

XIII. Ueber die Entstehung des Tones bei dem Brummkreisel; von Prof. Dr. Emsmann.

Ueber den *Brummkreisel* hat Hr. Sondhaufs ¹⁾ experimentelle Untersuchungen angestellt, die nichts zu wünschen übrig lassen. Wenn ich hier auf die angeführte Abhandlung zurückkomme, so geschieht dieß deshalb, weil es mir scheint, als ob Derselbe die Ansicht von C. Marx ²⁾ über die Entstehung des Tones bei diesem Spielzeuge mit Unrecht verwirft, und dafür die von F. Savart ³⁾ aufrecht zu erhalten sucht.

Nach C. Marx ist die Erklärung folgende: »Die durch den Umschwung in eine größere Centrifugalgeschwindigkeit versetzte und aus der Oeffnung hervordringende Luft stößt auf die äußere ruhende, wird von dieser zurückgetrieben und treibt diese zurück; so entsteht eine Folge von Oscillationen, welche der Luft in der Kugel sich mittheilt und sie zum Tönen bringt«. F. Savart sagt: »Es ist leicht, sich von dem Phänomene Rechenschaft zu geben, indem man bemerkt, daß die Hohlkugel, wenn man mit einem kleinen Windrohr oder auch mit dem Munde gegen den scharfen Rand ihrer Seitenöffnung bläst, denselben Ton angiebt, welchen sie bei der Rotation um ihre Axe hören läßt. Im ersten Fall wird ein Luftstrom gegen den Rand der Seitenöffnung getrieben, im anderen stößt der scharfe Rand der Seitenöffnung gegen die äußere Luft, was auf dasselbe hinausläuft, und obgleich das in der Hohlkugel enthaltene Fluidum durch die Rotationsbewegung mit fortgerissen wird, so vibriert es doch ebenso, wie wenn diese Bewegung nicht existierte. Man könnte daher nach dem für Pfeifen von ähnlicher Gestalt gültigen Gesetz, daß die Schwingungszahlen der linearen

1) Pogg. Ann. Bd. LXXXI, S. 235 u. 347.

2) Journ. für prakt. Chem. von Erdmann u. Marchand Bd. XXII, S. 133; a. a. O. S. 244.

3) *Annal. de chim. et de phys.* T. XLIX, p. 425; a. a. O. S. 244.

Dimensionen umgekehrt proportionirt sind, den Ton dieser Instrumente *a priori* bestimmen, wenn ihre Höhlung genau sphärisch wäre.«

Hr. Sondhaufs hat ganz Recht, wenn er die Entscheidung für die eine oder die andere Erklärung abhängig macht von der Erscheinung, daß der Brummkreisel zweimal tönt, nämlich anfangs, wo der Kreisel eine große Rotationsgeschwindigkeit besitzt, und dann nach einer Pause bei mäßiger Rotationsgeschwindigkeit nochmals etwas höher und schwächer. Da sich nun dasselbe auch beim Anblasen zeigt, so soll darin ein Argument gegen die Annahme liegen, daß die Centrifugalkraft den Ton erzeuge, weil es nicht einzusehen sey, wie die mit der Rotationsgeschwindigkeit abnehmende Kraft, welche nicht im Stande war, den schon schwingenden Luftkörper des Brummkreisels bei abnehmender Geschwindigkeit in Vibration zu erhalten, zuletzt noch einmal das Ansprechen des Tones veranlassen sollte. Trotz dieses Ausspruches bin ich der Ansicht, daß zur Erklärung des Tones eines Brummkreisels die Centrifugalkraft nicht zu umgehen ist. Hr. Sondhaufs selbst bietet hierzu das nöthige Material.

Nachdem derselbe darauf hingewiesen hat, daß die Ränder der Oeffnung nicht scharf zu seyn brauchen, wie Savart für wesentlich zu halten scheint, beharrt er dennoch bei der Erklärung, welche dieser aufgestellt hat, weil Brummkreisel mit abgerundeten Rändern der Seitenöffnung beim Anblasen auch noch tönen. Hierauf wird jedoch folgender Versuch angeführt. »Bohrt man in die Hohlkugel des Brummkreisels oben in die Drehungsaxe ein Loch, so spricht der Ton bei der Rotation nur dann noch gut an, wenn dieses Loch im Vergleiche zu der Seitenöffnung sehr klein ist. Schon wenn die in der Rotationsaxe gelegene Oeffnung, bei ihrer allmählichen Vergrößerung, dem Flächeninhalte nach den zehnten Theil der Seitenöffnung erreicht hat, so spricht der Ton nur kurze Zeit sehr schwach an und zwar nur bei geringer Drehungsgeschwindigkeit; macht man jene Oeffnung noch größer, so tönt der Brummkreisel während

des Rotirens nicht, spricht dagegen noch gut und leicht an, wenn man seine Oeffnung anbläst. Es findet hier also eine Verschiedenheit in dem Verhalten des Brummkreisels beim Rotiren und beim Anblasen statt«.

Dafs man sich hiernach veranlaßt sehen könnte, der von C. Marx aufgestellten Ansicht den Vorzug zu geben, erkennt Hr. Sondhaufs an; er entscheidet sich jedoch nicht für dieselbe, sondern giebt von dem Nichtansprechen der in der Axe angebohrten Brummkreisel bei der Rotation folgende Erklärung.

»Die in der Hohlkugel enthaltene Luft nimmt, in Folge der an den inneren Wänden stattfindenden Reibung, an der Rotation des Brummkreisels Theil, woran um so weniger zu zweifeln ist, da auch die äufsere Luft der Rotation folgt und bis auf die Entfernung von einigen Zollen an der Kreisbewegung Theil nimmt. Die mitrotirende Luft tritt daher *in Folge der Centrifugalkraft* zum Theil aus der Seitenöffnung des rotirenden Brummkreisels, so dafs in dessen Innern ein etwas luftverdünnter Raum entsteht, wenn nicht durch eine in der Drehungsaxe angebrachte Oeffnung fortwährend Luft von ausen zuströmen kann. Hat nun diese Oeffnung die ausreichende Gröfse, so dringt aus der Seitenöffnung des Kreisels ununterbrochen ein Luftstrom, welcher in der Richtung der Tangente auf die äufsere Luft stöfst und diese nicht blofs in raschere Rotation versetzt, sondern auch das Anblasen der bewegten Seitenöffnung verhindert. Ist dagegen die Axenöffnung verhältnißmäfsig klein, so ist der aus der Seitenöffnung hervortretende Luftstrom zu schwach, um den Gegendruck der äufseren langsamer kreisenden Luft zu überwinden und der Brummkreisel tönt noch, wenn auch weniger gut und anhaltend.«

Der Umstand, dafs solche Brummkreisel, die in Folge der Vergrößerung der Axenöffnung nur sehr schwach tönen, gerade bei geringerer Rotationsgeschwindigkeit ihren Ton noch hören lassen, soll ein Beleg für die aufgestellte Ansicht seyn, da die Centrifugalkraft mit dem Quadrate der Drehungsgeschwindigkeit wächst und deshalb der aus der Seitenöff-

nung des Brummkreisels hervortretende Luftstrom über den Widerstand der äufseren Luft bei gröfserer Rotationsgeschwindigkeit um so eher das Uebergewicht erlangen mufs.

Zunächst ist nicht recht in Uebereinstimmung zu bringen, wie Hr. Sondhaufs sich a. a. O. S. 245 und 247 dagegen aussprechen kann, dafs die Centrifugalkraft den Ton erzeuge, während er dieselbe S. 248 selbst zu Hülfe ruft. Halten wir diefs fest, dafs Hr. Sondhaufs ohne Centrifugalkraft nicht fertig werden kann, so hat derselbe doch im Grunde der Ansicht von C. Marx beigestimmt. Und diefs scheint uns auch die einzig richtige Ansicht zu seyn, ohne dafs damit jedoch behauptet seyn soll, dafs C. Marx die Phänomene, welche der Brummkreisel darbietet, wohl vollständig gekannt habe. Namentlich scheint Demselben das zweite Tönen bei geringer gewordener Rotationsgeschwindigkeit entgangen zu seyn. Das Princip, auf welchem die Erklärung von C. Marx beruht, ist aber jedenfalls das richtige; denn aus demselben erklärt sich nicht nur das zweimalige Tönen, sondern auch die zwischenliegende Pause.

Die in dem Brummkreisel enthaltene Luft nimmt an der Rotation des Kreisels Theil, wird in Folge der Centrifugalkraft gegen den Aequator des Kreisels gedrängt, strömt durch die Seitenöffnung in der Richtung der Tangente heraus, stöfst auf die äufsere, wird von dieser zurückgetrieben und treibt diese zurück, so entsteht eine Folge von Oscillationen, welche den Ton erzeugt, die bei der schnellen anfänglichen Rotation vernommen wird. Durch das Ausströmen der Luft aus der Seitenöffnung entsteht im Innern des Brummkreisels ein luftverdünnter Raum; nimmt die Rotationsgeschwindigkeit ab, so wird auch die Centrifugalkraft der eingeschlossenen Luft geringer, und zwar mit dem Quadrate der Rotationsgeschwindigkeit; der Kampf mit der äufseren Luft nimmt an Heftigkeit ab, es tritt eine Pause des Gleichgewichts ein, endlich gewinnt die äufsere Luft das Uebergewicht, der luftverdünnte Raum füllt sich wieder durch von aufsen eindringende Luft und so entsteht zum zweiten Male ein Ton. Der erste Ton hat also nach meiner Ansicht dem

Ausströmen der inneren Luft des Brummkreisels, der zweite dem Einströmen der äusseren Luft in denselben seine Entstehung zu danken und zwar erfolgt das Tönen in beiden Fällen nach dem Principe, wie es von C. Marx aufgestellt ist. Der Einfluss der Oeffnung in der Axe des Brummkreisels auf das Tönen ergibt sich hiernach, wie auch Hr. Sondhaufs angegeben und ausgeführt hat, von selbst, indem sich das Innere immer wieder mit Luft füllt und zwar in um so vollständigerem Maasse, je grösser die Oeffnung wird. Das Tönen eines Brummkreisels beim Anblasen, selbst eines in der Axe angebohrten, hat freilich mit der Centrifugalkraft nichts zu schaffen.

Schliesslich bemerke ich nur noch, dass mich die Beobachtung des zweimaligen Tönens eines Brummkreisels auf den hier vorliegenden Gegenstand aufmerksam machte, dass ich die Untersuchungen des Hrn. Sondhaufs in Folge hiervon näher ansah und, da mir hier eine Lücke vorzuliegen schien, meine Ansicht einer Vorlage in den Annalen nicht unwerth hielt.

XIV. *Ueber die Interferenz zweier Stimmgabeln; von C. A. Grüel, Mechaniker in Berlin.*

Wenn man eine angeschlagene Stimmgabel vor dem Ohr oder über einer abgestimmten Schallröhre um ihre Längsaxe dreht, so findet man bei jeder Umdrehung 4 Stellungen wo der Ton vollständig verschwindet. Hält man zwei nahe im Einklange stehende angeschlagene Gabeln über einer Schallröhre, so geschieht die Unterdrückung des Tones ebenfalls, aber periodisch, und das abwechselnde Anschwellen und Nachlassen desselben ist es, was mit dem Namen Schwebungen, Stöße, bezeichnet worden ist.

In beiden Fällen entsteht die Wirkung einer vollkommenen Interferenz durch das Zusammentreffen einer ver-