**XV. Schreiben an Hrn. Prof. G. Magnus
vom Prof. Buff.**

Das folgende Schreiben habe ich bereits Mitte Mai d. J. empfangen. Ich habe dasselbe indeß nicht so verstanden, daß ich es an die Redaction dieses Journals befördern sollte, sonst würde ich dies gleich damals zu thun nicht unterlassen haben.

Berlin d. 29. December 1856.

G. Magnus.

Gießen d. 11. Mai 1856.

— **M**it sehr großem Eifer habe ich Ihre letzten hydraulischen Untersuchungen studirt. Sie hatten für mich neben der so vollständigen Ausführung und Entwicklung ihres experimentellen Theils noch ein ganz besonderes Interesse aus dem Grunde, weil ich mich selbst früher mit diesem Gegenstande beschäftigt habe, wiewohl ich, einige Andeutungen in meinem Lehrbuche der Physik (S. 139) abgerechnet, nichts darüber bekannt gemacht habe. Diese Umstände mögen mir zur Entschuldigung dienen, daß ich mir erlaube, einem in diesen Dingen so erfahrenen Beobachter einige Bemerkungen vorzulegen, Erfahrungen betreffend, die Ihnen zwar keineswegs entgangen sind, auf welche Sie aber gleichwohl bei der Erklärung der Gestalt des Strahls nicht diejenige Rücksicht genommen haben, die sie, nach meiner Ansicht, zu verdienen scheinen. Ich ziele hierbei hauptsächlich auf die Thatsache, daß das aus Oeffnungen in dünner Wand strömende Wasser, auch bei wagerechtem Ausflusse, das Maximum seiner Geschwindigkeit erst außerhalb der Mündung erhält.

Wenn man Wasser durch eine Oeffnung ausströmen läßt, die genau kreisförmig in die dünne Wand eingeschnitten ist, so steht die Axe des Strahls winkelrecht auf der Fläche der Oeffnung. Strömt es aber durch zwei kreisförmige Oeffnungen nahe bei einander, so convergiren beide Strahlen und können sogar in einigem Abstände von der Wand zusammenstoßen. Schließt man die eine Oeffnung mit dem Finger, so stellt sich der aus der an-

dern hervorgehende Strahl sogleich wieder winkelrecht; dergestalt, daß man durch ein periodisches Schließen der einen Oeffnung ein sehr in die Augen fallendes Hin- und Herschwancken des freien Strahls herbeiführen kann. Der Grund dieser Erscheinung ist einleuchtend; er beruht auf der bereits im Innern des Behälters beginnenden Seitenbewegung. Zwischen den beiden Oeffnungen ist diese Seitenbewegung, nämlich die mit der Fläche der Oeffnung gleichlaufende Bewegung der Wassertheile, begreiflich verringert, so muß ein Uebergewicht des Seitendrucks von der entgegengesetzten Seite entstehen. Wird die Wandfläche zwischen beiden Oeffnungen ausgeschnitten, so fällt die Seitenbewegung von dieser Stelle her jetzt ganz aus; der Druck, welcher die beiden Randstrahlen gegen einander treibt, kann denkbarer Weise dadurch nur vermehrt werden. In ähnlicher Weise werden die Wassertheile ringsum von allen Punkten des Randes einer Oeffnung gegen das Innere des Strahls getrieben. So lange das Wasser noch nicht zum Ausflusse gekommen ist, findet diese Seitenbewegung, wie ich vermute, von allen Punkten des Randes mit gleicher Stärke statt. Außerhalb aber tritt eine Veränderung ein, sobald die Oeffnung nicht genau kreisförmig ist. Die Seitengeschwindigkeit an verschiedenen Punkten des Umfangs des Strahls wird dann ungleich, und zwar *in Folge des zusammengesetzten Einflusses der Capillarthätigkeit (Oberflächenspannung) und der außerhalb der Oeffnung eine kurze Strecke noch wachsenden Geschwindigkeit.*

Vermöge der Capillarität umgiebt sich der ausfließende Strahl mit einer dem flüssigen Inhalte genau sich anschließenden, elastischen Haut, die man gleichsam als einen Fortsatz der Behälterwand betrachten kann und deren Spannung sich überall mit dem von Innen wirkenden Druck ins Gleichgewicht zu setzen strebt.

Daß die Geschwindigkeit im Sinne des Ausflusses ihr Maximum erst vor dem Behälter erreicht, ist selbstverständlich, da der Strahl seinen Durchmesser vermindert.

Die flüssigen Theile, die sich zu einem gewissen Zeitpunkte im verjüngten Querschnitte des Strahls befinden, müssen nothwendig eine größere Geschwindigkeit angenommen haben, als dieselben Theilchen kurz vorher besaßen, da sie die Fläche der Oeffnung verließen. Während dieses Zeitabschnittes mußten sie also auch fortdauernd dem beschleunigenden Drucke des Wassers ausgesetzt geblieben seyn. Eine Bedingung, welcher nur eben dadurch genügt werden konnte, daß vermöge der durch die Capillarspannung beschleunigten Seitenbewegung die ausströmenden Theile in demselben Verhältnisse, als ihre Geschwindigkeit sich vermehrte, gegen die Axe des Strahls gepreßt wurden, so daß zwischen den aufeinander folgenden Schichten von ungleicher Geschwindigkeit gleichwohl keine Lücken entstehen konnten. Die Gestalt, welche der aus kreisrunden Oeffnungen fließende Strahl in der Nähe der Mündung annehmen muß, läßt sich nach diesen Bedingungen berechnen. Wirklich habe ich hiernach ein kurzes Mundstück construiren lassen, bei dem also der Einfluß der Capillarität an allen Punkten durch die Theile einer festen Wand ersetzt wurde. Die Ausflußmenge betrug unter verschiedenen Druckhöhen 98 Proc. der sogenannten theoretischen Ausflußmenge.

Die Capillarspannung, welche den Theilchen des ausfließenden Strahls eine beschleunigte Bewegung, winkelrecht gegen seine Axe einprägt, ist bei Strahlen von kreisförmigem Querschnitte an allen Punkten des Umfangs gleich. So ist es nicht bei eckigen und unregelmäßig gestalteten Ausmündungen. Bei allen diesen entspricht der stärkste Seitendruck immer denjenigen Theilen des Umfangs, welche die kleinsten Krümmungshalbmesser besitzen. Bei viereckigen Oeffnungen z. B. geht der stärkste Druck von den Ecken aus. Dieses Uebergewicht der Oberflächenspannung muß an den Stellen, an welchen es vorhanden ist, nothwendig eine Abplattung, aber, unter gewöhnlichen Umständen, eben so nothwendig an den Punkten des geringeren Drucks eine Anschwellung und somit einen rasch anwach-

senden Gegendruck zur Folge haben. Sehr starke Oscillationen können dadurch, wenigstens bei solchen Strahlen, deren Dimensionen nach verschiedenen Richtungen keine sehr grofse Verschiedenheit zeigen, wie bei quadratischen Strahlen, nicht zu Stande kommen. Der erwähnte Gegendruck durch Anschwellung fehlt, oder sein Eintreffen verspätet sich doch bei dem aus viereckigen Oeffnungen in *dünnere Wand* ausfliessenden Strahl, weil hier die Capillarhätigkeit nicht nur Oscillationen bis zur endlichen Herstellung des Gleichgewichts der Oberflächenspannung, sondern zugleich eine Zusammenziehung bewirkt. Meine Meinung ist, dafs die mit der Abplattung an den Ecken zusammengehende Bewegung ungehinderter stattfindet, weil die von den Ecken aus in das Innere des Strahls getriebenen Theilchen Platz finden, ohne sogleich eine Anschwellung an den Seiten des Vierecks bewirken zu müssen. Auf diese Weise wird eine einseitige Geschwindigkeitszunahme der gegen den Ausflufs winkelrechten Bewegung an allen Punkten stärkster Krümmung herbeigeführt.

In kurzer Zusammenstellung möchte die folgende Aufassung dem Vorgang am meisten entsprechen: Die eigenthümlichen Gestalten der Strahlen sind wesentlich Capillarphänomene, begünstigt oder modificirt durch die erst ausserhalb der Oeffnung zu ihrem gröfsten Werthe anwachsenden Ausflufs geschwindigkeit.

Ich wünsche diese Bemerkungen gerade durch Ihre freundliche Vermittelung dem Urtheile der Physiker übergeben zu können, weil ich dieselben als einen nicht ganz unwichtigen Zusatz zu der Erklärung Ihrer Versuche betrachte, als eine Art Ergänzung, durch welche der *Widerstand*, den Sie als eine der beiden Hauptursachen der Gestalt des Strahls bezeichnen, erst seine rechte Bedeutung erhält.