

Eine objektive Methode für die Messungen der täglichen Mengen Meteoritenstaub

Von ABDULLAH KIZILIRMAK, Ankara

Mit 7 Abbildungen. (Eingegangen 1957 November 23)

Zur Bestimmung der Menge des täglich einfallenden meteoritischen Eisenstaubs wurden ursprünglich die auf einer Glasplatte gesammelten Teilchen gezählt. Später wurde eine neue Methode angewendet, die nur unbedeutende persönliche Fehler enthält und auch in Regenzeiten brauchbar ist. Die Ergebnisse aus beiden Methoden und auch von verschiedenen Beobachtern werden verglichen. Die Einflüsse des Regens, des Windes und der Meteorströme auf die täglichen Teilchenmengen werden untersucht und mittlere jährliche Verteilungskurven abgeleitet. Das Gesamtgewicht des jährlich auf die Erde fallenden Eisenstaubs wird abgeschätzt.

Einleitung

Von Anfang Februar 1954 bis 5. Juni 1956 haben wir versucht, die Anzahl Eisenstaubteilchen, welche täglich auf die Erde fallen, durch direkte Zählungen zu ermitteln. Obwohl diese wertvolle Resultate ergeben haben, hat sich doch zugleich herausgestellt, daß die mittleren Beobachtungsfehler verhältnismäßig groß sind und daß auch ein persönlicher Fehler vorhanden sein könnte. Während die Beobachtungsfehler den Charakter zufälliger Fehler haben, könnten persönliche Fehler systematisch sein und daher die Beobachtungsergebnisse verfälschen. Wir haben deshalb versucht, eine andere Methode zu finden, wodurch sowohl der mittlere Fehler der Beobachtungen verkleinert als auch jeder mögliche persönliche Fehler eliminiert wird.

In Teil I dieser Abhandlung wird eine kurze Übersicht gegeben über die älteren Beobachtungen. Die Resultate der verschiedenen Beobachter werden verglichen, dann die mittleren und persönlichen Fehler bestimmt und zum Schluß die gesamten Ergebnisse diskutiert. In Teil II werden die Resultate diskutiert, die sich bis jetzt aus den Messungen nach der neuen Methode in Ankara ergeben haben.

Teil I. Die älteren Beobachtungen

1. Die Beobachtungen sind im Februar 1954 in Ankara von mir angefangen und bis 22. September 1954 durchgeführt worden. Die Methode und die ersten Resultate wurden schon früher beschrieben [1]. Vom 22. September 1954 bis Juli 1956 hat Fräulein R. SÜSLÜ die Beobachtungen weitergeführt und auch einen Teil davon früher veröffentlicht [2].

Während meines Aufenthaltes an der Sternwarte Königstuhl in Heidelberg habe ich versucht, ähnliche Beobachtungen durchzuführen. Ich hoffte, diese Heidelberger Beobachtungen direkt mit den gleichzeitig in Ankara durchgeführten vergleichen zu können. Im Gegensatz zu Ankara gibt es in der Umgebung von Heidelberg ziemlich viel Industrie, und es wäre zu erwarten, daß die dort beobachteten Teilchen, wenigstens teilweise, von industriellem Ursprung sein würden. Während meiner ersten Wochen in Heidelberg gab es nur wenig Regen, so daß ich täglich die Anzahl Teilchen, die sich unter dem Mikroskop erkennen ließen, habe zählen können. Die Form der Teilchen war im allgemeinen wie in Ankara, nur habe ich den Eindruck bekommen, daß die kugelförmigen Teilchen relativ weniger häufig sind als in Ankara. Nachher wurden die Zählungen sehr erschwert durch den unaufhörlichen Regen. Bei der Methode der direkten Zählungen bekommt man nur wertvolle Ergebnisse, wenn das Wetter trocken ist. Es wurde deshalb versucht, eine andere Methode zu entwickeln, die weniger vom Regen beeinflusst wird. In Teil II dieser Abhandlung wird von dieser neuen Methode die Rede sein. Nachdem am 3. August 1955 die Beobachtungen in Heidelberg wieder fortgesetzt werden konnten, habe ich dort nur noch diese neue Methode angewendet.

2. Vom Einfluß des Regens auf die Kurve von A. KIZILIRMAK und R. SÜSLÜ

Sowohl A. KIZILIRMAK [1] als auch R. SÜSLÜ [2] haben hingewiesen auf die Störungen, die der Regen in den Kurven, welche die täglichen Mengen der Eisenteilchen angeben, hervorruft. An jedem Regentag und auch am Tag danach zeigen die Kurven tiefe Minima. Die Minima an Regentagen sind nicht als reell anzusehen und nur der Unvollkommenheit der Beobachtungen zuzuschreiben. Der Regen, der auf die horizontale Glasplatte fällt, führt die Eisenteilchen mit, die somit den weiteren Beobachtungen entfallen.

Es ist jedoch zu bemerken, daß an Tagen, die unmittelbar auf einen Regentag folgen, aber selbst während der vollen 24 Stunden trocken sind, die Zahlen nicht gleich wieder normal werden. Die Minima scheinen sich über mehrere Tage auszudehnen. Dies wäre wohl so zu erklären, daß die Fallgeschwindigkeit der Teilchen gering ist und daß während eines Regentages alle Teilchen, die sich in den unteren Schichten der Atmosphäre befinden, daraus vom Regen entfernt werden. Es dauert anscheinend einige Zeit, ehe auch die unteren Schichten der Atmosphäre sich wieder angefüllt haben. Auf diese Weise ist es erklärlich, warum die Minima sich ausdehnen. Aus den Kurven von A. KIZILIRMAK und R. SÜSLÜ erweist sich, daß die Anzahl am dritten Tage wieder als normal anzusehen ist. Ich habe in den folgenden Betrachtungen alle Beobachtungen an Regentagen und an den zwei nächstfolgenden Tagen ausgeschlossen.

3. Übersicht der Meteorströme

Es wird wertvoll sein, die tägliche Verteilung des Meteoritenstaubes mit derjenigen der Meteorströme zu vergleichen. Die periodischen Meteorströme sind von verschiedenen Astronomen untersucht

Tabelle 1. Katalog der Meteorströme

Bezeichnung	Maximum		Radiant		Stündl. Anzahl	Dauer (Tag)	Geschw. km/sec.	Bemerkungen
	$\lambda_{\odot}$	Datum	α_0	δ_0				
Quadrantiden	282°	Jan. 3	227°	+46°	—	—	—	Max. spitz
	—	Jan. 3	230	+52	35	—	39	
	282	Jan. 3	231	+50	35	1	41	
Aurigiden	—	—	—	—	—	—	—	
	321	Feb. 9	75	+42	12	(5)	—	
Lyriden	31	Apr. 22	273	+35	—	2	—	Komet 1861 I Parabolische Bahn
	—	Apr. 21	270	+33	8	—	51	
	31	Apr. 21	273	+34	12	2	48	
η Aquariden	44	Mai 5	338	— 1	—	23	—	HALLEY spitzes Max.
	—	Mai 6	338	+ 3	—	—	66	
	44	Mai 4	336	0	12	10	66	
ϕ Cetiden	—	—	—	—	—	—	—	1949 am Tag beobachtet
	—	Mai 21	30	— 3	—	20	—	
	59	Mai 20	30	— 3	15	10	37	
Perseiden	—	—	—	—	—	—	—	
	77	Juni 3	61	+24	40	—	28	
Arietiden	—	Juni 3	62	+24	30	15	29	Am Tag beobachtet
	—	—	—	—	—	—	—	
	77	Juni 8	44	+23	60	—	28	
Scorpius-Sagittarius-System	—	Juni 8	44	+23	45	20	38	Am Tag beobachtet
	83	Juni 14	270	—30	—	80	—	
	—	—	—	—	—	—	—	
β Tauriden	83	Juni 14	260	—26	12	80	—	
	—	—	—	—	—	—	—	
	—	Juli 2	86	+19	30	—	31	
Aquariden	98	Juli 2	86	+18	35	10	31	Am Tag beobachtet
	130	Aug. 3	343	—17	—	15	—	
	—	Juli 28	343	—11	10	—	50	
Perseiden	127	Juli 30	340	—15	20	15	41	Max. spitz Parabolische Bahn
	139	Aug. 11	43	+56	—	29	—	
	—	Aug. 10—14	47	+58	50	—	61	
Orioniden	139	Aug. 11	46	+57	50	20	61	Komet 1862 III
	206	Okt. 19	94	+16	—	19	—	
	—	Okt. 20—23	96	+15	15	—	68	
Tauriden	207	Okt. 20	95	+15	20	10	66	HALLEY spitzes Max. parabolische Bahn
	230	Nov. 13	58	+21	—	76	—	
	—	Nov. 3—10	55	+15	10	—	27	
Nördl. Arietiden	218	Okt. 31	54	+17	12	30	30	Max. hervorgehoben ENCKE
	—	—	—	—	—	—	—	
	—	—	—	—	—	—	—	
Geminiden	230	Nov. 12	50	+22	12	(5)	—	
	—	—	—	—	—	—	—	
	260	Dez. 12	113	+30	—	14	—	
Ursiden	—	Dez. 13	113	+32	60	—	—	Max. spitz
	261	Dez. 13	113	+32	40	5	35	
	—	—	—	—	—	—	—	
	—	Dez. 22	207	+77	13	—	38	
	270	Dez. 22	207	+80	15	1	—	parabolisch

worden. Tabelle 1 gibt die benötigten Ergebnisse für Meteorströme. Darin sind jeweils untereinander die Angaben nach folgenden Quellen aufgeführt: HOFFMEISTER [3], S. 90; LOVELL und CLEGG [4], S. 78, 99; MILLMAN [5]. Die von verschiedenen Beobachtern angegebenen Maximaldaten stimmen nicht immer ganz überein. Da bis jetzt keine sehr große Genauigkeit erforderlich ist, können wir die Ergebnisse aus Tabelle 1 benutzen für die Herstellung der Kurve der jährlichen Verteilung, so daß dafür die von WHIPPLE und HAWKINS [6] angegebene jährliche Verteilung der Meteore angenommen ist und für die Maximaldaten die stündliche Anzahl und Dauer der Ströme aus Tabelle 1 benutzt worden sind (Abb. 1a).

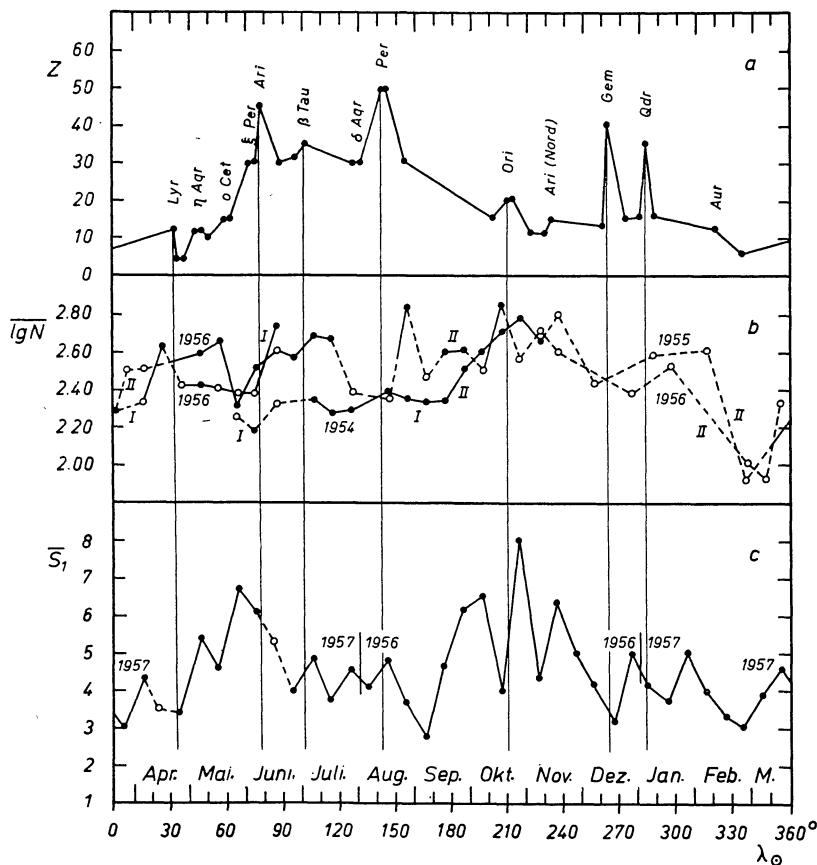


Abb. 1: a. Jährliche Verteilung der Meteorströme (stündliche Anzahl Z der Meteore)
 b. Jährliche Verteilung der Eisenteilchen in Ankara mit der alten Methode. (I KIZILIRMAK, II SÜSLÜ)
 ○ — ungünstige Werte, ● — günstige Werte
 c. Mittlere Verteilung der Eisenteilchen in Ankara mit der neuen Methode

4. Mittlere Jahreskurve, aus den Beobachtungen von A. KIZILIRMAK und R. SÜSLÜ zusammengesetzt

Abb. 1b zeigt die mittleren täglichen Mengen des Meteoritenstaubs innerhalb eines Jahres. Diese Kurve wurde durch Punkte gezogen, die jedesmal den Mittelwert für Intervalle von je 10 Tagen angeben. Bei der Bildung dieser Mittelwerte habe ich statt der direkt beobachteten Anzahl N deren Logarithmus ($\lg N$) verwendet, und auch die Ordinaten der Abb. 1b geben die Werte $\lg \bar{N}$ an. Diese Methode zur Bildung von Mittelwerten ist der Bildung der Werte $\bar{N}$ vorzuziehen, weil bei den Zählungen positive Fehler ΔN nicht ebenso häufig sein können wie negative Werte. Insbesondere sind an Tagen, wo die Mengen klein sind, große negative Werte von N unmöglich. Daher sollte man eben die Verhältniszahl N/N_0 verwenden oder auch die Werte $\lg N/N_0$. Für mehrere von unseren zehntägigen Intervallen waren nur 9, 8, 7 oder auch weniger Beobachtungen vorhanden, weil es an den anderen Tagen geregnet hatte oder die Beobachtungsplatte nebelnaß war.

Die Unterschiede zwischen den Kurven von A. KIZILIRMAK und denen von R. SÜSLÜ sind erheblich. Dies ist auch der Fall mit den Kurven desselben Beobachters, hergeleitet aus den Beobachtungen in verschiedenen Jahren. Bei den direkten Zählungen ist es oft schwer, vollkommen sicher auszusagen, ob ein Teilchen einfach, zweifach oder vielleicht sogar vielfach gezählt werden soll. Daher besteht die Möglichkeit, daß große subjektive Fehler in die Zählungen hereinkommen und daß auch bei ein und demselben Beobachter Differenzen auftreten in der Beurteilung wie auch in der Zählung der Teilchen. Es ist darum

umso erfreulicher, daß trotz diesen erheblichen Unterschieden doch noch im großen und ganzen eine gewisse Übereinstimmung im Verlauf der verschiedenen Kurven vorhanden ist.

5. Die wahrscheinlichen Fehler der Beobachtungen

Die wahrscheinlichen Fehler der Beobachtungen lassen sich auf folgende Weise ermitteln. Wir bilden die Mittelwerte $\lg N$ für Intervalle von je 10 Tagen. Also haben wir:

$$x_0 = \overline{\lg N} = (x_1 + x_2 + \dots + x_{10}) : 10 = (\lg N_1 + \lg N_2 + \dots + \lg N_{10}) : 10.$$

Der numerische Wert der wahrscheinlichen Fehler ergibt sich aus den Beobachtungen von A. KIZILIRMAK und R. SÜSLÜ $\sigma_k = \pm 0.29$ und $\sigma_s = \pm 0.25$, während der wahrscheinliche Fehler der Differenz zwischen einer Beobachtung von KIZILIRMAK und einer von SÜSLÜ sich als $\sigma = \pm 0.38$ ergibt. Daraus kann man entnehmen, daß die Unterschiede zwischen den Zählungen verschiedener Beobachter erheblich sein können. Ein wahrscheinlicher Fehler von ± 0.38 in $\lg N/N_0$ entspricht entweder $N/N_0 = 2.4$ oder $N/N_0 = 1/2.4$.

6. Korrelation aus den gemeinsamen Beobachtungen von KIZILIRMAK und SÜSLÜ

Es wäre gewiß möglich, daß die großen Unterschiede in den von verschiedenen Beobachtern gefundenen Zahlen, wenigstens teilweise, einen systematischen Charakter haben. Es ist doch oft schwer festzustellen, ob ein unregelmäßig geformtes Teilchen als ein einziges Teilchen oder vielmehr als aus verschiedenen einzelnen Teilchen bestehend zu betrachten ist. Um in dieser Hinsicht eine Entscheidung zu treffen, haben Frl. SÜSLÜ und ich ganz unabhängig voneinander am gleichen Tage die Mengen gezählt, die sich in dem Eisenstaub vorfanden, der an diesem Tag von der Glasplatte gesammelt wurde. Diese unabhängigen Zählungen wurden an mehreren Tagen wiederholt. Die graphische Darstellung dieser Zählungen zeigte, daß kein erheblicher systematischer Unterschied vorhanden ist und die Differenzen $\lg N_K - \lg N_S$ als reine Beobachtungsfehler zu betrachten sind. Die Abweichungen der individuellen Punkte von der Linie $y = x$ sind nicht größer, als man auf Grund der eben bestimmten Beobachtungsfehler ($\sigma_S = \pm 0.25$, $\sigma_K = \pm 0.29$) erwarten sollte.

7. Genauere Bestimmung des Einflusses des Regens

Wie sich schon früher herausgestellt hat, ergaben die Zählungen anomale Werte nicht nur an Regentagen, sondern auch noch einige Tage nachher. Um die Dauer des Zeitintervalls, während dessen der Regen die Zählungen beeinflußt, genauer feststellen zu können, sind wir in folgender Weise vorgegangen. Es wurden die Daten aller Regentage ausgesucht, nach denen es während einer Periode von wenigstens 4 Tagen ununterbrochen trockenes Wetter gegeben hatte. Diese Daten wurden über das ganze Jahr verteilt. Auch wurden die Daten der Regentage ausgesucht, denen eine ununterbrochene Periode von mindestens 4 trockenen Tagen vorangegangen war. Auch diese wurden über das ganze Jahr verteilt. Die verschiedenen Daten sind in Tabelle 2 angegeben. Die verschiedenen Spalten in dieser Tabelle geben die Mengen Teilchen, die am Regentage selbst, 1, 2, 3 bzw. 4 Tage vor und 1, 2, 3 bzw. 4 Tage nach diesem Regentag beobachtet wurden. Die letzte Reihe der Tabelle enthält für jede von diesen Gruppen die Werte ΣN und $\bar{N}$.

Tabelle 2. Einfluß des Regens

Datum des Regentages	Die Zahlen (N)								
	Vor dem Regen				Regentag	Nach dem Regen			
	4. Tag	3. Tag	2. Tag	1. Tag		1. Tag	2. Tag	3. Tag	4. Tag
1954									
Juni 23	60	44	33	60	37	79	54	30	21
Juli 1	54	30	21	61	12	62	368	83	150
Aug. 9	75	70	75	251	—	46	172	323	309
Sept. 7	269	170	300	111	74	60	202	714	354
Sept. 27	351	535	212	554	97	65	576	506	638
1955									
Mai 30	317	350	267	328	140	237	368	242	223
Juni 26	584	375	1194	856	168	170	375	111	635
Juli 2	375	111	635	—	35	186	570	553	534
Okt. 16	1140	714	700	402	—	223	595	794	644
1956									
Mai 6	103	208	158	437	100	210	368	393	390
Mai 23	283	200	271	267	64	118	72	314	226
ΣN	3611	2807	3866	3327	727	1456	4020	4063	4124
$\bar{N}$	328	255	351	333	81	132	365	369	374

Das Minimum während der Regentage erscheint in dieser Weise ganz ausgeprägt. Auch die am Ende des ersten Tages nach dem Regen beobachteten Mengen sind noch anomal. Für den Mittelwert der Beobachtungen über 11 Tage war der wahrscheinliche Fehler auf $\sigma = \pm 0.1$ anzusetzen, das entspricht $N/N_0 = 1.3$ oder $N_0/N = 1.3$. Deshalb muß die beobachtete Abweichung in den Zahlen N am ersten auf den Regentag folgenden Tag als durchaus reell angesehen werden. Am zweiten Tage nach dem Regen aber ergeben die Zahlen sich wieder als normal. Daraus folgt, daß schon am Ende des ersten Tages nach dem Regen die Frequenz, mit der die Eisenstaubteilchen auf die Erde fallen, normal wird.

Man darf annehmen, daß gleich nach dem Regen die Luft ganz von Eisenteilchen gesäubert ist. Die Teilchen sind sehr klein und ihre Fallgeschwindigkeit ist gering. Sie müssen die unteren Schichten der Erdatmosphäre durchqueren, von der Höhe, wo sich der Regen gebildet hat, bis zur Erdoberfläche. Die Fallzeit der Teilchen für diese Strecke beträgt also etwa 24 bis 48 Stunden.

8. Einfluß der Windrichtungen in Ankara

Wenn, wenigstens teilweise, die Eisenteilchen irdischen Ursprungs sind, kann man erwarten, daß die Richtung des Windes einen systematischen Einfluß auf die beobachteten Mengen Eisenteilchen haben könnte. Etwa 200 km nördlich von Ankara gibt es Eisenindustrie und bei starkem Nordwinde könnten Teilchen durch die Luft nach Ankara hinübergeführt werden. Auch gibt es auf der Anatolischen Hochebene eisenhaltige Felsen und durch die Erosion durch Wind und Sand könnten vielleicht Eisenteilchen in die Luft kommen.

Es ergibt sich aber aus Tabelle 3, daß die beobachteten Zahlen durchaus frei sind von irgendwelchem Einfluß der Windrichtung. Diese Tabelle enthält die mittleren Werte $\lg N$ für alle Tage, an denen der

Tabelle 3. Die mittleren Mengen des Eisenstaubs bei verschiedenen Richtungen des Windes in Ankara

Richtung des Windes	$\overline{\lg N}$	Anzahl der Beobachtungen
W	2.56	29
NW	2.31	16
N	2.41	14
NO	2.52	148
O	—	2
SO	—	5
S	—	3
SW	2.41	15

Wind W, NW oder N, ... war. Selbstverständlich wurden nur die zuverlässigen Werte $\overline{\lg N}$ verwendet, d. h. also Werte, die nicht vom Regen beeinflusst sind. Die Zahlen der zuverlässigen Beobachtungen sind auch in der Tabelle angegeben worden. Man ersieht daraus, daß die Variationen der Werte $\overline{\lg N}$ klein sind und jedenfalls nicht größer, als auf Grund des mittleren Fehlers zu erwarten wäre.

9. Chemische Analyse des abgenommenen Staubes

Bei einer ersten Untersuchung, die am Chemischen Institute der Universität zu Ankara durchgeführt wurde, war es unschwer festzustellen, daß die beobachteten Teilchen aus Eisen bestanden. Aber Frau Dr. N. BAYÇIN, die die Untersuchungen durchführte, teilte mir mit, daß keine Spur von Ni oder Co vorhanden war. Dies ist ein ziemlich unerwartetes Resultat. Später hat Dr. F. ENDER vom Physikalisch-chemischen Institut der Universität zu Heidelberg freundlichst eine Menge von etwa 1 mg des Staubes aufs genaueste chemisch analysiert. Er fand, daß, wenn Nickel vorhanden ist, der Gehalt jedenfalls kleiner als 0.01% sein muß.

Eine Möglichkeit ist, daß Nickel und Eisen in der Atmosphäre von einander getrennt werden und die Teilchen separat auf die Platte fallen. Die Nickelteilchen werden nicht von dem Magneten angezogen, sie bleiben auf der Platte zurück. Wir beabsichtigen, die Staubteilchen der Platte zu sammeln und später spektroskopisch zu analysieren.

10. Das Gesamtgewicht der Eisenteilchen

Die Mengen Eisenstaub, die täglich auf die Glasplatte fallen, sind sehr klein, so daß es nicht möglich war, täglich einwandfrei die Gewichtsmengen zu bestimmen. Ich habe daher die Menge Eisenstaub gesammelt, welche sich am Ende von 75 aufeinanderfolgenden Tagen auf der Glasplatte vorfand ($t_1 = 4. 4. 1956$, $t_2 = 29. 6. 1956$). Für dieses Intervall ergab sich das Totalgewicht zu $m = (1.6 \pm 0.1)$ mg. Die Oberfläche der Glasplatte war 1.28 m^2 .

Das mittlere jährliche Gewicht ergibt sich aus

$$\left[\int_0^{365} f(x) dx : \int_{t_1}^{t_2} f(x) dx \right] \cdot (1.6 \pm 0.1) \text{ mg},$$

wobei die zwei Integrale sich aus Abb. 1b ermitteln lassen. Nimmt man die Gesamtoberfläche der Erde zu $S = 5 \cdot 10^{14} \text{ m}^2$ an, so ergibt sich als Totalgewicht des Eisenstaubes, der jährlich auf die Erdoberfläche gelangt: $M = (3.1 \pm 0.2) \cdot 10^9 \text{ kg/Jahr}$.

Dies ist nur eine rohe Abschätzung. Erstens ist die Methode, die wir verwendet haben, nicht sehr genau und zweitens wurde in der Berechnung vorausgesetzt, daß die Dichte des Eisenstaubes überall auf der Erdoberfläche die gleiche ist, worüber aber keine Gewißheit besteht.

Es ist bemerkenswert, daß die Zahl, die wir finden, von derselben Größenordnung ist wie die, welche sich aus den Beobachtungen von z. B. J. THOMSON [7] ergeben hat: $M = 10^9 - 3.7 \cdot 10^9 \text{ kg/Jahr}$.

Teil II. Neue Methode

1. Allgemeine Beschreibung

a) Mit den alten Methoden gaben die Beobachtungen in Heidelberg bis zum Dezember ziemlich gute Resultate; aber dann begann eine Periode von Regen und Nebel. Deshalb mußte ich eine andere Methode suchen, damit ich eine ununterbrochene Kurve bekommen konnte. Nach mehreren Versuchen wurde folgende Beobachtungsmethode gewählt: Es wurde ein Magnet bestellt, dessen Intensität von etwa 800 Gauß in 1 cm Polabstand für ein Jahr konstant bleibt und dessen Polfläche 8 cm^2 ist. Dann wurden auf die beiden Institutsdächer, deren Entfernung voneinander etwa 150 m ist, zwei Schalen aus Zinkblech mit 0.7 m^2 Grundfläche hingestellt. Die auf diese Fläche einfallenden metallischen Teilchen wurden täglich mit dem starken Magneten weggesogen. Dazu wurde die Polfläche des Magneten jedesmal mit einem Stück Nylonpapier umwickelt (Abb. 2a) und in einem Abstand von etwa 1 cm über der Bodenfläche der Schale hin- und herbewegt, so daß alle metallischen Teilchen sich auf dem Papier sammelten. Sie sammelten sich längs eines Ringes an der Kante des Magneten, so daß das nachher abgehobene Papier aussah wie Abb. 2b.

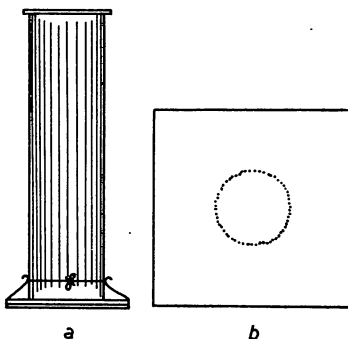


Abb. 2a. Skizze des Magneten mit dem Nylonpapier
2b. Nylonpapier mit dem Ring der Eisenteilchen

b) Nachdem ich wieder nach Ankara zurückgekehrt war, wollte ich mit derselben Beobachtungsmethode fortfahren. Um eine hundertprozentig konstante Intensität zu bekommen, habe ich einen Elektromagneten anfertigen lassen, mit einer Polfläche von 7 cm^2 , dessen Intensität durch die Beziehung $H = 200 i$ gegeben ist. Dabei ist i die elektrische Stromstärke. Es wird ständig $i = 2.5 \text{ A}$ angewendet, so daß die Intensität des Magneten 500 Gauß in etwa 1 cm Polabstand wird.

Der Elektromagnet hat noch einen zweiten Vorteil: wenn das Nylonpapier von dem Magneten abgelöst wird, wird der Ring der Teilchen nicht zerstört. Es ergab sich, daß der Ring auf dem Nylonpapier etwas anders aussieht an Regentagen als an trockenen Tagen. Damit daraus keine systematische Differenz entstehen kann, verwende ich jetzt in Ankara eine trockene und eine feuchte Schale je mit 1 m^2 Grundfläche. Jeden Tag wird etwas destilliertes Wasser in die feuchte Schale gegossen, nachdem diese vorher sorgfältigst gereinigt worden ist. In dieser Weise habe ich zwei Serien Messungen erhalten. Die eine Serie stützt sich auf die Ergebnisse der feuchten, die andere auf diejenigen der trockenen Schale.

2. Herstellung der Schätzungsskala

Die Schwärzung S muß eine Funktion $\varphi(N)$ der Anzahl N der Eisenteilchen sein. Eine Schwärzungsskala wurde auf folgende Weise hergeleitet. Während 40 Tagen wurden die Nylons mit den geschwärzten Ringen angesammelt. Nachher wurden die Nylons in einer Reihe mit zunehmender Schwärzung hingelegt. Aus dieser Reihe wurden 13 Stufen von zunehmender Schwärzung ausgewählt in solcher Weise, daß jede folgende Stufe sich deutlich von der vorigen unterscheiden ließ. Die 13 Stücke Nylon, die je eine Stufe darstellten, wurden zwischen zwei dünne Glasplatten gelegt, damit die Skala konstant blieb. Danach wurden alle folgenden Beobachtungen nach dem ARGELANDERSchen Verfahren in diese Skala eingeschätzt. (In Ankara wurden zwei Skalen hergestellt, von denen jede nicht 13 sondern 10 Stufen hat.) Um die Relation

zwischen S und N zu ermitteln, also die Funktion $S = \varphi(N)$, habe ich nicht nur täglich die Werte S bestimmt, sondern auch während einer großen Anzahl regenfreier Tage außerdem die Werte N durch direkte Zählung. Zu diesem Zwecke wurde die alte Glasplatte von 1.28 m^2 und die nasse Schale (Schale 1) von 1 m^2 verwendet. Das Resultat zeigt Abb. 3.

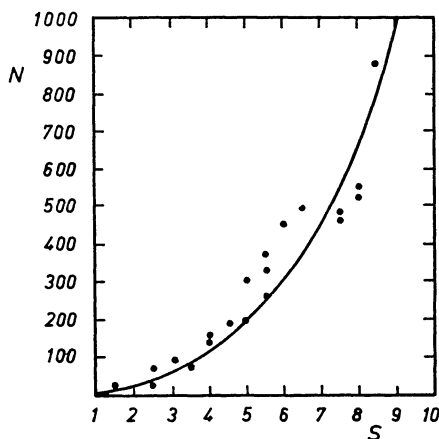


Abb. 3. Beziehung zwischen Schwärzung (S) und Zahl der Eisenteilchen (N)

3. Die Messungen in Heidelberg

Die Ergebnisse der Beobachtungen in Heidelberg sind aus Abb. 4 zu ersehen. Diese Abbildung gehört bis zum 1. März 1956 zu der Schale II (auf dem Ostinstitut). Nach diesem Datum hat Herr Prof.

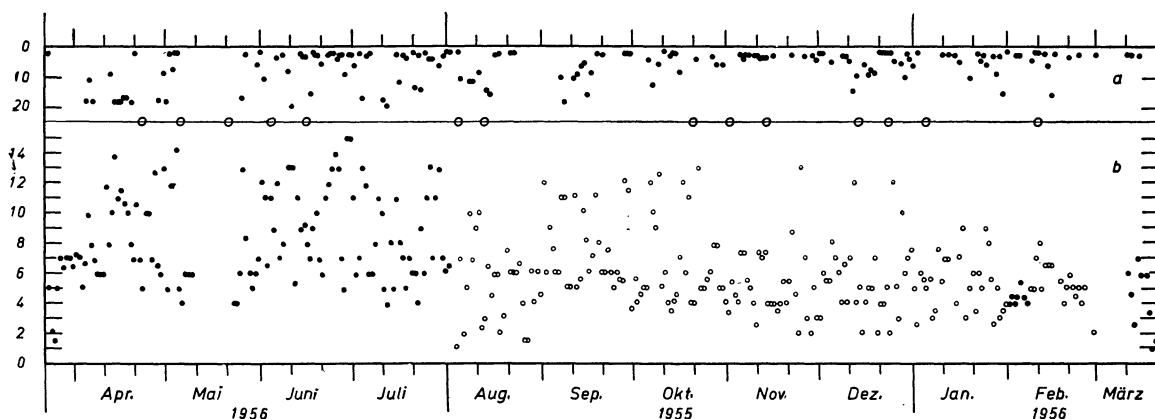


Abb. 4. Tägliche Verteilung der Eisenteilchen in Heidelberg. a) Regenmenge (in mm); b) Menge der Eisenteilchen von Schale II (in Schätzungsskala), $\circ$ KIZILIRMAK, $\bullet$ BOHRMANN; $\circ$ Meteorströme

BOHRMANN nur aus der Schale I (auf dem Westinstitut) beobachtet. Da das Westinstitut Werkstatt und Zentralheizung hat, ist die Schale I etwas ungünstig. Aber in dieser graphischen Darstellung sind die Werte auf Schale II reduziert worden. Die Verteilung der Eisenteilchen zeigte keine Korrelation mit der Windstärke.

4. Einfluß der Windrichtungen in Heidelberg

Wie vorher gesagt wurde, gibt es viel Eisenindustrie im Westen von Heidelberg. Deshalb wurde nur an Tagen, wo West- oder Ostwind wehte, die mittlere Menge des Eisenstaubes untersucht. In jeder Richtung wurde an 20 Tagen die Menge der auf die Schalen gefallenen Eisenteilchen bestimmt und davon der Durchschnittswert genommen:

$$\text{mittlere Werte in östlicher Richtung } \bar{S}_O = 5.8,$$

$$\text{mittlere Werte in westlicher Richtung } \bar{S}_W = 8.6.$$

Bei den mittleren Werten ist der Unterschied sehr groß, d. h. der westliche Wind bringt wahrscheinlich die Industriestäubchen mit.

5. Resultate der Beobachtungen in Heidelberg

- Man sieht an der täglichen Verteilung (Abb. 4), daß es in Heidelberg sehr oft regnet und daß der Regen den Verlauf der Kurve stört. Jedem Regen entspricht ein Maximum, von dem man nicht weiß, ob es ein tatsächliches Maximum ist.
- In der Umgebung der Eisenindustrie müssen die Beobachtungen in Zweifel gezogen werden. Bei westlichem Wind hat man mehr Teilchen.
- Aus diesen zwei starken Gründen kann man sagen, daß solche Beobachtungen in Heidelberg ungünstig sind.

6. Die Beobachtungsergebnisse mit der neuen Methode in Ankara

- Der Beobachtungsfehler läßt sich bei der neuen Methode in folgender Weise bestimmen: Es wäre nicht unmöglich, daß zwischen den Schätzungen der Schwärzung der trockenen und der nassen Schale normalerweise ein systematischer Unterschied vorhanden wäre. Die geschwärzten Ringe könnten ein etwas verschiedenes Aussehen haben. Aber an Regentagen sind die Umstände für beide Schalen identisch und die Unterschiede zwischen den Schwärzungen sind rein zufälliger Art. Es gibt 28 Fälle, wo diese Bedingungen erfüllt sind und also auch 28 Werte $\Delta x = S_1 - S_2$ (S_1 ist die Schätzung der aus der nassen Schale abgenommenen Menge). Aus $\varrho_s = \sqrt{\frac{[\Delta x^2]}{2n}}$ ergibt sich $\varrho_s = \pm 0.7$ Schätzungseinheiten.

Seit Anfang November wurden die Beobachtungen teils von mir (3 Tage pro Woche), teils von den Herren GÜNER und İSMEN durchgeführt. Die Schätzungen der Schwärzung wurden aber täglich unabhängig voneinander durchgeführt sowohl von den Herren GÜNER und İSMEN als auch von mir. Die Korrelation zwischen den beiden Schätzungsreihen ergibt sich aus Abb. 5. Wie sich durch Vergleich mit Abb. 6 ersehen läßt, sind die Unterschiede $\sigma_K - \sigma_S$ ($K = \text{KIZILIRMAK}$; $S = \text{GÜNER und İSMEN}$) bedeutend kleiner als die Unterschiede der Schwärzungen, die sich aus zwei verschiedenen Schalen ergeben. Hieraus läßt sich ersehen, daß bei der neuen Methode die persönlichen Fehler zu vernachlässigen sind.

- Die Korrelation zwischen den Schwärzungen, hergeleitet aus den Beobachtungen der Schale 1 bzw. Schale 2, ist in Abb. 6 angegeben. Diese Abbildung zeigt, daß die Beobachtungen nicht systematisch untereinander abweichen und die Beziehung zwischen den zwei Beobachtungsreihen einfach angegeben wird durch die Relation $S_1 = S_2$.

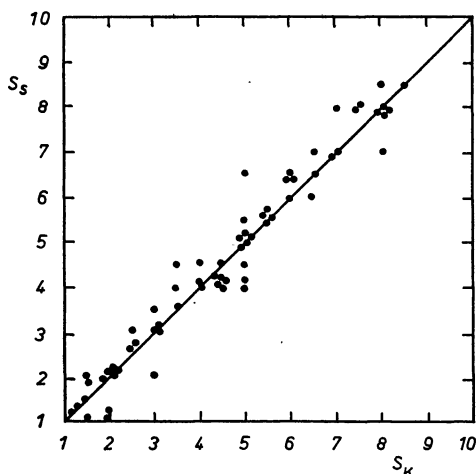


Abb. 5. Korrelation zwischen den Beobachtungen von KIZILIRMAK (S_K) und von GÜNER-İSMEN (S_S)

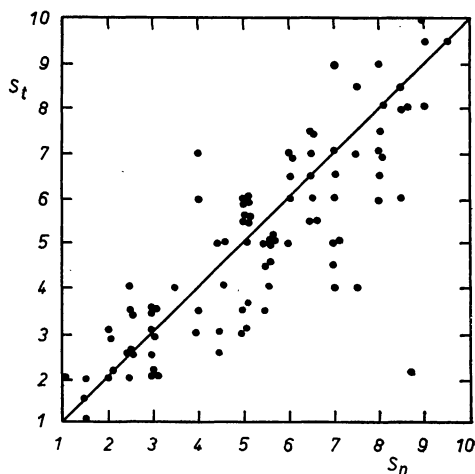


Abb. 6. Korrelation zwischen den Schätzungen für die nasse Schale I (S_n) und für die trockene Schale II (S_t)

Schale 2 ist die trockene Schale, sie hat den Nachteil, daß an Regentagen die Beobachtungen sich nicht durchführen lassen. Bei der Schale 1 sind auch an Regentagen die Beobachtungen wertvoll, und aus diesen letzteren Beobachtungen kann also eine ununterbrochene jährliche Reihe hergeleitet werden, was für unsere Zwecke sehr wertvoll ist. In Zukunft werden daher an erster Stelle die Beobachtungen der Schale 1 verwendet, während die Beobachtungsserie 2 zur Kontrolle verwendet wird.

- Abb. 7 gibt die täglichen Werte S , wie sie in Ankara beobachtet wurden. In dieser Abbildung sind für die verschiedenen Tage des Jahres auch die Niederschläge angegeben worden. Die Dreiecke geben an, daß es an diesem Tage einen visuell oder radioastronomisch beobachteten Meteorstrom gegeben hat. Die Basis dieser Dreiecke ist der Dauer des Stromes gleich und die Höhe ist proportional der Dichte des Stromes.

Aus Abb. 7 ergeben sich folgende Resultate:

1. Jedesmal wenn es einen Meteorstrom gibt, zeigt die Abbildung ein Maximum der Schwärzung S_1 , aber dieses Maximum scheint immer um einige Tage verspätet zu sein.

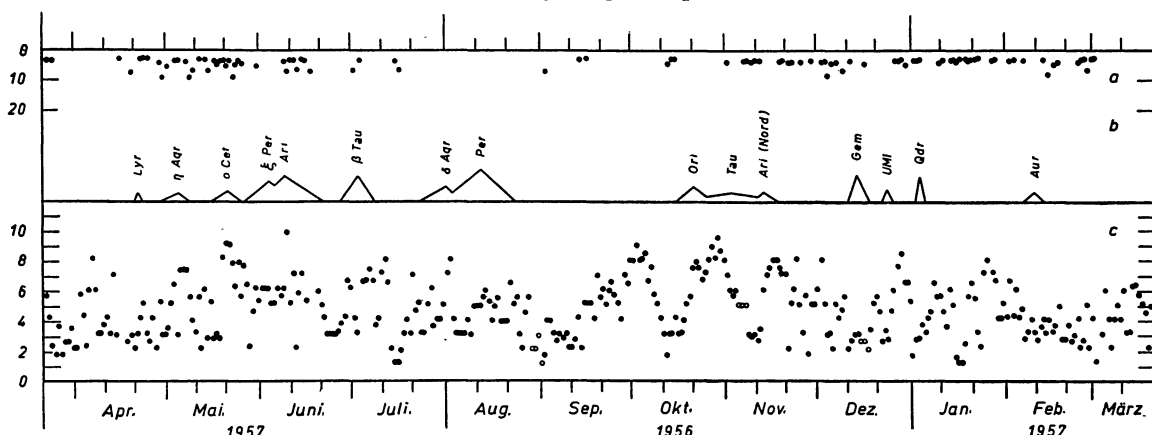


Abb. 7. Tägliche Verteilung der Eisenteilchen in Ankara.

a) Regenmenge (in mm), b) Meteorströme, c) Menge der Eisenteilchen (in Schätzungsskala)

2. In der Verteilungskurve S_1 ergeben sich einige Maxima, die nicht mit einem der zur Zeit bekannten Meteorströme übereinstimmen.

3. Der Regen verursacht noch immer einige Unregelmäßigkeiten in der Verteilungskurve. Am ersten Tag nach dem Regen ergibt sich immer ein Minimum, das aber nicht reell ist. Am Regentage selbst ist die beobachtete Schwärzung S_1 zu groß. Daher muß die genaue Interpretation der Kurve mit Vorsicht versucht werden. Eine Korrelation mit den gemessenen Windstärken ergab sich nicht.

4. Die maximalen Schwärzungen ergeben sich etwa im September und Oktober, während ein zweites weniger ausgeprägtes Maximum um Juni herum angedeutet ist. Die Beobachtungen müssen aber über ein längeres Zeitintervall ausgedehnt werden, um darüber Gewißheit zu bekommen. Jedenfalls stimmen diese vorläufigen Resultate mit denen, welche aus direkten Zählungen hergeleitet wurden, ziemlich gut überein.

d) Die mittlere jährliche Verteilung gibt die vorläufige Kurve in Abb. 1c. Diese mittlere Kurve wurde durch Normalpunkte gezogen, die aus den Beobachtungen von je 10 Tagen hergeleitet sind. Die Normalpunkte sind den Werten $\bar{S}$ (über 10 Tage) gleich genommen. Es wurde der Durchschnittswert von allen Beobachtungstagen genommen, ob es Regen gab oder nicht. Es ist klar, daß diese Methode nicht ganz einwandfrei ist. Es hat sich doch ergeben, daß am Regentage S_x zu groß und am Tage nach dem Regen S_y zu klein ist. Die Relation zwischen den Schätzungswerten $\bar{S}$ und der Anzahl N ist wahrscheinlich eher logarithmischer Art als linear. Wäre die Relation rein logarithmisch, dann wäre der richtige Mittelwert: $\bar{S} = \text{konst.} \cdot \left(\lg N_1 + \dots + \lg N_{x-1} + \lg \frac{N_x + N_y}{2} + \lg \frac{N_x + N_y}{2} + \dots + \lg N_{10} \right) : 10 = (S_1 + \dots + S_{x-1} + S_{x+y} + S_{x+y} + \dots + S_{10}) : 10$, während unser Mittelwert $\bar{S} = (S_1 + \dots + S_{x-1} + S_x + S_y + \dots + S_{10}) : 10$ ist. Also könnte es in unserem Mittelwert doch noch einen Einfluß des Regens geben, obwohl dieser Einfluß klein sein muß. Dieser Resteffekt kann nur beseitigt werden, indem die Beobachtungen über mehrere Jahre ausgedehnt werden, so daß wir für jeden einzelnen Tag einwandfreie Werte bekommen.

Meinen besonderen Dank möchte ich Herrn Prof. E. A. KREIKEN, dem Direktor des Astronomischen Institutes der Universität in Ankara aussprechen, der mir diese Arbeit 1954 gegeben, sie überwacht und mir jederzeit freundlich geholfen hat. Herrn Prof. KIENLE, Direktor der Sternwarte Heidelberg-Königstuhl, hat mir freundlicherweise das Material für diese Arbeit zur Verfügung gestellt. Herr Prof. BOHRMANN, ebenfalls von der Sternwarte Heidelberg, machte mir den Vorschlag für diese neue Methode und hatte ferner die Liebenswürdigkeit, nach meinem Fortgang von Heidelberg die Beobachtungen für mich fortzusetzen. Ihnen allen, auch Frau N. BAYCIN und Frä. SÜSLÜ in Ankara, Herrn Dr. F. ENDER und den Mitarbeitern der Sternwarte in Heidelberg sei für ihre stets hilfsbereite Mitwirkung bestens gedankt.

Literatur

- [1] A. KIZILIRMAK, Preliminary report on the amounts of iron dust which daily fall on the surface of the earth. Commun. Department of Astron. Ankara Univ. Nr. 3 (1954).
- [2] R. SÜSLÜ, Report on the observation of iron dust. Commun. Department of Astron. Ankara Univ. Nr. 22 (1956).
- [3] C. HOFFMEISTER, Meteorströme. Weimar 1948.
- [4] B. LOVELL, J. A. CLEGG, Radio Astronomy. London, New York 1952.
- [5] P. M. MILLMAN, A provisional list of the major meteor showers. Sky and Telescope 14. 96 (1955).
- [6] F. L. WHIPPLE, G. S. HAWKINS, Meteors and rainfall. Sky and Telescope 15. 170 (1956).
- [7] W. J. THOMSEN, The annual deposit of meteoric dust. Sky and Telescope 12. 147 (1953).