

HEINRICH-HERTZ-INSTITUT — BERLIN-CHARLOTTENBURG

Technischer Bericht Nr. 167

Beobachtungen von VLF-Atmospherics
beim Auftreten großräumiger Wirbelstürme

von

T. Takeuti

G. Heydt



Berlin

1 9 7 4

Beobachtungen von VLF-Atmospherics beim

Auftreten großräumiger Wirbelstürme



Zusammenfassung:

Der Bericht enthält lose zusammengestellt die Ergebnisse einiger Auswertungen von Messungen mit VLF-Atmospherics-Analysatoren, die anlässlich des Auftretens mehrerer Taifune, eines Hurrikans und eines Orkans durchgeführt wurden. In allen betrachteten Fällen erwies sich die Atmosphericproduktion der Stürme als gering im Vergleich zu der von Wärmegewittern. Eine unmittelbare Warnmöglichkeit vor derartigen Unwettern durch Messung von VLF-Atmospherics ist somit nicht gegeben. Es sollte jedoch künftig untersucht werden, ob die prinzipiell leicht überwachbare Atmosphericproduktion der Wirbelstürme als Indikator für das Verhalten anderer, nur direkt am Ort meßbarer Parameter benutzt werden kann.

Heinrich-Hertz-Institut, D 1000 Berlin 10, Einsteinufer 37

Die Bearbeiter

T. Takeuti

G. Heydt

Dr. T. Takeuti,

Ing.(grad.) G. Heydt,

The Research Institute of Atmospheric

Heinrich-Hertz-Institut

Der Abteilungsleiter

Der Institutsdirektor

(Prof. Dr.-Ing. F.W. Gundlach)

(Prof. Dr. E. Berger)

Berlin-Charlottenburg, den 2.12.1973

1. Einleitung

In diesem Bericht werden einige Auswertungen von Atmospheric-Messungen zusammengestellt, die in Japan im Research Institute of Atmospheric der Universität Nagoya und in West-Berlin im Heinrich-Hertz-Institut anlässlich des Auftretens von Taifunen, eines Hurrikans und eines Orkans durchgeführt wurden.

Ausgewertet wurden Messungen der Stationen Toyokawa, Berlin-Waidmannslust und Waldorf (USA), an denen seit Dezember 1970 mit im Heinrich-Hertz-Institut entwickelten VLF-Atmospheric-Analysatoren registriert wird [1] . Die Untersuchungen können zur Zeit nicht als abgeschlossen betrachtet werden; sie stellen jedoch eine Diskussionsgrundlage dar, mit deren Hilfe die Zweckmäßigkeit weiterer, gezielter Messungen erörtert werden kann.

2. Beim Auftreten von Taifunen beobachtete Atmosphericaktivität

Die durch Taifune verursachte Atmosphericaktivität wurde im Research Institute of Atmospheric bereits früher untersucht [2] , [3] , [4] . Nach längerer Pause wurden die Arbeiten nun wieder aufgenommen.

2.1. Beobachtungen der Impulsrate $\bar{N}_{\dot{u}}$ im Zentrum zweier Taifune

2.1.1. Definition der Impulsrate $\bar{N}_{\dot{u}}$

Die vom VLF-Atmospheric-Analysator Typ VLFAA 3/70 zur Verfügung gestellte Impulsrate $\bar{N}_{\dot{u}}$ gibt - einfallstrichtungsunabhängig - an, wie viele Atmospheric innerhalb eines Zeitintervalls von zwei Minuten bei 7 oder 9 kHz eine größere spektrale Amplitude als $110 \mu\text{V}/(\text{Hz}\cdot\text{m})$ hatten.

Diese, im Vergleich zu der sonst im Gerät verwendeten Schwelle von $0.8 \mu\text{V}/(\text{Hz}\cdot\text{m})$, recht hohe Schwelle bewirkt, daß nur Atmospheric mit hoher Amplitude zur Rate $\bar{N}_{\dot{u}}$ beitragen können.

Mit gewissen Einschränkungen kann angenommen werden, daß diese Atmospheric vorwiegend von Gewitteraktivitäten stammen, die sich relativ nah - bis zu einigen 100 km am Tage und bis zu 1500 km in der Nacht - am Empfangsort befinden. (Die Einschränkungen beziehen sich im wesentlichen auf die verwendeten Meßfrequenzen: bei 7 und 9 kHz ist die Ausbreitungsdämpfung und damit die mittlere Entfernungsabhängigkeit der spektralen Amplituden relativ gering. Für den Nahbereich günsti-

ger ist der Frequenzbereich von 2 bis 3 kHz, in dem eine sehr hohe Ausbreitungsdämpfung auftritt [5], [6] .)

2.1.2. Meßergebnisse

Bild 1 zeigt auf die Minute bezogene Stundenmittelwerte der Impulsrate $\bar{N}_{\ddot{u}}$, die am 7.7.1971 an der Station Toyokawa beobachtet wurden, Bild 2 erläutert die zugehörige Wettersituation. Ein Vergleich beider Bilder ergibt, daß sich die - durch Wettermeldungen bestätigte - Gewitteraktivität des Taifuns bei der Impulsrate $\bar{N}_{\ddot{u}}$ deutlich bemerkbar macht: die maximale durchschnittliche Rate ergibt sich für den Zeitraum 17 - 18 JST (Japan Standard Time) und beträgt etwa 10 Impulse je Minute.

Ein ähnliches Ergebnis kann den Bildern 3 und 4 entnommen werden: bei diesem Taifun wurden jedoch insgesamt niedrigere Raten beobachtet, die maximale durchschnittliche Rate liegt nur bei 3 Impulsen je Minute.

Bild 5 zeigt vergleichsweise eine Zusammenstellung der im Juli 1971 beim Auftreten normaler Gewitter beobachteten durchschnittlichen $\bar{N}_{\ddot{u}}$ -Raten: offensichtlich liegen in der Mehrzahl dieser Fälle die Raten wesentlich über denen, die bei den beiden Taifunen beobachtet wurden. Die mit den Taifunen verbundene Blitzaktivität war also schwächer als die üblicher Sommergewitter.

2.2. Beobachtungen der Impulsrate N

2.2.1. Definition der Impulsrate N

Die vom VLFAA 3/70 gemessene Impulsrate N gibt die Anzahl der Atmospherics an, die je 2-Minutenintervall bei 5 kHz eine Schwelle von $0.8 \mu\text{V}/(\text{Hz}\cdot\text{m})$ überschritten haben und in einen 12° breiten, vorher gewählten Sektor der Einfallrichtung fielen. Bei automatischer Weiterschaltung der Sektormitte um jeweils 12° je 2 Minuten läßt sich dabei der gesamte Azimut innerhalb einer Stunde mit 30 Schritten abtasten [7] .

Die Reichweite ist wegen der niedrigen Schwelle wesentlich größer als bei der Rate $\bar{N}_{\ddot{u}}$ und beträgt einige 1000 km am Tage und etwa 10.000 in der Nacht.

2.2.2. Meßergebnisse

Bild 6 zeigt die Wettersituation am 15.11.1971, 12 GMT, als sich ein Taifun südlich der Beobachtungsstation befand und sich in der Folgezeit in östlicher Richtung verlagerte.

Eine Zusammenstellung der Ergebnisse der Messungen der Rate N zeigt Bild 7 : für den Sektor Südwesten - Osten und für den Zeitraum 15. - 16.11.1971 wurden Linien gleicher Impulsraten (4 und 8/min) ermittelt. Die Richtung des Zentrums des Taifuns - bezogen auf den Empfangsort - wurde ebenfalls eingetragen.

Von den beiden Haupteinfallrichtungen mit erhöhter Atmosphericaktivität in Bild 7 dürfte nur die östliche in Zusammenhang mit dem Taifun stehen, da die Aktivität im Südwesten erfahrungsgemäß durch Gewitter im Gebiet von Indonesien verursacht wird.

Die dem Taifun zuzuordnende Atmosphericaktivität liegt ständig etwas weiter östlich, als es der Lage des Zentrums entspricht: die Blitzaktivität des Taifuns scheint also vorwiegend auf die Gegend der eingezeichneten Front konzentriert zu sein.

In einem anderen Fall, am 21.7.1972, wurde während des gleichzeitigen Auftretens von zwei Taifunen (Bild 8) eine mehr gleichmäßige Verteilung der Atmosphericaktivität über den in Frage kommenden Bereich der Einfallrichtung (Südwest - Ost, Bild 9) beobachtet.

Zum Schluß dieses Kapitels seien noch Auswertungen erwähnt, die anlässlich des Auftretens relativ weit entfernter Taifune durchgeführt wurden:

Bild 10 zeigt die Zeit- und Richtungsabhängigkeit der Impulsrate N für die Zeit vom 7.-9.7.1972, mit gleichzeitiger Angabe der Entfernung und Richtung, sowie des Luftdrucks im Zentrum für die beiden während dieser Zeit südöstlich von Toyokawa vorhandenen Taifune. Offensichtlich war in den der Lage der Taifunzentren und ihrer Nachbarschaft entsprechenden Einfallrichtungen kaum eine nennenswerte Atmosphericaktivität zu beobachten. Hierbei muß offenbleiben, ob der Grund hierfür in zu geringer Gewitteraktivität der Taifune oder in zu hoher Ausbreitungsdämpfung infolge der großen Entfernung zu suchen ist.

Bild 11 zeigt eine ähnliche Zusammenstellung für einen ebenfalls

etwa 3000 km südöstlich von Toyokawa auftretenden Taifun. Auch hier gibt es längere Zeiten, in denen aus Richtungen zum Taifunzentrum hin keine Atmosphericics einfallen. Eine stärkere Atmosphericicsaktivität - von der zumindest vermutet werden kann, daß sie von dem Taifun verursacht wurde - ist lediglich während der Zeit des stärksten Luftdruckfalls im Zentrum zu beobachten.

3. Fotografische Atmosphericics-Registrierungen anlässlich des Hurrikans "Ginger"

3.1. Erläuterung der fotografischen Atmosphericics-Registrierungen

Mit Hilfe der VLF-Atmosphericics-Analysatoren lassen sich zweidimensionale Verteilungen von Atmosphericics-Parametern auf einfache Weise fotografisch registrieren. Bei diesen Parametern handelt es sich einmal um die Einfallrichtung (PSI) und zum anderen wahlweise um spektrale Amplituden (SA, Meßfrequenz 7 kHz), um spektrale Amplitudenverhältnisse zwischen 9 und 5 kHz (SAR) und um Gruppenlaufzeitdifferenzen zwischen 8 und 6 kHz (GDD). Bei den Registrierungen entstehen Fotos mit deutlichen Meßwerthäufungen, aus denen sich Mittelwerte der Parameter PSI, GDD und SAR ablesen lassen [8], [1].

Mit Hilfe der mittleren Parameter \overline{PSI} und \overline{GDD} und von VLF-Ausbreitungsmodellen können dann Ortsbestimmungen der Quellgebiete der Atmosphericicsaktivität durchgeführt werden. Die Genauigkeit der Entfernungsbestimmungen wurde inzwischen für reine Nachtausbreitung und für von Westen nach Osten verlaufende Ausbreitungsrichtungen durch Vergleich mit meteorologischen Beobachtungen überprüft [9] und beträgt wenige 100 km [10].

3.2. Einige Bemerkungen zum Hurrikan "Ginger"

Der Hurrikan "Ginger" bildete sich im Atlantik südwestlich der Bermuda Inseln am 9.9.1971. Er zog zunächst in nordöstlicher Richtung bis etwa 33° N, 48° W, wendete dann und kehrte am 27.9. fast zu seinem Ausgangspunkt zurück. Danach nahm er Nordwest-Kurs auf die nordamerikanische Küste, die er am 1.10.1971 erreichte. Der Hurrikan konnte bis zum 4.10. beobachtet werden und hatte somit eine außerordentlich lange Lebensdauer. "Ginger" war durch einen relativ großen Durchmesser gekennzeichnet: die größten Windgeschwindigkeiten traten

zwischen 90 und 150 km vom Zentrum entfernt auf, die maximalen Windgeschwindigkeiten selbst waren nicht extrem hoch.

Aus Anlaß von "Ginger" wurden vom National Hurricane Research Laboratory, Coral Gables, Florida, USA, am 26. und am 28.9. Wetterbeeinflussungsversuche durch "Säen" von Regenwolken durchgeführt. In diesem Zusammenhang wurden am 25.9. die Stationen des VLF-Atmospherics-Analysator-Netzes durch H.Dolezalek alarmiert und veranlaßt, die normalerweise dreistündlichen fotografischen Registrierungen auf eine stündliche Registrierfolge umzuschalten.

3.3. Meßergebnisse

Für die Auswertungen wurden nur Registrierungen der Stationen Waldorf und Berlin-Waidmannslust benutzt, da "Ginger" nicht innerhalb des Empfangsbereichs der Stationen Toyokawa und San Miguel lag. Aus den Waldorfer Registrierungen waren nur Einfallsrichtungen zu entnehmen, da im Registrierszillografen ein Fehler aufgetreten war.

3.3.1. Erste Sichtung Berliner Messungen

Die fotografischen Registrierungen aus Berlin wurden zunächst darauf abgesehen, ob in der für "Ginger" zuständigen Einfallsrichtung Punkthäufungen auftraten, die für nächtliche Ausbreitungsverhältnisse eine zur Entfernung von "Ginger" passende GDD hatten.

Das Ergebnis war, daß dies während der außergewöhnlich langen Lebenszeit von "Ginger" für Nachtzeiten häufig der Fall war. Es ist jedoch als erstes Ergebnis festzuhalten, daß die von "Ginger" stammende Atmosphericaktivität keineswegs dominierend war.

So machte sich die von Berlin aus auf dem gleichen Großkreis liegende Atmosphericaktivität im karibischen Raum insofern störend bemerkbar, als sie die Ablesung des von "Ginger" stammenden Herdes häufig erschwerte oder manchmal unmöglich machte.

3.3.2. Statistische Auswertung Berliner Messungen

Wegen der letztgenannten Ableseschwierigkeiten wurde für erste statistische Auswertungen der Termin 03 GMT ausgewählt, da zu diesem Zeitpunkt die Aktivität im karibischen Raum ihr Maximum meist überschritten hatte und gleichzeitig die gesamte Übertragungsstrecke unter Nachtbedingungen stand.

Bild 12 zeigt eine Zusammenstellung von Gewitterortungen im Gebiet des Nordatlantik für die Zeit vom 9.-30.9.1971, 03 GMT; das Bild enthält außerdem, freihändig eingezeichnet, die Bahn des Zentrums von "Ginger". Als Ergebnis dieser Ortungen mit Hilfe der Einfallsrichtungen und der \overline{GDD} [1] kann festgestellt werden, daß bei recht gleichmäßiger Verteilung der georteten Gewitterzentren zwar häufig Aktivität im Bahnbereich von "Ginger" zu beobachten war, daß aber "Ginger" statistisch gesehen nur einen sehr besrenzten Beitrag zur gesamten Atmosphericaktivität leistete.

Ein etwas anderes Bild ergibt sich, wenn man die Statistik über einen kürzeren Zeitpunkt erstreckt, z.B. über die Zeit vom 18.-30.9. (Bild 13): hier ist eine gewisse Konzentration im Bahnbereich zu erkennen, die aber auch zufällig sein kann. Die statistische Betrachtung ergibt also kaum mehr als das Ergebnis, daß das Bahngebiet des Hurrikans durchaus eine Quelle von Atmospheric gewesen sein kann.

3.3.3. Auswertung einzelner Messungen

Aus diesem Grund wurden anschließend die an den einzelnen Tagen um 03 GMT durchgeführten Registrierungen ausgewertet.

Um die Ablesegenauigkeit der Herdmitten zu kennzeichnen, wurde jedes Foto in größerem Zeitabstand achtmal abgelesen und dies teilweise von verschiedenen Personen. Wenn also auf den Bildern 14 - 26 acht eng benachbarte Vierecke zu sehen sind, dann bedeutet dies, daß jedesmal fast gleiche Daten für den jeweiligen Herdmittelpunkt abgelesen wurden. Umgekehrt dokumentieren wenige Vierecke in einem Gebiet oder eine stark streuende Kette von Vierecken einen Herd mit schlecht ablesbarer Herdmitte oder eine Herdkonfiguration, die von den Ablesenden verschieden interpretiert wurde. Der Ort des Zentrums von "Ginger" wurde durch den Ring G markiert, die Größe der Vierecke stellt ein grobes Maß für die beobachteten Impulsraten dar.

Der Betrachter sollte sich zweckmäßigerweise ein eigenes Urteil über die Aussagekraft dieser Bildserie machen. Einige Ergebnisse seien hier jedoch genannt:

- a) Waldorf empfängt offenbar an allen Tagen aus einer Einfallsrichtung Atmospheric, die der Umgebung des Auges von "Ginger" zugeordnet werden kann.

- b) An 7 der 13 Tage werden von Berlin aus Gewitter in der Nähe des Auges von "Ginger" geortet. An den anderen Tagen ist nicht auszuschließen, daß auf dem gleichen Großkreis liegende stärkere Aktivitäten die von "Ginger" überdeckten.
- c) Die "Ginger" zuzuordnenden Impulsraten sind relativ zu denen der weiter entfernten Gewitter im mittelamerikanischen Raum recht niedrig.

4. Atmospherics-Beobachtungen vom 10. - 13.11.1972 in Berlin

Am Vormittag des 13.11.1973 wurde Norddeutschland von einem Orkan heimgesucht, der Sachschäden in der Größenordnung von einer Milliarde DM verursachte.

Die Station Berlin-Waidmannslust registrierte an diesem Tag und an den Tagen davor mit normalem Registrierprogramm; neben den ständigen Impulsratenmessungen wurden also im Abstand von drei Stunden fotografische Registrierungen der Atmospherics-Parameter PSI, GDD, SAR und SA durchgeführt.

Das Orkantief entstand im westlichen Nordatlantik östlich eines steuernden Haupttiefs [11] und zog dann mit großer Geschwindigkeit und unter Verstärkung in Richtung Nordsee.

Die Auswertung der fotografischen Registrierungen ergab, daß lediglich das relativ ortsfeste Haupttief als Quelle einer tagelang zu beobachtenden und recht starken Atmosphericsaktivität erkannt werden konnte; eine dem Orkantief zuzuordnende Atmosphericsaktivität war mit den dreistündlichen Messungen nicht nachzuweisen.

Erst die fotografische Registrierung vom 13.11. um 09 GMT kurz vor Einsetzen des Orkans in Berlin zeigte vereinzelt Meßwerte, die auf schwache nahe Gewitteraktivitäten hindeuten. Die Impulsrate \bar{N}_i zeigte am Vormittag des 13.11. nur vernachlässigbar kleine Werte.

Ganz frei von Gewitteraktivität war der Orkan jedoch nicht: gegen 5³⁰ GMT - etwa zum Zeitpunkt des Durchgangs der Warmfront in Berlin - wurde in Berlin-Tegel ein einzelner Blitz beobachtet.

5. Diskussion der Ergebnisse

Bei einer Beurteilung der hier zusammengestellten Beobachtungsergebnisse sollte zunächst diskutiert werden, welchen Sinn derartige, in Zusammenhang mit Wirbelstürmen durchgeführte Atmosphericismessungen haben können.

Taifune, Hurrikans und Orkane fordern oft Tote und Verletzte und richten große Sachschäden an; es liegt daher die Frage nahe, ob durch die hier erläuterten Atmospheric-Beobachtungen eine zusätzliche Warnmöglichkeit - mit der Chance einer Verringerung der Sturmgefahren - gegeben ist. Nach den hier vorliegenden Ergebnissen muß diese Frage mit Nein beantwortet werden: die Atmosphericproduktion der beobachteten Wirbelstürme war im Vergleich zu der von Wärmegewittern gering und in manchen Fällen kaum nachweisbar. Ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen der Atmosphericproduktion und der Intensität des Sturmgesehens ist bisher nicht zu erkennen.

Eine differenziertere Betrachtungsweise des Problems ergibt sich aus folgender Überlegung: durch Atmosphericismessungen ist es im Sinne eines "remote sensing" auf einfache Weise möglich, die "Lebensgeschichte" eines Wirbelsturmes durch das Kapitel "Atmosphericproduktion" zu ergänzen. Genauer gesagt, durch Anwendung geeigneter Meßverfahren ließe sich feststellen, ob, wann und wo im Wirbelsturm Blitzaktivität auftritt und wie stark diese ist. Falls der Nachweis gelingt, daß ein bestimmter Zusammenhang zwischen der Blitzaktivität und dem Verhalten anderer, nur direkt im Gebiet des Sturmes meßbarer Größen (Luftdruck, Windgeschwindigkeit) besteht, könnten Atmospheric-Beobachtungen durchaus eine Hilfe bei der Überwachung derartiger Unwetter sein.

Voraussetzung hierfür wäre allerdings der Einsatz von speziell geeigneten Meß- und Auswertungsverfahren:

Messungen im Nahbereich sollten mit Geräten durchgeführt werden, die eine gute Reichweitenbegrenzung haben [6]: die niedrige Blitzaktivität der Wirbelstürme, die bei meteorologischen Beobachtungen meist nicht wahrgenommen wird, ist nur dann mit Sicherheit nachweisbar, wenn weiter entfernte Gewitter keinen Beitrag zu den Messungen liefern können. Auf die Peilinformatio sollte keineswegs verzichtet werden, da mit ihrer Hilfe die Bewegung der Gebiete mit Blitz-

aktivität auf einfache Weise beobachtet werden kann.

Für die Überwachung weit entfernter Stürme (Beispiel "Ginger") ist der VLF-Atmospherics-Analysator durchaus geeignet. Es empfiehlt sich allerdings, in solchen Fällen mit erheblich größerer Meßhäufigkeit zu registrieren. Hierfür sollte das Meßprogramm X-4 (alternierende GDD- und SAR-Messungen im Abstand von 10 Minuten) [10] eingesetzt werden. Routinemäßige Überwachungen dieser Art ließen sich jedoch nur realisieren, wenn mit Hilfe eines Kleinrechners eine on-line-Auswertung der bisher auf den Fotos gespeicherten Meßwerte durchgeführt wird, da andernfalls die Ablesung der ständig anfallenden Fotos einen unzumutbaren Aufwand an Auswertungsarbeit erfordert.

6. Schlußbemerkung

Die Autoren danken R.V.Anderson vom Naval Research Laboratory und H.Dolezalek vom Office of Naval Research für die Überlassung der Meßwerte der Station Waldorf.

7. Literaturhinweise

- [1] Heydt, G. 1971 Versuche zur interkontinentalen Lokalisierung von Quellen der Atmospheric-Aktivität durch Bestimmung von Einfallrichtung und Gruppenlaufzeitdifferenzen, Technischer Bericht Nr. 136 des Heinrich-Hertz-Instituts für Schwingungsforschung, Berlin-Charlottenburg
- [2] Kimpara, A. 1953 The Typhoon Kezia and Atmospheric, Proceedings of the Research Institute of Atmospheric, Nagoya University, Vol.1, 31-39.
- [3] Kimpara, A. 1953 The Typhoon Ruth and Atmospheric, a.a.O., Vol.1, 40-44
- [4] Kitagawa, N., 1953 Iizuka, T., Murai, K., Kobayashi, M. Location of Atmospheric and their Relation to Meteorological Phenomena, Journ. Met. Soc. Japan, Vol.31, 37-50, japanisch
- [5] Mühleisen, R., 1970 Takeuti, T., Fischer, H.J. Bestimmung der Zahl, Entfernung und Aktivität von Gewitterzellen aus Registrierungen der Sferics-Häufigkeit, Meteorologische Rundschau 23, 110-113

- [6] Heydt, G. 1974 Beobachtung der Gewitteraktivität im Bereich geringer Entfernungen durch Verfahren der VLF-Radiometeorologie, Kleinheubacher Berichte 17, im Druck
- [7] Heydt, G. 1972 Registrierung der VLF-Atmosphericsaktivität in Berlin-Waidmannslust in Form monatlicher Übersichten für das Jahr 1971 mit Hilfe eines Zusatzgerätes zum VLF-Atmospherics-Analysator,
Technischer Bericht Nr. 149 des Heinrich-Hertz-Instituts für Schwingungsforschung, Berlin-Charlottenburg
- [8] Heydt, G. 1967 Peilanlagen zur Messung von spektralen Amplitudenverteilungen, Amplitudenverhältnissen und Gruppenlaufzeitdifferenzen von Atmospherics,
Technischer Bericht Nr. 90 des Heinrich-Hertz-Instituts für Schwingungsforschung, Berlin-Charlottenburg
- [9] Pelz, J. 1974 Untersuchungen über den Einfluß der Dämmerungsgrenze auf die Ausbreitung von Atmospherics,
Kleinheubacher Berichte 17, im Druck
- [10] Heydt, G.,
Raupach, R. 1972 First Results Obtained during the Program X 4 of the VLF-Atmospherics-Analyser-Network,
Technischer Bericht Nr. 155 des Heinrich-Hertz-Instituts für Schwingungsforschung, Berlin-Charlottenburg
- [11] 1972 Berliner Wetterkarte 10.-13.11.1972,
Institut für Meteorologie der FU Berlin

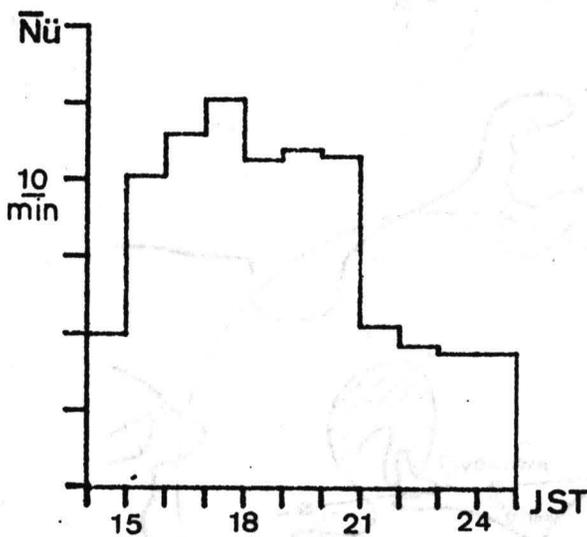


Bild 1 : Stundenmittelwert für \bar{N}_u am 7.7.1971

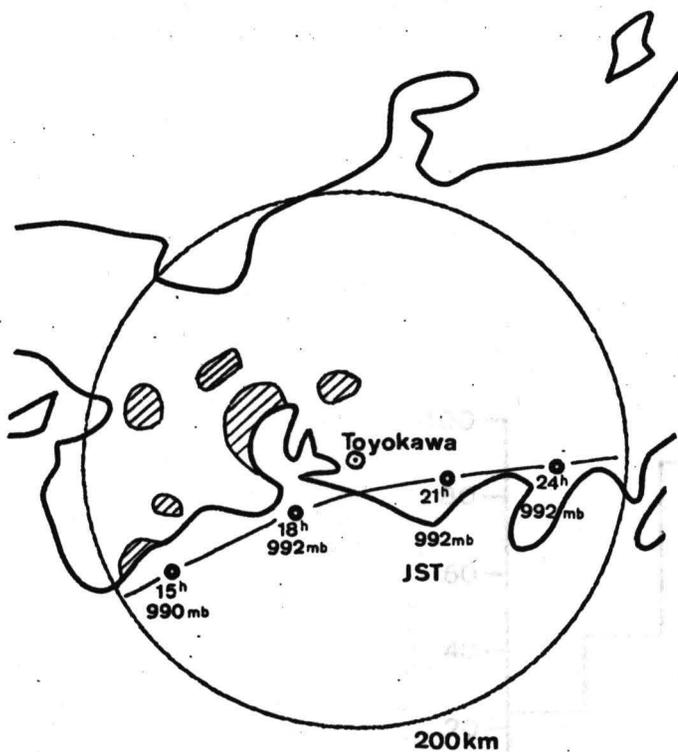


Bild 2 : Zur Wetterlage am 7.7.1971



: Gebiete mit meteorologisch beobachteter Gewitteraktivität)

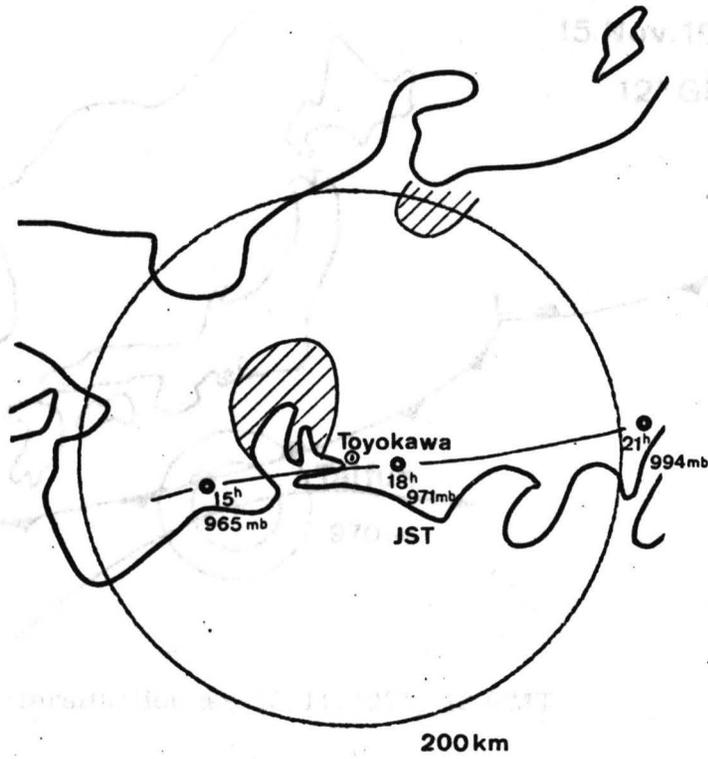


Bild 4 : Zur Wetterlage am 26.9.1971

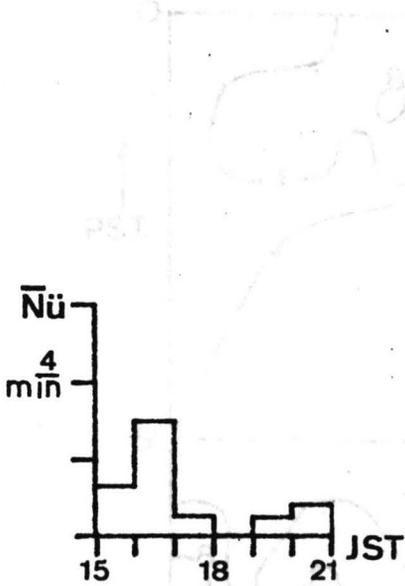


Bild 3: Stundenmittelwerte für $\bar{N}\bar{u}$ am 26.9.71

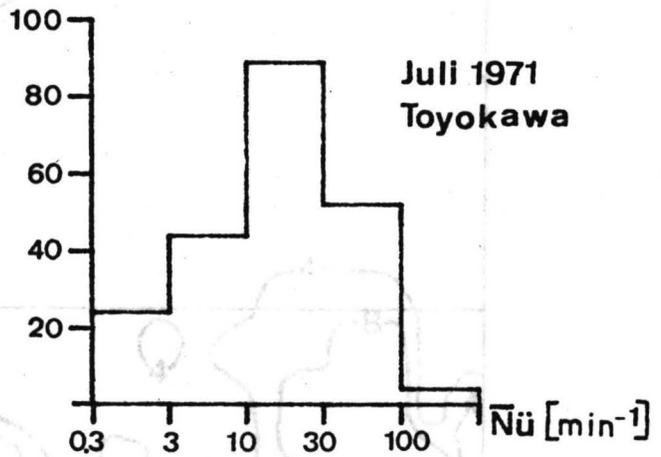


Bild 5 : Zusammenhang zwischen der Zahl der Stunden, in denen Gewitteraktivität im Bereich bis zu 200 km um Toyokawa herrschte und den beobachteten Impulsraten $\bar{N}\bar{u}$.

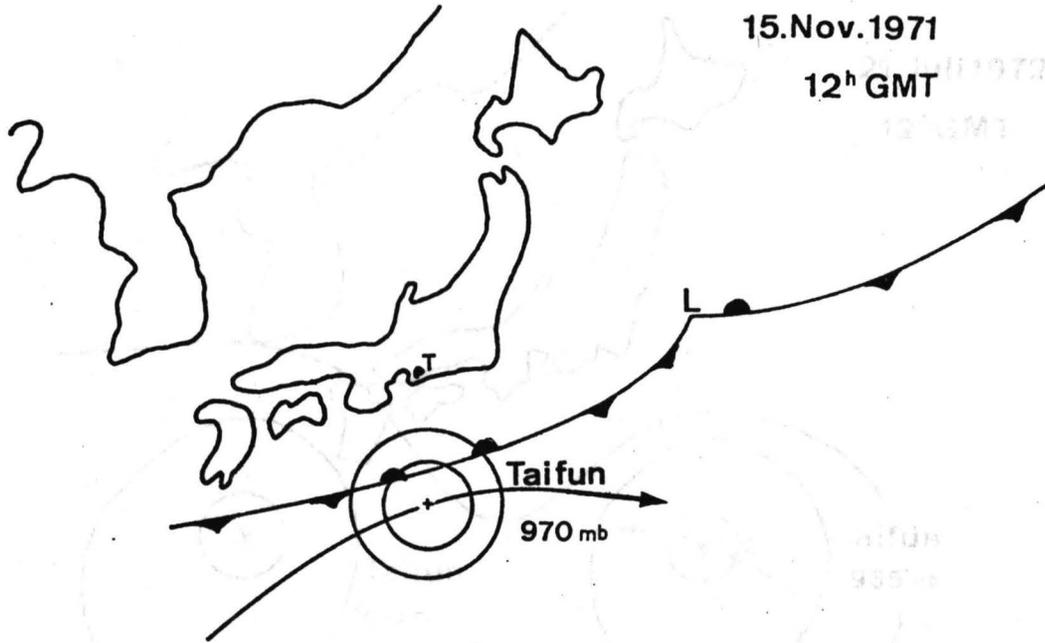


Bild 6: Wettersituation am 15.11.1971, 12 GMT

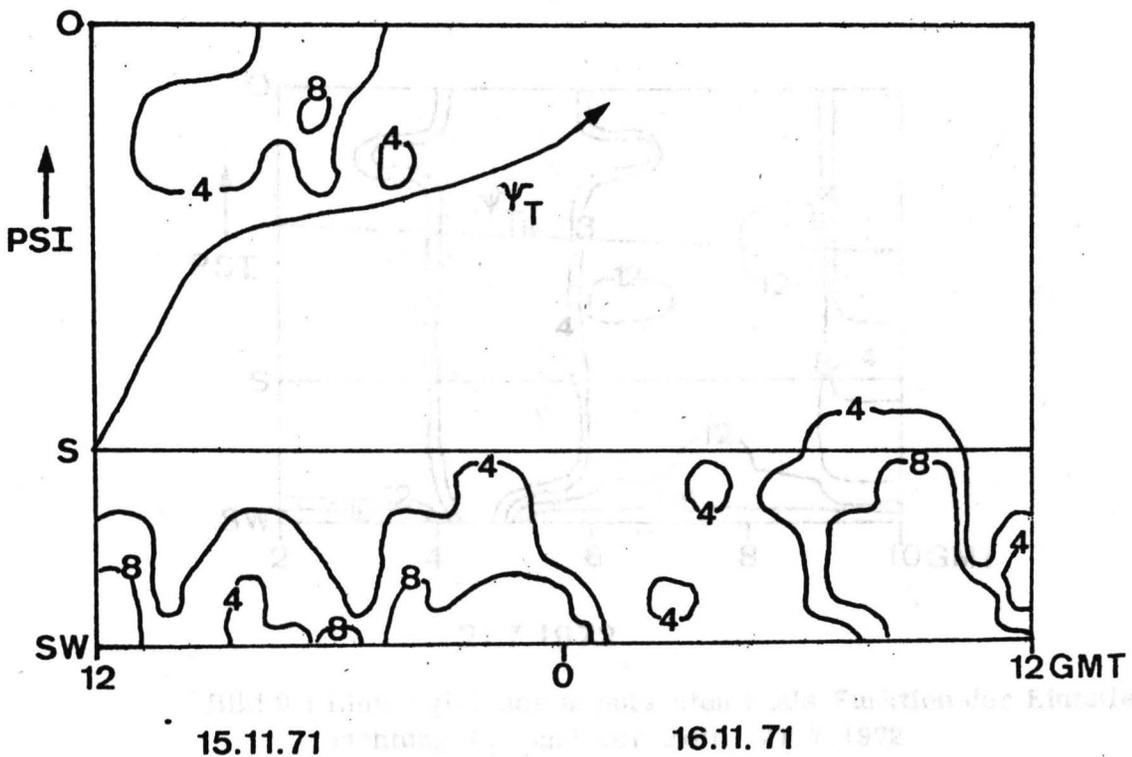


Bild 7 : Linien gleicher Impulsraten N als Funktion der Einfallsrichtung PSI und der Zeit. ($4 \hat{=} 4$ Impulsen/min, Ψ_T : Richtung des Zentrums des Taifuns bezogen auf den Empfangsort)

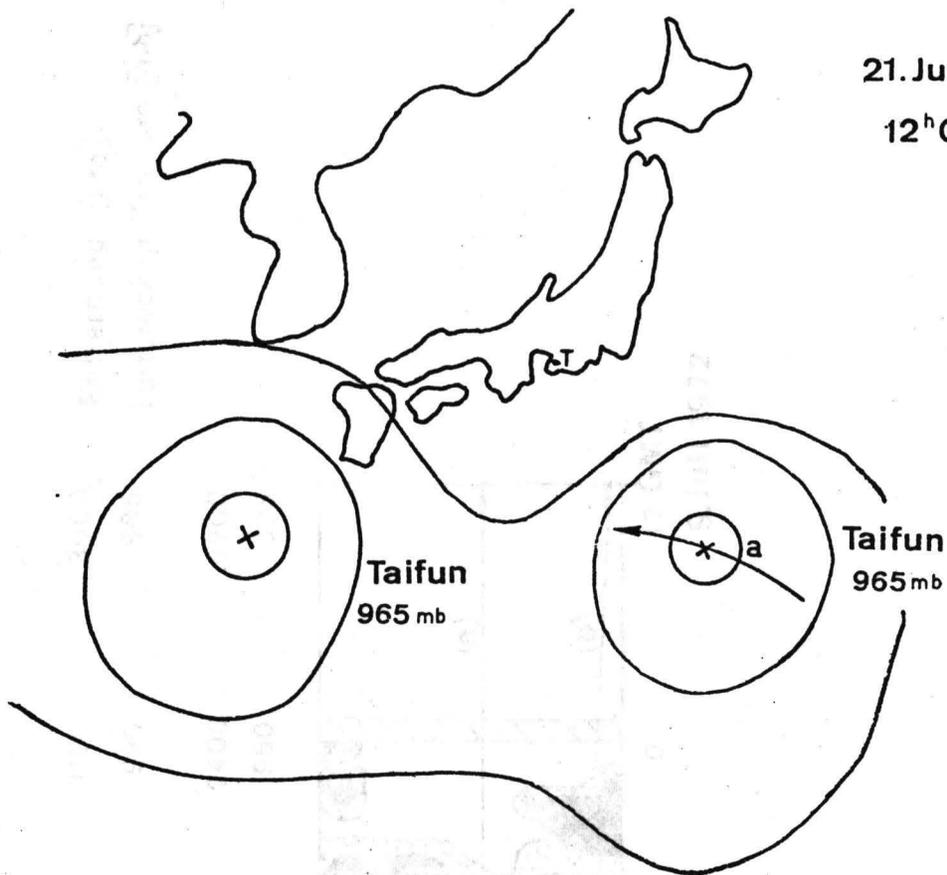
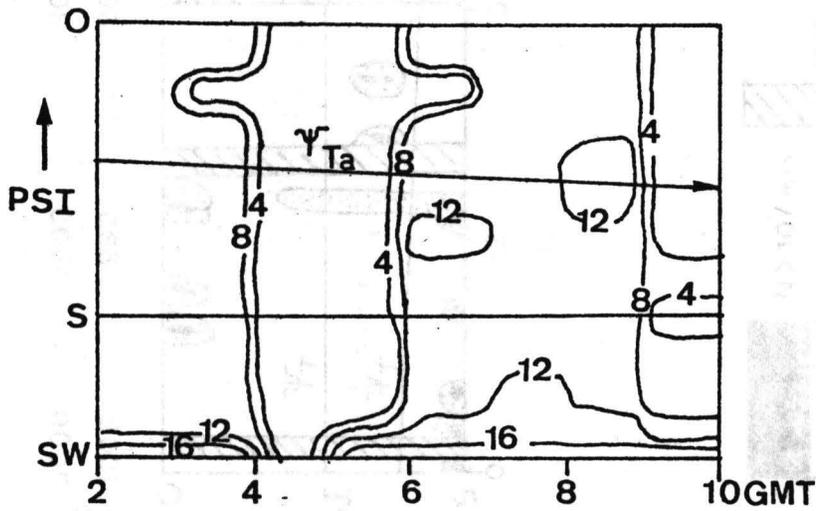


Bild 8 : Wettersituation am 21. 7. 1972, 12 GMT



21.7.1972

Bild 9 : Linien gleicher Impulsraten N als Funktion der Einfallsrichtung PSI und der Zeit, 21.7.1972

(a)	3600	3500	3500	3200	3100	3000	Entfernung [km]
	1004	1000	996	992	990	985	Luftdruck im Zentrum [mb]
(b)	3000	2900	800	2600	2400	2200	
	1006	992	985	970	950	935	

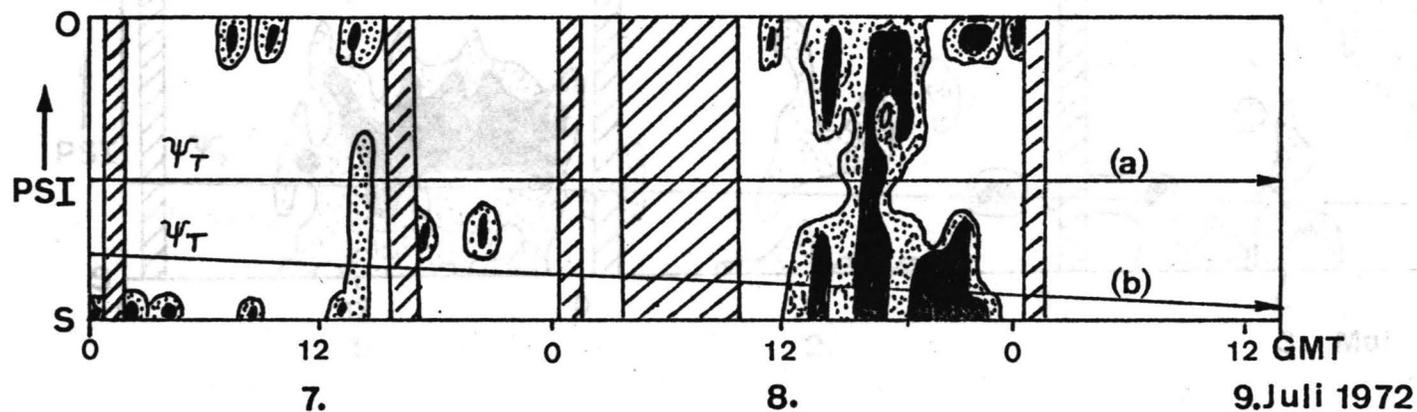
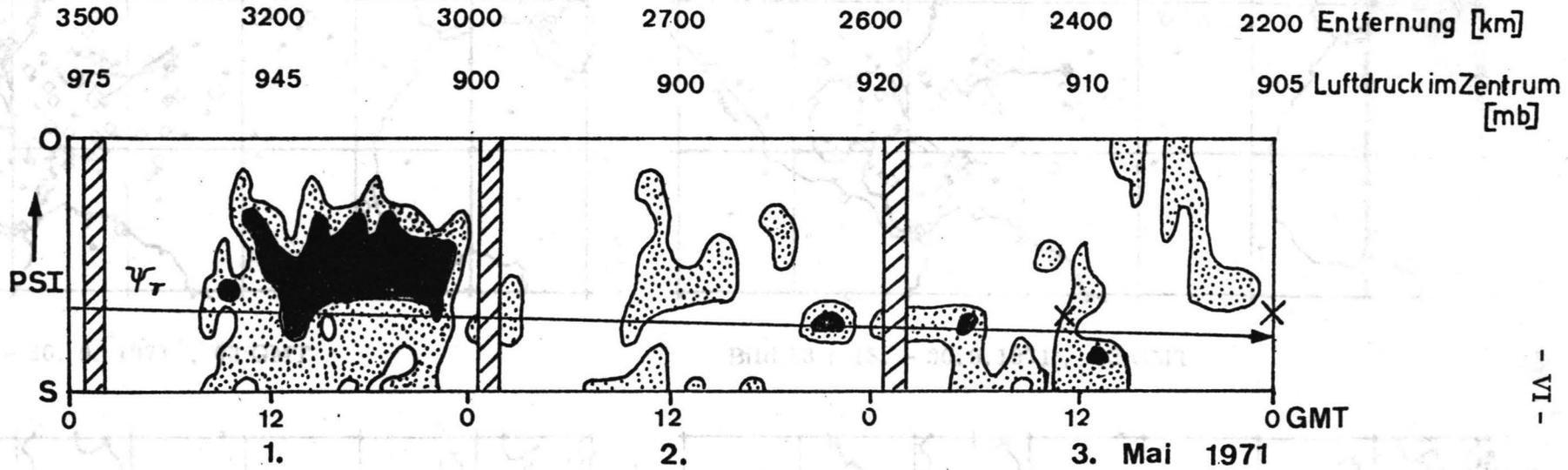


Bild 10 : Beobachtungsergebnisse für die Impulsrate N während des Auftretens zweier weit entfernter Taifune



X Gewitter-Angaben
auf Wetterkarte

Bild 11 : Beobachtungsergebnisse für die Impulsrate N während des Auftretens eines weit entfernten Taifuns.

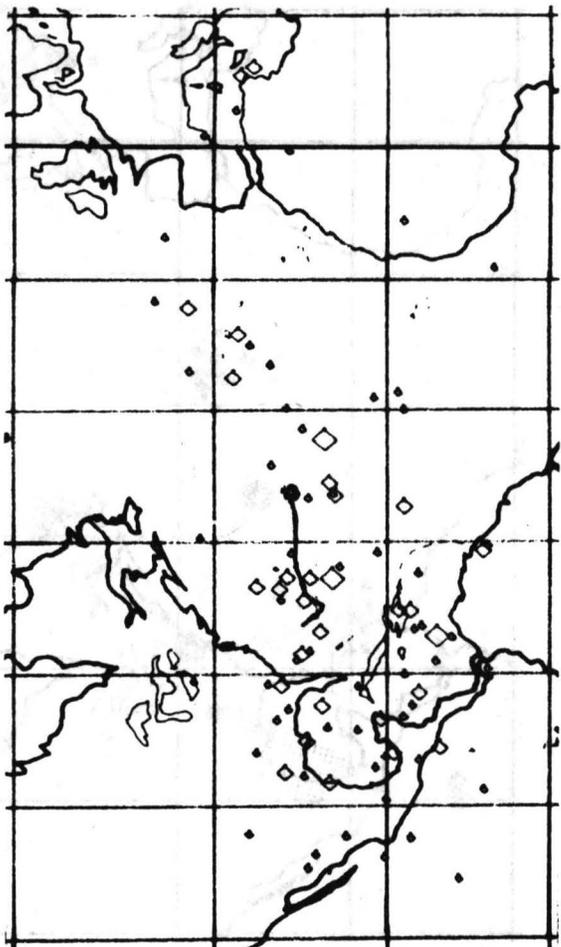


Bild 13 : 18. - 30.9.1971, 03 GMT

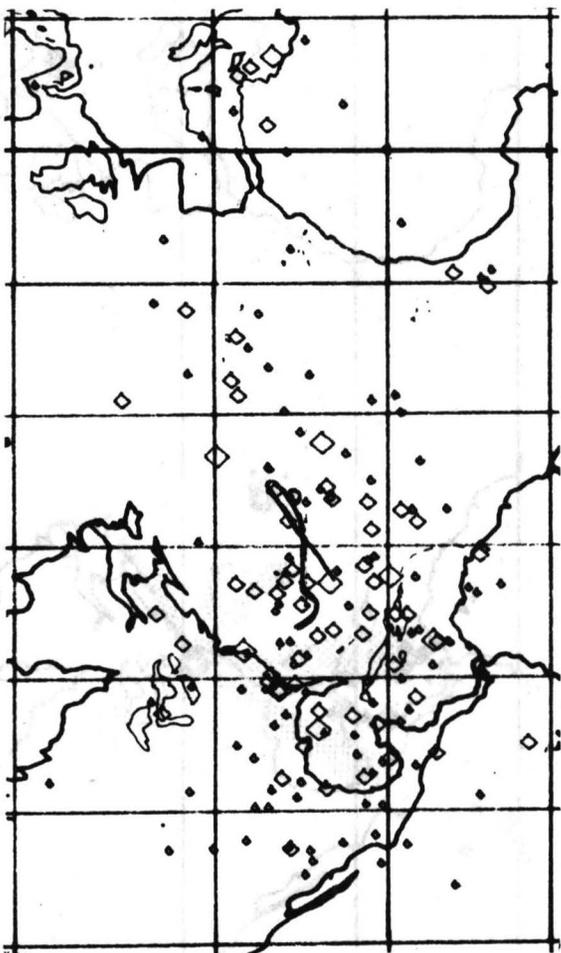


Bild 12 : 9. - 30. 9. 1971, 03 GMT

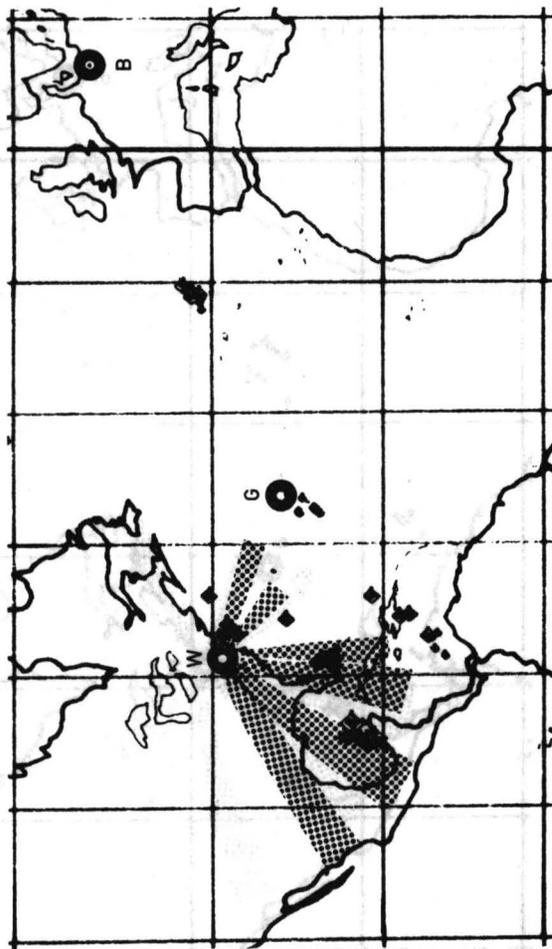


Bild 15 : 19.9.1971, 03 GMT

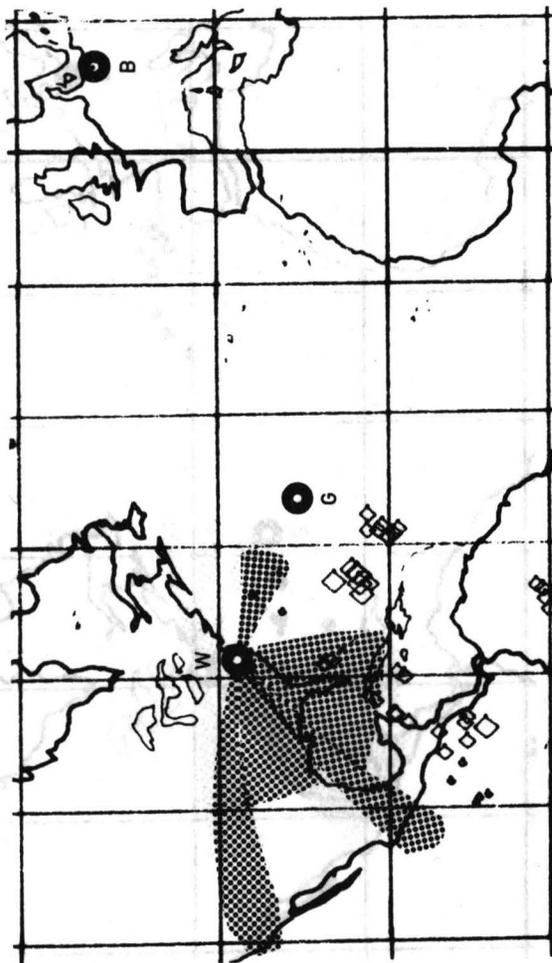


Bild 14 : 18.9.1971, 03 GMT

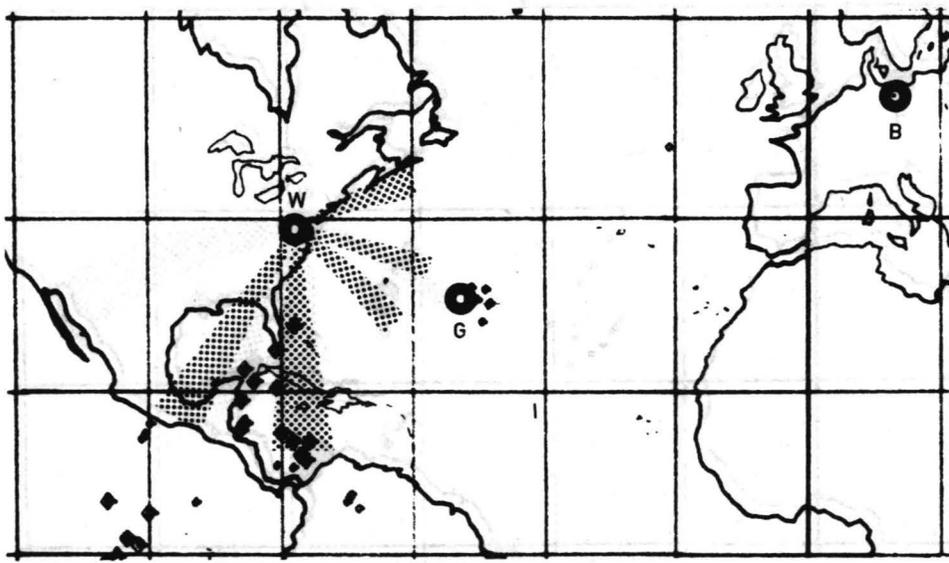


Bild 16 : 20.9.1971 , 03 GMT

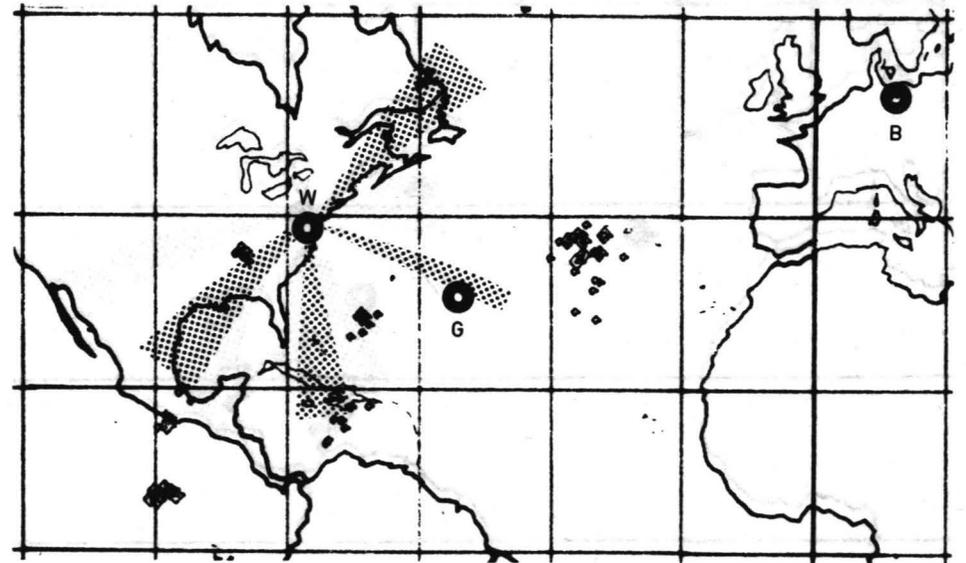


Bild 17 : 21.9.1971 , 03 GMT

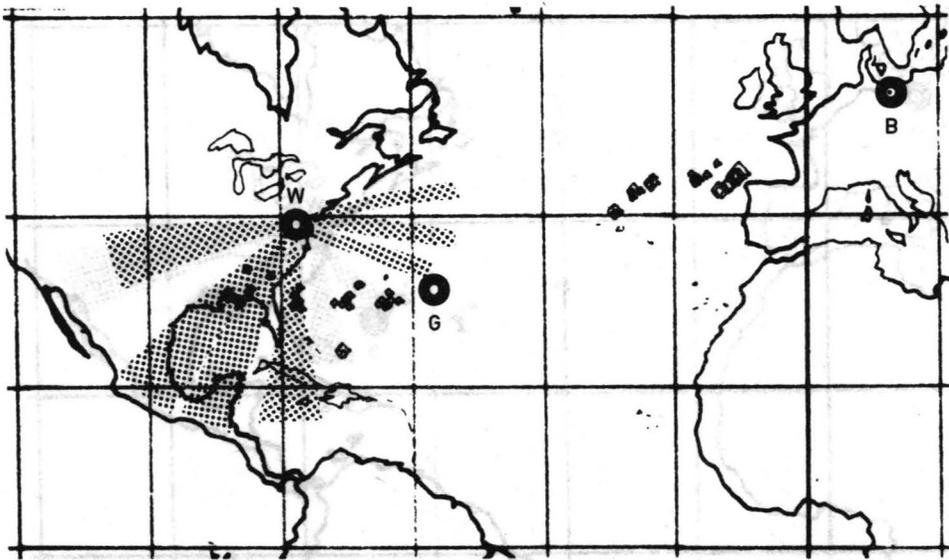


Bild 18 : 22.9.1971 , 03 GMT

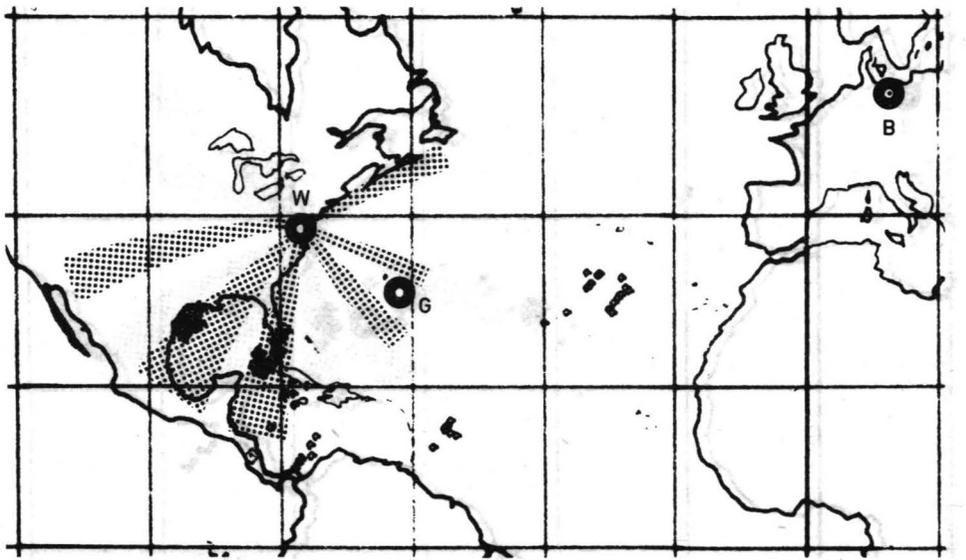


Bild 19 : 23.9.1971 , 03 GMT

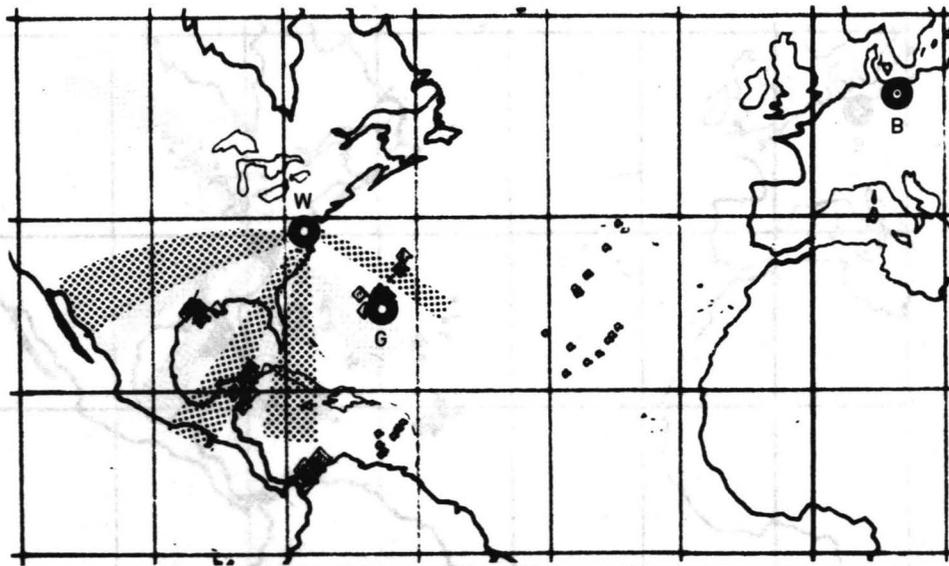


Bild 20 : 24.9.1971 , 03 GMT

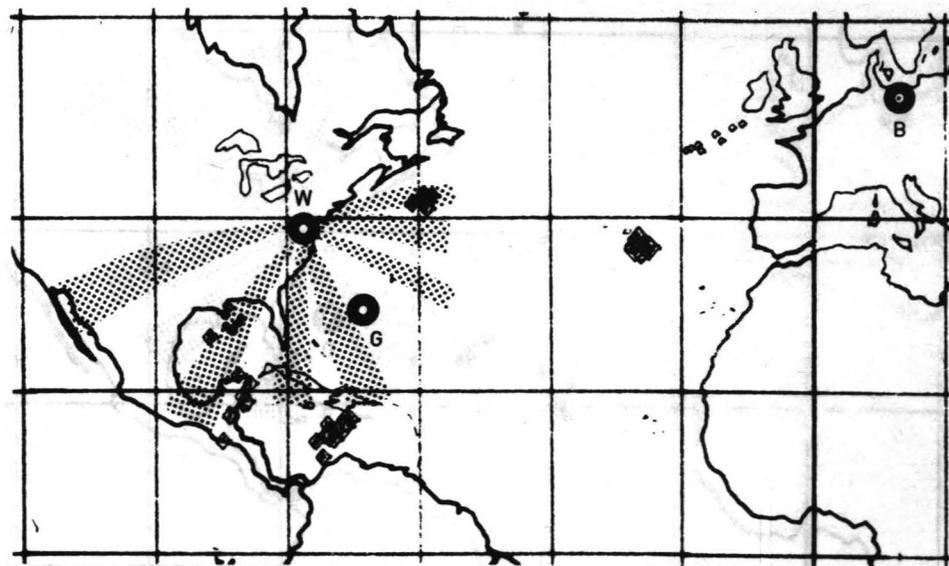


Bild 21 : 25.9.1971, 03 GMT

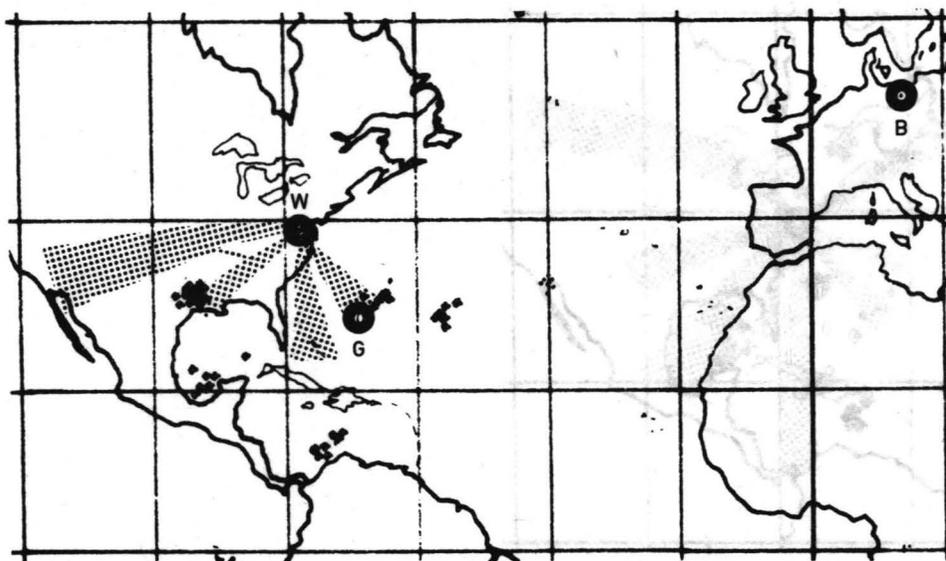


Bild 22 : 26.9.1971, 03 GMT

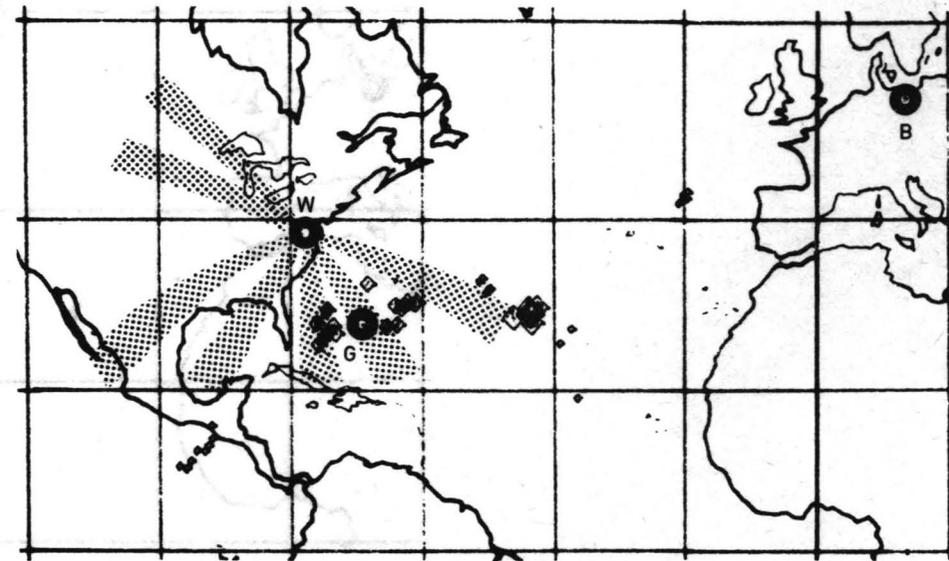


Bild 23 : 27.9.1971, 03 GMT

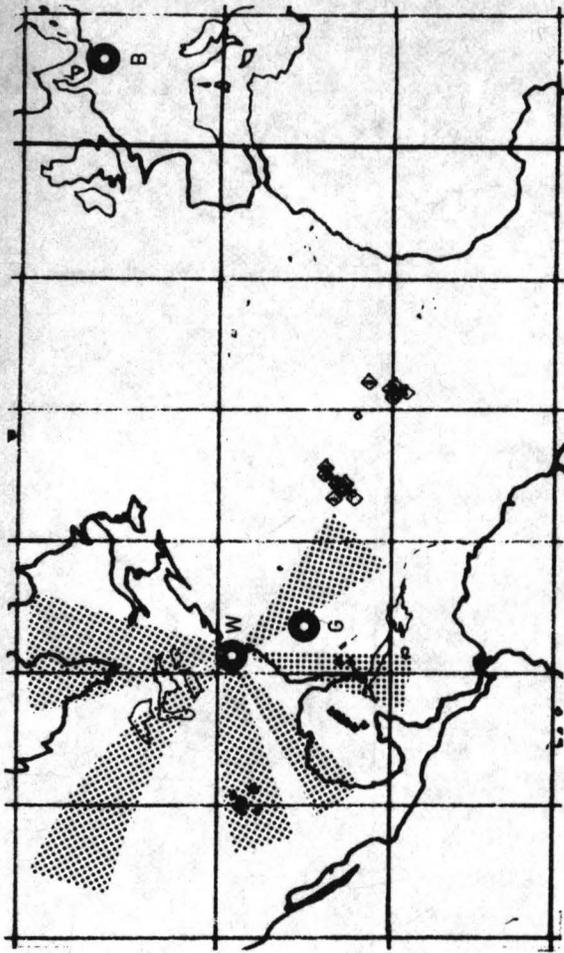


Bild 25 : 29.9.1971, 03 GMT

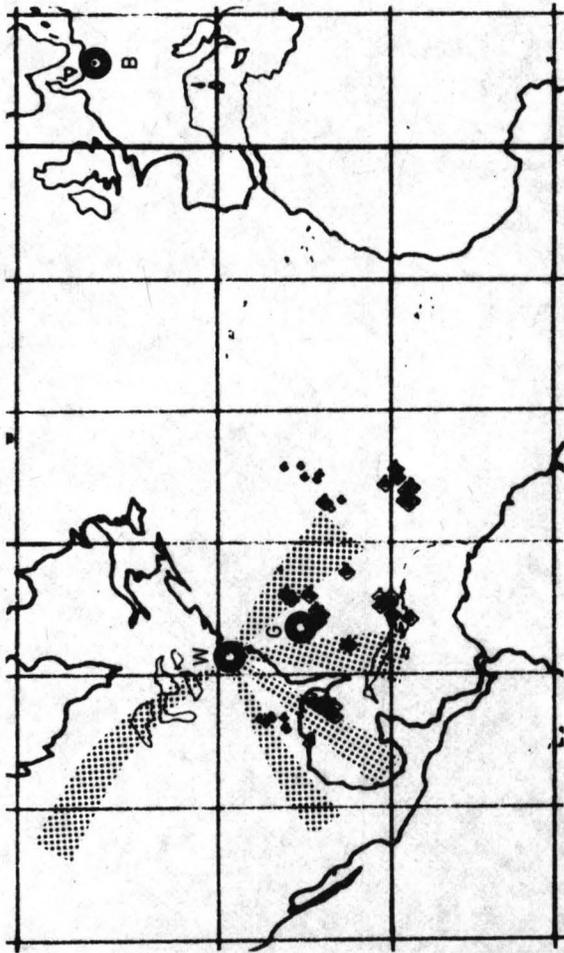


Bild 24 : 28.9.1971, 03 GMT

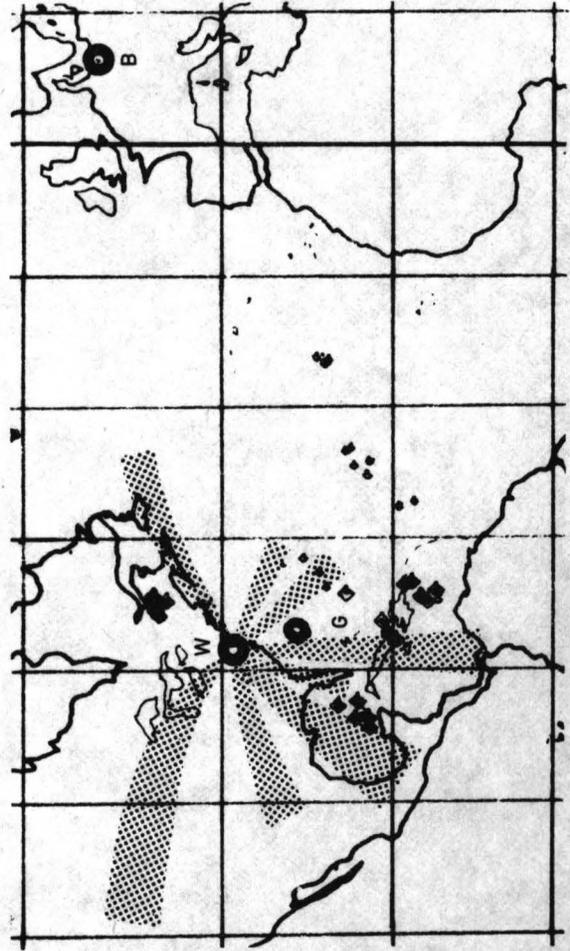


Bild 26 : 30.9.1971, 03 GMT

