

# Die Entstehung eines Gewitters

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

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Prisma : illustrierte Monatsschrift für Natur, Forschung und Technik**

Band (Jahr): **4 (1949)**

Heft 4

PDF erstellt am: **11.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-653893>

## **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.

Während das Skorpionöl äußerlich angewendet wurde, diente der Wein, in dem Asseln verendet waren, als innerliches Mittel. Im Jahre 1926 (!) erhielt in München eine 74jährige Gastwirtsfrau einen Strafbefehl auf eine Gefängnisstrafe von einer Woche und eine Geldstrafe von 40 Mark, weil sie im Herbst 1925 mehreren Personen, die an Epilepsie litten, Weißwein mit Asseln abgegeben und sich die Flasche mit 12,80 Mark hatte bezahlen lassen. Dreißig bis vierzig Asseln, so gab sie an, habe sie in eine halbe Tasse Wein getan. Nach dem Verenden der Tiere habe sie diese aus dem Wein genommen. Tatsächlich seien zwei Kinder, die längere Zeit wegen Epilepsie ohne Erfolg in ärztlicher Behandlung gestanden seien, durch das Mittel geheilt worden. Auch Zeugen bestätigten dies. Der gerichtliche Sachverständige bezeichnete das Mittel der Angeklagten als wirkungslos, es sei ekelerregend und gesundheitsschädlich. Dennoch wurde die Angeklagte freigesprochen, weil ihr eine Betrugsabsicht nicht nachgewiesen werden und eine Strafverfolgung wegen Preiswuchers, weil verjährt, nicht mehr erfolgen konnte. Hätte die Münchner Kurpfuscherin 150 Jahre früher gelebt, so hätte sie sich kaum vor Gericht verantworten müssen, denn in der höchst offiziellen „Pharmacopoea Edinburgensis“ aus dem Jahre 1776 ist den englischen Apothekern die Anweisung gegeben, den Asselwein (Vinum Millepedatum) folgendermaßen zu bereiten: „R(ecipe) Millepedarum vivarum unciam unam, Vini rhenani selibram. Millepedibus paululum contusis affunde vinum, dein macera horas duodecim, et per linteam exprimens cola“. (Nimm eine Unze lebender Asseln

auf einen halben Liter Rheinwein. Zerstoße die Asseln etwas, gieße den Wein daran, lasse es 12 Stunden ziehen und seihe es, indem es durch ein Leintuch gedrückt wird.) Wie die Asseln in den Ruf eines Epilepsiemittels kamen, kann man nur vermuten. Vielleicht waren es die zuckenden, sich krümmenden Körper der Kugelasseln und Rollasseln, die an die Zuckungen und Krümmungen des menschlichen Körpers während des epileptischen Anfalls erinnern. Wir hätten also hier wieder eine Art, allerdings recht äußerlicher, Homöopathie, ähnlich wie der Skorpion den Skorpionstich heilen soll. Übrigens ist die Kellerassel noch jetzt im homöopathischen Arzneischatz zu finden. Die „Pharmacopoea homoeopathica“ von W. Schwabe (1929) führt sie in der Gesellschaft der Kreuzspinne, der Küchenschabe, des Maikäfers und des Rosenkäfers auf.

Aber auch in der Allopathie haben die Insekten ihre Rolle als Heilmittel noch nicht ganz ausgespielt. In neuester Zeit bedient man sich des Bienengiftes als eines „umstimmenden Mittels“ bei rheumatischen Erkrankungen, Ischias und Neuralgien. Es kommt gereinigt in sterilen Ampullen zu Einspritzungen in die Haut oder in Form von Salben zum Einreiben in den Handel. Solche Präparate sind Apicur, Apicosan, Apisan, Forapin zu Einspritzungen, Apisarthron, Virapin, Forapinsalbe in Salbenzubereitung. In all diesen Namen steckt das lateinische Wort apis = Biene. Über die chemische Natur des Bienengiftes ist man sich noch nicht ganz im klaren. Sicher ist es kein einheitlicher Körper.

Prof. Dr. H. Marzell, Gunzenhausen

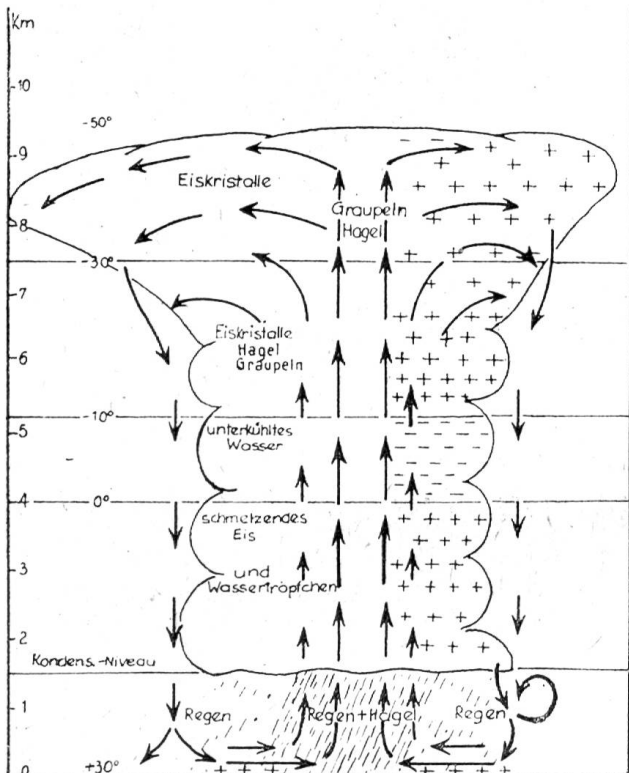
## Die Entstehung eines Gewitters

Die Gewitter zählen zu den eindrucksvollsten Naturerscheinungen, die wir in unseren gemäßigten Breiten erleben. Sie beeindruckten nicht nur den primitiven Menschen und rufen bei ihm oft Furcht hervor, sondern sie verfehlen ihre Wirkung auch nicht auf den Wissenden, der ihre Ursache in rein physikalischen Gesetzmäßigkeiten erkennt. Die Erklärungsversuche für das Zustandekommen der Gewitter sind schon alt und zahlreich. Aber erst seitdem wir die verschiedenen übereinanderliegenden Schichten unserer Atmosphäre kennen, konnten befriedigende Theorien aufgestellt werden.

Man muß die Erscheinung des Gewitters von zwei Seiten her betrachten, vom meteorologischen und vom luftelektrischen Standpunkt aus. Die wichtigste meteorologische Voraussetzung ist das Vorhandensein einer ganz bestimmten vertikalen Temperaturschichtung der untersten Atmosphäre, der Troposphäre: die Temperatur muß ziemlich rasch mit der Höhe abnehmen, und zwar um rund ein Grad Celsius je hundert Meter vertikaler Erstreckung. Dies läßt sich rein physikalisch wie folgt begründen. Wird eine gewisse Luftmenge gehoben, so gelangt sie infolge der Druckabnahme mit zunehmender Höhe unter geringeren Druck, dehnt sich infolgedessen aus und kühlt sich wegen der damit verbundenen Arbeitsleistung ab. Da es sich in der Atmosphäre um verhältnismäßig rasche Vorgänge handelt, bei denen eine Wärmezufuhr oder -abgabe nicht erfolgt, verlaufen diese Vorgänge „adiabatisch“, das heißt ohne Wärmeaustausch mit der Umgebung. Die adiabatische Temperaturänderung eines solchen vertikal bewegten Luftvolumens beträgt ziemlich genau 1 Grad je 100 Meter. Findet dieser He-

bungsvorgang in einer umgebenden Atmosphäre statt, deren Temperatur um weniger als 1 Grad je 100 Meter abnimmt, so erscheint ein adiabatisch gehobenes — sich also um 1 Grad je 100 Meter abkühlendes — Luftvolumen immer kälter und damit schwerer als seine Umgebung und sinkt deshalb von selbst infolge der eigenen Schwere wieder nach unten. Die Atmosphäre bremst in diesem Falle jede Vertikalbewegung, sie ist „stabil“ geschichtet. Ist dagegen umgekehrt die umgebende Atmosphäre so aufgebaut, daß ihre Temperatur um wenig mehr als 1 Grad je 100 Meter abnimmt, so erscheint ein adiabatisch gehobenes Luftvolumen stets wärmer und somit leichter als seine Umgebung — es kühlt sich ja „nur“ um 1 Grad je 100 Meter ab — und steigt beschleunigt immer höher auf, bis es Schichten erreicht, in denen die Temperaturabnahme der Umgebung wieder unter den kritischen adiabatischen Wert absinkt. Eine so geschichtete Atmosphäre bezeichnet der Meteorologe als „labil“. In einer labilen Atmosphäre treten also sehr lebhaft Vertikalbewegungen auf, die um so größer sind, je stärker der Temperaturunterschied zwischen dem Luftvolumen und der umgebenden Atmosphäre ist. Dem aufmerksamen Wolkenbeobachter wird es wohl nicht entgangen sein, daß es in den mächtigen Gewittertürmen regelrecht zu brodeln scheint; deutlich wird dies bei Wolkenfilmaufnahmen mit Zeitraffung (Aufnahmefolge etwa eine Sekunde). Der Flieger, vor allem der Segelflieger kennt diese Vertikalbewegungen in und unter Gewitterwolken; Messungen ergaben Aufwärtsgeschwindigkeiten bis zu 25 Metern in der Sekunde, Beträge, die für jeden Flieger eine Gefahr bedeuten. Die Labilität

einer atmosphärischen Schichtung wird noch erhöht, wenn die gehobenen Luftmassen eine größere Feuchte aufweisen; denn nach anfänglicher trockenadiabatischer Hebung wird bei der stetigen Abkühlung schließlich die Temperatur erreicht, bei der die gehobene Luftmenge feuchtsättigt ist und bei weiterer Abkühlung den nun überschüssig werdenden Wasserdampf in Form kleinster Wassertröpfchen — den Wolkenelementen — ausscheidet. Die dabei frei werdende Kondensationswärme erhöht die Temperatur des aufsteigenden Luftvolumens, so daß es erst recht wärmer wird als die umgebende Atmosphäre und infolgedessen noch rascher aufsteigt als im trockenadiabatisch aufsteigender Luft.



Schema der Vorgänge in der Atmosphäre bei einem Gewitter

Für die Betrachtung der mit dem Zustandekommen einer Gewitterwolke verbundenen meteorologischen und luftelektrischen Vorgänge soll eine Atmosphäre vorausgesetzt werden, die bis in große Höhen von etwa 8000 Meter labil geschichtet ist. Es bedarf dann nur einer geringen Auslösungsenergie — zum Beispiel starke Überhitzung durch Sonneneinstrahlung —, eines Anstoßes also, daß sich eine großräumige Umlagerung der übereinanderliegenden Luftmassen entwickelt. Die vom Erdboden abgehobene Luft steigt innerhalb der labilen Umgebung zunächst trockenadiabatisch auf, bis sie durch stetige Abkühlung den Feuchte-Sättigungswert (Taufpunkt) erreicht. Dies wird um so eher der Fall sein, je feuchter die abgehobene Luft von vornherein ist. Die Höhe, in der die Sättigung und damit die Kondensation des Wasserdampfes beginnt, wird als Kondensationsniveau (KN) bezeichnet. Sie beträgt in unserem Beispiel rund 1500 Meter. Oberhalb des Kondensationsniveaus steigt die Luft feuchtadiabatisch weiter auf, kühlt sich immer mehr ab und scheidet dabei fortwährend den überschüs-

sigen Wasserdampf tropfenförmig aus, so daß zunächst eine einfache Quellwolke (Cumulus) entsteht, die mit dem dauernd weitersteigenden Luftstrom stetig in die Höhe wächst, sich aber vorerst nur aus feinsten Wassertröpfchen zusammensetzt, die beim Unterschreiten der Null-Gradgrenze (in unserem Beispiel bei etwa 4000 Meter Höhe) unterkühlt werden. Erst beim Unterschreiten von etwa minus zehn Grad — in rund 5200 Meter — bilden sich Eiskristalle, die von dem stürmisch aufsteigenden Luftstrom mit hochgerissen werden. Mit dem Auftreten der ersten Eisteilchen ändert sich die Struktur der weiter wachsenden Wolke mehr und mehr. Da nämlich der Sättigungs-Dampfdruck über Eis geringer ist als über Wasser, setzt sich in der Folge der überschüssige Wasserdampf eisförmig an die bereits vorhandenen Eisteilchen an, sie „vergraupeln“ zu kleinen weißen Graupelkörnern. Damit hat die Wolke gleichzeitig die Phase der Niederschlagsbildung erreicht, denn erst diese größeren Teilchen können der Schwere folgend als Niederschläge ausfallen. Im weiteren Verlauf setzen sich auch die in dem Luftstrom aufwärts geführten unterkühlten tropfenförmigen Wolkenelemente an den Graupelkörnern fest und überziehen sie mit einer klaren Eisschicht; so kommt es zur Hagelbildung. Je nach der Stärke des Aufwindstroms, der wiederum von der Größe der Labilität abhängt, werden die Hagelkörner mehr oder weniger hoch mitgeführt und wachsen dabei durch dauernde Anlagerung von Eisschichten durch Sublimation von Wasserdampf an, bis sie schließlich ein Gewicht erreichen, das der aufsteigende Luftstrom nicht mehr tragen kann. Durch ihre eigene Schwere fallen sie nun aus großer Höhe herab, setzen dabei weitere Eisschichten an und beginnen dann unterhalb der Nullgradgrenze zu schmelzen. Oft erreichen die Hagelkörner den Erdboden nicht in fester Form, sondern als großtropfiger Regen; haben sie jedoch in einem sehr hochreichenden Gewitterturm eine weite Strecke zurückgelegt — wobei sie vielleicht durch die starke Turbulenz mehrfach hochgerissen wurden —, so können sie eine derartige Größe erreichen, daß sie auf dem Weg zwischen der Nullgradgrenze und dem Erdboden nicht restlos schmelzen, sondern als mehr oder weniger große Hagelkörner unten ankommen. Selbst die größten beobachteten Hagelkörner lassen sich zwanglos so erklären.

Wie die Abbildung zeigt, bildet jede Gewitterwolke ein in sich geschlossenes Zirkulationssystem. In der Mitte der Wolke herrschen die lebhaftesten Aufwärtsbewegungen bis in große Höhen. Zum Ausgleich wird die Luft der Umgebung gezwungen, in Bodennähe allseitig in die Gewitterwolke einzuströmen. Andererseits fließen die aufgestiegenen Luftmassen im oberen Teil der Wolke nach allen Seiten hin aus und tragen die leichten Eiskristalle weit nach außen, so daß der für alle Gewitterwolken charakteristische Schirm oder „Amboß“ gebildet wird. Ein solcher Eisschirm ist das Unterscheidungsmerkmal zwischen einer mächtigen, aber noch wasserförmigen Quellwolke (Cumulus) und einer regelrechten in ihren oberen Teilen eiförmigen Schauer- oder Gewitterwolke (Cumulonimbus). Diese Differenzierung ist deshalb meteorologisch sehr wichtig, weil nur aus einem Cumulonimbus, nicht aber aus seiner Vorstufe, dem Quellcumulus, Niederschlag fallen kann; denn dieser tritt grundsätzlich nur dann ein, wenn die Wasserwolke in eine Eiswolke oder zum mindesten in eine Mischwolke übergegangen ist. So kann man sagen, daß die Gewitterwolke mit der Ausbildung des Eisschirms ihren Höhepunkt erreicht hat. Als Ausgleichsströmung für die in der Wolke aufsteigenden Luftmassen sinkt an den Außenseiten entlang die Luft wieder allseitig ab und schließt somit den Kreislauf der Gewitterzirkulation.

Neuere eingehende Beobachtungen der Gewittervorgänge haben ergeben, daß nicht nur die Niederschlagsbildung, sondern auch die Erzeugung der notwendigen luftelektrischen Spannungen, deren großartige Entladung schließlich durch einen Blitz erfolgt, an den Übergang der Wolke von der Wasser- zur Eisphase gebunden ist. Ohne Eis- und damit Niederschlagsbildung gibt es kein Gewitter, wobei man sich nicht durch die „trockenen“ Gewitter täuschen lassen darf, bei denen der Niederschlag nach Verlassen der Wolke verdunstet, ehe er den Boden erreicht. Daraus muß gefolgert werden, daß zum mindesten der Anstoß zur Ausbildung eines kräftigen luftelektrischen Feldes von Vorgängen geliefert wird, die bei der Eisbildung auftreten. Nach den neuesten Erkenntnissen verläuft der Aufbau und Verstärkung des elektrischen Feldes etwa in folgender Weise:

Die neu entstehenden Eiskristalle sind für kurze Zeit nichtleitend und dabei elektrisch „polarisiert“, das heißt an den Enden ihrer optischen Hauptachsen entgegengesetzt elektrisch geladen. Bei dem immer vorhandenen luftelektrischen Feld orientieren sich die als Niederschlag ausfallenden Eiskristalle sämtlich in gleicher Richtung, wobei die optisch-elektrische Hauptachse nahezu senkrecht steht und zum Beispiel alle positiven Ladungsenden nach unten zeigen. Beim Fallen fangen sie entgegengesetzt aufgeladene, hier also negative „Ionen“ — negativ geladene Teilchen irgendwelcher Art —, wie sie stets in der Atmosphäre in größerer Zahl vorhanden sind — ein, während die gleichnamigen, hier positiven Ionen abgestoßen und an dem anderen — negativen — Ende des Kristalls durch die Turbulenz der Ausweichbewegung vorbeigeführt werden, also unwirksam bleiben. So sammelt sich in dem fallenden Niederschlag eine negative Ladung an, es entsteht ein elektrisches Feld innerhalb der Gewitterwolke. Ist ein solches, wenn auch nur schwaches Feld einmal aufgebaut, so erfolgt eine laufende Verstärkung durch den sogenannten „Asymmetrieeffekt“: ein in einem elektrischen Feld wanderndes Teilchen er-

hält eine Influenzladung, die das schon vorhandene Feld noch verstärkt. Im Falle der Gewitterwolke wird die Energie des bewegten Teilchens, das sich mit seiner Influenzladung *gegen* das Feld bewegt und damit Arbeit leisten muß, durch die Schwerkraft geliefert. So verstärkt sich das gewitterelektrische Feld immer mehr, bis die kritische Spannung von etwa 10 000 Volt je Zentimeter wenigstens in einem engbegrenzten Raum erreicht ist. Es kommt dann zu einer „Initialzündung“ — Anstoß zu einer Blitzbildung —, die dann weiter um sich greift und zum Übergreifen des Blitzes auf große Gebiete führt.

Die Ladungsverteilung innerhalb einer Gewitterwolke, wie sie sich nach Beobachtungen ergibt, ist in der rechten Seite der Abbildung dargestellt. Auf Einzelheiten, so vor allem auf die Umkehrung des elektrischen Feldes zwischen Nullgradgrenze und Erdboden kann hier nicht eingegangen werden. Es sei lediglich vermerkt, daß dabei ein weiterer Effekt wirkt, der unter dem Namen „Lenardeffekt“ bekannt ist: lösen sich in dem turbulenten Luftstrom der Gewitterwolke von dem fallenden Niederschlag kleine Teilchen — Schneeteilchen, Hagel oder Regentropfen — ab, so teilt sich die Ladung, die kleinen Teilchen erscheinen positiv, die großen, rasch fallenden negativ geladen. Sie führen also ihrerseits wieder zu einer Ladungstrennung und damit zum Aufbau eines neuen elektrischen Feldes.

Damit sind die wesentlichsten Vorgänge, die in einer Gewitterwolke vor sich gehen, erfaßt. Abschließend sei noch erwähnt, daß die meteorologischen Voraussetzungen einer labilen Schichtung der Atmosphäre einmal gegeben werden können durch Überhitzung der untersten Schicht bei starker sommerlicher Sonneneinstrahlung: wir sprechen dann von einem „Wärmegewitter“. Sie kann aber auch zustandekommen durch den in der Höhe zuerst einsetzenden Einbruch kühler und feuchter Meeresluftmassen an einer Kaltfront; in diesem Fall spricht der Meteorologe von einem „Kaltfrontgewitter“.

Dr. P. Heß, Bad Kissingen

## Mit eigenen Augen Belastungsversuche an Ranken

Zahlreiche Pflanzen besitzen so schwache Stengel, daß sie nicht aus eigener Kraft aufrecht stehen können. Sie sinken hilflos zu Boden, wenn ihnen eine Stütze fehlt, und sind dann im „Kampf ums Licht“ ihren Konkurrenten weit unterlegen. So ist es verständlich, daß bei solchen Pflanzen die verschiedensten Organe in den Dienst des Kletterns gestellt worden sind. Beim Efeu zum Beispiel sind es die Wurzeln, die das schwache Zweiglein an einem Baumstamm oder einer Mauer verankern. Bei der Waldrebe (*Clematis*) übernehmen die Blattstiele diese Aufgabe. Bei wieder anderen Pflanzen, so bei Bohne und Hopfen, hat der Stengel selbst durch sein spiralisches Wachstum die Fähigkeit, eine Stütze zu umwinden, wobei sinnreiche Tasthaare und Kletterhaare dafür sorgen, daß der Stengel die Stütze findet und von dem einmal gefundenen Halt nicht wieder abrutscht. Wurzel, Stengel oder Blätter übernehmen aber eigentlich die Funktion des Kletterns nur nebenbei. Selbst die Wurzeln des Efeu sind nicht reine Kletterwurzeln, denn wenn sie einen geeigneten Nährboden finden, können sie jederzeit zu ihrer Hauptaufgabe, der Nahrungsaufnahme, zurückkehren.

Ganz anders steht es mit den Ranken, Organen, die ausschließlich zum Klettern dienen. Wenn ihnen keine Stütze zur Verfügung steht, so bleiben sie offensichtlich „funktionslos“. Ranken entstehen durch Metamorphose anderer Organe, die im Dienste der neuen Funktion, eben des Kletterns, einen Umbau erfahren. Dabei zeigt sich einmal mehr die Vielfalt der Möglichkeiten, die der Natur zur Verfügung steht: Einmal sind die Ranken — vergleichend-anatomisch betrachtet — umgebildete Blütenstände, so bei der Weinrebe, andere sind umgewandelte Seitenzweige wie bei der Passionsblume, wieder andere metamorphosierte Blätter, beispielsweise beim Kürbis, oder nur Verwandlungen eines Teiles des Blattes wie bei Erbse und Wicke. Das Gemeinsame ist, daß alle diese Organe auf Berührungsreize reagieren und sofort eine sich ihnen bietende Stütze zu umfassen suchen, oder aber, wie der Wilde Wein, eine Art Haftscheiben ausbilden, die ihnen erlauben, auch an glatten Oberflächen Halt zu finden. Außer diesen von außen sichtbaren Reaktionen spielen sich aber auch im Innern der Ranke wesentliche Veränderungen ab, die man auch an Hand mikroskopischer