

KONINKLIJK NEDERLANDSCH METEOROLOGISCH INSTITUUT

N^o. 102.

MEDEDEELINGEN

EN

VERHANDELINGEN.

31.

Dr. E. van Everdingen. Ueber die Ausbreitung des Schalles
bei der Versuchssprengung in Oldebroek
am 28. Oktober 1922.

TE VERKRIJGEN BIJ | EN VENTE CHEZ

SEYFFARDT's BOEKHANDEL,

Gravenstraat 6, Amsterdam.

VORWORT.

Die Bearbeitung der Ergebnisse über die Ausbreitung des Schalles bei der Explosion in Oldebroek wurde wiederholt durch andere Arbeiten verzögert und unterbrochen. Der Verfasser bedauert diese Verspätung um so mehr, weil inzwischen der begeisterte Urheber dieses Versuches, Prof. ALFRED DE QUERVAIN, hingeschieden ist. Seinem Andenken sei an dieser Stelle ein ehrfurchtvolles Wort des Dankes und der Anerkennung geweiht.

Seinen Kollegen im Auslande, welche durch ihre Vorbereitungen und Bearbeitungen den Versuch aufs kräftigste unterstützt haben, spricht der Verfasser seinen aufrichtigen Dank aus.

*Der Hauptdirektor
des Kön. Nied. Meteor. Instituts,
E. VAN EVERDINGEN.*

UEBER DIE AUSBREITUNG DES SCHALLES BEI
DER VERSUCHSSPRENGUNG IN OLDEBROEK
AM 28. OKTOBER 1922.

1. *Vorgeschichte des Sprengversuchs.*

Gelegentlich der ersten Meteorologischen Direktorenkonferenz nach dem Kriege in Paris, Anfang Oktober 1919, wurde auch die Kommission zur Erforschung der höheren Luftschichten neugebildet und Prof. V. BJERKNES zum Vorsitzenden ernannt. In einer kurzen Sitzung zur Festsetzung der internationalen Tage wurde von Prof. A. DE QUERVAIN der Vorschlag gemacht, die Gelegenheit, welche die zu erwartende Vernichtung von Sprengstoffen aus Sicherheitsgründen darbot, zu wissenschaftlichen Zwecken zu benützen, indem die Sprengung an geeigneter Stelle zu bekannt gegebenen Zeiten stattfinden sollte und die Meteorologischen Institute aufgefordert wurden, den Zustand der Atmosphäre möglichst genau zu erforschen und zu allgemeinen Schallbeobachtungen anzuregen.

Wenn auch die Anwesenden diesem Plane sympathisch gegenüberstanden, schüttelten sie den Kopf, wenn die Möglichkeit der Ausführung erwogen wurde.

Auf der Tagung der Kommission in Bergen, Juli 1921, wurde dieser Gegenstand nochmals von DE QUERVAIN vorgebracht und folgenderweise zusammengefasst:

1. *Recapitulation der Tatsachen und Begründung solcher Versuche.*

a) Die beobachteten Anomalien bei grossen Explosionen (normales Hörbarkeitsgebiet, Zone des Schweigens, anormales Hörbarkeitsgebiet in ca 150 km Entfernung), die vielfach untersucht worden sind, weisen auf einen *engen Zusammenhang mit den Zuständen der höhern Atmosphäre* (Untersuchungen von MOHN, FUJIWHARA, DE QUERVAIN, VAN EVERDINGEN).

b) Es bestehen zwei Erklärungsversuche; der eine ausgehend von dem Princip von Rayleigh und Stokes über die *Beugung der Schallfront* durch den vertikalen *Windgradienten*, und mit

Beziehung von Inversionen; der andere, welcher Brechung und Reflexion in der hypothetischen Wasserstoffosphäre annimmt (WEGENER, v. D. BORNE).

c) Für die erstgenannte Erklärungsart spricht die Tatsache, dass bisher stets Asymmetrie der normalen Zone gefunden wurde.

d) Ein Fall, wo durch aerologische Messungen die Richtigkeit dieser Erklärung zwingend, quantitativ bewiesen wurde, scheint aber *nicht* vorzuliegen.

e) Ein Fall von *symmetrischer Ausbildung des normalen Gebiets* scheint hingegen neuerdings von ODDONE und DE QUERVAIN nachgewiesen (Explosion von VERGIATE, Norditalien).

Schlussfolgerung: Klarheit in dieses Problem kann nur durch umfassende d. h. internationale Versuche mit aerologischen Feststellungen kommen. Diese werden zeigen, wie weit die beobachteten Schallanomalien beweiskräftig sind für die Erkennung atmosphärischer Zustände in höhern Schichten, welche den gewöhnlichen aerologischen Forschungsmethoden nicht mehr zugänglich sind. Das würde eine Methode der Schallanalyse ergeben, die in einem Augenblick ein Gebiet von mehreren hunderten Kilometer Durchmesser erfassen könnte.

2. Programm für Versuche.

a) Lage des Mittelpunktes: allseitig mindestens 200 km vom Meer entfernt in Region vermutlich einheitlicher einfacher obern Druckgradienten in einer Gegend, wo ringsum ohne zu grosse Lücken Beobachter zu finden sind, aber am Explosionsort selbst kein nennenswerter Schaden entstehen kann (z. B. Eifel, Ardennen ca 50° N. 6° E. oder Mittelvogesen).

b) Nötige Explosionsmenge (mit Hülfe der Armee) ca 1000 bis 5000 kg. Die Menge kann relativ klein sein, weil Beobachter auf das Ereignis vorbereitet.

c) *Tages- und Jahreszeit und Wetterlage der Versuche.* Gewitterperiode möglichst auszuschliessen, also Herbst; ebenso störende Tagesgeräusche, also frühmorgens; Notwendigkeit aerologischer Visierungen, also antizyklonale Wetterlage (Randgebiet gegen Zyklone; ohne einheitliche Störung). Zeitpunkt wenig vor Sonnenaufgang. Zugleich wegen Nebelgefahr nicht zu spät im Herbst, also Ende September, Anfang Oktober.

d) Beobachtungsprogramm für gewöhnliche Beobachter.

(Beobachter meteorologischer Netze und möglichst zahlreiche Freiwillige mit besonderer Instruktion zu versehen). Beobachtungen über *genauen Zeitpunkt* (Sekunden!). Laufzeit des Schalls höchst wichtig für Schallbahn (Kontrolle mit Sekundengenauigkeit leicht erreichbar). Angaben über Richtung des Schalls (Höhe und Azimuth) über Verdoppelung und relative Intensität (subjektive *Skala*: z. B. für Vorbereitete kaum hörbar, allgemein auffallend, beunruhigend, erschreckend, mit mechanischen Wirkungen (Fensterklirren, Türenklappen, Erdbeben-ähnlich). Organisation der unumgänglichen sofortigen Zeitkontrolle (Telegraph. Stationen).

e) Aerologisches Programm: Pilotaufstiege, möglichst hoch, Registrierballonaufstiege; erwünscht auch bemannte Ballonaufstiege zur Feststellung der Schallgrenzen in der vertikalen, bez. in der Nähe der mutmasslichen Zonengrenze; ebenso Beobachtungen auf Höhenpunkten. Beobachtung der Wolkenzugrichtungen.

Organisationszentrum: Holland? Frankreich? Belgien? (entsprechend dem Versuchszentrum).

3. Bearbeitung der Ergebnisse:

Ableitung der Isophonen und aus den Laufzeitkurven Rückschluss auf die Schallwege und atmosphärische Zustände, ähnlich wie in der Seismologie. Einführung der tatsächlichen meteorologischen Verhältnisse und Bestimmung der Rolle, die den *nicht* erreichten Luftschichten zukommen muss.

Nach Diskussion dieser Frage wurde dieselbe einer Sub-kommission anvertraut, bestehend aus den Mitgliedern FUJIWAKA, MAURAIN, ODDONE, DE QUERVAIN und dem Verfasser und Prof. DE QUERVAIN zum Vorsitzenden erwählt. Weil die Umstände dazu führten, dass diese Sub-kommission später selbstständig zu arbeiten hatte, wurde sie auf der Utrechter Direktorenkonferenz 1923 zur „Kommission für die Untersuchung der Ausbreitung des Schalles bei Explosionen“ umgebildet.

Im Oktober 1921 wurde von der Sub-kommission an alle Kriegsämter in W. und S. Europa ein Zirkular geschickt mit der Bitte, falls Sprengstoffe sicherheitshalber vernichtet oder Versuche mit Sprengstoffen angestellt werden sollten, der Kommission die Möglichkeit zu

schaffen Schallversuche zu organisieren, durch rechtzeitige Bekanntgebung der Zeit für die Explosion.

Das erste positive Ergebnis dieses Schrittes war das Angebot des Niederländischen Kriegsministeriums in Dato 24. April 1922, eine Menge von zirka 15.000 kg Ammonium Perchlorat für Sprengversuche zur Verfügung zu stellen, welche sonst in absehbarer Zeit im Meere versenkt werden sollte. Bedingung war nur dass die Mehrkosten vom Meteorologischen Institute bezahlt werden sollten.

Wenn auch unser kleines und dichtbevölkertes Land nicht gerade die günstigsten Bedingungen bot und es von vornherein ausgeschlossen war, gemäss Programmpunkt *a* einen öden Ort, 200 km vom Meere entfernt für die Sprengung zu wählen, hat der Verfasser nach Ueberlegung mit Prof. DE QUERVAIN gemeint die angebotene Gelegenheit mit beiden Händen angreifen zu müssen, in der Ueberzeugung, dass der Versuch sicher die tatkräftigste Propaganda für weitere Versuche liefern würde. Die zahlreichen seitdem in Deutschland (seit Mai 1923) und in Frankreich (3 Versuche, Mai 1924) durchgeführten Versuche scheinen unsere Ansicht zu bestätigen.

Am 10. Juni 1922 wurde das Angebot des Ministeriums für Landwirtschaft u.s.w., dem das Meteor. Institut damals angehörte, eine Summe von höchstens *f* 1000 für etwaige Mehrkosten zur Verfügung zu stellen, vom Kriegsministerium angenommen, und dadurch im Prinzip zur Durchführung des Versuchs beschlossen.

2. Vorbereitung.

Mit der Vorbereitung des Versuchs wurde die Direktion der Artillerie-Konstruktionswerkstatt bei Amsterdam beauftragt in Vereinigung mit dem Verfasser. Schon bei einer ersten Besprechung am 24. Juni musste der Gedanke, einen Explosionsort im Südöstlichen Teile des Landes, im wenig bevölkerten Moorboden, zu wählen, aufgegeben werden, weil ein gänzlich unbewohnter Kreis von genügendem Durchmesser auch hier nicht aufzufinden war, und zu grosse Bedenken bei den örtlichen Behörden gefürchtet wurden. Andererseits meinte die genannte Direktion dass der Schiessplatz bei Oldebroek, der in ziemlich öder Umgebung liegt und im Mitten einer Bevölkerung, welche durch die Uebungen mit schweren Geschützen einigermaßen für einen Sprengversuch vorbereitet war, sehr geeignet sein würde, auch wegen der Anwesenheit von Militär zur Vorbereitung und Ueberwachung des Versuchs. Allerdings war bei dieser Wahl ein ungünstiger Umstand,

dass ein beträchtlicher Teil des Kreises mit 200 km Radius durch Meeresgebiet lief — die rege Schifffahrt auf der Nordsee und die Anwesenheit mehrerer Leuchtschiffe gestatteten die Hoffnung, dass dieser Uebelstand nicht zu schwer ins Gewicht fallen würde.

Eingehend wurde die Frage diskutiert, bis zu welcher Distanz eine zerstörende Wirkung der Explosion zu befürchten wäre, wobei vorläufig 10.000 kg als Sprengladung vorausgesetzt wurde. Die Erfahrung, bei Explodirung sehr viel grösserer Mengen im Auslande erhalten, war äusserst beruhigend: in Königsberg z. B. war bei Explosion von etwa 0.5 bis 1 Million kg die Erschütterung nur bis auf 6 km bemerkbar gewesen, bei Wiener-Neustadt, wo 50 bis 200.000 kg explodierten, ging die Zerstörung von Fensterscheiben meist nicht über 8 km hinaus. Es wurde also angenommen, dass das Freihalten eines Kreises von etwa 2 km Radius genügende Sicherheit verbürgen würde. Diese Bedingungen boten für den Schiessplatz keinerlei Schwierigkeit.

Weil es mit der Vernichtung des Sprengstoffes keine grosse Eile hatte, wurde beschlossen, womöglich eine Periode hohen Druckes im Herbst abzuwarten, kurze Zeit vorher die ausländischen Institute zur Mitarbeit aufzufordern und das Datum der Explosion einen Tag vorher funkentelegrafisch und anderweitig anzukündigen. In Plan wurde aufgenommen eine kleinere Explosion, etwa 5 Minuten vor den grösseren, vorangehen zu lassen, um die Gefahr der Vertauschung des Explosionsschalles mit andern Geräuschen möglichst auszuschliessen. Als Explosionszeit wurde vorläufig eine Abendstunde gewählt, sowohl wegen der grösseren Ruhe des Abends als um eine visuelle Beobachtung des Explosionsmomentes in weitem Kreise zu gestatten.

Am 13. September wurde ein Zirkular den in Betracht kommenden meteorologischen und seismischen Instituten zugeschickt, bestehend aus einer Begründung des Versuches unter Zugrundelegung der Ausführungen DE QUERVAIN'S und einem nach Korrespondenz mit diesem festgesetzten Programm der Beobachtungen. In der Anlage wird dieses Zirkular abgedruckt.

Als der September nahte, war der Explosionsstoff nach Oldebroek transportirt worden und in einem Schuppen untergebracht. Kurz nachher erkundigte sich der stellvertretende Direktor des Schiessplatzes, Leutnant WANNINKHOF, beim Verfasser über die Einzelheiten der Versuchsanordnung. Es wurde beschlossen einen kleinen Vorversuch mit etwa 200 kg zu machen um die Wirkung der elektrischen Zündung zu prüfen. Dieser Versuch wurde bald ausgeführt und hatte ausser dem gewünschten

Erfolg auch noch den unerwünschten, dass in einer ziemlich entfernten Wohnung angeblich durch die Schallerschütterung eine Gaslampe geschädigt wurde. Dies führte zum Entschluss der definitiven Explosion eine mit 1000 kg Sprengladung vorangehen zu lassen, wobei die Umwohnenden gewarnt werden sollten und gemahnt, durch öffnen der Fenster Schaden an Fensterscheiben, u.s.w. zu vermeiden.

Dieser Versuch fand auf Wunsch der Militärbehörden statt um 8.15 Uhr abends Amsterdamer Sommerzeit (also etwa 6.55 W. E. Z.) am 15. September. Die Wetterlage war nicht besonders günstig, ein ziemlich kräftiger nlicher Wind wehte, und die Bewölkung war geschlossen und niedrig. Beobachtungen an den Hauptstationen um 8 u.: Den Helder NNW. 12.0 m. p. s., De Bilt NNW. 7.4 m. p. s., Groningen NW. 7.3 m. p. s. Bewölkung resp. 9, 10, 10. Wegen niedriger Bewölkung fehlen aerologische Beobachtungen, nach den Pilotbeobachtungen am 16. nahm der Wind in den untersten 500 m stark zu.

Wegen der geringen Menge Explosionsstoff waren keine Bekanntgebungen an das Ausland geschickt; zur ersten Orientierung über die Tragweite des Schalles in der ersten Zone wurde an 15 Beobachter an Haupt-, Termin- oder Gewitterstationen am 14. September mitgeteilt, dass eine kleine Explosion stattfinden würde und um Beobachtungen gebeten.

Der Leiter des Versuchs, Herr D. RIJNDERS, beschrieb die Explosion folgendermassen:

„Im Moment der Explosion stand ich in 1500 m Entfernung, ich sah eine grosse Feuersäule mit Rauchwolke, fand den Knall nicht besonders stark und fühlte einen merklichen Schallstoss, aber keine Bodenerschütterung, Saugung oder Luftdruck habe ich nicht beobachtet.

Der Knall wurde von *einem* Echo gefolgt.

Am folgenden Morgen zeigte sich, dass die Explosion einen Trichter von 14 m Durchmesser bis etwa 3.5 m Tiefe gebildet hatte. Freistehende kleine Tannen in etwa 100 m Distanz hatten nicht gelitten; in unmittelbarer Nähe des Trichters war das Haidekraut abrasiert und nach aussen geblasen. Etwas weiter waren Zweige einer Tanne abgebrochen und zum Trichter hin gezogen.

Schaden von Bedeutung war überhaupt nicht angerichtet.“

Um so stärker war aber der Eindruck der Schallbeobachtung in dem Dorfe Epe und den Städten Apeldoorn und Deventer, resp. 7,21 und 22 km vom Explosionsort entfernt. In Epe wurde eine kräftige Erschütterung gespürt und einige Fensterscheiben sollen gerissen sein.

In Apeldoorn, wo man nicht gewarnt war, hörte man eine starke Dröhnung und spürte eine Erschütterung, die von Personen, welche früher Erdbeben mitgemacht hatten, als Erdbeben gedeutet wurde, und auch in Deventer war man aufgeschreckt worden.

In der folgenden Tabelle wurden die positiven und negativen Meldungen, nach Azimuth geordnet, vereinigt.

Nr.	Ort.	Distanz km.	Azimuth.	Charakter des Schalles und Bemerkungen.
<i>Positive Meldungen.</i>				
1	Avereest	33	N. 51 E.	Kaum hörbarer, dumpfer, brummender Schall.
2	Wapenvelde	4.0	N. 85 E.	Das Haus erbebte auf seinen Grundlagen, alles in der Küche wurde erschüttert, die Fensterscheiben klirrten, die Glocke ertönte.
3	Neede	53	E. 36 S.	Fensterscheiben klirrten während 2 Sekunden (Beobachter ungewarnt).
4	Deventer	21	E. 58 S.	Fensterscheiben klirrten so stark, dass man meinte, sie würden zerspringen.
5	Warnsveld	34	E. 62 S.	Schall sehr deutlich vernommen während 2 Sekunden, Fenster zitterten in ihren Fassungen.
6	Kadijk	17.3	E. 75 S.	Starke Dröhnung, kurz wie Donner. Türen klirrten, der Schall wurde auch innerhalb der Wohnung vernommen.
7	Loenen	33	E. 87 S.	Dröhnung wie Erdbeben, Türen und Fensterscheiben klirrten.
8	Apeldoorn	22	S. 5 W.	Starke Dröhnung.
9	Epe	7.3	S. 7 W.	Sehr starke Dröhnung, 4 Fensterscheiben zerbrochen?
10	Barneveld	42	S. 44 W.	Starke Dröhnung.
<i>Negative Meldungen.</i>				
1	Akkrum	72	N. 15 W.	Beobachter gewarnt (mehrere Beobachter).
2	Grafhorst	19.2	N. 14 W.	Idem.
3	Winterswijk	70	E. 45 S.	Idem.
4	Gemert	98	S. 10 W.	Idem.
5	De Bilt	65	S. 60 W.	Idem.
6	Nunspeet	14.6	S. 73 W.	Beobachter nicht gewarnt wegen Verspätung, hat im freiem Felde zur Zeit der Explosion nichts gehört.
7	Hoorn	68	W. 18 N.	Beobachter gewarnt (4 Beobachter).
8	Den Helder	103	W. 38 N.	Idem.

Es geht daraus hervor, dass der Schall mit dem Winde bis in 53 km Entfernung beobachtet wurde, quer zum Winde bis etwa in 42 km, gegen den Wind bis unter 19 km. Eine Nachfrage bei den Meteor. Instituten in Belgien und Deutschland zeigte, dass dort keine Beobachtungen des Schalles bekannt geworden waren — was auch kaum erwartet werden dürfte.

Wenn also, wie hieraus hervorgeht, ein eigentlicher Schaden, abgesehen von den paar Fensterscheiben, nicht angerichtet war, sahen die Dorfbewohner und einige ihrer Behörden dem kommenden grossen Versuch mit der grössten Angst entgegen und sensationsliebende Zeitungen trugen das ihrige dazu bei. Die betreffenden Behörden wandten sich an die Regierung, und leider wurde etwa am 20. September vorläufig die Einstellung des Versuches befohlen.

Es hiess jetzt durch den Hinweis auf Litteratur und Gutachten aus dem Auslande die unbegründete Angst zu beseitigen, anderseits nochmals den grossen wissenschaftlichen Wert des Versuches zu betonen. Besonderer Dank gebührt Herrn Dr. J. N. DÖRR, Bibliothekar der Meteor. Zentralanstalt in Wien für seine ausführlichen Mitteilungen über den verhältnismässig geringen Schaden bei der Explosion in Wiener-Neustadt, wobei besonders darauf hingewiesen wurde, dass nur dort in Distanzen über 10 km Fensterscheiben zerbrochen wurden, wo aufsteigendes Gelände die Schallstrahlen unter einem grösseren Winkel auftreffen machte, und wo die Fortpflanzungsrichtung mit der Windrichtung zusammenfiel. Letzterer Umstand bot eine Erklärung für die Zerstörung von Fensterscheiben in Epe beim Vorversuch. Wo beim definitiven Versuche der Absicht nach nur schwache Winde wehen sollten, war selbst bei grösserer Sprengladung eine solche bevorzugte Zerstörungsrichtung nicht zu befürchten. Auch Prof. DE QUERVAIN erwähnte sehr beruhigende Zahlen. Anderseits konnte daraufhingewiesen werden, dass verschiedene seismologische Institute (Göttingen, Strassburg) schon Massnahmen getroffen hatten zur Registrierung der Erschütterungen, und der Präsident der Intern. Kommission für die Erforschung der hohen Atmosphäre, Sir NAPIER SHAW, schickte ein Gutachten, in welchem er auf die hohe Bedeutung des Versuches für die Erforschung der anderweitig nicht zu erreichenden Atmosphärenschichten hinwies und das grosse Interesse betonte, das dem Versuche im Auslande entgegengebracht wurde.

Inzwischen war die finanzielle Frage noch einmal hervorgehoben —

das Kriegsministerium wünschte eine Garantie für den Fall, dass etwaige Schäden den Gesamtkostenbetrag über den zur Verfügung gestellten Betrag von f 1000 erheben würden. Diese Schwierigkeit wurde in dieser Weise behoben, dass der Verfasser nach Rücksprache mit Sir NAPIER SHAW, als Präsidenten der Kommission für die Erforschung der hohen Atmosphäre, einen Betrag von abermals f 1000, den er in Erwartung der Neuregulierung internationaler Beiträge für diese Kommission aufgehoben hatte, zur Verfügung stellte — in der Ueberzeugung, dass bei genügender Warnung der Umwohnenden und günstiger Wetterlage höchstens ein geringer Teil beansprucht werden dürfte. Weil der Schall schon bei dem 1000 kg Versuch unter günstigen Umständen bis 53 km vorgedrungen war und viel daran gelegen war, einen wenn auch bescheidenen Versuch grösseren Stiles durchzusetzen, wurde vorgeschlagen, falls nicht alle Bedenken fortgenommen sein sollten, die Sprengladung auf 5000 kg herabzusetzen und die vorangehende kleine Sprengung fortzulassen. Schliesslich wurde zur Beruhigung der Umwohnenden eine Mitteilung an der lokalen Presse verteilt, in welcher die Ursachen der relativ starken Erschütterung in Epe am 15. September erläutert wurden und versichert, dass bei Wahl eines günstigen Moments die grosse Explosion kaum stärkere Wirkungen hervorbringen würde.

Dies alles führte zum Ziel — auch der Generalstab hatte beruhigende Erklärungen abgegeben, und am 21. Oktober wurde das Erlaubnis zur Fortsetzung des Versuches mit 5000 kg erteilt, unter Gestattung, den Rest des Explosivstoffes eventuell für weitere Versuche zu verwenden.

3. *Vorbereitung der definitiven Sprengung.*

Die Versuche mit 200 und 1000 kg hatten gezeigt, dass die elektrische Zündung eine Explosion genau am gewünschten Momente ermöglichte. Um diesen Moment am Schiessplatz beurteilen zu können, wurde ein transportabler drahtloser Empfänger verfertigt für die Signale vom Fort Vossegat bei Utrecht, durch welches damals die Wetterdepeschen auf gedämpfter Welle verbreitet wurden, und verabredet, dass am Tage der Explosion ein Zeitzignal genau die Momente 4 u. 0 m. 0 s. und 4 u. 1 m. 0 s. Amsterdamer Zeit angeben würde. An diesem Tag wurde dazu kurze Zeit vor 4 Uhr die Zeit telefonisch aus De Bilt dem Personal der Sendestation Vossegat übermittelt, und das Zeitzignal selber wurde in De Bilt aufgefangen und kontrolliert, wobei festgestellt

wurde, dass das Signal innerhalb $\frac{1}{5}$ Sekunde von der richtigen Zeit gegeben wurde.

Auf dem Schiessplatz wurde kurz vor der Explosion, die inzwischen auf die Tageszeit 5.20 Amsterdamer Zeit verlegt worden war um die Ueberwachung des Terrains leichter zu machen, ein Chronometer mit bekanntem Gange mit dem Zeitsignal verglichen; mittelst dieses Chronometers sollte DR. SCHOOTE, Adj. direktor am Institut, den Augenblick der Explosion bestimmen.

Zur Kontrolle der Zündung am richtigen Moment sollte auf einer Registriertrommel, welche in der Sekunde 1.6 mm zurücklegte, der Moment der Zündung und die Ankunft der Explosionswelle, letztere mittelst einer Membrane mit Schreibhebel, aufgeschrieben werden. Diese Registrierung geschah in 1500 m Distanz vom Explosionspunkte.

Von verschiedenen Seiten, u. a. durch Herrn CH. MAURAIN aus Frankreich, war der Wunsch bekannt gegeben eine vorläufige Ankündigung des für die Explosion gewählten Tages mehrere Tage vorzuschicken, damit die Zeitungen gewarnt werden könnten und Massnahmen für besondere Zeitsignale getroffen. Auch von Seiten der Militärbehörden wurde verlangt, dass mehrere Tage im Voraus die Entscheidung getroffen werden sollte, damit Zeit zur Verfügung stehen würde, jedes einzelne Haus in einem Umkreis von 10 km durch Militärradfahrer warnen zu lassen. Diese Förderung traf gerade ein im Moment, wo am 25. Oktober eine günstige Wetterlage sich eingestellt hatte, schon vorläufig der 27. Oktober gewählt worden war, und brieflich die ausländischen Institute vorbereitet waren. Nach telephonischer Unterhaltung gelang es wenigstens für den 28. Oktober die Genehmigung zu bekommen, und darauf wurde der Zeitpunkt 28. Oktober, 5 h. 20 m. Amsterdamer Zeit der holländischen Presse bekannt gegeben und gleichzeitig den beteiligten Instituten im Auslande 17 h. 0 m. West-Europ. Zeit am nämlichen Tage telegraphisch gemeldet. Beides ist bis auf die Minute genau, nach Sekunden gerechnet ist aber 5 h. 20 m. 0 s. Amsterdamer Zeit äquivalent mit 17 h. 0 m. 28 s. und dies war der beim Versuche genau angehaltene Zeitpunkt.

Aus Obigem geht hervor, dass aus praktischen Gründen die ursprüngliche Absicht, die günstigste Wetterlage zu wählen, nicht ganz ausgeführt werden konnte, wenn auch in einem Teile des Beobachtungsgebietes die gewünschte Wetterlage anwesend war.

Figur 1 gibt die Luftdruckverteilung wieder mit Steig- und Fallgebiete (12 St.) für die Zeit der Abendbeobachtung 6 u. W.E.Z. Das Hochdruckgebiet im Nordwesten beherrscht das Wetter auf den britischen Inseln, in Holland und Belgien; Südfrankreich und Norddeutschland sind aber unter Tiefdruckeinfluss und auch in den Alpen war die Wetterlage ungünstig. Der Pfeil in Holland deutet die Luftgeschwindigkeit im Ci-Niveau an. (s. S. 24).

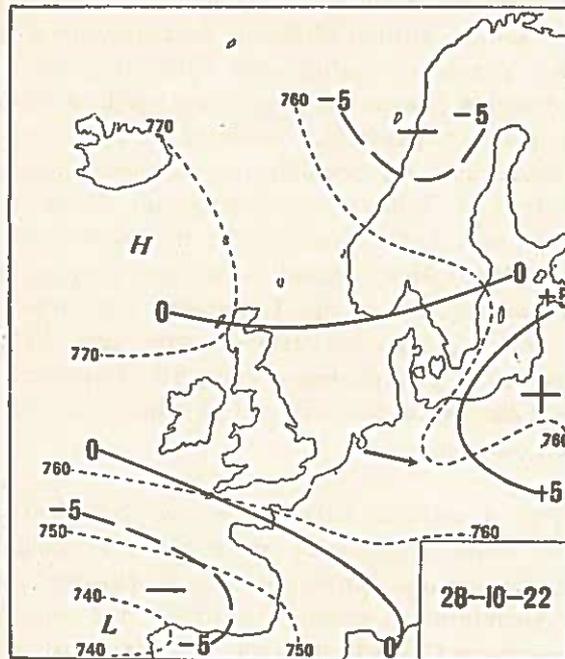


Fig. 1.

4. Die Explosion.

Als Ort für die definitive Explosion von 5000 kg Explosivstoff wurde der Trichter benutzt, welche von der Explosion mit 1000 kg am 15. September herrührte. Fig. 2 gibt ein so deutliches Bild von der Anordnung des Versuchs, dass eine weitere Beschreibung überflüssig erscheint. Die Koordinaten sind $\lambda = 5^{\circ} 59' 40''$ E., $\beta = 52^{\circ} 24' 56''$, Höhe über Meeresniveau 20 m.

Zur exakten Zeitbestimmung wurde das vorher mit der Normaluhr in De Bilt verglichene Chronometer mit dem extra für den Versuch vom Eiffelturm um 16 h. W.E.Z. gegebenen Zeitsignal verglichen, mittels

eines in der Nähe befindlichen Auffangposten. Nach Rückkehr in De Bilt wurde das Chronometer nochmals verglichen und keinerlei Unregelmässigkeit im Gange festgestellt. Alle Massnahmen zur Bestimmung exakter Laufzeiten der Schalles waren also genommen. Leider stellte sich nachher heraus, dass im normalen Hörbarkeitsgebiete auf dem Lande nur sehr wenige Beobachter das Zeitsignal von Vossegat hatten auffangen können, während die vielen Beobachter in den Grossestädten, mit Radioinstallation versehen, in der Zone des Schweigens fielen.

Auch im Auslande wurden ähnliche Vorbereitungen getroffen. Der Augenblick des Versuches wurde vom Eiffelturm und von Königswusterhausen drahtlos bekannt gegeben, und auch in Oesterreich durch die Zeitungen bekannt gemacht, obschon unserseits eine bis dorthin gelangende Ausbreitung des Schalles von vornherein als ausgeschlossen betrachtet wurde und deshalb keine Bitte zur Mitarbeit nach Wien geschickt worden war. Leider wurden die Beobachter des preussischen meteor. Instituts durch Missverständnis zu spät gewarnt, sodass nur in einigen Observatorien und in der Umgegend von Bremen beobachtet wurde. Durch einen Fehler unserseits wurde kein Telegramm nach Kopenhagen geschickt und blieben also auch in Dänemark die Beobachtungen aus. Auf der Nordsee wurde auf Leuchtschiffen beobachtet, aber kein Schall vernommen.

Wie aus Fig. 3 ersichtlich, erzeugte die Explosion eine kolossale Wolke und aus weiter Entfernung wurde eine „Feuersäule“ berichtet, besonders nach Westen und Norden, wo der Schein der Explosion gegen den dunklen Abendhimmel gesehen wurde — die weiteste Entfernung betrug bis Groningen (NNE.) etwa 100 km, bis Haarlem (W.) 98 km.

Die Schallintensität blieb auch in der nächsten Nähe der Explosion weit gegen die Erwartung zurück, so selbst, dass ein Beobachter in 4 km Distanz, welcher nach dem 1000 kg Versuch energisch protestiert hatte wegen der Gefahr des grossen Versuches, jetzt nur „ein leichtes Brummen“ meldete und vermutete, man habe im letzten Momente die Sprengladung sicherkeitshalber erheblich geringer genommen. Auch bei den übrigen Beobachtungen in der Tabelle I wird man nur Ausnahmeweise eine grosse Schallintensität vermerkt finden. In der Hauptsache muss dies den für Fortpflanzung in den unteren Schichten ausserst ungünstigen meteorologischen Umständen zugeschrieben werden: die Temperatur nahm sehr stark nach oben ab, und die Windzunahme nach oben war nicht sehr gut ausgeprägt. Das direkte Hörbarkeitsgebiet



Fig. 2.



Fig. 3.

erstreckte sich deshalb gegen den Wind nur bis auf 23 km, quer zum Winde bis auf 42 km, mit dem Winde bis auf 65 km. Alle weiteren Meldungen von Schallbeobachtungen in Holland sind sehr zweifelhaft mit Ausnahme von wenigen Beobachtungen weit in Südwesten, welche zur anormalen Zone gerechnet werden können. Die Grossstädte Amsterdam, Rotterdam und Haag lagen also sämtlich in der Zone des Schweigens, und den vielen intensiv lauschenden Beobachtern wurde eine Enttäuschung zum Teil.

Nachdem anfangs nur wenige und meistens negative Meldungen aus dem Auslande eintrafen, wurden später aus allen Ländern, wo aufmerksam beobachtet wurde, positive Meldungen empfangen, besonders zahlreich aus der Gegend von Bremen, aus England und aus Oesterreich. Diese letzteren Meldungen erregten bei der relativ geringen explodierten Menge besonderes Aufsehen — war doch z. B. bei der Explosion bei Wiener-Neustadt, wo angeblich 200 000 kg explodierte, die äusserste Begrenzung der anormalen Zone nur bis 300 km zu verfolgen. Nach Dr. J. N. DÖRR in Wien, der den Fall Wiener-Neustadt damals eingehend untersucht hat, spricht im Allgemeinen die günstige Lage der Stationen mit positiven Meldungen gegenüber denselben mit negativem Erfolg dafür, dass eine Selbsttäuschung nicht vorliegt und nur die Tatsache, dass die Beobachter gewarnt waren und gut zuhörten, dafür verantwortlich ist, dass in so grosser Entfernung noch etwas zu beobachten war.

5. *Die Publikation der Beobachtungen.*

Eine Kritik der Beobachtungen auf Grund einer berechneten Fortpflanzungszeit war aus zwei Gründen nahezu ausgeschlossen. Erstens handelte es sich gerade darum festzustellen, ob Fortpflanzung durch sehr hohe Luftschichten stattfand, in welchen zunächst unbekannte Geschwindigkeiten vorherrschen, während eben deshalb die Bahn nicht von vornherein gegeben ist. Zweitens waren die angegebenen Zeiten oft so ungenau, dass ein Fehler von mehreren Minuten als möglich betrachtet werden könnte — nur Abweichung von mehreren in der nächsten Umgebung übereinstimmend beobachteten Zeiten hätte zur Streichung führen können — aber dazu war meistens das Beobachtungsnetz nicht dicht genug. Der Verfasser hatte sich deshalb schon bald entschlossen, nur die Beobachtungen zu publizieren in solcher Weise, dass jedem Forschenden die Kritik möglich gemacht wurde. Wo seitdem bei zahlreichen Versuchen, speziell in Deutschland, mit sehr kleinen Mengen Sprengstoff, ähnliche Resultate mit Hörbarkeit bis in grosser

Entfernung erzielt wurden, fehlt jeder Grund von vornherein die Beobachtungen aus weiten Fernen auszuschalten. Wir haben uns deshalb bemüht alle Beobachtungen in einheitlicher Weise zu publizieren, was uns speziell durch die tabellarische Einrichtung der belgischen, englischen und österreichischen Beobachtungen erleichtert wurde.

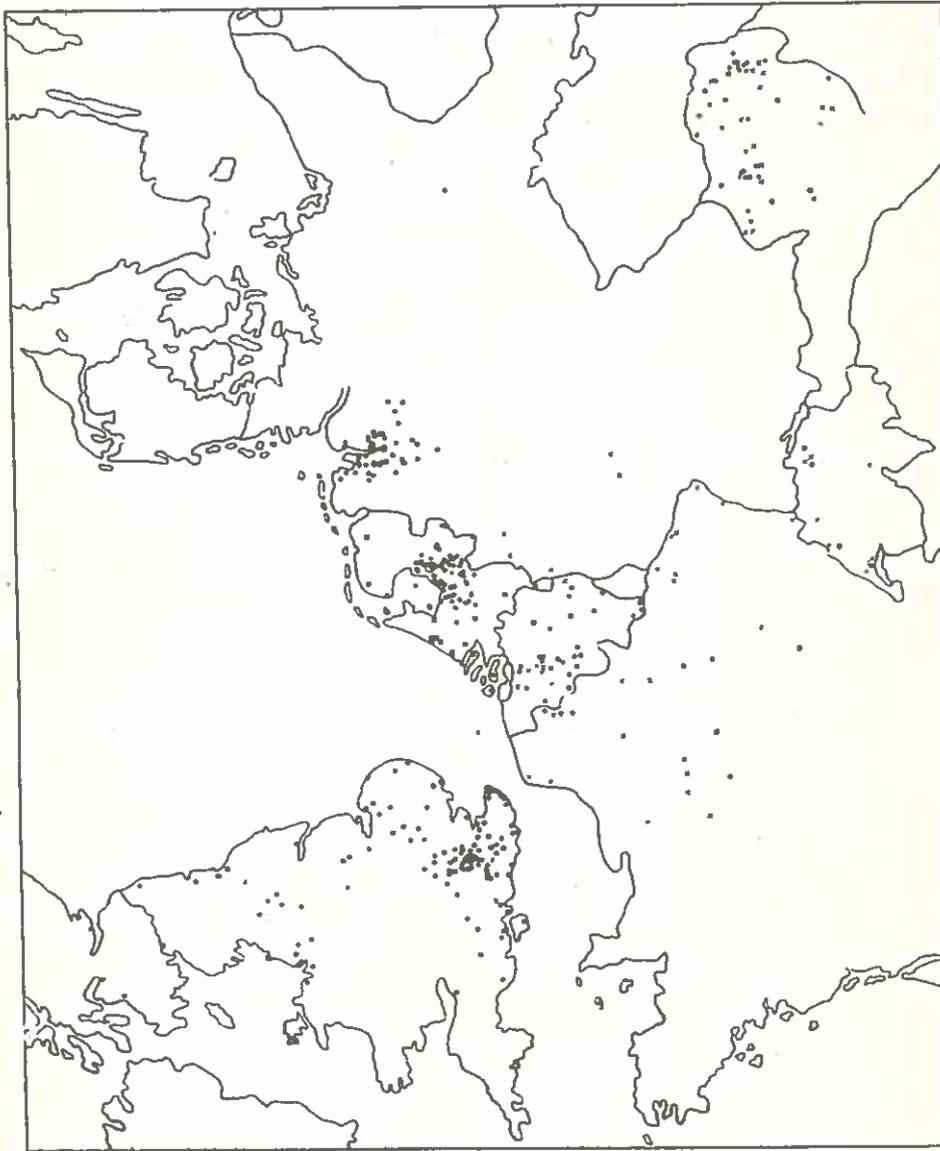


Fig. 4.

Eine Wertschätzung des Beobachters oder der Beobachtung ist in vielen Fällen dem nationalen Institute am leichtesten. Es wird deshalb dankbar hervorgehoben, dass in den Tabellen aus den obengenannten Ländern eine solche Schätzung vorgenommen war, und zwar in Oesterreich nach den Klassen 4—0, in England nach Klassen A—D, in Belgien als excellent, bon, assez bon, médiocre. In den Tabellen wurde die Klassifikation 4—0 resp. 4—1 beibehalten, auch für die Genauigkeit der Zeit, für welche ebenfalls in Belgien und Oesterreich eine Klassifikation schon vorgenommen wurde.

Für alle Beobachtungsstellen im Auslande wurden die geografischen Koordinaten ermittelt und ebenfalls die Meereshöhe, soweit dieselbe über 5 m war, in Dekameter also wenigstens mit 1 angegeben werden könnte. Die Bemerkungen sind wörtlich wiedergegeben in der Sprache, in welcher sie eingelaufen sind, nur für die holländischen Beobachter ins deutsche übersetzt. Für jeden Beobachtungsort wurde die Distanz von Oldebroek ermittelt und in den Tabellen aufgenommen, und die Beobachtungen wurden nach dieser Distanz geordnet. Nur solche Beobachtungen, welche keinerlei Zeitangabe enthielten und deshalb höchstens für die Abgrenzung der Schweigzone verwendbar sind, wurden aus den Tabellen fortgelassen. Wo nur sehr wenige Beobachtungen vorhanden waren und in Holland sind auch diese in den Tabellen beibehalten.

Sämtliche Beobachtungen sind in Figur 4 dargestellt, positive durch volle Kreise, positive ohne Zeitangabe durch offene Kreise, negative im Auslande, soweit uns bekannt geworden, durch Kreuze, zweifelhafte positive in der Schweigzone in Holland durch Kreise mit Kreuzen. Die Verteilung der negativen Beobachtungen in Holland ist in Figur 5 dargestellt. Die Schweigzone kommt besonders durch die zahlreichen Beobachtungen in der Umgebung von Bremen, die immerhin nicht unbedeutenden Zahlen der Beobachtungen in Belgien und die vielen in England deutlich zum Vorschein — wobei schon hier erwähnt werden soll, dass sowohl in Holland wie in England und in Deutschland Registrierungen erhalten wurden, welche als Beleg für eine wenn auch geringe Schallintensität ausserhalb der normalen ersten Zone aufgefasst werden dürfen.

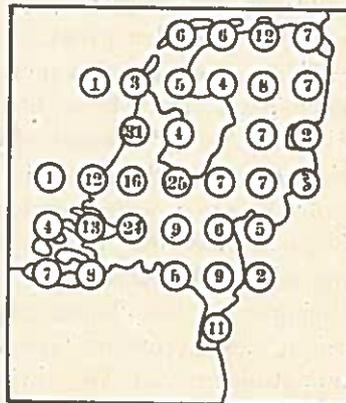


Fig. 5.

Es ist gerade diese typische Verteilung der positiven Beobachtungen, welche mehr als irgend etwas anderes dazu zwingt, die Hörbarkeit bis in sehr grosser Entfernung in der Aussenzone als reell zu betrachten. So schreibt z. B. Herr Kommandant JAUMOTTE, der Direktor des Instituts in Uccle:

„*Résultats.* Un très grand nombre d'observations bénévoles (200 environs) ont répondu à notre appel. En général, les observations ont été faites très consciencieusement, ainsi qu'en témoigne la rédaction même des rapports:

a. Nombreuses observations toutes négatives en Campine et dans le nord de la Flandre;

b. Pour le reste de la Belgique, nombreuses observations négatives et positives, disséminées dans tout le pays, avec une zone assez dense dans le quadrilatère Mons, Nivelles, Namur, Charleroi et une autre donnant des directions concordantes dans l'extrême sud du pays.”

Müsste man Uebereinstimmung der beobachteten Zeiten bei benachbarten Stationen, oder Uebereinstimmung zwischen beobachteten und nach irgend einer Annahme berechneten Zeiten als Beleg für Realität der Beobachtungen anführen, so würde man eher geneigt sein den Beobachtungen jede Beweiskraft zu entsagen. Das geht aus der Anordnung der Tabellen hervor, in welchen die Beobachtungen nach Distanz geordnet wurden. Die Beobachtungszeiten aber, statt mit geringen Schwankungen allmählig zu steigen, zeigen das bunteste Bild. Teilweise mag das von der grossen Ungenauigkeit der Zeitangaben herrühren — Genauigkeit auf Sekunden in den *Angaben* ist schon selten, und die Genauigkeit der Uhren hat ja offenbar sehr viel zu wünschen übrig gelassen. Aber das kann nicht der einzige Grund für die Unstimmigkeit sein, denn auch die mit dem Zuverlässigkeitsindex 4 versehenen Beobachtungen zeigen unter sich noch Unstimmigkeiten, die über die Ungenauigkeit der Beobachtungen hinausgehen. Bei Einsendung der englischen Beobachtungen wurde deshalb schon eine Statistik der scheinbaren Fortpflanzungsgeschwindigkeiten beigegeben, in welcher (neben der normalen Geschwindigkeit von etwa 20.1 km p. Minute) Andeutungen von Geschwindigkeiten von 15.4, 22.2 und 30.5 km p. Minute vorhanden sind, und auch dabei fällt es auf, dass die Streuung der Fortpflanzungsgeschwindigkeiten bei den Beobachtungen der Klasse 4 nur wenig gegen diejenige der Klassen 1 und 2 zurückbleibt. Bei dieser Untersuchung wird natürlich als Uebelstand empfunden,

das ein Fehler in der Zeitbeobachtung bei kleinen Distanzen einen grösseren Einfluss auf das Resultat hat als bei grossen Distanzen. Es schien dem Verfasser deshalb ratsam die Beobachtungen auch nach Distanz zusammenzufassen, weil man erwarten darf dass in den Mittelwerten die Zeitfehler wenigstens teilweise eliminiert sein dürften.

Es wurden Gruppen gebildet für 300—350, 350—400, 400—450, 450—500, 500—600 und 600—700 km. Nach Entfernung der Beobachtungen, welche mehr als 10 Minuten vom Mittelwert der ganzen Gruppe abweichen, bleiben so resp. 5, 10, 35, 4, 13 und 6 Beobachtungen übrig, welche als Mittelzeit ergeben

17 m. 41 s., 19 m. 2 s., 20 m. 45 s., 24 m. 32 s., 21 m. 52 s. und 33 m. 11 s.

Die meisten dieser Zahlen nähern sich innerhalb der Minute (bei den grössten Gruppen innerhalb der halben Minute), der Fortpflanzungszeit bei einer Geschwindigkeit von 20 km pro Minute. Die Abweichung bei der Gruppe 500—600 km wird bedingt durch 6 Beobachtungen mit Zeiten von 17 bis 19 Minuten, welche auch in den 3 ersten Gruppen vielfach vorkommen.

Die für London zu erwartende Fortpflanzungszeit war über 20 Minuten, Suggestion durch eine von Londoner Zeitungen publizierte vermutliche Beobachtungszeit ist also unwahrscheinlich. Mit der grössten Vorsicht möchte ich hier die Vermutung erwähnen, es könnte Fortpflanzung des Schalles von der Küste her durch den Boden im Spiel sein, wie auch bei den Registrierungen in Biggin Hill vermutet wird. Andererseits würde man, wenn Fortpflanzung durch sehr hohe Atmosphärenschichten im Spiele war, scheinbar zu geringe Geschwindigkeiten erwarten dürfen, also etwas zu hohe Fortpflanzungszeiten. Falls beide Erscheinungen gleichzeitig auftreten, müsste dadurch eine Streuung auftreten, indem in nicht zu grosser Entfernung von der Küste zu grosse und zu kleine Fortpflanzungszeiten beide vorkommen und auch doppelte Beobachtung nicht ausgeschlossen war. Das die erste Gruppe und die letzten beiden etwas zu grosse Fortpflanzungszeiten aufweisen (die mittleren Distanzen sind 329 und 636 km, die berechneten Zeiten also 16 m. 27 s. und 31 m. 48 s.), wurde hiermit stimmen, hat aber bei der kleinen Zahl der Beobachtungen wenig Beweiskraft.

Diese Ausführungen bezwecken nur zu erklären, weshalb die auf den ersten Blick so ungläubwürdig ansehenden Beobachtungen nicht ohne weiteres verworfen werden können. Es geht daraus aber gleichzeitig hervor, dass jeder Versuch aus diesem Material zwingende Beweise für die Art und Weise wie die Schallübertragung in grossen Entfernungen

zu Stande kommt an der Ungenauigkeit der Mehrzahl der Beobachtungen scheitern muss.

In anderer Weise hat Herr Dr. J. N. DÖRR versucht, die Glaubwürdigkeit der erstaunenden Beobachtungen in Oesterreich hervorzuheben. Er schrieb u. a.:

„. . . . die Orte mit negativen Berichten zeichnen sich fast durchwegs durch ihre besondere Eigenart hinsichtlich der Lage im Gelände aus: entweder, was zumeist der Fall ist, liegen sie an der Leeseite von höheren Hügel oder Berg-Zügen, die gegen West bis Nord gelegen, das Herankommen des an und für sich schon recht schwachen Schalles verhinderten, oder in indifferenter Lage entgegenströmender Windrichtung. Ich persönlich, der ich vor 10 Jahren mehr als 700 Meldungen Stück für Stück anlässlich der Wiener-Neustädter Explosion genau durcharbeitete, bin vollständig überzeugt, dass das Schallphänomen, wie es am 28. Oktober d. J. zwischen 18 $\frac{1}{2}$ bis nach 19 h. MEZ. auf oesterreichischem Boden beobachtet wurde, tatsächlich durch die Versuchs-Explosion bei Zwolle verursacht wurde. Das ganze Verteilungsbild lässt die positiven Meldungen als zuverlässig, einwandfrei und annehmbar erscheinen.“

Und später, nachdem er erfahren hatte weshalb Meldungen aus Bayern und der Tsjecho-Slowakei fehlen müssten „. . . .“, wenn man die Zeiten vergleicht, sprechen die Beobachtungen doch für Oldebroek, auch dann, wenn die absoluten Zeiten grössere Korrekturen erfahren sollten. Denn mit der genauen Uhrenkontrolle steht es in Oesterreich recht schlecht“.

Den Beobachtungen fügte Dr. DÖRR eine genaue Kritik jeder einzelnen Beobachtung bei, deren Resultat in den Tabellen kurz durch die Genauigkeits- oder Glaubwürdigkeitszahlen zum Ausdruck kommt. Ich möchte auch an dieser Stelle Herrn Dr. DÖRR für seine Unterstützung meinen aufrichtigen Dank aussprechen.

Auch Dr. DÖRR hat Schallgeschwindigkeiten berechnet, teilweise nach den ursprünglichen Zeitangaben, teilweise nach gewissen Korrekturen. Wegen der unzweifelbar vorhandenen Zeitfehler möchte ich diese hier nicht einzeln anführen. Es genügt die Bemerkung, dass die Mehrzahl der Fälle zu spätes Eintreffen des Schalles gegenüber den mit 20 km pro Minute berechneten Zeiten angibt; weiter, dass ziemlich gut uebereinstimmende Beobachtungen über mehrfache Schallempfindungen vorliegen und dass bisweilen die stärkeren Schallbeobachtungen nachher kamen,

Sind diese wiederholten Schallphänome wirklich von der Explosion in Oldebroek veranlasst, so ist es sehr gut möglich, dass in anderen Gegenden *nur* die verspäteten, auf grossem Umwege gewanderten Schalle zur Beobachtung gelangten, was die sehr späten Beobachtungen weit in Schotland erklären könnte.

Bei den deutschen Beobachtungen aus der Bremer Gegend hat nur etwa ein Viertel Zeitangaben gemacht, hier aber ist die Streuung der Beobachtungszeiten eine viel geringere, die Mehrzahl kommt einer Fortpflanzung mit 20 km in der Minute ziemlich nahe, aber doch so, dass die Abweichung im Mittel eine *Verspätung* darstellt, 5 Beobachtungen von guten Beobachtern in 195.2 km mittlerer Distanz geben als Ankunftszeit, 5 u. 11 m. 28 s., gegen 5 u. 10 m. 14 s., berechnet. Der Unterschied ist zu gross um dem ziemlich schwachen Ostwinde zugeschrieben zu werden. Die vielen Beobachtungen ohne Zeitangabe zeigen eine merkwürdige Uebereinstimmung in der Schallbeobachtung. Bis in 182 km Distanz geben alle Beobachtungen 3 Maxima des Schalles innerhalb weniger Sekunden, darüber hinaus fast alle 4. Die beiden Lindenberger Beobachtungen geben auffallend späte Zeiten — vielleicht sind diese einer Wiederholung mit grösserer Intensität zuzuschreiben.

Mit diesen Bemerkungen über die allgemeinen Ergebnisse der Beobachtungen scheint es uns genügend begründet, dass wir die originellen Beobachtungen, so weit dieselben eine Zeitangabe enthielten, vollständig abgedruckt haben, damit sie für künftige theoretischen Untersuchungen zur Verfügung stehen sollten. Diese theoretischen Untersuchungen selbst anzustellen, war nicht die Absicht des Verfassers, und würde die Erscheinung dieser Publikation in Frage gestellt haben, umso mehr als seit dem Oldebroeker Experiment ganz neue Ansichten über den Zustand der sehr hohen Atmosphärenschichten aufgetaucht sind. Man denke hierbei an die Untersuchungen L. VEGARD'S über den Ursprung der Nordlichtlinie im Spektrum und über die Untersuchungen LINDEMAN'S und DOBSON'S über die Energieentwicklung bei Meteoriten. Während VEGARD Erscheinungen in der Atmosphäre als möglich betrachtet, welche sich nahe dem absoluten Nullpunkte der Temperatur abspielen, berechnen die englischen Forscher Temperaturen von 300° absolut gerade in solchen Höhen, wo nach v. D. BORNE'S und WEGENER'S Ansichten der Schallstrahl sich zurückbiegen sollte. Bei solchen Gegensätzen ist vorläufig die äusserste Vorsicht geboten, und das Sammeln

genauer Beobachtungen des Schalles und vollständiger Daten über den Zustand der Troposphäre unbedingt erfordert.

6. Die aerologischen Beobachtungen.

Infolge der Bitte der Subkommission für Schalluntersuchungen ist eine ziemlich grosse Zahl aerologischer Beobachtungen extra zur Zeit der Explosion gemacht worden, während verschiedene anderen Beobachtungen vorher am Tage zum Vergleich herangezogen werden konnten. Leider war es nicht möglich in Holland einen Registrierballon hochzulassen, weil die Zeit zwischen der Feststellung des Datums und dem Tage der Explosion zu kurz war, um einen Gummiballon zur Ablieferung gelangen zu lassen. Dafür aber empfingen wir sehr gut gelungene Aufstiege aus England (Benson) und Frankreich (Trappes), ersterer bis 9, der zweite bis über 15 km. In Deutschland war damals der Betrieb mit Registrierballonen ebenfalls unmöglich und die meteorologischen Verhältnisse gestatteten keinen hohen Drachen- oder Fesselballonaufstieg, es wurde aber noch bis 2 und 3 km in Lindenberg und Friedrichshafen gearbeitet. Die Flugzeugaufstiege in Holland, in Soesterberg und De Kooij, lieferten im Nachmittags Registrierungen bis etwa 4 km. So war dennoch der aerologische Zustand von der Depression bis zum Hoch ziemlich gut untersucht.

Pilotballone wurden an vielen Stellen verfolgt, auch einzelne extra zur Zeit der Explosion; nur wenige aber erreichten Höhen über 4 km, unter diesen glücklicherweise einzelne in England und Frankreich und der Mittagsaufstieg in De Bilt. Leider wurde dem Aufruf, auch möglichst viele Wolkenbeobachtungen anzustellen, nicht gefolgt; mit Ausnahme von wenigen Beobachtungen niedriger Wolken aus Deutschland und der Schweiz fehlten Wolkenbeobachtungen fast vollständig, und zur Zeit der Explosion war es in Holland scheinbar absolut klar, sodass von den üblichen Wolkenstationen auch keine Beobachtungen eintrafen. Dem Verfasser aber gelang es in De Bilt nach verschiedenen vergeblichen Versuchen 1 h. 55 Mittags die Bewegung einer äusserst zarten Cirrostratusschicht festzustellen, welche sich mit grosser Geschwindigkeit aus W. 20° N. bewog, 30 Sekunden für eine Spitzendistanz des Besson'schen Nephoskopen. Diese Beobachtung wäre zweifelhaft geblieben, wenn sie nicht vollständig bestätigt worden wäre durch die Fundorte der beiden Registrierballone und durch eine Cirrusbeobachtung in Montsouris: 7 u. 30 m. Ci WNW. tr. rapide, 13.30 Ci WNW. rapide " " ¹⁾.

¹⁾ Office National Météorologique, Bulletin International n°. 301, 1922.

Der Ballon aus Benson landete in 28 Kilometer Distanz vom Aufstiegsort in der Richtung E. 60 S. Aus den Pilotvisierungen dort, bis 3 km ergänzt durch andere Beobachtungen aus England wäre der Weg, den der Ballon bis zu dieser Höhe während Aufstieg und Abstieg zusammen zurücklegte, zu berechnen wenn die vertikalen Geschwindigkeiten bekannt gesetzt wurden, Auf Grund der Mitteilungen von W. H. DINES über diesen Gegenstand ¹⁾ wurde die Steiggeschwindigkeit auf 3.5 m p. s., die Fallgeschwindigkeit auf den doppelten Betrag angenommen. Dies führt zu einem Wege von 14.6 km nach S. 60 W. Zwischen 3 und 9 km Höhe hat also der Ballon den Weg zurückgelegt, welcher aus der vektoriellen Zusammensetzung dieser beiden Wege entsteht, also 32 km nach E. 33 S. Das ergibt eine mittlere Geschwindigkeit von 44 km p. St. In ähnlicher Weise wurde bei dem Ballon aus Trappes verfahren, der 1° 19' östlich und 12' südlich von Trappes herunterkam, also in einer Distanz von 98 km in Richtung E. 13° S. Für die Berechnung des ersten Teiles der Bahn unterhalb 5 km diente der in Strassburg verfolgte Pilotballon unter Zuziehung anderer Aufstiege weiter westlich, welche für diesen unteren Teil der Bahn 26 km nach S. 55 W. lieferten. Zwischen 5 und 15.6 km wurde also 117 km nach E. 4° S. zurückgelegt, was eine mittlere Geschwindigkeit von 86.7 km p. St. ergibt. Weil die Schichten direkt über dem unteren Ostwinde wahrscheinlich kleinere Geschwindigkeiten aufwiesen, könnte man die Geschwindigkeit in 9 km Höhe in Benson auf 88 km p. St. aus E. 30 S. schätzen. Beides stimmt sehr gut mit der Cirrusbeobachtung in De Bilt, welche für 9 km Höhe eine Geschwindigkeit von 108 km p. St. nach E. 20 S. liefert. Man darf also diese grosse Geschwindigkeit aus WNW. über den östlichen Winden in den unteren Schichten als sicher festgestellt betrachten.

Die vollständige Publikation der beiden Registrierballonaufstiege ist schon längst von den betreffenden Ländern geschehen ²⁾ und auch die Flugzeugaufstiege in Holland findet man in den „Ergebnisse Aerologischer Beobachtungen“, 11, 1922.

In untenstehender Tabelle sind die Temperaturen für 500 m oder 1000 m Stufen zusammengestellt, wie dieselben aus Figur 6 abgelesen werden können. Besondere Punkte sind durch Asteriske hervorgehoben

¹⁾ M. O. 210 f. Geophysical Memoires n°. 6, p. 152, 1914; M. O. 202. The free atmosphere in the region of the British Isles. p. 27. 1909.

²⁾ Office National Météorologique. Observatoire aérodynamique de Trappes. Lancer de ballon sonde n°. 12. 28 octobre 1922.

M. O. 259. The Observatories Yearbook, 1922, section V, p. 335, 337, 1925.

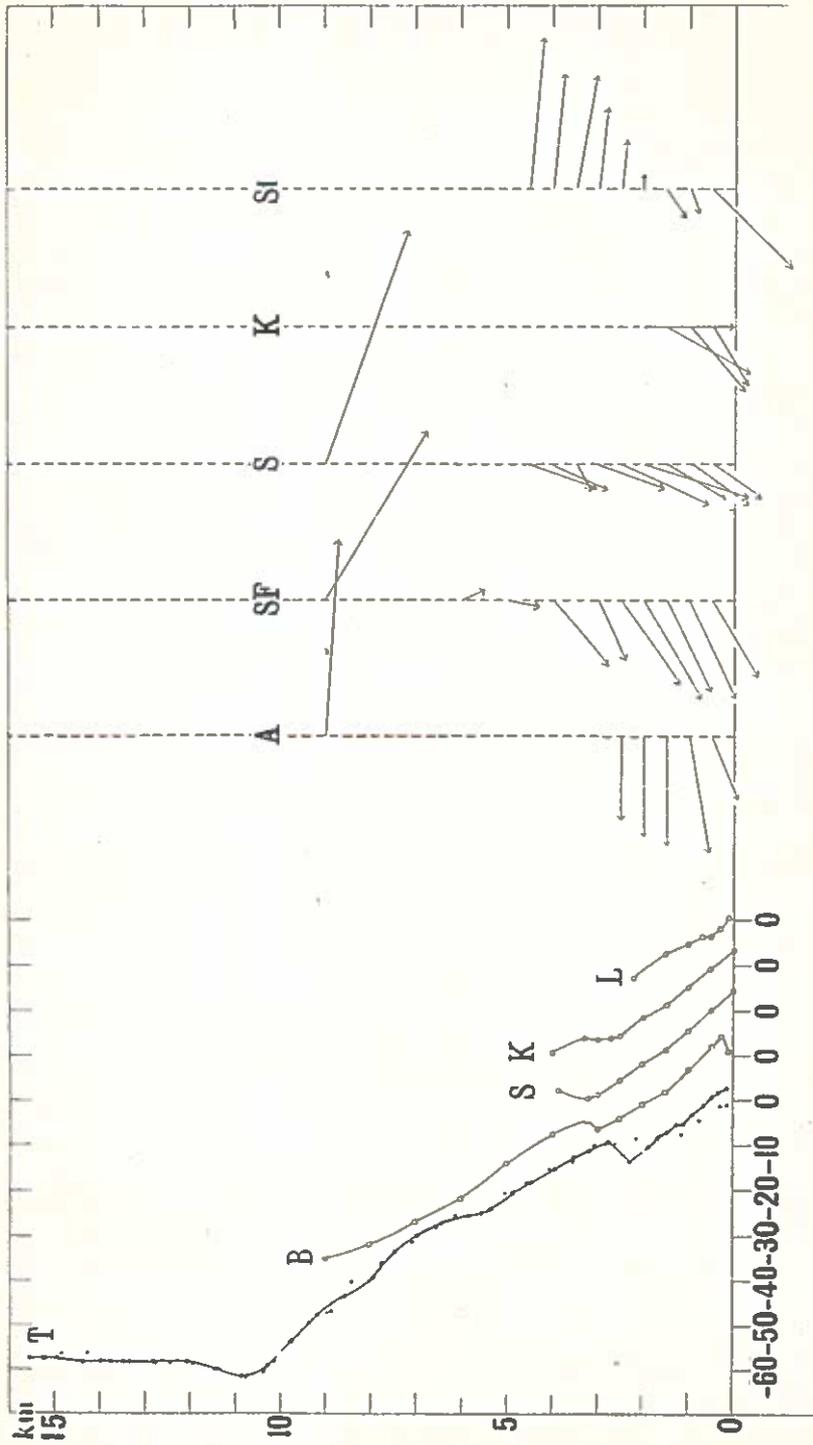


Fig. 6.

T Trappes B Benson S Soesterberg L Lindenberg A Argentan SF South-Farnborough St Strassburg.

und untenan zahlenmässig angegeben. In der Figur sind die *Aufstiegs-*werte für Trappes durch eine Linie verbunden, die Geschwindigkeiten für Argentan sind als km p. St. statt miles per hour im britischen Wetterbericht aufgefasst.

Höhe	Benson 16.55	Trappes 16.59	Soesterberg 14.45	De Kooij 15.55	Lindenberg 11.00
Boden	1 ^o .1	2 ^o .4	4 ^o .9	3 ^o .4	0 ^o .8
500	2.0 *	0.7	0.1	— 0.7	— 3.5 *
1 000	— 3.0	— 4.5	— 4.2	— 4.6	— 5.2
1 500	— 7.5	— 7.3	— 8.5	— 8.5	— 7.3
2 000	— 11.0	— 11.0	— 11.8	— 11.2	— 11.3
2 500	— 14.3	— 11.5 *	— 15.1	— 15.4	
3 000	— 15.5	— 10.5	— 18.5	— 16.4 *	
4 000	— 17.5 **	— 15.5	(— 17.5) *	— 19.2	
5 000	— 24.5	— 21.3			
6 000	— 31.5	— 26.0			
7 000	— 37.0	— 30.0			
8 000	— 41.5	— 39.5			
9 000	— 45.0	— 47.0			
10 000		— 56.0			
11 000		— 61.0 **			
12 000		— 58.3			
13 000		— 58.3			
14 000		— 58.3			
15 000		— 57.6			
15 576		— 57.6			
	* 250 + 4.5	* 2300 — 13.5	* 3200 — 19.7	* 2700 — 16.0	* 300 — 3.5
	** 3400 } — 14.5	2740 — 9.5	3880 — 17.9	3300 — 16.0	
	3200 }	** 10830 — 61.8			

Die Resultate der Pilotballonaufstiege sind in den Figuren 7 bis 12 dargestellt, ausgezogen für Mittagsaufstiege, gestrichelt für Morgenaufstiege zuerst für je 500 m bis 2000 m, nachher für 3000 und 4500, während die oben aus den Registrierballonresultaten abgeleiteten Geschwindigkeiten für 9000 m mit den Cirrusbeobachtungen in De Bilt in den rechten Teil der Figur 6 zusammengestellt sind, wo auch die unteren Geschwindigkeiten Darstellung fanden. Die gute Uebereinstimmung der Resultate und der allmähliche Uebergang von E. auf W.Wind, welcher besonders gut aus Figur 6 hervorgeht, scheint anzudeuten, dass man die Windverteilung bis in grosser Höhe mit einem beträchtlichen Grade

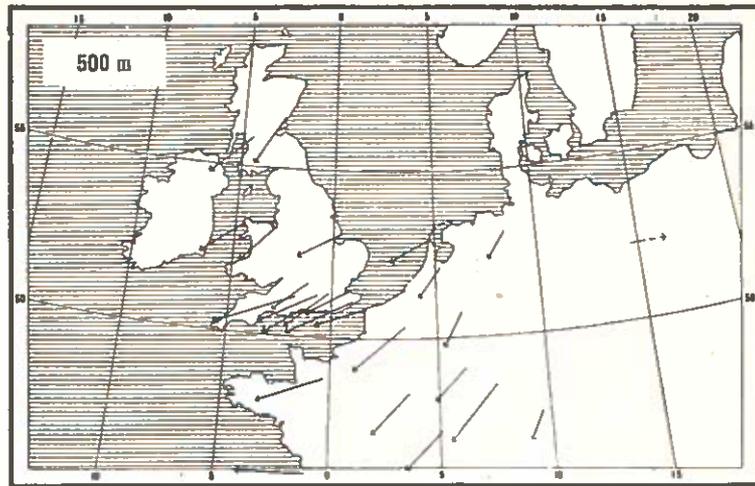


Fig. 7.

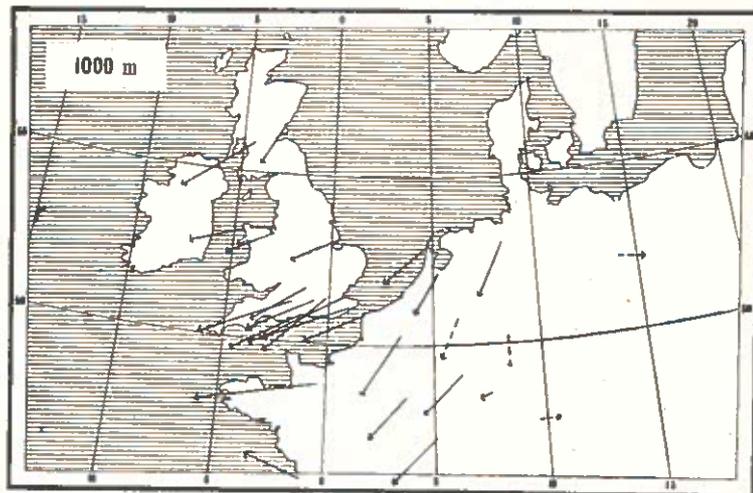


Fig. 8.

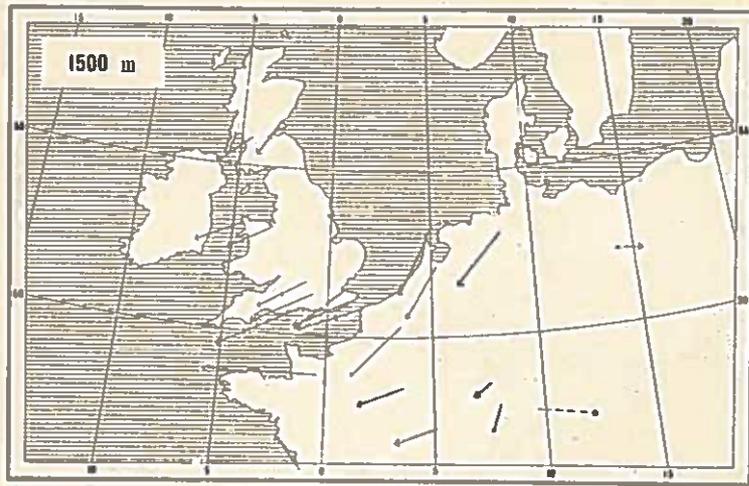


Fig. 9.

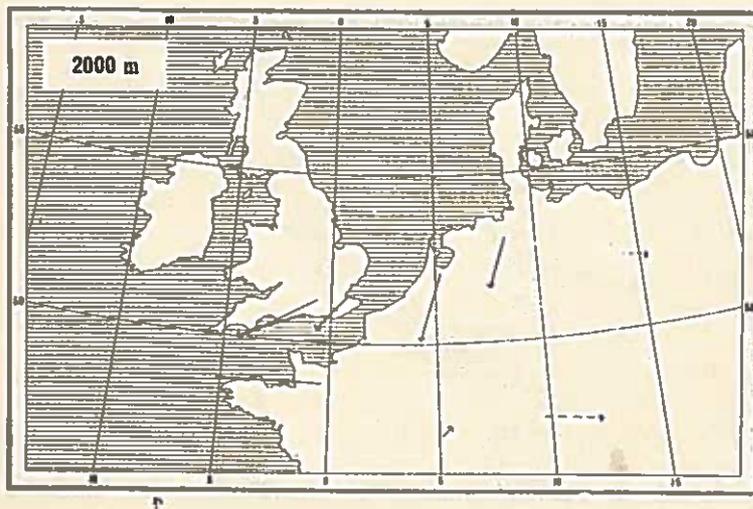


Fig. 10.

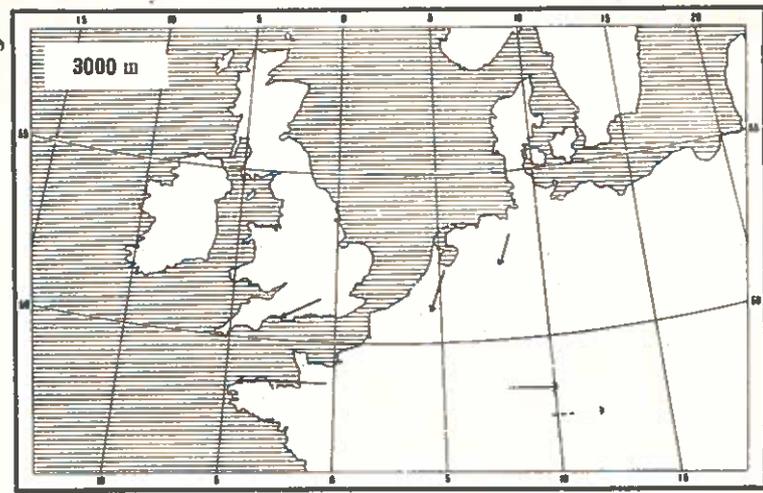


Fig. 11.

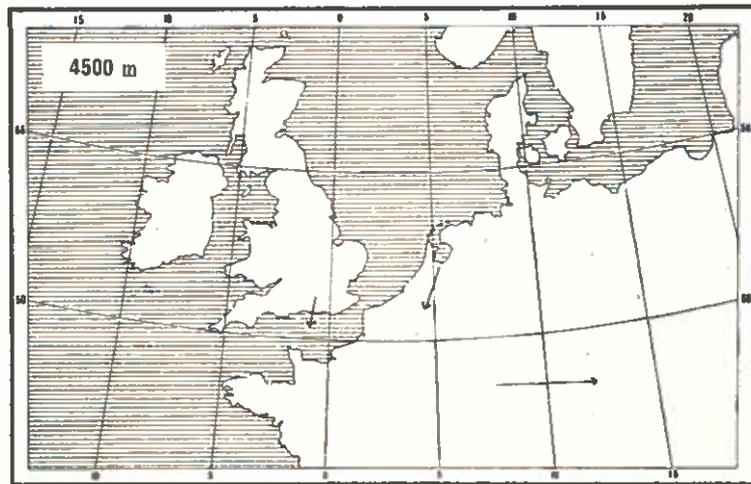


Fig. 12.

der Sicherheit aus diesen Figuren ableiten kann. Allerdings stellen die Resultate für 9000 m nur Mittelwerte dar, und die Zuordnung von bestimmten Geschwindigkeiten und Richtungen zu den einzelnen Kilometerschichten bleibt etwas willkürlich. Es wird deshalb nur möglich sein, eine Ueberschlagsrechnung durchzuführen über mögliche Schallbahnen in der Troposphäre.

Alle Temperaturkurven mit Ausnahme derjenige für Benson, zeigen das Fehlen der Temperaturinversionen in den untersten zwei Kilometern, in Holland bis über 3 km. Aus den unten gegebenen Rechnungen geht hervor, dass selbst horizontal die Schallquelle verlassende Strahlen in 3 km Höhe eine Neigung von $16^{\circ} 50'$ aufweisen würden falls sie gegen den Wind liefen, dass also das direkte Hörbarkeitsgebiet nach NE. noch merkwürdig weit ausgedehnt ist, der sehr schwache Schall dort nur durch Diffraktion zur Beobachtung gelangen konnte. Die Höhe vom 3 km würde von einem solchen Strahl in etwa 18 km Distanz erreicht, eine Zahl von derselben Ordnung wie die äusserste Distanz der Schallausbreitung in dieser Richtung, 23 km.

In der entgegengesetzten Richtung, also mit dem Winde, stieg die Summe von Schall- und Luftgeschwindigkeit von 337.2 am Boden auf 340.0 in 500 m, um dann bis 2000 m fast konstant zu bleiben, nach 3000 m aber auf 332.9 abzufallen. Die Schallstrahlen unter 2000 m Gipfelhöhe konnten also weite Strecken zwischen 500 und 2000 m nahezu horizontal verlaufen, wenn sie mit einem Anfangswinkel von gut 7° anfangen, und das genügt wohl um die mässige Ausbreitung des Schalles mit dem Winde zu erklären; dass auch dort der Schall nicht sehr intensiv war, korrespondiert mit der Tatsache, dass alle Schallenergie in den Strahlen mit Anfangswinkel über 7° in höhere Luftschichten durchdringen musste.

Quer zum Winde wurden die Schallstrahlen etwas weniger gekrümmt, wie gegen den Wind: für ungefähr horizontal ausgehende Schallstrahlen (1° Neigung) würde die Höhe von 3000 m in 44 km Distanz erreicht sein, und das stimmt der Grössenordnung nach wieder mit den Beobachtungen in südöstlicher Richtung. Man darf also sagen, dass die Form des ersten „normalen“ Hörbarkeitsgebietes durch die Windverteilung in den untersten 3000 m und die schwache Inversion oberhalb dieser Höhe bedingt war.

Es fragt sich nun ob man die abnormalen Hörbarkeitsgebiete vielleicht den meteorologischen Verhältnissen bis zur Stratosphäre zuschreiben kann.

Die nachfolgende Rechnung scheint anzudeuten, dass dies *nicht* der Fall ist.

Eine Zurückbiegung des Schallstrahles in der Weise, wie z. B. DE QUERVAIN sie für die Explosion an dem Eigerwand ¹⁾ annahm fordert, dass die Summe von Schallgeschwindigkeit und Windgeschwindigkeit in irgend einer Höhe wieder denselben Betrag liefert, der am Boden eingesetzt werden muss. Wegen der starken Temperaturabnahme ist das nur möglich, wenn der Schall sich oben in der Richtung eines sehr kräftigen Windes bewegt, also diesmal in ESE. Richtung, und die erforderliche Geschwindigkeit in 9000 m ist etwa 30 m p. s., gerade die Geschwindigkeit, die für diese Höhe aus der Cirrusbeobachtung in De Bilt abgeleitet werden kann. Die Registrierballonbeobachtungen führten nicht zu höheren Geschwindigkeiten, eine von dieser Geschwindigkeit ausgehende Rechnung dürfte also Resultate bieten, welche für diese Richtung Bedeutung haben könnten. Weil die Richtung nach Wien sich wenig von E. 20° S. unterscheidet (E. 30° S.) und hier gerade Schallbeobachtungen vorliegen, wurde diese Richtung gewählt und die den Pilotbeobachtungen usw. entnommene Geschwindigkeit der Luftbewegung auf diese Richtung projiziert. Die angenommenen Temperaturen, Windrichtungen und Geschwindigkeiten sind mit der projizierten Windgeschwindigkeit und der summierten Schallgeschwindigkeit in folgender Tabelle zusammengestellt:

Höhe.	Temp.	Wind.		Projektion auf E. 30 S.	Schallgeschwindigkeit.	
		Richt.	Geschw.		Ruhende Luft.	Total.
0	4 ^o .0	30	4.2	0	333.6	333.6
500	4.0	36	7.0	— 0.7	333.6	332.9
1 000	— 0.4	36	8.6	— 0.9	330.7	329.8
2 000	— 5.3	24	12.7	1.3	327.5	328.8
3 000	— 11.5	29	8.9	0	323.4	323.4
4 000	— 17.0	44	5.8	— 1.5	315.8	314.3
5 000	— 23.0	10	4	1.2	315.8	317.0
6 000	— 26.0	340	4	3.1	313.8	316.9
7 000	— 30.0	320	10	9.4	311.1	320.5
8 000	— 38.0	300	20	20	305.8	325.8
9 000	— 47.0	290	30	29.5	299.9	329.4
10 000	— 55	290	35 (40)	34.5 (39.4)	294.9	329.4 (334.3)
11 000	— 61	290	35	34.5	290.6	325.1

¹⁾ Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt, 1908.

Man sieht: auch in dieser günstigen Richtung genügt der schon sehr starke Wind nicht die Schallgeschwindigkeit in bewegter Luft wieder auf den Bodenwert zurückzubringen. Erst beim Ansatz einer maximalen Geschwindigkeit von 40 m p. s. in 10 000 m würde dies gerade gelingen. In diesem Falle könnten die Schallstrahlen zwischen 8000 und 10 000 m einen Kreisbogen durchlaufen mit einem Radius von etwa 79 km, und der Strahl käme in einer Distanz von 110 km wieder zum Boden. Gerade in dieser Distanz ist in dieser Richtung nichts gehört. Wenn es auch möglich wäre eine solche Verteilung von Windgeschwindigkeiten in der Nähe von 40 m p. s. ausfindig zu machen, welche den Strahl erst in 900 km Distanz zurückkehren liesse, so würde bei jeder anderen Richtung der Zurückkehr des Schalles zum Boden durch diesen Prozess unmöglich sein, und die gewiss nicht weniger glaubhaften Beobachtungen in den britischen Inseln blieben unerklärt. Wenn auch die fast horizontal am Boden verlaufenden Schallstrahlen bei der gegebenen Temperatur und Windverteilung in höchstens 50—60 km Distanz die Stratosphäre erreichten, scheint eine Diffraktion an dieser Diskontinuitätsfläche nicht im Stande, Rückkehr zur Erde in vielen hunderten km Distanz zu erklären.

Zusammenfassend kann man also sagen:

1. Die Temperaturverteilung in der Troposphäre bietet keine Möglichkeit zur Erklärung der abnormalen Schallzone in 150 bis 900 km Distanz.
2. Die Windverteilung bis zur Stratosphäre könnte höchstens nach *einer* Richtung, ESE., bei sehr unwahrscheinlichen Ansätzen eine Erklärung der Schallbeobachtungen in der äussersten Zone bieten, die aber zugleich mit den Beobachtungen im gegenüberliegenden Sektor im Widerspruch stände.
3. Die innere Begrenzung der abnormalen Zone liegt in Deutschland, Holland und Belgien in 150 bis 180 km Distanz, also in ähnlicher Distanz wie bei früheren Explosionen und Geschützdonnerbeobachtungen, aber nach sehr verschiedenen Azimuten mit Bezug auf den Explosionsort.
4. Eine Erklärung scheint nur möglich bei Heranziehen der sehr hohen Schichten der Atmosphäre, entweder durch den Einfluss der Aenderung in der Zusammensetzung der Atmosphäre (VON DEM BORNE—WEGENER) oder durch Erhöhung der Temperatur (LINDEMANN—DOBSON). Nur in Verbindung mit den Erfahrungen bei weiteren Explosionsversuchen

gewonnen, wird vielleicht das hier versammelte Material zu weiteren Schlüssen über die Zusammensetzung und den Zustand dieser hohen Schichten Aufklärung zu geben im Stande sein.

7. *Die Beobachtungen in der normalen Hörbarkeitszone in Holland.*

Wie schon vorher erwähnt wurde, blieb die Intensität des Schalles auch in der nächsten Umgebung der Explosion weit hinter den Erwartungen (oder Befürchtungen) zurück, und die Zahl der Beobachtungen ist demgemäss auch ziemlich bescheiden geblieben. Dass sich die Hörbarkeit mit dem NE-Winde weiter ausdehnen würde, wie gegen den Wind, war zu erwarten, merkwürdig ist nur, dass der Unterschied relativ gering ist. Man weiss ja, dass nach der Theorie in ihrer einfachsten Gestalt bei regelmässiger Temperaturabnahme nach oben die Schallstrahlen schon ohne Einfluss des Windes nach oben umbiegen, so dass nur der absolut wagerechte Strahl einen Beobachter in einiger Entfernung erreichen kann. Wenn auch noch ein nach oben zunehmender, der Schallfortpflanzung entgegengesetzter Wind hinzukommt, nimmt diese Krümmung stark zu, und weil diese Windzunahme in der Regel nahe am Boden am schnellsten ist, kann nur ein sehr geringer Teil der Energie in horizontaler Weise fortbewegen. Wäre dies die Art, in welcher die Schallfortpflanzung zum Stande kommt, so müsste der Windeinfluss bei der Fortpflanzung durch den *Bodenwind* bestimmt sein. Es ist aber nach früheren praktischen und theoretischen Untersuchungen wohl ohne Zweifel, dass bei diesen Schallbeobachtungen die Diffraktion des Schalles eine beträchtliche Rolle spielt, dass also zwar der Hauptteil der Energie gekrümmte Bahnen folgt, aber von diesen Bahnen seitlich wieder ein Teil der Energie die Erde erreichen kann. Es schien deshalb interessant zu untersuchen, ob aus den beobachteten Zeiten sich die scheinbare Geschwindigkeit des Schalles in Holland unter dem Einfluss des Windes würde ermitteln lassen.

Von einigen günstigen Ausnahmen abgesehen war die Zeitgenauigkeit in Holland ebenso ungenügend wie im Auslande und bei den kurzen Distanzen waren die Zeitfehler für diesen Zweck noch bedenklicher. Besser stand es mit den Zeiten zwischen der Beobachtung des Feuer Scheins der Explosion und der Beobachtung des Schalles — hier kommen für Beobachter mit Sekundenuhr nur persönliche Fehler in Betracht

Unter den Beobachtungen fanden sich nach Ausscheidung einiger zu ungenauen Werte 25, wo diese beiden Beobachtungen ein in Sekunden ausgedrücktes Zeitintervall lieferten, das zwischen 7 und 130 Sekunden variierte.

Für jede dieser Beobachtungen wurde, sofern nötig durch Nachfrage, der genaue Standort des Beobachters ermittelt und Azimut und Distanz zum Explosionsort abgemessen. Eine Berechnung der scheinbaren Schallgeschwindigkeit lieferte Zahlen, welche zwischen 291 und 348 variierten. Die Windrichtung zwischen 500 und 1000 m Höhe war während der Explosion bei der Beobachtung in De Bilt N. 35 E. Also wurde versucht in wie weit die Beobachtungen der Schallgeschwindigkeit durch die Formel $v_b = v + w \cos a$ darstellbar seien, wo w die Windgeschwindigkeit in der Höhe der Fortpflanzung und a den Winkel zwischen der Windrichtung und der Fortpflanzungsrichtung bedeutet.

Für v wurde der Mittelwert aller Beobachtungen, 329.0 eingesetzt, und aus sämtlichen Beobachtungen nach der Methode der kleinsten Quadraten w berechnet. Es ergab sich 7.76 m p. s., oder 27.9 km pro Stunde.

329.0 ist die Schallgeschwindigkeit in unbewegter Luft bei der Temperatur $-1^{\circ}.5$ C., welche während des Versuchs in 700 m Höhe vorgefunden wurde. Der Mittelwert stimmt also vollständig mit der für eine Höhe von 700 m berechneten Geschwindigkeit überein. Die Windgeschwindigkeit in der selben Höhe war 28.4 km p. s. Auch das stimmt sehr gut mit dem Resultate der Rechnung. Aus dem wahrscheinlichen Fehler einer einzelnen Beobachtung, in m p. s. ausgedrückt, 15, berechnet man einen Fehler in der Bestimmung des Zeitintervalls von 1 Sekunde in 7 km Distanz vom Explosionsort, ein durchaus plausibler Wert.

Aus der Gesamtheit dieser Beobachtungen und Rechnungen geht hervor, dass die Schallfortpflanzung im ersten normalen Hörbarkeitsgebiet sich hauptsächlich in den Schichten unter 1000 m vollzog und dass die Diffraktion des Schalles nicht zu Bahnen geführt hat, welche stark von der kürzesten Distanz abwichen. Von einer systematischen Verspätung der gegen den Wind verlaufenden Schallstrahlen ist nichts zu verspüren, die Zahl aber dieser Beobachtungen ist zu gering, um zwingende Schlüsse ziehen zu können.

8. Die Registrierungen von Schallwellen nach der Explosion.

Die Registrierung in Oldebroek geschah in 1500 m Distanz vom Explosionsherd und lieferte eine Fortpflanzungszeit von 6.1 Sekunden. Zur Erklärung dieser etwas hohen Zeit wird man annehmen müssen, dass der Schall sich erst in einiger Höhe über den Explosionsort aus der Druckenergie bildete, und also einen grösseren Weg als der horizontalen Distanz entspricht, zurückzulegen hatte. Für etwas grössere Entfernungen kommt eine Korrektion hierfür nicht in Betracht. Weil der

Registrierapparat nur sehr einfach war und unempfindlich, lohnt es sich nicht das Diagramm zu reproduzieren — die Registrierung hatte, wie schon gesagt, hauptsächlich den Zweck den Augenblick der Explosion selbst einwandfrei festzulegen.

In De Bilt wurde der Schall vom Seismographen registriert um 5 h. 3 m. 16.6 s. Amst. Zeit, wiewohl keiner der im Freien aufgestellten Beobachter etwas gehört hatte: die für De Bilt verzeichneten Beobachtungen geschahen durch Beobachtung von Fensterklirren im Hause. Bei der Distanz 65.4 km liefert dies eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit 333 m, nach Abzug von gut 7 m Windgeschwindigkeit in der Fortpflanzungsrichtung (siehe S. 35) also 326 m. Weil der Seismograph nicht unmittelbar dem Schall ausgesetzt war, aber erst durch Gebäude und Boden in Bewegung versetzt werden musste, wäre es schwierig aus diesem Resultat Schlüsse über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit zu ziehen. Von keiner ausländischen seismischen Station wurde etwas von der Explosion registriert, trotzdem speziell in Göttingen sehr empfindliche Apparate in Tätigkeit waren. Man kann dies als Beleg dafür betrachten, dass wunschgemäss der weitaus grösste Teil der Explosionsenergie der Atmosphäre zugegangen ist.

Auf Tafel I sind die uns zugegangenen Registrierungen von Schallwellen nach der Explosion vereinigt.

Die Beobachtung in Leiden wurde von Dr. F. L. BERGANSIUS gemacht auf dem Dache des physiologischen Laboratoriums. Der Trichter eines Grammophons, etwas nach oben gerichtet in der Richtung Oldebroeks, war mittelst eines weiten dünnwändigen Gummischlauches mit einem Mikrophon verbunden, das auf einer dicken Schicht Baumwolle und Watte am Boden lag. Zur Registrierung diente ein Einthovensches Saitengalvanometer. Der primäre Mikrophonstrom war so reguliert, dass der Strassenlärm keinen grossen Ausschlag verursachte. Dieser Strom durchfloss einen Transformator, wie auch für die Registrierung der Herztöne benutzt wird, und dessen sekundäre Windung mit dem Saitengalvanometer verbunden war. Ein Sekundenpendel gab Sekundenzeitmarken, ein Speichenrad etwa 25-stel Sekunden, absolute Zeitmarken wurden mit der Hand gegeben nach einem nach dem Radiozeitsignal regulierten Chronometer.

Die beiden Ausbreitungen der Registrierkurve, welche wegen Schwankungen des Wechselstroms im Hauptnetze etwas gestört ist, geben als Ankunftszeiten 5 u. 5 m. 26 s. und 5 u. 5 m. 27, 1 s. (Nach Amsterdamer



Fig. 13.

*RECORDS OF THE EXPLOSION IN
HOLLAND, OCT. 28th 1922.*



1

2



3

Fig. 14.

Zeit 5 u. 24 m. 48 s. und 24 m. 49, 1 s.) In der Nähe von 5 m. 39 s. (25 m. 11 s.) sieht man noch einige Schwingungen, welchen Dr. BERGANSIUS eine Frequenz von 50 zuschrieb. Laufzeiten also 4 m. 58', 4 m. 59.1' und vielleicht 5 m. 11 s.

Die Distanz zwischen dem Beobachtungspunkt und der Explosionsstelle ist 105.9 km, die scheinbare Schallgeschwindigkeit käme also auf 356, 354 oder 340 m p. s. heraus. Die Windkomponente in der Richtung Oldebroek—Leiden ist in 500 m Höhe auf 3—4 m p. s. zu schätzen, die Schallgeschwindigkeit würde deshalb auf wenigstens 352, 350 und 336 m p. s. herauskommen. Bei der etwas höheren Temperatur, welche im Westen Hollands zur Explosionszeit herrschte (etwa 5° C.), ist die letzte Zahl nur wenig über der normalen Schallgeschwindigkeit, die beiden anderen Zahlen, die den grösseren Ausschlägen entsprechen, sind aber nicht unbedeutend höher.

In England wurden Beobachtungen mit Hitzdraht-Mikrofonen gemacht in Woolwich und Biggin-Hill von der akustischen Abteilung der Signal-Versuchsanstalt. Die Instrumente waren unempfindlich gemacht für Tone über 50 Schwingungen in der Sekunde, so dass Strassenlärm und Motorexpllosionen keine nennenswerte Störungen verursachen konnten. In Woolwich war das Instrument in einer 24 Fuss tiefen Eingrabung aufgestellt und überdem fiel der Wind, sonst der am meisten störende Faktor, während des Versuches auf Windstille herunter. In Biggin-Hill war der Apparat in einem Hof aufgestellt, an allen Seiten von Mauern umgeben. Jeder Verkehr in der Umgebung wurde vermieden, und das lokale elektrische Netz war ebenfalls ausgeschaltet. Die einzige beobachtete Störung war ein Zug in 3 bis 4 Meil Distanz.

Die in Biggin-Hill aufgezeichneten Registrierungen waren dem Rapport nicht beigegeben. Eine Vibration von sehr niedriger Frequenz dauerte 40 Sekunden, sie wurde beobachtet um 17 h. 6 m. und wurde der Fortpflanzung durch den Boden zugeschrieben. Andere Ausschläge wurden notiert um 17 h. 14 m., 21 und 23 m. Keiner von diesen kommt in der Nähe der für normale Fortpflanzung berechneten Zeit.

In Woolwich hingegen wurden die in Figur 14 abgebildeten Störungen registriert um 17 h. 19 m. 25.5 s., 39 s., 45.5 s. und um 17 h. 22 m. 42 s. Diesen Zeiten entsprechen scheinbaren Fortpflanzungsgeschwindigkeiten von 361.7, 358.4, 355.3 und 309.1 m p. s. Als mittlere Windgeschwindigkeit in der Linie zwischen Oldebroek und Woolwich in etwas höheren Schichten kan 6 m p. s. geschätzt werden, es bleiben

also Geschwindigkeiten von rund 356, 352, 349 und 303 m p. s.

Die beiden Mittleren, welche mit der in der Figur durch 1 und 2 bezeichneten Registrierungen korrespondieren, kommen den beiden ersten in Leiden gefundenen Werten sehr nahe.

9. Der von der Sprengung verursachte oder diesem zugeschriebene Schaden.

Aus dem Vorangehenden geht hervor, dass in der Nähe des Explosionsherdes der Schall auffallend schwach gewesen ist, und von seismischen Wirkungen von den beiden in unsrem Lande tätigen Seismographen nichts gezeigt wurde. Auch die Augenzeugen der Explosion hatten von einem Stosse kaum etwas gespürt, Glasscheiben waren nur wenige zersprungen.

Um so merkwürdiger ist es, dass bald nachher berichtet wurde über wirklichen Schaden, welchen Häuser in den Gemeinden Epe (7 km) und Heerde (5 km) gelitten hatten. Den Hauptfall bildete die Villa „Rozenhof“ in Epe, ein erst in jüngerer Zeit neu gebautes Haus, das infolge der Explosion von oben bis unten Risse bekommen hatte, so dass Deckenpflaster abgefallen und Anstrich geschädigt war. In der alten Schenke „De Delle“ (29 km), etwa 1750 gebaut, wurden Risse bis zu 10 cm Breite gemeldet. Ein altes, teilweise renoviertes Landhaus „Bornheim“ in Oldebroek (8 km) hatte ebenfalls Risse im Vor- und Hintergiebel; Türen im Nebengebäude zeigten Klemmung. 6 kleine Häuser in Heerde hatten wenig bedeutenden Schaden bekommen.

Wenn es auch ursprünglich fast unglaublich schien, dass die nach allen früheren Erfahrungen harmlose Explosion solche Schaden zugebracht haben sollte, konnten die Militärbehörden, welche diese Fälle untersuchten, den Zusammenhang mit der Explosion nicht leugnen. Höchstens wäre anzunehmen gewesen, dass früher bestehende Risse von der Erschütterung vergrößert worden waren, und praktisch führte das gleichfalls zur Entschädigung. Wir übergehen hier die Korrespondenz über die Verantwortlichkeit — glücklicherweise gestattete eine auf dem Etat des Meteor. Instituts ausgesparte Summe die fehlenden Beträge zu erstatten. Die obengenannten Schäden forderten zusammen *f* 2070, die Gesamtkosten des Experimentes, alle Vorbereitungen in begriffen, stiegen dadurch auf gut *f* 3120. Es scheint uns höchstwahrscheinlich, dass die Erklärung für diesen ganz lokalisierten Schaden in Wirbelbildung bei der Explosion gesucht werden soll, wodurch in gewissen Richtungen

grössere Energiemengen transportiert wurden ohne schnelle Zerstreuung über den Raum. In der Figur 15 ist die Lage der geschädigten Häuser angegeben, der Pfeil deutet die Windrichtung zur Explosionszeit an.

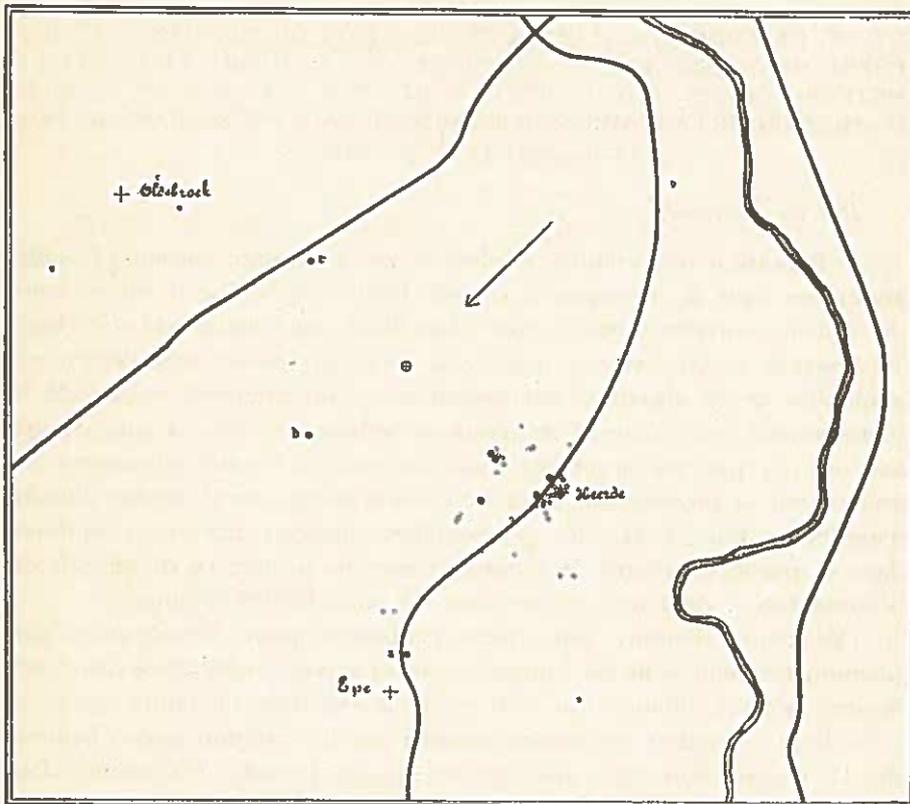


Fig. 15.

Die kleinen offenen Kreise deuten zersprungene Glasscheiben, die grösseren vollen Kreise geschädigte Häuser an, der Ort der Explosion ist durch \oplus angegeben.

ANNEXE

ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DE LA PROPAGATION DU SON DANS L'ATMOSPHÈRE ORGANISÉE PAR LE MINISTÈRE DE LA GUERRE ET L'INSTITUT MÉTÉOROLOGIQUE ROYAL DES PAYS-BAS SUR DEMANDE D'UNE SOUS-COMMISSION DE LA COMMISSION INTERNATIONALE POUR L'EXPLORATION DE LA HAUTE ATMOSPHÈRE.

But de l'expérience.

À l'occasion des grandes explosions on a constaté plusieurs fois des anomalies dans la propagation du son (zone d'audibilité normale, zone de silence, nouvelle zone anormale d'audibilité au delà de 100—160 km).

Souvent il est évident qu'il y a une corrélation nette entre ces anomalies et la situation atmosphérique (vent, gradient vertical de la température) mais, faute d'observations suffisantes, dans la plupart des cas on n'a pas pu appliquer quantitativement les lois physiques qui gouvernent la propagation du son. Dans d'autres cas il semble difficile d'expliquer tout à fait les phénomènes observés par les conditions dans la partie inférieure de l'atmosphère sans utiliser ce qu'on sait de la constitution de l'atmosphère dans ses plus hautes régions.

Les deux théories principales proposées pour l'explication des phénomènes sont celle de l'inflexion de la surface ondulatrice (Rayleigh Stokes) sous l'influence du vent et de la variation de température, et celle de la réfraction des ondes sonores par la variation avec l'hauteur de la constitution de l'atmosphère (V. D. BORNE, WEGENER). Les objections théoriques contre cette dernière théorie ne sont pas tout à fait convaincantes. Récemment on a fait remarquer de divers côtés que la diffraction du son doit entrer dans la discussion.

Dans ces circonstances la solution du problème ne semble possible sans un effort international, l'étude de la propagation du son après une explosion prévue, effectuée à un moment choisi et annoncé d'avance.

À part du problème seulement physique, cet expériment ouvre en même temps la possibilité d'arriver à des conclusions sur les conditions atmosphériques à des hauteurs inaccessibles aux explorations aérologiques.

C'est pour ces raisons que la Commission pour l'exploration de la haute atmosphère, après avoir entendu une proposition de M. DE QUERVAIN, a chargé une sous-commission, composée des M.M. VAN EVERDINGEN,

FUJIWHARA, JAUMOTTE, MAURAIN, ODDONE et DE QUERVAIN, de tâcher d'organiser une telle explosion. C'est surtout M. ODDONE qui a attiré l'attention à l'importance d'obtenir des résultats pour l'étude des tremblements de terre en utilisant les explosions.

La commission, après avoir élu M. DE QUERVAIN président, s'est adressée à divers Ministères de la guerre pour obtenir leur collaboration dans le cas de destruction obligatoire d'explosifs. La première réponse favorable est venue du Ministère de la guerre des Pays-Bas.

Quoique la proximité de la mer et l'impossibilité de trouver un terrain favorable dans la partie méridionale de ce pays diminueront peut-être la valeur des résultats, la commission a accepté volontiers l'occasion de commencer son travail, convaincue que cet exemple sera suivi d'autres dans des régions plus favorables.

Au nom de la Commission nous vous prions de bien vouloir étudier le programme suivant et de nous prêter votre appui en collaborant aussi extensivement que les moyens à votre disposition le vous permettent. Quand les préparations nécessaires seront terminées, l'Institut Météorologique Royal des Pays-Bas choisira un jour favorable (si possible haute pression atmosphérique dans l'Europe centrale et occidentale) et indiquera le moment choisi un jour d'avance par télégraphe aux Bureaux Météorologiques et Sismiques voisins, qui sont priés de le communiquer par la presse, par radio (p. e. après les dépêches météorologiques collectives) etc. Dans le programme suivant la commission indique les observations qu'elle trouve utiles. Il va sans dire que toute initiative personnelle dépassant ce programme sera appréciée.

Les Bureaux Météorologiques sont priés de bien vouloir recueillir les observations de leurs réseaux et de les transmettre au Bureau Central à De Bilt, qui prendra soin de les coordonner et de publier un résumé avec les résultats préliminaires. Les données complètes seront à la disposition de tous ceux qui voudraient entreprendre la discussion scientifique.

Au nom de la Sous-Commission,

A. DE QUERVAIN.

E VAN EVERDINGEN.

PROGRAMME DE L'EXPÉRIENCE.

Sur le champ d'exercice de l'artillerie à Oldebroek (endroit exact $\lambda = 5^{\circ} 59' 40''$ E $\beta = 52^{\circ} 24' 56''$) on fera exploser à 17.00 h. (temps de l'Europe occidentale) 5000 à 10000 kg. de perchlorate d'ammonium.

On prendra soin d'enregistrer aussi exactement que possible le moment de l'explosion.

Programme des observations.

a) Observations personnelles ou instrumentales du son, possibles probablement dans certaines directions jusqu'à 250 km (Cuxhaven, Hannover, Koblenz, Dinant, Ostende).

À observer:

1) Heure exacte (au moins la seconde) lue sur bonne montre, dont la correction a été déterminée peu après ou avant l'observation et, quand il ne s'agit pas de montres de précision avec marche connue, aussi le jour avant ou après [comparaison avec les horloges d'observatoires astronomiques, signaux horaires (aussi par radio)]. Indication de la précision obtenue sera très appréciée.

2) Direction d'où semble venir le son (azimuth et distance du zénith).

3) Intensité du son: 1. presque inaudible même pour observateur prévenu; 2 assez audible; 3 audible même pour observateur imprévu; 4 assez fort; 5 fort et inquietant; 6 effrayant; 7 accompagné de tremblements (fenêtres, portes); 8 faisant impression de tremblement de terre.

Il importe d'observer que dans la zone anormale d'audibilité les tremblements 7, parfois même 8, peuvent arriver sans accompagnement d'un son appréciable.

4) Caractère du son. Dédoublement, prolongement, durée des intervalles.

5) Temps pendant l'audition [vent (force et direction), état du ciel, direction des nuages, température de l'air].

N.B. Aussi la constatation qu'un observateur attentif situé à l'intérieur du cercle de 250 km n'a pas pu rien ouïr est importante.

Il est désirable qu'en outre des observateurs et correspondants réguliers des Instituts centraux, un nombre aussi grand que possible d'observateurs vienne coopérer.

Dans ce but on espère que le programme ci-dessus sera répandu par la presse.

b) Observations aérologiques.

Vu qu'il est nécessaire de connaître les conditions atmosphériques du moins jusqu' à la hauteur de la stratosphère et que le succès des sondages et l'endroit où les ballons sondes atteindront leurs hauteurs maximales ne sont pas connue d'avance, il est désirable de choisir une région un peu plus grande (rayon 400—500 km) pour les observations.

Les observations, désirées aussi près que possible du moment de l'explosion, sont:

1°. Des ascensions de ballons pilotes	} aussi haut que possible.
2°. „ „ „ „ sondes ou de ballons captifs (cerf-volants, aéroplanes)	

3°. Des observations de la direction et de la vitesse des nuages.

Il va sans dire que des observations à la surface devraient suppléer les observations aérologiques.

On pourrait ajouter qu' à l'intérieur du cercle de 200—250 km des observations du son en ballon libre pourraient être très intéressantes.

c) Observations sismiques.

Les stations sismiques sont priées d'observer avec toute la précision possible le moment d'arrivée des ondes sismiques ou des ondes sonores transmises par l'air, et si possible de mettre en fonction des appareils spéciaux de grande sensibilité.

Dans divers cas on a observé des explosions à l'aide de sismographes jusqu' à une distance de plusieurs centaines de kilomètres (p. e. à De Bilt, ondes sonores de l'air: sismographes Wiechert (Vr 180) et Galitzin, l'explosion de Kent, distance 330 km; explosion du nord d'Angleterre, octobre 1917, distance environ 500 km; ondes terrestres: Oppau, septembre 1921, distance 370 km). Les instruments à agrandissement modéré (100 à 200) et vitesse d'enregistrement ordinaire (1 à 2 cm p. m.) ne peuvent donner que peu de détail; c'est autrement avec les instruments comme la pendule de 17000 k.g. de Wiechert à Göttingen ou les instruments Wiechert—Mintrop.

L'installation d'instruments de ce dernier type pas trop loin de l'endroit de l'explosion et de chronographes dans le voisinage immédiat serait très à désirer. On s'attend à une vitesse apparente des ondes dans le sol de 5 à 6 km p. s., dans l'air de 340 à 250 m p. s.

TABELLE I. NIEDERLANDE.

N ^o .	Ort.	Höhe in Dm.	Dis- tanz, km.	Wert des Beob- achters 4 ^o .	Zeit (W.E.).	Genauig- keit der Zeit 4 ^o .	Stärke.	Rich- tung.	Charakter und Bemerkungen.
1	Wapenveld (Wasserturm)	5	2.3	3	5.20.7	2	3/7	SW.	± 30 Sek. wurde das Nachrollen des Schalls vernommen, am stärksten aus SW. Richtung; Schall wie entferntes Gewehr- feuer. Licht beobachtet.
2	"	3	2.7	3	5.20.7	2	3	—	Leicht brummender Schall, Dauer höchstens 2 Sekunden. Licht beobachtet.
3	"	3	4.0	2	5.20.† 2 à 3 sec.?	2	3	—	Knall eher scharf als dumpf, dem Knall eines schweren Marinege- schützes gleichend in 4 à 500 m Distanz. Schwankungen gespürt auf dem Turm. Leuchtglanz während 1 1/2 à 2 Sek.
4	Heerde	3	4.1	3	5.20.12	3	5	—	Kurzer knisternder Schall, nicht unterbrochen. Leiser Stoss ge- fühlt. Licht beobachtet. <i>Herri- sontal</i> .
5	" (Turm)	9	4.3	2	—	—	7	—	Scharfer ziemlich kurzer Knall, welcher nach allen Richtungen sausende Schwingungen aus- sandte, welche nach N. und W. ziemlich bald erlöschten, aber nach SE. merklich länger war- nehmbar waren. Fensterschei- ben zerrissen 5.20 Feuerstrahl. Höhe ± 10°.
6	"	2	4.3	3	5.20.12	3	4/7	N.	Dumpfer dröhnender Schall, Schwankungen 1/2 à 1 Sek. Licht beobachtet. Höhe gering.
7	Oldebroek (Lager)	4	5.7	4	5.20.16,7	4	4 à 5/7	E.	
8	Epe	1	7.3	4	5.20.21,5	4	5/7	N.	

N ^o .	Ort.	Höhe in Dm.	Dis-tanz. km.	Wert des Beob-achters 4-o.	Zeit (W.E.).	Genauig-keit der Zeit 4-o.	Stärke.	Rich-tung.	Charakter und Bemerkungen.
9	Epe	1	7.8	2	5.20.2?	2	4.7	NNE.	Grollender Schall ohne Unterbrechung, wie von erlischem Donner, Dauer 1 Minute. Leichte Schwankung des Bodens, Türen und Fenster. 5.20 hoch aufschliessender Feuerstrahl.
10	Hattem	—	7.9	3	5.20.23	3	2	—	Schwacher Schall, gleichmässig anschwellend, später ebenso erlischem. Ein Lichtblitz hellgelb, keine Flamme.
11	"	—	8	2	5.21	1	2.7	—	Kurzes, sanftes Grollen ohne Unterbrechung, Schwingungen der Ketten der Gaslampe.
12	Zwolle	—	11.4	3	5.20.37	4	3	SW-S.	Grollen wie entferntes Gewitter. Dauer 1 à 2 Sek. Licht beobachtet. Höhe ± 30°.
13	"	—	11.7	3	5.20.37	3	1	SW.	Schwach grollender Schall wie ein erlischemer Donner. Licht beobachtet.
14	"	—	12	3	5.20 à 21	2	(7)	—	Geringe Vibration der Gaslampen.
15	"	—	12.3	3	5.20.37,7	3	2	SW.	Dumpfes Grollen wie von entferntem Donner. Anschwellend, dann stark abnehmend, wieder anschwellend und abnehmend 5.20 Licht beobachtet. Höhe ± 1°.
16	Heino, Colckhof	—	13	3	5.21	2	3	W.	Dumpfer grollender Schlag wie von schwerem entferntem Gewitter, 9 Sek. anhaltend. 5.20 Licht beobachtet.

N ^o .	Ort.	Höhe in Dm.	Dis- tanz. km.	Wert des Beob- achters 4-0.	Zeit (W.E.).	Genauig- keit der Zeit 4-0.	Stärke.	Rich- tung.	Charakter und Bemerkungen.
17	Zwolle	—	13.2	3	5.20.38	3	2	SW.	Deutliches Grollen, Dauer 2 Sek., 5.20 grell roter Schein am Horizont in derselben Grösse und Farbe wie die untergehende Sonne oft zeigt.
18	Nunspeet	—	14	2	5.20	1	3,7	—	Schwacher Schuss, nachher dumpf- fer gut hörbarer Explosions- schall, gefolgt von Schall wie von einem Echo.
19	Nijbroek	—	14.6	4	5.20.42	3	5	NNW.	Schall gleich ungefähr dem Wort Be-onk, beide Teile durch 1/5 Sek. getrennt. Licht beobachtet.
20	Nunspeet	—	15	3	5.21.5	2	3 u. 4,7	—	Dampf Schlag, ausgebreiteter Schall, schnell in Stärke ab- nehmend.
21	"	—	15.0	2	5.20. ± 30	2	7	—	Der Schlag schien aus dem Lager zu kommen, aber war nicht so heftig wie bei gewöhnlichem Artilleriefeuer. 2 Sek. nach dem Schlag kam eine heftige Er- schütterung, begleitet von einem sonderbaren Geräusch, wie ob ein Wirbelwind durchs Haus ging; eine Tasse wurde auf ihrem Schüssel umgeworfen. <i>Horizontal.</i>
22	Terwolde	—	16.4	3	5.21.20 (20.50?)	2	3	N.	Wie Donner in grosser Entfer- nung, kurz ohne Unterbrechung. 5.20 Licht beobachtet.

N ^o .	Ort.	Höhe in Dm.	Dis- tanz. km.	Wert des Beob- achters 4-6.	Zeit (W.L.).	Genauig- keit der Zeit 4-6.	Stärke.	Rich- tung.	Charakter und Bemerkungen.
23	Kadijk	—	17.3	3	5.20.50	3	2,7	—	Schall dumpf, unmittelbar gefolgt vom Rasseln von Türen und Fenstern. Licht beobachtet von Brücke über Kanal Apeldoorn—Hattem.
24	Kampen	—	17.8	3	5.20.55	2	—	—	Dumpe Dröhnung wie Nachrum- peln des abziehenden Donners. 5.20 heller Lichtschein.
25	"	—	17.8	3	5.20.53	3	3	—	Kurzes Grollen wie ferner Don- ner, aus 3 Stößen bestehend. Licht während 3 Sek.
26	Grafhorst	—	19	—	—	—	3	SSE.	Dumpfes Grollen, ungefähr wie Kanonschuss. <i>Horizontal</i> .
27	Deventer	—	20	2	5.23	1	—	—	In der Länge gezogener gro- lender Schall.
28	"	—	20.5	4	5.21.2	4	2 à 3	NW.	Ein einziger dumpfer Schlag. <i>Ho- risontal</i> .
29	Hasselt	—	20.5	4	5.21.10	3	1,7	SW.	Doppeltes oder dreifaches Grollen. Licht beobachtet.
30	Kasteelerweerd	—	20.6	3	5.20.60 à 65 sec.	2	2	SSW.	Grollender Schall. 5.20 Licht- streif in SSW., wie von Rakete, unmittelbar gefolgt von halber Feuerkugel wie untergehende Sonne, innerhalb 5 Sek. ver- schwunden.
31	Deventer	—	20.7	4	5.21.5	3	4,7	—	Stoss mit leisem Nachrollen.
32	"	—	21.2	3	5.21.5 ^a	4	3	—	Kurz und leise, dumpf.
33	"	6	21.2	3	5.21.3,4	4	1	NW.	Dumpfes Grollen. 5.20 riesen- hafte Flamme in NW.

N ^o .	Ort.	Höhe in Dm.	Dis- tanz. km.	Wert des Beob- achters 4-6.	Zeit (W.E.).	Gemü- igkeit der Zeit 4-6.	Stärke.	Rich- tung.	Charakter und Bemerkungen.
34	Hulshorst	—	21	3	5:20 ± 28	1	4 à 5, 7	E.	Schwerer rollender Schall, Fenster und Türen dröhnten 4 à 5 Sek.
35	Apeldoorn	2	21	3	5:22.20	2	7	—	Schwingungen gaben eher den Eindruck eines Windstosses als den eines Donners.
36	Hierden	—	21	2	5:21	1	4,7	—	Die Mühle neigte sich nach links und krachte; wurde dreimal erschüttert mit 1 Sek. Zwischenraum. Nachher Grollen. 5-20 Licht am Horizont.
37	"	—	22	2	5:21	1	7	E.	Grollen mit Nachhall, wie von entfernten Glocken. Dauer 2 Sek.
38	"	—	22	3	5:21	1	3,7	E.	Grollender Schall.
39	Apeldoorn	2	21,9	3	5:21,5	3	3,7	—	Kurzer dumpfer Knall. Licht beobachtet.
40	"	2	22	2	5:20	1	7	—	Eine Fensterscheibe zerbrochen.
41	"	2	22	2	—	—	7	—	Heftiges Rasseln der Türen.
42	Bussloo	—	26,0	3	5:21,17	3	2,7	NNW.	Dumpfer Knall ± 1 Sek. 5:20 Lichtblitz in NW.
43	Harderwijk	—	26	2	5:22	1	3,7	—	5:20 Lichtsäule.
44	Ermelo	4	26,6	2	5:21,0	1	—	—	Schlag mit zwei kurzen Unterbrechungen. Licht beobachtet.
45	Haarle	3	27,6	3	5:21,35	3	2	NNW.	Rasselnd wie ferner Donner. Dauer 2 Sek. Licht beobachtet.
46	Beekbergen	—	27,8	3	5:21,20	3	—	—	Grollen wie sehr entferntes Gewitter. Dauer ± 3 Sek. Licht beobachtet.

N ^o .	Ort.	Höhe in Dm.	Dis- tanz. km.	Wert des Beob- achters 4-0.	Zeit (W.E.).	Genauig- keit der Zeit 4-0.	Stärke.	Rich- tung.	Charakter und Bemerkungen.
47	Klarenbeek	—	28	3	5.23	1	2,7	—	Dumpfer Schlag von wenig Be- deutung, gefolgt von Grollen, Dauer 2 à 3 Sek. mit 2 Ver- stärkungen. Licht beobachtet. Grollender Schall.
48	Ermelo	2	28.3	3	5.21.30	3	4,7	N.	In 22 m Höhe nicht gehört, un- ten ziemlich stark. 5.20 Licht beobachtet.
49	Kootwijk	3	29	3	—	—	4	—	Zwei kurze, ziemlich kräftige Schwingungen.
50	Ermelo	1	29.2	2	5.21.20	2	4,7	—	Licht beobachtet.
51	Hellendoorn	4	29	—	—	—	3	—	Leiser Schall, niedriger Ton. Licht beobachtet.
52	"	5	30.3	3	5.22	1	1	—	Starkes kurzes Grollen. Licht beobachtet.
53	Putten	2	31.0	3	5.21.5	2	4,7	—	Schall erschreckend, Fenster ras- selten.
54	Harfsen	1	32	1	—	—	6,7	—	Grollender Schall. <i>Höhe gering.</i>
55	Hoenderloo	5	33	3	5.20.20	1	4,7	N.E.	Ein Schlag „bummm“, ziemlich dumpf.
56	Zutphen	—	33.4	3	5.22.36	2	7	—	Wie Nachhall eines ferneren Donners.
57	"	—	33.6	3	5.21.32	2	1-2	NzW-N.	Besonders ein Fenster auf der Ostseite vibrierte.
58	Eerbeek	2	34	3	5.22	2	2,7	—	Schall kurz, einfach. Explosions- wolke deutlich sichtbar. <i>Hori- zontal.</i>
59	Nijkerk	—	40	2	5.24	1	7	—	
60	Barneveld	1	41	2	—	—	1,7	N.E.	
4 61	Vorden	1	40.8	3	5.22.10,2	4	1	—	

N ^o .	Ort.	Höhe in Dm.	Dis- tanz. km.	Wert des Beob- achters 4-6.	Zeit (W.E.).	Genauig- keit der Zeit 4-6.	Stärke.	Rich- tung.	Charakter und Bemerkungen.
62	Dieren	2	42	3	5.22.30 à 5.23	2	7	—	Zweimal mit 1 Sek. Zwischenzeit. Sehr heftiges Rasseln von Tü- ren und Fenstern.
63	Lunteren	1	45	3	5.21.40	2	2,7	NW.	Leises Summen während 3 Sek. Hölle 20'.
64	"	1	45	3	5.22 à 5.23	1	2	—	Wie Kanonenschuss in weiter Ferne.
65	"	1	45	2	—	—	2,7	—	Leises Brummen.
66	Doesburg	—	45	3	—	—	7	—	Fenster auf Nord- und Westseite vibrierten. Licht beobachtet.
67	"	—	45	3	5.24	1	1	NW.	Dampfes Dröhnen.
68	"	—	45	3	5.26.20,3	1	7	NE.	Drei kurze, kräftige Schläge. Fenster und Türen wurden er- schüttert. Bodenschwingungen während 3-3 Sek. mit Inter- vallen von 0.1 Sek.
69	"	—	45	3	—	—	7	—	Licht beobachtet.
70	Hoog Keppel	1	45	2	5.21.37	1	—	—	Kurzes Grollen, so schwach, dass der Ursprung nicht fest- zustellen war.
71	Arnhem	1	45.4	2	5.21.52	2	—	—	—
72	"	3	47	3	5.23.15	1	7	—	Heftige Erschütterung und Klir- ren.
73	Velp	2	47	2	—	—	7	—	Leichte Schwingung einer Innen- tür.
74	Arnhem	3	48.0	3	5.22.30	2	7	—	Ein einziger Stoss, vibrieren der Fenster ohne merklichen Schall.
75	"	1	49	2	5.22.11	2	3	—	Etwas größerer Schall.
76	"	10	49	2	—	—	1	—	Sehr schwacher Schall, auf einem Turm beobachtet.

N ^o .	Ort.	Höhe in Dm.	Dis- tanz. km.	Wert des Beob- achters 4-o.	Zeit (W.E.).	Genauig- keit der Zeit 4-o.	Stärke.	Rich- tung.	Charakter und Bemerkungen.
77	Hoogland	—	49	2	5:22	2	7	—	Schwingung der Luken.
78	Oosterbeek	2	49	2	5:23	2	7	—	Rasseln einer Schiebetür.
79	Amersfoort	—	50	3	—	—	7	NNE.	Stärkerer Winddruck, etwa 3 Beaufort, während 30 Sek. Rasseln der Schall, innerhalb des Hauses zweimal beobachtet, jedes Mal ± 3 Sek. Licht beobachtet.
80	Blaricum-Huizen	—	52	3	5:21.50	2	3	E.	Entfernter Gewehrschuss.
81	Oranje-Nassau's Oord	—	52	3	5:22	2	2	—	—
82	Wageningen	6	53	4	± 5:22 1/2	2	—	—	Zwei leichte Schwingungen des Gebäudes; auch eine Schwan- kung des Wasserniveaux wurde konstatiert. Licht beobachtet.
83	Woudenberg	—	54	3	—	—	3,7	—	Ziemlich allgemein gehört wie ferner Donner.
84	Soesterberg	3	58	2	5:25	1	2	—	—
85	Oldenzaal	3	60	2	5:22.32	2	1	—	Dauer des Schalles 12 Sek.
86	Driebergen	—	61	4	5:22 1/2	2	1,7	—	—
87	Enschede	4	62	3	5:23	2	1	WNW.	Leiserer grollender Schall, wie ferner Donner. Dauer 2 Sek. Horizontal.
88	Nijmegen	—	62	3	5:21.9	2	2	NNE.	—
89	Driebergen	—	63	3	5:24.23	3	7	—	—
90	de Bilt	—	65.4	3	5:23	2	1,7	—	Schwingungen.
91	"	—	65.4	3	± 5:24	2	7	—	Schwingungen von Glasüren auf der Ostseite während 3 Sek.
92	Utrecht	—	68	3	5:25	2	—	Nlich	—
93	Wamel	1	68	3	5:21	1	7	—	—
94	Tiel	—	69	3	5:24	2	—	—	Klirren der Fenster.

N ^o .	Ort.	Höhe in Dm.	Dis- tanz. km.	Wert des Beob- achters 4-0.	Zeit (W.E.).	Genauig- keit der Zeit 4-0.	Stärke.	Rich- tung.	Charakter und Bemerkungen.
95	Baren	—	70	3	5:24.47	2	1,7	NE.	Dumpher Schlag, vorangegangen und gefolgt von Knistern, wie bei schwachem Holzfeuer. <i>Höhe gering.</i>
96	Culemborg	—	71	3	5:25 1/2	2	1	—	—
97	"	—	71	3	—	—	7	—	Stoss gegen ein Fenster eines Horsaales gegen Norden.
98	Workum	—	71	3	5:24.20	2	7	SE.	Schwingung der Fenster auf der SE-Seite.
99	Winterswijk	4	71.4	4	5:23.57	3	1	W.	Wie entfernter Schuss, 1 à 2 Sek.
100	"	—	71	4	5:29	2	2	NW.	Leises Grollen.
101	Amsterdam	—	74	4	5:25.42	3?	1 à 2	E.	Schwacher Schall wie 3 Pauken- schläge <i>aus der Höhe.</i>
102	Zalt Bommel	—	82	2	5:28	1	1	NE.	—
103	Linschoten	—	85	2	5:24.30	2	—	—	Kein Schall, aber Fasanen er- schreckt.
104	Franeke	—	90	2	—	—	1	—	Sehr schwach.
105	Gorinchem	—	95.6	3	5:23.39	4?	1	NE.	Dumftes Grollen während 15 Sek.
106	Hillegom	—	96	3	5:25.57 29.37	2	2	—	Entfernter Kanonenschuss, etwas stärker und mehr rollend.
107	Groningen	—	97	4	5:31	1	1	—	Ein Knall, dumpf und kurz, ohne jede Schwingung, beobachtet im NW. der Stadt.
108	Aerdenhout	—	97	3	5:25 à 26	1	1	—	Sehr schwaches Grollen 10 à 20 Sek.
109	Leeghwater	—	99	3	5:23.40	2	1	—	Dauer einzelne Sekunden.
110	Zandvoort	—	100	3	5:26	2	1	E.	Schwaches Grollen wie von fernem Gewitter, Dauer einige Sekunden. <i>Horizontal.</i>

N ^o .	Ort.	Höhe in Dm.	Dis- tanz. km.	Wert des Beob- achters 4-o.	Zeit (W.E.).	Genaui- keit der Zeit 4-o.	Stärke.	Rich- tung.	Charakter und Bemerkungen.
111	Geldrop	2	116	3	5-26.40	2	1 à 2	N.	Schall halbwegs ähnlich dem eines in der Ferne fahrenden Wagens, halbwegs dem des Windes, in einem Schornstein. Einige Unterbrechungen. Dauer gut 30 Sek. <i>Niedrig</i> .
112	Rotterdam	—	118	2	5-27.5	2	—	—	Dumpfer Schlag, gehört an einem Rohr im Boden, lang 111.4 m, weit 9 cm. Auf dem Dache wurde nichts gehört.
113	"	—	118	2	5-26	2	—	—	Kräftiger Schall, unmittelbar gefolgt von 2 weniger kräftigen Schällen. Wie entfernter Schuss. <i>Niedrig</i> .
114	's Gravenhage	—	123	3	[5-24.20 24.45—50 25.20 27.15—20]	3	7	—	Schwingungen beobachtet.
115	"	—	125	3	5-28.0 ± 3 s.	4	1	—	Mehrfacher Schall, 3 Schläge innerhalb 2 Sek.
116	den Bommel	—	140	3	5-25.40	2	2	—	—
117	Geulle	11	174	2	5-24.56	2	4	N.	Zweimal ein kurzer Bums, mit einem Zwischenraum von 5 Sek. <i>Niedrig</i> .
118	's Heer Arendskerke	—	181	3	5-26.21	2	1	NNW.	Sehr schwaches Grollen.
119	O. en W. Souburg	—	194	4	5-28.54	2	1	—	Dreimal sehr schwaches Grollen, etwas lauter anfangend, bald schwächer werdend.

BELGIQUE.

TABELLE II.

N ^o .	Endroit.	Hauteur Dm.	Dis- tance km.	Valeur de l'obser- vateur 4-0.	Heure. T. M. G.	Valeur de l'heure 4-0.	Inten- sité.	Dirac- tion.	Nature du son et remarques.
1	Sinay 51° 10' N. 4° 04' E.	1	193	2	5.2 1/2	0	1	—	—
2	Hamme-lez-Termonde 51° 07' N. 4° 08' E.	1	194	2	5.19	1	1	—	1 grondement.
3	Tirlemont 50° 49' N. 4° 56' E.	55	194	4	5.21.14,8	4	3	W.	2 coups; 60° W. de la distance zénithale. 4 observateurs d'accord.
4	Nederover-Heembeek 50° 54' N. 4° 22' E.	2	203	2	5.11.48	2	1	—	Coup de canon très lointain.
5	Tilff 50° 34' N. 5° 35' E.	8	209	2	± 5	0	2	NW.	3 roulements successifs, puis une 4 ^e détonation.
6	Theux 50° 33' N. 5° 47' E.	24	209	2	5.14	2	1	NNW.	Roulement.
7	Dilbeek 50° 52' N. 4° 17' E.	—	210	1	5.06	1	—	NW.	Roulement sourd.
8	Lillois Witterzée 50° 41' N. 4° 21' E.	12	225	3?	5.17 et 5.20	?	2	—	Les deux bruits grandement lointain de tonnerre.
9	Nivelles 50° 37' N. 4° 19' E.	—	232	4	5.13.33,7 5.17.9	4 3	3 2	E. 5° S. un peu plus S.	2 coups. 60° de la distance zénithale.
10	Tamine 50° 27' N. 4° 37' E.	12	240	2	5.15. 13-16	4	1	—	Roulement de 3 secondes.
11	" 50° 27' N. 4° 37' E.	12	240	2	5.16.45	4	1	—	—

N°.	Endroit.	Hauteur Dm.	Dis- tance km.	Valeur de l'obser- vateur 4-0.	Heure. T. M. G.	Valeur de l'heure 4-0.	Inten- sité.	Direc- tion.	Nature du son et remarques.
12	Entre Charleroi et Gilly	10	245	2	5.12	2	2	—	Roulement.
13	Entre 50° 25' N. Chatclot et 4° 28' E. Couillet	11	247	3	5.13.40	4	2	N. légèrement W.	Roulement.
14	Roeulx 50° 32' N. 4° 06' E.	12	248	3	5.15	2	2	—	Bruit sourd.
15	Marche 50° 14' N. 5° 20' E.	22	248	1	5.9	0	—	NW.	—
16	Avelghem 50° 47' N. 3° 26' E.	2	251	2	5.35	0	4	—	3 grondements à 2 ou 3 sec. d'intervalle.
17	Anderlue 50° 26' N. 4° 15' E.	18	252	2	5.4	0	2	N.	Deux sons à intervalle inappré- ciable, le 2me un peu plus fort et plus prolongé.
18	Houfalize 50° 7' N. 5° 46' E.	33	256	2	5.16	0	1	NW.	Un roulement.
19	" 50° 7' N. 5° 46' E.	33	256	2	5	0	1	W.	Coups.
20	Chiny 49° 46' N. 5° 18' E.	31	301	3	5.7.42	0	2	NNE.	—
21	Virton 49° 35' N. 5° 29' E.	23	318	2	5.17.1	?	2	NNE.	1 grondement suivi de 4 roule- ments.
22	" 49° 35' N. 5° 29' E.	23	318	2	5.17	3	2	N.	1 grondement suivi de 3 ou 4 roulements.

FRANCE.

TABELLE III.

N ^o .	Endroit.	Hauteur Dm.	Dis- tance km.	Valeur de l'obser- vateur 4-0.	Heure. T. M. G.	Valeur de l'heure 4-0.	Inten- sité.	Direc- tion.	Nature du son et remarques.
1	Roubaix 50°41' N. 3°11' E.	2	280	4	5-12-38	4	2	—	A deux secondes d'intervalle on a cru percevoir encore 3 ou 4 échos, espacés d'une seconde environ, mais entièrement affaiblis.
2	Lille 50°38' N. 3°4' E.	2	288	4	5-18-12	4	—	—	Baisse subite d'un bec Aucr. Enregistrements douteux à 20 m. 35 s., 27 m. 38 s., 28 m. 57 s., 29 m. 02 s.
3	Douai 50°23' N. 3°5' E.	2	309	2	5-17	2	?	—	Roulement prolongé, avec des maxima et des minima, durée environ 30 secondes.
4	Châlons-sur-Marne 48°57' N. 4°22' E.	1	402	4	5-18-30	4	?	—	—
5	Vitry le François 48°44' N. 4°36' E.	10	424	4	± 5-21 1/2 1)	1	—	—	Crochet sur la feuille d'un baromètre enregistreur. 1) Temps d'accordant assez bien avec celui calculé d'après la distance.
6	Romilly 48°31' N. 3°43' E.	8	462	3	5-26	3	3 à 4	N.	Bruit sec et peu prolongé (3 observateurs).
7	Dordèves 48°1' N. 2°20' E.	7	554	2	5-33-37	2	—	—	Fenêtre exposée au NNE. et poussée s'est entre ouverte.
8	Vaux Saules 47°27' N. 5°0' E.	57	556	4	—	—	3 à 4	—	Détonation sourde et se prolongeant pendant quelques secondes comme un roulement avec son plus ou moins intense.

ENGLAND.

TABELLE IV.

N ^o .	Place.	Height in Dm.	Distance in km.	Probable degree of reliability 4-1.	Time G.M.T.	Reliability of time 4-1.	Direction from which sound came.	Intensity of sound.	Character of sound or other remarks.
1	Southwold 52°21' N. 1°40' E.	1	294	3	17.13.0	2	E.	2	Drum being beaten very fast.
2	Mundesley, 52°54' N. Norfolk 1°25' E.	2	314	3	17.15.0 and 17.30.0	1	NE.	3 (7)	As distant heavy gun. Door sensibly shaken.
3	Ramsgate 51°20' N. 1°25' E.	2	326	3	17.17.0	2	—	2	Wee grumble lasting 2—3 seconds.
4	Hitcham, 52°8' N. Ipswich 0°53' E.	4	331	2	17.35.0	2	—	2	Dull thud.
5	Ramsgate 51°20' N. 1°25' E.	3	332	2	17.54.0	2	—	3	Like thunder.
6	Broadstairs 51°22' N. 1°26' E.	1	334	3	17.15.10	3	N. by E.	2	Distinct though faint thud.
7	Margate 51°24' N. 1°22' E.	1	336	3	17.19.15 and 17.22.0	3	—	3	Distinct rumbling.
8	Eastry Kent 51°16' N. 1°19' E.	1	346	2	17.30.0	2	—	2	Rumbling very faint for 16 seconds. Very distinct.
9	Dover 51°9' N. (3 miles N.) 1°10' E.	7	354	3	17.38.30	2	NE.	3	Widely spread volume of sound, distinctly heard.
10	Thetford, 52°26' N. Norfolk 0°44' E.	2	356	4	17.26.29	3	SE—SW.	2	Faint rumbling, br. br. br. high, and as if borne along on top of a wave.
11	Thetford 52°26' N. 0°44' E.	2	359	2	17.16.20	3	ESE.	2	Low rolling sound audible 25 seconds.
12	E. Rudham 52°49' N. Norfolk 0°43' E.	6	360	1	17.2.0	2	—	4	From above, like a gun, audible enough to startle household.
13	Shoeburyness 51°32' N. 0°47' E.	1	369	4	17.10.30 and 17.23.0	2	—	—	—

N ^o .	Place.	Height in Dm.	Dis- tance in km.	Probable degree of reliability 4-1.	Time G.M.T.	Relia- bility of time 4-1.	Direction from which sound came.	Inten- sity of sound.	Character of sound or other remarks.
14	Hythe 51° 5' N. 104' E.	15	371	2	17.21.12	3	—	1	Vague suspicion of tremor.
15	Hunstanton 52° 57' N. 0° 29' E.	1	375	4	17.25.0	2	—	—	Pheasants called for several se- conds.
16	Sitting- bourne. 51° 21' N. 0° 44' E.	1	381	4	17.19.30	2	E.	1	Very faint report more like a thud than a noise.
17	Newmarket 52° 15' N. 0° 24' E.	10	382	3	From 17.10 to 17.20	1	SSE.	2	Sound in waves increasing and decreasing, then incr. again (for 10 mins).
18	Kings Lynn 52° 46' N. 0° 24' E.	—	382	2	17.31.0	2	—	2	Like rumble of distant thunder.
19	" 52° 46' N. 0° 24' E.	—	383	3	17.14.30	2	—	2	Like a distant gun.
19 ^a	Soham 52° 20' N. 0° 20' E.	?	385	3	17.29	1	E.	3	Like distant boom of a gun.
20	Maidstone 51° 16' N. (3 miles SW.) 0° 29' E.	3	395	4	17.18.25	3	—	3	Dull rolling sound for 20 seconds.
21	Cambridge 52° 13' N. 0° 07' E.	1	400	4	17.19.41	3	NE.	2	Single sound, rather faint, rather sharper than sound of a gun.
22	" 52° 13' N. 0° 07' E.	2	402	4	17.21.5	3	—	(7)	Distinct but slight concussion.
23	St. Leonards 50° 51' N. 0° 34' E.	8	410	4	17.17.25	3	E. by S.	2	Slight faint muffled rumble lasting 4 secs. sound rose and fell like distant thunder.
24	Longfield, 51° 24' N. Kent 0° 18' E.	5	411	3	17.11.5	3	NE.	2	2 detonations soft and low.
25	Hollington 50° 53' N. near Hastings 0° 34' E.	8	412	3	17.23.0	2	—	2	Small noise.

N ^o .	Place.	Height in Dm.	Dis- tance in km.	Probable degree of reliability 4-1.	Time G.M.T.	Relia- bility of time 4-1.	Direction from which sound came.	Inten- sity of sound.	Character of sound or other remarks.
26	Orpington, 51°22' N. Kent 00°5' E.	7	414	3	17.16.5	3	E. by N.	3	Not intense, like rumbling of distant train.
27	Leight 51°12' N. Tonbridge 00°15' E.	3	415	3	17.14.0	2	SE.	3	Rumble in 3 undulations.
28	Wadhurst, 51°4' N. Essex (5 miles 00°19' E. SSE.) Tun- bridge Wells	18	415	4	17.13.0	2	—	2	Faint report followed by distant rumbling.
29	Buckhurst, 51°38' N. Essex 00°3' E.	7	416	3	17.18.20	3	—	2	Faint sound.
30	Leyton 51°34' N. 00°0'	1	421	3	17.19.0	2	ENE.	3-7?	Dull heavy report and felt slight concussion.
31	Anerly 51°25' N. 00°4' W.	7	423	2	17.45.25	3	—	2	Dull rumble lasting 3-5 secs.
32	Denmark 51°28' N. Hill, SE. 00°6' W.	10	423	3	17.19.0	2	E. by N.	3	Double explosion 1/2 sec. interval (1 st. loudest).
33	Knebsworth, 51°54' N. Herts 00°12' W.	12	426	3	17.20.0	2	—	(7)	Distinct vibration in car.
34	Chadwell 51°34' N. Heath 00°8' E.	1	427	1	17.25.0	2	—	2	Muffled report.
35	Nunhead 51°27' N. 00°2' W.	3	427	3	17.6?	1	—	—	Deflection of compass needle.
36	Dulwich 51°26' N. 00°6' W.	5	429	1	17.25.0	2	—	(7)	Sharp bang of window.
36 ^a	Hampstead 51°33' N. Heath 00°10' W.	10	431	4	17.16.59	3	E. or NE.	2	Very low rumble lasting for 3 seconds; fainter than a locomotive engine puffing at a distance of 3 km.
37	Cricklewood 51°33' N. 00°16' W.	6	432	4	17.21.45	3	E.	1	Boom of gun very faint.

No.	Place.	Height in Dm.	Distance in km.	Probable degree of reliability 4-1.	Time G.M.T.	Reliability of time 4-1.	Direction from which sound came.	Intensity of sound.	Character of sound or other remarks.
38	Whitwell, 51° 53' N. 0° 16' W. Herts	15	432	3	17.22.0	2	—	3	Like a distant big gun. pheasants screamed.
39	Barnet, 51° 39' N. 0° 12' W. Herts	11	434	2	17.25.10 and 17.26.30 and 17.29.0	3	SE.	2	Low woolly noise (plop pah).
							—	3	2 bangs like fog signals.
							—	3	3 bangs like back fire of motor cycle.
40	Norbury 51° 24' N. 0° 7' W.	3	434	4	17.19.35	3	ENE.	3	Very distinct: similar to report of rifle.
41	Ealing 51° 31' N. 0° 18' W.	3	434	2	17.16.30 and 17.24.0	2	E.	1	Two doubtful noises.
							—	1	
42	Sloane 51° 30' N. 0° 10' W. Square	1	434	4	17.20.7 and 17.29.0	3	—	3	Distinct rumble growing louder and fainter.
43	Hampstead 51° 33' N. 0° 14' W.	7	434	3	Between 17.10 and 17.12	1	—	3-7	Shook windows, heard and felt explosion.
44	" 51° 33' N. 0° 14' W.	7	435	3	17.18.0	2	—	2	Three dull thuds.
45	Norbury 51° 24' N. 0° 7' W.	4	435	2	17.20.0	2	NE.	2	Low rumble.
46	Steaford 53° 0' N. 0° 24' W.	2	436	2	17.15 to 20	1	NW.	2	Like thunder, very distant.
47	Croydon 51° 21' N. 0° 7' W.	5	436	2	17.18.0 and 17.21.0	2	ENE.	2	Slight rumbling.
							—	3	
48	Cheam, 51° 21' N. 0° 13' W. Surrey	6	441	1	17.18.42 and 17.24.18	3	—	2	2 rumbles.
							—	—	

Nº.	Place.	Height in Dm.	Distance in km.	Probable degree of reliability 4-1.	Time G.M.T.	Reliability of time 4-1.	Direction from which sound came.	Intensity of sound.	Character of sound or other remarks.
49	Betchworth, 51° 15' N. Surrey 0° 15' W.	7	444	3	17.36.0	2	—	2	A thud.
50	Maulden, 52° 1' N. Amphthill, 0° 28' W. Beds	9	445	3	17.21.10	3	NE.	2	Faint short sharp dull thud.
51	Ealing 51° 31' N. 0° 18' W.	3	446	3	17.30.0	2	—	4	Heavy rumbling broken sound like woof, woof, woof.
52	" 51° 31' N. 0° 18' W.	3	446	2	17.34.45	3	W.?	2	Dull muffled boom about 1 3/4 seconds.
53	Redhill 51° 14' N. 0° 10' W.	15	446	4	17.25.15	3	NNE.	2	Slow and clear slight thud.
54	Hull 53° 45' N. 0° 20' W.	—	450	3	17.15.30 and 17.22.30	2	—	1	Faint distant boom.
55	Dorking 51° 14' N. 0° 19' W.	7	454	2	17.21.30	2	—	3	Louder and longer distant boom lasting 5 or 6 seconds.
56	Horsham 51° 4' N. 0° 20' W.	5	458	4	17.13.20	3	ESE.	2	Heavy rumble, in one section, not intermittent.
57	Tring 51° 48' N. 0° 38' W.	25	458	3	17.37.0	2	—	(7)	Faint rumbling sound.
58	High 51° 38' N. Wycombe 0° 45' W.	8	468	3	17.30.40	3	—	3	Vibration 5 or 6 times, no sound.
59	Worthing 50° 49' N. 0° 23' W.	1	473	3	17.25.0	2	NE.	2	Resembling a bomb exploding.
60	Henley-on-Thames 51° 32' N. 0° 54' W.	12	485	3	17.21.0	2	E.	3	Low rumbling for 1 1/2 secs.
61	Southsea 50° 47' N. 1° 06' W.	1	504	3	17.21.30	2	—	(7)	Similar to a short sharp thunder clap. Slight tremor.

No.	Place.	Height in Dm.	Dis- tance in km.	Probable degree of reliability 4-1.	Time G.M.T.	Relia- bility of time 4-1.	Direction from which sound came.	Inten- sity of sound.	Character of sound or other remarks.
62	Newbur, Berks 51° 24' N. 1° 19' W.	13	515	3	17.19.0	2	E.	3	Like a crowd shouting for 2 secs. then boom.
63	Armley Leeds 53° 48' N. 1° 32' E.	3	526	1	17.2.0	2	E.	3	Easily audible like a gun.
64	Collingham Leeds 53° 54' N. 1° 24' W.	3?	526	3	17.36.30	2	E. by N.	(7)	Slight concussion quite noticeable.
65	Penistone 53° 32' N. 1° 37' W.	33	534	3	17.22.0	2	—	2	Report not loud, nor noticeable.
66	Harrogate 53° 59' N. 1° 32' W.	10	535	3	17.25.0	2	—	2	2 distinct rumbles as of distant thunder. A slight pause between, each rumble lasted 3 or 4 secs.
67	— 53° 59' N. 1° 32' W.	16	536	3	17.27.0	2	SE.	1	Very faint, short deep dull sound.
68	Wroxall Spa 50° 37' N. 1° 14' W.	1	539	1	17.1.0	1	E.	2	Short vibrating sound.
69	North- allerton 54° 20' N. 1° 26' W.	5	542	3	17.17.30	2	E. by N.	2	Slight rumbling like thunder.
70	Lyndhurst 50° 53' N. 1° 34' W.	3	549	2	17.48.0	2	—	2	Like distant blasting.
71	Rylstone Station 54° 1' N. 2° 1' W. 6 miles from Skipton, Yorks	23	567	3	17.19.0	2	E.	3	Low rumbling like thunder.
72	Plymouth 50° 23' N. 4° 9' W.	8	571	3	17.5.6	3	E.	2	Short distinct explosion not loud.
73	Altrincham 53° 23' N. 2° 21' W.	5	575	1	17.17.0	2	—	(7)	Loud clang on pianoforte wires.

No.	Place.	Height in Dm.	Distance in km.	Probable degree of reliability	Time G.M.T.	Reliability of time	Direction from which sound came.	Intensity of sound.	Character of sound or other remarks.
74	Salisbury (12 51° 4' N. miles W. of) 2° 4' W.	5	576	4	17.26.45 and 17.29.35	3	E.	2	Faint and distant crash like falling.
75	Wallasey, 53° 25' N. Cheshire 3° 3' W.	1	578	3	17.21.30	2	E.	1	Fainter sound.
76	Bolton le Moors Lan- 53° 35' N. 2° 26' W. cashire	39	582	3	17.19.30	2	NE. or E.	2	Low vibration.
77	Newcastle 54° 58' N. 1° 35' W.	2	587	3	17.19.0	2	—	3	Faint heavy thud of no duration.
78	Liverpool 53° 24' N. 2° 58' W.	8	615	3	17.38.15 and 17.40.0	3	—	—	Distinct rumbling sound.
79	Saltcoats 55° 38' N. 4° 48' W.	—	623	1	17.5.50	2	—	2	Like distant thunder rolling a few times.
80	Fleetwood 53° 55' N. 3° 0' W.	1	627	4	17.31.21	3	Vague	3	Two rumbles like thunder.
81	Highbridge, 51° 13' N. Somerset 2° 58' W.	1	631	4	17.27.0	2	—	1	Barely audible rumble lasting about 3 seconds.
82	Beal, North- 55° 41' N. umberland 1° 53' W.	2	635	1	17.18.0	2	—	3	Like a full blast of wind.
83	Rhuddlan, 53° 17' N. N. Wales 3° 29' W.	3	644	2	17.40.0	2	—	(7)	Window vibrated.
84	Guernsey 49° 27' N. 2° 33' W.	3	684	3	between 17.20 and 17.25	1	—	3	Distinctly audible 2 rumbles close together.
85	Backhaven 56° 10' N. (Tife) 3° 4' W.	3	710	3	17.46.0	2	—	2	Faint but clear sound. A crack followed by boom for 2 or 3 seconds.
								3 and 2	Like naval gun with another less loud 3 seconds later.

N ^o .	Place.	Height in Dm.	Distance in km.	Probable degree of reliability $\frac{4}{4-1}$.	Time G.M.T.	Reliability of time $\frac{4}{4-1}$.	Direction from which sound came.	Intensity of sound.	Character of sound or other remarks.
86	Holyhead 53° 19' N. 4° 39' W.	13	723	2	17.51.0	2	ESE.	3	Like roaring of surf for 1/2 min.
87	Renfrew 55° 52' N. 4° 24' W.	1	791	4	17.32.0	2	NW.	3	Fairly audible: Sound split up: 3 rumblings of 1 sec. duration interval half sec.

TABELLE V.

DEUTSCHLAND.

N ^o .	Ort.	Höhe in Dm.	Dis- tanz.	Wert des Beob- achters $\frac{4}{4-0}$.	Zeit.	Genauig- keit der Zeit $\frac{4}{4-1}$.	Stärke.	Rich- tung.	Charakter und Bemerkungen.
1	Edewecht 53° 8' 7° 59'	1	157	4	5.11.12	4	1.7	—	3 Detonationen.
2	Vechta 52° 44' 8° 17'	4	159	3	5.08	2	3	W.	Ein 2—3 Sekunden langer donner- grosser Knall mit 3 Maxima.
3	Diepholz 52° 34' 8° 20'	4	159	1	5.07	2	4	W.	2 Kanonenschüsse nach einigen Sekunden 5—6.
4	Lübbecke 52° 18' 8° 35'	8	176	—	5.12	2	3	W.	6 Schüsse, je 2 innerhalb 2 Sek. dann je 2 Sek. Pause.
5	Elsfleth 53° 14' 8° 27'	1	190	?	5.11. 9—24	2	3	WSW— WzS.	Dämpfer schwacher Schall, dann immer rascher folgend, schliesslich in ein leises Rollen über- gehende Schallläute; 11 m. 10 s. leises Zittern der Fenster.

N ^o .	Ort.	Höhe in Dm.	Dis- tanz.	Wert des Beob- achters 4-6.	Zeit.	Genauig- keit der Zeit 4-1.	Stärke.	Rich- tung.	Charakter und Bemerkungen.
6	Eisfleth	Turm	190	4	5.11.12	4	1 (7)	—	3 Detonationen.
7	Strück- hausen	0	190	4	5.12	—	—	SW.	5 starke Detonationen kanonen- schussartig (Rum bumm-bumm bumm).
8	Bossam	4	190	4	5.11	2	2	W.	Heller, leichter Donner zwei starke Stöße besonders hörbar, dann abklingend, im Ganzen 5-6 Sek. mehr oben aus der Luft als von der Erde.
9	Bremen	1	203	4	5.11.10	4	3	—	6 fach, Zwischenräume 1-2 Sek., in leisem Rollen endend. Aus horizontaler Richtung.
10	"	0	203	4	5.12	2	3	—	Verschiedene dumpfe Schläge, zusammen 4 Sek.
11	Sellstedt	0	222	3	5.14	2	4	—	4 dumpfe hintereinander rollende Töne wie Donner 1-1 1/2 Sek. auch innerhalb des Hauses beim verschlossenen Fenster gehört.
12	Nedden- Auerbergen	6	232	4	5.12. 30 + 3	3	4	WSW.	Rollen, dann dumpfer Schlag insgesamt 2 1/2 Sek. Auch ein Hund reagierte durch Kopfum- drehen.
13	Lindenberg	10	550	4	5.43+1	4	—	—	Drei Variometerauschläge.
14	"	10	550	4	5.44	2	2	WzN.	4 faches dumpfes Rollen im Freien.

TABELLE VI.

N ^o .	Endroit.	Hauteur Dm.	Dis- tance km.	Valeur de l'obser- vateur.	Heure.	Valeur de l'heure.	Inten- sité.	Direc- tion.	Nature du son et remarques.
1	Tobelhof (près Zürich)	65	586	—	5-33-34	3	1	—	Deux sons espacés d'une seconde (fort douteux).
2	Zürich	45	590	—	5-37-25 5-37-30	3	1	—	Deux sons isolés, très faibles (douteux).
3	Chaumont	113	601	—	5-42	—	1	—	Entendu très faiblement comme une détonation.
4	Ejolingues sur Lausanne	80	655	4	5-53-2	3	2	—	Coup sourd et bref.
5	Lausanne	55	659	4	5-49	—	—	—	Bruit venant de haut comme celui d'une fougasse, qui fuse vers le ciel.

TABELLE VII.

N ^o .	Ort.	Höhe in dm.	Dis- tanz km.	Wert des Beob- achters 4-0.	Zeit (W.E.).	Genauig- keit der Zeit 4-0.	Stärke.	Rich- tung.	Charakter der Schalles und Bemerkungen.
1	Nied	± 43	708	3	5-43	3	3	—	Dumpfer Schlag mit kurzem Nachklänge (bis 2 Sek.).
2	Linz- Postlingberg	54	741	2	5-18	0	2	—	Einmaliger dumpfer Schlag.
3	Leonding	± 35	744	1	5-58 1/2	0	2	—	Dumpfer Doppelschlag.
4	Linz- Römersberg	± 30	745	1	5-48 1/4	2	2	—	Idem.

TABELLE VII.

OESTERREICH.

N ^o .	Ort.	Höhe in Dm.	Dis- tanz km.	Wert des Beob- achters 4-o.	Zeit (W.F.).	Genauig- keit der Zeit 4-o.	Stärke.	Rich- tung.	Charakter der Schalles und Bemerkungen.
5	Linz- Freinberg	33	746	2	5-49	2	2	—	Einmaliger dumpfer Schlag.
6	Brand	± 54	748	3	5-47	3	3	—	Zirka 2 Sek. anhaltendes, fernes Dröhnen. Vollständige Ruhe in der Umgebung.
7	Fraun	37	748	2	5-46.15	2	2	—	Einmaliger dumpfer Ton.
8	Windfeld	42	754	2	5-48 1/2	2	3	—	Dreimaliger dumpfer Schlag.
9	Grafenschlag	78	781	3	5-25— 5-30	1	3	W.	Eine Explosion. Beobachtung ohne Vorkennnis des Versuches.
10	Matzeins- dorf	22	808	1	5-40	1	2	—	Schall von einigen Personen ge- hört.
11	Ober-Mar- kersdorf	± 28	811	3	Vor 6.—	1	4	NW.	Kurzer dumpfer Schall, wie im Kanonenschusse aus zirka 20 km Entfernung, nur nicht so stark.
12	Langenlois	± 25	813	3	5-43 a 5-44 b 5-46 c 5-51 d	2 — —	1 2 4	— — —	a.) Ganz leiser, schwacher, b.) dumpfer Knall. c.) Drei sehr leise, dumpfe Töne in Abständen von ungefähr je 3 Sek. d.) Ziemlich kräftiger Knall.
13	Ober-Holla- brunn	± 26	831	3	1. 5-52 a 5-57 b 5-58 c 6.02 d	2 — — —	4 3 5 2	WSW. — — —	a. Ein Doppelschuss, der erste weniger laut als der zweite. b. Einfacher Schuss. c. Starkes, tiefes, kurzes Donnern wie eine Salve von 6-8 Ge- schützen. d. Einfacher, dumpfer Schuss.

N ^o .	Ort.	Höhe in Dm.	Dis- tanz km.	Wert des Beob- achters 4-6.	Zeit (W.E.).	Genauig- keit der Zeit 4-6.	Stärke.	Rich- tung.	Charakter der Schalles und Bemerkungen.
					III 5-51 a 5-57 b	2 —	3 2	WSW. —	a. In zwei stärkeren Schallwellen. b. Eine Schallwelle schwach hör- bar.
				—	5-58 c	—	4	S.	c. Von grösserer Stärke in süd- licher Richtung, grollend aus grösserer Höhe, „so ganz eigen- tümlich“.
				—	6.03 d	—	1	WSW.	d. Am schwächsten hörbar.
				2	III 5-46 a	2	3	—	a. Leises Grollen 1 1/4—2 Sek. von oben, wie leeres, rollendes Fass auf bücklichem Boden.
				—	5-58 b	—	2	—	b. Wie a. nur viel schwächer. Beobachter war schon auf dem Heimwege, war überrascht.
14	Korneuburg	48° 19' 16° 20'	861	3	5-47.20	3	2	—	Ein, höchstens 2 Sek. langes Donnern, wie von sehr entfernten Sprengschüssen, nur bedeutend schwächer.
15	Kloster- neuburg	48° 19' 16° 20'	862	2	5-41	1	2	NW.	Ein wie in weiter Ferne abge- gebener Steinbruchschuss mit 2—3 Sek. langem Nachrollen.
16	Rax-Alpe	47° 45' 15° 42'	864	2	Einige min. vor 6.—	1	3	—	Ein leichtes Grollen, als wenn vom Dache der Jagdhütte Schnee herunter rutschte. Klang des Schalles wie „Erdstösse“.
17	Strebersdorf	48° 18' 16° 24'	868	3	5-45	2	3	—	Ferner, langgezogener Donner, deutlich wahrnehmbar.
18	Wien XVIII	48° 14' 16° 20'	868	3	5-45	2	2	N.	Schwacher, donnerähnlicher Schall. (Inmitten der Stadt.)

N ^o .	Ort.	Höhe in Dm.	Dis- tanz km.	Wert des Beob- achters 4-0.	Zeit (W.E.).	Genauig- keit der Zeit 4-0.	Stärke.	Rich- tung.	Charakter der Schalles und Bemerkungen.
19	Wien VII 48° 12' 16° 21'	± 20	871	3	5:27	1	2	—	Leises Rollen, wie von fernem Gewitter. Beobachter auf dem Dache inmitten der Stadt.
20	Wien X 48° 10' 16° 23'	± 21	875	2	5:46.47	2	2	—	Leises Rollen, wie von fernem Donner.
21	Deutsch Wagram 48° 18' 16° 34'	± 16	877	2	5:27	0	4	—	Geräusch, wie wenn jemand auf den Mittelrahmen des Fensters mit der Faust schlägt und zwar in 7—8 ziemlich starken Schlä- gen. Beobachter erfuhrt erst am 29. von der Explosion.
22	Pottendorf 47° 54' 16° 24'	22	894	3	5:43	2	1	—	Schwaches, donnerähnliches Rollen, 1 Sek. Dauer. Mittels Grammophontrichter auf freiem Dache. Für unbewaffnete Ohre nicht hörbar.
23	Fürstenfeld 47° 3' 16° 5'	28	738	3	5:45 ^a 8:— ^b	2	—	—	a. Nicht gehört. Eine Uhrschlag- feder tönt 57 Sek. lang, als Erdbeben aufgefasst. b. Ein zweiter Stoss.
24	Timelkam 48° 0' 13° 36'	46	730	3	6:45 ^a 6:40 ^b	—*)	3 3	NW.	a. Als dumpfer Schlag von Schul- kindern in verschiedenen Teil- len der Gemeinde gehört. b. Donnerähnlicher, längerer Schall.
25	Steyregg 48° 17' 14° 22'	26	745	2	6:45	—*)	3	—	Deutlich auffallendes Geräusch in der Luft, merkliche Wellen- bewegung.
26	Schladming 47° 23' 13° 41'	73	784	2	6:50	—*)	3	—	Deutlich als dumpfer Schlag ver- nehmbar. *) Laut-Anfrage ist ein Stundenfehler aus- geschlossen!

