

IV. *Ueber Leidenfrost's Versuch; von G. W. Muncke.*

(Vorgelesen in der Gesellschaft für Naturwissenschaften und Heilkunde zu Heidelberg, am 10. Mai 1828.)

Vor mehr als funfzig Jahren wollte der bekannte Arzt und Professor in Duisburg, *Leidenfrost*, diejenige Erde genauer kennen lernen, welche, nach der damaligen Ansicht der Natur, als viertes Element aus dem Wasser durch Verdickung entstehen sollte, und tröpfelte daher eine große Menge desselben in einen heißen eisernen Löffel, um nach der Verdampfung des feineren Theils den gröberen erdigen zurückzubehalten. Zufällig beobachtete er hiebei, daß die Verdampfung des Wassers bei großer Hitze des Löffels langsamer erfolgte, und daß bei anfangendem Glühen des Metalls der Tropfen nach aufgehobener Adhäsion gegen die Oberfläche desselben sehr langsam verdampfend in der Vertiefung hin und her rollte *). Dieses paradoxe, vom Beobachter nicht erklärte, Phänomen erregte Aufmerksamkeit, und *Klaproth* wiederholte daher den Versuch in sofern mit größerer Genauigkeit, als er die Zeit maß, welche gleiche Tropfen bei zunehmender Hitze des Löffels zur vollständigen Verdampfung bedurften **). Ob die von diesem berühmten Naturforscher angegebenen Zahlenbestimmungen genau richtig sind, lasse ich auf sich beruhen, muß jedoch bezweifeln, daß die Zeiten des Verdampfens der Intensität des Glühens direct proportional sind. Seitdem wurden diese Versuche sehr häufig wiederholt, und als man die Zusammensetzung des Wassers aus zwei Gasar-

*) *Leidenfrost, de aquae com. nonnullis qualitatibus. Duisb. 1756. 4.* Eine seltene Dissertation.

**) *Allgem. Journ. der Chemie, VII. p. 646.*

ten kennen gelernt hatte, nahm man allgemein als Erklärungsgrund an, das Wasser werde in so großer Hitze nicht verdampft, sondern vielmehr zersetzt, indem das glühende Metall den Sauerstoff aufzunehmen disponirt werde, der Wasserstoff aber entweiche, und weil hiezu eine bedeutende Menge Wärme erforderlich sey, so gehe die Zerstörung des Wassers nur langsam vor sich. Genau genommen stand diese Erklärung mit den Resultaten der Beobachtungen nicht vollständig im Einklange; denn von demjenigen Punkte der Erhitzung des Metalles an, bei welchem die Zersetzung des Wassers anfang, mußte sie mit zunehmender Hitze rascher vor sich gehen, mithin die Zeit bis zur völligen Zerstörung der Tropfen kürzer werden, wie die Beobachtung nicht ergab. Bei der Vervielfältigung der Versuche fand man indess bald, daß das Phänomen sich nicht bloß bei der Anwendung eiserner oder kupferner Löffel zeigte, sondern in silbernen und platinen auf gleiche Weise erfolge, wonach also diese Erklärung von selbst über den Haufen fiel.

Unterdeß fand Rumford den großen Einfluß auf, welchen die Blänke der Oberfläche auf die Ableitung der Wärme ausübt, erklärte daher das Phänomen daraus, daß das blanke Metall dem Tropfen überhaupt nur wenige Wärme zuführe, und erwähnte zugleich, daß man aus demselben Grunde einen Wassertropfen an einem kleinen Hölzchen geraume Zeit ohne eintretende Verdampfung in eine Kerzenflamme halten könne *). Der letzte Versuch wollte mir nie gelingen, weil der Tropfen als kälterer Körper sogleich eine Menge Kohlenstoff in sich aufnimmt, und dadurch die Blänke seiner Oberfläche verliert. Hiervon abgesehen widerlegt sich Rumford's Erklärung von selbst. Wäre nämlich die Blänke der Oberfläche und dadurch bedingte verminderte Wärmeableitung die Ursache des Phänomens, warum tritt es nicht bei geringerer Hitze ein? Nimmt man aber einen

*) Gilb. Annalen der. Phys. XVII. p. 33.

möglichst polirten silbernen Löffel, erhitzt ihn bis wenig über den Siedepunkt des Wassers, und läßt einen Tropfen Wasser hineinfallen, so verdampft dieser mit Zischen augenblicklich. Wird dann aber der Löffel stärker erhitzt, so nimmt die Oberfläche desselben eine gelbröthliche, in's Braune übergehende, Farbe an, verliert bedeutend an Politur und Blänke, und dann erst erhält sich der hineingeworfene Tropfen eine bedeutend lange Zeit unzerstört. Ein anderer eben so leichter Versuch führt auf gleiche Weise zur vollständigen Widerlegung der aufgestellten Hypothese. Man darf nämlich nur einen silbernen Caffee-Löffel mit der innern Seite einige Augenblicke über eine Lichtflamme halten, dadurch seine Oberfläche mit einer dünnen Lage Ruß überziehen und dann erhitzen, so wird der Tropfen auf gleiche Weise nicht verdampft werden.

Später nahm man sehr allgemein an, bei hoher Temperatur werde im ersten Momente ein sehr elastischer Dampf gebildet, welcher die aus dem Metalle strömende Wärme aufnehme und zu seiner Bildung verwende, dessen Quantität aber nicht groß seyn könne, weil die latente Wärme des Dampfes so ausnehmend groß ($=640^{\circ}$ C. von 0° an gerechnet) sey. Der so gebildete elastische Dampf soll dann den Wassertropfen von der Fläche des Metalles zurückhalten, wodurch die Mittheilung der Wärme vermindert, und somit die Verdampfung verzögert werde, so daß mit zunehmender Temperatur der Tropfen langsamer schwinde, in sofern die mehr elastischen Dämpfe derselben in größerer Entfernung hielten. Als eine Unterstützung dieser Hypothese sollte dann Döbereiner wahrgenommen haben, daß der Tropfen allezeit sich in einem meßbaren Abstände von der Metallfläche befinde, außerdem in Gemäßheit des stets gebildeten und zugleich entweichenden Dampfes schnell rotire, wodurch er der Metallfläche anhaltend neue Punkte seiner Oberfläche darbiete, übrigens endlich sich bis zur Größe einer Wall-

nufs vermehren lasse, wobei sein Volumen verstatte ein Thermometer hineinzusenken, um sich durch directe Messung zu überzeugen, dafs seine Temperatur niemals die der Siedehitze erreiche.*).

Ich gestehe, dafs mir anfangs die Bestätigung dieses ausnehmend räthselhaften Phänomens durch die Versuche eines so berühmten Naturforschers großes Vergnügen erweckte, bei näherer Ueberlegung aber entstanden in mir bedeutende Zweifel, die ich nicht unbeachtet lassen wollte, weil jedes Phänomen doch nothwendig übereinstimmend mit bekannten und hinlänglich begründeten Naturgesetzen erklärt werden mufs. Folgendes sind die bedeutendsten unter diesen Bedenklichkeiten.

1) Warum heben die Dämpfe den Wassertropfen nicht dann, wenn derselbe die Siedehitze hat, und sie weniger von ihm aufgenommen werden, als später, wenn derselbe entschieden unter der Siedehitze erwärmt ist?

2) Ist es überhaupt denkbar, dafs Wasserdämpfe, auch ohne irgend einen Grund, zugegeben, dafs sie nicht nach der bis zur Siedehitze allgemein stattfindenden Regel durch den Tropfen in die Höhe steigen sollten, sich unter demselben so lange erhalten könnten, um ihn von der Metallfläche zurückzutreiben? Die in der Berührung mit einer siedendheissen Metallfläche gebildeten Dämpfe dringen nämlich so schnell durch das gleichfalls siedendheisse Wasser (welches doch nothwendig einen gröfseren Widerstand entgegen setzen müfste, als die umgebende Luft), dafs eine Berührung des Wassers und Metalles dadurch nicht aufgehoben wird, wie ist es erklärbar, dafs das Letztere dann stattfinden sollte, wenn die Dämpfe weit elastischer sind, und ungehindert über die Ober-

*) Schweigg. Journ. XXIX. p. 43. (Auch dies. Ann. Bd. 72. p. 211. und Bd. 87. p. 47. P.) Dafs manche in diesen Versuchen mehr, als der Beobachter selbst, gefunden haben, wird nachher erwähnt werden.

Oberfläche des Tropfens hingleitend entweichen können? Werden aber die dichteren und mehr elastischen Dämpfe so schnell und in so kurzer Zeitfolge gebildet, daß hiedurch eine Trennung des Tropfens von der Metallfläche bewirkt würde, so muß nothwendig der Tropfen durch diese Verdampfung schneller verzehrt werden, als unter der Siedehitze. Auf die Rotation (worüber später noch nähere Bestimmungen vorkommen werden), und die hiedurch der Metallfläche stets aufs Neue dargebotenen Punkte gebe ich gar nichts. Denn sobald man das unter der Siedehitze erwärmte Wasser umrührt, nimmt vielmehr die Stärke der Verdampfung zu, je schneller man rührt.

3) Wird nicht bloß die im ersten Einwurfe, sondern auch die im zweiten gerügte *petitio principii* zugegeben, so fehlt es dennoch der Erklärung an innerer Consequenz, und sie führt vielmehr zu Widersprüchen mit sich selbst, wie folgende Darstellung ergibt. Es wird angenommen, die heißere Metallfläche bilde elastischere Dämpfe, welche dann nicht mehr durch das Wasser des Tropfens dringen, sondern dieses in die Höhe heben, und so lange darunter verweilen sollen, daß dadurch eine langsamere Verdampfung bewirkt und der Tropfen in einiger Entfernung von der Metallfläche erhalten werde. So sehr dieses auch mit andern Erscheinungen und Gesetzen im Widerspruche ist, mag es doch einstweilen zugegeben werden. Dann aber wird durch diese Wirkungen der Tropfen selbst kälter, sinkt bedeutend unter die Siedehitze herab, bietet durch seine Rotation noch obendrein der heißen Metallfläche stets neue Punkte dar, letzteres befördert gegen alle Erwartung das Entweichen der unter dem Tropfen befindlichen, die Berührung der hindernden Dämpfe nicht, und noch außerdem werden aus der Masse des kälteren Wassers mehr und elastischere Dämpfe gebildet, als aus dem heißeren.

Sollte wirklich dieses alles, und noch ferner auch

der Umstand zugegeben werden, daß bei beträchtlich steigender Hitze der Tropfen kälter, die Dämpfe aber elastischer würden, und hienach die Verdampfung laugsamer vor sich gehe, so würde es fast besser seyn, beim Anfange der Erklärung im Voraus anzunehmen, es habe der in allen Phänomenen ihren Gesetzen so treuen Natur einmal gefallen, bei diesem specieller gerade die entgegengesetzten zu befolgen.

Meine erste Frage war nun die, ob sich der Tropfen wirklich in meßbarem Abstände von der Metallfläche befinde. Döbereiner sagt hierüber: »Ich sah deutlich, daß die Wasserkugel die glühende Metallfläche gar nicht berührt, sondern nur über derselben, so wie eine Glaslinse auf einer Glastafel, schwimmt und durch die ausstrahlende Wärme auf seiner Oberfläche zum Verdampfen gebracht, und dadurch in die rotirende Bewegung gesetzt wird. . . . Man wird bald bestimmt werden, das eigentliche Sieden des Wassers (und anderer Flüssigkeiten) als das Resultat einer gleichzeitigen Wirkung von Wärme und Adhäsion zu betrachten.« Hierin ist nicht behauptet, daß ein *meßbarer* Abstand zwischen Metallfläche und Wasserkugel sey, sondern bloß daß die Adhäsion aufgehoben werde, und da diese bekanntlich bloß in unmeßbarer Ferne von der Oberfläche wirkt, so läßt sich hienach kein meßbarer Abstand voraussetzen. Um mich indess factisch von der Sache zu überzeugen, legte ich eine als sogenannte Cohäsionsplatte ganz eben geschliffene Scheibe von Glockenspeise, 2,6 Z. im Durchmesser bei 2,3 Lin. Dicke haltend, auf einen Dreifuß möglichst horizontal, setzte eine starke Weingeistlampe darunter, und erhitze sie zwar nicht bis zum Glühen, aber doch bis zu derjenigen Temperatur, welche zum Gelingen des Versuches erfordert wird. So viele Mühe ich mir auch um die horizontale Lage der Scheibe gegeben hatte, so gelang es mir doch nur einigemale, einen Tropfen auf derselben so lange zu erhalten, als zum

Beobachten erfordert wurde, jedoch liefs sich dieses leicht bewerkstelligen, wenn ich denselben oben mit einer Glasröhre oder einem Holzspahne, einem Drahte u. s. w. berührte und somit festhielt. Die Ebene der Platte war so gelegt, dafs man über derselben weg nach einem offenen Fenster sehen konnte, und ich untersuchte daher, ob man zwischen ihr und dem Tropfen einen Lichtstreifen wahrzunehmen vermöge; allein dieses war durchaus nicht der Fall, und sie sind also einander mehr genähert, als dafs dieses stattfinden könnte.

Die nächste Untersuchung betraf die Rotation, indem ich zu wissen wünschte, wodurch diese veranlaßt werde, und ob sie als Bedingung des langsameren Verdampfens anzusehen sey. Dafs letzteres der Fall nicht seyn könne, dieses läfst sich eben so leicht als einfach nachweisen. Wenn man den Versuch mit einem gewöhnlichen blanken Caffee-Löffel über der Flamme eines Kerzenlichtes anstellt, und dabei also die Hitze nicht sehr steigert, sondern nur so weit, dafs der Tropfen nicht verdampft, die Metallfläche aber nur wenig gefärbt wird, ausserdem aber den Arm auf einer Unterlage festlegt; um den Löffel in völliger Ruhe zu erhalten, so nimmt man häufig wahr, dafs der Tropfen sich ohne alle Rotation in völliger Ruhe befindet, wie insbesondere dann sehr sichtbar wird, wenn sich in demselben ein kleines Luftbläschen gebildet hat. Unter welchen Umständen aber auch der Versuch angestellt wird, so ist es allezeit ein Leichtes, die Wasserkugel zum Stillstehen zu bringen, wenn man sie mit einem Stäbchen von beliebiger Substanz berührt. Dabei tritt dann der merkwürdige Umstand ein, dafs man das Stäbchen auf die Metallfläche stützen kann, ohne dafs die Erscheinung wesentlich dadurch abgeändert wird. Nimmt man hiezu etwa einen Nagel oder einen sonstigen zugespitzten Metallstab, oder auch einen nicht dicken, stumpf abgeschnittenen Draht, und stemmt diesen durch die Wasserkugel gegen die

Metallfläche, so mag wohl die Verdampfung der letzteren etwas schneller vor sich gehen, weil jener mit dem Wasser in unmittelbarer Berührung befindliche Körper selbst eine höhere Temperatur erhält, und durch Mittheilung derselben an das Wasser die Verdampfung des letzteren befördert, im Ganzen aber wird die Erscheinung hiedurch nicht abgeändert. Bedient man sich auf gleiche Weise eines Holzspahns oder eines kleinen Stäbchens von Holz, Elfenbein, Fischbein u. s. w., so scheint die Verdampfung insbesondere dann schneller von Statuten zu gehen, wenn der Körper sehr locker ist, z. B. bei einem Stäbchen von weichem tannenen Holze, spanischem Rohre u. s. w. Es muß hiebei sehr auffallend scheinen, daß das Wasser nicht in den haarröhrchenartigen Raum dringt, welcher sich zwischen dem Körper und der Metallfläche bildet, und somit schneller verdampft wird.

Daß also die Rotation der Wasserkugel überall keine Bedingung der langsamen Verdampfung sey, ist hienach völlig erwiesen, schwerer aber ist es, die Ursache der in manchen Fällen sehr starken und anhaltenden Rotation aufzufinden; inzwischen ist mir auch diese insbesondere bei den später zu erwähnenden Versuchen völlig klar geworden. In den wenigsten Fällen ist nämlich die Metallfläche absolut gleich, vielmehr giebt es meistens auf ihr einige rauhere Punkte, welche entweder weniger polirt oder mit etwas Schmutz, Oxyd u. s. w. bedeckt sind. Diese strahlen dann entweder mehr Wärme aus, oder die Adhäsion des Wassers zu ihnen wird weniger aufgehoben; vielleicht wirken auch beide Ursachen gemeinschaftlich, es entsteht eine stärkere partielle Verdampfung, und aus allen diesen Ursachen entsteht übereinstimmend mit den so oft vorkommenden Bewegungen frei schwebender oder leicht beweglicher Körper die auch bei diesen Versuchen gewöhnliche, mehr oder minder starke Rotation.

Unter den verschiedenen Versuchen, welche ich in der Absicht anstellte, die eigentliche Ursache des räthselhaften Phänomens zu ergründen, scheint mir noch folgender einer besonderen Erwähnung werth zu seyn. Dafs man die Erscheinung auch an verdünnten Säuren, Alkohol, ätherischen Oelen u. s. w., auch am Quecksilber wahrnehme, hat Döbereiner bereits beobachtet, und es schien mir daher nicht unwichtig, das Verhalten des Fettes in dieser Hinsicht zu untersuchen. Zu diesem Ende erhitze ich einen Caffee-Löffel über einem Kerzenlichte stark, und liefs dann einen Tropfen Oel oder ein Stückchen Unschlitt hineinfallen, allein beides wurde unter starkem Rauche verzehrt, ohne sich zu einer Kugel zu formiren. Dann brachte ich in den heifsen Löffel, nachdem er wieder völlig gereinigt war, eine Wasserkugel, und liefs, nachdem diese die gewöhnlichen Erscheinungen darbot, einen Tropfen Oel so herablaufen, dafs er sich der Wasserkugel langsam näherte. Zuweilen gelang es, dafs beide Flüssigkeiten einige Secunden neben einander anscheinend sich berührend lagen, ohne dafs die Wasserkugel sich veränderte, in der Regel aber war eine mit Geprassel verbundene augenblickliche Verdampfung die Folge der wirklichen Berührung.

Als Resultat dieser sämmtlichen Versuche geht so viel unverkennbar hervor, dafs die oben aus triftigen Gründen in Zweifel gezogene Erklärungsart des Phänomens mit der Erfahrung auf keine Weise übereinstimmt, aber leider geben dieselben keineswegs eine genügende Erklärung desselben; denn was Döbereiner darüber gesagt hat, dafs nämlich die nicht mehr dem Metalle adhärirenden Wasserkugeln weit langsamer verdampfen, ist zwar Thatsache, aber keine Erklärung, weil diese zugleich den Grund angeben müfste, warum die Adhäsion aufgehoben, und hiedurch zugleich die Dampfbildung vermindert wird. Schätzbar ist dagegen derjenige Beitrag, welchen dieser Gelehrte zur vollständigen Kenntnifs des

Phänomens geliefert hat, vermöge dessen an eine Zerlegung des Wassers in seine Bestandtheile nicht zu denken ist. Döbereiner hielt nämlich einen hohlen, oben verschlossenen, kupfernen Cylindcr über die Wasserkugel, verschloß diesen beim Wegnehmen mit einem Ventile, öffnete dieses unter Wasser, und fand, daß letzteres fast den ganzen Raum desselben ausfüllte, mit Ausnahme eines kleinen noch zurückgebliebenen Anthcils atmosphärischer Luft.

Für mich war also, wie ich offen bekenne, weder aus eigenen noch aus fremden Versuchen das Phänomen genügend erklärt, als eine höchst merkwürdige, durch Perkins beobachtete, Erscheinung an dasselbe geknüpft wurde. Perkins hörte einst einen durch den Generator seiner Dampfmaschine mit sehr hohem Drucke verursachten heftigen Knall, welcher sowohl ihn selbst als auch andere Umstehende auf die Vermuthung brachte, daß derselbe geborsten seyn müsse. Um so räthselhafter war ihnen aber, daß die Maschine dennoch ununterbrochen arbeitete. Als sie daher das Feuer allmählig verminderten und somit der Generator mehr abgekühlt wurde, strömte der Dampf mit entsetzlichem, selbst in der Nachbarschaft Aufsehen erregendem Getöse in's Feuer, und nach Eröffnung des Heitz-Raumes fand sich am Generator unten in der ganzen Breite ein weit offenstehender Rifs. Um zu wissen, warum der Dampf erst nach einiger Abkühlung aus dem Risse geströmt sey, wurde der Heitzraum wieder hergestellt, der Generator zur Glühhitze gebracht, dann Wasser hineingepumpt, und die Maschine fing auf's Neue an zu arbeiten, als ob der Generator unversehrt sey, bis nach abermaliger Abkühlung die frühere Erscheinung wieder erfolgte. Einige Freunde von Perkins meinten, der Rifs ziehe sich durch den Einfluß der starken Hitze zusammen, und um auch hierüber Gewißheit zu erhalten, ließ er unten in einen gesunden Generator ein Loch bohren, in dieses ein eiser-

nes Rohr mit einer $\frac{1}{3}$ Zoll weiten Oeffnung schrauben, dessen anderes Ende mit einem Hahn verschlossen war, erhitzte den Apparat wie gewöhnlich, bis die Maschine gehörig arbeitete, öffnete dann den Hahn des Rohrs, aus welchem aber weder Wasser noch Dampf entwich. Perkins setzt also diese Erscheinung mit dem bekannten Leidenfrost'schen Versuche in Verbindung, und meint, übereinstimmend mit der oben bestrittenen Hypothese, das Wasser komme gar nicht mit der Oberfläche des so stark erhitzen Metalles in Berührung, sondern stehe bei dieser Temperatur um $\frac{1}{16}$ Zoll davon ab, denn so viel beträgt der halbe Durchmesser der Oeffnung, bis wohin sich von beiden Rändern derselben die Wirkung erstrecken mußte, wenn kein Wasser und Dampf durch dieselbe entweichen sollte *).

Es läßt sich mit Grund erwarten, daß die Physiker, ohnehin schon geneigt, den räthselhaften Versuch auf die oben angegebene Weise zu erklären, in dem mitgetheilten merkwürdigen Phänomene einen vollständigen Beweis der Hypothese finden werden. Mir selbst erschien anfangs die Sache so evident erwiesen, daß ich als gewiß voraussetzte, der bei bloß über den Siedepunkt erhitztem Metalle noch nicht meßbare Abstand des Tropfens wachse bei zunehmender Temperatur so stark, daß er bei glühendem die als das Minimum von Perkins angegebene GröÙe erreiche. Daher hielt ich es anfangs kaum für der Mühe werth, die Sache noch weiter durch Versuche zu prüfen, bis die Vorstellung der oben mitgetheilten Zweifel in mir lebendiger wurde, und der Wunsch, daß ein so sehr in das Wesen und die Wirkungsart der Wärme eingreifendes Phänomen mehrseitig untersucht werden mögte, mich zu einer neuen Reihe von Versuchen trieb, bei denen der Dr. phil. Arneth

*) Das in vielen Zeitschriften mitgetheilte Phänomen entlehne ich aus *Ann. chim. et phys.* XXVII p. 435. Später fand ich dasselbe beschrieben in Poggendorff's *Ann.* XII. p. 316.

und der Forst-Candidat König stets gegenwärtig waren, mein College, der Geh. Hofrath L. Gmelin aber als Zeuge der wichtigsten Erscheinungen herzuggerufen wurde. Ueber das Factische der Beobachtungen war unter uns vierten keine abweichende Ansicht vorhanden.

1) Zuerst wurde eine auf einer Seite ganz eben geschliffene runde eiserne Platte, 2,4 Lin. dick 3 Zoll im Durchmesser haltend, in einer großen Kohlenpfanne genau horizontal liegend glühend gemacht. Der Grad des Glühens erreichte nicht völlig das Hellrothe, überstieg jedoch etwas wenig das Kirschrothe, und wenn er am schwächsten war, das Dunkelrothe. Während die Platte auf den stark angefachten Kohlen ruhte und zur Erhaltung des erforderlichen Hitzegrades mit solchen umgeben war, wurden aus dem Stiele einer irdenen Pfeife Wassertropfen darauf gebracht, deren Gröfse von der einer kleinen Erbse bis zu der einer großen Haselnufs verschieden war. Nur von den kleinsten blieb zuweilen eine darauf liegen, die größeren aber mußten mit einer Glasstange berührt werden, um sie am Herabgleiten zu hindern. Die strahlende Hitze des Eisens und der Kohlen war so groß, daß man das Wasser schnell aus dem Pfeifenrohre herauslaufen lassen mußte, weil es sonst in demselben anfang zu sieden und mit Gewalt ausgeschleudert wurde. Die größeren Wasserkugeln nahmen eine abgeplattete Gestalt an, wie diese aus ihrem Gewichte folgte, *keine derselben aber war so weit von der Metallfläche getrennt, daß ein Lichtstreifen zwischen beiden gesehen werden konnte.* Die Zeit ihrer Verdampfung war ohne genaue Messung bedeutend kürzer, als wenn sie in einem silbernen Löffel über einer Lichtflamme gehalten wären; ein Verdampfen durch Sieden war jedoch keineswegs vorhanden.

2) Statt der eisernen Platte wurde eine messingene von 2 Lin. Dicke und 2 Zoll Durchmesser genommen, auf gleiche Weise erhitzt, und bei dieser gelang es uns,

die hellrothe Glühhitze einigemale vollständig hervorzu-
bringen, weil sie kleiner war, als die eiserne. Die Re-
sultate waren indeß ganz dieselben; die Tropfen wurden
mehr abgeplattet, wenn sie größer waren, hatten eine
Tendenz zum Rotiren, welche indeß durch das Festhal-
ten mit der Glasstange aufgehoben wurde, und einen
Lichtstreifen zwischen ihnen und der Metallplatte wahr-
zunehmen war unmöglich, vielmehr ruheten sie auf der-
selben in dem Sinne, wie man auch von einem Queck-
silbertropfen auf einer Glasplatte dieses sagen würde.
Nur einmal bei einem Tropfen von der Größe einer
großen Erbse nahmen zwei Beobachter einen feinen, zwi-
schen ihm und der Oberfläche des Messings durchschim-
mernden Lichtstreifen wahr, welcher die Dicke von 0,05
Linie haben mochte, und da ich selbst einer der Beob-
achter war, so bin ich gewiß überzeugt, daß hiebei keine
Täuschung stattfand, allein da die Versuche auch noch
nachher bei gleicher und größerer Hitze der Platte viel-
mal wiederholt wurden, ohne daß sich die nämliche Er-
scheinung abermals darbot, so ist es einleuchtend, daß
der Tropfen an der etwas zu hoch gehaltenen Glasstange
geschwebt haben muß, denn auf diese Weise konnten
wir auch später mit eben solchen Tropfen nach Belieben
die Trennung wieder hervorbringen. Wurde die Glas-
röhre durch die Wasserkugel bis zur Berührung des Me-
talles gebracht, so erfolgte die Zerstörung des Wassers
schneller; ein Holzstäbchen konnte aber nicht hiezu an-
gewandt werden, weil sogleich Verkohlung desselben und
damit verbundene schnelle Verdampfung des Wassers
eintrat, ein Metalldraht aber wurde durch die Strahlung
des heftigen Feuers alsobald so heiß, daß er das be-
rührte Wasser augenblicklich verdampfte.

3) Aus einem Viertel französischen Laubthaler, des-
sen Gepräge fast gänzlich weggerieben war, wurde durch
Klopfen auf einen kleinen Amboss eine oben möglichst
ebene Scheibe hergestellt, diese kleinere Metallmasse bis

nahe zur Weißglühhitze gebracht, und mit dieser die Versuche wiederholt. Auch hiebei zeigte sich kein Abstand der Tropfen von der Metallfläche, diese mochte bloß dunkelroth oder stark hellrothglühend seyn, auch war die Zeit der Verdampfung bei größerer Hitze eher kürzer als länger, ohne daß dieses jedoch durch genaue Messung bestimmt wurde.

4) Dieselbe Scheibe wurde durch Klopfen in eine wenig vertiefte Schüssel verwandelt, und wieder erhitzt. Die hineingebrachten Wasserkugeln rotirten, weil es unnöthig war, sie mit der Glasstange zu halten, mehr oder minder stark, boten aber sonst nichts Ausgezeichnetes dar. Es wurden darauf zwei kleine Stecknadeln in Enden von 1,5 bis 2,5 Lin. Länge zerschnitten, und nebst den Knöpfen derselben in das Schüsselchen geworfen, dann nach hergestellter Glühhitze abermals Wassertropfen hineingebracht. Es zeigte sich sehr sichtbar, wie dieselben durch die Spitzen der unordentlich über einander liegenden Drahtenden angezogen, und durch diese schneller verdampft wurden, wobei diese Enden etwas von ihrer Hitze verloren, meistens aber nicht unter die am Tage noch sichtbare dunkle Glühhitze herabgingen. Die völlige Verdampfung erfolgte in weniger als dem vierten Theile der Zeit, als ohne die im Schälchen liegenden Drahtenden. Zufällig zeigte sich bei diesen Versuchen auch der Grund der Rotation. An dem einen Knopfe der Stecknadel befand sich nämlich ein kleines Stückchen Blei, Zinn oder Schnellloth, welches in der Hitze sogleich schmolz, sich mit dem Silber verband, und einen dunklen Flecken erzeugte. Durch diesen wurde der Tropfen stärker angezogen, als durch die übrige Fläche, und man konnte deutlich wahrnehmen, wie hieraus die Drehung entsprang, noch auffallender wurde dieses durch nachherige Beobachtungen.

5) In nächster Beziehung auf die Versuche von Perkins durchbohrte ich die silberne Scheibe in der Mitte

mit einem Löffelchen von 0,5 Lin., und erhitze dieselbe in der Kohlenpfanne ganz auf die frühere Weise. Die hineingebrachten Wasserkugeln wurden sehr auffallend durch die Ränder des Löffelchens angezogen, und hiedurch, vielleicht auch durch die in dem Löffelchen existirende aufwärts gehende Bewegung der Luft in heftige Wallung versetzt. Dafs ein Theil des Wassers durch das Löffelchen gefallen sey, konnte von uns nicht sicher beobachtet werden, weil es blofs gleich anfangs beim Hineinbringen oder am Ende von den kleinsten rückbleibenden Resten geschehen seyn müfste; denn während die Tropfen in dem Schälchen sich bewegten und allmählig verdampften, flofs entschieden nichts durch das Löffelchen. Inzwischen erweiterte ich dasselbe, bis es genau 0,8 Lin. oder $\frac{1}{15}$ Par. Zoll im Durchmesser hielt, stellte die Versuche wie vorher an, und nun war es ganz entschieden, dafs auch bei stark hellrother Glühhitze Tropfen vom doppelten Durchmesser durch das Löffelchen fielen. Grofse Tropfen vom zehn- und mehrfachen Durchmesser der Oefnung erhielten sich allerdings sehr lange in der Vertiefung, und zeigten dann die schon oben angeführten ausnehmend starken Wallungen, so wie sie kleiner wurden fielen sie, zuweilen sogar theilweise, durch das Löffelchen: *kurz dafs ein Löffelchen in einer glühenden Silberplatte von $\frac{1}{15}$ Z. Durchmesser auch ohne mechanischen Druck das Wasser durchlaufen lasse, dieses ist einmal factisch begründet, und über allen Zweifel ausgemacht.*

6) Dieses Resultat steht mit dem durch Perkins gefundenen im Widerspruche, vorausgesetzt, dafs die Wirkung einer dünnen Silberplatte derjenigen einer mehrere Zolle dicken eisernen Wandung gleich ist. Obgleich die bisher untersuchte Wirkung auf das Wasser ohne Zweifel von der Oberfläche des Metalles ausgeht, und nach allen bisherigen Erfahrungen die Art des letzteren keinen Unterschied macht, so wollte ich dennoch in meiner Ver-

suchsreihe der durch Perkins gemachten Beobachtung so nahe kommen, wie möglich. Zu diesem Ende liefs ich mir eine Eisenplatte von 2,5 Z. Seite quadratisch und 11 Lin. Dicke verfertigen, welche oben eine kugelsegmentförmige, 1,3 Lin. tiefe und 1,2 Z. Chorde haltende Vertiefung hatte, und in der Mitte ein durchgehendes Loch von 0,8 Lin. Durchmesser. Diese wurde in einer Esse bei starkem Gebläse bis zur hellrothen Glühhitze gebracht, über den glühenden Kohlen möglichst horizontal gelegt, und dann liefs ich Wasser aus einer irdenen Pfeife in die Vertiefung laufen. Die Beobachtung war wegen der ausnehmenden Hitze schwierig, selbst wenn man das Gesicht mit einem Bogen Pappe schützte. Indefs leidet es keinen Zweifel, dafs im Anfange des Hineinschüttens des Wassers ein Theil desselben in Folge des Herabfallens, und späterhin auch kleine Tropfen durch das Loch drangen. Diese Thatsache, welche sich ungleich leichter als der Versuch von Perkins wiederholt beobachten läfst, ist um so gewisser, weil kein anderweitiger bedingender Umstand dabei von Einfluß seyn kann, und obgleich daher das Factische in der oben mitgetheilten Erzählung nicht wohl in Zweifel zu ziehen ist, so kann doch die zugleich gegebene Erklärung unmöglich statt finden. Am wenigsten scheint es mir möglich gegen die von mir angestellten Versuche eine Einwendung aus der nicht genügenden Hitze herzunehmen, da es fast unmöglich ist, dafs das Metall im Innern des Generators stärker geglühet haben sollte, als die von mir angewandten Platten. Ich hatte indels die Absicht, das genannte Stück Eisen bis zur vollständigen Weissglühhitze zu bringen, um auch von dieser Seite jede Einwendung gegen die genaue Uebereinstimmung dieser Versuche mit denen von Perkins zu beseitigen. Zu diesem Ende wurde das noch glühende Metallstück an einen stark ziehenden Ort der Esse gelegt, und das Feuer angeblasen; allein weil ich auf einen Augenblick abgerufen wurde, und bei der Rück-

kehr nicht so schnell eine Zange zur Hand hatte, um dasselbe sogleich aus dem Feuer zu reißen, ehe noch der ganz gefüllte Blasebalg sich entleerte, verbrannte die Oberfläche und wurde bis zu einer beträchtlichen Tiefe in Eisenoxydul verwandelt, dessen sehr rauhe Oberfläche im Zustande der stärksten Weissglühhitze das Wasser auf gleiche Weise schnell verdampfen machte, als wenn dasselbe auf glühende Kohlen gegossen wäre. Obgleich also dieser letztere Versuch nur ein mißlungener ist, so beweiset er dennoch evident, daß die stärkste Weissglühhitze dann von nicht genügendem oder gar keinem Einflusse zur Hervorbringung des untersuchten Phänomens ist, wenn die Rauheit der Oberfläche einen gewissen Grad überschritten hat, und nicht mehr regulinisch metallisch ist.

Als Resultate der mitgetheilten Untersuchungen lassen sich folgende aufstellen.

1) Auch ohne einen mechanischen Druck, außer dem durch das bloße Gewicht gegebenen, erhebt sich das auf heißes Metall gegossene Wasser, wenn die Temperatur des ersteren mindestens 110° C. nach Schätzung übersteigt, bis zur hellen Rothglühhitze bei Tage, zu keinem, auch nicht dem kleinsten meßbaren Abstände von der Oberfläche des Metalles.

2) Sobald die Hitze des Metalles den erforderlichen Grad erreicht hat, wird hiedurch die *Adhäsion* seiner Oberfläche mit dem Wasser aufgehoben, wie sich als Thatsache deutlich aus der Form der darauf ruhenden Wassertropfen zeigt, und die Adhäsion findet um so viel weniger statt, je ebener und bläcker jene Oberfläche ist.

3) In dieser Aufhebung der Adhäsion liegt der Grund des Leidenfrost'schen Versuches, wie Döbereiner schon richtig angenommen hat, und dieser wird dann den Naturgesetzen gemäß ganz einfach auf folgende Weise erklärt. Das Wasser ist zwar kein absoluter Nichtleiter der Wärme, wie Rumford behauptet hat, aber doch

ein sehr schlechter. Ist dasselbe daher in der bekannten Gestalt runder Tropfen aufser eigentlicher Adhäsionsberührung mit dem Metalle, so geht nur die aus dem letzteren ausstrahlende Wärme an dasselbe über, deren Menge so viel geringer seyn muß, je bläcker die Metallfläche bleibt, und die Oberfläche des Wassertropfens an sich ist. Befindet sich dann gleich weder eine Luft- noch eine Dampf-Schicht von meßbarer Dicke zwischen dem Tropfen und der Metallfläche, wie daraus hervorgeht, daß man nicht zwischen durchsehen kann, so steigt doch die den Tropfen umgebende heißere Luft stets in die Höhe, wird durch neu herzuströmende ersetzt und entzieht hiedurch eine Menge der ausgestrahlten Wärme, welche dann auf den Tropfen nicht weiter wirken kann. In dem letzteren können indels diejenigen Strömungen nicht entstehen, welche im heißen Wasser stattfinden, in welchem die durch die erhitzte Metallfläche erwärmten Theile in die Höhe steigen und den gebildeten Dampf an die berührende Luftschichte abgeben; denn da nach den Gesetzen der Anziehung alle Theilchen des Tropfens im Gleichgewichte sind, so würde letzteres durch das Aufsteigen der unteren Partikeln aufgehoben werden, und dieses ist schwer, weil es eine Veränderung des Orts aller Theilchen des Tropfens zur Herstellung des Gleichgewichts voraussetzt. Wäre daher der Tropfen absolut kugelrund, und nicht durch sein Gewicht etwas abgeplattet, so würde seine Berührung mit der ebenen Metallfläche, in soweit Berührung zwischen Körpern stattfindet, welche keine Adhäsion gegen einander zeigen, nur in einem geometrischen Punkte stattfinden, und bloß in diesem die Wärme ohne nachweisbares Zwischenmittel von der Oberfläche des Metalles unmittelbar in den Tropfen übergehen, in allen übrigen Punkten dagegen theilt sich die strahlende Wärme zuerst der Luft, und von dieser bloß der Oberfläche des Tropfens mit, in welchen sie wegen schlechter Leitung des Wassers nicht eindringen kann,

sondern hauptsächlich nur zur Bildung von Dampf durch Verbindung mit einer sehr dünnen Kugelschicht verwandt wird, deren Dicke nur so äusserst geringe seyn kann, da die latente Wärme des Dampfes so ausserordentlich gross ist, und der Wärnestoff, welcher eine weit grössere Verwandtschaft zum Metalle, als zum Wasser hat, ersteres nur ungern verlässt, um an letzteres überzugehen.

4) Hienach wäre also, abgesehen von der ursächlich noch nicht nachgewiesenen Aufhebung der Adhäsion, Leidenfrost's Versuch vollständig erklärt, und es folgt hieraus, dass bei rauhen Oberflächen, als bei Steinen, Thon, Metalloxyden, Kohlen u. s. w. das Phänomen gar nicht beobachtet werden kann, bei Porzellan nur schwierig, dass aber Metallstückchen, Thonscherben, Kiessand u. s. w., in den Dampferzeuger geworfen, die Verdampfung des Wassers ausnehmend befördern. Die Aufhebung der Adhäsion zum Wasser kann unmöglich durch eine dauernde Veränderung der Oberfläche hervorgebracht werden, weil sie bei stärkerer Abkühlung sofort wieder eintritt, und sie muss also nothwendig durch die stärkere Hitze selbst bedingt werden. Dabei liegen dann zwei Hypothesen vor, welche indess beide sich nicht über das Hypothetische erheben, deren eine jedoch ungleich wahrscheinlicher als die andere ist und mit anderweitigen Naturgesetzen in sehr naher Verbindung steht. Zuerst liefse sich nämlich annehmen, die Wärme wirke, wie verschiedene andere Substanzen, z. B. Weingeist, bei der Adhäsion zwischen Wasser und Glas. Beide letztere Flüssigkeiten, Weingeist sowohl als auch Wasser, zeigen nämlich eine starke Adhäsion zum Glase, letzteres mehr als ersterer. Dennoch aber hat der Weingeist so starke Anziehung zum Wasser, dass er dadurch dessen stärkere Adhäsion zum Glase aufhebt, und ein Tropfen Weingeist auf eine über einer Spiegelplatte verbreiteten dünnen Wasserschicht trennt daher die letztere vom Glase. Auf gleiche Weise müsste man dem Wärnestoffe die Kraft bei-

legen, die Adhäsion des Wassers zum Metalle aufzuheben.

Diese Hypothese, welche sich zwar nicht geradezu widerlegen läßt, ist dennoch wohl zu wenig begründet, und den analogen Erscheinungen nicht einmal völlig correspondirend. Die Trennung des Wassers vom Glase findet nämlich mittelst Weingeistes bei jeder vorhandenen Menge des letzteren statt, man mag einen oder mehrere Tropfen desselben auf die Wasserschicht schütten, bei der Erhitzung der Metalle aber muß die Temperatur einen gewissen Grad erreichen, und dann hört die Adhäsion plötzlich auf, welches eigentlich mit der aufgestellten Hypothese nicht harmonirt.

Wir können indess auf einem weit näheren Wege zu einem wahrscheinlich richtigen Resultate gelangen. Zuvörderst haben schon mehrere Physiker, namentlich Lehot und Achard gefunden, daß die Adhäsion des Wassers an festen Körpern durch Wärme vermindert wird *), und der letztere findet sogar aus seinen Versuchen über die Adhäsion einer Glasplatte an Wasser die allgemeine Formel $x = a - by$, worin x die Temperatur, a eine constante Größe = 339 (nach den Versuchen), y die Adhäsion nach dem Gewichte und b einen Coefficienten ausdrücken. Setzt man hierin $y = 0$, so ergibt sich 339° C. als diejenige Temperatur, bei welcher die Adhäsion des Wassers aufhört, wobei jedoch auf den Unterschied der verschiedenen festen Körper Rücksicht zu nehmen wäre. Diese Bestimmung liefse sich wohl mit den Resultaten des Leidenfrost'schen Versuches vereinigen, obgleich ihre Genauigkeit nicht wohl zu verbürgen ist, allein sie giebt immer über die Ursache, durch welche die Adhäsion aufgehoben wird, keine Auskunft. Nach La Place's bekannter Ansicht von dem Verhalten der Wärme läßt sich hierüber indess folgendes sagen.

Die

*) S. Gehler's Phys. Wört. Neue Aufl. Th. I. p. 180.

Die Wärme ist das repulsive Princip, welches dem Zusammenhange der wägbaren Körperelemente entgegenwirkt, und bis auf einen gewissen Punkt gesteigert, ihn sogar aufhebt. Ist dann die Adhäsion des Wassers zum Metalle geringer, als die Cohäsion dieses letzteren, so muß es eine Temperatur geben, bei welcher die erstere aufgehoben wird, und zwar eine niedrigere, als bei welcher die letztere sich in Adhäsion verwandelt (nach der von mir angenommenen Wortbedeutung), oder der Körper flüssig wird. Die Adhäsion der Elemente des Wassers unter einander ist geringer, als die gegen das Metall, und da die erstere mit dem Eintritte des Siedepunktes aufzuhören anfängt, indem die Wassertheilchen als Dampf mit Ueberwindung des Luftdruckes entweichen, so muß nothwendig bei merklich über dem Siedepunkte liegenden Graden der Temperatur auch die Adhäsion an die Oberfläche der Metalle aufhören, und man würde sogar im Stande seyn, diese Temperatur in voraus zu bestimmen, wenn man den absoluten Nullpunkt nebst der Stärke sowohl der Adhäsion, als auch der Cohäsion der Wassertheilchen unter sich und mit der Metalloberfläche genau kennte. Die hiebei zum Grunde liegende Theorie La Place's beruhet auf einer solchen Menge von That-sachen, welche eben so sehr ihr selbst zur Begründung dienen, als sie aus derselben eine consequente Erklärung erhalten, daß ich meinerseits durchaus kein Bedenken trage, sie auch da anzuwenden, wo dunkle Naturphänomene durch sie aufgehellet werden können, und diesem nach scheint mir Leidenfrost's Versuch aus diesen und den oben angegebenen Gründen vollständig erklärt.

6) Die neue Beobachtung von Perkins bleibt vorerst noch räthselhaft. Unmöglich kann ich mir vorstellen, daß die innere Metallfläche des Generators über die hellrothe Glühhitze gebracht war, und wäre dieses, so müßte sich aus der Verbindung mit Wasser nothwendig Eisenoxydul erzeugen, und sonach die Adhäsion wieder

eintreten, wie denn auch wirklich bei dem ersten in No. 6. erzählten Versuche die Wassertropfen schon merklich schneller verdampften, als sonst auf minder heißem Eisen, weil die Oberfläche nicht mehr so vollständig regulinisch war. Die Erklärung von Perkins, dafs das glühende oder heiße Metall durch die Repulsion des zwischenliegenden Wärmestoffes das Wasser in einem Abstände von $\frac{1}{16}$ Z. bleibend erhalte, scheint mir durchaus falsch, indem sie mit unsern so vielfach wiederholten und die genauesten Beobachtungen zulassenden Versuchen im directesten Widerspruche steht. Bei dem eingeschrobenen am äufseren Ende mit einem Hahne versehenen Rohre scheint mir noch der Umstand einer Berücksichtigung sehr werth, dafs dieses Rohr vom Generator aus erst zum Theil durch das Feuer des Heizraumes, dann durch die umgebende Mauer desselben ging, und nach aufsen hervorstand. Vielleicht wurde hiedurch eine ähnliche Erscheinung bedingt, als die höchst interessante, welche Clement kürzlich beobachtet hat *), nämlich dafs ein Ventil durch den aus einer Oeffnung entweichenden Dampf nicht zurückgestofsen, sondern angezogen wird, ein der Erklärung gleichfalls noch bedürftiges Phänomen. Indefs wage ich nicht, weder über das eine noch das andere eine Hypothese aufzustellen, weil die Thatsachen noch keinesweges allseitig erforscht sind. Was übrigens Perkins von einer Temperatur = 650° F. (343,3 C.) und einer dieser zugehörigen Elasticität des Dampfes = 4000 Atmosphären sagt, läfst bedauern, dafs ein so berühmter Techniker die Gesetze der Elasticität des Wasserdampfes hiebei so wenig berücksichtigt hat.

*) Man sehe diese Ann. Bd. 86. S. 265. 286. 288.