

Ans: Beiträge z. Physik d. freien
Atmosphäre, Bd 24, 1938.

Messungen der Kernzahl auf der Kalmit.

[ans]
Von H. Burckhardt.

Mitteilung aus dem Observatorium Kalmit des Reichsamts für Wetterdienst.

Zusammenfassung: Verschiedene meßtechnische Fragen der Kernzählung werden besprochen und die Ergebnisse einer Meßreihe mitgeteilt. Die Abhängigkeit der Kernzahl von Luftkörper, Luftmasse und Windrichtung wird an dem gewonnenen Material untersucht. Besonders auffallend ist das Verhalten der Kernzahl bei Durchzug einer Front, bei Nebel und bei Inversionen.

I. Ausführung der Messungen.

In der Zeit vom 20. 12. 36 bis zum 25. 3. 37 wurden am Observatorium Kalmit des Reichsamts für Wetterdienst (673 m NN; höchste Erhebung der Haardt bei Neustadt an der Weinstraße) täglich Messungen der Kernzahl mit dem Scholzschen Kernzähler (kleines Modell) ausgeführt. Um den Tagesgang der Kernzahl auszuschalten, wurden die Messungen mit ganz vereinzelt Ausnahmen täglich um dieselbe Zeit ausgeführt, und zwar vormittags zwischen 10 und 11 Uhr.

Bei der Auswahl des Meßortes wurde besondere Rücksicht darauf genommen, daß Rauch und Kamingase keine Fälschung des Ergebnisses bewirken konnten. Aus diesem Grunde wurden die meisten Messungen im phänologischen Beobachtungsfeld des Observatoriums durchgeführt, das 200 m nordwestlich vom Turm und Hüttenwirtschaft entfernt liegt und in der Mehrzahl der Fälle wegen der vorherrschenden westlichen Luftströmungen unbeeinflusst bleibt. Die dort vorhandene Blockhütte bot gegen Witterungsunbilden einigen Schutz und für das Instrument eine zweckmäßige Aufstellung. Nur bei östlicher Luftzufuhr konnten dort keine Messungen ausgeführt werden; in diesen Fällen verblieb das Instrument zur Zählung im Arbeitsraum, während die Luftproben auf der Luvseite einer geeigneten Turmplattform, vereinzelt auch vom freien Platz vor dem Turm entnommen wurden.

Es kann in diesem Zusammenhang betont werden, daß gerade bei den Zählungen im Freien (Versuchsfeld) bei zweckmäßiger Behandlung des Instruments keinerlei Behinderung durch Beschlagen der Deckgläser auftrat, wie sie von Kähler¹⁾ als Hintergrund für Messungen im Freien angegeben wird. Durch Erwärmen des oberen Deckglases mit der Hand während der Rührzeit wird. Durch Beschlagen dieses Glases stets verhindert werden; dieses Hilfsmittel konnte das nur in beschränktem Maße angewandt werden, da ein Zuviel ein Beschlagen des unteren Deckglases zur Folge hat. Im übrigen wurde ein Überangebot an Feuchtigkeit

¹⁾ Kähler, K., Wissenschaftl. Abhandl. 1 2 (1935) 5.



J. 1960.244 = K 4542

[SW].

paaren gleich, so ist dies ein Zeichen für eine Undichtigkeit in der Füllpumpe. Die Füllpumpe befördert dann bei der einen Art der Bedienung wegen Entweichens von Luft am Kolben weniger Luft (und damit weniger Kerne) als die angegebene Menge v (5 cm^3). Auf diese Weise konnte tatsächlich zweimal während der Beobachtungsreihe eine Undichtigkeit der Füllpumpe schon im Entstehen erkannt und durch neues Einfetten des Kolbens bzw. Quellen des Lederrings in reinem Öl beseitigt werden.

Im Anschluß an jede tägliche Gesamtmessung wurde eine Messung von Temperatur und Feuchte und eine Windbeobachtung durchgeführt. Die dadurch gewonnenen Werte dienten im Zusammenhang mit dem geführten Luftkörperkalender (täglich 8.00 Uhr) zur Festlegung des Luftkörpers, in dem die Kernmessungen gemacht wurden. Die entsprechenden Luftmassen wurden unter weitgehender Heranziehung des „Höhenwetters“, und zwar mit Hilfe der Luftmassenschnitte A , ferner D und E gewonnen.

II. Meßergebnisse.

Die Ergebnisse der Gesamtmessungen wurden täglich in eine Tabelle eingetragen, in der Zeit und Ort der Messung, die verschiedenen Bestimmungsstücke der Kernzählung, Wind, Temperatur, Feuchtigkeit und die Luftkörper festgelegt wurden. Im folgenden wird ein chronologischer Auszug aus dieser Tabelle mitgeteilt (siehe Tabelle 1, S. 193 u. 194).

Wie schon angegeben, war die Streuung der Einzelmessungen im allgemeinen nicht sehr groß. Es soll hier nun von einem bemerkenswerten Ausnahmefall berichtet werden, der am 13. 3. 37 beobachtet wurde. Während der Beobachtung stieg die Temperatur von 1.0 auf 2.9° an; $1\frac{1}{4}$ Stunde nach Abschluß der Messung setzte Schneeregen ein. Die Messung wurde ganz offensichtlich an der Vorderseite einer nahen Störungsfront gemacht, während des Übergangs von Vorderdener mGT zu mTW . Sehr bemerkenswert war nun dabei die stetige und starke Zunahme der Kondensationskerne während der halbstündigen Messung; während am Anfang 2800 Kerne gezählt wurden, waren es am Ende deren 11000, d. i. die größte Kernzahl der ganzen Meßreihe. Die dabei als durchschnittlicher Wert ermittelte Zahl 6750 ist natürlich für keinen der beiden Luftkörper repräsentativ. Diese Erhöhung der Kernzahl bei Durchzug einer Front kann bei dem bekannten Zusammenhang zwischen Kernzahl und menschlicher Gesundheit als Ursache für die pathogene Wirkung der Fronten darstellen.

Als Besonderheit ist ferner das Verhalten der Kernzahl N bei Nebel zu erwähnen. Wie schon andere Autoren festgestellt haben¹⁾, ist die Kernzahl bei Nebel oft sehr gering; die kleinsten Werte der vorliegenden Beobachtungsreihe, darunter alle Kernzahlen unter 1000, wurden stets bei Nebel festgestellt. Hierbei wurde nun die Beobachtung gemacht, daß es sich in diesen Fällen stets um „Hindernissebene“ handelte, also um lokale Nebelhauben über dem Gipfel. Verdankte der Nebel jedoch seinen Ursprung einem Mischungsvorgang, ragte mit anderen Worten der Gipfel in Aufgleitbewölkung hinein oder war er noch in einer

¹⁾ Voigts, H., Bioklimat. Beiblätter 3 (1936) 173.

H. Burekhardt, Messungen der Kernzahl auf der Kalmit.

Tabelle I.
Ergebnisse der täglichen Messungen.

Datum	N	Wind	t	e	R	Luftkörper	Luftmasse	Bemerk.
20. 12. 36	2470	SE 5	1,6	4,9	45	C f	cGA	über Inversion
21. 12. 36	1730	SW 3	5,2	4,0	60	C f	cGT f	über Inversion
22. 12. 36	988	SSW 2	6,7	3,7	50	C f	cGT f	über Inversion
23. 12. 36	1870	N 3	0,0	4,5	98	X (M + P.M)	mGA	-trb. nach ∞^2
24. 12. 36	1830	WSW 3	0,4	3,8	80	X d	mGA	∞^1 ; über Inversion
26. 12. 36	2520	E 3	-0,1	4,3	100	X	cGA	∞^2
27. 12. 36	2420	WSW 3	-1,6	4,1	100	X	cGA	∞^2 , vorher über ∞
28. 12. 36	1630	SSE 4	-0,4	4,4	98	X (P.M + M) d	$\bar{U} (GA - mGT)$	∞^0 ; über Inv.
29. 12. 36	1930	SW 5	2,8	5,3	94	M ₂ f	mGT	∞^0 ; über Inv.
30. 12. 36	1630	SW 4	3,9	6,0	98	M d	mTW	-trb.; ∞^0 zeitw.
31. 12. 36	2370	SSW 1	3,7	6,0	100	X d	mTW	∞^2
1. 1. 37	815	SW 6	0,9	4,9	100	P.M rd	mGA r	∞^2 (Hindernis ∞)
2. 1. 37	1530	W 5	0,8	4,8	98	P.M	mGT	∞ ; ∞^2 Hindernis ∞)
3. 1. 36	902	WSW 8	2,7	5,6	100	X (P.M + M) rd	mGT	∞^2
4. 1. 37	740	WSW 2	3,6	5,9	100	X (M + T.M) rd	mGT	∞^1 ; ∞^{0-1}
5. 1. 37	2220	WSW 7	3,0	5,7	100	M du	mGT	∞^0
6. 1. 37	2050	SW 8	-0,8	4,3	99	P.M rd	mGA	∞ , nach ∞^2
7. 1. 37	1880	W 7	3,2	5,4	94	M ₀	mGT	∞ -trb. u. ∞ ; ∞^0 m.U
8. 1. 37	3600	NW 5	1,4	4,9	97	P.M ₁ d	mGA	∞ -trb. zeitw.
9. 1. 37	5070	SE 3	-2,4	3,5	92	PC rd	cGA	∞ , über ∞ -Inv.
10. 1. 37	5120	E 4	-3,4	2,2	62	C ef	cGA	∞ , über ∞ -Inv.
11. 1. 37	4050	ESE 5	-3,4	2,1	59	C ef	cGA	∞ , über ∞ -Inv.
12. 1. 37	5070	SE 3	1,6	1,4	28	TC f	cGT	∞^2
13. 1. 37	5640	ESE 5	-4,6	2,7	82	C	cAK	∞^2
14. 1. 37	3950	SW 5	-0,2	4,3	96	X (M + C)	$\bar{U} (mGT - TW)$	∞^2 ; ∞^1 ; ∞^2
15. 1. 37	2990	SW 4	2,2	5,4	100	M ₁ du	mGT	∞^2 ; ∞^0
16. 1. 37	2080	S 3	0,6	4,8	100	M ₁	mGA	Nach ∞ -trb.
17. 1. 37	3440	SE 3	0,4	4,6	97	M ₁	mGA	
18. 1. 37	2700	S 4	-2,2	3,7	94	I	$\bar{U} (cAK - mGT)$	Nach ∞ , üb. Inv.; *
19. 1. 37	762	WSW 5	2,4	5,4	100	M rd	mGT	∞^1 ; ∞ -trb.
20. 1. 37	1730	WSW 8	-0,9	4,3	99	P.M	mGA	* ∞^0
21. 1. 37	1500	SSW 6	0,8	3,1	65	M f	mGA	∞ (> 100 km)
22. 1. 37	2550	S 4	6,7	4,7	64	T.M f	mTW	∞
23. 1. 37	4290	E 4	2,2	3,4	63	I	mGT e f	∞^0
24. 1. 37	4040	ESE 5	-2,6	3,1	83	C d	cAK	∞^2
25. 1. 37	2960	E 4	-7,2	2,7	99	PC rd	cAK	∞ -trb.
26. 1. 37	1350	SW 8	0,2	4,5	96	M ₀	mGA	∞
27. 1. 37	5880	ENE 5	-3,0	3,1	85	C d	cAK	∞^2
28. 1. 37	6070	ENE 5	-8,6	2,4	98	PC rd	cAK	∞ -trb.; * ∞^0
29. 1. 37	6340	E 4	-7,1	2,7	99	PC rd u	cAK	∞ -trb.; * ∞^0
30. 1. 37	2140	SW 6	-0,3	4,5	100	X (C + M) du	$\bar{U} (cAK - mGT)$	∞^2 ; * ∞^0
31. 1. 37	2370	SW 5	4,2	5,5	89	T.M	mTW	∞ ; über Inv.
1. 2. 37	1430	WSW 5	5,1	6,6	100	T.M	mGT	∞ -trb. zeitw.
2. 2. 37	2440	W 4	2,6	5,5	100	X (I + M)	$\bar{U} (I - GT)$	∞^2
5. 2. 37	2202	SW 8	6,0	7,0	100	T.M du	mGT	∞^1 ; ∞^1
6. 2. 37	3678	WSW 6	2,7	4,1	73	X (M + T.M) du	mGT	
7. 2. 37	3969	S 3	1,5	4,1	79	M ef	mGA	
8. 2. 37	3669	SW 5	5,2	6,6	100	T.M du	mTW	
9. 2. 37	2217	WSW 7	1,2	5,0	100	M d	$\bar{U} (mTW - mGT)$	∞^2 , nach ∞
10. 2. 37	2170	WSW 6	0,1	4,6	100	M du	mGA	∞ -trb.
								∞ -trb.; * ∞^1

keit im Innern des Rezipienten dadurch vermieden, daß das Fließpapier des Be-
feuchtungszyinders stets nur mit einem kleinen Tropfen Wasser versehen wurde
(Erneuerung während der Dauer der Meßreihe nur dreimal beim Reinigen der Zähl-
flächen notwendig). Nach der Messung wurde das Instrument mit in das Zimmer
genommen, verblieb dort aber im verschlossenen Schutzkasten, um auf diese
Weise größere Temperaturänderungen und damit größere Neigung zum Be-
schlagen bei der nächsten Messung zu vermeiden.

Jede der täglichen Kernzahlbestimmungen setzt sich aus 10 Einzelmessungen
zusammen. Diese Zahl von Einzelmessungen wurde als notwendig und hinreichend
erkannt, um die Zufälligkeiten der Einzelmessungen durch „Kernböigkeit“, durch
die Verteilung der Tröpfchen auf den Zählflächen und durch Zählfehler möglichst
auszuschalten. Die durch die beiden letzteren Ursachen bedingte Streuung der
Einzelmessungen hielt sich in befriedigenden Grenzen; nur bei böigem Wind wurde
die Streuung größer. — Bei jeder Einzelmessung wurde der Rührflügel $\frac{1}{2}$ bis
1 Minute in Bewegung gesetzt, wobei besonders darauf geachtet wurde, daß der
Flügel nicht auf das Fließpapier aufklopfte; auf einer Seite wurde dies selbst-
tätig durch einen Anschlag am Flügelhalter erreicht. Zwischen den Einzelmessungen
blieb Hahn 1 (mit vorgeschaltetem Filter) ca. 10–20 sec zum Druckausgleich ge-
öffnet. Die Dauer der Gesamtmessung an sich belief sich dergestalt auf ca.
 $\frac{3}{4}$ Stunden.

Als Zählfläche wurde fast nur Z_2 (auf dem unteren Deckglas) verwendet, und
zwar stets 4 Quadrate (4 mm^2) dieser Fläche. Auch auf diese Weise wurde die
Wahrscheinlichkeit für das Übereinstimmen der gemessenen, endgültigen Tröpfchen-
zahl pro Quadratmillimeter mit der wirklichen wesentlich erhöht. War n' die Zahl
der Tröpfchen auf 4 mm^2 bei einer Einzelmessung, so ergab sich die Zahl n pro 1 mm^2
aus 10 Einzelmessungen zu

$$n = \frac{\sum n'}{40}.$$

Unter Zugrundelegung der Apparatkonstanten $V = 97 \text{ cm}^3$ und $h = 4 \text{ cm}$ ergab
sich hieraus die Kernzahl N pro Kubikzentimeter zu:

$$\begin{aligned} N &= 100 \cdot n \cdot V/v \cdot 1/h = \\ &= 2420 \cdot n/v. \end{aligned}$$

Diese numerische Rechnung wurde mit Rechenschieber ausgeführt, wozu die
erreichbare Meßgenauigkeit berechtigt.

Die durch die Füllpumpe p in den Rezipienten eingeführte Luftmenge be-
trug 5 cm^3 . Das Einfüllen erfolgte innerhalb einer Gesamtmessung in dauerndem
Wechsel der beiden möglichen Methoden, d. h. es wurde zunächst mit p eine Luft-
probe aufgenommen und in den Rezipienten eingepreßt, bei der nächsten Einzel-
messung wurde die Luftprobe mittels p unmittelbar in den Rezipienten hinein-
gesaugt usw. Diese Arbeitsweise ist einerseits wegen der Ersparnis mancher Hand-
griffe sehr praktisch, sie bietet andererseits aber auch einen großen methodischen
Vorteil. Es ist hierdurch nämlich stets möglich, durch Vergleich der Messungen
aus der einen Füllmethode mit denjenigen der anderen Methode eine Kontrolle
über das Funktionieren der Einfüllpumpe auszuüben. Sind die Mittelwerte aus
der einen Gruppe von Einzelmessungen wesentlich verschieden von denen der
anderen Gruppe, und ist das Vorzeichen des Unterschieds bei allen Messungs-

Tabelle 1 (Fortsetzung).							Bemerk.	
Datum	N	Wind	t	e	R	Luftkörper	Luftmasse	
11. 2. 37	2459	SW 7	-0,6	4,4	100	PM	mGA	* ¹ m. U.; zw. = -trb.
12. 2. 37	3896	WSW 6	-1,9	3,9	98	PM n	mGA	* ¹
13. 2. 37	3799	SSW 2	-1,0	4,1	95	PM d	mGA	∞ ⁰
14. 2. 37	4235	E 2	-1,9	3,8	96	PM	mGA f	∞ ⁰ ; über Inv.
15. 2. 37	1980	WSW 5	1,7	5,2	100	X (M+TM) r	X (GT+TW)	≡ ²
16. 2. 37	3200	SW 4	4,2	6,1	99	TM	U (mGT-TW)	* zeitw.
17. 2. 37	1500	SW 5	-0,8	4,1	95	PM	mGA	*-fl. zeitw.
18. 2. 37	3260	WNW 5	-1,0	4,1	95	PM	mGA	≡ ² ; ∞ ⁰
19. 2. 37	1150	WSW 6	2,5	5,5	100	X (M+PM)	X (mGT+GA)	
20. 2. 37	4640	W 6	2,2	4,4	80	M	mGA	Nach * ²
21. 2. 37	1510	WNW 7	-1,0	4,2	99	PM	mGA	≡ ² ; ∞ ¹
22. 2. 37	605	SW 9	3,2	5,8	100	X (M+PM) r	X (GA+GT)	=; Sicht 5 km
23. 2. 37	5030	WSW 6	-2,2	3,6	92	PM d	mGA d	∞ ⁰
24. 2. 37	3170	WSW 6	0,0	3,7	80	PM jd	mGA f	≡ ² ; * ⁰
25. 2. 37	3240	ESE 3	-1,3	4,2	100	X (M+PM) dn	X (GA+GT)	
26. 2. 37	1320	SW 6	3,0	4,9	86	M	mGA	Anfängl. ∞ ⁰
27. 2. 37	1380	SW 6	5,0	6,3	97	TM	mTW	
28. 2. 37	2040	WNW 6	-1,9	3,7	94	PM	mGA	* ² ; ≡ ⁰
1. 3. 37	2370	SW 5	-2,7	3,7	98	PM dn	mGA	Unsicher
2. 3. 37	5580	SSW 1	-1,5	3,1	76	I ef	cGA	∞ ¹
3. 3. 37	4910	ENE 3	0,3	2,9	62	C df	cGA df	=
4. 3. 37	5210	E 4	0,1	4,0	86	C d	mGA	≡ ² ; anfängl. ∞ ⁰
5. 3. 37	3080	SSE 3	1,0	4,9	100	X (C+M) rd	X (GA+GT) r	=; * ¹
6. 3. 37	2710	SW 7	-1,2	4,2	99	PM dn	mGA	≡ ² ; ∞ ⁰ (nach * ²)
7. 3. 37	1500	SSW 6	0,4	4,7	100	X (M+I)	X (mGA+GT)	≡-trb.
8. 3. 37	1090	SW 2	4,0	6,1	100	M d	mGT	≡ ² ; ≡ ∴
9. 3. 37	3620	SE 3	2,0	5,3	100	X (M+PM)	X (GA+GT) r	=; * ⁰
10. 3. 37	3260	WSW 5	-2,2	3,5	91	PM dn	mGA	∞ ⁰
11. 3. 37	3150	SSE 4	3,5	3,0	51	I f	mGA f	(S. 192!)
12. 3. 37	1480	WSW 3	2,8	5,5	98	M	mGT	* ¹⁻⁰
13. 3. 37	6750	S 3	2,9	4,9	86	I	U (mGT-mTW)	* ⁰ ; =
14. 3. 37	1960	SW 6	2,4	5,4	100	X (PM+M) n	U (mGA-mGT)	τ; über ∞-Inv.
15. 3. 37	1670	WSW 8	0,6	4,6	96	M dn	mGA	≡ ² ; ≡-trb.; ∞ ⁰
16. 3. 37	2600	WSW 4	0,7	4,0	83	I	mGA	≡-trb.
17. 3. 37	3230	SW 5	7,9	4,1	52	I f	U (mGA-mGT)	∞ ⁰
18. 3. 37	1540	SW 5	5,9	5,3	76	I	mGT	τ
19. 3. 37	3630	W 1	5,2	6,6	100	X (M+TM)	mGT	≡ ² ; ≡-trb.; ∞ ⁰
20. 3. 37	3200	NNW 5	2,9	5,6	98	X (M+PM)	mGT	≡-trb.
21. 3. 37	2740	NW 3	5,8	5,2	75	M	mGA	∞ ⁰
22. 3. 37	2320	SE 3	6,7	5,1	70	I	mGT	τ
23. 3. 37	1540	WNW 4	-0,7	4,4	100	X (M+PM)	X (mGT+mGA)	≡ ² ; * ⁰ zeitw.
24. 3. 37	3820	N 6	-0,2	4,0	89	PM d	U (mGA-mAK)	=
25. 3. 37	2720	WSW 7	1,1	3,5	71	PM d	mAK	∞ ¹ ; *-fl.
27. 3. 37	3300	SW 5	-2,0	3,6	92	PM dn	mAK	* ⁰⁻¹

mischluft einbezogen, so war die Kernzahl bedeutend höher und bewegte sich in den für die Luftkörperanteile charakteristischen Zonen. Da es am Gipfel oft schwierig ist, die Art des Nebels zu bestimmen — wenn man nicht gerade selbst ein gutes Stück tiefer steigen oder andere Beobachter heranziehen kann —, so würde eine Kernzahlbestimmung mit einiger Sicherheit Aufschluß über diese Frage vermitteln können.

III. Bearbeitung der Meßergebnisse.

1. Kernzahl und Luftkörper.

Die Kernzahlen wurden nach Luftkörpern ausgezählt, der Mittelwert für jeden Luftkörper berechnet und ferner die Extremwerte für jeden Luftkörper festgestellt, um so ein Maß für die Schwankung zu erhalten. Die Mischluft wurde zunächst als Ganzes behandelt, dann aber nach den verschiedenen Anteilen unterschieden. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle 2 zusammengestellt:

Tabelle 2.
Mittlere, größte und kleinste Kernzahlen gleicher Luftkörper.

Luftkörper	N_{mittl}	N_{max}	N_{min}	Zahl der Fälle
<i>PM</i>	2800	5030	815	21
<i>M</i>	2160	4640	762	19
<i>TM</i>	2400	3669	1380	7
<i>T</i>	—	—	—	0
<i>TC</i>	5070	—	—	1
<i>C</i>	4000	5880	988	10
<i>PC</i>	5110	6340	2960	4
<i>P</i>	—	—	—	0
<i>I</i>	3570	6750	1540	9
<i>X</i>	2260	3950	605	23
Gesamt	2840	6750	605	94
$X(M+PM)$	1970	—	—	10
$X(M+TM)$	2510	—	—	4
$X(M+C)$	3060	—	—	3
$X(M+I)$	1970	—	—	2
$X(?)$	2290	—	—	4

Man kann aus dieser Tabelle sofort erkennen, daß die Gruppe der maritimen Luftkörper (*PM*, *M*, *TM*) im Durchschnitt etwa nur halb so viele Kerne aufweist wie die Gruppe der kontinentalen (*TC*, *C*, *PC*). Dieses Ergebnis deckt sich gut mit der schon bekannten Tatsache, daß sich die Luft beim Bestreichen des Festlandes immer stärker mit Kernen anreichert. Wie danach zu erwarten ist, steht die indifferente Luft (*J*) — die in der Umbildung zu kontinentaler Luft begriffen ist — in bezug auf ihre Kernzahl zwischen diesen beiden Gruppen. Innerhalb der maritimen Luftkörper enthält die rein maritime Luft am wenigsten Kerne. Etwas mehr weist — entsprechend ihrem größeren Landweg — die tropisch-maritime Luft auf, während die polar-maritime Luft die größte Kernzahl aller Meeresluftarten aufweist. Rein kontinentale Luft erweist sich unter allen Luftkörpern mit kontinentalem Einschlag als relativ kernarm. Ihr Ursprungsort braucht im allgemeinen nicht so entfernt zu liegen, als bei tropisch- oder polar-kontinentaler Luft. Die letztere weist die höchste Kernzahl aller vorkommenden Luftkörper auf.

Die weitere Unterteilung der Mischluft zeigt ebenfalls recht einleuchtende Resultate. Die kleinste Kernzahl überhaupt finden wir bei der aus *M* und *I* bestehenden Mischluft, während die größte Kernzahl unter den Mischluftkörpern bei (*M* + *C*) entsprechend ihrer kontinentalen Komponente anzutreffen ist.

Zur Vervollständigung der durch die Mittelwerte dargestellten Kernzahlverteilung wurde eine Häufigkeitsauszählung der verschiedenen Größenklassen ausgeführt, deren Ergebnis in Tabelle 3 dargestellt ist:

Tabelle 3. Häufigkeit der Größenstufen von N in verschiedenen Luftkörpern.

	PM	X ($PM+M$)	M	X ($M+TM$)	TM	TC	X ($M+C$)	C	PC	X ($M+J$)	J	X (?)	Su.
500-1000 . . .	1	2	1	1	-	-	-	1	-	-	-	-	6
1000-1500 . . .	-	1	4	-	2	-	-	-	-	-	-	-	7
1500-2000 . . .	4	4	5	1	-	-	-	1	-	1	1	1	18
2000-2500 . . .	4	-	4	-	2	-	1	1	-	1	1	2	16
2500-3000 . . .	2	-	2	-	1	-	-	-	1	-	2	-	9
3000-3500 . . .	4	3	1	-	1	-	1	-	-	-	-	-	12
3500-4000 . . .	4	-	1	2	1	-	-	2	-	-	1	-	9
4000-4500 . . .	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	4
4500-5000 . . .	-	-	1	-	-	1	-	2	1	-	-	-	2
5000-5500 . . .	1	-	-	-	-	-	-	2	-	-	1	-	5
5500-6000 . . .	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	1	-	3
über 6000 . . .	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	3

Auch hier sehen wir wieder im wesentlichen die in Tabelle 2 dargestellten Verhältnisse: Während die Häufungsstellen bei den maritimen Luftkörpern zwischen 1500 und 2500 liegen, bewegen sie sich bei den kontinentalen in der Größenordnung von 5000. Es ist anzunehmen, daß nach dieser Häufigkeitsverteilung der Unterschied zwischen den Mittelwerten maritimer und kontinentaler Luftkörper bei Vorliegen weiteren Materials noch etwas größer werden würde.

Greift man einzelne Fälle heraus, bei denen eine Kernzahl beträchtlich außerhalb des Häufungsbereiches liegt, so zeigt sich, daß es sich meistens um gestörte Verhältnisse handelt. Eine Erniedrigung der normalen Kernzahlen kann bei Nebel (s. S. 192) oder auch bei föhnigem Absinken (20. mit 22. 12. 36) eintreten, während eine Erhöhung meist mit dem Vorhandensein von Dunst einhergeht.

2. Kernzahl und Luftmasse.

Die Behandlung der Luftmassen erfolgte nach dem gleichen Schema wie unter Nr. 1. Die Ergebnisse sind in den beiden Tabellen 4 und 5 dargestellt.

Tabelle 4. Mittlere, größte und kleinste Kernzahlen gleicher Luftmassen.
[$X, U(GA+GT)$ bedeutet $X(GA+GT)$ oder Übergang GA zu GT .]

Luftkörper	N_{mittl}	N_{max}	N_{min}	Zahl der Fälle
MAK	3010	—	—	—
CAK	5160	6340	—	—
$X, U(CAK+mGT)$. . .	2890	3820	2960	2
mGA	2720	5210	2140	6
cGA	4020	5580	815	3
$X, U(GA+mGT)$. . .	2180	3620	2420	32
mGT	2100	4290	605	8
cGT	2690	5070	740	11
$X, U(GT+TW)$. . .	3620	6750	988	18
mTW	2330	3669	1380	3
Gesamt	2840	6750	605	5
				6
				94

Tabelle 5. Häufigkeit der Größenstufen von N in verschiedenen Luftmassen.

	mAK	cAK	$cAK + mGT$	mGA	cGA	$GA + mGT$	mGT	cGT	$GT + TW$	mTW	Su.
800-1000	-	-	-	1	-	1	3	1	-	-	6
1000-1500	-	-	-	2	-	1	3	-	-	1	7
1500-2000	-	-	-	7	-	4	4	1	1	1	18
2000-2500	-	-	1	6	2	1	1	-	1	2	16
2500-3000	1	1	1	3	1	3	1	-	1	1	9
3000-3500	1	-	-	5	-	1	2	-	-	-	11
3500-4000	-	-	1	4	-	-	1	-	-	-	10
4000-4500	-	1	-	1	1	-	-	-	-	-	4
4500-5000	-	-	-	1	1	-	-	1	-	-	2
5000-5500	-	-	-	2	2	-	-	-	-	-	5
5500-6000	-	2	-	-	1	-	-	-	1	-	3
über 6000	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	3

Nach Tabelle 4 enthält die arktische Kaltluft kontinentaler Prägung die meisten Kerne, während mGT am wenigsten Kerne aufweist. Bemerkenswert ist, daß mGT , mTW und mGA dieselben Größenverhältnisse (in aufsteigender Linie) zeigen, wie M , TM und PM (bzw.) bei den Luftkörpern. Auch hier ordnen sich die Misch- und Übergangsluftmassen befriedigend zwischen die Größenordnungen ihrer Komponenten ein.

Wie man aus Tabelle 4 und besonders aus Tabelle 5 entnehmen kann, zeigen die Luftmassen ohne Berücksichtigung des Bodenstörungs-Index (also z. B. mGT und cGT zusammen) keine wesentlichen Unterschiede in den Kernzahlen. Es ist dies wieder ein Beweis dafür, daß bei strenger Anwendung der gebräuchlichen Luftmassendefinitionen wichtige klimatische Eigenschaften verwischt werden; bei den Kernzahlen handelt es sich aber sogar um Eigenschaften, die nicht nur für die Klimatologie, sondern auch für die Synoptik von Bedeutung sind. Ein Verzicht auf die Indizes c und m erscheint somit schon von diesem Gesichtspunkt aus gesehen nicht ratsam.

3. Kernzahl und Windrichtung.

Wegen des engen Zusammenhangs von Luftkörper und Windrichtung auf Bergstationen wurde schließlich noch eine Bearbeitung des Materials nach Windrichtungen vorgenommen. Die Zwischenwindrichtungen wurden dabei jener Haupt-

Tabelle 6. Mittlere, größte und kleinste Kernzahlen einzelner Windrichtungen.

Windrichtung	N_{mittel}	N_{max}	N_{min}	Zahl der Fälle
N	2960	3820	1870	
NE	5490	—	—	3
E	4380	6340	—	2
SE	3960	5640	2520	10
S	3390	6750	2470	8
SW	2050	3950	1630	10
W	2570	5030	605	19
NW	3170	—	902	2
Gesamt	2840	6750	605	94

Tabelle 7. Häufigkeit der Größenstufen von N bei verschiedenen Windrichtungen.

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Su.
500-1000	-	-	-	-	-	5	1	-	6
1000-1500	-	-	-	-	-	6	1	-	7
1500-2000	1	-	-	-	1	10	6	-	18
2000-2500	-	-	-	2	2	8	4	-	16
2500-3000	-	-	2	-	2	4	-	1	9
3000-3500	1	-	1	1	2	4	2	-	11
3500-4000	1	-	-	1	1	3	3	1	10
4000-4500	-	-	3	1	-	-	-	-	4
4500-5000	-	1	-	-	-	-	1	-	2
5000-5500	-	-	2	2	-	-	1	-	5
5500-6000	-	-	1	1	1	-	-	-	3
über 6000	-	1	1	-	1	-	-	-	3

windrichtung zugeteilt, nach der der Wind während der Messung neigte. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 6 und 7 zusammengestellt.

Es zeigt sich ein Maximum der Kernzahlen bei NE-Wind (Richtung des Industriezentrums Ludwigshafen—Oppau—Frankenthal!), von dem aus der Kerngehalt nach beiden Umlaufsrichtungen nahezu stetig bis zum Minimum bei SW-Wind abnimmt. Auch dieses Ergebnis zeigt wieder sehr sinnfällig den Zusammenhang zwischen der Länge des Landweges und dem Kerngehalt der Luft.

4. Untersuchung einer Inversion.

Es bestand Gelegenheit, am 21. 12. 36 eine ausgeprägte Inversion genauer nach ihren Temperatur- und Kernzahlverhältnissen zu untersuchen. Am genannten Tage lagerte in der Rheinebene und ihren Seitentälern eine kalte, neblige Mischluft, deren Obergrenze während der Messung (15 Uhr) in 510 m Höhe über NN lag. Darüber befand sich kontinentale Warmluft, die durch kräftigen antizyklonalen Föhn stark erwärmt war. Die Meßergebnisse (Temperatur und Feuchte mit Abmann) sind in der Tabelle 8 zusammengestellt:

Tabelle 8. Inversion am 21. 12. 1936.

Höhe über NN	Höhe üb. Inv.	Temperatur	Feuchte	Kernzahl	Wetter
480 m	- 30 m	- 1,9	100	4690	≡ ² , Sicht 100
520 m	+ 10 m	0,2	—	—	≡-trb.
580 m	+ 70 m	4,8	—	—	—
690 m	+ 180 m	6,8	54	1730	¹ / ₁₀ bew., SW 3

Ist an sich schon die Temperaturverteilung mit dem Gegensatz von fast 9° zwischen den beiden übereinanderlagernden Luftschichten sehr interessant, so zeigt die Kernzählung ebenfalls einen beträchtlichen Unterschied. Die Mischluft der tieferen Lagen enthielt etwa 3mal soviel Kerne als die Luft am Gipfel.

Schlußbemerkung. Eine nachträglich beim Reichsamt für Wetterdienst ausgeführte Kontrolle der Apparatkonstanten ergab, daß das Volumen V des Rezipienten 101 cm³ beträgt anstatt 97 cm³, wie im Handbuch der meteorologischen Instrumente von Kleinschmidt angegeben. Dadurch sind alle angegebenen Kernzahlen um 4% zu klein. Auf das qualitative Ergebnis der ausgeführten Vergleiche hat diese Änderung jedoch natürlich keinen Einfluß.