

Schalles bestimmt geläugnet hatte, war schon von Zanotti in den Denkschriften der Akademie von Bologna¹ dieser Zuwachs aus den alten Beobachtungen (1706) von Hauksbee² geschlossen worden.

Bei unseren Versuchen am 21 und 22 Juni 1822 war es sehr auffallend, daß die vom Hügel von Montlhéry, auf dem ich mich mit Gay-Lussac und Bouvard befand, gethanen Schüsse alle und vollkommen in der Ebene von Villejuif gehört wurden, während daß die von Villejuif fast gar nicht auf den niedrigen Hügel gelangten. Von der großen Menge, in Zwischenräumen von fünf Minuten in Villejuif abgefeuerter Kanonenschüsse wurden am ersten Tage nur sieben correspondirend in beiden Stationen gehört und zur Messung benutzt; und doch wehte ein sehr schwacher Wind fast genau in der Richtung der Linie, welche die beiden Stationen verbindet, von Villejuif nach Montlhéry, d. i. von Nord-Nord-West nach Süd-Süd-Ost.

Am zweiten Tage, an dem die Feuchtigkeit zugenommen hatte, wurde von 12 zu Villejuif abgefeuerten Schüssen auch nur ein einziger auf dem Hügel gehört. Veränderte Ladung oder Veränderung des Elevations-Winkels des Rohres vermehrten keinesweges die Hörbarkeit und Fortpflanzung des Schalles. Was den Schallwellen auf einem Wege in der Richtung aus der Ebene nach dem Hügel hinderlich war und dagegen ihre ungeschwächte Fortpflanzung in derselben Richtung abwärts vom Hügel von Montlhéry in die Ebene begünstigte; ob die in Halmen stehenden Kornfelder, an deren Rand bei Villejuif das Geschütz

¹ De Bononiensi scientiarum et artium Instituto atque Academia Commentarii T. I. 1731 p. 179.

² Philos. Transact. Vol. XXIV. 1705 p. 1902.

aufgepflanzt war, die Wellen nahe bei ihrem Ursprung brachen: bleibt unentschieden. Es ist besonders zu bemerken, daß man gerade da nicht hörte, wo der von NW, d. i. von Villejuif, wehende Wind den Schall bringen sollte. »Nous ne chercherons pas à expliquer«, sagt Arago, »ces causes de la différence si remarquable d'intensité dans la propagation du son: parce que nous ne pourrions offrir que des conjectures dénuées de preuves.« Das Problem der Intensität (Stärke) des fortgepflanzten Schalles scheint noch verwickelter als das der Geschwindigkeit. „Alle Schüsse, die bei unseren Versuchen auf dem Hügel von Montlhéry abgefeuert wurden, waren von einem Donner (roulement semblable au tonnerre) begleitet, der 20 bis 25 Secunden dauerte. Kein donnerartiger Nachhall wurde in Villejuif bemerkt. Wenn zweimal der Nachhall in der Ebene statt fand, so war es, wenn an dem, vorher ganz heiteren Himmelsgewölbe sich plötzlich einige Wolken gebildet hatten —: eine Erscheinung (sagt Arago), welche die Erklärung begünstigen könnte, welche einige Physiker von dem im Gewitter auf den Blitz folgenden Rollen des Donners gegeben haben.“ Wasserdampf, der Luft beigemischt, kann nach Laplace's scharfsinniger Bemerkung, wenn die Feuchtigkeit dem Sättigungspunkte nahe ist, wie die Wärme, und zwar durch Entbindung derselben beim Niederschlagen und Tropfbarwerden des Dampfes, zur Vermehrung der Geschwindigkeit des Schalles beitragen.¹

¹ »La vapeur aqueuse, répandue dans l'air atmosphérique, étant plus légère que ce fluide, le rend moins dense; elle doit donc produire sur la vitesse du son un effet analogue à celui de la chaleur. Les ondulations de l'air, qui constituent le son, peuvent, lorsque l'hygromètre est très près du terme de l'humidité extrême, déterminer une précipitation de vapeur et

Die Erscheinungen, welche sowohl die Geschwindigkeit als die Intensität des Schalles in sehr dünnen Schichten der oberen Atmosphäre darbieten, sind ebenfalls wieder der Gegenstand schöner und sehr gründlicher Untersuchungen von Bravais und Martins geworden. Es ist ihnen geglückt, bei ihrer kühnen Besteigung des Gipfels des Montblanc und einem mehrtägigen Aufenthalte in dem Circus (Grand Plateau) dicht unter dem Gipfel Diapason-Versuche in Höhen von 4811 und 3930 Metern über dem Meere anzustellen. Schon La Condamine hatte aus den Entfernungen, in denen er und Don Jorge Juan Kanonenschüsse gehört, geschlossen, daß unter dem Aequator in Gebirgsebenen, welche drei- bis viertausend Meter hoch liegen, die Intensität des Schalles, nach der äußersten Grenze der Vernehmbarkeit gemessen, nur $\frac{2}{3}$ von der Intensität in der Ebene von Paris sei. Diese Erfahrungen stimmten keinesweges mit den alten Versuchen von Hauksbee¹ über Glockenschall in Recipienten, mit mehr oder weniger verdünnter Luft erfüllt, überein. Saussure und einige andere Besteiger des Montblanc haben die Meinung verbreitet, daß in den Lustregionen, die sie erreicht, schon bei sehr geringen Entfernungen die Rede des Menschen auf die auffallendste Weise geschwächt sei. Von dieser Schwächung haben wir, Bonpland, Carlos Montufar und ich, während eines dreijährigen Aufenthalts zwischen den Vulkanen von Popayan, Quito, Peru und Mexico nie etwas bemerkt: ob wir uns gleich so oft in viel größerer Höhe als

conséquemment un dégagement du calorique.« Laplace und Arago in der *Connaissance des tems* pour 1825 p. 370—372.

¹ Philos. Transact. Vol. XXIV. (1705) No. 297 p. 1902. Die ersten Versuche mit der Glocke wurden in Gresham College und auf einem Felde bei Islington gemacht.

der Gipfel des Montblanc, ja einige Male in siebzehn- und achtzehn-tausend Fuß Höhe befanden. Wir hörten einer des anderen Stimme in dem gewöhnlichen Gespräche, oder uns aus der Ferne zureufend, ganz wie am Meeresufer; aber freilich lebten wir vorher seit vielen Monaten auf Höhen von sieben- bis neuntausend Fuß. Ich wäre wohl geneigt der von Bravais geäußerten Vermuthung beizupflichten, daß bei den schnellen Reisen von Chamouni nach dem Gipfel des Montblanc oft das Gehörorgan und nicht die Intensität der Töne geschwächt ist.

Bravais und Martins haben auf dem Grand Plateau des Montblanc, nur 900^m unter dem höchsten Gipfel, in einem mit Schnee bedeckten Circus, bei ganz heiterem Himmel und ruhiger Luft (31 Aug. 1844; Bar. 477^{mm},88; Temper. — 3^o,5; Tension des Wasserdampfes 0^{mm},06) das Diapason tönen lassen. Die Grenze der Hörbarkeit (limite de l'audition) war dort eine Entfernung von 337^m, während früher Bravais und Lepileur in der Ebene bei dem Dorfe Saint-Chéron bei Tage 254^m, bei Nacht 379^m gefunden hatten. Auf dem Faulhorn, in einer Höhe von 2620^m (1. Oct. 1844; Bar. 558^{mm}; Temp. 7^o,2; Tension des Dampfes 5^{mm},62), fand sich die Grenze der Hörbarkeit sogar erst in einer Entfernung von 550^m. Diese Zahlen würden, wenn man sie auf die Temperatur von 0^o und den Druck von 760^{mm} reducirt, für die Ebene von St. Chéron bei Tage 268^m, bei Nacht 394^m; für das Faulhorn 650^m, für das Plateau des Montblanc 422^m geben. Was ist es, das der Hörbarkeit so viel weitere Grenzen setzt auf Höhen von sieben- und zwölf-tausend Fuß über dem Meere als in der Ebene? und wenn, wie Bravais¹ vermuthet, die Ursach der Erscheinung in der

¹ »En analysant les observations, on reconnoît qu'il y a dans

größeren Stille der hohen Bergluft, in der Abwesenheit alles zufälligen Geräusches, in der Schwäche oder vielmehr Abwesenheit aller Vegetation, in dem Mangel von thierischem Leben zu suchen sein soll; warum ist auf dem Plateau des Montblanc, das 5000 Fuß höher als das Faulhorn liegt, die Grenze der Hörbarkeit im Verhältniß von 3:2 geringer als auf jenem schweizer Gebirge? Der Schall scheint allerdings in derselben Höhe über dem Meere, besonders in der Ebene, stärker bei hohem als bei niedrigem Barometerstande; stärker bei kalter, heiterer, dunstfreier Luft; aber die neuen directen Versuche über die Grenze der Hörbarkeit auf hohen Bergen sind den früheren Aussprüchen der Physiker: daß die Dichtigkeit der Luft in dem Einfluß, den sie auf die Fortpflanzung des Schalles ausübt, mit ihrer Verminderung auch die Geschwindigkeit des Schalles vermindere und die Intensität derselben schwäche; sehr ungünstig. Wie übermäßig dagegen die Grenzen der Hörbarkeit erweitert und die Fortpflanzung des Schalles befördert werden, wenn eine Luftsäule in feste Wandungen eingeschlossen ist, lehren meine Erfahrungen in den

les hautes Montagnes des causes qui favorisent l'audition d'un son; elles compensent et au-delà la raréfaction de l'air. Des causes locales, telles que la configuration et la nature du sol, l'état hygrométrique de l'air, l'absence ou la présence des courants aériens, peuvent agir; mais toutes ces causes me paraissent secondaires à côté du profond silence qui règne dans ces hautes régions. On y entend des sons à une grande distance, quoique leur intensité soit beaucoup moindre que dans la plaine.«
Bravais im Annuaire météorologique de la France 1850 p. 225. Eine in der Natur herrschende Stille kann jedoch in den Wäldern der Tropenwelt gewiß nicht Ursach der in der Nacht zunehmenden Intensität des Schalles sein; vergl. meinen Aufsatz: das nächtliche Thierleben im Urwalde in den Ansichten der Natur 3te Ausg. Bd. I. S. 333—337.

Schächten und Strecken der Bergwerke und in tiefen Brunnen; oder, nach Biot's schönen Versuchen, in Röhren von 3000 Fuß Länge, durch welche Worte, so leise gesprochen, als wenn man ins Ohr flüstern wollte, ungeschwächt an das entgegengesetzte Ende gelangten.

Die Vergleichung der Schallversuche, welche La Condamine 1740 auf dem Hochlande von Quito und, vier Jahre später, nach seiner Reise auf dem Amazonenstrom in Cayenne anstellte, hatte den thätigen und scharfsinnigen Mann auf den Einfluß, welchen die erhöhte Temperatur auf die Fortpflanzungs-Geschwindigkeit des Schalles ausübt, aufmerksam gemacht. Er begnügt sich aber, in sein Reisejournal¹ die numerischen Resultate der Geschwindigkeit, ohne Angabe und Discussion der Thermometergrade, einzutragen. La Condamine und Bouguer² hatten in Quinche bei Dyambaro, nahe bei der Basis der berühmten Gradmessung, die Geschwindigkeit des Schalles 175 Toisen (341^m) in der Secunde gefunden: zwei Toisen größer als Cassini de Thury bei Paris.³ Die Temperatur wird von Cassini zu 5° bis 7° ½ angegeben; die, welche während der Versuche von Quinche in einer Höhe von acht- bis neuntausend Fuß mag geherrscht haben, ist nach Beobachtungen, die ich in der Umgegend angestellt, höchstens

¹ Mémoires de l'Acad. des Sciences, Année 1745 (Paris 1749) p. 488.

² La Condamine, Voyage à l'Équateur p. 98. Die Versuche, welche Godin in Pambamarca mit Don Jorge Juan machte (p. 36), hatten keinen Erfolg. Man konnte in einer Entfernung von 19000 Toisen die Kanonenschüsse nicht hören: wohl wegen Schallreflexe und Localverhältnisse des Gebirgslandes, nicht wegen Größe der Entfernung.

³ Cassini in den Mém. de l'Acad. des Sc., Année 1738 (Paris 1740) p. 141.

nur zwischen 10° und 12° anzunehmen. Die Entfernung des in Quito aufgestellten Geschüzes von Quinche betrug 10540 Toisen. In dem ebenen Theile der heißen Zone, in Cayenne, war die Länge des Schallweges von den Couron-Bergen herab volle 20230 Toisen. Die Geschwindigkeit des Schalles wurde 183 Toisen ($356^m,6$) gefunden: also in Vergleich mit dem Quinche eine Zunahme der Schall-Geschwindigkeit von 8 Toisen oder 15,6 Metern bei einer Luftwärme, die man nicht unter 23° oder 25° schätzen kann.

Die berühmten Polarreisen der englischen Seefahrer haben viele Gelegenheit dargeboten La Condamine's amerikanische und Bianconi's venetianische Versuche von 1740 (das Resultat der mit der Temperatur zunehmenden Geschwindigkeit des Schalles) zu bekräftigen. Cap. Parry fand auf der zweiten Expedition während seines Winter-Aufenthalts in Melville's Insel, durch freilich nur sehr mäßig lange Standlinien, bei $-2^{\circ},6$ Temp. (hunderttheil. Therm.) 338^m ; bei $-19^{\circ},4$ Temp. nur $328^m,8$; bei $-40^{\circ},5$ Temp. gar nur 314^m Geschwindigkeit.¹

Capitän Parry bemerkte auf seiner dritten Reise nach dem Nordpol, mit den Schiffen Hecla und Fury (1824 und 1825), wie bei heftiger Kälte über einer einformigen Eisfläche, die keine Luftströme ungleicher Dichtigkeit veranlaßt, der Schall sich in sehr großen Entfernungen auf eine außerordentliche Weise fortpflanzte. In Port Bowen hatte Lieut. Foster von seinem Observatorium aus einen Matrosen auf die entgegengesetzte Seite des Hafens

¹ Append. to Capt. Parry's Second Voyage for the Discovery of the North-West Passage 1821—1823 p. 239. Die Versuche wurden angestellt an der Küste von Igloodik westlich von Melville's Peninsula, und in Winter-Inland südöstlich davon, im Fox-Channel (1823).

geschickt, um ein Meridian-Signal aufzustellen. Da nun die wohlgemessene Entfernung 6696 engl. Fuß betrug, so stellte er, um diesem ersten Matrosen Befehle durch Zurufen zu erteilen, einen zweiten auf die Hälfte des Weges, damit dieser das Gesprochene wiederholte. Nach dem ersten Versuch fand sich, daß die Zwischenperson (der Wiederholer) völlig unnötig war. Cap. Foster konnte sich mit dem ersten Matrosen in 6696 engl. Fuß Entfernung bequem unterhalten. Die Kälte war 18° Fahr. ($-7^{\circ},5$ Cent.), der Luftdruck 30,14 engl. Zoll. Bei zunehmendem Luftdruck und zunehmender Kälte nahm in Port Bowen die Geschwindigkeit des Schalles auf merkwürdige Weise ab. Sie wurde¹ bei einem Barometerdruck von 30,118 engl. Zollen und $+33^{\circ},5$ Fahr. ($+0^{\circ},7$ C.) 1098 feet ($334^m,65$); bei 30,398 Zoll und $-38^{\circ},5$ Fahr. ($-39^{\circ},5$ C.) 1014 feet ($309^m,04$) gefunden. Nach der Analogie anderer Versuche ist hier der wirksamere Einfluß nicht der veränderte Luftdruck, sondern die Erniedrigung der Temperatur gewesen. Alleinige Veränderung des Luftdruckes ohne gleichzeitige Veränderung der Temperatur scheint kaum bemerkbar auf die Geschwindigkeit des Schalles zu wirken. Diese nahm auf Franklin's² merkwürdiger Reise in Kendall's Versuchen am Bärensee mit der zunehmenden Kälte dergestalt ab, daß sie bei $-2^{\circ} \frac{1}{2}$ Cent. $331^m,2$; bei -40° Cent. aber nur $313^m,9$ betrug: ganz die Versuche von Melville's Insel und Port Bowen bekräftigend.

¹ Parry, Journal of a Third Voyage for the discovery of a North-West Passage from the Atlantic to the Pacific, performed in the years 1824—1825, in H. M. ships Hecla and Fury; p. 58 und Appendix p. 86.

² John Franklin's Exped. to the shores of the Polar Sea in 1825—1827, App. IV p. 413.