

## 5. *Zur Wasserfalltheorie der Gewitter;* *von P. Lenard.*

(Aus dem Radiologischen Institut der Universität Heidelberg.)<sup>1)</sup>

Es soll hier über Beobachtungen an fallenden Wassertropfen berichtet werden, die einen eigentümlichen, bisher unbekanntem Vorgang zeigen, der in Gewitterwolken unterhalb der Schnee- oder Hagelgrenze ohne Zweifel statthat und der es sehr wohl verstehen läßt, wie Wasserfallelektrizität in solchen Wolken ausgiebig wirksam werden kann. Die Beobachtungen wurden von Herrn E. Hochschwender im Verlaufe einer schon 1913 begonnenen, dann durch den Krieg unterbrochenen Untersuchung ausgeführt<sup>2)</sup>, deren Ausgangspunkt eben die Frage war, inwiefern in einer Wolke von genügendem Wassergehalt so reichliche Elektrizitätsentwicklung durch Wasserfallwirkung stattfinden könne, daß hierauf mit Recht eine Gewittertheorie sich gründen ließe. Unter Wasserfallwirkung verstehen wir dabei die an Wasserfällen reichlich auftretende negative Elektrisierung der Luft (positive des Wassers), deren Sitz der Fuß des Wasserfalles ist, wo die herabfallenden Wassermassen auf Wasserflächen oder auf das feuchte Gestein aufschlagen. Die zuerst in der freien Natur

1) Die Hauptresultate wurden vorgetragen bei der Naturforscherversammlung in Mannheim im September 1920. Vgl. auch den 6. Tätigkeitsbericht des Radiolog. Instituts (Zeitschr. f. techn. Phys. 2. S. 10. 1921).

2) Veröffentlicht als Dissertation „Über das Zerblasen von Wassertropfen im Luftstrom und die Wasserfalltheorie der Gewitter“, Heidelberg, 24. Juli 1919. Vorher schon in gleicher Richtung im Radiolog. Institut angestellte Versuche der Herren Botez und Trübi waren erfolglos geblieben; sie hatten aber bereits das nicht zuverlässige Gelingen einer Wiederholung der Simpsonschen Versuche gezeigt; vgl. P. Lenard, „Probl. k. komplexer Moleküle“ II. S. 23 (Heidelberg bei Winter 1914).

an den großen Wasserfällen der Alpen beobachtete Wirkung ist schon vor langer Zeit auch im Laboratorium eingehend studiert worden<sup>1)</sup> und ist dann fortgesetzt Gegenstand weiterer Untersuchung gewesen.<sup>2)</sup> Besonders wurde auch die Elektrizitätsentwicklung derjenigen Vorgänge quantitativ untersucht, sei es durch direkte Messung oder, wo dies nicht möglich war, durch einwandfreie Schlüsse, deren Vorkommen in regnenden Wolken anzunehmen ist<sup>3)</sup>, nämlich das Zusammenprallen von Tropfen untereinander und das Zerreißen von Tropfen. Das Ergebnis war, daß diese Vorgänge nicht genügend elektrisch wirksam sind, um darauf eine Gewittertheorie gründen zu können, welches letztere Herr Simpson früher, aber auf Grund nicht genügend einwandfreier, auch nicht mit Sicherheit reproduzierbarer Beobachtungen unternommen hatte.<sup>4)</sup> Weiter war durch das Studium der elektrischen Doppelschicht an Wasseroberflächen — als der Ursache der Wasserfallelektrizität — klar geworden, daß Zerreißen von Wassermassen durch Schwere (wie beim Abfallen von Tropfen) oder durch Trägheitswirkung (wie beim Zerfahren von Wasserstrahlen an einem Hindernis oder beim Zerfahren eines im Luftstrom schwebenden Tropfens infolge innerer Wirbelbewegung<sup>5)</sup>) von vornherein garnicht als wirksam zu erwarten seien, wohl aber im Gegensatz dazu *Zerblasen* von Wasser durch einen Luftstrom, wie es im be-

---

1) P. Lenard, „Über die Elektrizität der Wasserfälle“, Wied. Ann. 46. S. 584. 1892.

2) Vgl. die zusammenfassende Darstellung von A. Becker, Starks Jahrb. der Radioaktivität 9. S. 52. 1912; ferner P. Lenard, „Probleme komplexer Moleküle“ 1914 und Ann. d. Phys. 47. S. 463. 1915.

3) Vgl. P. Lenard, „Über Regen“, Meteorol. Zeitschr. S. 249. 1904.

4) G. C. Simpson, Phil. Trans. 209. S. 397. 1909. Zur Kritik dieser Arbeit vgl. P. Lenard, „Probleme komplexer Moleküle“, Teil II, S. 31 u. f. und Ann. d. Phys. 47. S. 484. 1915. u. f., außerdem besonders die Dissertation von E. Hochschwender. Diese Kritik betrifft die physikalischen Grundlagen der Wasserfalltheorie der Gewitter. Zur Kritik durch meteorologische Beobachtungen vgl. die w. u. herangezogenen Arbeiten der Herren Schindelbauer, Simpson, Geitel, Seeliger, Gschwend.

5) Vgl. die bereits zitierte Untersuchung „Über Regen“ (Meteorol. Zeitschr.).

kannten Zersprüher stattfindet.<sup>1)</sup> Denn die äußere, negativ geladene Belegung der Doppelschicht an der Wasseroberfläche zeigte sich nicht etwa in der angrenzenden Luft gelegen, wie man von vornherein hatte wohl erwarten dürfen, sondern in der äußersten Oberflächenschicht des Wassers selbst — die positive Belegung etwas weiter innen im Wasser —, so daß für Elektrizitätsentwicklung nicht die Abtrennung der an die Oberfläche grenzenden Luftschicht von Wasser in Betracht kommt, sondern vielmehr die Abtrennung genügend kleiner Wasserteile aus der Oberflächenschicht. Eben letzteres kann beim Zerblasen von Wassermassen mittels stoßweise tangential angreifender Luftströme erwartet werden, nicht aber beim Zerreißen oder Zerfahren des Wassers durch Wirkung seiner Schwere oder Trägheit, wobei die äußerste Molekülschicht von keinen anderen Kräften ergriffen wird, als die benachbarten inneren Schichten auch; so daß kein Anlaß zur Abtrennung äußerster Oberflächenteile vorhanden ist.

Auch beim Aufschlagen von Wasser auf ein Hindernis, wie am Fuße eines Wasserfalles, ist nicht etwa die Abtrennung der Luft vom Wasser infolge plötzlicher Verkleinerung der Wasseroberfläche als elektrisch wirksam zu betrachten, sondern das Zerblasen der Wasseroberfläche durch die zwischen den unten ankommenden Wassermassen und dem Hindernis heftig herausgetriebene Luft.

Nachdem so genügendes Verständnis für die vorhandenen Möglichkeiten elektrischer Wasserfallwirkung gewonnen war, blieb in bezug auf die Gewittertheorie nur die Frage offen, ob ein *Zerblasen* von Tropfen unter den in einer Gewitterwolke obwaltenden Umständen wirklich stattfindet. Ist die Frage zu bejahen, so ist eine Wasserfalltheorie der Gewitter als grundsätzlich berechtigt nachgewiesen. Ich habe nach Beobachtungen an Wassertropfen im Luftstrom eines Ventilators Bejahung der Frage angenommen, falls der zur Bildung sehr wasserreicher Wolken jedenfalls notwendige aufsteigende Luftstrom von über 8 m/sec Geschwindigkeit *genügend tumul-*

---

1) „Probleme komplexer Moleküle“, Teil II, S. 27 u. f.

tuarisch ist.<sup>1)</sup> Ob das letztere zutrefte, konnte noch fraglich erscheinen. Es wurde von sehr beachtlicher Seite bezweifelt, „daß die Luftbewegung in so kleinen Raumelementen tumultuarisch abläuft, daß sie an verschiedenen Stellen desselben Tropfens in ungleichartiger Weise angreift, denn nur so könnte man sich das Abreißen kleinster Teile der molekularen Oberflächenschicht bewirkt denken.“<sup>2)</sup> Um hier Aufklärung zu schaffen, mußte der Vorgang des von mir beobachteten explosionsartigen Zerreißen von Wassertropfen im tumultuarischen Luftstrom genau im einzelnen untersucht werden und dies ist von Herrn Hochschwender eingehend mit quantitativer Verfolgung aller wesentlich in Betracht kommenden Umstände ausgeführt worden. Der dabei benutzte Apparat ist ähnlich dem von mir früher beschriebenen<sup>3)</sup>; er besteht aus einem sehr kräftigen und breiten Ventilator zur Erzeugung des nach oben gerichteten Luftstroms und aus der darüber befindlichen Abtropfvorrichtung.<sup>4)</sup> Es zeigte sich, daß bei genügender *Veränderlichkeit* der aufsteigenden Luftgeschwindigkeit ganz eigentümliche, nur bei Augenblicksbeleuchtung erkennbare Vor-

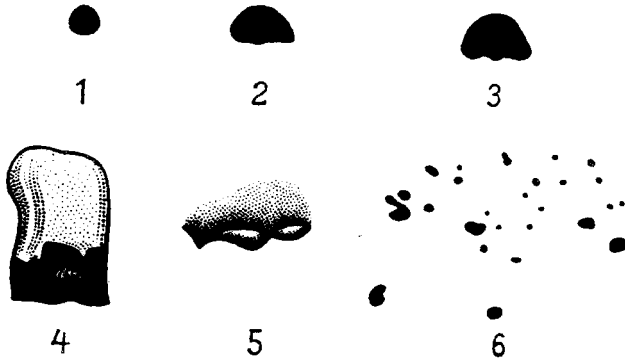
1) Man sehe die ausführliche Auseinandersetzung hierüber in den Ann. d. Phys. 47. S. 486 und 487. 1915. Es ist dort auch eine Berechnung der nach meinen Messungen zu erwartenden Elektrizitätsmenge und ein Vergleich derselben mit der nach Kohlrausch zur Blitzbildung notwendigen mitgeteilt. Auch ist eine praktische Prüfung der Wasserfalltheorie der Gewitter mittels Luftschiffes (Salzausstreuung auf die Gewitterwolke) vorgeschlagen. (Infolge eines Druckfehlers sind dort 1000 kg Salz für 1 cm<sup>2</sup> Wolkenoberfläche angegeben: es soll aber 1 km<sup>2</sup> heißen.) Eine ganz eingehende quantitative Behandlung der elektrischen Vorgänge in wasserreicher regnender Wolke bei genügend tumultuarischem aufsteigendem Luftstrom hat Herr Seeliger gegeben (Wiener Akad. 125 (IIa) S. 1167. 1916).

2) H. Geitel, „Zur Frage nach dem Ursprung der Niederschlags-elektrizität“, Phys. Zeitschr. 17. S. 459. 1916. Die Abhandlung bietet eine vortreffliche, höchst sachkundige und literaturkundige kritische Darstellung aller Gewittertheorien nach dem damaligen Stand der Kenntnis. Die Darstellung gilt auch bis heute noch; nur haben die im Vorliegenden zu betrachtenden Versuche Herrn Hochschwenders in bezug auf die Wasserfalltheorie neues Licht zugunsten der letzteren beigebracht.

3) „Über Regen“, Meteorol. Zeitschr. 1904, Fig. 1.

4) Genaue Beschreibung und Abbildung vgl. in der Dissertation von Hochschwender.

gänge auftreten, welche dem freien Auge nur als plötzliches Zerreißen des Tropfens ohne weitere Einzelheiten erscheinen. Der Tropfen wird, wie Herr Hochschwender gezeigt hat (vgl. die Figuren<sup>1)</sup>, von unten her durch den Luftstrom hutartig ausgehöhlt (Fig. 2 u. 3) und dann schnell von innen heraus



Figg. 1—6.

Ungefähr natürl. Größe. Zeit zwischen Figg. 1 und 4 etwa  $\frac{1}{35}$  Sek.

zerblasen, wobei sein oberer Teil auf Augenblicke in eine dünne Haut sich verwandelt (Fig. 4), die kurz danach vom Luftstrom durchlöchert wird, wobei der nun plötzlich frei durch den ringförmigen Wasserrest (Fig. 5) blasende Luftstrom offenbar eine große Zahl kleinster Tröpfchen von diesem Wasserrest nach oben abläßt, während die verbleibenden größeren Teile mehr seitlich auseinandergetrieben werden (Fig. 6). Daß die mit dem Luftstrom entweichenden kleinsten Tröpfchen negative elektrische Ladung mit sich nehmen, während die größeren Tropfen positive Elektrizität tragen, wie es nach unserer Erklärung der Wasserfallwirkung zu erwarten war, wurde von Herrn Hochschwender durch elektrometrische Versuche direkt nachgewiesen, wobei die Elektrizitätsentwicklung auch quantitativ genügend sich zeigte. Der Vorgang ist offenbar im wesentlichen der gleiche wie beim be-

1) Die Figuren sind nach Herrn Hochschwenders photograph. Aufnahmen gezeichnet; sie zeigen alles für wesentlich gehaltene vollkommen gut. Autotypische Abdrücke einer größeren Zahl von Aufnahmen, die allerdings auch etwas störende Unvollkommenheiten der Beleuchtungseinrichtung wiedergeben, findet man in Herrn Hochschwenders Dissertation.

kannten Zersprüher, wobei das zur Rohrmündung hingesaugte Wasser ebenfalls vom Luftstrom zerblasen wird<sup>1)</sup> und wobei man ebenfalls den herabfallenden Tropfenregen positiv, die mit dem feinsten Wasserstaub entweichende Luft aber negativ geladen findet.

Herr Hochschwender fand beim soeben beschriebenen Zerblasen eines Tropfens destillierten Wassers von 4,78 mm Durchmesser  $0,8 \cdot 10^{-12}$  Coulomb positive Elektrizität an dem so vollständig wie möglich aufgefangenen Wasser, was auf  $1 \text{ cm}^3$  Wasser umgerechnet  $1,4 \cdot 10^{-11}$  Coulomb entspricht. Allerdings war es nicht zu vermeiden, daß viele größere Wassertröpfchen, die einen Hauptteil der positiven Ladung tragen mußten, mit der die negative Ladung des feinsten Wasserstaubes tragenden Luft unaufgefangen entwichen. Die gemessene Ladung stellt daher nur einen Bruchteil der wirklich abgetrennten Ladung dar, die in der Gewitterwolke weit besser zur Geltung kommen kann, wo die großen verfügbaren Höhenunterschiede eine weit vollkommenere Trennung der feinsten und der größeren Wasserteile ermöglichen. Dem entspricht auch das früher schon veröffentlichte Resultat vom Zersprüher, wobei die Auffangung des positiven Wasserstaubes getrennt von der die negativen Träger fortführenden Luft weit besser möglich ist, als bei den zerblasenen Tropfen und wobei  $7 \cdot 10^{-10}$  Coulomb für  $1 \text{ cm}^3$  sich ergaben.<sup>2)</sup> Es sind daher die von Herrn Seeliger<sup>3)</sup> seiner eingehenden quantitativen Betrachtung der elektrischen Vorgänge in Gewitterwolken zugrundegelegten  $10^{-10}$  Coul./ $\text{cm}^3$  als durch Wasserfallwirkung in der Wolke gebildet und bis zur Blitzentladung führend vollkommen gerechtfertigt, vorausgesetzt, daß die Luftbewegung die geeignete Beschaffenheit hat.

In letzterer Beziehung ist wichtig, daß der oben abgebildete elektrisch wirksam gefundene Vorgang des „Zerblasens“ von Wassertropfen, wie bereits hervorgehoben, nur bei stoßweise

1) Man sieht hier bei mikroskopischer Beobachtung in der Augenblicksbeleuchtung elektrischer Funken ungleichmäßig und wechselnd geformte Wassergebilde unter dem Einfluß des Luftstroms aus dem Rohre steigen, die an ihren Rändern in Zerfetzung begriffen sind (vgl. „Problemes komplexer Moleküle“, Teil II, Note 47).

2) „Probleme komplexer Moleküle“, Teil II, S. 27.

3) a. a. O.

schwankender aufsteigender Luftgeschwindigkeit eintritt. Offenbar sind es die bei plötzlicher Steigerung der Luftgeschwindigkeit an der Unterfläche der trägen, der Geschwindigkeitsänderung nicht sogleich folgenden Wassermasse auftretenden kurzdauernden großen Überdrucke der Luft, welche die Höhlung und die daran anschließenden Vorgänge bewirken. Im Gegensatz dazu steht der von mir früher beobachtete Vorgang des „Zerfahrens“, der langsamer verläuft, eines sehr konstanten, wirbelfreien Luftstromes bedarf und elektrisch nur wenig wirksam oder unwirksam gefunden wurde.<sup>1)</sup> Er kommt zustande wenn die Oberflächenschichten des Tropfens bei ruhigem Schweben desselben Zeit haben, dem nach aufwärts gerichteten Luftstrom unter dem Einfluß der tangential gerichteten Reibungskraft zu folgen, ohne daß der Tropfen zerrissen wird, wobei in demselben ein Wirbelring sich ausbildet, der sich dann öffnet und nachher in Tropfen zerfällt.<sup>2)</sup> In der freien Atmosphäre spielt dieser Vorgang in seiner reinen Form wohl nur selten eine Rolle, da genügende Schwankungen des nach aufwärts gerichteten Luftstroms wohl meist nicht fehlen. Immerhin müßte bei wasserreichen großtropfigen Regen, wenn dieselben ohne starke Elektrizitätsentwicklung ablaufen, angenommen werden, daß derartiges Zerfahren der Tropfen durch Übergreifen der Luftbewegung vom Umfang aus nach Innen ohne das elektrisch wirksame Zerblasen in feinste Teile stattfindet, wenn auch natürlich nicht immer ganz in der reinen im stetigen Luftstrom eines Ventilators zu beobachtenden Form.

Die zum elektrisch wirksamen Zerblasen notwendigen Schwankungen der Luftgeschwindigkeit sind nach Herrn Hochschwenders Messungen aus der 4. Spalte der folgenden Tabelle ersichtlich.<sup>3)</sup> Die 2. Spalte enthält die nach meinen

1) „Über Regen“, Meteorol. Zeitschr. 1904 (die dortige den Vorgang erläuternde Fig. 2 ist verkehrt gedruckt; oben und unten ist zu vertauschen); „Probleme komplexer Moleküle“, Teil II, S. 31.

2) Solche Verwandlung von Tropfen in Wirbelringe kann man auch beim Hineintropfen einer gefärbten Flüssigkeit im Wasser sehen.

3) Ich habe in dieser Tabelle Herrn Hochschwenders und meine früheren Messungen noch besser auszunutzen gesucht, als es in seiner Dissertation geschehen ist. Es wurden die beobachteten Werte graphisch ausgeglichen und interpoliert. Die betr. Kurve schloß sich gut an die zu erwartenden Endwerte  $v_2 = \infty$  für  $r = 0$  und  $v_2 = 0$  für  $r = \infty$  an.

Tropfendurchmesser	Luftgeschwindigkeit		Schwankung $v_3 = v_2 - v_1$
	zum Schweben $v_1$	zum Zerblasen $v_2$	
mm	m/sec	m/sec	m/sec
2,5	6,4	20	14
3	6,9	17,6	10,7
3,5	7,4	15,8	8,4
4	7,7	14,1	6,4
4,5	8,0	13,0	5,0
5	8,0	12,0	4,0
5,5	8,0	10,9	2,9
6	8,0	10,0	2,0

früheren Messungen zum Schweben, d. i. also überhaupt zur reichlichen Ausbildung der in der 1. Spalte verzeichneten Tropfen-  
größen notwendigen aufsteigenden Luftgeschwindigkeiten.<sup>1)</sup> Die 3. Spalte gibt die stärkeren Luftgeschwindigkeiten an, deren genügend plötzliches Eintreten<sup>2)</sup> relativ zum Tropfen nach Herrn Hochschwenders Messungen das oben beschriebene und abgebildete elektrisch wirksame Zerblasen derselben zur Folge hat. Die Schwankungen der Luftgeschwindigkeit, welche demnach zu diesem Zerblasen während des Schwebens notwendig sind, Spalte 4, ergeben sich durch Differenzbildung aus den Spalten 2 und 3. Man sieht, daß mit wachsendem Tropfendurchmesser die zum Zerblasen erforderlichen Schwankungen der aufsteigenden Luftgeschwindigkeiten kleiner werden; zugleich wachsen die zum Schweben, also zur ausgiebigen Ausbildung der betreffenden Tropfengröße erforderlichen Luftgeschwindigkeiten selbst, so daß die Schwankungen relativ zur Mittelgeschwindigkeit um so mehr kleiner werden. Für die größten möglichen Regentropfen, 5,5 mm Durchmesser<sup>3)</sup>, ist nur die geringe Schwankung von rund 3 m/sec, bei der mittleren Geschwindigkeit von 8,0 m/sec erforderlich, um die Tropfen

1) „Über Regen“, Meteorolog. Zeitschr. 1904. S. 254. In der dortigen Tabelle ist ein Druckfehler zu berichtigen: Es soll bei  $2r = 1,5$  mm  $v = 1,2$  (nicht 1,7) m/sec heißen.

2) Innerhalb einiger hundertel Sekunden in Hrn. Hochschwenders Versuchen.

3) Größere Tropfen können auch in nicht schwankenden Luftströmen nur für die Dauer weniger Sekunden bestehen, da sie dann zerfahren („Über Regen“ a. a. O. S. 257).



während ihres Schwebens zu zerblasen. Sinkt z. B. die Luftgeschwindigkeit zeitweilig auf 6,5 m/sec, so beginnen die größten Tropfen mit 1,5 m/sec relativ zur Erde herabzufallen; steigt dann genügend plötzlich die Luftgeschwindigkeit auf 9,5 m/sec, so tritt gleichzeitig mit der Verhinderung des weiteren Herabfallens das Zerblasen der Tropfen ein. Der feinste Wasserstaub mit der negativen Elektrizität<sup>1)</sup> geht mit dem Luftstrom in große Höhen; die größeren, positiv geladenen Tröpfchen vereinigen sich bald mit größeren, noch nicht zerblasenen Tropfen<sup>2)</sup>, die dadurch beim nächsten Luftstoß zum Zerblasen kommen, und so fort. Es ist nicht zu bezweifeln, daß solche relativ geringe Schwankungen im aufsteigenden Luftstrom nicht fehlen werden, sobald die für das Zustandekommen großer Tropfen, wie fast alle Gewitterregen sie enthalten, erforderliche Geschwindigkeit von rund 8 m/sec überhaupt vorhanden ist<sup>3)</sup>, daß also das elektrisch wirksame Zerblasen in großtropfigem Regen meist auch wirklich stattfinden wird, womit die Berechtigung der Wasserfalltheorie der gewöhnlichen, mit großtropfigem Regen verbundenen Gewitter gesichert ist.<sup>4)</sup> Bei Tropfen unter 4 mm Durchmesser würden die Schwankungen der aufsteigenden Geschwindigkeit schon

1) Nach der eingangs erörterten Theorie der Wasserfallelektrizität und der Oberflächenbeschaffenheit der Flüssigkeiten sind dies Tröpfchen von kleinerem Durchmesser als Radius der Wirkungssphäre, 0,000008 mm bei Wasser nach Herrn Walters hierauf gerichteter eingehender Untersuchung (Dissertation Heidelberg, Mai 1918).

2) Eingehendes über diesen Vorgang: „Über Regen“ (a. a. O.) S. 254 u. f.

3) Vgl. hierüber auch die in Herrn Hochschwenders Dissertation (Abschnitt V) besprochene Literatur über die Beschaffenheit der atmosphärischen Luftströmungen.

4) Das von Herrn H. Mache unter günstigen Beleuchtungsverhältnissen beobachtete Aufblitzen einzelner Tropfen bald da bald dort in der Regenwand eines heftigen Gewitters (Meteorol. Zeitschr. 36. S. 350. 1919) kann geradezu als das Augenscheinlichwerden des von uns hier untersuchten elektrisch wirksamen Zerblasens der Regentropfen betrachtet werden. Die plötzliche Zerteilung je eines großen, wenig Licht reflektierenden Tropfens in viele kleine, viel Licht reflektierende Tröpfchen muß dem Auge bei günstiger Beleuchtung als Aufblitzen erscheinen, wie es Herr Mache überzeugend erläutert hat. Der Anblick der Erscheinung im Ventilatorluftstrom, aus nicht zu großer Nähe, entspricht dem auch vollkommen.

größer als diese selbst sein müssen (vgl. die Tabelle), was wohl nicht so leicht in genügender räumlicher Ausdehnung wird eintreten können.<sup>1)</sup> Es setzt daher die Wasserfalltheorie der Gewitter das genügende Vorhandensein von Tropfen von 4 mm und größerem Durchmesser in einer Gewitterwolke voraus, was der Erfahrung bei Regentropfenmessungen aber auch gut entspricht<sup>2)</sup>, dazu genügende Schwankungen des aufsteigenden Luftstroms, welche genügend lange Zeit ohne zu starkes Nachlassen des Luftstroms und also Herabfallen des Wassers anhalten müssen. Eben hierin würde das „genügend Tumultuarische“ des Luftstroms bestehen, das wir von vornherein als Bedingung für Wasserfallgewitter angegeben haben. Daß die Bedingung zur Sommerzeit und in den Tropen leicht erfüllt sein kann, ist nicht zu bezweifeln, und es gewinnen nach Kenntnis von Herrn Hochschwenders Resultaten die Ausführung der Herren Geitel und Seeliger<sup>3)</sup> über die Berechtigung der Wasserfalltheorie der Gewitter volle und zweifelsfreie Bedeutung. Anders ist es bei kleintropfigen Landregen; hier kann der genügend tumultuarische Verlauf der Luftströme im allgemeinen zweifelhaft sein; denn gerade für die kleinen Tropfen müßten nach Herrn Hochschwenders Resultat, wie bemerkt, die Schwankungen der aufsteigenden Geschwindigkeit besonders groß sein um Wasserfallwirkung erwarten zu lassen. Es ist daher für die auch bei Landregen nicht fehlende Elektrizitätsentwicklung, welche allerdings gewöhnlich nicht bis zur Blitzbildung sich steigert, wohl eine andere Ursache anzunehmen<sup>4)</sup>, und es kommt hier-

---

1) Es stimmt dies mit meiner schon 1904 „Über Regen“ gemachten Angabe überein, „daß Regentropfen bis zu 4 mm Durchmesser unter allen Windverhältnissen unversehrt ihren Weg durch die Luft finden werden.“

2) Aus dem elektrisch nicht mitwirkenden Rande von Gewitterwolken können natürlich auch kleinere Regentropfen fallen.

3) Zitate s. oben.

4) In diesem Sinne sprechen auch die hauptsächlich an kleintropfigen Landregen gewonnenen Beobachtungen von Herrn Schindelbauer in ihrem Gegensatz zu den an tropischen Gewittern gemachten Beobachtungen des Herrn Simpson. Vgl. Schindelbauer, „Veröff. d. K. Pr. Meteorol. Instituts“ Nr. 263; Simpson, Physik. Zeitschr. 14. S. 1057. 1913; Schindelbauer, Physik. Zeitschr. 14. S. 1292. 1913.

für besonders die Influenztheorie der Herren Elster und Geitel in Betracht, nachdem die „Iontheorie“ der Herren Wilson und Gerdien als ungenügend befunden worden ist.<sup>1)</sup> Dasselbe könnte auch für die Schneegewitter gelten.

Daß die bei Regenfällen häufig zu beobachtende Erniedrigung oder gar Umkehr des Erdpotentialgefälles ihren Sitz — im Gegensatz zu den bisher betrachteten Vorgängen — überhaupt nicht in den Wolken hat, sondern daß sie Wasserfallwirkung der auf den feuchten Erdboden oder auf Wasserflächen treffenden Regentropfen ist, habe ich schon 1892 eingehend begründet<sup>2)</sup>, wie es auch durch alle seitherige Erfahrung als bestätigt zu betrachten ist.

Heidelberg, Mai 1921.

---

1) Siehe H. Geitel, *Physik. Zeitschr.* 17. S. 463. 1916; R. Seeliger, *Wiener Ber.* 125 IIa. S. 1167. 1916; P. Gschwend, *Starks Jahrb.* 17. S. 74. 1920. Man vgl. außerdem die gegen die physikalischen Grundlagen der „Iontheorie“ vorliegenden Einwände, „Probleme komplexer Moleküle“ 3. S. 53. 54. Der von Herrn Gschwend (a. a. O. S. 75) gegen die Wasserfalltheorie der Gewitter gemachte Einwand, daß er nie Regentropfen von annähernd 130 mg Gewicht (6,3 mm Durchmesser) gefunden habe, trifft nicht; denn es ist bekannt („Über Regen“, *Meteorolog. Zeitschr.* 1904), daß Tropfendurchmesser über 5,5 mm überhaupt nicht bestehen können, und Durchmesser von 5 mm sind sehr wohl in Regen gemessen worden.

2) *Wied. Ann.* 46. S. 629. 1892 u. f.

(Eingegangen 8. Juli 1921.)

---