

HABEN BEI DEN AUSBRÜCHEN DES SLAMET-VULKANS ERUPTIONSREGEN STATTGEFUNDEN?

VON

M. NEUMANN VAN PADANG.

Geologe beim „Dienst van den Mijnbouw“ in Niederländisch Indien.

Mit Tafeln 9 und 10.

EINLEITUNG.

Die grossen Verwüstungen und die Schäden, welche die Laharbandjire (Muren) im westlichen Vorlande vom Merapi nach dem grossen Ausbruch im Dezember 1930 verursacht haben, machten ein Studium des Problems, ob Eruptionsregen stattfinden, notwendig.

Die Frage, ob Eruptionsregen bestehen, ist von grosser Bedeutung für die Bestimmung des Zeitpunktes, wann man mit Laharen zu rechnen hat. Kommen wirklich schwere Eruptionsregen zusammen mit grossem Aschenfall vor, dann ist auch augenblicklich mit Lahargefahr zu rechnen. Bestehen Eruptionsregen jedoch nicht, dann brauchen Lahare in der Regenzeit gar nicht und jedenfalls nicht unmittelbar nach dem Ausbruch stattzufinden.

Die für diese Untersuchung benutzten Regenangaben wurden wohlwollenderweise von Prof. Dr. J. BOEREMA, Direktor des Königl. Magnetischen und Meteorologischen Observatoriums zu Batavia zur Verfügung gestellt. Aus den Debit- bzw. Pegelstandwahrnehmungen in den Flüssen Peloes und Goeng wurde auf den Regenfall im Gipfelteil des Berges geschlossen. Diese Angaben sind freundlicherweise verschafft worden von den Herren Ir. L. J. POLDERMAN, Haupt der Irrigation Pemali-Tjomal zu Tegal und Ir. W. H. STEENAART, Ingenieur der Irrigation zu Poerwokerto. Herrn Dr. Å. WALLENQUIST, Astronom zu Lembang, danke ich herzlichst für seine Hilfe in der Anwendung der Korrelationsmethode auf das Vorkommen von Eruptionsregen.

Leider stehen nur wenig Daten zur Verfügung. Ein einwandfreier Zusammenhang zwischen Ausbruch, Regenfall, Wasserabfuhr und Bandjirhöhe ist nur aus einer sehr grossen Anzahl Werten zu bekommen. Im Falle des Slamet stehen dem Vulkanologen nur die letzten 20 Jahre mit 11, im allgemeinen kleinen Ausbrüchen zur Verfügung, sodass noch keine endgültigen Schlüsse gezogen werden dürfen. Die Ergebnisse hier beim Slamet, im Zusammenhang mit dem, was der grosse Krakatau-

ausbruch am 26/27. August 1883 gezeigt hat (1934), sind jedoch eine Unterstützung für meine Behauptung (1932, S. 100), dass es zweifelhaft ist, ob Eruptionsregen wohl bestehen, wenn man die wieder herunterstürzenden Wassermengen ausnimmt, die einem untermeerischen Ausbruch ihre Entstehung verdanken (1933a, S. 27).

ERUPTIONSREGEN.

Unter Eruptionsregen muss man die Niederschläge verstehen, die im Zusammenhang mit dem Ausbruch stehen und durch ihn hervorgerufen werden. Es ist entweder juveniles Wasser oder Grundwasser, oder atmosphärisches Wasser, das durch die Aschenwolken zur Kondensation gekommen ist, oder schliesslich emporgeschleudertes Kratersee- oder Meerwasser (1934). FRIEDLAENDER (1931, S. 121) glaubt, dass auch warme, wasserreiche Luft der Umgebung durch die als Injektorstrahl wirkenden Eruptionsgase mit in die Höhe gerissen wird, und dass das in ihr enthaltene Wasser in den kälteren Schichten grösserer Höhe kondensiert, wobei auch die vulkanischen Staubteilchen als Kondensationskerne mithelfen.

Man sollte jedoch nur jene Niederschläge als „Eruptionsregen“ bezeichnen, die grösser sind als normale Regen. Jedenfalls haben sie erst dann Bedeutung für die Vulkanbewachung.

Viel ist in der Literatur nicht über Eruptionsregen zu finden, noch weniger wurde das Wort selbst genannt. FRIEDLAENDER schreibt (1929/30b, S. 40):

„Dafür, dass die Wasserdampfproduktion aus der Spalte (vom Aetna) recht kräftig war, spricht auch die Tatsache, dass wir beobachten konnten, wie in Taormina und Catania sonniges Wetter herrschte, während über dem dazwischen liegenden Berghang ein Gewitter *mit starken Regen* *) während des ganzen Nachmittags des 11. November sich entlud. Der Regen, der uns den Ausflug verdorben hatte, war wohl wesentlich vulkanisches Wasser gewesen.“

FRIEDLAENDER denkt sich diesen Regen aus juvenilem vulkanischem Wasser entstanden. Dass Wasser im Magma anwesend ist, geht nicht nur aus dem Wassergehalt der frischen Laven, sondern auch aus den Versuchen von DAY und SHEPHERD im Krater des Kilauea (1914, S. 282) hervor, die aus den Vulkangasen 300 cc Wasser auffingen. Sehr gross war auch die Wasserdampfmenge, die am 6. Oktober 1928 aus dem Vesuv strömte, und die FRIEDLAENDER (1929/30, S. 47) bei einer Ausströmungsgeschwindigkeit von 10 m/Sek auf 500 m³ oder 300 kg schätzte.

R. H. FINCH bezweifelt, dass juveniles Wasser, das bei Vulkan- ausbrüchen freikommt, schwere Regen verursacht. Er sagt darüber (1930, S. 516):

*) Kursiv von mir N. v. P.

„Rainfalls do not accompany all volcanic explosions. There was good correlation between observed rainfalls and the relative humidity. Steamclouds never became visible as might be expected were they voluminous enough to account for observed rainfalls. Though light rains that have accompanied some explosions of many volcanoes may well have had part of their source in condensed steam, *the main source of the rainfall must be largely the moisture of the surrounding air.*“*)

Auch RITTMANN hat, obgleich H₂O im Magma vorkommt, nicht die Sicherheit, ob der Regen vom Vesuvausbruch im Juni 1929 aus der Eruptionswolke selbst oder aus der Atmosphäre gekommen ist. Im letzteren Falle denkt er an die abkühlende Wirkung der Wolke. Er schreibt nämlich (1929/30a, S. 319):

„Am Abend des 3. Juni konnte ich beobachten, wie ein kleiner hochgeschleuderter Wolkenballen langsam durch den Wind abgetrieben wurde und sich spurlos in der Atmosphäre auflöste. Am 5. und 6. Juni fiel *mehrmals heftiger Regen* *) aus der Eruptionswolke, was man allerdings auch auf die Schirmwirkung der dichten Rauchwolke gegen die Sonnenstrahlen zurückführen kann.“

VON WOLFF (1914a, S. 397) sagt unter dem Titel „Schlammströme“:

„Bei den Gebilden der zweiten Gruppe tritt atmosphärisches Wasser bereits während des Ausbruches hinzu. Die Massen gelangen nicht in trockenem Zustand, sondern mit Wasser und Schlamm angerührt zur Gestaltung. *Das Wasser rührt aus der Kondensation des Wasserdampfes der Atmosphäre* *) her. Durch die feine Verteilung fester Teilchen in der Luft in Verbindung mit der Temperaturerniedrigung, die eintreten muss, wenn die Sonnenstrahlung durch Verdunkelung zeitweise unterbrochen wird, und durch andere meteorologische Verhältnisse, gelangt der Wasserdampf zur Verdichtung und *fällt als Regen* *) nieder. Auf diese Weise tritt eine Vermischung der Asche mit Wasser ein. Dieselbe fällt in Form heisser Schlammtröpfen nieder.“

VON WOLFF meint also, dass Regen Begleiterscheinungen sind von vulkanischen Ausbrüchen, aber sie können so geringfügig sein, dass sie die Oberfläche nicht gleichmässig durchfeuchten und dadurch zur Bildung von Pisolithen Veranlassung geben (1914a, S. 398).

Weder VON WOLFF, noch FRIEDLAENDER und RITTMANN nennen jedoch das Wort „Eruptionsregen“.

Obgleich SAPPER (1927, S. 103) ebensowenig das Wort Eruptionsregen benutzt, so sagt er doch:

„Zu den Begleiterscheinungen vulkanischer Lockerausbrüche *gehören vielfach schwere Regengüsse* *) mit Gewittererscheinungen.“

Er meint, dass ein Teil dieses Wassers magmatischen Ursprungs ist. Ueber den Ausbruch des Santa Maria auf Guatemala schreiben SAPPER und TERMER (1930/31, S. 76):

*) Kursiv von mir N. v. P.

„Als er nach El Parmar ging, überraschte ihn ein furchtbarer *Platzregen* *), aber er verfolgte seinen Weg“

und etwas weiter:

„Und als er die Sicherheit hatte, das alle Ueberlebenden bei ihm waren, führte er sie nach der Station Los Encuentros *unter schwerem Regen* *) mitten in der Dunkelheit...“

Im Jahre 1902 (1928, S. 147) sah SAPPER jedoch beim Santa Maria-vulkan zwischen den Ascheneruptionen oft mächtige Wasserdampf Wolken, die sich trotz ihrer gewaltigen Masse von 5—6 km Höhe und 1½—2 km Breite in relativ kurzer Zeit wieder ganz im Luftraum auflösten.

Schliesslich schreibt FRIEDLAENDER (1931, S. 120):

„Es ist ganz zweifellos, dass die vulkanischen Vorgänge gelegentlich die meteorologischen Erscheinungen in ausgedehntem Masse beeinflussen“

und etwas weiter:

„Vulkanausbrüche werden äusserst häufig von grossen Regengüssen begleitet oder gefolgt. Die Wassermassen solcher Regengüsse gehen dann in den Tälern am Hange des Vulkans als Wildbäche nieder, oft in der Form von verheerenden Schlammströmen, wenn sie die kurz vorher oder gleichzeitig gefallene Asche mitreissen... (FRIEDLAENDER) will hier nicht verschweigen dass er persönlich der Ansicht ist, dass der Grossteil des Wassers in der Regel dem Vulkan selbst entstammt, sei es, dass es sich, wie wohl in den meisten Fällen, um magmatisches Wasser handelt, sei es, dass es sich um mitgerissenes Meer- oder Süswasser handelt, was zweifellos hin und wieder vorgekommen ist. (FRIEDLAENDER) glaubt sogar, dass in etlichen Fällen nicht nur Wasserdampf, sondern sogar flüssiges Wasser vom Vulkan gefördert werde (Vesuv 1631).“

Alle obengenannten Regenerscheinungen, sowohl die beobachteten, wie die theoretisch gedeuteten, können sehr gut normale Regengüsse gewesen sein, die zufälligerweise während des Vulkanausbruches niedergekommen sind, die also ebensogut gefallen sein würden, wenn der Ausbruch ausgeblieben wäre.

Beim Merapi habe ich darauf hingewiesen (1932, S. 130), dass die grossen Bandjire und Lahare nicht durch schwere *Eruptionsregen* verursacht sein können, sondern dass die dicke Aschendecke im Gipfelgebiet und auf der Westflanke dafür verantwortlich gewesen ist.

Wahrnehmungen in Vulkangebieten führen immer mehr dazu die Auffassung der sogenannten *heftigen Regen* nach Ausbrüchen zu verwerfen. Sehr auffallend war in dieser Hinsicht, dass die enormen Aschenmengen, die am 18. Dezember 1930 in der Luft schwebten, auf den Berghängen des Merapi keine Regen verursacht haben. Dies ist umsomehr bemerkenswert, als es in der Regenzeit war.

Bei den Ausbrüchen des Slamet ist die Eruptionsregenfrage gut zu studieren, erstens weil die Ausbrüche von kurzer Dauer gewesen sind,

*) Kursiv von mir N. v. P.

sodass die Wirkung der Asche auf die Atmosphäre schärfer gefasst werden kann, und zweitens weil die Umgebung, namentlich die Gegend von Batoeraden (Fig. 3), auf dem Südhang des Berges, nach J. BOEREMA (1926, S. 22) auch im Ostmonsun durch das Vorkommen von Stauregen, zu den regenreichsten Gegenden von Java gehört (Fig. 1 u. Tabelle 1).

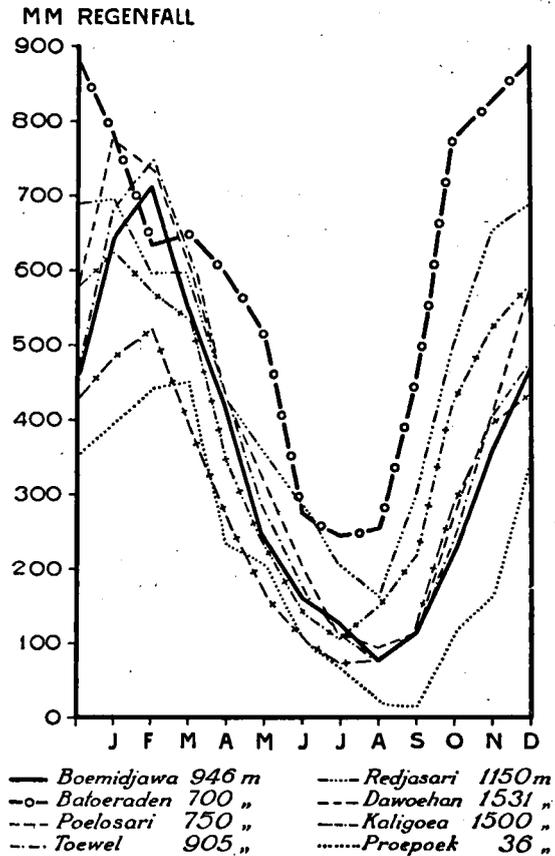


Fig. 1.

Graphik der vieljährigen Regenmengenüberschnitte von den acht höchsten Stationen um den Slamet.

Hier werden nur behandelt die Vorgänge, die seit 1926 stattgefunden haben, weil erst seit dieser Zeit Debitmessungen bestehen.

DIE AUSBRÜCHE.

Mit einer kurzen Beschreibung der Ausbrüche, die auf den Tafeln 9 und 10 durch dicke, schwarze Linien längs der Basis und senkrecht dick gestrichelte Linien angegeben sind, soll hier angefangen werden.

Der Ausbruch im November 1926.

Am 27. November wurde um ungefähr 14 Uhr eine grosse graue Aschenwolke über dem Gipfel gesehen, worauf ein Aschenregen folgte, der eine grosse Verbreitung hatte, wie auf Fig. 2 zu sehen ist. Bei einem Besuch des Kraters am 4. Dezember entstieg einem tiefen Loch dichter Dampf mit lautem Zischen. Die Sandebene im Norden des Kraters war besät mit grossen Steinblöcken, die zwischen einem ziemlich dicken braunen Schlamm und einer grossen Menge Schwefel lagen. Nur im Norden des Kraters wurden frische Steine von etwa 1 m³ gesehen; im Osten, Westen und Süden dagegen nicht. Die Asche ist hauptsächlich nach NW geweht worden und ist 3½ Stunden nach der Explosion zu Cheribon, auf 91 km vom Vulkangipfel entfernt, gefallen. In Boemijajoe, Banjoemoedal, Djatinegara, Tegal und auch auf der Südseite ist keine Asche gefallen (Fig. 2).

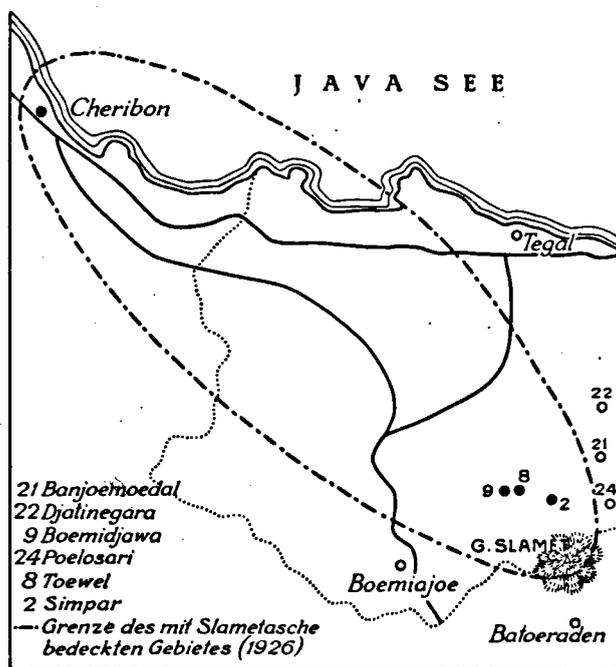


Fig. 2.

Übersichtskarte vom Slamet und die Verbreitung des Aschenfalls am 27. November 1926.

Vor diesem Aschenausbruch sind auf dem Slamet Feuererscheinungen wahrgenommen worden. In den Dörfern des Unterbezirks Keboemen (Südseite) wussten einige Menschen am 30. November zu erzählen, dass aus dem Vulkan seit einer Woche schwere Aschenwolken aufgestiegen sind, die nach Norden abtrieben. Daher habe ich diesen Ausbruch eine Woche andauern lassen (Tafel 9 und 10).

Der Ausbruch vom 25. Februar 1927.

Am 25. Februar 1927, also drei Monate später, ist Asche auf $7\frac{1}{2}$ km NO vom Gipfel in der Nähe des Dorfes Poelosari gefallen. Bei der Untersuchung ergab sich, dass die Asche zum grössten Teile aus frischen Gesteinskörnern bestand (1927a).

Der Ausbruch vom 20—29. März 1928.

Aus Toewel, einem Orte am NW-fusse des Vulkans, kam die Nachricht (1927/29, S. 51), dass am 20. März eine grosse Rauchsäule aus dem Krater aufgestiegen sei, und dass am 28. und 29. März Asche auf der NW-seite des Berges gefallen ist. Auf dem Sandsee sind am 6. Mai keine neu ausgeworfenen Steine beobachtet worden. Der flache Boden des Kraters mit dem tiefen Loch auf der Ostseite, war jedoch verschwunden und an seiner Stelle eine grosse Oeffnung entstanden, die sowohl in nördlicher wie in südlicher Richtung eine spaltenförmige Verlängerung mit kräftiger Solfatarentätigkeit hatte.

Der Ausbruch im Mai 1928.

Der Assistent Wedono (Regierungsbeamter) von Djalegong (Banjomas) meldete einen Aschenregen vom 8. Mai und der Assistent Resident von Pemalang einen vom 12. Mai. Schwere Rauchwolken sollen aus dem Krater gekommen sein (1927/29, S. 60).

Der Ausbruch im Juni 1929.

Bei einer Besteigung des Gipfels am 30. Juli 1929 war die ganze Umgebung des Kraters, besonders die Nordseite, mit einer mehrere Millimeter dicken Aschenschicht bedeckt. Ein Polizist des auf dem Osthang gelegenen Dorfes Bambang war am 15. Juni oben, als eine kleine Ascheneruption stattfand. Auch am 6. und 7. Juni sind schwache Aschenregen wahrgenommen worden (1927/29, S. 122).

Der Ausbruch im April 1930.

Von dieser Eruptionsperiode wissen wir, dass in der Nacht vom 2. zum 3. April auf dem nördlichen Berghang Asche gefallen ist. In den nächsten Tagen wurde nichts besonderes beobachtet, aber am 7. April war morgens um 8 Uhr eine dicke Dampf Wolke über dem Krater und am 8. April hat der Vulkan den ganzen Tag alle $\frac{1}{2}$ bis 1 Minute Eruptionswolken 6—800 m hoch ausgestossen. Asche ist damals im Bezirk Poerholinggo, SO vom Berge gefallen. In den folgenden Tagen war die Tätigkeit unregelmässig, stundenlang war oft nichts zu sehen. Als ich den Gipfel am 12. April besuchte, war der kahle Aussenhang ein paar hundert Meter unter dem Gipfel mit etwa 1 mm, unmittelbar

um den Krater mit etwa 5 mm Asche bedeckt. Am Abend vom 13. April ist aus der Unterkunftshütte zu Simpar nördlich vom Vulkan noch erhöhte Tätigkeit wahrgenommen worden. Danach sind jedoch von keiner Seite mehr Eruptionen gemeldet worden.

Der Ausbruch im Juli-September 1932.

Am 1. Juli ist von 7 bis 8 Uhr und am 2. Juli von 8 bis 9 Uhr im Bezirk Boemiajoe, westlich vom Vulkan Asche gefallen (1933, S. 109). Vom 3—6. Juli ist keine Tätigkeit beobachtet worden, aber am 7. Juli war die Dampfentwicklung wieder gross und wurde in der Umgebung Asche abgelagert. Diese Tätigkeit dauerte bis Anfang September an, wonach sie abblaute. Vom 30. Juli bis zum 9. August ist eine besonders starke Tätigkeit gewesen, wobei ausser viel Asche auch eine Menge glühende Schlacken ausgeworfen wurden.

DIE REGENZAHLEN.

Es wurde jetzt nachgegangen, welche Zusammenhänge im Slametgebiet zwischen Ausbruch, Regen und Flussdebite, bezw. Pegelstandhöhen bestanden haben. In der Tafel 9 ist der tägliche Regenfall, der vom 1. November 1926 bis Ende Februar 1927 und vom 1. Januar 1928 bis Ende August 1932, auf den Südhang des Vulkans gefallen ist, aufgetragen. Ausser dem täglichen Regenfall ist noch angegeben die Menge des im ganzen Monat gefallenen Regens, die Anzahl der Regentage und die täglichen Debite im Flusse Pelocs. Auf der Tafel 10 ist dasselbe angeführt für das Stromgebiet des Goengflusses im NW des Berges, jedoch nur für die Ausbruchsmomente. Für die Untersuchung wurde der Regenfall von Batoeraden und von Boemidjawa, d. h. der höchsten Regenstationen dieser Stromgebiete genommen. Die Regenfallmenge wurde immer morgens um 6 Uhr gemessen und gibt den Niederschlag der vorherigen 24 Stunden an.

Es ist nun auffallend, dass der Regenfall in den Tagen der Ausbrüche stets normal oder geringer war (Tafel 9 u. 10 und Tabelle 2). Vom 23/24. November 1926 fiel in Batoeraden 14, vom 24/25. November 7 und in den nächsten Tagen 0, 5, 25, 0, 20 und 14 mm Regen. Noch viel geringer war der Regenfall in Boemidjawa, also in der Richtung der Eruptionswolke. Da ist vom 23/24. November 4 mm und dann 0, 0, 0, 0, 5 und 40 mm Regen gefallen. Vom 27/28. November ist in Boemidjawa gar kein Regen gefallen, sodass die grosse Aschenwolke dort keinen Eruptionsregen verursacht hat, obgleich es mitten in der Regenzeit war.

Dasselbe gilt für den Ausbruch vom Februar 1927, wovon nur Aschenfall vom 25. Februar bekannt ist. Vom 25/26. Februar ist in Batoeraden 28 mm Regen gefallen, während am vorigen und am nächsten Tage 43 bezw. 47 mm Regen notiert sind. In Boemidjawa sind die Regenzahlen vom 25. bis zum 27. Februar 20, 0 und 50 mm.

Der Einfluss der Ausbrüche auf den Regenfall in den Jahren 1928 und 1929 ist aus den Tafeln 9 und 10 und der Tabelle 2 ersichtlich. Auch hier wieder zeigt es sich, dass der Regenfall normal oder niedriger war, woraus hervorgeht, dass auch während dieser Ausbrüche, obgleich noch in der Regenzeit, keine schweren Eruptionsregen stattgefunden haben.

Im Jahre 1930 ist in der Nacht vom 2. zum 3. April Asche ausgestossen und ist weder in Batoeraden noch in Boemidjawa Regen gefallen. In der Ausbruchperiode vom 7. bis zum 13. April hat es ebensowenig schwer geregnet. Aus den Tafeln 9 und 10 geht eher hervor, dass diese Ausbruchperiode gerade mit einer Zeit geringer Regenfälle sowohl in Batoeraden als auch in Boemidjawa zusammenfiel. Der einzige grosse Regenguss in Boemidjawa am 12/13. April kann natürlich nicht als Eruptionsregen angesehen werden, denn schwere Böen sind immer in den Regenmonaten zu erwarten.

Dasselbe kann wieder gesagt werden von der Ausbruchperiode im Jahre 1932. Diese fand zwar während des trocknen Monsuns statt, aber jedenfalls hat die ausgestossene Asche in der Umgebung des Berges keine erhöhten Regenfälle verursacht.

Sowohl auf dem regenreichen Südhang, wie auf dem Nordwesthang des Vulkans sind also während der vulkanischen Tätigkeit nicht nur kaum schwere Regen gefallen, sondern der Regenfall war in den Eruptionsperioden gerade besonders niedrig. Jeder Regenguss, wenn auch noch so klein, schlägt die Asche nieder, sodass für die Umgebung des Berges auch niemals die Bemerkung gemacht werden darf, dass der Einfluss sich erst nach einiger Zeit geltend macht.

Aus den Regen Zahlen in der Tabelle 1 und Fig. 1 geht hervor, dass es auf dem höheren Hang des Berges weniger regnet als auf dem niedrigen. Der vieljährige Durchschnitt der Regenmengen in den höchsten Stationen um den Slamet zeigt, dass z. B. von den drei Stationen Poelosari, Toewel und Boemidjawa auf der Nordseite des Berges (Tabelle 1 und Fig. 3), diese letztere obgleich am höchsten gelegen, den geringsten Regenfall angibt. Von den beiden Stationen Dawoehan und Kaligoea auf der Westseite des Berges, hat der höher gelegene Ort wieder den geringsten Regenfall.

Aus diesen und aus den auf den vorigen Seiten gemachten Auseinandersetzungen würde man schon annehmen können, dass die Slametausbrüche keine Eruptionsregen verursacht haben. Trotzdem wurde noch aus den Debiten der Flüsse Peloes und Goeng nachgegangen, ob es an den Ausbruchstagen vielleicht auf den höheren Berghängen schwer geregnet hat.



Fig. 3.

Uebersichtskarte vom Slametvulkan. 1: 375.000.

DIE WASSERMENGEN.

Zur Verfügung standen im Peloesfluss die Debite zu Kertadirdjan und die Pegelstandwahrnehmungen zu Danawari (südlich von Lebaksioe). Die Wassermengen, die hier gemessen wurden, stammen aus den Quellen im Vulkanhang und aus den oberflächlich abfließenden Regenmengen. Ein genauer Zusammenhang zwischen Regenfall auf dem Berghang und Flusswassermenge besteht natürlich nicht, weil das in die Erde gedrungene Wasser erst nach Monaten wieder zum Vorschein kommt. Ein relativer Zusammenhang ist jedoch wohl vorhanden, weil die oberflächlich abfließenden Wassermengen schon nach einigen Stunden an den Stellen, wo die Messungen stattfinden, angelangt sind. Da nun bei starken Regen der grösste Teil oberflächlich abfließt so bekommt man in den Debit- bzw. Pegelstandmessungen ein Bild von dem auf dem Berghang gefallenen Niederschlag, und nur auf dieses relative Bild kommt es in dieser Abhandlung an.

Ein geringer Zusammenhang besteht natürlich zwischen den gemessenen Flusswassermengen und den in Batoeraden oder Boemidjawa gefallenen Regen, weil zahlreiche Nebenflüsse — die jedoch alle vom Slamethang kommen — das Bild stark ändern.

Man sieht nun aus den Tafeln 9 und 10, dass die Wassermengen im Peloes und im Goeng während der Ausbrüche normal oder niedriger waren. Im Peloesfluss waren die Debite sowohl vor wie nach dem Ausbruch im November 1926 höher als während der eruptiven Tätigkeit und am 27. und 28. November, also während und unmittelbar nach dem schweren Aschenregen, waren die Debite am niedrigsten (siehe auch Tabelle 2). Genau dasselbe gilt für den Goengfluss, der in der Richtung der Aschenwolke liegt.

Dasselbe gilt ebenfalls vom 25. Februar 1926, als wiederum ein Minimum in der Wasserabfuhr der Flüsse Peloes und Goeng gemessen wurde. Auch während der eruptiven Tätigkeit in den Regenmonaten Mai 1928 und April 1929 ist sowohl für den Goeng wie auch für den Peloes ein normaler oder niedriger Wasserstand gefunden. Sehr deutlich kommt die Abwesenheit von schweren Eruptionsregen im Slametgebiet auch während des letzten grossen Ausbruches im Juli—September 1932 zum Ausdruck.

KORRELATION ZWISCHEN NORMALEM REGENFALL UND REGENÜBERSCHUSS WÄHREND DER AUSBRÜCHE.

Um einen etwaigen Zusammenhang zwischen dem wahrscheinlich normalen Regenfall und dem durch den Ausbruch beeinflussten Regenfall in mathematischer Fassung darzustellen, habe ich Dr. Å. WALLENQUIST gebeten dies nach der Korrelationsmethode zu prüfen. Zur Verfügung standen die Regenangaben, welche vor, während und nach den zehn Eruptionen von verschiedener Dauer und Intensität gemessen wurden.

· · Aus dem Regenfall unmittelbar vor und nach den Eruptionen, und zwar während einer gleichen Anzahl Tage als der Ausbruch gedauert hat, wurde der normale Regenfall (N) berechnet, der wahrscheinlich stattgefunden haben würde, wenn der Ausbruch ausgeblieben wäre. Beim Ausbruch vom 7. bis zum 13. April 1930 sind nur 4 statt 7 Tage vor und nach der Eruptionsperiode genommen, weil durch den Ausbruch vom 2/3. April kein längerer Zeitsabschnitt genommen werden konnte. Ferner wurde der durchschnittliche Regenfall (E) während der Ausbrüche bestimmt. Aus den Differenzen E—N (siehe Tabelle 3) geht hervor, dass die Regenüberschüsse, bzw. Debitüberschüsse während der Ausbrüche nur in einigen Fällen positive, in den meisten jedoch negative Werte gaben. Der Regenfall war also während der Ausbrüche im allgemeinen niedriger als normal. Bestimmt man nun die Korrelation zwischen N und (E—N), dann bekommt man folgende Korrelationskoeffizienten:

| | |
|---------------------------------------|-----------------------|
| für den Regenfall zu Batoeraden | $r = -0.65 \pm 0.18$ |
| „ „ „ „ Boemidjawa | $r = -0.74 \pm 0.14$ |
| „ das Debit im Peloesfluss | $r = -0.79 \pm 0.12$ |
| „ den Pegelstand im Goengfluss..... | $r = -0.63 \pm 0.19.$ |

Aus diesen negativen Korrelationskoeffizienten würde man sogar die Schlussfolgerung machen können, dass der Regen während der Ausbrüche nicht nur abgenommen hat, sondern auch dass die Abnahme grösser war je mehr es normalerweise geregnet haben würde. So weit darf man vorläufig jedoch wegen der geringen Anzahl und der Verschiedenheit der Angaben selbstverständlich noch nicht gehen.

KURZE ZUSAMMENFASSUNG.

Die Untersuchung nach dem Zusammenhang zwischen den Ausbrüchen des Slamet seit 1926 und dem Regenfall zeigt, dass es während der zehn Ausbruchsperioden weniger geregnet hat als vor und nach der Eruption, nicht nur auf der höchsten Regenstation am Südhang und am Nordwesthang, sondern auch am gipfelnahen Berghang, wie aus den Debit- bzw. Pegelstandwahrnehmungen in einem Fluss der Süd- und in einem der NW-Seite hervorgeht.

Sehr gut ist diese Regenfall- und Wassermengenabnahme auf den Tafeln 9 und 10 zu sehen, wo die täglichen Ergebnisse aufgetragen sind. Aber auch bei einer Prüfung nach der Korrelationsmethode, wobei die zehn Fälle zusammengefasst sind, kommt die Abnahme deutlich zum Ausdruck.

Es hat nur dann Sinn, die während der Ausbrüche gefallenen Regenmengen als „Eruptionsregen“ zu bezeichnen, wenn sie grösser sind als normal. Deshalb kann man von den in dieser Abhandlung besprochenen Slametausbrüchen behaupten, dass sie *nicht von Eruptionsregen* begleitet worden sind.

Bandoeng, den 25. Januar 1934.

LITERATURVERZEICHNIS.

1914. A. L. DAY u. E. S. SHEPHERD. Water and volcanic activity. Smithsonian Report for 1913. Washington.
- 1914a. F. VON WOLFF. Der Vulkanismus. Bd. I. Verl. von Ferdinand Enke. Stuttgart.
1926. J. BOEREMA. Typen van den regenval in Nederl. Ind. Verhandelingen Nr. 18 v/h. Kon. Magn. en Meteor. Observatorium te Batavia.
1927. K. SAPPER. Vulkankunde. Verl. J. Engelhorn Nachf. Stuttgart.
- 1927a. Kort verslag van den Dienst van den Mijnbouw. Bijvoegsel Javasche Courant.
- 1927/29. CH. E. STEHN. Bulletin of the Netherlands East Indian Volcanological Survey.
1928. K. SAPPER. 40 Jahre Vulkanforschung. Festsitzung zur Feier des 79. Stiftungstages der Phys.-Medischen Ges. zu Würzburg am 6. Dezember 1928.
- 1929/30. I. FRIEDLAENDER. Die Tätigkeit des Vesuv in der zweiten Hälfte des Jahres 1928. Zeitschrift für Vulkanologie, Bd. XII.
- 1929/30a. A. RITTMANN. Vulkanische Ereignisse. Zeitschr. f. Vulk., Bd. XII.
- 1929/30b. I. FRIEDLAENDER. Vulkanische Ereignisse. Zeitschr. f. Vulk., Bd. XII.
1930. R. H. FINCH. Rainfalls accompanying explosiv eruptions of volcanoes. Proc. Fourth Pac. Science Congress. Physical Papers, Vol. II B. Bandoeng.
- 1930/31. K. SAPPER u. F. TERMER. Der Ausbruch des Vulkans Santa Maria in Guatemala vom 2.—4. November 1929. Zeitschr. f. Vulk., Bd. XIII.
1931. I. FRIEDLAENDER. Vulkanologie und Geophysik. Gerlands Beiträge zur Geophysik, Bd. 32.
1932. M. NEUMANN VAN PADANG. De uitbarsting van den Merapi (Midden Java) in de jaren 1930—31. Vulkan, en Seismol. Med. Nr. 12.
1933. M. NEUMANN VAN PADANG. Het verloop van de temperaturen voor en na een vulkanische uitbarsting en het bestaan van een vóór- en hoofderuptie, in het bijzonder toegelicht aan de hand van de Slametuitbarsting in 1932. De Mijn-ingenieur 14. Jrg.
- 1933a. CH. E. STEHN. Bulletin of the Netherlands India. Volcanological Survey.
1934. M. NEUMANN VAN PADANG. Die Eruptionsregenfrage in Bezug auf den grossen Krakatau-ausbruch vom 26. und 27. August 1883. Proc. Kon. Ak. v. Wet. te Amsterdam. Vol. XXXVII, Nr. 3.

TABELLE 1.

Vieljährige Regenmengenüberschnitte von den acht höchst gelegenen Stationen um den Slamet, berechnet aus den Angaben bis zum Jahre 1932.

| | | Regenfallmengen in mm | | | | | | | | | | | |
|---------------------|---|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Die Jahre, in denen die Regenmengen gemessen wurden | Januar | Februar | März | April | Mai | Juni | Juli | August | September | Oktober | November | Dezember |
| Nordseite | | | | | | | | | | | | | |
| Poelosari | 1896/1932 | 772 34 | 735 35 | 604 37 | 430 37 | 316 37 | 202 37 | 113 37 | 95 37 | 114 37 | 275 37 | 408 37 | 578 37 |
| NW-Seite | | | | | | | | | | | | | |
| Toewel | 1906/'32 | 685 26 | 750 26 | 617 26 | 492 26 | 286 26 | 175 26 | 116 26 | 78 26 | 119 27 | 247 27 | 409 27 | 477 26 |
| Boemidjawa | 1896/'32 | 645 34 | 714 34 | 557 35 | 416 35 | 249 35 | 161 36 | 121 36 | 80 36 | 115 36 | 226 36 | 358 36 | 467 36 |
| Proepoek | 1920/'32 | 396 12 | 441 12 | 450 12 | 288 12 | 205 12 | 108 13 | 67 13 | 26 13 | 16 13 | 118 13 | 162 13 | 355 13 |
| Westseite | | | | | | | | | | | | | |
| Dawoehan | 1896/'32 | 486 | 521 | 392 | 262 | 169 | 110 | 72 | 76 | 124 | 287 | 394 | 437 |
| Igir Klantjing | | 36 | 36 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 36 | 37 | 37 |
| Kaligoea | 1909/'32 | 625 24 | 570 24 | 532 24 | 351 24 | 235 24 | 146 24 | 107 24 | 150 24 | 219 24 | 423 26 | 519 24 | 578 24 |
| Südseite | | | | | | | | | | | | | |
| Batoeraden (Tendjo) | 1916/'32 | 789 16 | 634 16 | 650 16 | 597 16 | 514 17 | 274 17 | 245 17 | 255 17 | 456 17 | 792 17 | 823 17 | 875 17 |
| Ostseite | | | | | | | | | | | | | |
| Redjasari | 1916/'32 | 695 16 | 594 16 | 589 16 | 432 16 | 351 17 | 289 16 | 209 16 | 167 16 | 298 16 | 508 16 | 652 16 | 688 17 |

TABELLE 2.
Regenfall und Flusswassermengen.

| Datum | Batoeraden u. Peloes | | Boemidjawa u. Goeng | | |
|-------------|-------------------------|-------|------------------------|------------|-------|
| | Regen- fall | Debit | Regen- fall | Pegelstand | |
| 1926 | | | | 4 nm. | 6 vm. |
| Nov. 15/16 | 67 | 0.255 | 47 | 5.30 | 2.15 |
| 16/17 | 41 | 0.259 | 8 | 2.00 | 1.98 |
| 17/18 | 51 | 0.241 | 68 | 5.40 | 2.60 |
| 18/19 | 35 | 0.244 | — | 2.30 | 2.25 |
| 19/20 | 38 | 0.249 | 10 | 3.05 | 2.30 |
| 20/21 | — | 0.241 | 9 | 2.10 | 2.03 |
| 21/22 | 10 | 4.891 | 3 | 1.92 | 1.88 |
| 22/23 | — | 3.976 | — | 1.88 | 1.88 |
| 23/24 | 14 | 2.495 | 4 | 1.88 | 1.87 |
| 24/25 | 7 | 3.246 | — | 2.20 | 1.87 |
| 25/26 | — | 2.069 | — | 1.87 | 1.87 |
| 26/27 | 5 | 1.791 | — | 1.85 | 1.85 |
| 27/28 | 25 | 1.809 | — | 1.85 | 1.85 |
| 28/29 | — | 3.825 | — | 1.81 | 1.83 |
| 29/30 | 20 | 2.328 | 5 | 1.81 | 1.81 |
| Dez. 1 | 14 | 1.752 | 40 | 3.10 | 1.81 |
| | | | | 4.90 | 3.05 |
| 1/2 | 20 | 1.107 | 27 | 3.30 | 2.40 |
| 2/3 | 26 | 1.873 | 18 | 3.40 | 3.00 |
| 3/4 | 150 | 2.512 | 5 | 4.00 | 2.60 |
| 4/5 | 15 | 3.071 | — | 3.20 | 2.60 |
| 5/6 | 5 | 3.508 | 4 | 2.10 | 2.50 |
| 6/7 | 26 | 5.639 | 16 | 2.65 | 2.08 |
| 7/8 | 15 | 6.798 | 5 | 2.07 | 2.10 |
| 8/9 | 65 | 6.737 | 55 | 3.50 | 2.08 |
| 1927 | | | | | |
| Febr. 24/25 | 43 | 0.731 | 20 | 4.00 | 2.82 |
| 25/26 | 28 | 0.636 | 0 | 2.85 | 2.81 |
| 26/27 | 47 | 5.648 | 50 | 3.30 | 3.00 |

Ausbruchs-
periode I

Ausbruchs-
periode II

TABELLE 2. (Fortsetzung).

| Datum | Batoeraden u. Peloes | | Boemidjawa u. Goeng | | |
|------------|-------------------------|-------|------------------------|------------|------|
| | Regen- fall | Debit | Regen- fall | Pegelstand | |
| 1928 | | | | nm. | vm. |
| Mrz. 10/11 | 2 | 0.575 | — | 4.20 | 3.33 |
| 11/12 | 38 | 0.971 | 25 | 2.70 | 2.60 |
| 12/13 | 6 | 0.792 | 5 | 2.60 | 2.60 |
| 13/14 | 80 | 5.778 | 58 | 5.75 | 4.30 |
| 14/15 | 55 | 2.117 | 57 | 4.40 | 4.20 |
| 15/16 | 85 | 5.330 | — | 4.80 | 4.30 |
| 16/17 | 1 | 2.065 | 28 | 3.80 | 4.30 |
| 17/18 | 43 | 2.614 | 51 | 5.20 | 4.30 |
| 18/19 | 30 | 1.673 | — | 4.60 | 3.80 |
| 19/20 | 32 | 1.704 | 12 | 3.78 | 3.60 |
| 20/21 | 30 | 1.458 | 27 | 2.90 | 4.00 |
| 21/22 | 5 | 0.988 | — | 3.60 | 3.40 |
| 22/23 | 75 | 0.859 | — | 4.80 | 3.45 |
| 23/24 | — | 0.914 | 2 | 3.40 | 3.40 |
| 24/25 | 25 | 0.547 | — | 3.00 | 3.40 |
| 25/26 | 1 | 0.832 | 6 | 2.60 | 2.80 |
| 26/27 | 12 | 0.666 | 45 | 2.55 | 2.57 |
| 27/28 | 5 | 0.574 | 20 | 4.40 | 2.60 |
| 28/29 | 61 | 0.884 | 20 | 2.60 | 2.60 |
| 29/30 | 16 | 0.751 | 21 | 2.60 | 2.60 |
| 30/31 | 11 | 1.129 | 23 | 3.90 | 4.10 |
| Apr. 1 | 25 | 0.657 | — | 2.70 | 3.60 |
| 1/2 | 9 | 0.520 | — | 2.60 | 2.60 |
| 2/3 | 5 | 0.696 | 16 | 3.60 | 3.60 |
| 3/4 | 10 | 0.552 | — | 3.60 | 3.60 |
| 4/5 | 60 | 1.097 | — | 3.60 | 2.60 |
| 5/6 | 18 | 0.681 | 60 | 3.20 | 2.60 |
| 6/7 | 16 | 0.937 | 30 | 2.55 | 2.60 |
| 7/8 | 2 | 0.746 | — | 3.00 | 2.60 |
| 8/9 | 11 | 0.793 | — | 4.60 | 3.00 |

Ausbruchs-
periode III

TABELLE 2. (Fortsetzung).

| Datum | Batoeraden u. Peloes | | Boemidjawa u. Goeng | | |
|---------|-------------------------|-------|------------------------|------------|------|
| | Regen- fall | Debit | Regen- fall | Pegelstand | |
| 1928 | | | | nm. | vm. |
| Mai 7/8 | — | 0.388 | — | 3.90 | 3.80 |
| 8/9 | — | 0.388 | 12 | 3.80 | 1.15 |
| 9/10 | — | 0.378 | — | 1.15 | 1.15 |
| 12 | — | 0.440 | — | 1.00 | 0.90 |
| 12/13 | — | 0.388 | — | 0.90 | 0.90 |
| 13/14 | 3 | 0.470 | — | 0.90 | 0.90 |
| 1929 | | | | | |
| Juni 5 | 20 | 0.547 | 2 | 1.90 | 1.98 |
| 5/6 | 20 | 0.432 | — | 1.90 | 1.99 |
| 6/7 | 21 | 0.504 | — | 1.93 | 2.01 |
| 7/8 | 36 | 1.438 | — | 2.14 | 1.99 |
| 8/9 | 1 | 0.482 | — | 1.96 | 2.19 |
| 9/10 | 9 | 0.438 | — | 3.40 | 2.50 |
| Juni 15 | — | 0.406 | — | 2.23 | 2.26 |
| 15/16 | — | 0.442 | — | 2.16 | 2.16 |
| 16/17 | — | 0.396 | — | 2.13 | 2.13 |

} Ausbruchs-
periode IV} Ausbruchs-
periode V} Ausbruchs-
periode VI} Ausbruchs-
periode VII

TABELLE 2. (Fortsetzung).

| Datum | Batoeraden u. Peloes | | Boemidjawa u. Goeng | | |
|-----------|-------------------------|-------|------------------------|------------|------|
| | Regen- fall | Debit | Regen- fall | Pegelstand | |
| 1930 | | | | nm. | vm. |
| Apr. 2 | 7 | 0.873 | 20 | 3.75 | 3.20 |
| 2/3 | — | 0.631 | — | 2.90 | 2.80 |
| 3/4 | — | 0.837 | — | 2.70 | 2.70 |
| April 4/5 | 7 | 0.766 | 10 | 2.70 | 2.60 |
| 5/6 | 4 | 0.656 | 1 | 2.60 | 2.50 |
| 6/7 | — | 0.825 | 2 | 2.45 | 2.45 |
| 7/8 | 17 | 0.716 | — | 2.45 | 2.45 |
| 8/9 | 21 | 0.820 | 2 | 2.40 | 2.40 |
| 9/10 | 11 | 0.662 | — | 2.40 | 2.40 |
| 10/11 | 2 | 0.858 | 18 | 2.35 | 2.40 |
| 11/12 | 66 | 1.430 | 2 | 2.35 | 2.35 |
| 12/13 | — | 1.200 | 135 | 2.30 | 2.33 |
| 13/14 | 31 | 1.252 | 25 | 4.60 | 3.00 |
| 14/15 | 17 | 1.334 | 78 | 4.00 | 3.10 |
| 15/16 | 20 | 1.252 | 3 | 5.20 | 3.80 |
| 16/17 | 101 | 1.203 | 30 | 3.45 | 3.20 |
| 17/18 | 2 | 0.971 | 20 | 2.30 | 2.90 |
| 1932 | | | | | |
| Juni 30 | — | 1.308 | 18 | 3.33 | 3.28 |
| Juli 1 | — | 0.505 | — | 3.33 | 3.23 |
| 1/2 | — | 0.396 | — | 3.23 | 3.13 |
| 2/3 | 1 | 0.473 | — | 3.13 | 3.10 |
| 3/4 | 110 | 0.420 | 8 | 4.03 | 3.33 |
| 4/5 | 6 | 0.386 | — | 3.38 | 3.13 |

Ausbruchs-
periode VIIIAusbruchs-
periode IXAusbruchs-
periode X

