IX. *Zur Frage über den Pulshammer;*
von Dr. Prof. Franz Joseph Pisko in Wien.

Die Erscheinungen im Pulshammer („in den franklinischen Kugeln“) sind in letzterer Zeit einiger Aufmerksamkeit gewürdigt worden. Wenn beide Kugeln des Instrumentes nach oben gekehrt sind und eine *leicht verdunstende* Flüssigkeit in beiden Kugeln und der verbindenden Röhre enthalten ist, so tritt bekanntlich in einer der Kugeln ein Aufwallen der Flüssigkeit ein, wenn man die andere Kugel durch Bedecken mit der Hand erwärmt. Scoppewer (Pogg. Ann. CXV, S. 654) meint nun, dieses Aufwallen der Flüssigkeit rühre von der durch die Erwärmung bewirkten Ausdehnung jener Luft her, die über der Flüssigkeit in der erwärmten Kugel sich befindet, und hat darin vollständig geirrt, wie J. Schabus (Pogg. Ann. CXXII, S. 175) zur Genüge dargethan hat. Allein der *vierte* Versuch Scoppewer's (Pogg. Ann. CXV, S. 656) zeigt dennoch, daß man es bei dem Pulshammer, wie er gewöhnlich gebraucht wird, *nicht mit einem wirklichen Sieden, sondern nur mit einer dem Sieden ähnlichen Erscheinung zu thun hat*. Denn in der That bleibt die Flüssigkeit ruhig, wenn man die mit Flüssigkeit zum Theil gefüllten Kugeln *nach unten* kehrt und eine derselben mit der Hand umschließt. Dieser Umstand bewirkte, daß ich diese Thatsache (gegen die allgemeine Ansicht) von jeher nur als eine dem Sieden ähnliche Erscheinung auffaßte ¹⁾. Ich hatte nämlich schon früher den Versuch mit den umgekehrten Kugeln gemacht und ein negatives Resultat bekommen.

1) Pisko, Lehrbuch der Physik für Unterrealschulen. Erste Auflage, Brünn 1854, S. 245. »Die Erscheinungen beim Wasser- und Pulshammer zur Erklärung vorlegen; ob hier *wirkliches* Sieden oder nur eine das Sieden *versinnlichende* Erscheinung stattfindet.«

Pisko, Lehrbuch der Physik für Untergymnasien, Wien 1855 S. 178. »Eine dem Sieden ähnliche Erscheinung bei *luftleerem Raume* bieten der *Wasserhammer* und der *Pulshammer*.

Es zeigt sich kein Sieden, sondern nur ein schwaches Ueberdestilliren der Flüssigkeit nach der kälteren Kugel.

Erst bei Erwärmung mittelst einer Weingeistflamme tritt *sehr bald* wirkliches Sieden ein. Der Vorgang im Pulshammer und in allen ähnlichen Geräthen ist demnach folgender: Wenn man die Kugeln, welche theilweise mit Flüssigkeit gefüllt sind, nach aufwärts kehrt und eine derselben mit der Hand erwärmt, so bilden sich neben den schon vorhandenen Dünsten, noch neue Dünste aus der Flüssigkeit. Diese Dämpfe nun entweichen zum Theil in die andere Kugel, welche minder gespannte Dämpfe enthält, und verursachen dabei das Aufwallen der Flüssigkeit. Für die Richtigkeit dieser Erklärung sprechen alle von J. Schabus angeführten Versuche (Pogg. Ann. Bd. CXX, S. 175 und 176) und auch noch folgende Erfahrungen, die ich alljährlich bei Gelegenheit der Demonstration der betreffenden Experimente machte.

1) Wenn man die eine *nach aufwärts gerichtete Kugel* so lange mit der Hand bedeckt hält, bis das *siedenähnliche* Aufwerfen der Flüssigkeit aufhört und hierauf die andere Kugel in irgend einer Weise *rasch abkühlt*, so tritt wegen der Condensation der Dämpfe in der erkalteten Kugel, augenblicklich das Aufwallen der Flüssigkeit ein und zwar um so heftiger, je mehr abgekühlt wurde. Die Abkühlung bewirkte ich durch Aufgießen von kaltem Wasser, durch Auflegen von Eisstückchen, durch Betröpfeln mit rasch verdunstenden Flüssigkeiten, wie Schwefeläther, Schwefelkohlenstoff und dergl. Dieser Versuch ist jenem ähnlich, wo man durch Aufgießen von kaltem Wasser auf das geschlossene gläserne Siedegefäß unter dem Siedepunkte erwärmtes Wasser zum Sieden bringt; aber die Umstände sind darin verschieden, daß die Flüssigkeit nicht unmittelbar an den erwärmten Glasstellen anliegt.

2) Wenn das im vorigen erwähnte Gleichgewicht eingetreten ist, und man erkaltet die zweite Kugel nicht, erhöht aber die Wärme an der Hand dadurch, daß man sie rasch am Körper reibt und schnell wieder an die erste Kugel

anlegt, so tritt abermals, wenn auch schwaches und nicht lange dauerndes Aufwerfen der Flüssigkeit in der zweiten Kugel ein. So schwach auch diese Bewegung ist, so ist sie augenfällig viel bedeutender als man voraussetzen könnte, wenn man nur annehmen wollte, die erste Kugel sey indess erkaltet, und durch die Wiedierzufuhr der verlorenen Wärme trete die Erscheinung ein. Wenn man für die gleiche Zeit der Unterbrechung die ungeriebene Hand auflegt, ist die Bewegung schwächer.

3) Wenn man je eine der Kugeln gleichzeitig von zwei verschiedenen Individuen mittelst der Hand erwärmen läßt, so tritt nur eine schwache Bewegung der Flüssigkeit nach der etwas kälteren Handoberfläche auf. In der That hat man dann nichts als ein Differential-Thermoskop, wo die schon bestehenden und sich bildenden Dämpfe die thermoskopische Substanz abgeben.

4) Bei Pulshämmern, welche gefärbten Weingeist- oder gar Schwefeläther enthalten, treten die aufwallenden Erscheinungen in den vorigen Versuchen heftiger auf als bei solchen, die nur mit Wasser gefüllt sind, oder als bei einem Kryophor, den man wie den Pulshammer gebraucht.

5) Wenn man sich zu den Versuchen des sogenannten „Wasserhammers“ bedient, so zeigen sich alle eben angeführten Erscheinungen unter den nämlichen Bedingungen ungeändert wieder. Das Aufwerfen der Flüssigkeit ist jedoch heftiger, wenn die freie Birne nach oben gekehrt ist, und minder stark, wenn man den freien Stiel nach oben gewendet hat. Im ersten Falle ist nämlich die erwärmte Glasfläche und das von dieser umfaßte Dampfvolumentheile bedeutender als im zweiten Fall. Die Erscheinungen in beiden Fällen sind folgende: Zuerst fließt durch die enge Oeffnung die Flüssigkeit aus dem freien Theile in den von der Hand umfaßten Theil. Bald jedoch hört dieses Fließen in Folge der entgegenströmenden gespannten Dämpfe auf und gleichzeitig beginnt auch schon das Aufwerfen der Flüssigkeit, welches besonders deutlich bei dem engen verbindenden Röhrchen auftritt.

6) Scoppewer hat richtig bemerkt, daß die Handfläche bald erkaltet, aber das kommt eben durch die beim Verdunsten der Flüssigkeit latent werdende Wärme.

Daß keine dieser Erscheinungen durch Ausdehnung der Luft in der erwärmten Kugel und Zusammenziehung derselben in der abgekühlten Luft bewirkt wird, hat schon Schabus gezeigt. Ich betone nur noch, was längst bekannt ist, daß das Instrumentchen nahezu *luftleer* ist. Die Luft wird nämlich bei der Aufertigung derartiger Apparate von dem beim Sieden der Flüssigkeit aufsteigenden Dämpfen nahezu gänzlich ausgetrieben. Für den luftleeren Zustand dieser Apparate spricht noch 1) das unmittelbare Anschlagen („Klingen“) der Flüssigkeiten an die Glaswände, wenn man die Geräthe entsprechend rasch bewegt; daher eben der Name „*Wasserhammer*“! 2) die Handwärme reicht freilich nicht hin die Flüssigkeiten ins Sieden zu bringen, wenn die letzteren unter jene Bedingungen versetzt werden, wie sie sich gewöhnlich beim Sieden befinden, also z. B. wenn man die beiden zum Theil gefüllten Kugeln nach unten bringt und die eine derselben mit der Hand bedeckt; aber das wahre Sieden tritt sehr schnell ein, sobald man eine der Kugeln mittelst einer Weingeistflamme erwärmt. Diefß hat auch schon Scoppewer gesehen (Pogg. Ann. Bd. CXV, S. 656, Versuch 6), aber daraus keinen richtigen Schlufs gezogen. Wenn im merklichen Grade Luft im Instrumente wäre, so könnte unter diesen Umständen nie ein Sieden eintreten; es wäre ja ein Pappin'scher Topf in anderer Form!

Ich bemerke nur noch, daß das Sieden unter den letzt angeführten Umständen unter heftigem Stossen der Flüssigkeit auftritt und zwar bei jeder Form des Geräthes (Pulshammer, Kryophor, Wasserhammer, Geißler'scher Wasserhammer mit langem und kurzem Schenkel und je einer Kugel an den Enden), und sowohl wenn es Wasser als auch wenn es Weingeist enthält.

Die siedeähnliche Erscheinung bei aufwärts gerichteten

Kugeln tritt aus folgenden Ursachen früher ein als das eigentliche Sieden bei abwärts gerichteten Kugeln:

a) Bei der Erwärmung der aufwärts gerichteten Kugeln finden sich schon über der Flüssigkeit fertige Dünste vor, deren Spannkraft nur durch die Handwärme zu erhöhen ist, wenn das Aufwerfen der Flüssigkeit erfolgen soll; bei der Erwärmung der abwärts gerichteten Kugeln hingegen müssen die blasenwerfenden Dämpfe erst erzeugt werden, was jedenfalls mehr Wärme in Anspruch nimmt.

b) Wenn die Kugeln abwärts gerichtet sind, haben die zu erzeugenden Dünste die Spannkraft *aller* fertigen, über der zu erwärmenden Flüssigkeit befindlichen Dämpfe zu überwinden, während bei den aufwärts gerichteten Kugeln ein Theil dieser fertigen Dämpfe beim Blasenwerfen sogar unterstützend wirkt (vergleiche a), d. i. jener Dampf, welcher in der von der Hand erwärmten Kugel sich befindet.

c) Wenn man die abwärts gekehrte Kugel mit der Hand erwärmt, umfaßt man *nolens volens* auch jenen oberen Theil derselben, welcher Dunst enthält. Dadurch wird dieser Dunst um dieselbe Temperatur erhöht wie die Flüssigkeit. Es ist klar, daß dann der Druck dieser Dämpfe nach abwärts größer ist als jener der entstehenden Dünste nach aufwärts, und daß folglich kein Sieden eintreten kann. Anders ist dies (unter gleichbleibenden Umständen) bei der Erwärmung mittelst einer Flamme oder eines Bades. Beide können derart regulirt werden, daß vorzüglich die unteren Theile der Kugel erwärmt werden, und auch ohne Regelung werden jedenfalls die unteren Theile der Kugel früher und mehr warm als die oberen, was eine rasche Bildung von Dämpfen in jenen Flüssigkeitsschichten zur Folge hat, welche die von der Wärmequelle getroffenen Glastheile berühren. Die derart entstehenden Dämpfe erreichen bald eine Spannkraft, welche die Expansivkraft der oberen minder warmen Dünste übertreffen und — das Sieden beginnt.

Fassen wir zusammen: Bei *aufwärts gerichteten Kugeln* bewirken bereits fertige Dünste durch das Hinzukommen

neuer Dünste und durch die erhöhte Spannkraft ein Aufwerfen der Flüssigkeit, wenn eine der Kugeln mit der Hand erwärmt wird.

Bei *abwärts gerichteten Kugeln* haben nur neu entstehende Dünste das Aufwerfen der Flüssigkeit zu bewirken; es ist hierzu eine Wärmequelle erforderlich, welche den unteren Theilen der Kugel mehr Wärme zuführt als den oberen. Dazu ist die Erwärmung mit der Hand nicht tauglich, wohl aber eine kleine Weingeistflamme.

Die Familie der »*Pulshämmer*« wird daher nach wie vor ganz gut zur Demonstration des Siedens im luftleeren Raume bei Erwärmung mittelst der Hand dienen können, da es sich ja nur darum handelt zu zeigen, wie das Sieden durch die aufsteigenden Dunstblasen durch die ganze Flüssigkeit zu Stande kommt, und dies um so eher, je geringer der Druck ist, welcher auf der siedenden Flüssigkeit lastet. Es wird aber gut seyn aufmerksam zu machen, inwiefern sich die Erscheinung bei aufwärts gerichteten Kugeln von jener bei der entgegengesetzten Lage des Instrumentes unterscheidet.

X. *Beitrag zur Fluorescenz des Lichtes;*
von Dr. Prof. Franz Joseph Pisko in Wien.

Das *Platin-Cäsium-Sulfür* in etwa 100 Theilen Schwefelkohlenstoff gelöst stellt eine Flüssigkeit dar, welche im durchfallenden Tageslicht *tief rumbraun*, im auffallenden Licht aber *schön olivengrün* ist; beides im auffallendsten Grade. Ich vermuthete daher gleich beim ersten Anblicke, daß dieser Stoff wahrscheinlich zu den empfindlichst fluorescirenden gehören möge, und hielt es für gut einige eingehende Versuche in dieser Richtung anzustellen. Nachdem ich ein neues Spectrum vom Sonnenlicht in der Dun-