

Veröffentlichungen des Preußischen Meteorologischen Instituts

Herausgegeben durch dessen Direktor

H. v. Ficker

Nr. 340

Abhandlungen Bd. VIII. Nr. 7.

Untersuchung einiger Niederschläge von langer Dauer und weiter Verbreitung in Norddeutschland

Von

J. Hoffmeister

ISBN 978-3-662-34741-6 ISBN 978-3-662-35061-4 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-35061-4

Wenn im folgenden langandauernde, weitverbreitete Niederschläge behandelt und in einigen Fällen genauer analysiert werden, so geschieht dies vornehmlich aus einem Grunde. Erfolgen die Niederschläge gemäß dem gewöhnlichen Schema der Fronttheorie, so sind Niederschläge von langer Dauer und gleichzeitiger weiter Verbreitung nicht zu erwarten. Sowohl das Aufgleitniederschlagsgebiet als auch das Einbruchniederschlagsgebiet sind der Theorie entsprechend verhältnismäßig schmal. Sie können wohl bei langsamer Fortbewegung zu örtlich längeren, aber nicht gleichzeitig weitverbreiteten Niederschlägen führen. Aber auch dann sind solche langen Niederschläge, wie sie tatsächlich beobachtet werden, nicht allein auf diese Weise zu erklären. Es müssen also besondere Komplikationen des Schemas eintreten, die zu einer Änderung des normalen Ablaufs der Niederschläge führen. Vielleicht muß überhaupt in gewissen Fällen von der Anwendung des Frontniederschlagschemas abgesehen werden.

An der Analyse von drei Einzelfällen von langandauernden, weitverbreiteten Niederschlägen soll im folgenden untersucht werden, ob diese sich dem Schema der Fronttheorie einfügen lassen, gegebenenfalls unter welchen besonderen Verhältnissen. Es soll eine Antwort auf die Frage gegeben werden: Lassen sich die langandauernden, weitverbreiteten Niederschläge nach der Fronttheorie erklären?

Die Untersuchungen sollen sich nur auf Norddeutschland beschränken. Damit kann auf die großen Zusammenhänge nicht eingegangen werden. Es ist dies auch für die Lösung der gestellten Aufgabe nicht nötig. Die Frage ist entschieden, wenn der Niederschlag in Verbindung mit einer Front gebracht werden kann oder ein solcher Zusammenhang nicht festzustellen ist.

Für die Untersuchung sind Niederschläge aus den Jahren 1905—1913 in Betracht gezogen worden. Es hat sich gezeigt, daß die Fälle sich im wesentlichen auf drei Typen zurückführen lassen:

I. Die Niederschläge sind verbunden mit dem west-östlichen Fortschreiten einer warmen oder kalten Front, die meistens einen nord-südlichen Verlauf hat und mit einem in derselben Richtung sich fortbewegenden Minimum in Zusammenhang steht. In gewissen Fällen kann aber auch die Front mehr oder weniger nach der west-östlichen Richtung hin gedreht sein. In allen zu I. gehörigen Fällen lassen sich die Niederschläge mehr oder weniger dem Schema einfügen, das die Fronttheorie vorschreibt. Immerhin müssen Abweichungen vorliegen, die eben die lange Dauer und weite Verbreitung der Niederschläge bedingen. Die Möglichkeiten, die hierzu führen, sind theoretisch recht zahlreich. Es seien hier einige angeführt, ohne jedoch damit irgend eine Vollständigkeit erreichen zu wollen:

a) Die Niederschlagsstreifen sind ungewöhnlich breit. Die Bedingungen hierfür werden weiter unten bei der Behandlung eines Sonderfalles angegeben.

b) Die Niederschlagsstreifen sind noch breiter als gewöhnlich. Die lange Dauer ist aber in der Hauptsache auf ein langsames Fortschreiten der Front zurückzuführen.

c) Die warme und die kalte Front eines warmen Sektors folgen schnell aufeinander, so daß die beiden dazugehörigen Niederschlagsstreifen nur durch ein schmales regenloses Gebiet voneinander getrennt werden. Dies wird in der Regel in dem sich verjüngenden Teil des Sektors der Fall sein. Am Scheitel selbst, wo beide Streifen zusammentreffen, bildet sich ein breites Niederschlagsgebiet, besonders wenn die warme Front hier mit der west-östlich verlaufenden Fortschrittrichtung einen kleinen Winkel bildet. Es kann dieses Niederschlagsgebiet noch durch eine besondere Form der Front am Scheitel an Breite gewinnen.

d) Zwei Sektoren folgen dicht aufeinander, so daß das ganze Niederschlagsgebiet sich aus vier einzelnen Streifen zusammensetzt. Der Niederschlag wird also in diesem Falle mehrfach unterbrochen.

Zwischen den einzelnen Fällen können die mannigfachsten Kombinationen vorkommen. Es kann hierdurch eine noch längere Dauer der Niederschläge herbeigeführt werden.

II. Die Niederschläge erfolgen an einer west-östlich verlaufenden Front, die mehr oder weniger stationär ist. An ihr bildet sich unter gewissen Bedingungen ein durch ganz Norddeutschland sich von W nach E erstreckendes Niederschlagsband, das, wenn es auch an Breite nicht der N-S-Erstreckung Norddeutschlands gleichkommt, doch wegen seiner im allgemeinen langsamen Bewegung nach S oder N zu weitverbreiteten und langandauernden Niederschlägen führt. Außerdem rufen Störungen, die sich an der Front abspielen, Niederschläge hervor. Beide Ursachen zusammen können wieder zu besonders langandauernden und verbreiteten Niederschlägen Veranlassung geben.

III. Die Niederschläge hängen mit einer Depression zusammen, die sich ungefähr auf der Zugstraße Vb bewegt oder aus dem SE kommt oder sonst doch in ihrer Fortschrittsrichtung eine nach W gerichtete Komponente hat. Typisch ausgebildete Fronten sind im allgemeinen nicht festzustellen.

Der Fall I. ist bei weitem der häufigste. Von 23 betrachteten langandauernden, weitverbreiteten Niederschlägen entfallen 15 auf Fall I, 2 auf II, 6 auf III.

Im folgenden seien diese Fälle genannt. Ihre Einteilung ist auf Grund der Angaben der Wetterkarten erfolgt. Hierzu muß bemerkt werden, daß man auf diese Weise nur in rohen Zügen ein Bild von den langandauernden, weitverbreiteten Niederschlägen gewinnt. Eine genauere Charakteristik läßt sich nur bei eingehender Untersuchung geben.

I.	1.— 3. April	1905	I.	22.—23. Dezember	1909
	2.— 3. September	1905		23.—24. Februar	1912
	14.—15. Oktober	1905		28.—31. Dezember	1913
	29.—30. Dezember	1905	II.	5.— 7. Januar	1912
	15.—17. März	1906		21.—22. Februar	1912
	2.— 3. Oktober	1906	III.	9.—11. November	1905
	27. November	1906		11.—13. Juli	1907
	2.— 6. Dezember	1906		16.—17. November	1909
	3.— 4. September	1907		8.— 9. Juli	1910
	18.—19. Februar	1908		19.—20. November	1910
	21.—23. November	1908		15.—18. August	1913
	3.— 6. Februar	1909			

Im folgenden soll für jeden der drei Fälle eine typische Wetterlage genauer analysiert werden, wobei die oben angeführten Gesichtspunkte maßgebend sind.

Beigefügt sind am Schluß des Textes Karten, auf denen die Niederschlagsverteilung, die Temperatur und die Windrichtung dargestellt sind, außerdem im Text Temperaturkurven und die Darstellung der stündlichen Niederschlagsmenge in Potsdam. Auf Vollständigkeit mußte verzichtet werden. Es ist nur das für das Verständnis Wichtigste ausgewählt worden. Viele der im folgenden angeführten Ergebnisse sind mit der notwendigen Sicherheit nur den Arbeitskarten zu entnehmen. Zahlreiche Feinheiten sind auf den hier beigefügten Karten nicht erkennbar.

I. Die Niederschläge vom 3.—6. Februar 1909.

(Hierzu Thermogramme in Fig. 1 und Karten 1—10.)

Aus den Beobachtungen der Regenstationen ist zu entnehmen, daß die Niederschläge an den betreffenden Tagen über ganz Norddeutschland verbreitet gewesen sind und zum Teil eine bedeutende Höhe erreicht haben, wie nachstehende Tabelle der Niederschlagshöhen für die Zeit von 7^a des vorhergehenden bis 7^a des Datuntages zeigt.

Februar 1909	Niederschlagshöhen in mm				Februar 1909	Niederschlagshöhen in mm			
	3.	4.	5.	6.		3.	4.	5.	6.
Königsberg	2.4	5.4	2.3	1.6	Mühlhausen i. Th.	4.4	33.8	25.6	5.6
Schivelbein	1.3	15.5	1.9	—	Hameln	6.2	43.2	12.1	9.4
Posen	0.5	12.8	0.9	6.2	Hannover	7.0	29.6	3.8	12.0
Rosenberg i. O.	0.1	28.1	3.7	10.9	Bremen	7.5	21.2	1.1	16.8
Breslau	0.3	15.8	2.6	21.0	Schöningsdorf	1.9	69.3	11.1	12.1
Flinsberg	4.1	58.3	13.4	17.0	Paderborn	10.4	67.6	15.9	2.7
Frankfurt a. O.	4.6	16.6	0.6	11.8	Barmen	9.2	51.2	54.3	11.7
Stettin	7.1	8.1	0.3	0.5	Köln	1.0	18.0	6.9	4.8
Berlin	7.4	16.4	4.2	13.0	Aachen	0.7	24.0	7.7	7.1
Dresden	6.5	21.6	8.4	8.0	Weilburg	5.0	32.0	35.0	6.8
Chemnitz	8.9	32.4	30.2	11.6	Gelnhausen	2.0	15.4	12.7	1.4
Leipzig	10.1	14.7	5.8	9.8	Frankfurt a. M.	1.6	8.2	1.4	2.1
Magdeburg	4.5	13.0	2.0	12.2	Trier	1.0	5.6	2.6	9.4
Altona	15.3	19.8	0.2	14.3					

Februar 1909.

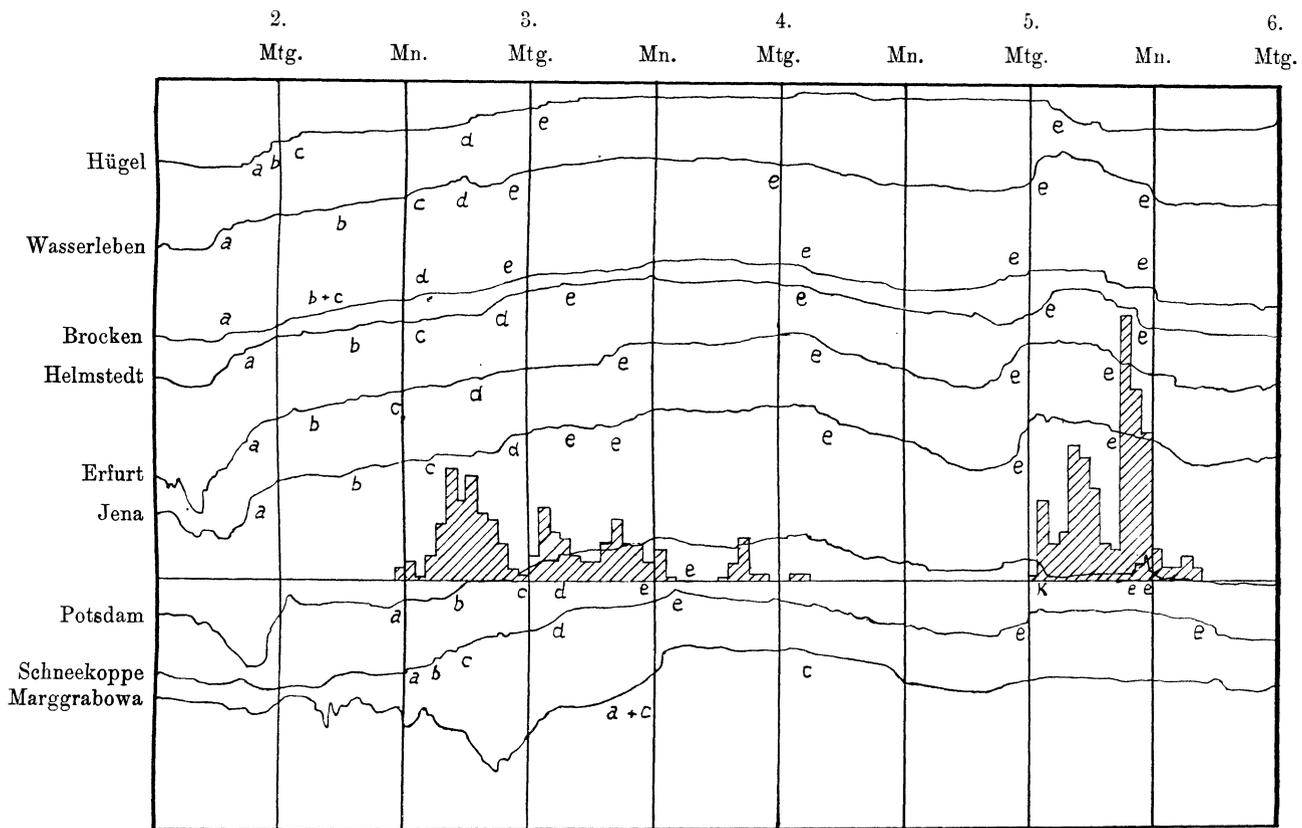


Fig. 1. Thermogramme aus Norddeutschland, stündliche Niederschlagsmengen von Potsdam.

Für Potsdam kann außer der Niederschlagshöhe auch die genaue Dauer für die einzelnen Tage angegeben werden, siehe nebenstehende Tabelle.

Ein Niederschlag von 24 Stunden an einem Tag ist in der Ebene selten. Dagegen wird man eine Gesamtdauer der Niederschläge von 11.4 Stunden an einem Tage etwa als das gewöhnliche Maß für die Dauer eines „Landregens“ ansehen können.¹⁾ Daß aber auch in ganz Norddeutschland die Dauer der Niederschläge bedeutend gewesen ist, geht aus den Bemerkungen über die Niederschläge an den Stationen II. u. III. Ordnung hervor.

Tag	Niederschlags-	
	dauer	höhe
Februar 1909	Stunden	mm
2.	1.0	0.2
3.	24.0	10.6
4.	4.5	1.9
5.	11.4	19.4

Während in Potsdam der 3. und 5. Februar durch einen Tag schwächerer Niederschläge getrennt werden, ist für andere Teile Norddeutschlands auch der 4. ein Tag mit anhaltenden Niederschlägen.

¹⁾ Näheres über die bei Sommerregen vorkommende maximale Dauer siehe bei G. Hellmann, Über den Charakter der Sommerregen in Deutschland. (Sitzber. Preuß. Akad. d. Wissensch. 1912. S. 288—290.)

Wie man den Ausführungen weiter unten entnehmen kann, stehen die Niederschläge an den drei Tagen in einem ursächlichen Zusammenhang, so daß sie als ein einziger Niederschlag zu betrachten sind.

Die Entwicklung der Niederschläge soll im folgenden auf Grund der Wetterlage zu den Terminbeobachtungen 7^a, 2^p, 9^p unter Berücksichtigung auch der übrigen für die Entstehung der langandauernden, weitverbreiteten Niederschläge wichtigen meteorologischen Elemente verfolgt werden. Die Angaben über die Luftdruckverteilung beziehen sich auf die Termine 8^a, 2^p, 8^p. Es ist dies für die Genauigkeit der hier angestellten Untersuchungen kaum von Einfluß.

2. Februar, 7^a. Über ganz Norddeutschland sind nur wenige, kleine Niederschlagsgebiete verteilt. Die Temperaturen liegen fast überall zwischen -4.0° und -15.0° , ohne daß eine Gesetzmäßigkeit in ihrer Verteilung festzustellen ist. In Lindenberg herrscht in 1000 m Höhe -9.5° , am Boden -9.7° . Im äußersten Westen macht sich das Herannahen warmer Luft bemerkbar. Es schiebt sich eine warme Front, auf den Karten und Thermogrammen mit **a** bezeichnet, nach E vor. Sie trennt Luft von $\sim -2^{\circ}$ von der kalten Luftmasse. Hier wie im folgenden zeigt es sich, daß eine Front nie scharf ausgeprägt ist, sondern eine Übergangsschicht zwischen Luftmassen verschiedener Temperatur darstellt. Sie macht sich in den Thermogrammkurven durch einen stärkeren Anstieg bzw. Fall, auf der Karte durch ein Zusammendrängen der Isothermen bemerkbar. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, daß die Stufen in den Thermogrammkurven vielfach nicht gut erkennbar sind. Das wird immer dann der Fall sein, wenn Fortschrittsrichtung und Normale der Front nicht zusammenfallen. Je größer der Winkel ist, den sie miteinander bilden, desto weniger wird die Stufe in der Kurve erkennbar sein, da in diesem Falle die Stufe durch die Übergangsschicht verwischt wird. Dies ist zu bedenken, wenn im folgenden die Stufe auf dem Thermogramm nicht deutlich erkennbar ist. Man muß also, um eine Stufe sicher erkennen zu können, stets noch die Verteilung der Temperaturen nach der Karte heranziehen.

Auf dem Thermogramm von Hülge zeigt die **a**-Front ihre Ankunft um 8^a an, in Geisenheim um 6^a, in Avelerberg bei Trier um 8^a. Dies stimmt mit dem Verlauf der warmen Front überein, wie er auf Grund der Temperaturangaben auf der Karte festgestellt ist. Ein von der Front losgetrennter Warmluftkörper von -3° ist bereits bis zum Harz vorgedrungen. Er macht sich um 4^a in Wasserleben durch den plötzlichen Anstieg der Thermogrammkurve (**a**) bemerkbar, um 6^a auf dem Brocken und in Helmstedt. Es besteht auch die Möglichkeit, daß dieser Warmluftkörper unmittelbar zu der an der **a**-Front aufgeglittenen Warmluftmasse gehört. Diese berührt unter Voraussetzung eines sehr kleinen Neigungswinkels in den höher gelegenen Stationen der Umgebung des Harzes wieder den Boden. Von einer Lostrennung kann man dann nicht mehr sprechen, sie wird uns nur vorgetäuscht.

Die warmen Luftmassen werden durch westliche Winde herbeigeführt, denen sich aber zum Teil, namentlich im NE, eine mehr oder weniger starke N-Komponente zugesellt. Über Island befindet sich ein Minimum mit einem Kern von etwa 730 mm, über dem Golf von Biscaya ein Maximum von über 770 mm. Ein Ausläufer hiervon mit einem sekundären Maximum von 755 mm über Südnorwegen ist die Ursache der N-Komponente der Winde.

2. Februar, 2^p. Der Verlauf der **a**-Front läßt sich nur angenähert angeben, da die Temperaturverhältnisse der einzelnen Luftmassen durch den je nach der Bewölkung verschiedenen Einfluß der Einstrahlung nicht gut vergleichbar sind. Die **a**-Front ist etwa bis zur Elbe nach E weitergezogen und ist jetzt in ihrem südlichen Teil von einem Niederschlagsstreifen begleitet. Ein zweiter mit dem ersten im N und S vereinigt Niederschlagsstreifen deutet auf eine nachfolgende zweite Front (**b**) hin, die sich auf den Thermogrammen nachweisen läßt, allerdings nur schwach ausgeprägt ist. Sie hat etwa um 9^a Geisenheim erreicht, um 11^a Hülge und Helgoland. Durch diese **b**-Front wird die wärmere Luftmasse zwischen den Fronten **a** und **b** — im folgenden mit (**a, b**)-Luftmasse bezeichnet — von einer folgenden noch wärmeren getrennt.

Die Luftdruck- und Windverteilung ist ungefähr dieselbe wie 7^a. Nur das sekundäre Maximum über Südnorwegen hat sich nach Südschweden verlagert.

2. Februar, 9^p. Die **a**-Front ist bis zur Linie Rostock—Waren—Torgau—Dresden vorgerückt. Die **b**-Front verläuft parallel zu ihr in einem Abstände von etwa 120 km. Um 4^p hat sie Wasserleben erreicht, um 6^p Helmstedt, Jena zum Beobachtungstermin, den Brocken schon um 11^a, wodurch sich ihr Charakter als Aufgleitfront zeigt. Eine dritte (**c**-)Front ist auf dem Thermogramm von Hülge um 2^p erkennbar, läßt sich jedoch auf der Karte aus der Temperaturverteilung nicht genau feststellen. Auch auf dem Thermogramm von Geisenheim ist die **c**-Front nicht scharf ausgeprägt. Die Gründe

hierfür sind offenbar darin zu suchen, daß die Kurve, die durch die c-Front und durch die (b, c)-Stufe bedingt ist, von der größeren Kurve des regelmäßigen Temperaturganges überlagert und unkenntlich gemacht wird. Die beiden Aufgleitniederschlagsgebiete der a- und der b-Front, die um 2^p noch zum Teil getrennt waren, haben sich vereinigt und bilden einen zusammenhängenden Niederschlagsstreifen. An der c-Front sind nur vereinzelte Niederschlagsgebiete vorhanden. Unmittelbar östlich der a-Front herrschen SW-Winde, westlich von ihr auf der (a, b)-Stufe W-Winde, so daß also, da die Windgeschwindigkeiten dieselben sind, die Bedingungen für ein Aufgleiten der (a, b)-Luftmasse und damit für Niederschlagsbildung gegeben sind. Unmittelbar östlich der b-Front, also in dem westlichen Teile der (a, b)-Stufe, herrschen SW-Winde, westlich der b-Front W-Winde. Die Verhältnisse an der b-Front gleichen also denen an der a-Front. Es kommt hier aber hinzu, daß die Windstärke östlich der b-Front geringer ist als auf der westlichen Seite. Die durchschnittliche Windstärke beträgt für 15 Stationen der westlichen (a, b)-Stufe 1.7, für 17 Stationen zwischen der b-Front und der Weser 2.9. Damit sind hier also in verstärktem Maße die Bedingungen für das Aufgleiten der (b, c)-Luftmasse auf die (a, b)-Luftmasse gegeben.

Die Luftdruckverteilung hat sich gegen 2^p dahin geändert, daß das Minimum von Island in östlicher Richtung weitergezogen ist und an der von seinem Kern nach Norddeutschland verlaufenden Störungslinie die Isobaren sich stark nach S ausgebuchtet und zusammengedrängt haben. Das Hauptmaximum und das sekundäre Maximum haben ihre Lage nicht verändert.

3. Februar, 7^a. Während der Nacht sind die Fronten östlich weitergerückt. Die a-Front ist am 2. Februar etwa um 10^p über Potsdam hinweggegangen und hat dort die ersten Niederschläge gebracht. Die b-Front folgt am 3. etwa um 4^a und bringt ergiebigere Niederschläge und zwar, wie auch schon an der a-Front, in Schneeform. Die folgende c-Front, die um 12^p über Wasserleben und etwas später über Helmstedt hinweggegangen ist, trennt zugleich das Schnee- von dem Regengebiet. Ihr folgt eine neue Front, die d-Front, die in ihrem südlichen Teile von NE nach SW verläuft. So kommt es, daß sie etwa zu gleicher Zeit über Hülgel und Wasserleben hinweggegangen ist, über den Brocken entsprechend ihrem Charakter als Aufgleitfront schon einige Stunden früher. Helmstedt wird um 9^a überschritten, Geisenheim und Jena um 10^a. Diese Zeiten stimmen mit denen, die man aus dem Verlauf der d-Front auf der Karte durch Schätzung gewinnen kann, gut überein. Im äußersten Westen ist schließlich noch eine fünfte, die e-Front, erkennbar. In Lindenberg macht sich in der Höhe das Überschreiten der a- und b-Front durch einen besonders großen Temperaturanstieg bemerkbar. In 1000 m Höhe ist die Temperatur von -9.5° am 2. 12¹⁵^p auf -0.8° am 3. 8^a gestiegen. Eine Trennung der Stufen ist hier nicht möglich, da man hierzu eine Thermogrammkurve für eine bestimmte Höhe zur Verfügung haben müßte. Eine Inversion zwischen 584 m und 730 m von -1.3° auf -0.6° wird vermutlich durch die c-Front hervorgerufen.

Die Temperaturen, die den von den Fronten begrenzten Stufen am Boden um 7^a zukommen, kann man der folgenden Zusammenstellung entnehmen:

Stufe	Temperatur
(—, a)	< $\sim -4^{\circ}$
(a, b)	$\sim -2^{\circ}$
(b, c)	$\sim 0^{\circ}$
(c, d)	$\sim 2^{\circ}$
(d, e)	$\sim 3,5^{\circ}$
(e, —)	> $\sim 5^{\circ}$

Die einzelnen Fronten sind mit ungleicher Geschwindigkeit vorgerückt, und zwar so, daß stets die westlichere Front eine größere Geschwindigkeit hat als die östlichere. Es ist dies eine Folge der verschiedenen Windrichtungen und -stärken in den einzelnen Stufen. Vor der a-Front herrscht vorwiegend S-Wind. Es ist hier also keine Komponente in der Fortschrittrichtung vorhanden, dagegen in der (a, b)-Stufe, wo SSW-Winde anzutreffen sind. In der (b, c)-Stufe herrschen SW-Winde. Da ihre Stärke nicht geringer als die der Winde in der (a, b)-Stufe ist, liefern sie eine größere Komponente in der W-Richtung. Die (c, d)-Stufe weist W- und SW-Winde von etwas größerer Stärke — im Mittel 4.7 gegen 4.1 in der (b, c)-Stufe — auf, so daß auch hier im allgemeinen die W-Komponente größer als in der vorhergehenden Stufe ist. Für die (d, e)-Stufe, wo auch W- und SW-Winde herrschen, läßt sich das Entsprechende zeigen, da die Windstärke im Mittel 5.4 beträgt. Die (e, —)-Stufe umfaßt noch zu wenig von dem betrachteten Gebiet, um etwa den gleichen Schluß ziehen zu können. Da

also die W-Komponenten des Windes für die einzelnen Stufen nach W hin zunehmen (s. Fig. 2), haben sich die Fronten genähert. Die (a, b)-Stufe z. B. ist schon außerordentlich schmal geworden. In ihren

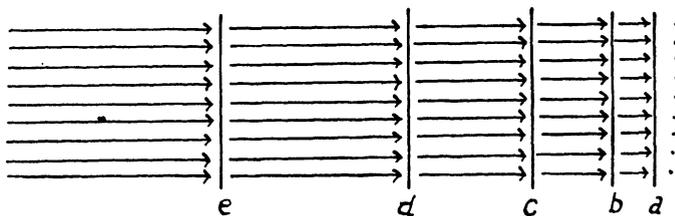


Fig. 2. Komponenten der Windgeschwindigkeit in der Fortpflanzungsrichtung der Fronten.

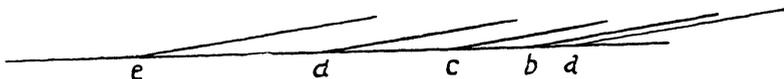


Fig. 3. Das Übereinandergreifen der Fronten.

Niederschlagsgebiete aus, die übereinander greifen und ein geschlossenes, in dem betrachteten Gebiet etwa 800 km breites Niederschlagsgebiet bilden. Daß dieses aber in sich nicht homogen ist, zeigt die Niederschlagsverteilung auf die einzelnen Stunden für Potsdam. Mit dem Überschreiten jeder Front ist eine Intensitätssteigerung der Niederschläge verbunden.

Die Luftdruckverteilung hat sich wesentlich geändert. Das sekundäre Maximum über Schweden ist durch ein Teilminimum mit einem Kern < 735 mm verdrängt worden, das sich von dem Hauptminimum östlich von Island losgelöst hat, nach S gezogen ist und jetzt über dem Oslo-Fjord liegt. Mit ihm stehen die Störungslinien im Zusammenhang. Das Maximum über dem Golf von Biscaya hat seine Lage nicht verändert.

3. Februar, 2^p. Infolge ihrer größeren Geschwindigkeit hat die b-Front die a-Front erreicht. Die a-Front trennt jetzt die $< -4^{\circ}$ -Luftmasse von der 0° - oder (a, c)-Luftmasse. Die (a, b)-Luftmasse ist offenbar vollständig aufgeglitten. Auch die a- und c-Front haben sich bereits soweit genähert, daß die (a, c)-Stufe auf dem Thermogramm von Bromberg kaum noch festzustellen ist, während sie auf dem Thermogramm von Schivelbein noch gut zum Ausdruck kommt, wo die c-Front nach den übereinstimmenden Angaben des Thermogramms und der Karte um 1^p etwa hinweggegangen ist. Die d-Front überschreitet zum Beobachtungstermin Potsdam, womit wieder eine Intensitätssteigerung der Niederschläge verbunden ist. Die e-Front ist in ihrem mittleren Teil außerordentlich schnell vorgerückt. Sie ist überall in den Thermogrammkurven der von ihr überschrittenen Stationen nachzuweisen, jedoch ist das S. 6 Gesagte besonders zu berücksichtigen. Auffällig ist das geringe Fortschreiten der e-Front im N, dessen Ursachen sich erst beim nächsten Termin erkennen lassen. In ihrem südlichen Teile ist sie, wie die d-Front um 7^a, nach W zurückgebogen.

Die Windverhältnisse, soweit sie von Bedeutung für die Niederschläge sind, haben sich zum größten Teil nicht geändert. Vor der a-Front hat die stauende Wirkung der Winde zugenommen, da sie sich nach SSE gedreht haben. (a, c)- und (c, d)-Stufe weisen angenähert dieselbe Windstärke auf. Da aber in der (a, c)-Stufe SW-Winde, in der (c, d)-Stufe W-Winde überwiegen, ist auch hier die Bedingung für ein Aufgleiten gegeben. Dagegen ist in der (d, e)-Stufe, die ebenso wie die (c, d)-Stufe vorwiegend W-Winde aufweist, die Windstärke geringer. Es muß dies ein Zurückbleiben der d-Front, das auch in der Tat festzustellen ist, zur Folge haben. Die (e, —)-Stufe, in der die Windrichtung dieselbe ist, hat wieder eine größere mittlere Windstärke als die vorhergehende Stufe, so daß ein Aufgleiten stattfinden muß. Alle Fronten sind mit breiten Niederschlagsgebieten verbunden, die übereinandergreifen und, wie schon 7^a, ein einziges zusammenhängendes Niederschlagsgebiet bilden, das in dem hier betrachteten Raum eine Breite von etwa 1000 km hat. Die c-Front trennt das Schnee- von dem Regengebiet. Die Niederschlagsgebiete der einzelnen Stufen sind nach den obenstehenden Erörterungen der Windverhältnisse durch das Aufgleiten der wärmeren auf die kälteren Stufen entstanden. Es gilt dies wohl auch noch für die d-Front, da ihr Zurückbleiben wahrscheinlich eben erst eingesetzt und daher sich noch nicht bemerkbar gemacht hat. Es ist aber damit zu rechnen, daß sich zwischen c- und d-Front ein niederschlagsfreies Gebiet einschieben wird, da die Bedingungen für ein Aufgleiten der (d, e)-Stufe an der d-Front nicht mehr vorhanden sind.

südlichen Teilen haben sich die a-, b- und c-Front soweit genähert, daß sie sich im Thermogramm der Schneekoppe nur durch einen einzigen, wenn auch unregelmäßigen Anstieg bemerkbar machen, der in der Höhenstation mehrere Stunden vor der Ankunft der Fronten in den Talstationen beginnt.

Die oben geschilderten Windverhältnisse der einzelnen Stufen zueinander müssen zu einem Aufgleiten der wärmeren Stufen auf die kälteren führen (s. Fig. 3). Es bilden sich daher an den einzelnen Fronten ausgedehnte

Die Luftdruckverhältnisse haben sich wenig geändert. Das Hauptminimum östlich Island und das Maximum über dem Golf von Biscaya liegen noch an derselben Stelle, und auch das Teilminimum über dem Oslo-Fjord ist nur langsam östlich weitergezogen, so daß es jetzt über Südschweden angelangt ist. Die Druckhöhen der Kerne haben sich nicht geändert.

3. Februar, 9^p. Die a- und c-Front sind weiter nach E vorgerückt, wobei sich infolge der größeren W-Komponente des Windes in der (c, d)-Stufe die c-Front der a-Front außerordentlich genähert hat. Die beiden Fronten sind in allen in Betracht kommenden Thermogrammen nachzuweisen. Die Zeiten des Überschreitens der Stationen stimmen mit denen, die man schätzungsweise

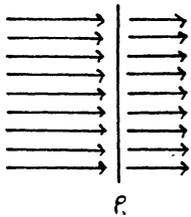


Fig. 4 a.

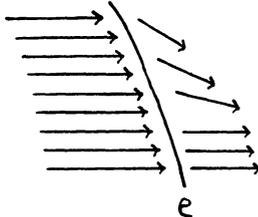


Fig. 4 b.

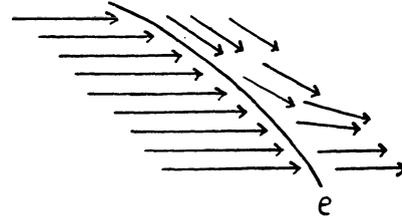


Fig. 4 c.

Drei aufeinanderfolgende Entwicklungszustände der e-Front.

den Karten entnehmen kann, gut überein. Die d-Front ist noch weiter hinter der c-Front zurückgeblieben, im allgemeinen aber weiter vorgedrungen. Sie ist besonders scharf in dem Thermogramm der Schneekoppe ausgeprägt, wo die Temperaturdifferenz 4° beträgt. Die e-Front ist in ihrem südlichen Teil ebenfalls weiter vorgerückt und hat etwa um 7^p Erfurt, um 9^p Potsdam und Berlin überschritten. Der nördliche Teil der e-Front ist dagegen unter dem Einfluß von kälteren im NW durch W- und NW-Winde herbeigeführten Luftmassen zurückgeblieben (s. Fig. 4 a—c).

Das Niederschlagsgebiet ist nicht mehr so zusammenhängend wie um 2^p. Die Niederschlagsstreifen der a- und c-Front bilden zwar ein zusammenhängendes Niederschlagsgebiet, aber zwischen c- und d-Front schiebt sich, wie schon um 2^p vorauszusehen war, ein niederschlagsfreier Streifen. Ein Grund hierfür ist darin zu suchen, daß der Abstand zwischen c- und d-Front infolge des Zurückbleibens der d-Front so groß geworden ist, daß die beiden Niederschlagsstreifen sich nicht mehr überdecken. Weiter kommt hinzu, daß der Niederschlagsstreifen an der d-Front schmal geworden ist, eine Zeitlang vielleicht überhaupt gefehlt hat, weil, wie oben gezeigt ist, die Bedingungen für ein Aufgleiten der (d, e)-Stufe nicht mehr vorhanden gewesen sind. Dagegen ist die e-Front von einem breiten Niederschlagsgebiet begleitet, das sich z. T. mit dem der d-Front überdeckt. Mit dem Überschreiten der Front in Potsdam ist wieder eine Intensitätssteigerung des Niederschlags verbunden. Daß der Niederschlagsstreifen der e-Front auch noch hinter der Front eine so große Ausdehnung hat, erklärt sich daraus, daß die (e, —)-Stufe wie die Thermogramme der in Frage kommenden Stationen zeigen, fast überall aus einigen kleinen Unterstufen zusammengesetzt ist. Nur die vorderste Front ist in die Karte eingetragen. Wo aber keine Temperaturdifferenzen an der Erdoberfläche festzustellen sind, muß man sie wohl für höhere Luftschichten annehmen, um das breite Niederschlagsgebiet in der (e, —)-Stufe zu erklären.

Die Luftdruckverhältnisse haben sich dahin geändert, daß das Teilminimum über Südschweden langsam in östlicher Richtung weitergezogen ist, so daß es jetzt mit seinem Kern von immer noch < 735 mm über Öland und Gotland liegt. Damit ist dann auch die Änderung der Windverhältnisse begründet. Das Minimum östlich von Island hat sich nur wenig östlich verlagert. Das Maximum liegt unverändert über dem Golf von Biscaya.

4. Februar, 7^a. Die a-Front hat sich nach E aus dem betrachteten Gebiet entfernt. Die c-Front ist langsam nach E weitergerückt, wobei die an ihr bisher aus SE wehenden Winde in die entgegengesetzte Richtung umgeschlagen sind, so daß sie wieder parallel zur Front, aber jetzt aus NW wehen. Die Ursache hierfür ist darin zu suchen, daß das um 9^p über Öland und Gotland liegende Minimum sich weiter östlich verlagert hat. In den Thermogrammen von Königsberg und Marggrabowa machen sich die a- und c-Front infolge ihrer geringen Entfernung voneinander nur durch einen einzigen Anstieg der Kurve bemerkbar. Die c-Front ist von einem schmalen Niederschlagsgebiet begleitet. Die d- und e-Front sind in ihrem südlichen Teile weiter vorgedrungen. Im nördlichen Teile des Gebietes dagegen bringen westliche und nordwestliche Winde weiterhin kältere Luftmassen herbei,

deren Einfluß sich allmählich nach S ausdehnt. Die d- und e-Front werden daher in ihrem nördlichen Teile nach S gedrückt. Der d-Front geht hierbei ihr Charakter als Front verloren, da die kühlere Luft nicht frontmäßig hereinbricht und die Temperaturdifferenzen an ihr nur gering sind. Dementsprechend treten in ihrem früheren Bereich auch keine Niederschläge mehr auf. Auf den folgenden Karten ist die d-Front daher nicht mehr zu finden. Die e-Front bleibt dagegen als Front erhalten. Um 2ⁿ etwa ist sie in rückläufiger Bewegung über Potsdam und Berlin hinweggegangen. Im S hat sie als äußersten östlichen Punkt etwa die Schneekoppe erreicht, da sie sich hier um 2ⁿ nur durch eine Spitze im Thermogramm bemerkbar macht. Sie ist auf ihrem von NW nach SE verlaufenden Frontteile von einem schmalen Regengebiet begleitet, das später als die Front über Potsdam hinweggeht. Das Regengebiet westlich der e-Front ist im südlichen Teile der (e, —)-Stufe erhalten geblieben.

Das Minimum, das bis jetzt östlich Island stand, ist nach E weitergezogen und liegt mit seinem Kern (735 mm < K (Kern) < 740 mm) an der Küste des mittleren Norwegen. An seiner Südseite ist durch Ausbuchtung ein zweites, nur durch einen niedrigen Sattel getrenntes Minimum entstanden, das mit seinem Kern über dem Oslo-Fjord liegt. Das um 9^p über Öland und Gotland befindliche Minimum ist langsam östlich weitergezogen, hat etwas an Tiefe abgenommen (735 mm < K < 740 mm) und liegt jetzt über Lettland. Das Maximum über dem Golf von Biscaya hat seine Lage nicht verändert.

4. Februar, 2^p. Eine Festlegung der Fronten ist nicht möglich, da die Temperaturen durch die verschieden starke Einstrahlung nicht gut vergleichbar sind. Bei den Thermogrammkurven, z. B. der von Potsdam, wird die allgemeine Abnahme der Temperatur infolge des Eindringens der kühleren Luft durch die Zunahme durch Einstrahlung überlagert. Immerhin kann man den Thermogrammen entnehmen, daß die e-Front weiter nach SW zurückgedrängt worden ist. Sie machte sich etwa zum Beobachtungstermin in den Kurven von Erfurt, dem Brocken, Münster, schon etwas früher in denen von Helmstedt und Wasserleben bemerkbar. Das Niederschlagsgebiet im SW besteht weiterhin, hat aber einen breiten Streifen an seiner nordöstlichen Seite verloren, entsprechend dem Zurückweichen der e-Front. Außer diesem großen bestehen im E noch einige kleinere Niederschlagsgebiete.

Die beiden Minima über Norwegen sind unter geringer Verflachung nur wenig nach NE gezogen, so daß sie beide jetzt über Mittelskandinavien liegen, nur durch einen niedrigen Sattel getrennt. Das Minimum über Lettland, mit dem die betrachteten Fronten im Zusammenhange gestanden haben, hat seine Lage nicht verändert, ebenso nicht das Maximum über dem Golf von Biscaya.

4. Februar, 9^p. Die c-Front hat sich seit 7ⁿ etwas rückwärts in westlicher Richtung bewegt, wobei sie etwa um 1^p Marggrabowa, um 2^p Königsberg überschritten hat. Sie trennt die < 0^o-Luftmasse im E von der 2—4^o-Luftmasse, die sich westlich bis zur e-Front erstreckt. Die Winde östlich von ihr haben z. T. eine Komponente in ihrer jetzigen Bewegung. Westlich von ihr sind fast ausschließlich Westwinde anzutreffen, die an der c-Front aufgleiten und die Veranlassung zu einem Niederschlagsstreifen geben. Die e-Front ist weiter nach S zurückgedrängt worden. Sie hat jetzt einen beinahe west-östlichen Verlauf und trennt die 2—4^o-Luftmasse nördlich von ihr von einer südlichen > 7^o-Luftmasse. Nördlich der e-Front sind W- und NW-Winde anzutreffen, südlich vorwiegend W-Winde, vereinzelt auch SW-Winde. Man erkennt, daß das Regengebiet im SW ein Aufgleitregengebiet ist. Das weite Gebiet zwischen den c- und e-Frontniederschlagsstreifen ist niederschlagsfrei. Die Temperaturen sind hier ziemlich gleichmäßig. So hat z. B. Posen 3,5^o, Potsdam 3,3^o, Norderney 3,4^o.

Die beiden Minima von Mittelskandinavien haben sich getrennt und voneinander entfernt. Das eine liegt jetzt über Südnorwegen, das andere über Nordschweden. Es wird nur durch einen niedrigen Sattel von dem tieferen Minimum über Lettland, das sich nur wenig östlich verschoben hat, getrennt. Nordwestlich von Irland, wo schon um 2^p die 750 mm-Isobare eine Ausbuchtung nach S zeigte, hat sich ein Minimum entwickelt, das vorläufig aber noch nicht selbständig ist. Das Maximum über dem Golf von Biscaya hat seine Lage nicht verändert.

5. Februar, 7^a. Die c-Front hat ihre Bedeutung als Trennungslinie verschieden temperierter Luftmassen verloren, da die wärmeren Luftmassen westlich von ihr z. T. durch kühlere, durch NW-Winde herbeigeführte ersetzt worden sind. Immerhin nehmen die Temperaturen nach W hin zu. Da aber eine Front fehlt, ist fast das ganze Gebiet östlich der Elbe niederschlagsfrei. Daß auch in der Höhe die warme Luft durch kältere ersetzt worden ist, zeigt sich aus den Beobachtungen von Lindenberg. Während am 4. um 3^p in 500 m Höhe 4,5^o und in 1000 m 0,3^o zu finden sind, betragen die entsprechenden Temperaturen um 11^p 0,4^o und — 3,3^o und am 5. um 10ⁿ — 1,6^o und — 2,8^o. Die e-Front hat sich nach N ausgebuchtet und umschließt so einen warmen Sektor, der in östlicher Richtung

weiterwandert. Man hat also einen warmen östlichen Frontteil zu unterscheiden, wo die e-Front den Charakter einer warmen Front hat, und einen kalten westlichen mit dem Charakter einer kalten Front. Die warme e-Front ist, wie das Thermogramm zeigt, um 3^a über Münster hinweggegangen. Hügel ist dauernd in der warmen Luftmasse geblieben und weist dementsprechend nur einen einzigen zur e-Front gehörigen Anstieg auf. Die warme e-Front wird von einem breiten Niederschlagsstreifen begleitet, der nach N über den Scheitel des Sektors hinausragt. Die warme Luft des Sektors wird durch SW-Winde herbeigeführt, die senkrecht auf die warme e-Front auftreffen. Auf ihrer östlichen Seite wehen im nördlichen Abschnitt die Winde ihr parallel aus SE und S, so daß sie hier eine stauende Wirkung haben. Sonst sind östlich bis zur Grenze des betrachteten Gebiets überwiegend westliche, nord- und südwestliche Winde anzutreffen.

Der warme Sektor steht im Zusammenhang mit dem neu entstandenen Minimum, das sich um 9^p nordwestlich Irland befunden hat. Es ist schnell nach E weitergezogen, hat sich vertieft ($740 \text{ mm} < K < 745 \text{ mm}$), hat offenbar das um 9^p über Südnorwegen befindliche Minimum in sich aufgenommen und liegt jetzt über der Nordsee. Unter seinem Einfluß ist auch das Maximum über dem Golf von Biscaya etwas nach S gedrückt worden. Das Minimum, das um 9^p über Lettland gestanden hat, ist nach Aufnahme des nördlich von ihm befindlichen flacheren Minimums nach E weitergezogen. Über Skandinavien lagert ein Keil höheren Luftdrucks ($750 \text{ mm} < K < 755 \text{ mm}$).

5. Februar, 2^p. Die warme e-Front hat sich weiter nach E fortbewegt. Um 10^a etwa ist sie über Erfurt hinweggegangen, um dieselbe Zeit über den Brocken, um 0^p über Wasserleben und hat zu dieser Zeit auch bereits die Schneekoppe erreicht, während sie unten noch weit zurück ist. Zum Beobachtungstermin ist sie über Helmstedt. Die warme Luft des Sektors wird, wie schon um 7^a, durch SW-Winde herbeigeführt. Ihre Temperatur ist namentlich in der Höhe, wie das Thermogramm des Brockens zeigt, außerordentlich gleichmäßig. Mit dem warmen Sektor bleibt ein breites Niederschlagsgebiet verbunden. Vor der warmen e-Front sind die Temperaturen gegenüber 7^a gesunken. Es hat sich hier ein Keil kalter Luft (k, k) eingeschoben, an dessen W-Seite, also unmittelbar vor der e-Front, SE-Winde herrschen, die nach E hin in S-, SW- und W-Winde übergehen. Der Windknick an der warmen e-Front ist also scharf ausgeprägt. Vermutlich ist die kalte Luft durch W- und NW-Winde in der Zwischenzeit herbeigeführt worden, da nur aus diesen Richtungen die Zufuhr kalter Luft möglich ist. Der kalte Keil wird angefüllt von einem zusammenhängenden Niederschlagsgebiet, das von dem des warmen Sektors durch einen schmalen, niederschlagsfreien Streifen getrennt ist, dessen Ursache nicht erkennbar ist. Das (k, k)-Niederschlagsgebiet setzt sich offenbar aus dem Aufgleitniederschlagsstreifen der warmen e-Front mit ihrem starken Windknick und dem Einbruchniederschlagsstreifen der östlichen k-Front zusammen, die beide z. T. sich überdecken und ein zusammenhängendes Niederschlagsgebiet bilden. Die östliche k-Front erreicht um 1^p Potsdam, womit zugleich intensiver Niederschlag einsetzt, der auch weiterhin anhält. Der niederschlagsfreie Streifen ist also hier nicht mehr vorhanden. Im östlichen Teile des Gebiets sind vorwiegend westliche Winde anzutreffen. Mit Ausnahme eines kleinen Teils Ostpreußens fallen hier keine Niederschläge.

Das Minimum, das um 7^a mitten über der Nordsee gelegen hat, ist etwas nach SE bis zu den Friesischen Inseln gezogen. Ein kleines Teilminimum ($745 \text{ mm} < K < 750 \text{ mm}$) ist in Mitteldeutschland entstanden. Der Keil höheren Luftdrucks über Skandinavien hat seine Lage behalten, sich aber verbreitert. Das Minimum, das am 4. um 9^p über Lettland gestanden hat, ist dort wieder von E her erschienen, aber verflacht ($740 \text{ mm} < K < 745 \text{ mm}$). Das Maximum über dem Golf von Biscaya hat seine Lage nicht verändert.

5. Februar, 9^p. Der warme Sektor hat eine südöstliche Fortbewegungsrichtung eingeschlagen, so daß er nur noch mit dem Teil in der Nähe des Scheitels in das betrachtete Gebiet hineinragt. Er ist in den in Frage kommenden Thermogrammen überall nachzuweisen. Die kalte e-Front geht etwa um 4^p über Hügel, 5^p über Münster hinweg, um 8^p über Erfurt und den Brocken, um 9^p über Jena, um 11^p über Helmstedt, um 12^p über Wasserleben. Potsdam wird von dem warmen Sektor gerade noch berührt. Er macht sich dort daher nur durch eine Nase bemerkbar, in Berlin überhaupt nicht mehr. Entsprechend ist der warme Sektor auch in allen weiter nördlich gelegenen Stationen nicht nachzuweisen. Die Luftmassen des warmen Sektors haben eine Temperatur von 5^o—6^o, die kalte Luft, die ihn umgibt, weist 0^o—1^o auf, im W etwas mehr. In der Höhe erreichen die Temperaturunterschiede zwischen der warmen Luft des Sektors und der kalten etwa den gleichen Betrag. Während zwischen 10^a und 11^a in Lindenberg in 1500 m Höhe eine Temperatur von —5.4^o herrscht, beträgt

sie um 11^p, d. h. etwa zu der Zeit, in der der warme Sektor über Lindenberg hinweggeht, 0.1⁰, um dann bis 9^a des nächsten Tages wieder bis auf -9.2⁰ hinunterzugehen. Der um 2^p vorhandene Kaltluftkeil (k, k) hat keine selbständige Bedeutung mehr. Seine westliche Front fällt mit der warmen e-Front zusammen, seine östliche stellt keine trennende Linie zwischen verschiedenen temperierten Luftmassen mehr dar, nachdem die vor ihr liegende wärmere Luft verdrängt worden ist. Im warmen Sektor herrschen weiterhin SW- und W-Winde, z. T. auch noch hinter der kalten e-Front. Die kalte Luft wird hier aber durch N- und NW-Winde herbeigeführt. Vor der warmen e-Front haben ihr parallel laufende S-, SE- und E-Winde eine stauende Wirkung. Im E des Gebiets ist die Luftbewegung außerordentlich schwach. Es sind die mannigfachsten Richtungen vertreten. Die warme e-Front wird von einem breiten Aufgleitniederschlagsgebiet begleitet, das sich um den Scheitel des Sektors herumzieht und auf der Rückseite des Sektors in ein etwas schmaleres Einbruchniederschlagsgebiet übergeht. Potsdam, über das der Scheitel hinwegzieht, weist dementsprechend einen nicht unterbrochenen Niederschlag auf, der beim Vorübergange des Scheitels selbst seine höchste Intensität erreicht.

Die beiden Minima über den Friesischen Inseln und über Mitteldeutschland haben sich offenbar vereinigt und bilden ein Minimum mit einem Kern über der Nieder-Lausitz (745 mm < K < 750 mm). Mit diesem Minimum steht der warme Sektor im Zusammenhang. Westlich von Norwegen ist ein neues Minimum aufgetreten. Das Minimum von Lettland hat sich nach dem Finnischen Meerbusen verlagert. Das Maximum über dem Golf von Biscaya bleibt weiter etwas zurückgedrängt.

6. Februar, 7^a. Der warme Sektor hat sich nach SE entfernt. Um 6^a hat die warme Luft die Schneekoppe verlassen. Die Temperaturen sind unter dem Einfluß von N- und NW-Winden gesunken und abgesehen von dem äußersten E und W ziemlich gleichmäßig. Es haben z. B. Graudenz -0.7⁰, Posen +0.1⁰, Frankfurt a. O. +0.2⁰, Gardelegen 0.0⁰, Celle +0.4⁰, Aurich +0.1⁰. Das einzige noch vorhandene größere Niederschlagsgebiet in Mittel- und Niederschlesien gehört zu dem Scheitel des warmen Sektors. Sonst sind die Niederschläge nur noch wenig verbreitet und fleckenförmig verteilt. Sie haben ihre Ursache z. T. in dem lokalen Zusammentreffen von Luftströmungen, im W sind sie auf eine neue warme Front zurückzuführen.

Das Minimum, das um 9^p über der Nieder-Lausitz gelegen hat, ist zusammen mit dem warmen Sektor nach E fortgezogen und liegt jetzt über dem südlichen Polen. Das Minimum vom Finnischen Meerbusen hat sich wenig weiter nördlich nach Finnland verlagert. Das Maximum am Golf von Biscaya hat einen Keil hohen Luftdrucks bis nach Island vorgetrieben.

Zusammenfassung. Die langandauernden, weitverbreiteten Niederschläge vom 2.—5. Februar 1909 in Norddeutschland sind eine Folge des Zusammenwirkens mehrerer Ursachen.

1. Es bildet sich ein bis 1000 km breites Niederschlagsgebiet dadurch, daß mehrere warme Fronten gestaffelt von E nach W aufeinanderfolgen. Da die Geschwindigkeiten der einzelnen Fronten von W nach E zunehmen, nähern sich diese mehr und mehr. Der warme Strom staut sich, und die nachfolgenden warmen Luftmassen gleiten längs der Diskontinuitätsflächen, die erhalten bleiben, auf die vorhergehenden auf. Jede der Fronten ist von einem Aufgleitniederschlagsgebiet begleitet. Die einzelnen Niederschlagsgebiete überdecken sich teilweise und bilden daher ein zusammenhängendes Niederschlagsgebiet, das wegen seiner Breite an einem bestimmten Ort zu langandauernden Niederschlägen führen muß. Das Niederschlagsgebiet ist nicht homogen, es weist unmittelbar an den Fronten Intensitätssteigerungen der Niederschläge auf. Der vollständige Ablauf dieser Störung nimmt den 2. und 3. Februar in Anspruch.

2. Die letzte warme Front nimmt für einen Tag (den 4. Februar) ihre ungestörte, west-östliche Lage ein. Es treten hier ebenfalls Aufgleitniederschlagsgebiete auf, die jedoch wegen der südlichen Lage der Front auf den SW des betrachteten Gebiets beschränkt bleiben.

3. Es tritt am 5. Februar an der Front eine neue Störung auf, die sich von W nach E fortpflanzt. Es kommt zur Bildung eines warmen Sektors, der z. T. Norddeutschland überstreicht. Er wird von einem Aufgleit- und einem Einbruchniederschlagsgebiet begleitet. Beide stoßen am Scheitel zusammen und bilden dort ein besonders breites Niederschlagsgebiet, das neben den eigentlichen Frontniederschlagsstreifen die Ursache der langanhaltenden Niederschläge am 5. Februar ist.

II. Die Niederschläge vom 5.–7. Januar 1912.

(Hierzu Thermogramme der Fig. 5 und Karten 11–21.)

Auf die weite Verbreitung der Niederschläge kann man wieder aus den Beobachtungen der Regenstationen schließen. Für eine Reihe von ihnen ist im folgenden die Höhe der Niederschläge angegeben:

Januar 1912	Niederschlagshöhen in mm				Januar 1912	Niederschlagshöhen in mm			
	5.	6.	7.	8.		5.	6.	7.	8.
Königsberg	0.5	7.0	4.8	0.0	Mühlhausen i. Th.	12.8	4.6	21.1	13.4
Schivelbein	1.5	9.7	—	5.7	Hameln	11.1	12.4	13.9	3.6
Posen	4.1	6.2	4.0	3.0	Hannover	7.2	12.7	10.7	6.4
Rosenberg i. O.	3.3	7.2	4.1	6.8	Bremen	5.5	9.2	3.7	3.3
Breslau	—	9.8	2.7	5.5	Schöninghsdorf	11.0	12.9	1.4	6.8
Flinsberg	3.4	13.2	2.1	4.2	Münster	15.2	16.4	17.0	2.6
Frankfurt a. O.	0.1	20.9	4.6	2.5	Elberfeld	30.2	21.0	44.7	5.0
Stettin	1.1	9.5	1.7	1.3	Köln	12.1	4.5	27.5	3.0
Berlin	1.5	21.2	3.5	2.1	Aachen	12.7	6.6	19.5	1.5
Dresden	11.6	5.8	7.9	7.5	Marburg	4.3	9.4	18.2	3.5
Chemnitz	19.7	6.9	12.6	13.5	Gelnhausen	13.2	2.0	16.6	1.7
Leipzig	12.2	3.3	13.3	5.4	Frankfurt a. M.	7.0	2.3	22.4	1.2
Magdeburg	2.1	5.7	8.9	7.8	Trier	9.5	3.3	12.3	1.3
Altona	3.7	13.5	8.4	3.1					

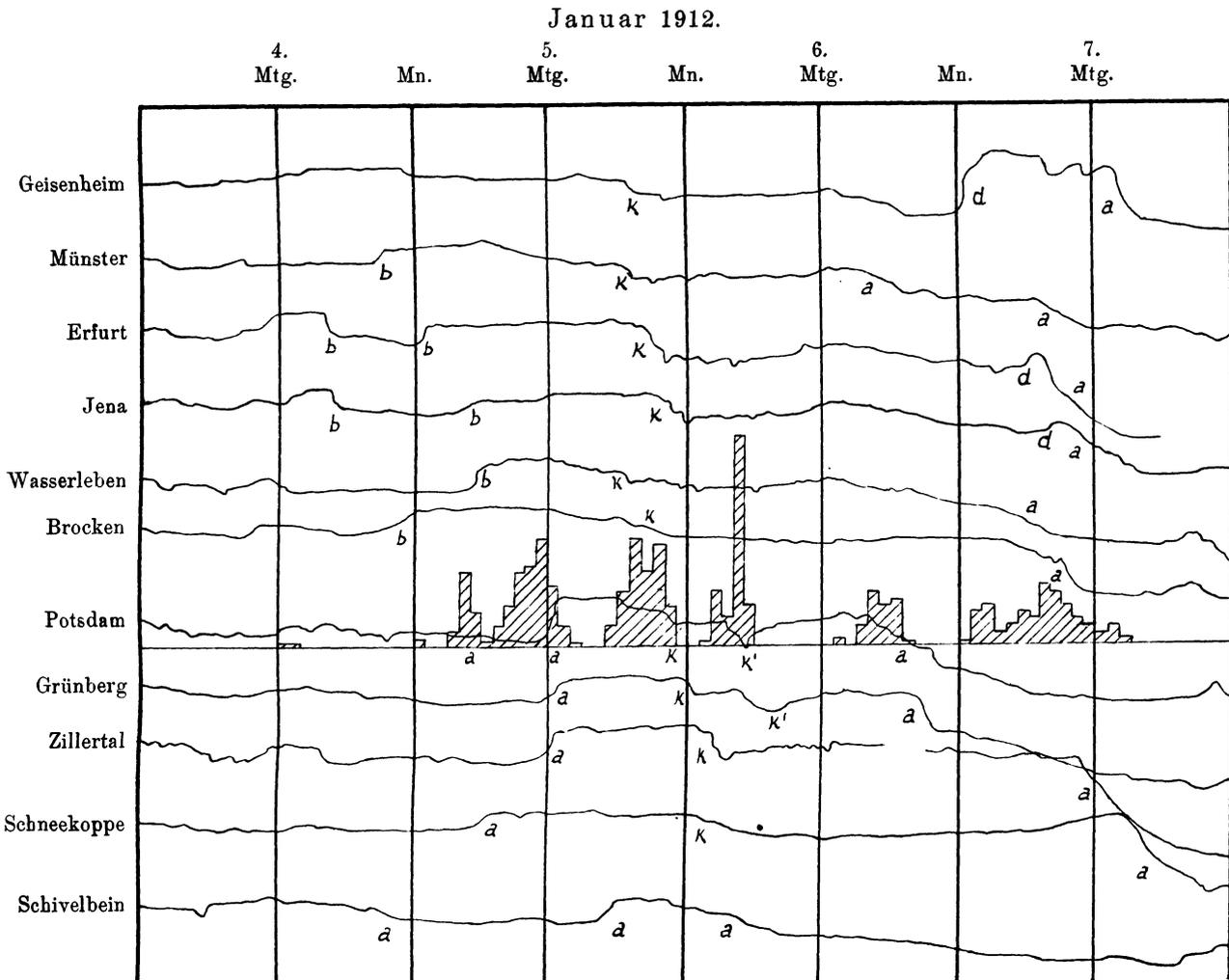


Fig. 5. Thermogramme aus Norddeutschland, stündliche Niederschlagsmengen von Potsdam.

Es zeigt sich also, daß die Niederschläge über das ganze zu betrachtende Gebiet verbreitet gewesen sind. Der Tag mit der größten Niederschlagsmenge ist für die einzelnen Gebiete verschieden und schwankt zwischen dem 5. und 7.

Tag Januar 1912	Niederschlags- dauer	
	Stunden	Höhe mm
4.	0.2	0.0
5.	16.1	13.8
6.	8.4	7.4
7.	13.7	6.1
8.	1.2	0.2

Die Niederschläge sind, wie man den Bemerkungen der Stationen II. und III. Ordnung entnehmen kann, überall von langer Dauer gewesen. Die genaueren Messungen von Potsdam seien, um einen Anhalt zu geben, hier angeführt (s. nebenstehende Tabelle).

Im folgenden soll die Entwicklung der Niederschläge wieder auf Grund der Wetterlagen zu den Terminbeobachtungen näher erörtert werden.

4. Januar, 7^a. Es herrschen in Norddeutschland überwiegend NW-, W- und SW-Winde, in Ostpreußen in einem kleineren Gebiet auch NE-Winde. Die Temperaturen nehmen von E nach W zu, jedoch nicht gleichmäßig. Im mittleren Teil des Gebiets haben sie ziemlich die gleiche Höhe, nach E fallen sie ziemlich steil ab, nach W steigen sie ebenso rasch an, wie dies auch ein Temperaturprofil Tilsit—Köln zeigt. Die Trennungslinie zwischen der im mittleren Gebiet befindlichen 3—4^o-Luftmasse und der westlichen >5^o-Luftmasse stellt eine Front, mit **b** bezeichnet, dar. Niederschläge treten an ihr nur ganz vereinzelt auf, da bei im allgemeinen gleicher Richtung und Stärke der Winde zu beiden Seiten die Bedingungen für ein Aufgleiten nicht gegeben sind. Dasselbe gilt für die andere, mit **a** bezeichnete Front, die die 3—4^o-Luftmasse von der östlichen ~0^o-Luftmasse trennt. Außer einigen kleinen Niederschlagsflecken, die ihre Ursache vielleicht in dem lokalen Zusammentreffen von Luftströmungen haben, befindet sich noch in Ostpreußen ein kleines Niederschlagsgebiet, das dadurch entstanden ist, daß W-Winde und NE-Winde zusammentreffen. Bei gleichen Temperaturen wird es zu einem Hochdrücken beider Luftmassen und Niederschlagsbildung kommen. Ein großes Regengebiet am Rhein ist auf den Einbruch warmer Luftmassen von W her zurückzuführen, die auf die östlichen, kühleren längs einer Front **c** aufgleiten.

Die Luftdruckverteilung gewährt folgendes Bild: Ein Sattel hohen Drucks verbindet ein Maximum über dem Golf von Biscaya ($K > 770$ mm) mit einem östlich Island liegenden Maximum. Er trennt einen über Schottland liegenden Ausläufer eines südlich von Island befindlichen Minimums von einem über Südschweden liegenden Ausläufer eines über Rußland befindlichen Minimums. Sonst liegt noch ein Minimum über dem nördlichen Adriatischen Meer.

4. Januar, 2^p. Die **c**-Front hat die zwischen ihr und der **b**-Front liegenden Luftmassen verdrängt und fällt daher jetzt mit der **b**-Front zusammen. An beiden jetzt noch vorhandenen Fronten haben sich Niederschlagsgebiete entwickelt. Die **a**-Front hat sich etwas nach E fortbewegt. Östlich von ihr laufen die Winde ihr parallel oder haben doch eine starke parallele Komponente, wenn sie im einzelnen auch verschiedene Richtungen haben, westlich von ihr sind die Winde auf sie zu gerichtet. Die Bedingungen für ein Aufgleitniederschlagsgebiet sind also gegeben. Dasselbe gilt für die **b**-Front, die ihre Lage wenig verändert hat. Östlich von ihr wehen, wie dies auch schon um 7^a, aber nicht in dieser Allgemeinheit der Fall war, NW-Winde, die ihr also parallel laufen, westlich strömen warme durch W-Winde herbeigeführte Luftmassen auf sie zu. Weiter südlich am Erzgebirge, wo auch östlich der Front W-Winde herrschen, handelt es sich offenbar um Geländeregen. Daß das Regengebiet der **b**-Front so weit nach W reicht, rührt daher, daß Luft von noch höherer Temperatur nachfolgt und auf die vor ihr in derselben Richtung strömende etwas kühlere aufgleitet, wobei vorausgesetzt ist, daß die warme Luft eine größere Geschwindigkeit hat als die kühlere. Es läßt sich dies nicht mit Sicherheit zeigen.

Das Minimum südlich von Island ist mit seinem Ausläufer weiter auf Schottland zu vorgedrungen. Das in Rußland befindliche Minimum hat sich etwas nach W hin bewegt und seinen Ausläufer bis nach Südnorwegen vorgeschoben. Der die Minima trennende Sattel ist stark eingeeengt und das Maximum über dem Golf von Biscaya zurückgedrängt worden.

4. Januar, 9^p. Die Niederschläge an der **a**-Front haben fast aufgehört. Es ist dies darauf zurückzuführen, daß von W her keine warmen Luftmassen mehr durch W-Winde herbeigeführt werden. Die E-Winde, die die Front nach W zu drücken beginnen, sind bei geringer Stärke offenbar noch nicht so lange wirksam, daß sie zu ausgedehnten Niederschlägen Veranlassung geben können. Die **b**-Front hat sich in ihrem südwestlichen Teile etwas nach W zurückbewegt. Wie die Thermogramme von Erfurt und Jena zeigen, hat sie bereits um 4^p diese beiden Stationen in westlicher Richtung überschritten, über Münster dagegen ist sie etwa zum Beobachtungstermin in östlicher Richtung hinweggegangen. Die NW-Strömung östlich der Front ist noch vorhanden, westlich der Front haben

sich die Winde größtenteils von W nach SW gedreht, so daß sie jetzt infolge ihrer bei gleicher Windstärke größeren Komponente senkrecht zur Front diese nach NE hin in Bewegung setzen können. Die Bedingungen für die Bildung eines Aufgleitniederschlagsgebiets sind nach den geschilderten Wind- und Temperaturverhältnissen erfüllt. In dem übrigen Gebiet zwischen a- und b-Front sind hauptsächlich W-Winde anzutreffen.

Die beiden Ausläufer der Minima sind miteinander in Verbindung getreten, so daß die Minima durch eine Rinne niedrigen Drucks miteinander verbunden, die Maxima aber durch diese getrennt werden. Das Minimum im E ($745 \text{ mm} < K < 750 \text{ mm}$) hat seine Lage ungefähr behalten, das Minimum im W ($745 \text{ mm} < K < 750 \text{ mm}$) ist etwas weiter auf Schottland zugerückt. Da relativ zueinander die Druckverteilung sich nicht wesentlich geändert hat, ist auch die Windverteilung und die Verbreitung der Niederschläge ziemlich dieselbe geblieben.

5. Januar, 7^a. Die a-Front hat sich, wie man um 9^p bereits vermuten konnte, nach SW fortbewegt. Sie macht sich auf den in Frage kommenden Thermogrammen durch einen z. T. nur schwachen Abfall der Kurve bemerkbar. Der Grund hierfür kann darin zu suchen sein, daß sich die Front nur sehr langsam bewegt hat oder ihren Charakter als Front z. T. eingebüßt hat. Über Schivelbein ist sie etwas vor, über Bromberg etwas nach Mitternacht hinweggegangen, in Berlin und Potsdam macht sie sich von 4^a ab bemerkbar. Sie ruft bei ihrem Erscheinen in Potsdam den ersten größeren Niederschlag hervor. Viel weiter nach SW scheint sie nicht vorgedrungen zu sein. Die b-Front hat sich in entgegengesetzter Richtung nach NE bewegt. Sie macht sich auf den Thermogrammen durch einen steilen Anstieg bemerkbar. Sie ist um 1^a über Erfurt hinweggegangen, um 5^a über Wasserleben, über den Brocken als Gipfelstation bereits vor Mitternacht. Die a- und b-Front haben sich infolge ihrer entgegengesetzten Bewegung so weit genähert, daß man eine (a, b)-Stufe nicht mehr unterscheiden kann. a- und b-Front bilden eine einzige Front, die im folgenden nun mit a bezeichnet ist. Östlich der Front laufen ihr parallel SE-Winde, westlich von ihr wehen SW-Winde senkrecht auf sie zu. Damit sind die Bedingungen für die Entstehung eines Aufgleitniederschlagsgebiets gegeben. Daß es sich auch weit nach W hin ausdehnt, hat seinen Grund in Stauungen, die infolge nach W hin zunehmender Windstärke auftreten. Die Windbewegung östlich der Front ist im allgemeinen sehr schwach.

Die Bewegung der a-Front ist mit einer Verlagerung des östlichen Minimums nach SE verbunden. Die Bewegung der b-Front hängt damit zusammen, daß das westliche Minimum unter Vertiefung ($740 \text{ mm} < K < 745 \text{ mm}$) bis Schottland gelangt ist und einen Ausläufer bis nach Norddeutschland vorgestreckt hat. Von diesem ist die Windverteilung für unser Gebiet abhängig. Über Siebenbürgen ist ein neues kleines Minimum ($750 \text{ mm} < K < 755 \text{ mm}$) aufgetreten. Zu ihm hin erstreckt sich von dem Minimum bei Schottland aus die Front. Die beiden Maxima östlich Island und am Golf von Biscaya sind durch das Minimum bei Schottland stark nach N bzw. S gedrängt worden.

5. Januar, 2^p. Die Front hat sich um einen bei Helgoland gelegenen Punkt mit ihrem östlichen Flügel nach N gedreht. Da die Temperaturgegensätze auf beiden Seiten sich noch verschärft haben, macht sie sich auf den Thermogrammen durch einen steilen Anstieg kenntlich. Während sie auf der Schneekoppe als Höhenstation bereits um 6^a angelangt ist, überschreitet sie Zillerthal erst um 0^p, das höher gelegene Krummhübel aber schon um 8^a. Über Grünberg geht sie um 1^p hinweg, über Potsdam und Berlin 0^p. Mit dem Überschreiten sind, wie man den Darstellungen von Potsdam entnehmen kann, starke Niederschläge verbunden. Die relativen Windverhältnisse in Bezug auf die Front haben sich nicht geändert. Vor der Front wehen die Winde ihr parallel aus S, SE und E, hinter der Front senkrecht auf sie zu aus SW und W. Es muß also zur Bildung eines Aufgleitniederschlagsgebiet kommen. Das Regengebiet am Rhein ist wohl schon auf den Einbruch kälterer Luft von W her zurückzuführen, der sich z. B. auf dem Thermogramm von Münster bereits bemerkbar macht.

Die Lage des Minimums bei Schottland ($735 \text{ mm} < K < 740 \text{ mm}$) hat sich nicht wesentlich geändert. Die große Achse des langgestreckten Kerns verläuft in der Richtung Orkney-Inseln—Elbmündung. Zu dem Bereich des Minimums gehört noch ein zweiter Kern (ebenfalls $735 \text{ mm} < K < 740 \text{ mm}$) über dem westlichen Mecklenburg, der also in der Verlängerung der großen Achse des ersten Kerns liegt. Die a-Front fällt ungefähr mit der großen Achse des Minimums zusammen, hat also gegenüber 7^a die oben angegebene Drehung vorgenommen. Das Maximum im SW bleibt weiterhin zurückgedrängt.

5. Januar, 9^p. Die Front hat ihre Schwenkung fortgesetzt. Sie ist etwa um 5^p über Schivelbein hinweggegangen und überschreitet um 10^p Bromberg. Die SE- und E-Winde vor ihr laufen ihr

parallel, die W-Winde hinter ihr wehen je nach der Richtung der Front im einzelnen ebenfalls zu ihr parallel oder treffen etwas schräg auf sie. In diesem Falle kommt es, wie in Ostpreußen, Westpreußen und Hinterpommern, zur Bildung eines Aufgleitniederschlagsgebiets. Wo sie parallel wehen, bleibt es in der Umgebung der Front niederschlagsfrei. An den wenigen gerade auf der Front gelegenen Stationen herrscht entweder Windstille oder es wehen schwache nördliche und südliche Winde, also senkrecht zur Front. Es wird dadurch ein Austausch warmer und kalter Luft an der Front herbeigeführt. Mit großer Geschwindigkeit ist hinter einer kalten Front *k* kühle Luft, die sich z. T. auch schon um 7^a bemerkbar machte, von W her eingedrungen. Ihre Ankunft macht sich auf den Thermogrammen durch einen steilen Abfall kenntlich. Münster und Geisenheim werden etwa um 7^p überschritten, Erfurt um 10^u, Jena um 11^p. Auf dem Brocken und in Wasserleben verteilt sich der Abfall auf eine längere Zeit. An der *k*-Front kommt es zur Bildung von Einbruchniederschlagsgebieten. Hierzu sind nicht allein die Niederschlagsgebiete unmittelbar westlich der eingezeichneten Front zu rechnen, sondern auch noch weite Gebiete östlich von ihr, da bis hierhin auch schon kühlere Luft eingedrungen ist. Es zeigen dies auch die Darstellungen von Potsdam, wo sofort mit der Ankunft kühlerer Luftmassen, nicht erst mit der eigentlichen *k*-Front, Niederschläge einsetzen. Die in die Karte eingezeichnete Linie bezeichnet nur den steilsten Abfall. Auch in der Höhe macht sich die kühlere Luft schon bemerkbar, während vorher die warmen Luftmassen hinter der *a*-Front ein dauerndes Steigen der Temperatur herbeigeführt haben. Es hat Lindenberg in 1000 m Höhe:

Tag	Zeit	Temperatur	Tag	Zeit	Temperatur
4. I.	8 ⁴⁰ p	-4.3 ^o	5. I.	8 ¹⁸ p	-1.0 ^o
5.	3 ²⁴ a	-2.7	5.	8 ²⁸ p	-0.7
5.	3 ³⁴ a	-3.8	6.	8 ^a	-3.5
5.	8 ⁴⁸ a	-1.5	6.	8 ⁵ a	-4.2
5.	8 ⁴⁸ a	-1.3	6.	1 ⁵⁷ p	-3.8
5.	2 ¹ p	1.0	6.	2 ¹⁶ p	-4.3
5.	2 ⁵¹ p	0.1	6.	2 ³⁵ p	-4.1

Das Niederschlagsgebiet etwa zwischen der Oder und der *a*-Front ist jedoch, wie man der Karte entnehmen kann, nicht mehr auf den Einbruch kühlerer Luft zurückzuführen. Es ist dies vielmehr eine Folge von Stauungen infolge im E geringerer Windgeschwindigkeiten verbunden mit einem Aufgleiten der westlichen wärmeren Luftmassen.

Das von der 740 mm-Isobare eingegrenzte Gebiet stellt jetzt ein langes, schmales Gebilde dar, dessen lange Achse schwach nach S eingebogen etwa von Ost-Schottland über Sylt, Rügen bis nach Hinterpommern verläuft. Diese Linie fällt wenigstens in unserem Gebiet etwa mit der *a*-Front zusammen, die sich also mit ihrem östlichen Flügel weiter nach N gedreht hat. Das Minimum ist im ganzen etwas östlich vorgerückt. Die übrigen Luftdruckverhältnisse haben sich nicht wesentlich verändert.

6. Januar, 7^a. Die *a*-Front hat ihre Lage wenig verändert. Um Mitternacht ist sie über Graudenz in nördlicher Richtung hinweggegangen und verläuft nun auch in diesen Gebieten parallel zu den Winden. Das hat das Aufhören der Niederschläge in Hinterpommern und Westpreußen zur Folge. Sie beschränken sich auf Ostpreußen, wo die Bedingungen für das Bestehen eines Aufgleitniederschlagsgebiets noch gegeben sind. Die Niederschläge fallen hier wie schon 9^p bei weiter gesunkenen Temperaturen als Schnee. Die in dem Sektor zwischen *a*- und *k*-Front befindliche warme Luft ist nach E weitergedrängt worden, später vielleicht auch vollständig aufgeglitten, jedenfalls aber nicht mehr in dem betrachteten Gebiet vorhanden. Der Abzug der *k*-Front und damit des warmen Sektors läßt sich an den Thermogrammen verfolgen. Sie ist um 12^p über Grünberg hinweggegangen, um 2^a über Zillerthal, zwischen 2^a und 6^a über die Schneekoppe, um 4^a über Landeck und Habelschwerdt. Eine zweite Störung hat sich offenbar inzwischen längs der *a*-Front von W her bis an die Oder fortgepflanzt. Es handelt sich um einen schmalen Keil *k'* kälterer Luft, der in die südlich der *a*-Front befindliche Luftmasse von außerordentlich gleichmäßiger Temperatur ($\sim 3^{\circ}$) hineinragt und durch ziemlich starke Winde nach E weitergetrieben wird. In den Thermogrammen macht er sich durch einen Einschnitt der Kurve kenntlich, auf Helgoland wohl zwischen 7^p und 12^p, in Potsdam um 4^a, in Berlin um 5^a, in Grünberg um 8^a. Weiter östlich, in Graudenz und Bromberg, ist er nicht mehr nachzuweisen, da hier inzwischen die *a*-Front in südlicher Richtung hinweggegangen ist. Der Keil gibt, zumal da die Windgeschwindigkeit in ihm bedeutend größer ist als östlich von ihm, Veranlassung

zur Bildung eines Einbruchniederschlagsgebiets, das sich auch gut in dem Diagramm von Potsdam zeigt und Niederschläge von besonderer Höhe aufweist. Sonst ist außer einigen kleinen Geländeniederschlagsgebieten noch ein größeres Regengebiet zwischen der unteren Weser und Elbe vorhanden. Vermutlich hat dieses seinen Grund in dem Auftreffen einer SW-Strömung auf eine gleichtemperierte W-Strömung.

Das Minimum ist ungefähr in der Richtung seiner großen Achse schnell nach E weitergezogen, so daß sein Kern ($735 \text{ mm} < K < 740 \text{ mm}$) jetzt über Westpreußen liegt. Er steht durch eine in der Richtung der vorigen Lage der großen Achse verlaufende Rinne niedrigen Drucks ($< 740 \text{ mm}$) mit einem neuen, sehr tiefen Minimum ($730 \text{ mm} < K < 735 \text{ mm}$) in Verbindung, das über Irland liegt. In dieser Rinne, wie schon 9^p wahrscheinlich mit der Linie tiefsten Drucks zusammenfallend, verläuft die α -Front. Ihre Lage hat sich nicht sehr geändert, obwohl das Druckbild ein anderes geworden ist. Das Maximum im SW ist durch das neu aufgetretene Minimum bei Irland stark zurückgedrängt worden.

6. Januar, 2^p. Die α -Front hat sich auf ihrem östlichen Flügel nach S in Bewegung gesetzt, da hier die vorhin nördlich von ihr parallel zur Front wehenden Winde wie z. T. auch schon um 7^a eine nördliche Komponente senkrecht zur Front erhalten haben, während die südlich von ihr größtenteils noch herrschenden W-Winde ihr parallel laufen. Das Überschreiten der Front macht sich um 10^a in Graudenz, etwas später in Bromberg durch einen steilen Abfall der Thermographenkurve bemerkbar. Die Temperaturgegensätze auf beiden Seiten der α -Front sind außerordentlich groß, so hat Deutsch-Krone -4.2° , Posen 2.8° . Entsprechend den geschilderten Wind- und Temperaturverhältnissen ist es an der α -Front zur Bildung eines ausgedehnten Einbruchniederschlagsgebiets gekommen. Auch das Niederschlagsgebiet in Ostpreußen steht wohl noch in Beziehung zur α -Front. Offenbar macht sich hier noch die bis etwa 10^a aufgeglittene warme Luft infolge der hier herrschenden sehr niedrigen Temperaturen durch Bildung von Niederschlägen bemerkbar. Das Niederschlagsgebiet am Rhein stellt, wie man der Karte des nächsten Beobachtungstermins entnehmen kann, das Aufgleitniederschlagsgebiet einer von W herannahenden warmen Front dar.

Das Minimum über Irland hat sich ausgedehnt, ohne die Lage seines Kerns zu ändern. Das Minimum im E hat seinen Kern etwas nach SE, nach Polen verlegt, womit das Auftreten der nördlichen Komponente der Winde nördlich der α -Front zusammenhängt. Beide Minima bleiben durch die Tiefdruckrinne miteinander verbunden, von der außerdem ein Abzweig sich nach einem Minimum erstreckt, das westlich des nördlichen Norwegen liegt. Die Rinne hat sich weiter nach S verlagert. In ihr verläuft wieder die α -Front, die entsprechend eine südlichere Lage eingenommen hat. Sonst sind die Luftdruckverhältnisse im wesentlichen dieselben geblieben.

6. Januar, 9^p. Die α -Front hat ihre Bewegung nach S fortgesetzt. An ihrem östlichen Teile herrschen nördlich von ihr NE- und N-Winde, die also mit einer Komponente oder ganz senkrecht zur Front wirken, südlich ihr parallel laufend W-Winde. An ihrem westlichen Teile wehen nördlich E-Winde, die wegen der Krümmung der Front hier ebenfalls eine Komponente senkrecht zu ihr haben, südlich SE-Winde, die der Front parallel laufen. Die Front ist außerordentlich stark ausgeprägt. So betragen z. B. in den nur etwa 20 km entfernten Stationen Grünberg und Schwarmitz, zwischen denen die α -Front hindurchgeht, die Temperaturen 2.2° und -3.4° , so daß also eine Temperaturdifferenz von 5.6° vorhanden ist. Die Front hat um 6^p Potsdam und Berlin überschritten und geht zum Beobachtungstermin über Grünberg hinweg. Der Niederschlagsstreifen ist nur schmal und unterbrochen. Dies ist vielleicht auf einen augenblicklichen Stillstand der Bewegung zurückzuführen. Denn daß weiter südlich des jetzigen Streifens schon vorher Niederschläge gefallen sind, kann man den Darstellungen von Potsdam entnehmen, wo mit dem Überschreiten der α -Front zwischen 3^p und 7^p Niederschläge verbunden gewesen sind. Jetzt ist auch deutlich zu erkennen, daß es sich im SW um ein Aufgleitniederschlagsgebiet handelt. Es ist eine warme Front d von W her erschienen, die auf den Thermogrammen sich durch einen besonders steilen Anstieg auszeichnet. Vor ihr haben die Winde zum größten Teil eine mehr oder weniger starke Komponente parallel zur Front, hinter ihr wehen sie senkrecht auf sie zu und haben auch eine größere Geschwindigkeit. Die Bedingungen für die Entstehung eines ausgedehnten Aufgleitniederschlagsgebiets sind also gegeben.

Beide Minima haben sich etwas nach E hin fortbewegt, das östliche bis nach Rußland hinein, das westliche bis nach Mittel-England, wobei es sich weiter vertieft hat ($725 \text{ mm} < K < 730 \text{ mm}$). Beide bleiben durch die Tiefdruckrinne miteinander verbunden. In ihr verläuft die α -Front, deren Bewegung gemäß der Windverteilung erfolgt. Diese ist im östlichen Teile des Gebiets von dem Minimum

in Rußland, im westlichen von dem Minimum von Mittel-England abhängig. Das Heranführen der warmen Luft hinter der d-Front hängt mit dem westlichen Minimum zusammen. Der Abzweig tiefen Drucks nach dem Minimum westlich Norwegen hat sich mit diesem ebenfalls nach E hin verschoben.

7. Januar, 7^a. Die a-Front hat verhältnismäßig schnell ihre Bewegung nach S hin fortgesetzt. Ihr Vorübergang ist überall auf den entsprechenden Thermogrammen nachzuweisen. Entsprechend ihrem Charakter als kalter Front wird in der Höhe die Luft viel stärker verdrängt als unten. Lindenberg hat um 8^a unten die Temperatur -5.6° , in 1000 m Höhe -5.0° . Die Inversion von -8.5° auf -3.9° zwischen 400 m und 750 m zeigt die Trennungsschicht von kalter und warmer Luft an. Die kalte Luft wird durch NE-, z. T. auch E-Winde, weiter nach S gedrängt. Die warme Luft hinter der d-Front ist durch SW- und W-Winde nach N und W getragen worden, so daß die d-Front jetzt ungefähr parallel zur a-Front verläuft. Die vorher südlich der a-Front befindliche $\sim 3^{\circ}$ -Luftmasse ist wohl zum größten Teil nach E hin verdrängt worden, zum Teil füllt sie noch das Gebiet zwischen a- und d-Front aus. Die d-Front ist um 1^a über Geisenheim hinweggegangen, um 2^a über Hülshorst. In Erfurt macht sie sich gerade noch durch einen kleinen Anstieg um 7^a bemerkbar. Die d-Front legt sich von W nach E hin der a-Front an. Entsprechend den zwei Fronten kommt es zur Bildung von zwei Niederschlagsgebieten, die z. T. übereinander greifen. Z. T. trennt aber ein niederschlagsfreier Streifen die beiden Niederschlagsgebiete und läßt deren Lage und Breite erkennen. Die d-Front, an der die $\sim 6^{\circ}$ -Luft auf die $\sim 3^{\circ}$ -Luft aufgleitet, wird von einem nur schmalen Aufgleitniederschlagsgebiet begleitet. Es ist offenbar deswegen so schmal, weil die warmen Winde der Front größtenteils parallel laufen, also die Bedingungen für ein intensives Aufgleiten nicht gegeben sind. Dagegen ist das zur a-Front gehörige Einbruchniederschlagsgebiet außerordentlich breit. Das kommt wohl daher, daß unten die warme Luft hauptsächlich durch NE-Winde immer weiter nach S gedrängt wird, während die oben über der Trennungsschicht befindlichen warmen Luftmassen durch E-Winde nach W, aber kaum nach S getrieben werden. So herrscht in Lindenberg am Boden um 7^{57^a} ENE-Wind, von 500 m Höhe ab bis zum höchsten Punkt aber E-Wind, der erst später in EzN übergeht. Auch der Brocken weist um 7^a E-Wind auf, der sich dann bis 2^a nach NE dreht.

Die Bewegung der a-Front nach S ist verbunden mit der Verlagerung der Tiefdruckrinne nach S. Diese ist darauf zurückzuführen, daß die beiden Minima, die den östlichen und westlichen Flügel der Rinne bilden, eine südlichere Lage eingenommen haben. Das östliche Minimum ist weiter nach Rußland hineingezogen. Das Minimum über England ist unter geringer Verflachung über Mitteleuropa angelangt. Das von der 735 mm-Isobare umgrenzte Gebiet ist immer noch lang und schmal. Die große Achse reicht etwa von der Themse-Mündung bis zur Hohen Tatra und fällt mit der a-Front zusammen. Der Kern ($725 \text{ mm} < K < 730 \text{ mm}$) liegt zwischen der oberen Weser und dem Rhein. Der Abzweig niederen Luftdrucks nach dem über dem nördlichen Norwegen befindlichen Minimum ist durch einen Sattel höheren Drucks, der zwei Maxima über Finnland und Island miteinander verbindet, geschlossen worden.

7. Januar, 2^p. Die a-Front hat im allgemeinen ihre Bewegung nach S fortgesetzt. Da sich die d-Front der a-Front so genähert hat, daß sie eine einzige Front (a) bilden, haben sich die Temperaturgegensätze auf beiden Seiten noch verschärft. Der Abfall auf den Thermographenkurven ist daher trotz der geringen Geschwindigkeit der Front überall steil. Hülshorst wird zwischen 8^a und 11^a überschritten, Geisenheim um 3^p, Jena zwischen 9^a und 4^p. Die Schneekoppe wird von der kalten Luft erst einige Stunden später als das unten gelegene Zillerthal erreicht. Während die Schneekoppe, die zum Beobachtungstermin noch im Bereich der warmen Luft liegt, die Temperatur -5.2° hat, werden in Zillerthal, wo bereits die kalte Front angelangt ist, -6.0° gemessen. Die Winde haben sich nördlich der a-Front durchweg mehr nach N gedreht, so daß man fast ausschließlich NE- und N-Winde antrifft. Mit der kalten Luft hat sich auch das Niederschlagsgebiet, das jetzt eine Breite von etwa 200 km hat, nach S in Bewegung gesetzt.

Die a-Front bleibt auch weiterhin mit der west-östlich verlaufenden großen Achse des Minimums verbunden und hat sich mit ihr nach S fortbewegt. Das Minimum selbst ist unter weiterer Verflachung ($730 \text{ mm} < K < 735 \text{ mm}$) nach SE gezogen. Sein Kern liegt über Böhmen, seine große Achse verläuft von der Mainmündung bis zur Weichselquelle. Im W ist der Druck stark gestiegen.

7. Januar, 9^p. Die a-Front hat sich nach S aus dem von uns betrachteten Gebiet entfernt. Die noch vorhandenen größeren Niederschlagsgebiete in Oberschlesien und Mitteldeutschland gehören offenbar noch zu dem Niederschlagsgebiet der a-Front, z. T. handelt es sich aber vielleicht auch um

Geländeniederschläge. Die wenigen übrigen kleinen Niederschlagsflecken haben vermutlich nur lokale Ursachen.

Das Minimum, mit dem die von uns betrachteten Niederschläge im Zusammenhang gestanden haben, ist nach E hin abgezogen. Im W hat sich ein von N nach S streichender Hochdruckstreifen entwickelt.

Zusammenfassung. Die Niederschläge vom 5. bis 7. Januar 1912 sind auf Ursachen zurückzuführen, die zum größten Teil mit einer west-östlich verlaufenden Front zusammenhängen. Diese entsteht aus zwei Fronten, die parallel zueinander von NW nach SE verlaufen und sich in entgegengesetzter Richtung aufeinander zu bewegen, sich aneinander lagern und in die west-östliche Richtung drehen. An beiden Fronten und nachher an der vereinigten Front treten je nach den Wind- und Temperaturverhältnissen Niederschlagsgebiete von verschiedener Breite und verschiedener west-östlicher Ausdehnung auf. Vergrößert werden die Niederschläge durch drei Störungen, die sich an der Front von W nach E fortpflanzen. Am 5. Januar ist es eine kalte Front mit einem Einbruchniederschlagsgebiet, am 6. ein Keil kalter Luft, der nach S in die warme Luft hineinragt und die Ursache eines Einbruchniederschlagsgebiets bildet, am 6. und 7. ist es eine warme Front mit einem ausgedehnten Aufgleitniederschlagsgebiet. Die große Ausdehnung der Niederschläge kommt zustande durch die west-östliche Ausdehnung der Hauptfront, ihre Bewegung nach S, die Breite des dazu gehörigen Niederschlagsstreifens und das Auftreten von an ihr ablaufenden Störungen, die die Ursache für die Bildung weiterer Niederschlagsgebiete geben. Die lange Dauer der Niederschläge ist begründet in der Breite des Niederschlagsgebiets, der langsamen Fortbewegung der Hauptfront und dem Hinzutritt ausgedehnter, durch Störungen hervorgerufener, besonderer Niederschlagsgebiete.

III. Die Niederschläge vom 15.–18. August 1913.

(Hierzu Thermogramme der Fig. 6 und Karten 22–30.)

Die Verbreitung der Niederschläge in Norddeutschland ist der nachstehenden Tabelle, die die Höhe der Niederschläge angibt, zu entnehmen.

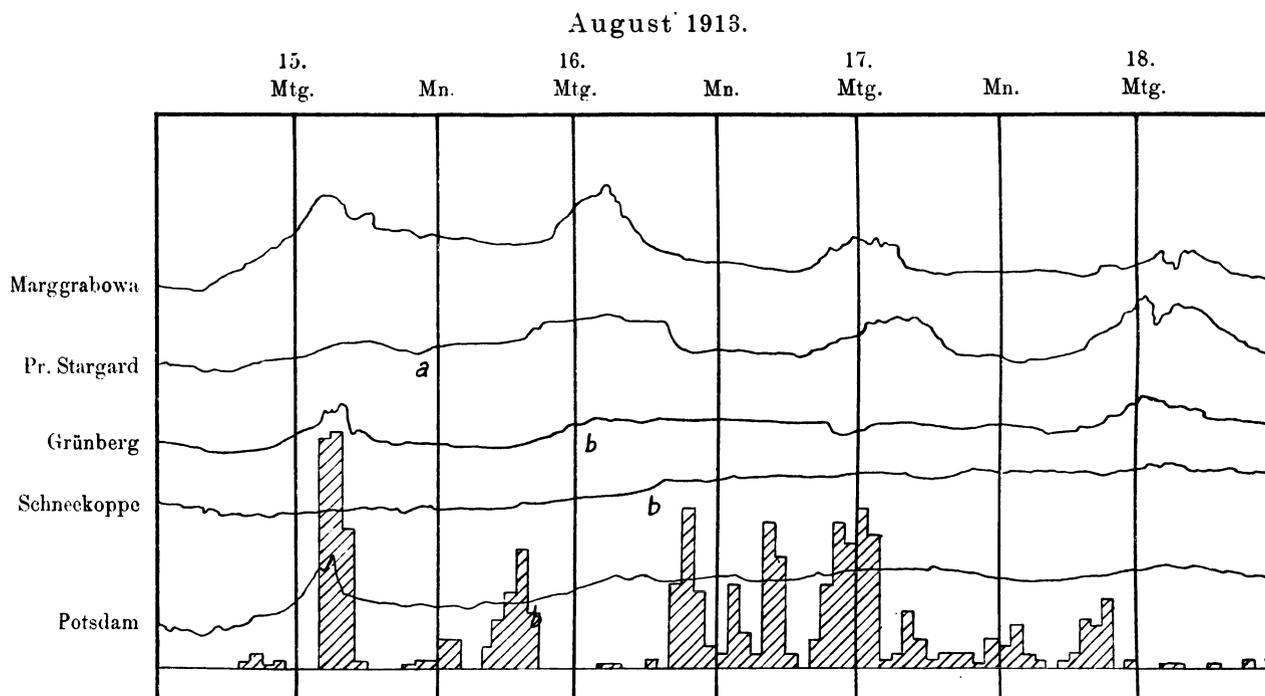
August 1913	Niederschlagshöhe in mm					August 1913	Niederschlagshöhe in mm				
	15.	16.	17.	18.	19.		15.	16.	17.	18.	19.
Königsberg	5.4	13.6	5.1	10.8	1.6	Mühlhausen	12.5	1.8	0.9	2.5	0.3
Schivelbein	4.5	7.8	7.4	4.3	0.3	Hameln	12.0	3.2	3.1	7.6	1.1
Posen	2.7	1.0	52.0	3.6	18.0	Hannover	3.2	1.2	6.5	7.0	1.2
Rosenberg i. O.	2.4	0.8	12.9	16.7	3.6	Bremen	3.7	0.0	2.4	1.6	0.4
Flinsberg	0.7	6.9	69.7	56.6	1.6	Rendsburg	7.2	—	2.1	8.5	0.4
Breslau	—	1.0	29.0	40.8	0.7	Schöninghsdorf	0.0	—	—	—	—
Frankfurt a. O.	29.4	11.6	11.3	17.8	1.1	Osnabrück	0.1	0.0	1.5	1.1	0.4
Stettin	4.8	9.3	7.3	6.7	7.9	Elberfeld	4.6	—	0.4	0.6	—
Berlin	1.3	11.0	11.5	12.4	3.7	Köln	3.2	—	—	—	—
Dresden	5.3	5.3	51.4	30.3	1.0	Aachen	0.5	—	—	—	—
Chemnitz	22.1	11.2	52.1	25.7	2.7	Weilburg	0.8	—	1.3	0.0	—
Leipzig	9.7	1.6	37.0	15.8	1.8	Gelnhausen	4.9	—	0.1	—	—
Erfurt	3.5	9.3	9.3	10.9	—	Frankfurt a. M.	4.3	0.1	0.3	0.0	—
Magdeburg	4.6	10.6	3.9	3.7	0.6	Trier	0.3	—	—	—	—
Altona	3.5	—	5.0	2.1	3.2						

Um ein Urteil über die Dauer der Niederschläge zu gewinnen, kann man hier außer auf die Bemerkungen über die Niederschläge an den Stationen II. und III. Ordnung auf die genauen Angaben über die Dauer der Niederschläge an den einzelnen Tagen für eine Anzahl von Stationen zurückgreifen. Diese Angaben, auch die für die Höhe, sind im folgenden zusammengestellt.

August 1913	Dauer in Stunden				Höhe in mm			
	15.	16.	17.	18.	15.	16.	17.	18.
Memel	9.2	5.3	3.6	7.3	17.5	19.0	16.3	13.5
Bromberg	16.3	10.3	0.8	1.3	9.9	21.5	0.1	3.5
Schneekoppe	4.8	18.7	24.0	8.7	6.4	39.0	44.2	4.2
Potsdam	7.6	11.2	17.7	10.6	9.4	10.4	18.3	4.1
Putbus	1.1	8.5	12.3	3.3?	2.6	6.8	12.0	0.7?
Erfurt	6.0	6.2	11.8	0.6	10.2	4.8	14.0	0.7
Brocken	15.1	16.4	24.0	23.3	13.4	17.4	39.0	12.4
Westerland	—	—	—	—	—	—	—	—

Es zeigt sich, daß die Niederschläge über fast ganz Norddeutschland verbreitet gewesen sind. Nur geringe Niederschläge, z. T. auch keine, weisen die Flußgebiete der Ems und des Mittelrheins auf. Die größten Niederschlagshöhen finden sich im Gebiet der Oder. Der Tag des höchsten Niederschlags ist verschieden, selbst bei ganz benachbarten Stationen. Er schwankt zwischen dem 16. und 18. August, wobei jedoch wieder zu bedenken ist, daß die Angaben sich auf die Zeit von 7^a des vorhergehenden bis 7^a des Datuntages beziehen. Im Gebiet des Rheins, vereinzelt auch der Weser und der Elbe, hat der 15. den größten Niederschlag. In diesen Fällen muß erst untersucht werden, ob überhaupt ein Zusammenhang mit den größeren und weiter verbreiteten Niederschlägen des 16.—18. August besteht.

Es soll im folgenden die Entwicklung der Niederschläge wieder an den Wetterlagen zu den Terminbeobachtungen näher erörtert werden.



Es zeigt sich, daß die Niederschläge mit einem Minimum zusammenhängen, das sich im wesentlichen auf der Vb-Zugstraße der Minima bewegt. Es befindet sich mit seinem Kern ($750 \text{ mm} < K < 755 \text{ mm}$) am 14. 8^a über dem nördlichen Adriatischen Meer. Über Südschweden liegt ein weiteres Minimum ($750 \text{ mm} < K < 755 \text{ mm}$). Beide werden getrennt durch einen Ausläufer des über dem Golf von Biscaya liegenden Maximums ($770 \text{ mm} < K < 775 \text{ mm}$), der sich bis weit nach Polen hinein erstreckt. Bis 2^p hat sich das Minimum über Südschweden etwas verflacht und steht durch eine Rinne niederen Luftdrucks, die den Hochdruckstreifen durchbrochen hat, mit dem südlichen Minimum in Verbindung. Um 8^p erscheint es nur noch als ein Ausläufer des inzwischen nach Ungarn weiter gezogenen südlichen Minimums, das seine Tiefe nicht geändert hat ($750 \text{ mm} < K < 755 \text{ mm}$).

15. August, 7^a. Der Kern des Minimums liegt über den Waldkarpaten. Die große Achse ist nord-südlich gerichtet und um ein Vielfaches länger als die kleine. Ein Ausläufer niederen Luftdrucks bis nach Südnorwegen weist noch auf die Vereinigung mit dem am 14. 2^p über Südschweden befindlichen Minimum hin. Der nordwestliche Sektor des Minimums wird von einem Niederschlagsgebiet eingenommen, das auch auf das von uns betrachtete Gebiet übergreift und hier einen Streifen darstellt, der sich von Memel bis Beuthen erstreckt. Im westlichen Teil des Niederschlagsgebiets haben die Winde eine mehr oder weniger große westliche Komponente, im östlichen, wenigstens soweit er in dem von uns betrachteten Gebiet liegt, also in Ostpreußen, eine nördliche und östliche Richtung. Da die Temperaturen ziemlich gleichmäßig sind, kommt es zu einem Zusammenstoßen der beiden Luftmassen, wobei aus beiden Luftströmen Luft emporgedrückt wird und dementsprechend Niederschläge auftreten. Außer diesem großen Niederschlagsgebiet ist weiter westlich noch eine Anzahl kleinerer vorhanden. Da die Temperaturen auch hier außerordentlich gleichmäßig sind, handelt es sich eben-

falls nicht um Aufgleitniederschlagsgebiete. Zu einem Teil sind es Geländeregen, wie am Hessischen Bergland, am Harz, am Thüringer Wald, am Erzgebirge, am Riesengebirge, wo die durch westliche und nordwestliche Winde herbeigeführte feuchte Luft zum Aufsteigen veranlaßt wird. In den übrigen Fällen, so namentlich in einem Regengebiet zwischen Potsdam, Frankfurt a. O., Kottbus, treffen gleichtemperierte Luftströmungen verschiedener Richtung aufeinander. Es hängt dies mit dem oben erwähnten Ausläufer des Minimums zusammen. Die hierbei entstandenen Niederschläge sind, wie man den Aufzeichnungen der Stationen II. und III. Ordnung entnehmen kann, z. T. von Gewittern begleitet.

Die Flußgebiete des Rheins und zum größten Teil auch der Elbe sind niederschlagsfrei. Es zeigt sich, wenn man noch die Angaben über die Zeit der Niederschläge beachtet, daß die an den in diesem Gebiete liegenden Stationen um 7^a gemessenen Niederschlagshöhen nur von Niederschlägen herrühren können, die mit dem über den Karpaten liegenden Minimum höchstens in einem indirekten Zusammenhange stehen.

15. August, 2^p. Das einzige größere Regengebiet findet sich in Hinterpommern und Westpreußen. Während hier nördliche und nordwestliche Winde bei einer Temperatur von $\sim 14^{\circ}$ vorherrschen, sind östlich davon bei bedeutend höheren Temperaturen ($18-23^{\circ}$) E-Winde anzutreffen. Es ist eine Front *a* erkennbar, die nach W hin vorrückt. Sie macht sich auch in den Thermogrammen bemerkbar. In Marggrabowa bewirkt sie den vorzeitigen Anstieg der Kurve um 2^a, wird aber sonst hier durch den regelmäßigen Temperaturgang verdeckt. Die Bedingungen für das Entstehen eines Niederschlagsgebiets sind also gegeben. Das übrige Norddeutschland weist Temperaturen auf, die an einzelnen Stellen 18° erreichen, meist aber darunter liegen, nirgends aber eine gesetzmäßige Verteilung aufweisen. Es wehen überwiegend NW- und N-Winde, ganz im Norden des Gebiets auch NE-Winde. Unter diesen Umständen treten nur an vereinzelt Stellen Geländeregen auf und außerdem einige wenige kleine Regengebiete, die auf das Zusammentreffen von Luftströmungen zurückzuführen sind.

Die Änderungen der Windrichtungen sind darauf zurückzuführen, daß das Minimum sich etwas in nordwestlicher Richtung fortbewegt hat. Sein Kern befindet sich jetzt über Polen. Ein nach NE hin sich erstreckender Ausläufer hohen Drucks eines westlich der Bretagne über dem Atlantischen Ozean liegenden Maximums trennt es von einem Minimum bei Island.

15. August, 9^p. Bei einem Niederschlagsgebiet in Mitteldeutschland handelt es sich wieder um einen Geländeregen. Mehrere Niederschlagsgebiete in Hinterpommern sind durch Aufgleiten der wärmeren Luft an der *a*-Front entstanden. Das Steigen der Kurve von Pr.-Stargard nach 10^p ist auf das Vorrücken der warmen *a*-Front nach W zurückzuführen. Einige andere kleine Regengebiete sind wieder durch das Zusammentreffen verschieden gerichteter, gleichtemperierter Luftströmungen entstanden.

Die geringe Änderung der Windverhältnisse hängt damit zusammen, daß die Lage des für unsere Verhältnisse maßgebenden Minimums sich kaum geändert hat. Das Minimum erscheint jetzt aber als der Ausläufer eines in Südrußland liegenden Minimums. In den Karpaten ist es etwas östlich zurückgedrängt worden. Seine Tiefe ($750 \text{ mm} < K < 755 \text{ mm}$) hat sich nicht geändert. Der Ausläufer hohen Drucks des Maximums westlich der Bretagne ist bis zu einem am Weißen Meer liegenden Maximum vorgestoßen und trennt jetzt als Sattel das Minimum in Polen von dem Minimum bei Island.

16. August, 7^a. Das große zusammenhängende Regengebiet im SE ist auf zwei Ursachen zurückzuführen. In den gebirgigen Teilen handelt es sich wohl bei NW- und W-Winden wieder um Geländeregen. In der Ebene dagegen treffen etwa zwischen Saale und Spree auf einen von W kommenden Luftstrom wärmere, durch NW-Winde herbeigeführte Luftmassen auf. Man kann hier eine lokale Front *b* feststellen, an der ein Aufgleiten der warmen Luft verbunden mit starken Niederschlägen erfolgt und die sich, wie man der Kurve von Potsdam entnehmen kann, nach S fortbewegt und die kühlere Luft verdrängt. Auch in Lindenberg ist die *b*-Front nachzuweisen. In 1000 m Höhe herrscht um 7^a die Temperatur 8.0° , um 2^{05^p} nach dem Überschreiten der *b*-Front 11.3° und um 9^{06^p} 11.7° . Am Boden herrscht in Lindenberg die Windrichtung WzN, in 500 m Höhe wehen NW-Winde. Es handelt sich offenbar hier um die weiter nordwestlich bis zum Boden reichenden, hier aber aufgeglichenen wärmeren Luftmassen. Vielleicht hängt hiermit auch eine Isothermie zwischen 500 und 670 m zusammen. In größeren Höhen bis 3000 m dreht sich der Wind weiter über N bis NzE. Durch diese Winde werden die warmen Luftmassen hinter der *a*-Front, die weiter nach W, aber nur wenig nach S vorgerückt ist, herbeigeführt. Sie sind wegen ihrer hohen Temperatur auch noch über die etwas kühlere NW-Strömung aufgeglichen. Die relative Feuchtigkeit von 100 bis zur Höhe von 3300 m zeugt für die Herkunft der N- und NzE-Strömung aus niederen Höhen hinter der warmen *a*-Front.

Östlich der Spree werden diese nördlichen, warmen Winde für die Entstehung der Niederschläge immer mehr von Bedeutung werden. Sie gleiten, wie weiter westlich die NW-Winde, unmittelbar auf die durch Westwinde herbeigeführten kühleren Luftmassen auf. Bei dem kleinen Regengebiet in Ostpreußen ist der Vorgang derselbe, nur ist die Windrichtung der aufgleitenden Luft eine andere.

Das Minimum hat sich etwas vertieft, sonst aber seine Lage beibehalten. Ein kleines Teilminimum hat sich abgelöst und liegt, nur durch einen schwachen Sattel getrennt, etwa an der mittleren Warthe. Es bewirkt eine geringe Veränderung der Windverteilung im östlichen Teil des Gebiets und damit das Auftreten größerer Niederschlagsgebiete. Die übrige Luftdruckverteilung hat sich nicht geändert.

16. August, 2^p. Das Regengebiet von 7ⁿ hat sich nach NE und NW ausgedehnt. In dem alten Gebiet haben sich die Bedingungen für die Entstehung des Regens kaum geändert, nur daß auch in den gebirgigen Gegenden das Zusammentreffen von Luftmassen eine größere Rolle spielt. Der Verlauf der b-Front ist nicht mit Sicherheit festzustellen, da die Temperaturen zu stark durch den täglichen Temperaturgang beeinflusst sind; doch kann man dem Thermogramm von Grünberg entnehmen, daß sie dort etwa um 0ⁿ hinweggegangen ist. In Lindenberg ist in der Höhe der Ersatz der kühleren Luft durch die wärmere hinter der b-Front klar erkennbar (s. S. 23). Die NW-Strömung hat weiter nach E um sich gegriffen und gibt nun auch in Hinterpommern Veranlassung zu Niederschlägen. Die Niederschläge in Ost- und Westpreußen sind wieder auf das Zusammentreffen wärmerer östlicher Luftströmungen mit kühleren westlichen zurückzuführen. Jedoch sind die Temperaturdifferenzen nur gering. Die Niederschläge im westlichen Mecklenburg und in Holstein sind eine Folge des Zusammentreffens gleichtemperierter NW- und N-Winde.

Das Minimum hat sich etwas vertieft ($745 \text{ mm} < K < 750 \text{ mm}$), auch eine mehr kreisförmige Gestalt angenommen und dabei offenbar wieder das Teilminimum in sich aufgenommen. Von dieser Veränderung der Luftdruckverteilung hängt die oben erwähnte Ausdehnung der NW-Strömung nach E ab. Der Sattel hohen Luftdrucks, der das Minimum über Polen von dem isländischen Minimum trennte, erscheint nur noch als der Ausläufer des am Weißen Meer befindlichen Maximums, da er durch eine flache über Westengland verlaufende Rinne niederen Drucks durchbrochen worden ist.

16. August, 9^p. In dem Gebiet zwischen Saale und Warthe sind die Windrichtungen und auch annähernd die Temperaturverhältnisse dieselben geblieben, so daß für die Entstehung der Niederschläge dieselben Gründe maßgebend sind wie um 2^p. Der durch die a-Front begrenzte Warmluftkörper ist durch N- und NW-Winde zum Aufgleiten auf den südlichen kühlen Weststrom gebracht worden und nicht mehr nachweisbar. Die hinter der b-Front nach S vorgedrungene warme Luft macht sich um 6ⁿ in Zillerthal und schon etwas früher auf der Schneekoppe bemerkbar. Das Regengebiet über dem westlichen Mecklenburg hat sich unter gleichen Bedingungen wie um 2^p bis an die Weser ausgedehnt. Das Regengebiet in Ost- und Westpreußen ist verschwunden. Es fehlen hier, da die Winde jetzt westlich bis nach Hinterpommern eine östliche Komponente in ihrer Richtung haben, bei gleicher Windstärke und auch gleichen Temperaturen die Bedingungen zu einem Zusammentreffen oder Aufgleiten. Erst weiter westlich, wo die östlichen Winde auf nordwestliche treffen, kommt es wieder zur Bildung von Niederschlägen. Die an der Küste Hinterpommerns erkennbare Ostströmung setzt sich vermutlich über der Ostsee fort und bewirkt in Vorpommern das Auftreten des Niederschlagsgebiets.

Die Änderung der Windrichtungen hängt damit zusammen, daß sich der Kern des Minimums nach Hinterpommern verschoben hat. Im übrigen ist aber die Druckverteilung dieselbe geblieben.

17. August, 7^a. Das Regengebiet hat sich nur unwesentlich geändert. Das ist darauf zurückzuführen, daß die Wind- und Temperaturverhältnisse ziemlich dieselben geblieben sind. Die östlichen Luftströmungen in Hinterpommern geben weiterhin die Veranlassung zu dem Niederschlagsgebiet in Vorpommern, wo sie jetzt auf eine nördliche Strömung treffen. Das neu aufgetauchte Regengebiet zwischen Ruhr und Lahn ist dadurch entstanden, daß eine neu hereingebrochene W-Strömung auf die bis dahin herrschende NW-Strömung trifft.

Die unveränderten Windverhältnisse sind eine Folge der fast unveränderten Luftdruckverhältnisse. Der Kern des Minimums liegt jetzt in Posen. Von dem isländischen Minimum wird es wieder durch einen Sattel hohen Druckes getrennt, da sich die Tiefdruckrinne über Großbritannien geschlossen hat.

17. August, 2^p. Das Regengebiet ist in den wesentlichsten Zügen dasselbe geblieben. Es hat nur im E etwas an Umfang eingebüßt, im W etwas gewonnen. Die Windverhältnisse haben nur ganz unwesentliche Veränderungen erfahren. Im NE sind die Temperaturen höher als in dem übrigen

Gebiet. Es ist dies auf die Einstrahlung zurückzuführen. Eine warme Front läßt sich nicht feststellen. Die Thermogramme zeigen entweder den durch Ein- und Ausstrahlung bedingten Verlauf oder bei Bewölkung und Regen ziemlich gleichmäßige Temperaturen. Es gilt dies besonders von den Gipfelstationen, z. B. der Schneekoppe. Auch in Lindenberg kann man dies feststellen. Es zeigt z. B. das Thermometer in 1000 m Höhe bei den täglichen drei Beobachtungen

16.			17.			18.		
8.0	11.3	11.7 ⁰	10.8	10.8	11.6 ⁰	10.4	10.4	11.2 ⁰

Der Anstieg am 16. zwischen der ersten und zweiten Beobachtung ist auf das Vorrücken der b-Front zurückzuführen (s. S. 22). Die im Rheingebiet und in Mitteldeutschland neu aufgetretenen Niederschläge sind zum größten Teil Geländeregen. Das Niederschlagsgebiet an der Ruhr ist nach dem teilweisen Aussetzen der W-Strömung wieder verschwunden.

Das Minimum hat sich etwas verflacht, seine Lage aber nicht verändert. Die übrigen Luftdruckverhältnisse sind die gleichen geblieben.

17. August, 9^p. Das Regengebiet ist wieder in großen Zügen dasselbe geblieben. Es liegt dies an den zum größten Teil unveränderten Windverhältnissen. Die relativen Temperaturverhältnisse haben sich nach Aufhören der Einstrahlung geändert. Jedoch bleiben davon die Bedingungen für das Zusammentreffen von Luftströmungen und das damit verbundene Aufsteigen von Luftmassen unberührt. Das Vorrücken des Regenstreifens in Schlesien nach N ist eine Folge der nördlichen Verlagerung der W-Strömung. Das Verschwinden der Geländeregen im Rheingebiet, das Entstehen neuer, kleiner Regengebiete und das Ausfüllen von Lücken hängt vielleicht mit wechselnder relativer Feuchtigkeit zusammen. Das Auftreten von Regengebieten in Ostpreußen ist wieder eine Folge zusammentreffender Luftströmungen.

Die unveränderten Windverhältnisse hängen wieder mit der unveränderten Lage des Minimums zusammen. Es hat sich nur etwas verflacht. Zwei neu aufgetretene Minima in Oberitalien und am Golf von Biscaya sind für die Windverhältnisse in unserem Gebiet ohne Bedeutung. Im übrigen sind die Luftdruckverhältnisse dieselben geblieben.

18. August, 7^a. Das Regengebiet ist im E erheblich zusammengeschrumpft. Die bisher nordöstlichen und nördlichen Winde in Hinterpommern und Posen haben sich nach NW und W gedreht. Damit fallen im E zum größten Teil die Bedingungen für ein Zusammentreffen der Luftströmungen, und der Regen hört auf. Aufgleitregen kommen bei den außerordentlich gleichmäßigen Temperaturen in dem ganzen Gebiet nicht in Frage. Weiter westlich haben sich die Windrichtungen nicht geändert. Die Niederschläge dauern daher dort an. In Ostpreußen haben sich die Windrichtungen zwar geändert, die Luftströmungen treffen aber immer noch zusammen. Das Regengebiet bleibt deshalb erhalten, wenn es auch seine Form etwas geändert hat.

Die neuen Windverhältnisse haben ihren Grund darin, daß das Minimum beginnt, nach NE abzuziehen. Der Kern ist unter weiterer Verflachung von Posen nach Ostpreußen gewandert. Das Maximum im NW rückt dementsprechend nach.

18. August, 2^p. Es sind nur noch einige Niederschlagsflecken vorhanden. Sie liegen durchweg in den Bereichen, wo noch verschieden gerichtete Strömungen aufeinandertreffen. Daß nicht überall dort noch Niederschläge auftreten, liegt vielleicht an zu geringer Feuchtigkeit der Luft. Dies ist offenbar auch der Grund für das Aufhören der bis jetzt zahlreichen Geländeregen, namentlich am Erzgebirge. Die Windrichtungen haben sich gegenüber 7^a nur unwesentlich geändert. In Ostpreußen sind ebenfalls die W-Winde mehr zur Herrschaft gelangt. Das Regengebiet ist deshalb weiter nach E gedrängt worden.

Der Kern des Minimums ist von Ostpreußen nach Kurland weitergezogen. Sonst hat sich an den Druckverhältnissen nichts geändert.

18. August, 9^p. Das Bild der Regenflecken hat sich etwas geändert. Das Regengebiet in Ostpreußen ist verschwunden. Es treffen dort zwar noch Luftströmungen aufeinander, doch ist ihre Stärke derart gering, daß es offenbar deswegen nicht zu einer Niederschlagsbildung kommt. Neu aufgetretene, kleine Niederschlagsflecken sind z. T. auf Geländeregen zurückzuführen.

Das gesamte Minimum ist nach NE weitergezogen. Der Kern liegt jetzt am Rigaer Meerbusen. Für ihn gilt, wie schon seit dem 17. 2^p, immer noch $750 \text{ mm} < K < 755 \text{ mm}$. Das Minimum wird von zwei über Frankreich und dem Golf von Biscaya liegenden Minima durch einen niedrigen Sattel hohen Drucks getrennt. Das Maximum im NW hat seine Lage nicht verändert.

19. August, 7^a. Bei ziemlich unveränderten Windverhältnissen hat sich die Größe und Lage der wenigen Regenflecken nur wenig verändert. Das Minimum hat seinen Kern nur vom Rigaer Meerbusen nach Ösel verlegt und sich etwas nach N ausgedehnt. Sonst sind aber die Luftdruckverhältnisse unverändert geblieben.

19. August, 2^p. Die Niederschläge haben bis auf wenige Stellen aufgehört. Es herrschen zumeist W- und NW-Winde. Ein Zusammentreffen von Luftströmungen ist nur noch vereinzelt festzustellen. Wenn es in diesen Fällen nicht überall zu Niederschlägen kommt, ist dies vielleicht wieder auf zu geringe Feuchtigkeit zurückzuführen. An der Ostseeküste dürfte der Grund darin zu suchen sein, daß es sich bei den auf eine W-Strömung zuwehenden NW-Winden um Seewinde handelt, die nur lokalen Charakter haben und die W-Strömung überhaupt nicht erreichen.

Die Lage des Minimums mit seinem Kern über Gotland und Ösel und die übrigen für unser Gebiet maßgebenden Druckverhältnisse bleiben bis 9^p unverändert.

Zusammenfassung. Die Niederschläge vom 16. bis 18. August 1913 hängen mit einem Minimum zusammen, das sich ungefähr auf der Vb-Straße der Minima bewegt. In gewissen Sektoren des Minimums oder irgendwie begrenzten Bezirken von oft nur geringem Umfang herrschen Winde in einer bestimmten Richtung vor, die nicht stetig in die der anderen übergehen, sondern auf diese unter einem bestimmten Winkel treffen, z. T. sogar unter einem spitzen Winkel. Es wird dies im allgemeinen nur in nächster Nähe des Kerns der Fall sein. Handelt es sich um verschieden temperierte Luftmassen, erfolgt, je nachdem die auftreffende Luftmasse wärmer oder kälter ist, ein Aufgleiten oder Unterschieben längs oft nicht ausgedehnter lokaler Fronten. Sind die Luftmassen gleichtemperiert, muß es zu einer Stauung und einem Empordrücken der Luft aus beiden Strömungen kommen. In allen drei Fällen kommt es zur Ausbildung von Niederschlägen. Ausgedehnte, typische Fronten, die das ganze Gebiet überstreichen, fehlen. Eine allgemeine Bedingung für das Auftreten von Niederschlägen ist eine genügende Feuchtigkeit der Luft. Außerdem sind beim Analysieren die Geländeregen zu berücksichtigen. Das Verbreitungsgebiet der Niederschläge hängt von der durch die besondere Eigenart des Minimums, die Entfernung seines Kerns und die übrigen Luftdruckverhältnisse hervorgerufenen Windverteilung ab. Die lange Dauer der Niederschläge ist auf die außerordentlich langsame Bewegung des Minimums und die damit zusammenhängende geringe Änderung der Windverhältnisse zurückzuführen.

Zusammenfassung der Ergebnisse.

Die Untersuchung beschäftigt sich mit der Entwicklung langandauernder und weitverbreiteter Niederschläge im Zusammenhang mit der Fronttheorie der barometrischen Depressionen, ohne neue Belege für die Richtigkeit dieser Theorie beibringen zu wollen. Die Giltigkeit des Frontschemas im allgemeinen wird vielmehr vorausgesetzt. Es wird aber untersucht, ob auch sehr verbreitete Niederschläge diesem Schema anzupassen sind. Eine Übersicht über 23 Niederschläge der geschilderten Art in Norddeutschland ergab eine Einteilung in drei Typen, von denen je ein Fall im einzelnen untersucht worden ist. Die Existenz und Verschiebung der Fronten wurde aus der horizontalen Temperaturverteilung, den Temperaturregistrierungen zahlreicher Stationen, sowie, soweit es möglich war, aus den Registrierungen aerologischer Aufstiege festgestellt.

Es ergab sich, daß die überwiegende Zahl der Niederschläge (15 von 23) in einer übersichtlichen Beziehung namentlich zu warmen Fronten steht, die mit im wesentlichen west-östlich fortschreitenden Depressionen verbunden sind und das betrachtete Gebiet in derselben Richtung überstreichen. Für den behandelten Einzelfall ließ sich nachweisen, daß die lange Dauer und weite Verbreitung der Niederschläge, die die Verknüpfung mit nur einer einzigen Front von vornherein als unwahrscheinlich erscheinen ließ, dadurch verursacht worden ist, daß im Verlaufe weniger Tage eine ganze Reihe angenähert einander parallellaufender warmer Fronten über Norddeutschland hinweggezogen ist. Man kann in diesen Fällen von einer „Staffelung der Warmluft“ sprechen, wobei jede neue Staffel noch wärmere Luft heranzführt. Da die Komponente der Windgeschwindigkeit in der Fortpflanzungsrichtung der Front in entgegengesetzter Richtung, also von Osten nach Westen, zunimmt, kommt es zu einer Stauung der Luftmassen. Während in Westeuropa mutmaßlich die einzelnen Fronten noch weit auseinanderliegen, nähern sie sich im Laufe der Zeit mehr und mehr und folgen in Norddeutschland dicht aufeinander. Zum Teil haben sie sich schon vereinigt, wobei die warmen Luftmassen der aufeinanderfolgenden Staffeln vollständig auf die vorhergehenden aufgeschlitten sind. Dementsprechend kann man

vielleicht vermuten, daß die Niederschläge in Deutschland verglichen mit den westlich gelegenen Gebieten besonders stark gewesen sind, da unter der Annahme, daß die einzelnen Fronten im Westen noch weit von einander entfernt gewesen sind, das in Deutschland geschlossene Regengebiet vielleicht dort noch in einzelne Niederschlagsstreifen aufgelöst gewesen ist.

Die vor kurzem stattgefundenen starken Niederschläge vom 25. bis 31. Dezember 1925, die überall in Deutschland in Verbindung mit dem Schmelzen einer starken Schneedecke in den gebirgigen Gegenden Hochwasser und Überschwemmung hervorgerufen haben, dürften, soweit man dies nach den Wetterkarten beurteilen kann, auf dieselben Gründe wie bei dem hier behandelten Fall zurückzuführen sein. Allgemein können Niederschläge dieser Entstehung im Winter zu Hochwasser in allen norddeutschen Stromgebieten führen, immer unter der Voraussetzung, daß gleichzeitig unter dem Einflusse der herangeführten Warmluftmassen rasches Schmelzen einer vorhandenen Schneedecke eintritt.

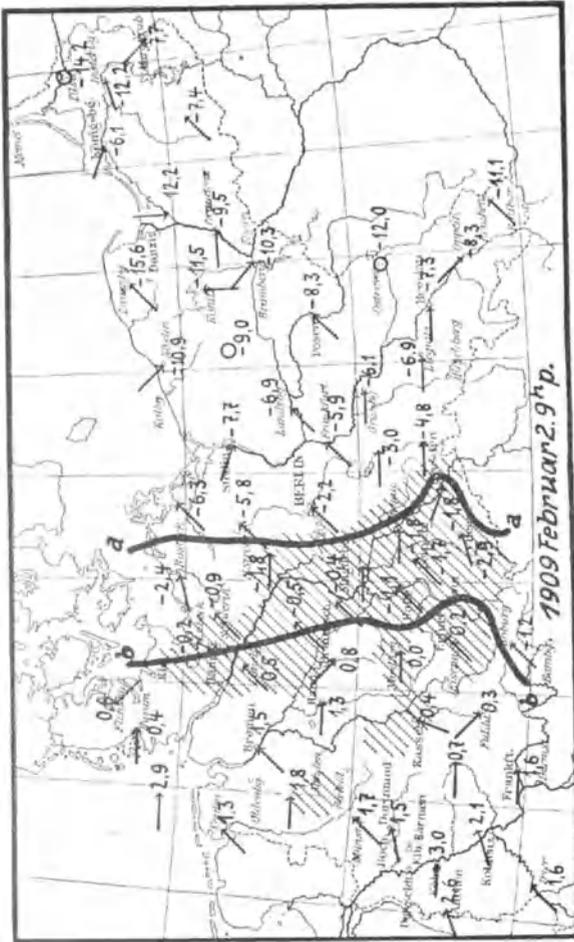
Zur Prognose langandauernder und weitverbreiteter Niederschläge lassen sich die hier mitgeteilten Ergebnisse dann verwenden, wenn es gelingt, in Westeuropa eine Staffelung der heranrückenden warmen Luftmassen und eine Zunahme der Komponente der Windgeschwindigkeit in der Fortschreitungsrichtung der Fronten nach W hin nachzuweisen. Es wird dies jedoch auf Grund der Angaben der Wettermeldungen im allgemeinen nicht möglich sein, zumal im W die Fronten vermutlich noch weit auseinanderliegen und daher die Staffelung nicht innerhalb kurzer Zeit erkennbar ist.

Bei dem zweiten Typus von Niederschlägen, der aber selten ist, hat sich die Front in westöstlicher Richtung entwickelt, und zwar ist sie in dem untersuchten Falle durch Vereinigung zweier, gegeneinander sich bewegender Fronten entstanden. Ihre sehr langsame Bewegung nach S, die noch dazu durch Stillstandslagen unterbrochen ist, bedingt die lange Dauer der Niederschläge in Verbindung mit ebenfalls durch Fronten charakterisierten Störungen, die längs der Hauptfront sich von W nach E bewegen.

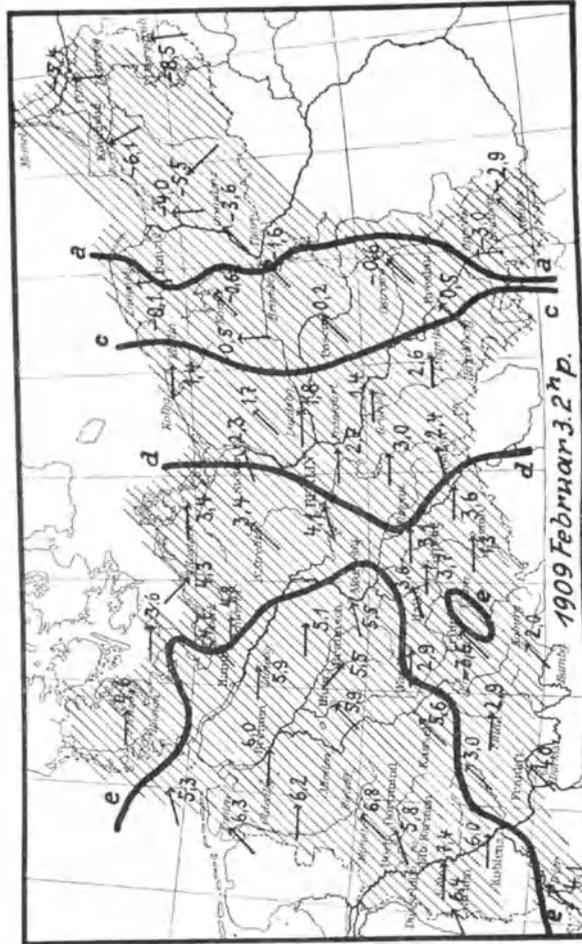
Da in diesem Falle die Front stark ausgeprägt, also leicht erkennbar ist und die Bewegung sehr langsam vor sich geht, so sind hier, wenn die Richtung der Bewegung erkannt ist, die Niederschläge der Hauptfront schon mit einiger Sicherheit vorauszusagen. Allerdings gilt dies nicht von den Störungen, die sich längs der Hauptfront mit größerer Geschwindigkeit abspielen und die an der Dauer und Verbreitung der Niederschläge einen wesentlichen Anteil haben.

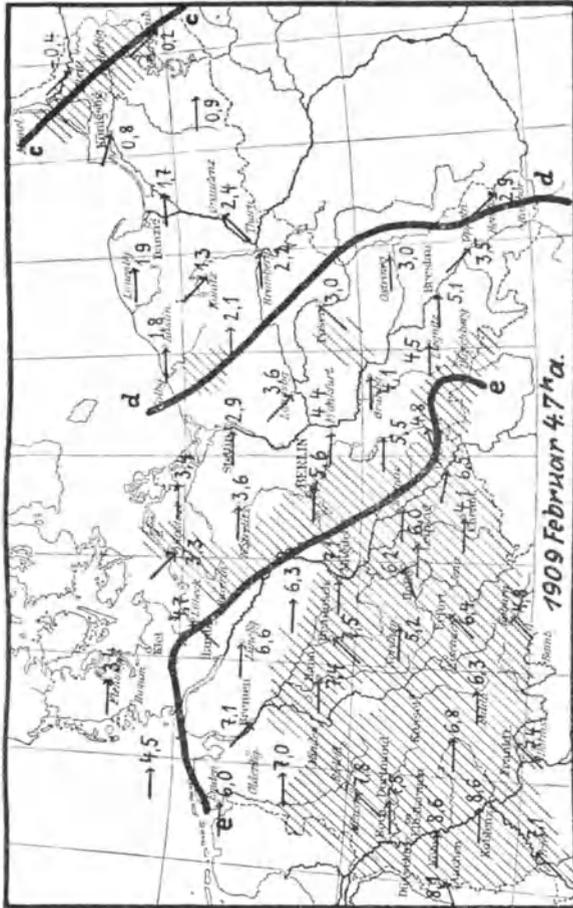
Bei der dritten Klasse von langandauernden, weitverbreiteten Niederschlägen, die in der Druckverteilung in den wesentlichsten Zügen an Depressionen der Zugstraße Vb geknüpft sind, lassen sich keine großen, über weite Strecken verfolgbare Fronten aus der Temperaturverteilung und aus den Temperaturregistrierungen feststellen. Die Niederschläge können nur zum kleinen Teil auf schwach ausgebildete lokale Fronten zurückgeführt oder als Geländeregen aufgefaßt werden, vielmehr muß bei der Erklärung dieser Niederschläge das Hauptgewicht auf das Gegeneinanderfließen von Luftmassen angenähert gleicher Temperatur gelegt werden. In den Gebieten, in denen sich gegeneinandergerichtete Luftströme treffen, kommt es zur Stauung und Hebung von Luftmassen. Das Vorhandensein von Gleitflächen konnte aus dem verfügbaren Material nicht bewiesen werden. Vielleicht sind aber bei derartigen Depressionen, denen horizontale Temperaturunterschiede in den unteren Schichten fehlen, in größeren Höhen noch Diskontinuitätsflächen wirksam.

Dieser dritte Typus bietet für die Voraussage noch weit größere Schwierigkeiten als die vorhergehenden, wenn man davon absieht, daß erfahrungsgemäß ganz allgemein mit den Depressionen der geschilderten Art meistens größere Niederschläge verbunden sind, und wenn man auf eine genauere Bestimmung der besonders betroffenen Gebiete Wert legt. Ist schon für die nachträgliche Erklärung eine Kenntnis namentlich der Windrichtungen bis ins einzelne erforderlich, da diese nur in kleinen Gebieten einheitlich sind, so erscheint eine Vorausbestimmung bei dieser außerordentlichen Mannigfaltigkeit und dem schnellen Wechsel auf kurze Entfernungen nicht gut möglich.

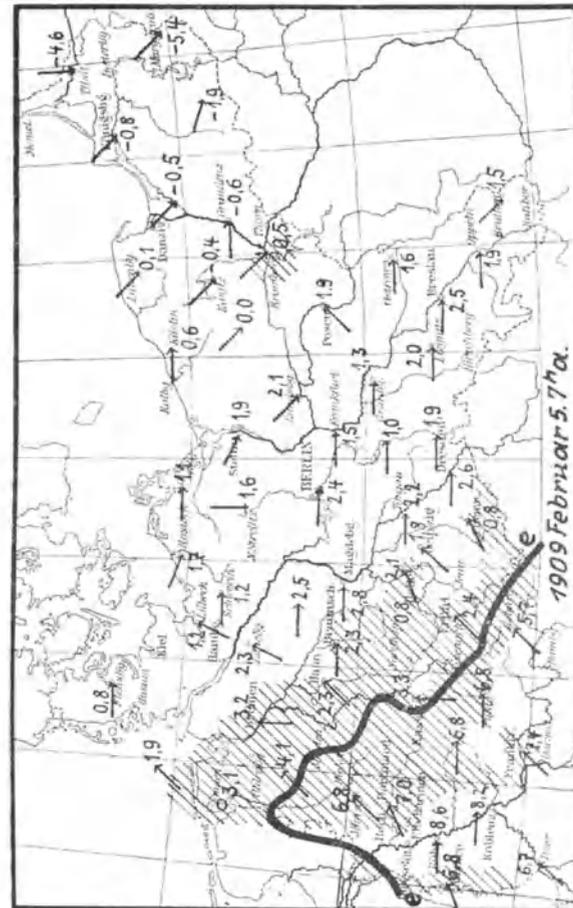


Karte 2.

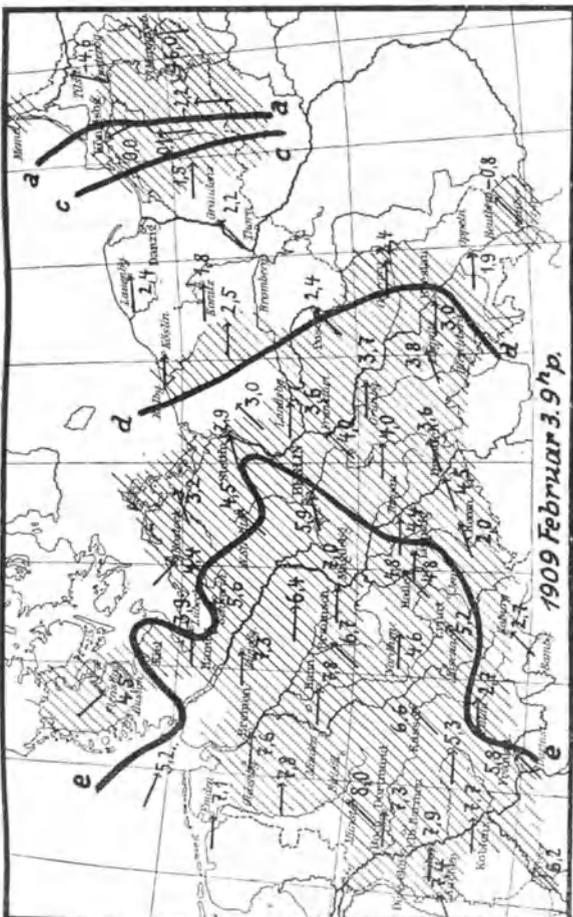




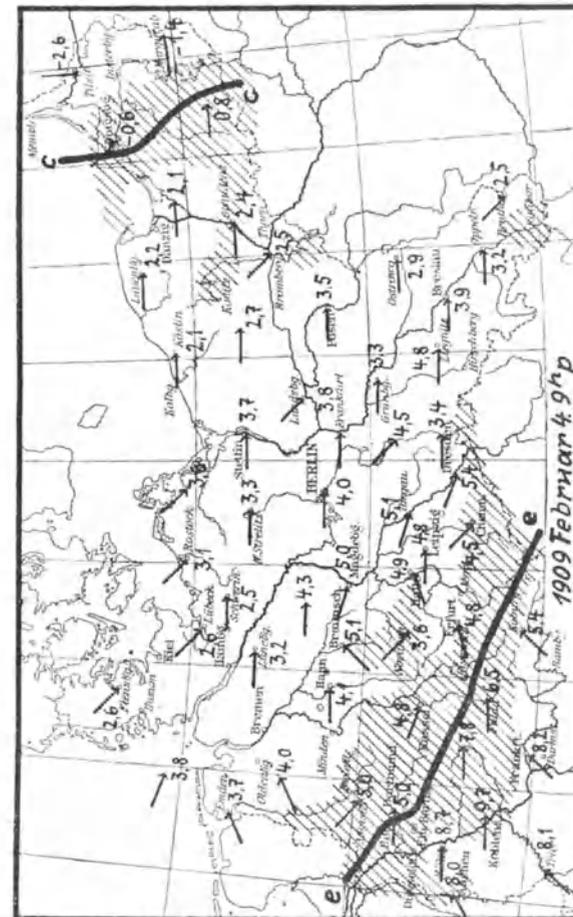
Karte 6.



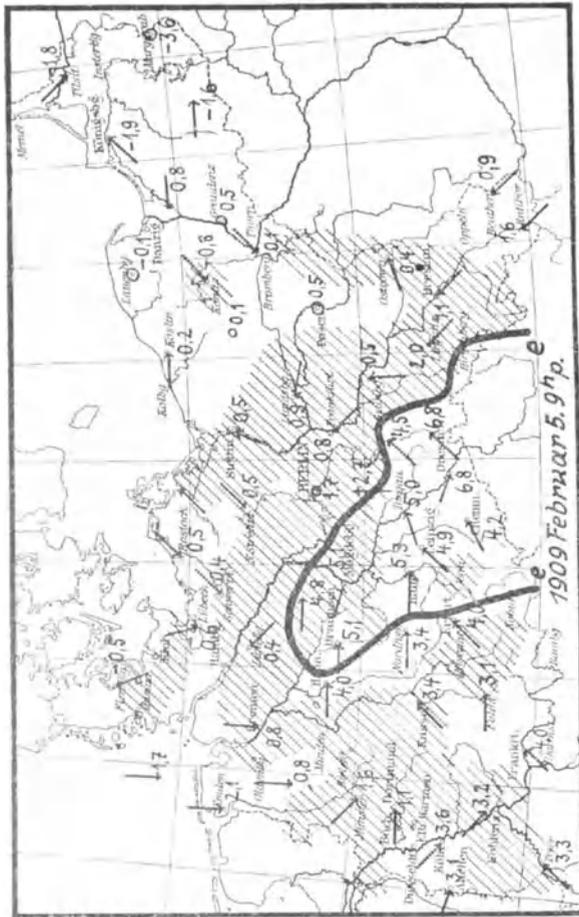
Karte 8.



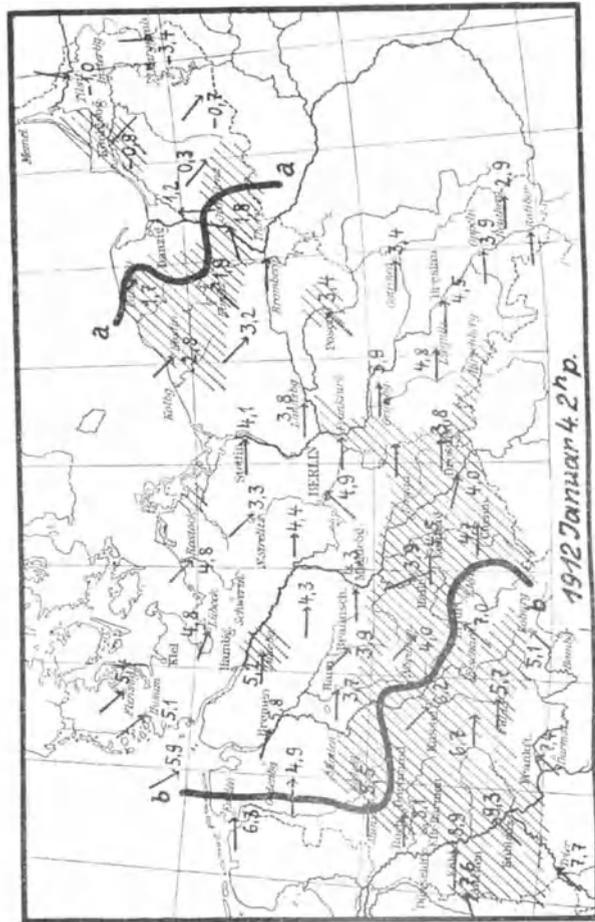
Karte 5.



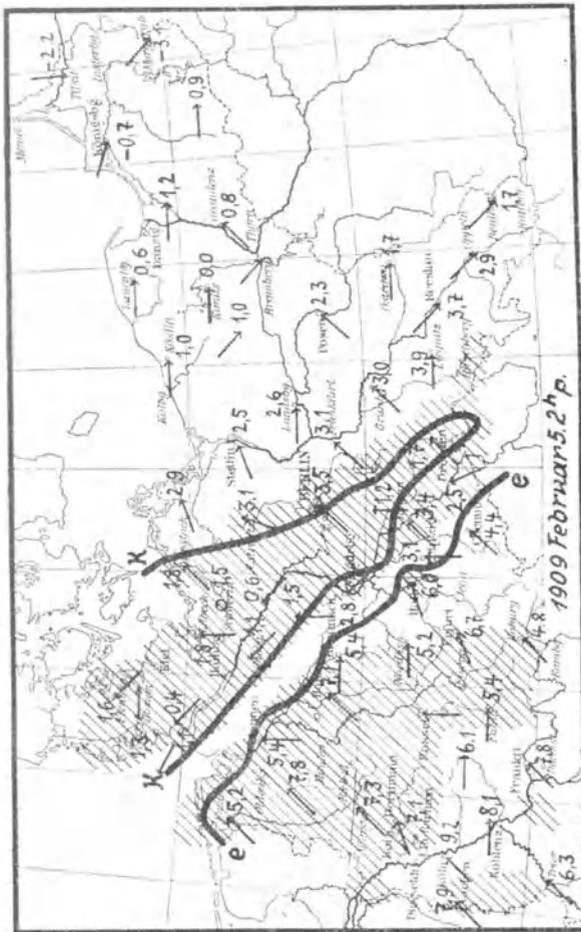
Karte 7.



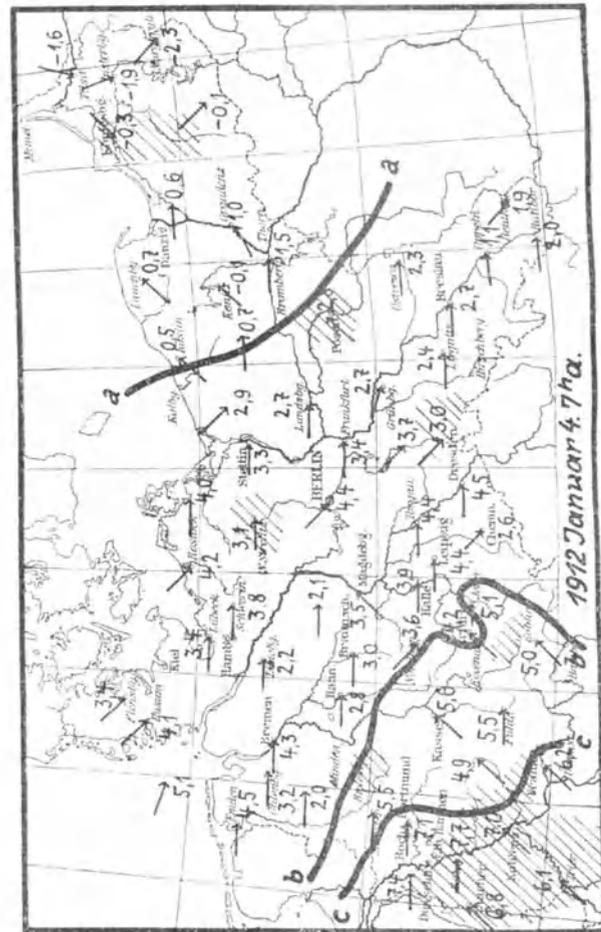
Karte 10.



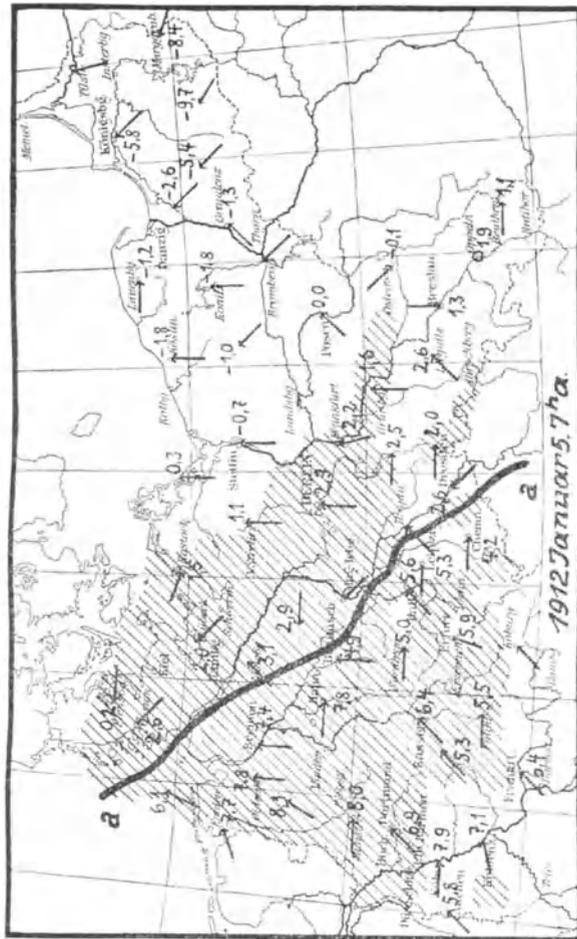
Karte 12.



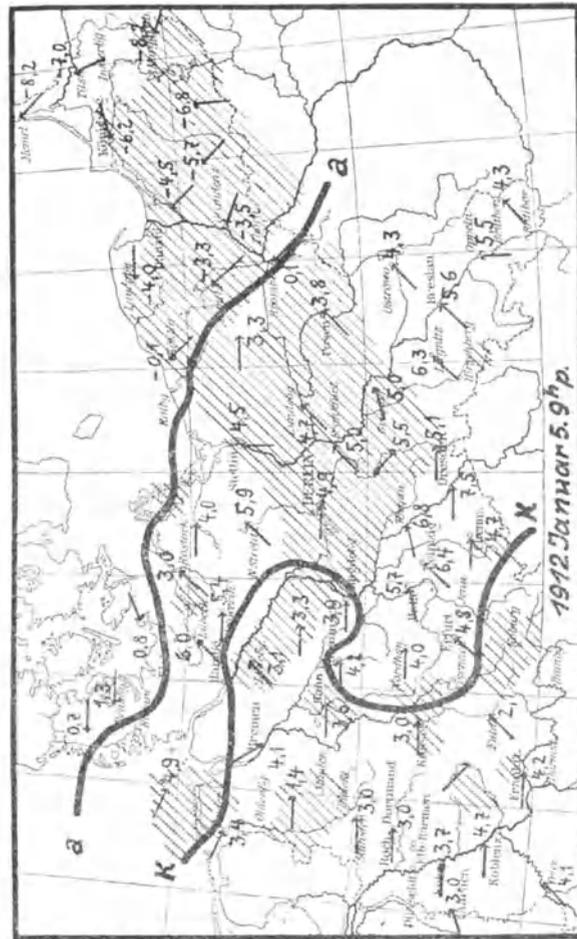
Karte 9.



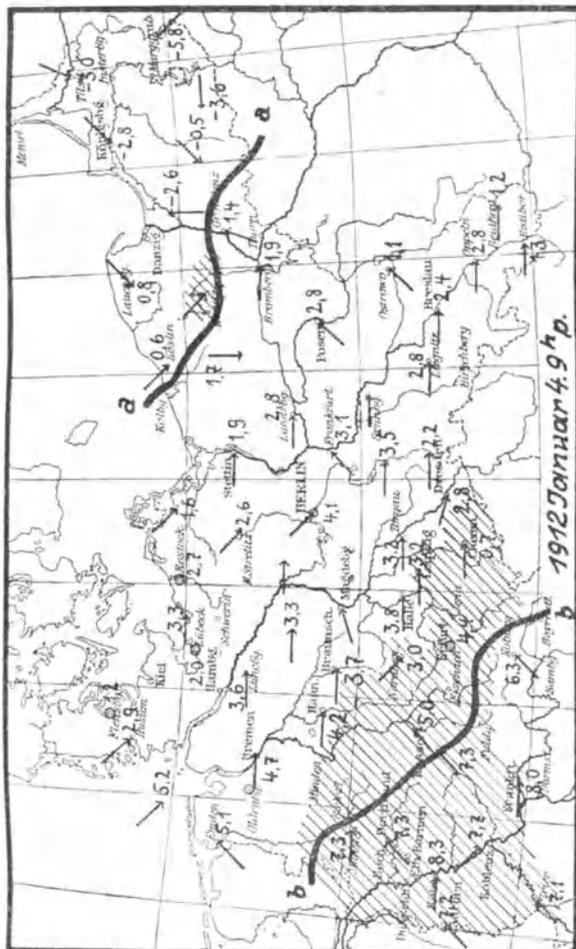
Karte 11.



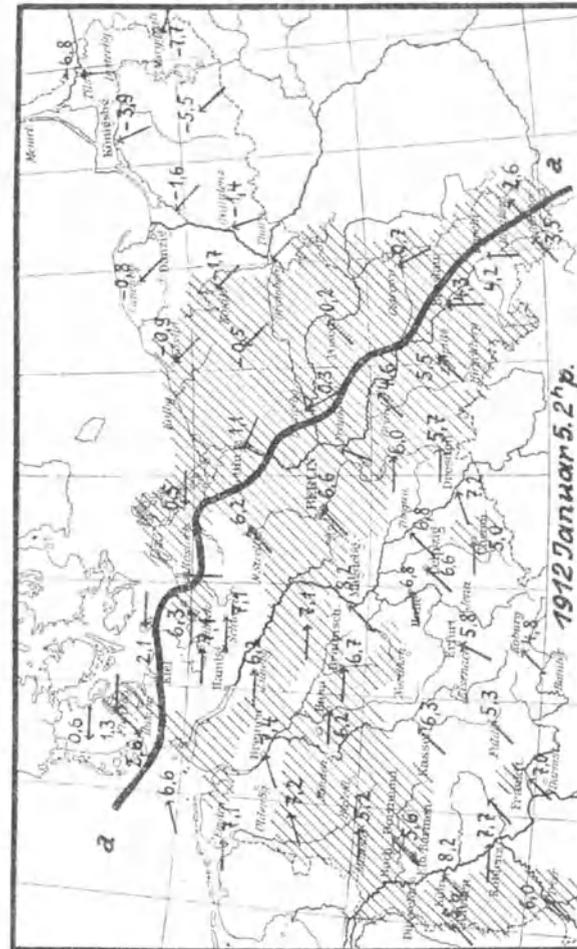
Karte 14.



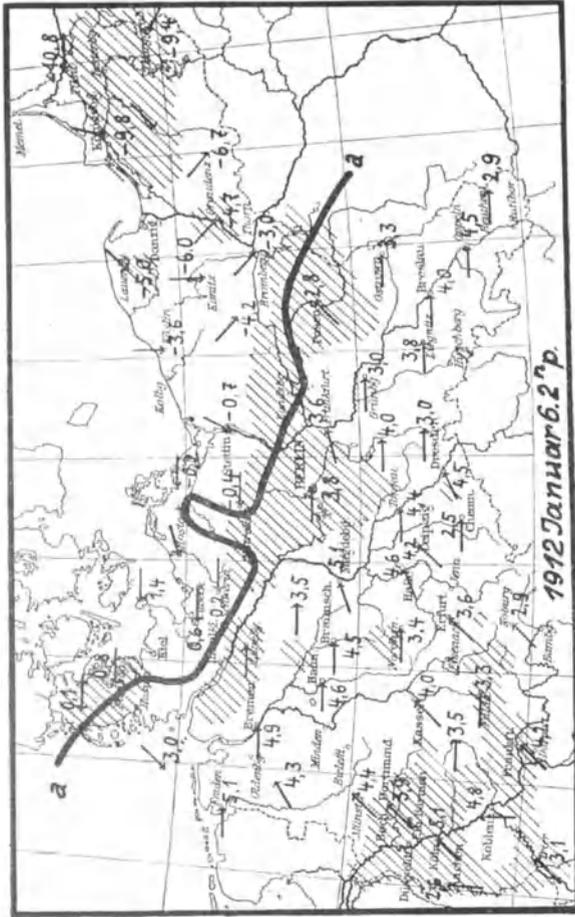
Karte 16.

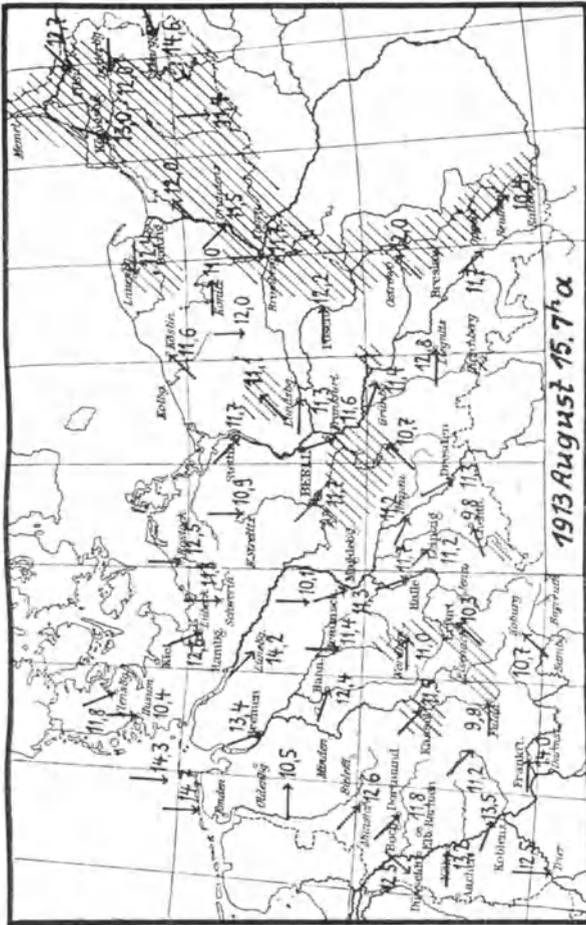


Karte 13.

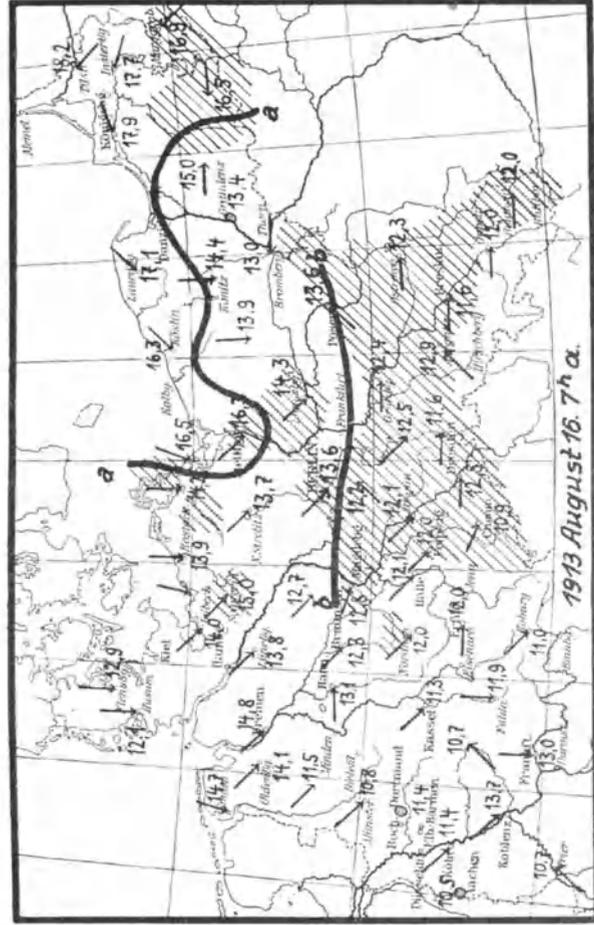


Karte 15.

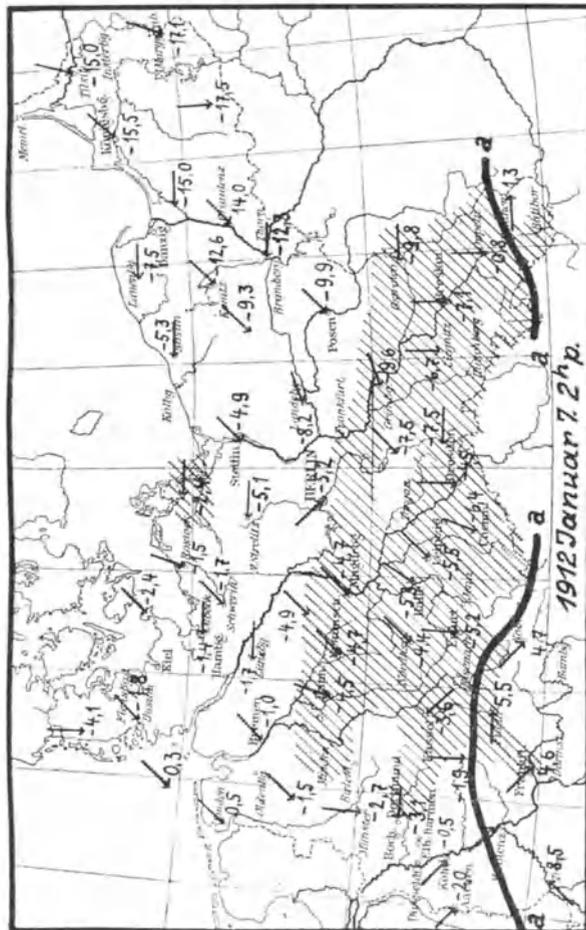




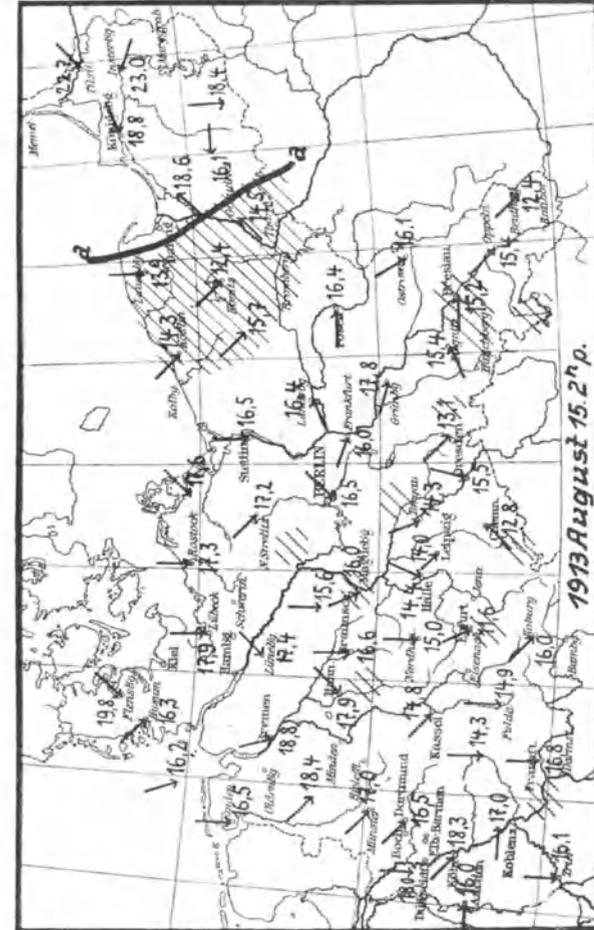
Karte 22.



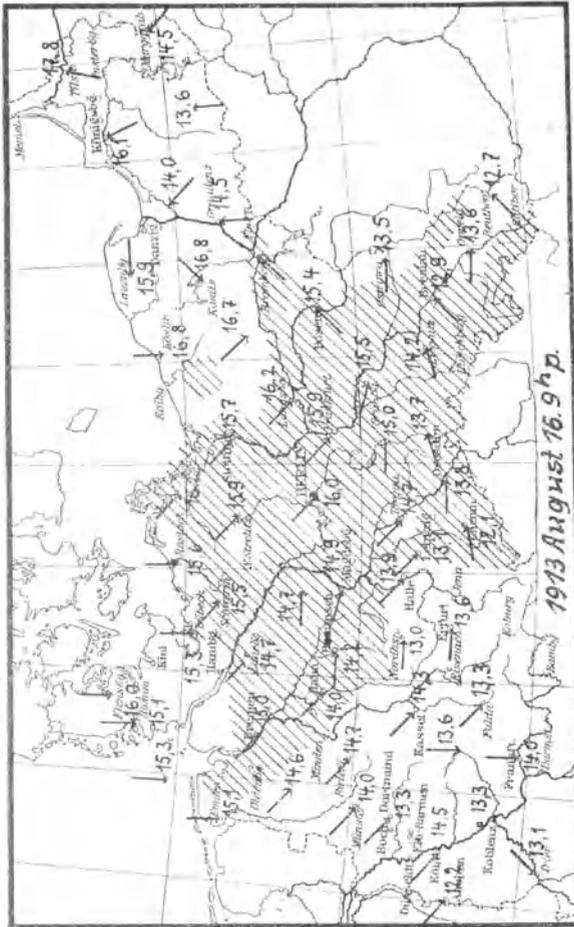
Karte 24.



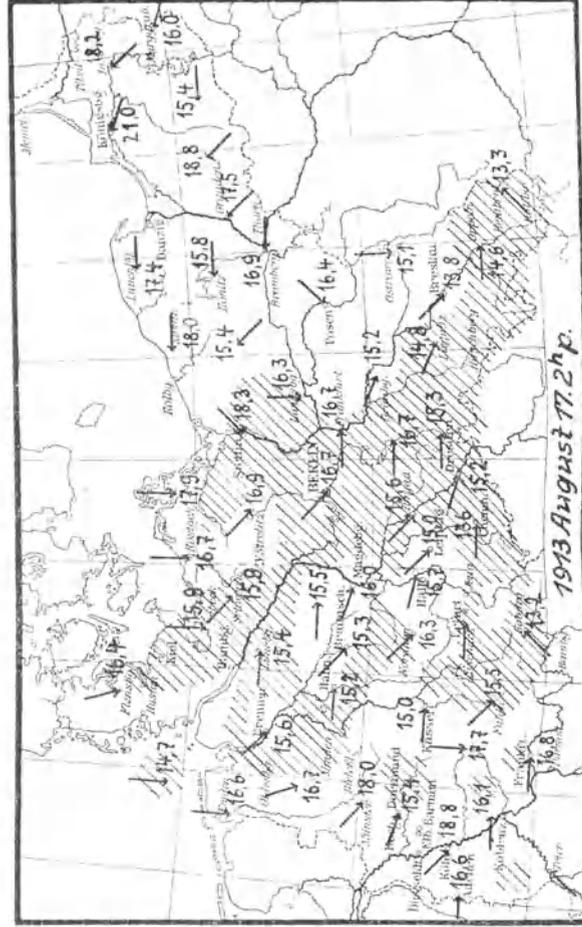
Karte 21.



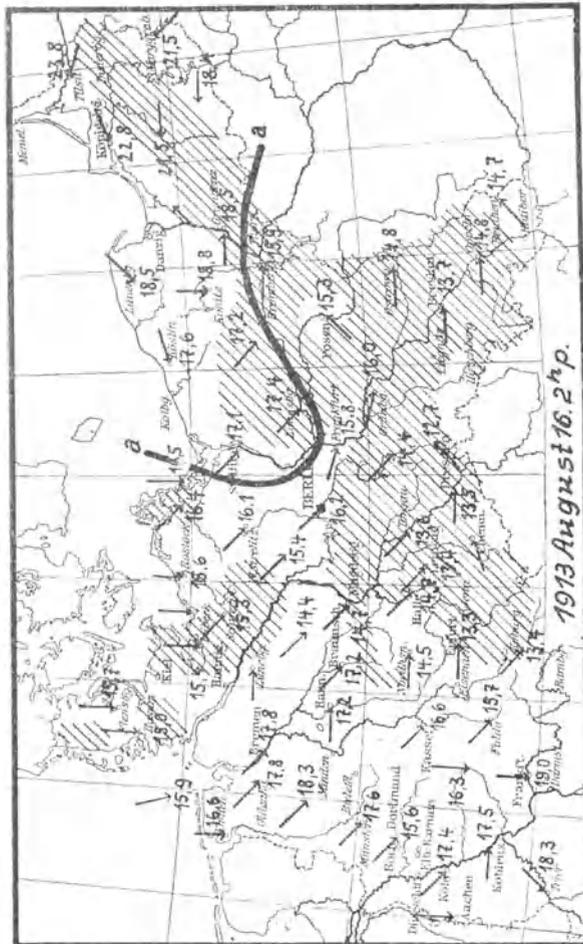
Karte 23.



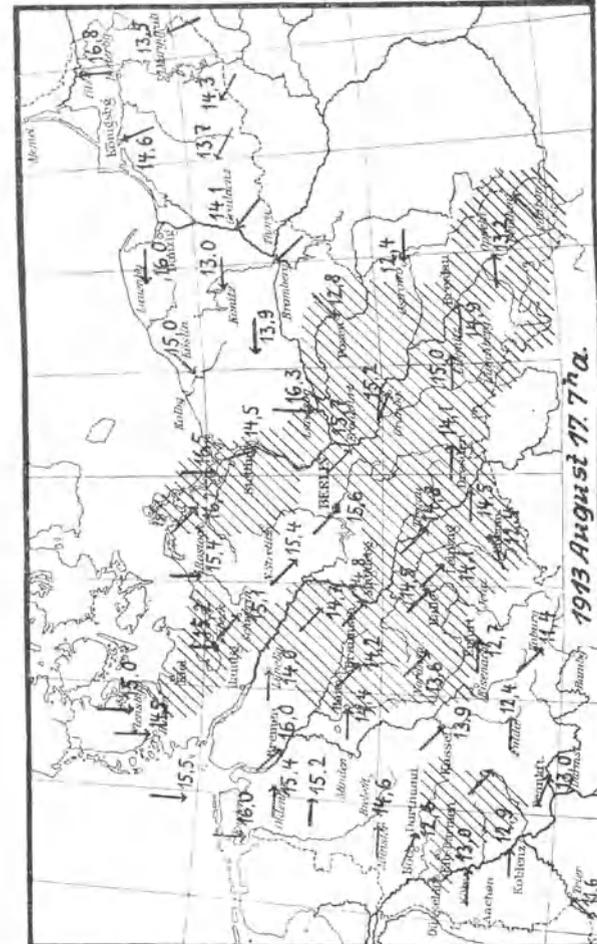
Karte 26.



Karte 28.



Karte 25.



Karte 27.

