr das Verfahren unter verschiedenen örtlichen Verhältnissen zur Erprobung gelangt, um so sicherer auch das Verständnis der zu Grunde liegenden physikalischen und meteorologischen Vorgänge gefördert werden wird.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg](#)

Jahr/Year: 1900

Band/Volume: [56](#)

Autor(en)/Author(s): Mack K.

Artikel/Article: [Die Bekämpfung des Hagels durch das sogenannte Wetterschiessen. 470-483](#)