

Veröffentlichungen
des
Königlich Preußischen Meteorologischen Instituts

Herausgegeben durch dessen Direktor

G. Hellmann

— Nr. 228 —

Abhandlungen Bd. IV. Nr. 1.

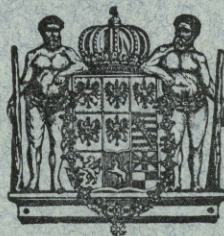
Untersuchungen

über den

täglichen Gang des luftelektrischen Potentialgefälles

Von

K. Kähler



Veröffentlichungen
des
Königlich Preußischen Meteorologischen Instituts

Herausgegeben durch dessen Direktor

G. Hellmann

— Nr. 228 —

Abhandlungen Bd. IV. Nr. 1.

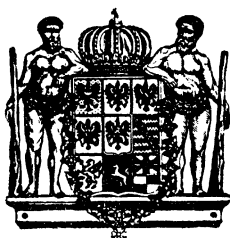
Untersuchungen

über den

täglichen Gang des luftelektrischen Potentialgefälles

Von

K. Kähler



ISBN 978-3-662-22858-6
DOI 10.1007/978-3-662-24792-1

ISBN 978-3-662-24792-1 (eBook)

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einleitung	5
I. Täglicher Gang des Gefälles auf „Turm“ und „Wiese“	7
II. Täglicher Gang des Gefälles auf der „Nuthe“	12
III. Täglicher Gang des Gefälles in Seddin	16
IV. Potentialgefälle und Lufttemperatur	20
V. Potentialgefälle, Luftdruck und Bodentemperatur	21
VI. Potentialgefälle und Windstärke	25
VII. Potentialgefälle und Sonnenstrahlung	27
Schluß: Erklärung des täglichen Ganges beim Potentialgefälle	27

Einleitung.

In den Jahren 1907 bis 1909 fanden an verschiedenen Punkten nahe dem Meteorologischen Observatorium bei Potsdam Registrierungen des Potentialgefälles statt mit Wasserelektroden und Benndorf-Elektrometern. Über die qualitativen Ergebnisse ist bereits in einer Reihe von Abhandlungen berichtet worden¹⁾. Der Gedanke, aus Registrierungen an benachbarten Stationen Schlüsse auf die Beschaffenheit des Erdfeldes zu ziehen, ist wohl zuerst von Lord Kelvin²⁾ ausgesprochen worden. Als diese Versuche Ende 1906 durch Prof. Lüdeling, dem damals die luftelektrischen Messungen am Observatorium oblagen, aufgenommen wurden, war bekannt³⁾, daß auf etwa 100 m hin keine Unterschiede in den Werten des Gefälles eintreten, während andererseits auf etwa 70 km große Abweichungen sich zeigten. Chauveau⁴⁾, der in den neunziger Jahren des vorigen Jahrhunderts in Paris ausgedehnte Registrierungen ausführte, hatte das wichtige Ergebnis festgestellt, daß am Eiffelturme, nur 300 m über dem Boden, der Gang des Gefälles stark von dem am Erdboden abweicht. Es blieb aber noch die Frage offen, wie ändert sich der Gang auf kleinere Entfernung über den Boden hin und vor allem: wie ist dabei der Zusammenhang zwischen den luftelektrischen und meteorologischen Elementen.

Als Hauptstation für die Registrierung des Potentialgefälles dient jetzt in Potsdam eine Einrichtung auf der Beobachtungswiese des Observatoriums, die seit Ende 1906 dauernd im Gang ist. Das Elektrometer befindet sich in einem Wellblechhause, die Abtropfstelle liegt 1 m von der Wand des Hauses entfernt, 1 $\frac{1}{2}$ m über dem kurzgeschorenen Grasboden der Wiese, 81 m über dem Meere. Das elektrische Feld ist durch das Häuschen, sowie vor allem durch Bäume ringsum stark gestört. Die Reduktion der registrierten Werte auf die freie Ebene macht wegen des umgebenden Waldes Schwierigkeiten. Erst 1 $\frac{1}{2}$ km im W des Observatoriums auf der Tornowhalbinsel der Havel ist ein Platz, der einigermaßen frei gelegen ist. Zahlreiche, stets zur selben Tageszeit daselbst angestellte Vergleichsmessungen ergaben als mittleren Wert des Reduktionsfaktors 4.7.

¹⁾ K. Kähler, Registrierungen des luftelektrischen Potentialgefälles an nahe benachbarten Stationen. Meteor. Zeitschrift 25, 155 und 289, 1908, sowie 26, 9 und 347, 1909. Über die Einwirkung von Blütenstaub auf das Potentialgefälle, ebenda 26, 360, 1909. Über die Einwirkung von Regenfällen und Böen auf das Potentialgefälle am Erdboden. Bericht über die Tätigkeit des Königl. Preuß. Meteorologischen Instituts i. J. 1908, 67 und Meteor. Zeitschrift 27, 368, 1910.

²⁾ Lord Kelvin, Papers on Electrostatics and Magnetism, S. 221.

³⁾ Siehe A. Gockel, Die Luftlektrizität 99, 1908.

⁴⁾ A. B. Chauveau, Recherches sur l'Electricité Atmosphérique I. Mémoire. Paris 1899, II. 1900.

Während des ganzen Jahres 1907, sowie 1908 bis in den Sommer hinein war eine zweite Registrierstation für das Gefälle am Turme des Observatoriums angebracht, deren Abtropfstelle 1 m von der Turmwand, 107 m über dem Meere, 26 m über dem Boden lag. Die Einrichtung bestand seit dem 1. Januar 1904 und war bis Ende 1907 Hauptstation für das Potentialgefälle. Im Sommer 1908 mußten hier die Registrierungen wegen baulicher Änderungen längere Zeit unterbrochen werden; jetzt dient „Turm“ als Reservestation für die „Wiese“. Der Reduktionsfaktor ist 1.0: die Niveaulflächen verlaufen also an der vertikalen Turmwand annähernd so wie über dem freien Erdboden. „Turm“ und „Wiese“ sind durch das große Hauptgebäude des Observatoriums und durch eine Reihe hoher Eichen von einander getrennt, die Entfernung in der Projektion beträgt etwa 100 m. Neben diesen beiden Stationen des Observatoriums wurden in der näheren Umgebung zwei weitere errichtet, von denen die eine, die „Nuthe“, vom 1. April 1907 bis 1. Juli 1907, Mitte Oktober 1907 bis 1. Oktober 1908 in Benutzung war. Die Abtropfstelle befand sich 1.4 km östlich vom Observatorium in einem sandigen Garten nahe der Nuthe, einem Havelnebenflusse, an der Wand eines bewohnten Hauses, 4 m über dem Erdboden und 36 m über dem Meere. Der Reduktionsfaktor der Station wurde nicht direkt bestimmt, sondern durch Vergleichung mit dem „Turm“ zu 5.1 festgestellt. Die „Nuthe“ ist demnach ebenso eingengt wie die „Wiese“. Als zweite benachbarte Station war vom 1. April bis 1. Oktober 1908 die „Havel“ im Betrieb, die 1.7 km im NW vom Observatorium in der Stadt Potsdam selber an einem Kiez genannten Havelarm lag. Für eine Ableitung des täglichen Ganges ist diese Registrierung wenig geeignet, weil der Stadteinfluß sich in den Kurven schon zu sehr bemerkbar macht. Vor allem bei Winden, die auf die Abtropfstelle gerichtet waren, ist der Gang dauernd durch steile positive Zacken gestört, die offenbar durch Rauch und ähnliche Störungen hervorgerufen wurden. Es ließ sich sogar nachts ein Zusammenhang zwischen diesen Zacken und den in 3 bis 400 m vorbeifahrenden Eisenbahnzügen feststellen¹⁾.

Ferner war vom 1. Oktober 1908 bis 1. Oktober 1909 eine Registrierstation 13 km im SSW vom Observatorium in Tätigkeit, deren Abtropfstelle am Süden des Seddiner Sees am Giebel eines freigelegenen Hauses sich befand und zwar $\frac{1}{2}$ m von der Wand, 6 m über dem Boden und nach SE gerichtet. Der Reduktionsfaktor dieser Station „Seddin“ wurde durch Vergleichsmessungen in der Nähe zu 2.2 bestimmt; doch ist dieser Wert als Mittel der drei Messungen 1.8 (September), 1.9 (Oktober) und 2.8 (März) nicht übermäßig genau, so daß die absoluten Werte von „Seddin“ auf etwa 10% unsicher sein dürften.

Die an den benachbarten Orten erhaltenen Kurven lassen nun neben den vielen kleineren Unterschieden auch deutlich Änderungen der absoluten Werte zu den verschiedenen Tages- und Jahreszeiten erkennen. Diese Abweichungen werden, soweit sie regelmäßig da sind, ein Mittel an die Hand geben, auf das Zustandekommen des täglichen Ganges Schlüsse zu ziehen. Es ist bei einem solchen Vergleich zweier Stationen stets so verfahren worden, daß nur ruhige, ungestörte, sogenannte „normale“ Tage der beiden Kurven durch Bildung der Stundenmittelwerte nach einem einfachen graphischen Verfahren ausgewertet und berechnet

¹⁾ Das ist schon von Chauveau (II, 95) in Trappes gefunden worden. A. A. Daunderer (Über die in den unteren Schichten der Atmosphäre vorhandene freie elektrische Raumladung. Dissert. der Techn. Hochschule München 1908, 60) findet dagegen eine Abnahme des Gefälles durch Rauch.

wurden. Die Auswahl ist so getroffen, daß alle Tage, an denen Regen fiel, wo Nebel oder eine geschlossene tiefe Wolkendecke herrschte, fortgelassen wurden; ebenso die Kurven mit negativen Ausschlägen im Gefälle, als deren Ursache Staub anzusehen ist. Ferner sind alle die Tage nicht mit herangezogen worden, an denen die Registrierung Lücken aufwies, wie sie entstehen können durch Stehenbleiben der Uhr, Verstopfen oder Einfrieren der Ausflußöffnung, Kleben des Zeigers auf dem Blaubande u. s. w.

I. Täglicher Gang des Gefälles auf »Turm« und »Wiese«.

Dem Vergleich der beiden Stationen am Observatorium wurden die ruhigen Tage des Jahres 1. April 1907 bis dahin 1908 zugrunde gelegt. Da »Turm« den Reduktionsfaktor 1 hat, so sind die aus der Kurve abgelesenen und mit Hilfe der bekannten Empfindlichkeit berechneten Volt sofort die absoluten Werte, bezogen auf 1 m über der freien Ebene. Es wurden nun die normalen Tage der einzelnen Monate zusammengefaßt und die 24 mittleren Stundenwerte durch die Nachbarwerte nach der Formel $\frac{1}{4}(a + 2b + c)$ ausgeglichen (siehe Tab. I). Die Abweichungen der Einzelzahlen vom Monatsmittelwert (= Mittel der 24 Stundenwerte) ergeben den täglichen Gang des »Turmes« (siehe Fig. 1). Die »Wiese« wurde folgendermaßen auf »Turm« reduziert. Aus den 24 entsprechenden ausgeglichenen Wiesenwerten, gültig für die Abtropfstelle (siehe Tab. II), wurde das Verhältnis »Turm«/»Wiese« gebildet und aus diesen 24 Zahlen das mittlere Verhältnis des Monats (Tab. III). Dann multiplizierte man die ursprünglichen 24 Stundenmittelwerte »Wiese« mit diesem mittleren Verhältnis. Die Abweichungen der so erhaltenen 24 Zahlen vom Monatsmittelwert ergeben den täglichen Gang der »Wiese«.

Tab. I.
Täglicher Gang des Potentialgefälles »Turm«. Volt/m. (Ausgegliche Werte.)

Monat	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a	10 ^a	11 ^a	Mg	1 ^p	2 ^p	3 ^p	4 ^p	5 ^p	6 ^p	7 ^p	8 ^p	9 ^p	10 ^p	11 ^p	Mn.	Zahl der Tage	Mittel
1907 April .	156	156	156	154	152	169	210	245	258	246	218	195	187	190	196	199	198	203	222	235	224	206	189	170	9	197
Mai .	191	176	173	176	182	198	226	258	273	264	239	210	191	188	192	194	189	194	208	244	271	256	227	210	10	214
Juni .	186	184	182	182	179	189	217	238	238	220	197	181	171	169	174	186	196	195	193	191	187	189	188	184	11	192
Juli .	212	179	174	174	182	196	214	224	227	220	202	184	178	183	194	208	216	217	210	206	224	252	270	258	5	208
Aug. .	180	174	172	168	168	179	199	226	250	255	231	204	194	185	177	180	182	175	163	166	182	190	190	188	8	191
Sept. .	226	201	185	176	180	192	214	252	292	315	317	305	287	276	275	271	255	243	262	300	320	306	280	255	11	257
Okt. .	238	217	214	212	211	213	222	239	261	270	266	264	261	254	250	243	234	239	257	277	292	298	297	276	8	250
Nov. .	251	246	240	235	234	238	247	261	276	284	285	287	294	300	296	292	296	305	319	328	323	306	281	260	9	278
Dez. .	273	246	229	217	216	227	239	253	278	314	346	357	366	370	354	338	348	366	367	356	349	340	324	303	6	307
1908 Jan. .	345	314	293	272	244	232	247	271	294	315	344	372	388	398	400	393	392	403	420	434	431	413	398	378	9	350
Febr. .	246	224	222	222	226	243	274	295	294	294	294	289	290	294	294	296	304	316	342	368	365	344	322	289	7	289
März .	184	190	186	184	186	192	210	242	270	272	247	223	215	214	211	209	208	208	222	239	235	225	208	185	11	215
Jahr .	224	209	202	198	197	206	227	250	268	272	266	256	252	252	251	251	252	255	265	279	284	277	264	246	104	246

Tab. I gibt also die absoluten Werte vom »Turm«, in Tab. II sind die Zahlen mit 4.7 zu multiplizieren, um für 1 m über freier Ebene zu gelten. Tab. III enthält außer den mittleren Zahlen »Turm«/»Wiese« die höchsten und tiefsten Werte in den einzelnen Monaten. Man sieht, daß das Verhältnis im Mittel gleich dem Reduktionsfaktor der »Wiese« ist. In den Schwankungen der

Zahl ist im allgemeinen kein jährlicher Gang zu erkennen. Die mittleren Stundenwerte in den einzelnen Monaten weichen aber immerhin noch ziemlich beträchtlich ab, zwischen 5.6 (Mai 10^b) und 3.6 (März 1^a).

Tab. II.
Täglicher Gang des Potentialgefälles „Wiese“. (Ausgeglichene Werte.)

Monat	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a	10 ^a	11 ^a	Mg.	1 ^p	2 ^p	3 ^p	4 ^p	5 ^p	6 ^p	7 ^p	8 ^p	9 ^p	10 ^p	11 ^p	Mn.	Zahl der Tage	Mittel
1907 April .	42	42	42	43	42	45	52	60	60	56	49	46	45	46	49	51	52	54	59	62	60	55	50	44	9	50
Mai .	43	40	39	38	39	42	47	53	56	53	48	43	40	41	42	43	42	42	44	47	51	52	50	47	10	45
Juni .	39	39	37	36	36	38	42	45	43	40	37	34	33	34	36	38	38	38	39	40	41	40	38	37	11	38
Juli .	50	46	46	45	42	41	42	44	46	46	42	39	38	40	42	43	45	49	51	53	59	64	64	58	5	47
Aug. .	43	42	40	37	36	38	40	43	46	48	45	41	40	39	38	39	40	40	39	40	42	44	45	45	8	41
Sept. .	51	49	46	44	45	48	52	58	66	68	60	58	56	55	55	56	56	56	58	64	66	63	59	54	11	56
Okt. .	51	46	45	44	44	47	50	54	57	57	56	54	53	52	52	52	54	58	60	62	61	60	58	8	54	
Nov. .	54	53	51	50	51	52	53	55	58	59	58	58	59	61	61	61	62	64	65	64	61	59	56	55	9	58
Dez. .	58	53	50	47	46	48	50	52	56	61	68	72	74	76	75	73	74	76	77	76	75	73	68	63	6	64
1908 Jan. .	82	72	65	61	54	49	50	52	56	60	66	69	73	76	77	76	78	83	86	86	84	84	84	84	9	71
Febr. .	56	51	50	51	52	54	60	64	64	62	62	63	64	64	65	68	73	80	86	85	80	74	66	7	65	
März .	50	50	49	47	46	46	49	54	60	59	54	50	48	47	47	47	48	51	54	55	53	50	48	11	50	
Jahr .	52	49	47	45	44	46	49	53	56	56	54	52	52	53	53	54	54	56	59	61	62	61	58	55	104	53

In Fig. 1 sind die Abweichungen des „Turmes“ und der auf „Turm“ reduzierten „Wiese“ vom Mittel graphisch dargestellt. Im allgemeinen ist es überraschend, wie gut der Gang auf der ganz eingegengten „Wiese“ mit dem des frei gelegenen „Turmes“ übereinstimmt, vor allem im Winter und Frühjahr. Das Potentialgefälle zeigt ja in Potsdam eine doppelte tägliche Schwankung, die nur im Winter auf kurze Zeit zurücktritt und in die einfache übergeht.¹⁾ Es

Tab. III.
Schwankung des Verhältnisses „Turm“/„Wiese“.

Monat	Mittelwert	Maximum		Minimum		Monat	Mittelwert	Maximum		Minimum	
		Wert	Zeit	Wert	Zeit			Wert	Zeit	Wert	Zeit
1907 April . .	3.92	4.4	11 ^a	3.6	4 ⁿ	1907 Okt. . .	4.70	4.9	1 ^p	4.3	7 ^a
Mai . . .	4.66	5.6	10 ^p	4.4	2 ^a	Nov. . .	4.84	5.4	8 ^p	4.6	6 ^a
Juni . . .	5.02	5.5	9 ^a	4.5	9 ^p	Dez. . .	4.77	5.4	1 ^p	4.0	1 ^a
Juli . . .	4.44	5.1	7 ^a	3.7	2 ^a	1908 Jan. . .	4.92	5.4	11 ^p	4.4	1 ⁿ
Aug. . .	4.61	5.4	10 ⁿ	4.2	2 ^a	Febr. . .	4.47	4.8	11 ^a	4.3	8 ^p
Sept. . .	4.58	5.2	0 ^p	3.9	3 ^a	März . .	4.26	4.9	9 ^a	3.6	1 ^a
						Mittel . .	4.60				

seien daher der Reihe nach die Eigentümlichkeiten und gesetzmäßigen Abweichungen der 4 Hauptteile der Kurven an beiden Stationen besprochen. Am besten sieht man diese Abweichungen an den am Ende der Fig. 1 sich befindlichen Jahreskurven von „Wiese“ und „Turm“.

a) Das Morgenminimum ist im allgemeinen auf der „Wiese“ etwas flacher und weniger ausgeprägt als auf dem „Turme“, so vor allem im September. Die Eintrittszeit ist

¹⁾ vgl. G. Lüdeling: Einige Ergebnisse 5jähriger Registrierungen des luftelektrischen Potentialgefälles in Potsdam. Bericht über die Tätigkeit des Kgl. Preuß. Meteorol. Instituts im Jahre 1909, S. 151.

meist dieselbe; nur im März, Mai und Juli kommt es auf der „Wiese“ etwas später, im Oktober, November, Dezember etwas früher.

b) Das Morgenmaximum ist auf beiden Kurven von Oktober bis Februar, soweit überhaupt vorhanden, gleich, in den übrigen Monaten auf der „Wiese“ flacher, vor allem im März, April und August. Die Eintrittszeit ist im wesentlichen dieselbe.

c) Das Nachmittagsminimum liegt außer im Mai durchweg auf der „Wiese“ tiefer als auf dem „Turm“. In der Zeit vom Juli bis Oktober tritt jedoch auf dem „Turme“ ein zweites, viel schärfer ausgeprägtes Minimum am Spätnachmittage auf, das niedriger geht als die gleichzeitigen Wiesenwerte. Dieses Minimum zeigt eine deutliche Abhängigkeit vom Sonnenstande: es erscheint im Juli um 8^p, im Oktober schon um 5^p. Es liegt daher nahe, die Ursache der Abweichung in der verschiedenen Sonnenwirkung auf „Turm“ und „Wiese“ zu suchen. Nun ist sowohl auf dem Turme als auch auf der Wiese ein Thermograph und ein Hygograph aufgestellt. Die Kurven dieser Instrumente wurden an den normalen Tagen des Juli, September sowie des April 1907 ausgewertet (siehe Tab. IV). Aus Tab. IV geht hervor, daß an den ruhigen Tagen im Juli die Wiese mittags im Mittel 1 $\frac{1}{2}$ Grad wärmer, 8^p und 10^p dagegen 2 $\frac{1}{2}$ und 1 $\frac{1}{2}$ Grad kälter ist als der Turm; die relative Feuchtigkeit war mittags 3, abends 10% auf der Wiese größer. Im September hat sich die Wiese mittags ebenfalls mehr erwärmt, um 6^p dagegen schon 2 $\frac{1}{2}$ Grad, um 9^p noch 2 Grad mehr abgekühlt. Die Feuchtigkeit nimmt abends auf der Wiese noch viel schneller zu als im Juli. Die Abweichung der beiden Potentialgefällekurven ist der der Thermographenkurven immer entgegengesetzt. Mittags liegt die „Wiese“ tiefer, zurzeit der Inversion dagegen „Turm“. Im Frühjahr bestehen in den späten Nachmittagsstunden nicht solche Temperaturunterschiede zwischen „Turm“ und „Wiese“. Im April 1907 war z. B. mittags die „Wiese“ gleichviel wärmer, um 5^p ebenfalls noch etwas wärmer, um 8^p nur 0.8 Grad kälter. „Turm“ zeigt daher im Potentialgefälle nicht die tiefen Werte wie im Spätsommer, doch geht abends die „Turm“-kurve immerhin niedriger als die „Wiese“. Bei den beiden Potsdamer Stationen, die sich nur durch 26 m Höhe von einander unterscheiden, fallen also Unterschiede in der Temperatur im allgemeinen mit Unterschieden im Potentialgefälle zusammen, und zwar entsprechen der höheren Temperatur tiefere Werte des Gefälles.

Aus diesem Satze lassen sich die meisten Unterschiede der „Turm“- und „Wiesen“-Kurve erklären. Nachts ist die Wiese zu allen Jahreszeiten kälter, daher das Potentialgefälle höher. Zurzeit des Morgenmaximums kehrt sich das Verhältnis um, die Wiese wird durch die Sonne mehr erwärmt als der Turm, die Wiesenkurve des Gefälles liegt tiefer. Mittags ist das durchweg der Fall, abends tritt wieder Temperaturinversion ein und auch die Potentialgefällekurven kehren sich um. K. Knoch¹⁾ hat die mittlere Abweichung der Wiesen- von der Turmtemperatur in den Jahren 1893 bis 1904 berechnet. Ein Vergleich der dort für die einzelnen Monate S. 9 gezeichneten Kurven mit den Gefällekurven Turm-Wiese der betreffenden Monate aus Fig. 1 ergibt meistens einen überraschenden Zusammenhang zwischen den Abweichungen der Temperatur und denen des Potentialgefälles (so im April, Juni, Juli, August, Dezember, Januar, Februar).

¹⁾ K. Knoch, Ein Beitrag zur Kenntnis der Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse in verschiedener Höhe über dem Erdboden. Abhandlungen des Königl. Meteorol. Instituts, Bd. III, Nr. 2, 1909.

Tab. IV.
Temperatur und Relative Feuchtigkeit an den normalen Tagen,
„Turm“ und „Wiese“.

Datum	Temperatur						Relative Feuchtigkeit					
	»Turm«			»Wiese«			»Turm«			»Wiese«		
	2P	5P	8P	2P	5P	8P	2P	5P	8P	2P	5P	8P
April 1907												
1	12.6	11.7	7.0	13.3	12.7	6.4	39	38	58	37	38	69
2	13.3	12.7	7.9	14.5	13.3	6.9	35	30	53	34	30	57
4	11.6	11.7	9.6	12.7	12.0	9.4	47	48	55	41	45	57
9	12.7	12.3	8.6	14.0	12.0	7.4	37	39	69	39	39	73
10	8.2	8.4	5.9	10.0	9.4	5.7	43	44	57	42	43	60
20.	7.6	8.0	6.3	9.9	9.2	4.3	29	29	37	29	30	50
21	11.8	12.2	9.4	13.0	12.9	8.9	29	29	41	28	30	46
28	8.6	9.3	5.9	11.1	10.3	4.4	41	34	59	39	35	67
29	8.5	9.2	8.1	10.0	9.9	7.4	44	39	49	46	43	55
Mittel	10.5	10.6	7.6	12.0	11.3	6.8	37	37	53	37	37	59

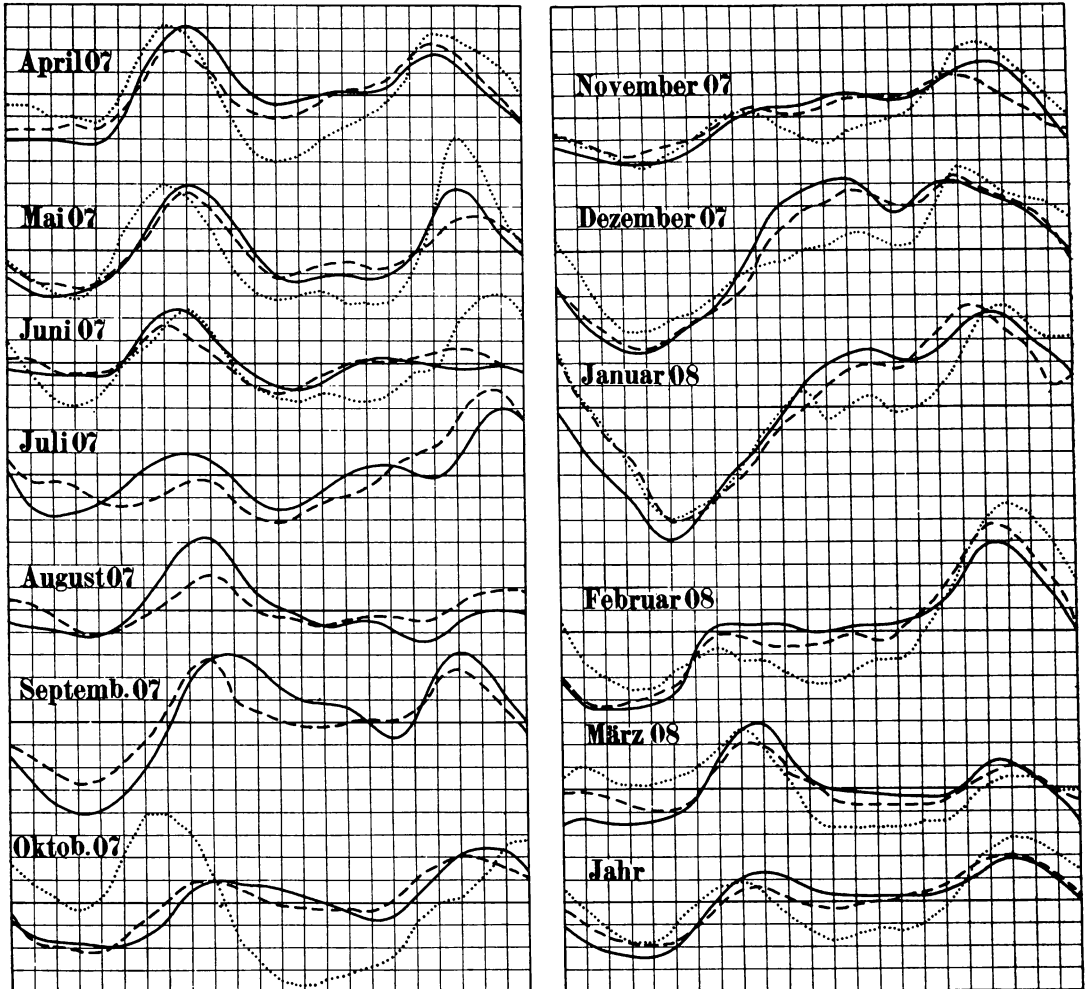
Datum	Temperatur						Relative Feuchtigkeit					
	»Turm«			»Wiese«			»Turm«			»Wiese«		
	3P	8P	10P	3P	8P	10P	3P	8P	10P	3P	8P	10P
Juli 1907												
4	19.0	17.5	16.0	20.4	17.5	16.4	52	57	62	54	65	71
16	24.7	22.1	20.3	25.9	20.2	18.0	53	71	82	59	84	94
21	12.2	13.2	12.2	13.1	11.7	10.3	72	72	82	80	88	94
22	16.1	13.9	11.9	17.7	12.7	10.6	52	74	89	55	80	91
25	18.3	18.4	16.8	19.6	16.2	14.7	68	69	74	63	77	88
Mittel	18.0	17.0	15.5	19.3	15.7	14.0	59	69	78	62	79	88

Datum	Temperatur						Relative Feuchtigkeit					
	»Turm«			»Wiese«			»Turm«			»Wiese«		
	2P	6P	9P	2P	6P	9P	2P	6P	9P	2P	6P	9P
September 1907												
11	17.7	17.6	16.2	19.4	16.0	13.5	54	62	64	50	73	80
12	21.7	19.8	16.1	22.6	18.2	14.1	51	59	77	49	75	90
13	23.3	20.4	16.2	24.1	18.5	15.4	46	64	77	47	77	84
16	12.3	11.5	9.4	13.3	10.3	8.5	51	74	79	64	84	92
23	12.9	12.5	10.7	15.1	9.7	7.5	47	57	66	43	74	86
24	18.1	17.1	12.4	18.8	13.1	10.5	43	44	75	48	68	89
25	20.8	18.9	17.5	22.1	16.1	14.6	54	65	71	55	87	88
26	22.3	18.9	15.9	23.2	16.4	13.0	49	59	71	49	77	86
27	21.3	18.4	14.3	22.1	15.8	12.7	53	68	90	52	85	98
29	20.4	18.3	16.5	20.6	16.2	14.3	50	62	90	54	79	85
Mittel	19.1	17.3	14.5	20.1	15.0	12.4	50	61	74	51	78	88

d) Das Abendmaximum. Aus den Temperaturen Turm-Wiese erklärt sich nach dem vorigen ohne weiteres der Unterschied des Abendmaximums in den meisten Fällen: Die kältere und feuchtere Wiese hat das höhere Maximum. Daß dabei der erhöhte Wasser-

dampfgehalt am Erdboden ebenfalls eine Rolle spielen kann, ist bereits Met. Zeitschr. 26, 347, 1909, gezeigt worden: vielfach wurde abends an heiteren Tagen eine gleichzeitige ruckweise Erhöhung der Feuchtigkeit und des Gefälles an den Stationen wahrgenommen. Es bleibt nur übrig, die Abweichung zu erklären, die im Mai, September und z. T. im November eintritt, wo auf der Wiese das Abendmaximum flacher ausfällt. Offenbar wirkt in diesen Monaten ein anderer Grund der Erhöhung des Wiesengefälles entgegen. Vielleicht ist es die

1^a 2^a 3^a 4^a 5^a 6^a 7^a 8^a 9^a 10^a 11^a Mg. 1^p 2^p 3^p 4^p 5^p 6^p 7^p 8^p 9^p 10^p 11^p Mn. 1^a 2^a 3^a 4^a 5^a 6^a 7^a 8^a 9^a 10^a 11^a Mg. 1^p 2^p 3^p 4^p 5^p 6^p 7^p 8^p 9^p 10^p 11^p Mn.



1^a 2^a 3^a 4^a 5^a 6^a 7^a 8^a 9^a 10^a 11^a Mg. 1^p 2^p 3^p 4^p 5^p 6^p 7^p 8^p 9^p 10^p 11^p Mn. 1^a 2^a 3^a 4^a 5^a 6^a 7^a 8^a 9^a 10^a 11^a Mg. 1^p 2^p 3^p 4^p 5^p 6^p 7^p 8^p 9^p 10^p 11^p Mn.

Fig. 1. Täglicher Gang des Potentialgefälles nach Abweichungen vom Monatsmittel.

1 Teilstrich = 20 Volt.

— Turm - - - - - Wiese ····· Nuthé.

eingeengte Lage der Station, welche die Amplitude gegen den Turm herabdrückt. Die ziemlich große Abweichung des Morgenmaximums würde sich dann so erklären, daß hier die Amplitudenverringerng und der Temperatureinfluß sich addieren. Chauveau¹⁾ fand auf dem Eiffelturm, daß der in 170 cm Abstand vom Turme erhaltene Wintertyp des Potentialgefälles bei 35 cm Abstand in den Sommertyp überging. Dies erklärt sich vielleicht auch durch die Temperaturverhältnisse in der Nähe des Turmes: Die größere Entfernung kommt der freien Atmosphäre am nächsten, während in der Nähe der Wand die Verhältnisse denen am Erdboden eher gleichen. Im allgemeinen wird, wie die Potsdamer Ergebnisse zeigen, eine Turmstation für das Potentialgefälle auch nicht als Normalstation gelten können wegen der durch die aufsteigenden Luftströme bedingten abnormen Temperaturverhältnisse. Vor allem im Spätsommer gibt eine Station am Erdboden einen einfacheren Gang als eine Turmstation. Man würde das aber umgehen können, wenn man die Abtropfstelle genügend weit von der Wand weglegt.

Ferner hat Chauveau²⁾ gefunden, daß Registrierkurven, die in Trappes etwa 20 km von Paris auf einem 20 m hohen Pfeiler erhalten wurden, deutlich eine Annäherung an die gleichzeitigen Kurven vom Eiffelturm, im Gegensatz zu denen vom Zentralbureau Paris ergeben. Der starke Bodeneinfluß, der sich darin auszusprechen scheint, der also vor allem die Mittagsdepression verkleinert, hat sich in Potsdam nicht bestätigt gefunden. Vielleicht erklärt sich die von Chauveau gefundene Abweichung zwischen Trappes und Paris auch anders. Die Parallelregistrierungen zwischen Potsdam und Seddin ergaben schon auf 13 km hin große Verschiedenheiten des Ganges, in manchen Monaten auch in demselben Sinne wie zwischen Trappes-Paris.

II. Täglicher Gang des Gefälles auf der »Nuthe«.

Für die Berechnung des täglichen Ganges an der Nuthe sind dieselben Tage des Jahres April 1907 bis März 1908 benutzt worden wie bei Turm-Wiese, außer dem Vierteljahr Juli bis September, wo das „Nuthe“-Elektrometer für andere Zwecke verwandt wurde. Die „Nuthe“-Werte sind genau wie die der „Wiese“ berechnet und auf „Turm“ reduziert worden. Die Tab. V enthält die ausgeglichenen unreduzierten Mittelwerte der einzelnen Monate; die Tab. VI gibt die Mittelwerte und die mittleren höchsten und tiefsten Werte des Verhältnisses „Turm“/„Nuthe“. Man sieht, daß diese Zahlen viel stärker schwanken als „Turm“/„Wiese“. „Turm“/„Nuthe“ zeigt einen ausgesprochenen jährlichen Gang: die kleinsten Werte finden sich im Winter, die größten im Juni und Oktober. Außerdem ergibt sich ein deutlicher täglicher Gang: denn die höchsten Werte der Zahl liegen in allen Monaten in den Mittagsstunden, die kleinsten in den ersten Morgenstunden. Zweifellos sind also auf der Nuthe Umstände wirksam, die in den Mittagsstunden vor allem in den Sommermonaten die Werte herabdrücken, während umgekehrt gegen Mitternacht die absoluten Werte an der Nuthe relativ am höchsten sind.

Der Gang des „Nuthe“-Gefälles läßt sich wieder am besten verfolgen an der Hand der „Nuthe“-Kurven im Vergleich zu den „Turm“-Kurven Fig. 1. Bei der Jahreskurve „Nuthe“ ist

¹⁾ a. a. O., II, 78.

²⁾ a. a. O., II, 94.

zu beachten, daß sie als Mittel der 9 Monate Januar bis Juni, Oktober bis Dezember erhalten worden ist und daher mit der entsprechenden „Turm“- und „Wiese“-Kurve nicht ganz genau vergleichbar ist. Wieder tritt die Abhängigkeit von der Temperatur klar hervor. An der Nuthe sind seit 1894 in einer englischen Hütte Temperaturbeobachtungen ausgeführt worden. (Vgl. die Ergebnisse der Meteorologischen Beobachtungen in Potsdam, 1894 bis 1903, Abweichung Nuthe gegen Turm-Wiese.) Es hat sich gezeigt, daß das Nutheklima kontinentaler ist als auf

Tab. V.
Täglicher Gang des Potentialgefälles „Nuthe“. (Ausgeglichenen Werte.)

Monat	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a	10 ^a	11 ^a	Mg	1 ^p	2 ^p	3 ^p	4 ^p	5 ^p	6 ^p	7 ^p	8 ^p	9 ^p	10 ^p	11 ^p	Mn.	Zahl der Tage	Mittel
1907 April .	38	38	36	36	35	39	47	52	51	44	36	30	28	29	32	34	36	39	45	51	50	48	45	40	9	40
Mai . . .	40	38	35	34	37	44	50	54	52	47	40	35	34	35	35	33	33	33	38	52	62	58	49	44	10	42
Juni . . .	38	33	30	28	30	34	37	41	43	40	35	32	30	29	30	30	29	30	33	34	41	45	46	43	11	35
Okt. . . .	52	49	47	45	47	54	60	60	57	50	41	37	34	33	34	35	36	38	43	46	47	50	55	56	8	46
Nov. . . .	50	48	47	45	44	46	48	51	53	53	51	49	48	50	51	52	54	58	64	65	63	60	56	53	9	52
Dez. . . .	67	61	54	50	50	52	53	56	60	62	63	65	66	68	68	66	67	75	81	79	76	75	74	71	6	65
1908 Jan. .	100	90	83	76	67	63	65	68	73	81	87	91	85	88	90	87	88	92	99	108	110	106	103	103	9	88
Febr. . .	59	52	49	47	47	50	52	54	52	50	48	48	48	50	52	52	56	62	70	76	79	77	72	66	7	57
März . . .	42	44	42	41	41	42	44	47	50	47	42	36	34	34	34	34	35	35	38	41	42	42	40	40	11	40

dem vom Wald umgebenen und auf einem Hügel gelegenen Turme und auch noch als auf der Wiese: nachts ist die Nuthe kälter, mittags wärmer. Infolgedessen ergibt ein Vergleich der Gefällkurven zwischen Turm-Nuthe wieder 2 Schnittpunkte der Kurven, einen vormittags, wo die Nuthewerte, die bisher höher als „Turm“ lagen, unter die Turmwerte gehen, und einen nachmittags, wo das umgekehrte stattfindet. Einige kleine Abweichungen werden am besten wieder bei den einzelnen Teilen der Kurve besprochen.

Tabelle VI.
Schwankung des Verhältnisses „Turm“/„Nuthe“.

Monat	Mittelwert	Maximum		Minimum		Monat	Mittelwert	Maximum		Minimum	
		Wert	Zeit	Wert	Zeit			Wert	Zeit	Wert	Zeit
1907 April . .	5.03	6.7	0 ^p	4.1	1 ^a	1907 Dez. . . .	4.69	5.4	1 ^p	4.0	1 ^a
Mai	5.20	6.0	0 ^p	4.6	2 ^a	1908 Jan. . . .	4.05	4.6	1 ^p	3.5	1 ^a
Juni	5.58	6.8	5 ^p	4.1	Mn.	Febr.	5.13	6.0	1 ^p	4.2	1 ^a
Oktober . . .	5.63	7.7	2 ^p	3.7	7 ^a	März	5.42	6.3	1 ^p	4.3	1 ^a
Nov.	5.32	6.1	1 ^p	4.9	Mn.	Mittel	5.12				

a) Das Morgenminimum liegt auf der Nuthe meistens nicht so tief als auf dem Turme und auch noch auf der Wiese; am größten ist diese Abweichung im Oktober und März. In der Registrierzeit war auf der Nuthe dauernd ein kleiner Thermograph im Gange, so daß es möglich ist, die Temperaturen der normalen Tage an allen drei Stationen zu vergleichen. Die Tabelle VII enthält Auswertungen der Thermographen zu den Hauptterminen 7^a, 2^p, 9^p und zu einigen Nachtstunden vom März 1908, Juni und Oktober 1907. Im März ist die Turmtemperatur zurzeit des Morgenminimums im Mittel am höchsten, „Wiese“ liegt tiefer, die „Nuthe“ um 4^a, 5^a am tiefsten, 7^a aber bereits etwas höher als „Wiese“. Dem entsprechend geht das

Turmgefälle nachts am tiefsten, „Nuthe“ am höchsten. Starke Unterschiede weist der Oktober auf, wo auf der Nuthe nachts die Temperatur $2\frac{1}{2}^{\circ}$ niedriger war als auf der Wiese. Die Abweichung der Gefällekurven ist daher auch recht beträchtlich. Im Juni lag die Nuthetemperatur etwa $\frac{1}{2}^{\circ}$ höher als die des Turmes. Infolgedessen war ausnahmsweise das Potentialgefälle auf der Nuthe am tiefsten.

b) Das Morgenmaximum ist im wesentlichen auf der Nuthe gleich dem auf dem Turm. Nur der Oktober zeigt ein sehr viel höheres Maximum, das sich aber nach Tabelle VII leicht durch die viel zu tiefe Temperatur auf der Nuthe erklärt. Im Winter ist das Morgenmaximum deswegen auf der Nuthe ausgeprägter, weil die Mittagsdepression deutlicher ist. Aus demselben Grunde tritt das Morgenmaximum auf der Nuthe meist früher ein, da die das Mittagsminimum bewirkenden Ursachen stärker und eher in die Erscheinung treten.

Tab. VII.
Temperatur an den normalen Tagen auf „Turm“, „Wiese“, „Nuthe“.

Datum	»Turm«					»Wiese«					»Nuthe«				
	4 ^a	5 ^a	7 ^a	2 ^p	9 ^p	4 ^a	5 ^a	7 ^a	2 ^p	9 ^p	4 ^a	5 ^a	7 ^a	2 ^p	9 ^p
März 1908															
1	-0.6	-0.6	-1.3	3.7	0.3	-0.6	-0.5	-1.1	3.6	0.0	-0.3	-0.3	-0.4	3.6	0.4
2	-0.9	-1.2	-1.2	7.0	1.5	-1.4	-1.4	-1.9	7.4	2.2	-1.0	-1.5	-1.2	7.4	0.4
7	3.6	3.5	4.1	10.0	5.2	3.3	3.2	3.8	9.8	4.7	2.9	2.5	3.0	10.2	5.6
17	-4.2	-4.4	-4.4	3.4	1.2	-4.3	-4.6	-4.8	4.3	0.9	-4.9	-5.1	-5.0	4.0	1.8
21	2.1 ¹⁾	1.8 ¹⁾	1.6 ¹⁾	9.4 ¹⁾	6.7 ¹⁾	2.1	1.8	1.6	9.4	6.4	0.4	-0.3	1.0	9.4	7.0
22	3.6 ¹⁾	2.5 ¹⁾	1.6 ¹⁾	10.6	4.5	3.6	2.5	1.6	11.0	4.2	3.2	2.2	2.2	11.6	4.6
23	-0.7	-1.3	-0.7	6.5	0.8	-0.4	-0.9	-0.8	7.7	0.8	-0.2	-0.5	-0.2	7.2	1.2
25	-1.4	-1.6	-1.2	6.7	2.2	-1.8	-1.7	-1.3	7.8	1.0	-2.1	-1.3	-0.3	7.8	1.4
26	-2.0	-2.6	-1.9	8.3	3.3	-2.2	-2.7	-2.7	9.8	2.0	-2.1	-2.7	-1.6	9.2	2.0
27	-1.5	-2.0	-1.6	9.2	4.5	-1.8	-2.2	-2.5	10.2	3.0	-2.4	-2.7	-1.4	10.0	2.4
28	2.0	1.0	0.8	12.9	10.9	-1.0	-1.5	0.1	14.0	9.3	-4.4	-4.2	-2.2	14.4	3.4
Mittel	0.0	-0.4	-0.4	8.0	3.8	-0.4	-0.6	-0.8	8.6	3.1	-1.0	-1.2	-0.5	8.6	2.7
Juni 1907															
5	7.7	7.8	8.4	15.7	12.2	8.5	8.4	9.7	16.1	11.1	9.1	8.9	10.0	17.6	11.6
6	6.7	6.5	10.0	17.7	12.3	7.0	7.0	11.0	17.7	10.9	7.7	8.0	10.6	18.6	10.2
8	10.0	9.8	10.3	14.7	12.5	10.9	10.5	11.4	17.1	11.2	12.0	11.5	12.4	16.6	11.4
10	12.9	12.9	15.2	24.2	22.0	10.9	10.9	15.8	25.3	19.4	6.7	7.8	14.2	26.4	17.0
12	13.5	14.0	16.0	22.5	18.4	12.1	11.9	16.9	23.3	17.5	12.0	11.1	17.0	24.4	18.0
15	11.1	11.2	12.7	20.0	19.1	11.0	11.0	15.0	21.7	17.4	12.4	12.9	15.2	22.0	15.4
17	7.5	7.6	10.5	16.9	14.1	6.8	7.3	12.1	17.5	13.2	8.1	8.9	12.2	17.4	14.2
18	11.0	11.0	11.6	17.5	16.8	11.8	11.9	13.5	18.5	15.2	12.4	12.4	13.4	19.0	13.6
20	9.6	9.9	11.3	19.4	18.2	10.0	10.1	12.2	20.7	17.0	10.8	10.9	12.6	19.8	18.4
22	9.2	9.2	11.7	19.2	17.3	9.4	9.5	13.4	19.5	14.8	10.6	10.6	13.4	20.0	14.4
27	12.7	12.7	16.0	20.0	20.5	12.3	12.6	16.4	20.0	18.2	13.5	13.7	16.6	20.4	17.0
Mittel	10.2	10.2	12.2	18.9	16.7	10.0	10.1	13.4	19.8	15.1	10.5	10.6	13.4	20.2	14.7
Oktober 1907															
12	11.2	10.7	11.7	19.6	17.3	10.4	10.1	10.9	21.1	14.3	6.6	6.6	8.8	21.0	11.6
13	10.3	9.8	10.4	20.6	14.0	9.7	9.6	9.8	21.3	12.7	5.6	5.2	5.6	21.2	10.0
14	10.0	10.2	10.3	20.5	14.6	10.0	10.0	10.2	21.0	13.3	9.8	8.2	7.0	21.4	11.6
16	8.5	8.3	7.6	15.0	10.6	8.4	8.2	6.7	16.0	10.2	9.2	8.2	5.0	16.4	10.4
19	7.4 ¹⁾	7.8 ¹⁾	6.0 ¹⁾	18.8	13.8	7.4	7.8	6.0	20.0	12.1	3.3	3.0	4.0	20.2	6.6
20	10.3	10.3	10.5	18.6	13.1	9.1	9.5	9.6	19.0	11.8	6.4	8.4	8.8	19.0	8.6
24	5.7	5.2	4.6	14.1	9.3	4.8	4.3	3.8	14.9	7.3	1.5	1.1	1.2	15.0	3.8
Mittel	9.5	8.9	8.7	18.2	13.2	8.5	8.5	8.1	19.0	11.7	6.1	5.8	5.8	19.2	8.9

¹⁾ Da die Thermographenuhr »Turm« stand, sind die Werte der »Wiese« eingesetzt.

c) Mittags- und Nachmittagsminimum. Das tiefere Minimum auf der Nuthe ist Sommer wie Winter gesetzmäßig. Ein Temperaturvergleich der normalen Tage Nuthe-Turm ergibt durchweg auf der Nuthe viel höhere Werte; auch die Wiesentemperatur lag im Mittel tiefer als auf der Nuthe. Doch sind die Unterschiede hier gering; hin und wieder weist sogar „Wiese“ um ein geringes höhere Werte auf. Trotzdem liegt das Potentialgefälle auf der Nuthe dauernd viel tiefer als auf der Wiese. Der Wärmezustand der Luft am Erdboden allein genügt also nicht, um die großen Abweichungen zu erklären. Nun befand sich die Nuthestation auf trockenem, stark sandigem Boden. Dieser Sandeinfluß hatte an vielen heiteren Mittagen im Frühjahr, aber auch im Oktober Störungen des Gefälles zur Folge¹⁾. Es kam oft vor, daß auf der Nuthe die Werte stundenlang zackig negativ waren, während das von Wald umgebene Observatorium ruhig positiv blieb. Für den Vergleich des täglichen Ganges sind natürlich solche Kurven nicht mit herangezogen worden, doch zeigen sich auch an den normalen Tagen auf der Nuthe hin und wieder nach unten gerichtete kleine Zacken, die offenbar dieselbe Entstehungsursache haben. Sicherlich wirkt also bei der Vertiefung der Nuthewerte in den Mittagsstunden der Staubgehalt der Luft am Erdboden mit. Die Staubteilchen, die durch den Wind in steter Bewegung gehalten werden, laden sich negativ auf und drücken dadurch die Gefällwerte herunter. Diese Wirkung, die ja auch indirekt von der Sonne herrührt, wird im Frühjahr und Sommer bis zum Oktober am stärksten sein; daher sind um diese Zeit die Abweichungen in den Kurven am größten. Sie wird aber auch im Winter bei gefrorenem Boden nicht ausbleiben, auch nicht bei Schnee, der unter Umständen an die Stelle des Staubes treten kann²⁾.

d) Das Abendmaximum war durchweg am höchsten auf der Nuthe. Verglichen mit dem Turm liegt die Temperatur zu dieser Zeit auf der Nuthe tiefer; dagegen sind wieder die Abweichungen von der Wiese nicht so beträchtlich. Hin und wieder ist sogar an den normalen Tagen die Nuthetemperatur um ein geringes höher als auf der Wiese, so im Februar 1908. Die Temperaturunterschiede allein genügen also nicht, um die großen Erhöhungen zu erklären. Nun ist bereits früher³⁾ gezeigt worden, daß auf der Nuthe an heiteren Tagen abends starke Erhöhungen des Gefälles mit ruckweiser Zunahme der Feuchtigkeit zusammenfallen. Die Bildung von stark feuchten, meistens auch kühleren Luftschichten am Erdboden wird durch die Lage der Nuthestation im Flußtale begünstigt. Durch diese größere Feuchtigkeit wird, so lange die Bodennebel keine negativen Eigenladungen besitzen, das Gefälle am Erdboden im allgemeinen erhöht⁴⁾. Daher das starke Maximum auf der Nuthe, trotzdem die Abtropfstelle ebenso eingeengt war wie die der „Wiese“.

In einigen Monaten tritt das Abendmaximum auf der Nuthe deutlich später ein als auf dem Observatorium. Das mag ähnlich wie die Verfrühung des Morgenmaximums damit zusammenhängen, daß die Sonnenwirkung, die sich im Mittags- und Nachmittagsminimum kundgibt, auf der Nuthe länger von Einfluß ist.

¹⁾ Met. Zeitschr. 25, 289, 1908; 26, 360, 1909.

²⁾ J. Elster und H. Geitel, Wien. Ber. 101, 739, 1892; s. a. Met. Zeitschr. 25, 289, 1908.

³⁾ Met. Zeitschr. 26, 349, 1909.

⁴⁾ A. Gockel, Met. Zeitschr. 25, 14, 1908.

III. Täglicher Gang des Gefälles in Seddin.

Bei einem Vergleich mit dem 13 km entfernten „Seddin“ werden die Unterschiede im täglichen Gange viel beträchtlicher und zugleich unübersichtlicher. Das rührt außer von der größeren Entfernung aber auch daher, daß sich die Registrierung über eine Zeit erstreckte, in der abnorme Werte des Gefälles eintraten, wie sie in den 5 ersten Registrierjahren in Potsdam 1904—1908 nicht beobachtet worden sind. Von dem Kurvenmaterial sind wieder nur die ruhigen ungestörten Tage ausgewertet und berechnet worden. Die entferntere Station versagte naturgemäß häufiger als die „Wiese“. Dazu kam, daß der Sommer 1909 regnerisch war; daher ergab sich im Juli nur eine ungestörte Reihe von 24 Stunden in Seddin, im September, wo einige größere Unterbrechungen nicht zu vermeiden waren, sogar gar keine.

Tab. VIII.
Täglicher Gang des Potentialgefälles „Wiese“. Volt/m. (Ausgegliche Werte.)

Monat	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a	10 ^a	11 ^a	Mg.	1 ^p	2 ^p	3 ^p	4 ^p	5 ^p	6 ^p	7 ^p	8 ^p	9 ^p	10 ^p	11 ^p	Mn.	Zahl der Tage	Mittel
1908 Okt. .	164	164	165	168	175	188	203	227	252	246	212	182	168	167	172	175	187	226	282	322	325	302	263	208	6	214
Nov. .	228	197	181	177	176	180	189	202	213	216	209	198	192	192	196	202	210	223	240	261	274	264	244	230	7	212
Dez. .	265	240	225	221	223	229	242	262	278	290	304	320	335	346	348	344	344	349	351	349	342	336	320	288	8	298
1909 Jan. .	358	348	351	356	359	361	367	386	408	438	478	518	548	552	534	524	550	599	662	683	658	628	609	557	6	493
Febr. .	460	396	351	347	364	381	423	495	557	570	542	515	498	477	471	476	490	506	564	660	683	642	562	535	6	499
März .	348	338	340	350	357	362	370	384	406	437	462	451	407	373	372	376	369	372	399	436	447	431	409	387	8	391
April .	374	356	354	351	364	413	486	528	501	435	382	356	346	334	325	327	324	334	404	512	553	507	448	406	6	405
Mai . .	413	382	372	368	403	448	524	562	522	425	324	254	222	209	203	206	226	253	283	322	370	409	414	400	7	355
Juni/Juli	211	215	219	225	228	237	251	262	246	220	184	155	143	140	135	132	137	148	162	188	215	220	209	192	10	195
Aug. .	248	233	228	218	204	205	221	237	254	261	249	226	211	200	194	196	202	208	217	232	250	261	256	228	6	227

Die Berechnung der Seddiner Werte weicht von denen der Nuthe ab. Es wurden direkt die absoluten Werte mit Hilfe des in der Nähe bestimmten Reduktionsfaktors gebildet. Die monatlichen Mittel (s. die Tabelle IX) sind wieder durch die Nachbarwerte ausgeglichen; nur

Tab. IX.
Täglicher Gang des Potentialgefälles „Seddin“. Volt/m. (Ausgegliche Werte.)

Monat	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a	10 ^a	11 ^a	Mg.	1 ^p	2 ^p	3 ^p	4 ^p	5 ^p	6 ^p	7 ^p	8 ^p	9 ^p	10 ^p	11 ^p	Mn.	Zahl der Tage	Mittel
1908 Okt. .	140	140	146	156	160	160	167	198	245	266	239	196	174	174	178	174	172	189	221	242	250	252	242	210	6	196
Nov. .	241	231	218	202	187	181	181	192	209	211	192	176	178	189	196	203	215	238	264	274	274	275	267	251	7	219
Dez. .	308	283	260	243	236	238	253	279	316	348	352	344	340	338	335	341	356	365	366	367	366	353	329	308	8	318
1909 Jan. .	327	346	337	323	319	314	320	340	362	383	392	395	404	404	392	395	425	476	515	529	547	573	580	560	6	416
Febr. .	327	274	234	219	220	250	300	348	389	408	398	360	312	296	300	306	327	359	399	456	501	491	426	358	6	344
März .	354	344	338	329	314	298	292	310	338	346	334	320	309	301	293	289	294	315	353	404	443	453	443	426	8	343
April .	262	246	226	212	225	258	296	317	306	276	247	227	218	217	218	220	214	205	204	218	251	274	274	257	6	244
Mai . .	203	196	187	184	199	241	292	307	280	238	190	147	120	112	110	118	127	143	174	204	218	220	211	7	189	
Juni/Juli	175	172	169	166	170	181	188	182	168	150	129	109	95	88	87	92	97	102	107	114	123	130	134	132	10	136
Aug. .	172	150	134	130	132	129	133	153	181	186	168	156	154	147	140	142	150	152	145	144	158	175	189	202	6	155

die Anfangs- und Endwerte wurden unverändert gelassen. Als Jahresmittelwert ergibt sich für „Seddin“ 240 Volt/m über dem freien Erdboden, für „Wiese“ 310 Volt, wobei Juli und September interpoliert worden sind. Das Verhältnis der absoluten Werte „Wiese“ zu „Seddin“ ist

also im Mittel 1.3. Dabei ist zu beachten, daß die Seddiner absoluten Werte auf etwa 10% unsicher sind. Die Zahl „Wiese“/„Seddin“ zeigt ähnlich dem Verhältnis „Turm“/„Nuthe“ einen deutlichen jährlichen Gang (s. Tabelle X) mit einem Minimum im Dezember, wo die absoluten Werte in Seddin etwas höher, und einem Maximum im Mai, wo sie fast nur halb so hoch sind als auf der Wiese. Es liegt daher die Vermutung nahe, daß in Seddin im Frühjahr und Sommer ähnliche Umstände die absoluten Werte am Erdboden herabdrücken wie an der

Tabelle X.
Schwankung des Verhältnisses „Wiese“/„Seddin“.

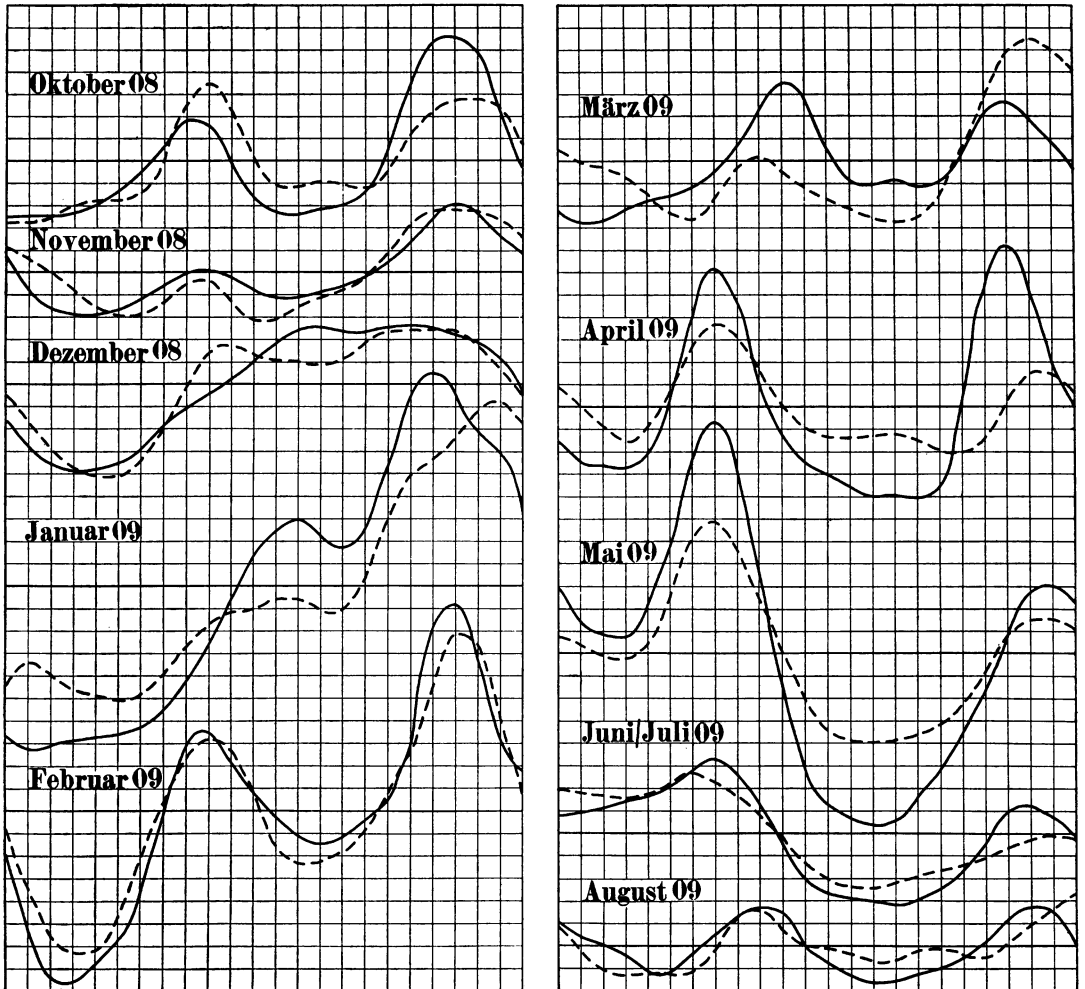
Monat	Mittelwert	Maximum		Minimum		Monat	Mittelwert	Maximum		Minimum	
		Wert	Zeit	Wert	Zeit			Wert	Zeit	Wert	Zeit
1908 Okt. . . .	1.09	1.3	8 ^P	0.9	11 ^A	1909 März . .	1.14	1.4	Mg.	0.9	Mn.
Nov. . . .	0.97	1.1	Mg.	0.8	3 ^A	April . . .	1.66	2.2	9 ^P	1.5	4 ^P
Dez. . . .	0.94	1.0	3 ^P	0.8	10 ^A	Mai	1.88	2.0	1 ^A	1.7	11 ^A
1909 Jan. . . .	1.18	1.3	8 ^P	1.0	Mn.	Juni/Juli . .	1.43	1.7	9 ^P	1.2	1 ^A
Febr. . . .	1.45	1.6	3 ^P	1.3	10 ^P	August . . .	1.46	1.7	3 ^A	1.2	Mn.
						Mittel . . .	1.32				

Nuthe. Als Ursache käme wieder der brandenburgische Sand in Frage; die Umgebung von Seddin ist sehr sandig, trotzdem die Abtropfstelle nur etwa 100 m vom Seddiner See entfernt lag. Bei starken östlichen, aber auch bei westlichen Winden trat in den Kurven öfter eine große Einwirkung des Staubes auf die Kurven zutage. Vor allem ist sie nicht auf die Mittagstunden beschränkt. Sogar in den Nachtstunden sind hin und wieder negative Werte registriert worden, die zweifellos auf Staubwirkung zurückzuführen sind. In den gleichzeitigen Registrierungen der Wiese ist nicht der geringste Einfluß zu sehen. Auch die Vergleichsmessungen auf freiem Felde in Seddin wurden bisweilen durch Staubböen unterbrochen. Die Tabelle X zeigt kein regelmäßiges Eintreten der Maxima und Minima, wie es bei der Nuthe erhalten wurde. Das deutet offenbar auch darauf hin, daß die störenden Erscheinungen zu allen Tageszeiten auftreten können. Immerhin finden sich die höchsten Werte am häufigsten nachmittags, die tiefsten um Mitternacht genau wie an der Nuthe.

Alle Änderungen der absoluten Werte von Tag zu Tag sind im allgemeinen den beiden Stationen „Wiese“ und „Seddin“ gemeinsam. Fast in allen Monaten fällt z. B. der höchste und der tiefste Tageswert bei beiden auf dasselbe Datum. Im einzelnen kommen allerdings vielfache Abweichungen vor. Die beiden Tabellen VIII und IX, sowie die Kurven der Fig. 2 enthalten ja nur die mittleren Abweichungen in den einzelnen Monaten. Wie schon oben erwähnt wurde, können die Wiesenkurven der Fig. 2 durchaus nicht alle als normal gelten. Vor allem gilt das für die Kurven von Januar bis Mai. Die absoluten Werte, sowie die Amplitude der Schwankung sind zu dieser Zeit fast doppelt so groß als sonst. „Seddin“ zeigt nicht dieselben starken Einflüsse. Zwar sind Januar und Februar, auch März noch außernormal; April und Mai aber haben viel geringere absolute Werte und auch kleinere Amplitude als „Wiese“. Es scheint also, als ob die Ursachen, welche die anor-

malen Potentialwerte zur Folge hatten, nicht in demselben Maße in Seddin wirken konnten, oder als ob zum mindesten andere Umstände ihnen stark entgegenwirkten. Es läßt sich zeigen, daß die Temperaturen der „Wiese“ im Winter und Frühjahr 1909 vor allem an den in Be-

1^a 2^a 3^a 4^a 5^a 6^a 7^a 8^a 9^a 10^a 11^a Mg. 1^p 2^p 3^p 4^p 5^p 6^p 7^p 8^p 9^p 10^p 11^p Mn. 1^a 2^a 3^a 4^a 5^a 6^a 7^a 8^a 9^a 10^a 11^a Mg. 1^p 2^p 3^p 4^p 5^p 6^p 7^p 8^p 9^p 10^p 11^p Mn.



1^a 2^a 3^a 4^a 5^a 6^a 7^a 8^a 9^a 10^a 11^a Mg. 1^p 2^p 3^p 4^p 5^p 6^p 7^p 8^p 9^p 10^p 11^p Mn. 1^a 2^a 3^a 4^a 5^a 6^a 7^a 8^a 9^a 10^a 11^a Mg. 1^p 2^p 3^p 4^p 5^p 6^p 7^p 8^p 9^p 10^p 11^p Mn.

Fig. 2. Täglicher Gang des Potentialgefälles nach Abweichungen vom Monatsmittel.

1 Teilstrich = 20 Volt.

— Wiese - - - - Seddin.

tracht kommenden ruhigen Tagen viel zu tief waren. Die Abweichung im Potentialgefälle scheint also in den Witterungsverhältnissen begründet zu liegen. Im Winter verhält sich „Seddin“ ebenso wie die „Wiese“, im Frühjahr aber kommen durch die Lage der beiden Stationen

starke Unterschiede heraus: Die tiefen Nachttemperaturen der April- und Maitage bewirken auf der vom Wald umgebenen „Wiese“ hohe Werte und starke Schwankung, während die freier gelegene Station in Seddin tiefere Werte und geringere Amplituden aufweist.

Die sonstigen Unterschiede zwischen „Wiese“ und „Seddin“ seien an der Hand der Kurven in ähnlicher Weise wie früher besprochen. Dabei ist aber zu beachten, daß die Kurven „Seddin“ und „Wiese“ nicht in derselben Weise vergleichbar sind wie die früheren von Turm-Wiese-Nuthe. In der Fig. 1 wurden die Wiese- und Nuthekurven auf „Turm“ reduziert, d. h. die absoluten Werte wurden als an allen Stationen gleich angenommen. Seddin dagegen hat seine eigenen absoluten Werte, die von den gleichzeitigen der „Wiese“ erheblich abweichen. Deswegen ist ein ähnlicher Vergleich wie in Fig. 1 in Fig. 2 nur in den Monaten möglich, in denen die absoluten Werte der beiden Stationen ungefähr übereinstimmen, d. h. im Winter. Die Maikurve von Seddin ist aber z. B. ungefähr mit 2 multipliziert zu denken, damit die relativen Schwankungen dieselben werden wie auf der Wiese.

Unter Berücksichtigung dieses Umstandes gestalten sich die Abweichungen in den Hauptteilen der Kurve folgendermaßen:

a) Das Morgenminimum weist nicht viel Unterschiede auf. Es ist etwas flacher in Seddin im Juni, tiefer im Februar, Mai und August. Die Eintrittszeit bleibt im allgemeinen dieselbe, nur im März fällt es in Seddin volle 5 Stunden später.

b) Das Morgenmaximum ist in Seddin höher im Oktober, Dezember, Februar, August, ausgeprägter, aber schon tiefer liegend, im November, flacher im März. Die Eintrittszeit ist gleich, nur im März kommt es in Seddin früher, im Oktober etwas später. Vielleicht sind die ja meist nur geringen Abweichungen des Morgenmaximums wieder in den Temperaturverhältnissen begründet, wobei allerdings zu bedenken ist, daß auf 13 km hin die Temperaturunterschiede durchaus nicht mehr in dem Maße ausschlaggebend sein brauchen als auf wenige hundert Meter. Es ist leider versäumt worden, in Seddin einen Thermographen aufzustellen. Doch lassen sich die Verhältnisse ungefähr aus der Lage der Station vorhersagen. Im Gegensatz zu der Wald- und Hügelstation „Wiese“ ist Seddin in der Ebene und an einem großen See gelegen. Die Temperatur wird daher, ähnlich wie auf der Nuthe, im Winter im allgemeinen tiefer liegen, im Sommer höher. Die tägliche Schwankung wird größer sein als auf der Wiese. Zurzeit des Morgenmaximums dürfte Seddin in den meisten Fällen etwas kühler gewesen sein.

c) Das Nachmittagsminimum war im Winter (November bis März) in Seddin deutlich tiefer, im Sommer sind die Unterschiede nicht groß; April und Oktober waren etwas flacher. Während des Winters verhält sich also Seddin ebenso wie die Nuthe. Die Abweichungen im Sommer und Frühherbst erklären sich wohl aus der Lage der Station: „Wiese“ und „Nuthe“ waren sehr windgeschützt, so daß die Luft an ihnen leicht stagnieren konnte, daher sind der mittägliche Sonneneinfluß, sowie die nächtliche Abkühlung, d. h. die die Amplitude des Gefälles beeinflussenden Wirkungen stark ausgeprägt. In Seddin dagegen konnte auch mittags durch die freie Lage am See die Luft viel eher in Bewegung bleiben. Die absoluten Werte des Gefälles werden dadurch heruntergedrückt, die Amplitude verkleinert sich.

d) Das Abendmaximum ist auf beiden Stationen gleich im November, Dezember, Januar und Mai, höher in Seddin im Februar und März, tiefer (flacher) im April, Juni und

Oktober. Einige Male tritt es deutlich später ein, so im Januar, August. Wieweit bei diesen Abweichungen Temperaturunterschiede mitwirkten, ist schwer zu sagen. Möglich ist wohl, daß das flachere Maximum an den Sommerabenden durch wärmere Luft in Seddin veranlaßt worden ist, sowie das höhere Maximum im Februar und März durch kältere.

Bei der Betrachtung aller Kurven fällt außer den Abweichungen in der Amplitude im April und Mai vor allem die der Märzkurve auf. Vielleicht ist das ebenfalls auf die nächste Umgebung der Stationen im Zusammenhang mit dem Wetter zurückzuführen. Der März 1909 war nämlich viel zu kalt, außerdem lag auf der Wiese an 23 Tagen Schnee, am

Tab. XI.

Monat	Zahl der Tage mit Schnee	Größte Schneehöhe cm
1908 November	5	1
Dezember	8	3
1909 Januar	12	13
Februar	27	16
März	23	34

Monatsanfang bis zur Höhe von 34 cm. Auffallenderweise zeigt aber die Wiesenkurve deutlichen Frühjahrgang. In Seddin ist dagegen das Morgenmaximum recht flach, viel flacher als im Februar, das Abendmaximum sehr hoch, so daß die Kurve durchaus winterliches Gepräge hat. Die Lage in Seddin begünstigte also offenbar das Zustandekommen des Wintertyps. Im Gegensatz dazu weist der Dezember 1908 in Seddin ein Morgenmaximum auf, das auf der Wiesenkurve gänzlich fehlt. Der Dezember war an den in Betracht kommenden Tagen im allgemeinen mild, eine Schneedecke ist so gut wie nicht vorhanden gewesen (siehe Tab. XI).

IV. Potentialgefälle und Lufttemperatur.

Aus den Parallelregistrierungen Turm—Wiese—Nuthe geht der deutliche Zusammenhang hervor, der zwischen den Gefälle- und Temperaturänderungen besteht. Braun¹⁾ hat 1897 zuerst gezeigt, daß an derselben Station die beiden Elemente einander umgekehrt proportional sind. Zölss²⁾ fand dies für Kremsmünster bestätigt. Auch in Potsdam³⁾ waren im Jahre 1909 auf der Wiese Gefälle und Temperatur einander deutlich entgegengesetzt; das Gefälle ging z. B. im kälteren November höher als im wärmeren Dezember u. s. w. Diese Beziehung gilt aber nur für die absoluten Werte der beiden Elemente, nicht für den täglichen Gang. Ein Zusammenhang zwischen den täglichen Schwankungen ist schon deswegen nicht zu erwarten, weil ja die Temperatur stets, auch im Winter eine einfache Periode, das Gefälle dagegen im Winter eine einfache, in der übrigen Jahreszeit eine doppelte aufweist. In der Tabelle XII ist der tägliche Gang der auf der Wiese 2 m über den Boden gemessenen Lufttemperatur an den normalen Tagen dargestellt worden. Man sieht, daß das nächtliche Minimum von Potentialgefälle und Luftwärme ungefähr zusammenfallen. Ebenso treten Nachmittagsmaximum der

¹⁾ W. Braun, Berichte der Naturforschenden Gesellschaft in Bamberg 17, 1897.

²⁾ B. Zölss, Registrierungen des Potentialgefälles in Kremsmünster. Wiener Berichte 112, 1430, 1903.

³⁾ K. Kähler, Tätigkeitsbericht 1909, S. 145.

Tab. XII.
Täglicher Gang der Lufttemperatur, „Wiese“, an den normalen Tagen.

Monat	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a	10 ^a	11 ^a	Mg.	1 ^p	2 ^p	3 ^p	4 ^p	5 ^p	6 ^p	7 ^p	8 ^p	9 ^p	10 ^p	11 ^p	Mn.	Mittel
1907 April . .	2.6	2.3	1.8	1.3	1.1	1.2	2.7	4.9	7.4	9.1	9.9	10.9	11.4	12.1	11.9	12.1	11.3	9.9	8.0	6.8	5.9	5.0	4.4	3.9	6.5
Mai . . .	9.9	9.1	8.6	8.1	7.9	8.7	11.3	14.9	16.5	18.0	19.2	20.2	20.8	21.1	21.7	21.3	20.9	19.7	17.8	15.8	14.2	13.0	12.2	11.3	15.0
Juni . . .	11.0	10.6	10.2	10.0	10.1	11.2	13.4	15.1	16.5	17.5	18.5	19.3	19.7	19.9	20.2	19.9	19.7	19.2	18.0	16.3	15.0	14.4	13.9	13.7	15.6
Juli . . .	11.5	10.9	10.6	10.5	10.9	11.4	12.7	13.9	14.8	16.0	16.7	17.7	18.4	19.1	19.3	19.1	19.8	19.2	17.6	15.7	14.5	14.0	13.8	13.4	15.1
Aug. . . .	13.2	12.7	12.6	12.5	12.2	12.3	13.7	15.3	17.0	18.6	19.3	20.3	20.8	21.1	21.0	21.1	20.5	19.3	17.6	16.3	15.9	15.4	15.0	14.5	16.6
Sept. . . .	9.8	9.5	9.2	8.7	8.4	8.2	8.6	9.9	13.1	15.6	17.4	18.8	19.6	20.3	20.2	19.7	17.6	15.2	13.9	13.1	12.6	12.2	11.6	11.3	13.5
Okt. . . .	10.2	9.6	9.1	8.9	8.8	8.6	8.6	9.2	11.5	14.2	16.1	17.6	18.8	19.2	18.7	16.8	14.7	13.4	12.8	12.5	11.8	11.3	10.6	10.2	12.6
Nov. . . .	-0.4	-0.7	-0.8	-0.8	-1.1	-1.3	-1.3	-1.3	0.0	2.5	4.3	6.1	7.0	7.3	6.2	4.8	3.4	2.7	2.0	1.3	1.0	0.7	0.6	0.2	1.8
Dez. . . .	-1.0	-1.0	-1.0	-1.3	-1.3	-1.6	-1.6	-1.6	-1.4	-0.4	1.3	2.4	3.4	3.1	2.4	1.4	0.7	0.4	0.0	0.0	0.1	0.0	-0.2	-0.1	0.1
1908 Jan. . . .	-5.6	-6.0	-6.1	-6.2	-6.1	-6.4	-6.7	-6.7	-6.6	-5.4	-3.4	-2.0	-1.6	-1.1	-1.9	-2.7	-3.2	-3.6	-4.0	-4.3	-4.6	-4.8	-4.9	-4.9	-4.5
Febr. . . .	0.6	0.6	0.5	0.2	-0.1	-0.3	-0.4	-0.4	0.0	1.0	2.6	3.2	3.7	4.1	3.9	3.4	2.5	1.2	0.5	0.2	0.1	0.0	-0.4	-0.5	1.1
März . . .	0.6	0.3	-0.1	-0.4	-0.7	-0.9	-0.7	0.3	2.6	5.1	6.4	7.5	8.3	8.6	8.8	8.6	7.7	6.1	4.9	3.8	3.1	2.4	2.2	1.7	3.6
Jahr . . .	5.2	4.8	4.6	4.3	4.2	4.3	5.0	6.1	7.6	9.3	10.7	11.8	12.5	12.9	12.7	12.1	11.3	10.2	9.1	8.1	7.5	7.0	6.6	6.2	8.1

Wärme und Minimum des Gefälles im Frühjahr und Frühsommer gleichzeitig ein. Zwischen der Amplitude der Temperatur und der des Gefälles am Tage besteht in derselben Jahreszeit Beziehung: Die Schwankung des Potentials am Tage ist am größten zu der Zeit, wo die Temperaturzunahme am stärksten ist.

V. Potentialgefälle, Luftdruck und Bodentemperatur.

Es liegt nahe, in den Parallelregistrierungen auf Turm, Wiese und Nuthe außer zu der Temperatur auch zu den anderen meteorologischen Elementen nach Beziehungen zu suchen. Everett¹⁾ hat schon 1868 auf den nahen Zusammenhang hingewiesen, der zwischen dem Gang des Potentialgefälles und dem des Luftdrucks besteht. Ebert²⁾ nimmt an, daß die Luftdruckschwankungen die Schwankungen des Gefälles verursachen: Die aus dem Erdboden dringende, stark leitende Luft bewirkt, daß bei sinkendem Luftdruck (aufsteigender Luft) die Leitfähigkeit der Luft in der Nähe des Erdbodens zu-, also das Gefälle abnimmt, bei steigendem Luftdruck das Gefälle zunimmt³⁾. Wesentlich für die Lufterktrizität wäre demnach nicht der Gang des Luftdrucks sondern der der Luftdruckänderung. G. Lüdeling⁴⁾ fand bei den Potsdamer Sommerkurven 1904 die Vermutung Eberts, daß die Gefällemaxima denen der Luftdruckänderung nachfolgen, bestätigt, auch für Kew, wo die Luftdruckextreme 1—2 Stunden später als die des Gefälles eintraten, wie Chree⁵⁾ gezeigt hat, scheint dies ebenso zu sein. Im Winter, wo das Potentialgefälle eine einfache Tagesperiode aufweist, während der Luftdruck vielfach seine doppelte

1) J. D. Everett, Results of Observations of atm. Electricity at Kew Observatory and at Kings College, Windsor, Nova Scotia. Phil. Transactions 1868, 347.

2) H. Ebert, Über die Ursache des normalen atmosphärischen Potentialgefälles und der negativen Erdladung. Phys. Zeitschr. 5, 136, 1904; s. auch Met. Zeitschr. 21, 204, 1904.

3) A. Gockel, Die Lufterktrizität S. 204, 1908, deutet dagegen den Zusammenhang derart, daß bei fallendem Luftdruck das Gefälle steigen muß. A. Daunderer (S. 77) findet bei seinen Messungen in den Gesamtmitteln in der Tat entgegengesetzten Gang von Gefälle und Luftdruck.

4) G. Lüdeling, Über die Registrierungen des luftelektrischen Potentialgefälles in Potsdam im Jahre 1904. Met. Zeitschr. 23, 114, 1906.

5) C. Chree, Diskussion der zu Kew erhaltenen Resultate bezüglich des atmosphärischen elektrischen Potentials nach ausgewählten Tagen während 1898—1904. Phil. Transactions 206, 299, 1906.

behält, ist jedenfalls zwischen beiden kein Zusammenhang vorhanden. Das könnte nach der Ebertschen Vorstellung damit erklärt werden, daß der gefrorene Boden sowie die Schneedecke die Bodenluft zurückhalten. Doch kann sich das nur auf das Morgenmaximum beziehen, denn das Abendmaximum ist im Winter ja noch ausgeprägter als im Sommer. Trotzdem deutet vieles auf einen Zusammenhang von Gefälle, Luftdruck und Bodentemperatur hin. Brandes¹⁾ fand, daß andauerndes Sinken des Barometers mit einer Steigerung des Emanationsgehaltes der Bodenluft in den obersten Schichten verbunden ist und umgekehrt Steigen des Barometers mit einer Abnahme. Doch ist diese Beziehung nicht immer vorhanden, wie Brandes selbst hervorhebt und später von mir²⁾ bestätigt wurde. A. Gockel³⁾ findet, daß der Emanationsgehalt der Bodenluft in erster Linie von der Durchlässigkeit des Erdbodens und erst in zweiter Linie von

den Luftdruckschwankungen abhängt. A. Daunderer⁴⁾ beobachtete, daß das Gefälle $\frac{dV}{dh}$ am Erdboden, sowie $\rho = \frac{d^2V}{dh^2}$ bei taufrischem und feuchtem Boden in die Höhe gingen. Ferner dürfte sicher sein, daß die absoluten Werte des Potentialgefälles in Mitteleuropa bei negativen Temperaturen, also bei gefrorenem Boden, am höchsten sind⁵⁾.

In der Registrierzeit vom 1. April 1907 bis dahin 1908 wurden die drei Elemente Potentialgefälle, Luftdruckänderung und Bodentemperatur näher mit einander verglichen. Tabelle XIII und Fig. 3 enthalten die ausgeglichene Luftdruckänderung für dieselben Tage, die für das Potentialgefälle herangezogen wurden. Die Werte sind dem Barographen Sprung-

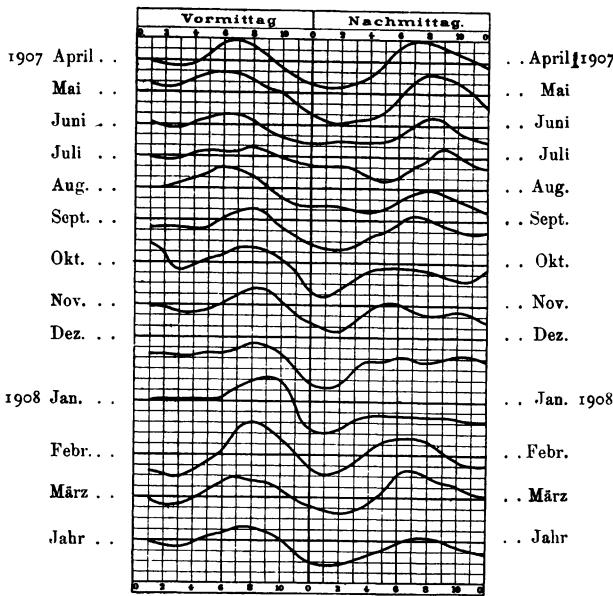


Fig. 3. Mittlere stündliche Luftdruckänderung an den normalen Tagen.
1 Teilstrich = 0,1 mm.

Fuß entnommen. Man erkennt, daß in den Frühjahrs- und Sommermonaten in der Tat der Gang auffällig mit der Potentialgefälleschwankung übereinstimmt. Auch die von Lüdeling gefundene

1) H. Brandes, Über die radioaktive Emanation der Bodenluft und der Atmosphäre. Inaug.-Diss. Kiel 1905.
 2) K. Kähler, Über einige Zerstreungs- und Bodenluftmessungen in Kiel im Herbst 1905. Met. Zeitschr. 23, 253, 1906.
 3) A. Gockel, Über den Gehalt der Bodenluft an radioaktiver Emanation. Phys. Zeitschr. 9, 304, 1908.
 4) A. Daunderer, a. a. O., S. 26.
 5) B. Zöls, Messungen des Potentialgefälles in Kremsmünster. Wiener Berichte 112, 1431, 1903. K. Kähler, Hohe Werte der Potentialgefälles in Potsdam im Jahre 1909. Bericht über die Tätigkeit des Kgl. Preuß. Meteorol. Instituts im Jahre 1909. S. 145.

Verspätung des Gefälles ist meistens vorhanden. Dagegen fehlt der Zusammenhang ganz im Winter. Hier ist nun versucht worden, eine Beziehung zu finden zwischen Gefälle und Bodentemperatur derselben Tage. Die Temperatur des Erdbodens wird in Potsdam dreimal täglich zu den Hauptterminen 7^a, 2^p 9^p in 2, 5, 10, 20, 50 und 100 cm Tiefe gemessen. Das Erdbodenthermometerfeld befindet sich auf der Wiese des Observatoriums; in der nächsten Umgebung der Thermometer ist der Rasen der Wiese entfernt und durch aufgeschütteten Sand ersetzt worden. Außerdem wird der Schnee stets von dem Sandboden fortgefegt. Die Erdbodentemperaturen werden also von den natürlichen unter dem kurzgeschorenen Rasen abweichen, und zwar werden sie vor allem mittags infolge des Sonneneinflusses zu hoch ausfallen. Umgekehrt wird es sein, wenn auf dem Rasen eine Schneedecke liegt. Am wichtigsten ist die Erdbodentemperatur bis zu 10, in Potsdam wegen des Sandbodens vielleicht nur bis zu 5 cm unter der Oberfläche; denn Ebert und Kurz¹⁾ haben kürzlich nachgewiesen, daß sich an dem Bodenatmungsprozeß nur die obersten Zentimeter des Bodens beteiligen. Aus größerer Tiefe gelangen überhaupt keine fertig gebildeten Elektrizitätsträger in die freie Atmosphäre.

Im Winter 1907/08 gestaltet sich die Beziehung zwischen den drei Elementen folgendermaßen. Der Oktober, der im Gefälle auf Turm—Wiese (im Gegensatz zur Nuthe) ein schwach ausgeprägtes Morgenmaximum aufweist, hat dieselbe Luftdruckschwankung wie im Sommer und nur positive Bodentemperaturen an den betreffenden Tagen. Im November waren die Erdtemperaturen an 3 Tagen hoch +, an den übrigen 6 herrschten um 7^a und 9^p bis zu 10 cm unter der Oberfläche negative Werte vor. Dezember war meistens, Januar 1908 ausnahmslos negativ, der Februar dagegen, der im Gefälle noch Wintergang hat, war an 4 Tagen positiv, an 3 Tagen negativ. Der März, der schon deutlichen Sommergang zeigt, hatte im Gegensatz dazu an 8 von den 11 normalen Tagen um 7^a eine gefrorene Erdoberfläche. Vergleicht man in der Zeit vom November bis März Bodentemperatur und Morgenmaximum an den einzelnen Tagen, so findet

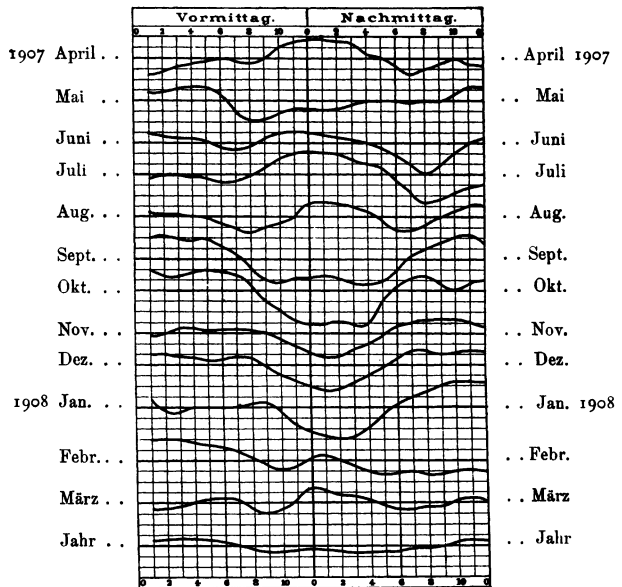


Fig. 4. Täglicher Gang der Windgeschwindigkeit »Turm« nach Abweichungen vom Monatsmittel.

1 Teilstrich = 0.4 m/sek.

¹⁾ H. Ebert und K. Kurz, Registrierungen der luftelektrischen Zerstreuung in unmittelbarer Nähe des Erdbodens. Abhandlungen des kgl. bayr. Akademie der Wissenschaften. XXV, 2, 42, 1909. Phys. Zeitschr. 11, 389, 1910.

man deutlich 4 Tage (12. XII., 30. I., 13. II., 15. II.), an denen die Bodentemperatur stets positiv war, wo kein Schnee auf der Wiese lag und wo trotzdem das Morgenmaximum im Gefälle vollkommen fehlt; ferner treten, wie schon erwähnt, im März mehrfach starke Morgenmaxima gleichzeitig mit negativen Bodentemperaturen an der Erdoberfläche auf. Auch Reif und Tau halten im März das Morgenmaximum nicht zurück, wie 1910 wiederholt beobachtet worden ist. Ähnliches findet sich in den Jahren 1904 und 1905, an denen früher von Prof. Lüdeling¹⁾ Luftdruckänderung und Potentialgefälle zusammengestellt worden sind. In den Monaten November, Dezember 1904 und November 1905, wo das Potentialgefälle Wintergang hat, wo

Tab. XIII.

Stündliche Änderungen des Luftdrucks an den normalen Tagen. ¹/₁₀₀ mm. (Ausgeglichen Werte.)

Monat	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a	10 ^a	11 ^a	Mg.	1 ^p	2 ^p	3 ^p	4 ^p	5 ^p	6 ^p	7 ^p	8 ^p	9 ^p	10 ^p	11 ^p	Mn.	Zahl der Tage
1907 April.	-1	-4	-4	-3	+5	+15	+18	+13	+6	-4	-14	-21	-24	-23	-19	-14	-2	+12	+19	+19	+13	+8	+2	-4	9
Mai	+8	+4	+5	+12	+18	+19	+18	+13	+5	0	-10	-20	-25	-28	-26	-24	-19	-6	+9	+18	+16	+10	0	-12	10
Juni	+2	-2	-3	+1	+5	+9	+9	+4	-4	-11	-15	-18	-18	-16	-17	-17	-15	-11	-2	+7	+5	-5	-12	-16	11
Juli	-2	-2	-2	+2	+6	+6	+6	+8	+4	-2	-4	-8	-10	-9	-12	-19	-23	-20	-10	-3	+9	+2	-5	-10	5
Aug.	0	0	+4	+9	+16	+20	+18	+12	+2	-8	-14	-17	-18	-19	-20	-22	-20	-11	-4	-1	-4	-11	-16	-21	8
Sept.	-7	-7	-7	-8	-7	+2	+8	+10	+7	-5	-16	-21	-25	-27	-24	-17	-11	-4	+4	+2	-4	-9	-12	-10	11
Okt.	+18	+10	-8	-2	+3	+7	+12	+14	+10	+4	-9	-24	-32	-26	-16	-8	-5	-4	-6	-10	-12	-15	-16	-6	8
Nov.	-2	-2	-7	-8	-4	0	+9	+16	+15	+6	-8	-17	-21	-24	-16	-4	+2	+2	-4	-8	-8	-6	-9	-14	9
Dez.	-16	-16	-18	-18	-14	-15	-12	-5	-8	-16	-28	-42	-48	-44	-30	-22	-23	-19	-20	-23	-21	-19	-19	-22	6
1908 Jan.	0	+2	+1	+2	+2	+3	+12	+18	+21	+20	-1	-26	-30	-24	-18	-13	-13	-13	-14	-16	-16	-16	-18	-18	9
Febr.	-15	-18	-21	-17	-6	+2	+20	+31	+27	+15	+4	-12	-20	-16	-8	+1	+11	+15	+16	+13	+4	-7	-10	-10	7
März	-1	-6	-8	-1	+7	+16	+18	+16	+14	+8	-1	-8	-12	-14	-12	-6	+5	+18	+26	+22	+15	+11	+6	+2	11
Jahr	-1	-3	-6	-3	+3	+7	+11	+12	+8	+1	-10	-19	-24	-22	-18	-14	-9	-3	+1	+2	0	-5	-9	-12	104

außerdem Luftdruckschwankung und Gefälle an den normalen Tagen keine Übereinstimmung zeigen, war die Bodentemperatur durchweg oder meistens positiv. Umgekehrt ist es im März 1909, wo das Gefälle eine deutliche doppelte Periode aufweist und mit der Luftdruckschwankung übereinstimmt, trotzdem die Bodentemperaturen in den Morgen- und Vormittagsstunden vielfach unter Null gingen und trotzdem bis zum 23. eine sehr hohe Schneedecke auf der Wiese lag. Im Winter 1907/08 tritt eine Beziehung zwischen Potentialgefälle, Luftdruck und Schneedecke (s. Tabelle XIV) nicht hervor.

Tab. XIV.

Monat	Zahl der Tage mit Schnee	Größte Schneehöhe cm
1907 November	4	2
Dezember	11	2
1908 Januar	13	9
Februar	8	4
März	8	9

Neuerdings hat Endrös²⁾ sogar gefunden, daß in München ein deutlich hervortretender Einfluß des Luftdruckganges auf das Austreten von Bodenluftemanation sich nicht erkennen

¹⁾ G. Lüdeling, Met. Zeitschr. 23, 120, 1906.

²⁾ L. Endrös, Messungen und Registrierungen der dem Erdboden entquellenden Emanationsmengen. Diss. der Techn. Hochschule München 1909, S. 45.

läßt. Der Einfluß der Barometerschwankungen wird durch eine Summe anderer, stärker wirkenden Ursachen überdeckt. Nur plötzliche Änderungen des Luftdruckes („Nasen“ vor allem) ergaben in der Registrierkurve der Bodenluftemanation momentane Ausschläge in entgegengesetzter Richtung.

Die Parallelregistrierungen des Gefälles ergeben ebenfalls keinen direkten Einfluß der Bodenluft auf das Gefälle. Die näher dem Erdboden gelegene „Wiese“ hat im Vergleich mit „Turm“ nachts und vormittags kleinere Amplituden, während der Bodenlufteinfluß umgekehrt sein müßte. Die „Nuthe“ zeigt auch bei gefrorenem Erdboden mittags das viel tiefere Minimum. Die Bodentemperaturen an der Nuthe sind allerdings nicht bekannt. Man wird aber kaum annehmen können, daß sie wesentlich höher als auf dem Wiesensandfeld gewesen sind, auf dem mittags selbst in 2 cm Tiefe z. B. an allen Januartagen (außer dem 30.) die Temperatur negativ blieb. Die tieferen Gefälle-Werte auf der Nuthe zeigen sich auch in der Zeit vom 1. bis 3. Januar, wo mittags auf der Wiese die Bodentemperatur in 2 cm Tiefe -6 bis -10^0 betrug.

Der nahe Zusammenhang zwischen der Luftdruckschwankung und dem Gefälle, der zweifellos im Sommer besteht, liegt anscheinend darin begründet, daß beide Erscheinungen Wirkungen derselben Ursache — der Sonne — sind.

VI. Potentialgefälle und Windstärke.

Der tägliche Gang der Windstärke in den unteren Luftschichten ist ein Tagphänomen¹⁾: nachts ist die Schwankung meist gering, dagegen weist der Wind ein Maximum auf kurz vor dem Temperaturmaximum, um dann abends unter das Tagesmittel zu sinken. Im Winter ist die Amplitude sehr klein. Die Windschwankung ist nach Espy-Köppen eine Wirkung der Sonne, welche infolge der Bodenerwärmung mittags die schneller bewegte Luft aus der Höhe herabsinken läßt.

In Tab. XV und Fig. 4 ist der Gang der Windgeschwindigkeit an den normalen Tagen in der Zeit April 1907 bis März 1908 dargestellt: Die Zahlen gelten für den Turm, 40 m

Tab. XV.
Täglicher Gang der Windgeschwindigkeit, „Turm“, an den normalen Tagen.
m/sec. (Ausgeglichene Werte.)

Monat	1 ⁿ	2 ⁿ	3 ⁿ	4 ⁿ	5 ⁿ	6 ⁿ	7 ⁿ	8 ⁿ	9 ⁿ	10 ⁿ	11 ⁿ	Mg.	1 ^p	2 ^p	3 ^p	4 ^p	5 ^p	6 ^p	7 ^p	8 ^p	9 ^p	10 ^p	11 ^p	Mn.	Zahl der Tage	Mittel
1907 April .	4.9	5.0	5.2	5.3	5.4	5.5	5.4	5.4	5.5	5.9	6.1	6.2	6.2	6.1	6.1	5.7	5.5	5.2	4.9	5.1	5.3	5.5	5.3	5.2	9	5.5
Mai . .	5.2	5.2	5.3	5.4	5.4	5.2	4.6	4.2	4.2	4.4	4.6	4.6	4.6	4.6	4.7	4.9	4.9	4.9	4.8	4.9	4.9	5.1	5.4	5.4	10	4.9
Juni . .	5.0	4.9	4.8	4.8	4.7	4.5	4.4	4.5	4.8	5.0	5.0	5.0	4.9	4.8	4.7	4.6	4.4	4.2	3.8	3.4	3.7	4.2	4.6	4.8	11	4.6
Juli . .	4.5	4.6	4.6	4.5	4.5	4.4	4.4	4.6	4.8	5.2	5.4	5.5	5.4	5.4	5.2	5.0	4.9	4.4	4.0	3.5	3.7	3.9	4.1	4.2	5	4.6
Aug. . .	5.4	5.3	5.3	5.2	5.2	5.0	4.8	4.6	4.8	5.0	5.2	5.7	5.8	5.7	5.6	5.4	5.1	4.7	4.7	4.9	5.2	5.4	5.6	5.6	8	5.2
Sept. . .	4.3	4.4	4.3	4.2	4.3	4.0	3.7	3.3	2.7	2.6	2.8	2.8	2.9	2.8	2.6	2.6	2.7	3.0	3.6	3.9	4.1	4.3	4.4	4.1	11	3.5
Okt. . .	5.2	5.0	4.9	5.1	5.2	5.1	5.0	4.7	4.0	3.7	3.3	3.2	3.2	3.3	3.2	3.2	4.0	4.6	4.9	5.0	4.7	4.4	4.7	4.8	8	4.4
Nov. . .	6.0	6.1	6.3	6.3	6.2	6.2	6.2	6.2	6.1	5.9	5.6	5.4	5.2	5.2	5.5	5.7	6.0	6.4	6.5	6.6	6.6	6.6	6.5	6.4	9	6.1
Dez. . .	5.3	5.3	5.2	5.2	5.1	5.1	5.2	5.2	4.9	4.5	4.3	4.1	4.0	4.0	4.2	4.5	4.8	5.1	5.4	5.5	5.3	5.3	5.4	5.4	6	4.9
1908 Jan. . .	5.7	5.2	5.1	5.3	5.3	5.3	5.3	5.4	5.5	5.2	4.7	4.4	4.3	4.1	4.2	4.5	5.0	5.4	5.7	5.9	6.1	6.2	6.2	6.2	9	5.3
Febr. . .	5.2	5.2	5.2	5.1	5.0	4.9	4.8	4.5	4.3	4.1	4.2	4.5	4.6	4.4	4.2	4.0	3.9	3.9	4.0	3.9	3.9	4.0	4.0	4.0	7	4.4
März . .	5.0	5.0	5.1	5.2	5.3	5.3	5.3	5.0	4.8	5.0	5.3	5.8	5.7	5.5	5.5	5.3	5.1	5.0	5.0	5.1	5.1	5.3	5.4	5.3	11	5.2
Jahr . .	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.0	4.9	4.8	4.7	4.7	4.7	4.8	4.7	4.7	4.6	4.6	4.7	4.7	4.8	4.8	4.9	5.0	5.1	5.1	104	4.9

¹⁾ J. Hann, Lehrbuch der Meteorologie, 2. Aufl., 288, 1906.

über dem Boden. Wegen dieser Höhe ist auf dem Turme die Amplitude nicht mehr so ausgeprägt wie am Erdboden. Außerdem verläuft die Schwankung vom September bis Februar, also im wesentlichen im Winter, entgegengesetzt der im Sommer. Die Sommerkurve (Maximum mittags, Minimum abends) tritt am deutlichsten auf im März, April, Juni, Juli und auch noch im August 1907. Der Unterschied zwischen Sommer- und Wintergang bei der Windgeschwindigkeit zeigt offenbar Ähnlichkeit mit dem Verhalten des Potentialgefälles. Im Sommer fällt tagsüber das Minimum des Gefälles zusammen mit dem Maximum und das Abendmaximum des Gefälles mit dem Minimum der Windstärke; im Winter ist nachts die Windgeschwindigkeit am größten, während das Potentialgefälle vom Maximum zum Hauptminimum geht. Daß im Frühjahr und Sommer in Potsdam starke Winde das Gefälle herunterdrücken können, ist bereits früher gezeigt worden¹⁾. Vielfach ist auch beobachtet worden, daß in derselben Jahreszeit in den Einzelkurven deutlich abends das Maximum des Gefälles zusammenfällt mit ruhigem oder gar keinem Wind. Dies ist erklärlich: Bei wenig bewegter Luft werden die Luftmassen sich anstauen; durch Abkühlung am Erdboden wächst die Feuchtigkeit und dadurch wird geringe Leitfähigkeit²⁾ sowie hohes Gefälle herbeigeführt.

Auf der rings von Bäumen umgebenen Wiese ist die Windstärke ganz bedeutend kleiner als auf dem Turme. Außerdem werden zweifellos Unterschiede in der Windschwankung auf der Wiese von denen am Turm bestehen. Unten ist der Bodeneinfluß größer. Es wird eine nahe Beziehung zur Temperatur bestehen. Die Geschwindigkeit hat ihre Maxima, wenn die Temperaturdifferenz Turm gegen Wiese am größten ist, ihre Minima, wenn die Temperaturen gleich sind³⁾. Da ja nun zwischen den Temperatur- und den Gefälleunterschieden ein naher Zusammenhang besteht, so folgt daraus auch eine Beziehung zwischen Potentialgefälle und Windgeschwindigkeit.

Auf der Nuthe wird der tägliche Gang der Windstärke noch ausgeprägter den Erdbodengang zeigen als an der auf einem Hügel gelegenen Wiese. Das wird bestätigt durch Windregistrierungen, die mit einem allerdings erst im Versuchsstadium befindlichen transportablen Windapparat dort vorgenommen worden sind. Nach freundlicher Mitteilung von Dr. Barkow zeigte z. B. der Juni 1908 prozentual auf der Nuthe die 6- bis 7fache Schwankung der Windgeschwindigkeit, vor allem war das Mittagsmaximum viel ausgeprägter als auf dem Turm. Auch im Winter 1908, z. B. im Februar, ergab sich mittags ein viel deutlicheres Maximum als auf dem Observatorium. Ein Vergleich der Windschwankungen zeigt also dasselbe wie ein Vergleich der Potentialgefälleschwankungen. Mittags vor allem ist auf der Nuthe auch im Winter viel eher Ähnlichkeit mit der Sommerkurve vorhanden als auf dem Turm.

¹⁾ Meteorol. Zeitschr. 25, 289, 1908.

²⁾ Das ist in der Tat durch viele Registrierungen der Leitfähigkeit auf der Wiese bestätigt worden.

³⁾ Vergl. auch O. Meißner, Die Luftbewegung in Potsdam (1894 bis 1900). Meteorol. Zeitschr. 25, 403, 1908.

VII. Potentialgefälle und Sonnenstrahlung.

Die Amplitude des Gefälles ist am größten im Winter, wo auch die absoluten Werte am höchsten sind. Dann folgen die Frühjahrs-, dann die Herbst- und am Schlusse die Sommerwerte. In den Tagesstunden hat das Frühjahr die stärkste Schwankung. Im Winter ist die Luft am reinsten, so daß die Sonnenstrahlung, in gleicher Höhe gemessen, ebenfalls im Winter ein Maximum hat, dem dann gleicherweise die Frühjahrs-, Herbst- und Sommerwerte folgen. Das absolute Maximum der Sonnenstrahlung fällt in Potsdam in den April¹⁾. Es wäre daher wohl möglich, daß die größere Tagesamplitude des Gefälles im Frühjahr mit der Sonnenstrahlung zusammenhängt.

Erklärung des täglichen Ganges beim Potentialgefälle.

Der Zusammenhang, der an nahe benachbarten Stationen zweifellos zwischen dem Gefälle und der Temperatur besteht, führt dazu, die Hauptursache der Potentialgefälleschwankungen in dem Sonneneinfluß zu suchen. Chauveau hat durch die Registrierungen am Eiffelturm gezeigt, daß schon 300 m über dem Boden auch im Sommer der tägliche Gang des Gefälles nur eine einfache Periode aufweist. Das Morgenmaximum und Nachmittagsminimum werden also durch die erdnahen Luftschichten hervorgerufen, und zwar müssen sie nach dem vorigen der Sonnenwirkung auf den Boden und die unteren Luftschichten ihre Entstehung verdanken. Die Abhängigkeit des Morgenmaximums vom Sonnenstande tritt in allen bisherigen Potsdamer Kurven 1904—1909 sehr deutlich hervor²⁾. Am spätesten (1^u) setzt es, wenn überhaupt, ein im Dezember und Januar, am frühesten (6—7^u) im Juni. Im Winter, bei tiefem Sonnenstande, ist meistens wenig vom Morgenmaximum und Mittagsminimum zu sehen. Unter Umständen, wenn wie auf der Nuthe durch die Umgebung der Station der Sonneneinfluß stärker zur Geltung kommt, kann aber selbst im Januar eine merkliche Mittagsdepression entstehen. Bei höherem Sonnenstande (wie im März) wird trotz gefrorenen Bodens und trotz hoher Schneedecke eine deutliche Doppelwelle offenbar allein durch Sonnenwirkung am Erdboden verursacht. Daß die Vertikalbewegung der Luft einen großen Einfluß auf die Potentialgefällwerte am Boden ausübt, erscheint nach den Registrierungen auf „Turm“ und „Wiese“ des Potsdamer Observatoriums sicher. Man wird also zur Erklärung des täglichen Ganges grade die Konvektionsströmung der Luft heranziehen müssen.

Demnach würde sich der tägliche Gang folgendermaßen gestalten. In den oberen Luftschichten entspricht die einfache Periode des Potentialgefälles dem Gang der Sonne. Nachts sind die Luftschichten durch die Abkühlung, Taubildung usw. am klarsten, die Leitfähigkeit hat daher ein starkes Maximum (in Potsdam durch viele Registrierungen am Erdboden bestätigt gefunden), das Potentialgefälle ein Minimum kurz vor Sonnenaufgang gleichzeitig mit dem Dampfdruck und Luftdruck und ungefähr gleichzeitig mit dem Minimum

¹⁾ W. Marten: Messungen der Sonnenstrahlung auf dem Meteorologischen Observatorium bei Potsdam. Ergebnisse der Meteorologischen Beobachtungen in Potsdam im Jahre 1908, S. XXIII.

²⁾ Vergl. die Isoplethendarstellung bei Lüdeling, Tätigkeitsbericht 1909, S. 156.

der Temperatur. Die Sonne bewirkt langsam den vertikalen Luftaustausch; dieser bringt feuchtere und mit Staub gesättigte Luftschichten in die Höhe, so daß die Leitfähigkeit erniedrigt und das Gefälle erhöht wird, das also gegen Abend seine höchsten Werte aufweist.

In den tiefsten Luftschichten ist die nächtliche Wirkung noch ähnlich; die Sonnenwirkung setzt aber schneller ein. Durch die starke Erwärmung des Bodens steigen gleichzeitig mit dem Wasserdampf auch die elektrischen Teilchen — und zwar sind das mehr positive Elektrizitätsträger als negative —, die sich am Erdboden angesammelt haben, in die Höhe.¹⁾ Vielleicht tritt hierzu noch ein Einfluß der Bodenluft hinzu, doch hindern gefrorener Boden und Schneedecke die Wirkung nicht. Die in die Höhe gehobenen Wasserdampfteilchen und Elektrizitätsträger ergeben vor allem an heiteren Tagen am Boden eine Abnahme der Leitfähigkeit und Zunahme des Potentialgefälles einige Stunden nach Sonnenaufgang. Die Amplitude dieser Schwankung ist im Frühjahr stets größer als im Herbst und im Sommer. In den Mittagsstunden bewirken aber eine Reihe von Umständen, daß am Erdboden mittags und nachmittags ein deutliches Minimum des Gefälles eintritt. Vor allem wird der stärkere Wind in Verbindung mit Staub, der sich durch Reibung an festen Gegenständen negativ aufgeladen hat, die Gefällwerte erniedrigen. Durch die „Nuthe“-Parallelregistrierungen ist bewiesen worden, daß diese Wirkung auch im Winter bei gefrorenem Boden sich bemerkbar machen kann. Ferner geht aus den Potsdamer Registrierungen hervor, daß der negativ geladene Staub das Gefälle in größerer Höhe über der Erde schon nicht mehr so stark beeinflußt wie in der Nähe der Oberfläche. Das Abendmaximum am Erdboden entsteht ähnlich wie das in größerer Höhe, denn vermehrter Wasserdampf und Staubgehalt hat, solange die Teilchen keine Eigenladung besitzen, eine Erhöhung der Gefällewerte zur Folge. Durch die Bodenabkühlung bei Sonnenuntergang und die starke Zunahme der Feuchtigkeit kann das Abendmaximum am Erdboden stärker ausfallen wie das in den oberen Schichten. Daß, wie Smirnow²⁾ meint, eine dünne bodennahe Schicht unterhalb des Kollektors, in der die +-Teilchen stecken bleiben, die gesamte Schwankung des Gefälles hervorrufen kann, erscheint auch³⁾ mir ausgeschlossen. Bei den Parallelregistrierungen in Potsdam waren die Abtropfstellen in ganz verschiedenen Höhen über dem Erdboden angebracht. Trotzdem ist bei Bodennebel oder bei nächtlichen Abkühlungen⁴⁾ an allen Stationen fast immer eine Erhöhung des Gefälles wahrgenommen worden, während nach Smirnow das Gefälle über seiner Schicht abnehmen muß.

Auch in den bisher bekannten Beobachtungen und Registrierungen des Potentialgefälles in anderen Teilen der Erde spricht sich vielfach deutlich der Sonnen- und Temperatureinfluß aus. Das Morgenminimum kurz vor Sonnenaufgang ist in allen Registrierungen aufgefunden worden. Im milden Kew (England) herrscht auch im Winter die doppelte Schwankung vor.

¹⁾ Vergl. auch A. Gockel, Die Luftlektrizität, 104, 1908.

²⁾ D. Smirnow, Über den täglichen Gang des Potentialgefälles. Phys. Zeitschr. 9, 337, 1908. Leitungsstrom und Schwankungen des elektrischen Feldes in der Nähe der Erdoberfläche. Ebenda 10, 445, 1909. Kurt Wegener, Bemerkungen dazu. Ebenda 10, 1030, 1909.

³⁾ Siehe A. Gockel, Die Luftlektrizität, 104, 1908. K. Kurz, Beiblätter zu den Annalen der Physik 34, 274, 1910.

⁴⁾ S. Met. Zeitschr. 26, 347, 1909.

Dabei zeigt sich eine Abhängigkeit der Maxima vom Sonnenstand¹⁾. In Batavia tritt die Doppelwelle in allen Jahreszeiten um dieselbe Zeit ein. Dagegen überwiegt in Karasjok (Lappland) die einfache Periode das ganze Jahr hindurch. In dem von Wald umgebenen Kremsmünster tritt die einfache Welle ebenfalls ziemlich deutlich hervor; doch ist gerade hier der jährliche Temperatureinfluß deutlich.

Die Potsdamer Parallelregistrierungen haben also gezeigt, daß enge Beziehungen vorhänden sind zwischen dem Potentialgefälle und fast allen meteorologischen Elementen, vor allem der Lufttemperatur, der Feuchtigkeit, dem Luftdruck und der Windstärke. Diese Beziehungen sind zum Teil so nahe, daß die meteorologischen Vorgänge in den unteren Luftschichten die täglichen Schwankungen des Gefälles hervorrufen müssen. Die Ursache aller dieser Vorgänge ist die Sonne. Über die Art und Weise, wie sich die Elektrizität der Luft bildet, darüber geben die Registrierungen wenig Anhalt. Nachdem es sicher erscheint, daß die Kondensationsvorgänge nicht imstande sind, den positiven Überschuß der Luft und die negative Erdladung zu erklären²⁾, wird man an der Bodenluft als Ursache der atmosphärischen Elektrizität in den unteren Luftschichten festhalten müssen. Das Potentialgefälle ist aber offenbar eine recht komplexe Größe. Der Einfluß der austretenden Bodenluft wird durch viele andere Vorgänge in den unteren Luftschichten vollkommen überdeckt. Die stärkere Leitfähigkeit der Bodenluft ist auch in Potsdam bestätigt gefunden. In nächster Zeit soll versucht werden, durch Parallelregistrierungen der Bodenluftleitfähigkeit, der Außenluftleitfähigkeit und des Potentialgefälles diese Frage weiter zu klären.

Abgeschlossen am 24. Januar 1911.

¹⁾ Vergl. die Isoplethendarstellung bei J. B. Messerschmitt, Täglicher Gang der erdmagnetischen Elemente und des luftelektrischen Potentialgefälles. Beiträge zur Geophysik X, 181, 1909.

²⁾ G. C. Simpson, On the Electricity of Rain and its Origin in Thunderstorms. Phil. Transact. of the Roy. Soc. A. 209, 379, 1909, und Phys. Zeitschr. 11, 408, 1910. K. Kähler, Ergebnisse der Registrierungen der Niederschlagslektrizität zu Potsdam im Jahre 1908. Veröffentlichungen des Kgl. Preuß. Meteorol. Instituts, Nr. 213, S. XIII, 1909 und Met. Zeitschr. 27, 326, 1910.