IV.

Untersuchungen über das Entflammen des Phosphors im leeren Raum der Luftpumpe;

von

A. VAN BEMMELEN, Dr. Phil. und Lector zu Delft.

(Frei ausgezogen von Gilbert.)

Dieser Aufsatz ist durch eine eben so überschriebene Abhandlung des Hrn. D. van Marum, in den *Verhandeligen van Teylers tweede Genootschap* St. 10. S 40., veranlaßt, und in Form eines Briefs an diesen berühmten Physiker schon im J. 1802 zu Leyden einzeln gedruckt worden. Meine Leser, für die er gleich anfangs von dem Herrn Verfasser bestimmt war, wird ein das Wesentliche enthaltender Auszug daraus, besonders an dieser Stelle, untreitig auch jetzt noch interessieren.

Nachdem das Kabinet der *Renswoud'schen Stiftung* zu Delft, in welcher Herr van Bemmelen damals Unterricht gab, mit einer in der Fabrik des Herrn Onderdewyngaert Canzius verfertigten van Marum'schen Luftpumpe versehen worden war, wiederholte er in Gemeinschaft mit Herrn van Stiprian Luiscius die Versuche, welche Herr D. van

Marum über das Selbst-Entzünden mit Baumwolle und Harzen bedeckten Phosphors im leeren Raum der Luftpumpe angestellt hatte. Der Erfolg dieser Versuche stimmte in allem mit dem überein, was Herr van Marum berichtet hatte. Auch überzeugten sich die beiden Physiker von der Unmöglichkeit, *bloßen* Phosphor durch Bildung eines luftleeren Raums um ihn, zu entzünden. An dem folgenden Tage aber konnte Herr van Bemmelen zu seinem Verwundern seinen Phosphor, den er jetzt allein mit Baumwolle (*Katoen*) bedeckt hatte, entzünden; ja er sah ihn selbst *blos* mit Harz bestreut (ohne Baumwolle) in der Leere der Luftpumpe brennen. Nur der erste Erfolg war Herrn van Marum geglückt, nicht der letztere, daher dieser Physiker geschlossen hatte, „nicht das Harz, nur die Baumwolle sey die veranlassende Ursach dieser Entzündung“

Herr Dr. van Marum hatte bei seinem Versuche unter die Glocke der Luftpumpe zu gleicher Zeit drei Stängelchen Phosphor gelegt, deren eines (A) *blos* mit Harz bestreut, das andere (B) mit Baumwolle umwickelt, und das dritte (C) mit beiden bedeckt war. Das letztere C entflammte sich zuerst, und bald darauf das zweite B; das mit Harz bestreute A entzündete sich aber nicht. Nicht, daß C sich zuerst entflammte, wohl aber, daß nur das mit Baumwolle umwickelte, nicht aber das mit Harz bestreute Stück sich entzündete, streitet gegen das, was Herr van Bemmelen sah, als er den Versuch

mit den drei Stücken Phosphor nicht zugleich, sondern einzeln unter der Glocke der Luftpumpe anstellte. Er sucht sich den Erfolg in dem Versuche welchen der D. van Marum anstellte, daraus zu erklären, daß wahrscheinlich das Stückchen B, weil es näher als A bei C gelegen haben möge, stärker durch den verbrennenden Phosphor C erhitzt worden sey, auch das Verbrennen von C und B des Sauerstoffs zu viel verzehrt habe, als daß A bei gleicher Erhitzung durch das Brennen von B, sich noch hätte entzünden können.

Herr Dr. van Marum hatte die Erklärung in zwei andern Gründen gesucht. *Erstens*, Reigen, meinte er, die sich verflüchtigenden Phosphortheilchen in der Luft vermöge ihres geringern specifischen Gewichtes an, können sich also bei einem gewissen Grad von Luftverdünnung nicht in der Glocke verbreiten, sondern müssen um die Oberfläche des Phosphors bleiben. Und da *zweitens* Baumwolle ein sehr schlechter Wärmeleiter ist, so könne, wenn der Phosphor in ihr eingewickelt sey, der während des Leuchtens desselben an seiner Oberfläche aus dem Sauerstoffgas frei werdende Wärmestoff nicht entweichen, und häufe sich also hier an, bis die Wärme so groß werde, daß sich der Phosphor entzünde.

In dem erstern Punkt sagt H. v. Bemmelen, könne er dieser Erklärung nicht beistimmen, da nicht die größere specifische Leichtigkeit, sondern die durch den Wärmestoff ertheilte Elasticität, die

Phosphortheilchen zum Ansteigen bringe, und da also wenn der Luftdruck vermindert werde, mehr Phosphordampf in der Glocke sich verbreiten, und stärker sich anhäufen müsse als in der nicht verdünnten Luft. Dieses beweise, sagt er, der schoner Versuch mit dem Aether; ferner der Wasserdampf, welcher die luftleer gepumpten Glocken erfüllt, und endlich der Quecksilberdampf, der in der Torricellischen Leere sorgfältig ausgekochter Barometer aufsteige, und Quecksilber-Tröpfchen an der obern Wand der Röhre absetze. Hawksbée (*Experiences Physico-Mechaniques* t. 1. p. 410.) hatte in einem enghälfigen Fläschchen zwei kleine Stückchen Phosphor, etwas Oleum vitrioli, Oleum tartari per deliqueum und Gewürznäglein-Oehl gethan; das Fläschchen leuchtete nur schwach, stärker aber als er die Luft umher wegpumpte, bis endlich eine Lichtpyramide an die Decke der nicht hohen Glocke aus dem Fläschchen aufstieg und die leuchtenden Theilchen an den Wänden herunterflossen. Schon erschloß hieraus, daß die Luft auf irgend eine Art die leuchtenden Dämpfe des Phosphors in ihrer Wirkung hinderte, und zwar durch Druck, indem die Atmosphäre von allen Seiten her durch ihr Gewicht auf den Phosphor presse, und dadurch die Dämpfe, die nicht Kraft genug haben, um diesen mächtigen Druck zu widerstehen, in dem Phosphor zurückhalte, bis die Luft weggenommen werde, und ihnen vergönne, aus dem sie einschließenden Kör-

per durch die Kraft ihrer Elasticität hervorzudringen.

Herr van Bemmelen sucht durch die beiden folgenden Versuche darzuthun, daß das Bedecken den Phosphor nicht verhindere, sich beim Fortheben des Luftdrucks zu entzünden. Er legte ein Stückchen Phosphor unter eine Spindelglocke, pumpte sie möglichst luftleer, schloß sie ab, ließ dann sehr fein gepulvertes Harz auf den Phosphor fallen, und sah ihn in wenigen Augenblicken sich entzünden. Als er dagegen ein mit fein gepulverter Kohle bedecktes Stück Phosphor unter die Glocke brachte, und die Luft fortpumpte, erfolgte keine Entzündung, obgleich Kohle einer der besten Nichtleiter der Wärme ist. Er schließt hieraus, daß Nicht-Bedeckteyn so wenig ein Grund des Nicht-Entzündens, als Bedeckteyn mit einem der besten Nichtleiter der Wärme ein Grund des Entzündens des Phosphors sey. Hätte die Umwicklung mit Baumwolle verhindert, daß Dampf von der Oberfläche des Phosphors auflieg, so könne auch kein Sauerstoffgas, durch die Umhüllung zu der Oberfläche des Phosphors gelangt seyn, und also auch an derselben kein Freiwerden und Anhäufen von Wärme bis zum Entzünden Statt gefunden haben.

Durch Erhöhung der Temperatur hat Muschenbroek (*Tentamen experim. capt. in Acad. del Cimento p. 73. not. i.*) in dem leeren Raum der

Luftpumpe folgende Körper entflammt: Schwefel, Englische Steinkohle, und Gewürzrüglein-Oehl, welche er jedes einzeln auf ein glühendes Eisen fallen ließ. Herr van Bemmelen legte ein Stückchen Phosphor, das er mit Schwefel (ohne Baumwolle) bedeckt hatte, unter den Recipienten der Luftpumpe; beim Auspumpen der Luft entflammte es sich. Dasselbe war der Fall mit einem Stückchen Phosphor, welches er mit Naglein-Oehl bestrichen und unbedeckt unter die Glasglocke gelegt hatte. Mit einigen andern Körpern die er versuchte, glückte ihm dieses nicht.

Daß der Phosphor im luftverdünnten Raum denselben Wärmegrad als in der Atmosphäre bedürfe, um sich zu entzünden, glaubte Herr Dr. van Marum seiner Ansicht zu Folge. Hr. van Bemmelen behauptet dagegen, je stärker der Phosphor beim Fortheben des Luftdrucks verdampfe, und je mehr die Luft sich verdünne, desto geschickter müsse der Phosphor werden, sich mit dem Sauerstoffe der Luft zu verbinden und den Wärmestoff derselben frei zu machen. Und daß dem wirklich so sey, erhelle auf eine überzeugende Art daraus, daß in seinen Versuchen in eben dem Maasse als die Luft dünner wurde, das Licht sich verstärkte, und also verhältnißmäßig mehr Phosphor mit Sauerstoff verbunden habe. Es verhalte sich zwar allerdings allein so der Phosphor; das sey aber leicht erklärlich aus seiner großen Verwandtschaft zum Sauerstoff, und daß

er von allen Körpern den mehrsten Wärmestoff aus dem Sauerstoff frei mache. Auch habe Herr Dr. van Marum selbst beobachtet, daß der Phosphor sich zu entflammen angefangen habe, im luftverdünnten Raume als das Thermometer von 52° bis 57° gestiegen sey; in der Atmosphäre dagegen erst als es von 46° bis zu einer Höhe von 76° F. gelangt sey. Habe an diesem Unterschied vielleicht auch die Dicke des Glases einigen Antheil gehabt, so sey er doch viel zu groß, um ihr allein zugeschrieben zu werden.

Die wahre Ursach der in Frage stehenden Erscheinung sucht Herr van Bemmelen darin, „daß zwischen dem Phosphor und dem ihn bedeckenden Körper eine chemische Verbindung beim Verdünnen der Luft entstehe.“ Dieses werde *erstens* schon dadurch sehr wahrscheinlich, daß die Selbst-Entzündung des Phosphors gerade nur durch Hinzufügen solcher Körper bewirkt wird, welche zu ihm eine merkliche Verwandtschaft haben. Schwefel läßt sich mit Phosphor sehr gut und nach vielerlei Verhältnissen verbinden; die Oehle lösen den Phosphor auf; und daß auch die Harze sich willig mit dem Phosphor verbinden, werden wir weiterhin sehen. *Zweitens* spricht dafür das stärker werden des Leuchtens des Phosphors während des Auspumpens der Luft, und zwar allein an den Stellen, wo die Phosphorstücke mit Harz oder Schwefel bestrichen oder mit Oehl bestrichen sind, wie sich dies

am besten zeigt, wenn man ein Phosphorstängelchen unter der Glocke nicht aufrecht stellt, sondern legt, oder noch besser, einen Streifen Phosphor nimmt, den man nur Stellenweise bestreut oder beschmiert. Nur diese Stellen werden leuchtend, die nicht bestreuten oder beschmierten bleiben dunkel. Wenn man *drittens* auf Phosphor, der beim langsamen und fortgesetzten Erhitzen eben zu schmelzen anfängt, Schwefel oder Harz streut, so erfolgen genau dieselben Erscheinungen, als beim Entflammen des mit Schwefel oder Harz bedeckten Phosphors durch Fortpumpen der Luft. In beiden Fällen wird das Licht von Zeit zu Zeit stärker, zeigen sich bald hier bald dort leuchtende Tüpfelchen, und ein hellerer Fleck, an welchem endlich die Entzündung ausbricht, und darauf dieselben leuchtenden Strahlen. Endlich beweist *viertens* die Wirklichkeit einer Verbindung, welche hier nothwendig vor sich gehen muß, die folgende Ueberlegung:

Die Ursach dieser Verbindung ist nämlich die Verdünnung der Luft selbst. Beim Fortheben des Luftdrucks wird die Flüchtigkeit der Phosphortheilchen immer reger, und dadurch ihre Cohärenz immer mehr geschwächt, so daß die Verminderung des Luftdrucks hier auf dieselbe Art der chemischen Verwandtschaft zu Hülfe kömmt, als es bei unverändertem Luftdruck das Erhitzen thut. Auch hängt das Entflammen des Phosphors in verdünnter Luft nicht bloß von dem Grade der Verdünnung,

sondern vor allem auch von dem schnellen Fortgang derselben ab, wie Herr van Bemmelen daraus schließt, daß es ihm nicht gelungen ist, dasselbe mit einer englischen Luftpumpe des Kabinetts hervorzubringen, welche der andern wenig oder gar nicht in Wirkung nachsteht, jedoch, weil sie viel engere Stiefeln hat, weit langsamer verdünnt. Plötzliche Aufhebung des Luftdrucks ist aber geschickter, als allmähliche, die Cohärenz des Phosphors zu überwinden.

Das Erzeugniß der Verbindung ist ein Körper, der entweder eine größere Brennbarkeit als der Phosphor selbst besitzt, und also bei einer viel geringern Temperatur als dieser brennen kann, oder der eine viel geringere Wärme-Capacität als jeder seiner beiden Bestandtheile hat, und daher während seines Entstehens viel Wärmestoff frei werden läßt, welcher das Entflammen hervorbringt. Das erstere hält Herr van Bemmelen für das Wahrscheinlichere, denn bekanntlich sey Schwefel-Phosphor viel verbrennlicher als jeder seiner beiden Bestandtheile, wie die aus ihm bereiteten sogenannten Turiner Kerzen beweisen, die beim Zerschneiden der Glasröhre, in der sie eingeschlossen sind, an der Luft augenblicklich Feuer fangen. Auch sey diese größere Brennbarkeit die Ursach der Selbst-Entzündung eines Schwefelhölzchens, das man in ein Fläschchen taucht, worin Phosphor geschmolzen und durch ein glühendes Eisen in Brand gesteckt und

darauf sogleich ausgeblasen worden. Dafs Phosphor und Schwefel vereinigt mehr Verwandtschaft zum Sauerstoff als jedes einzeln haben, erhelle auch daraus, dafs durch Destillation erhaltener Schwefel-Phosphor, den man unter Wasser aufhebt, aus demselben stinkende Blasen Schwefel-Phosphor haltenden Wasserstoffgases entwickele, die im Dunkeln leuchten und an der Luft oftmals sich entflammen. (*Fourcroy Syst.* t. 1. p. 203.); woraus sich auch erkläre, wie, wenn man Wasser auf Phosphor und Schwefel, die mit einander brennen, giesse, von der am Boden bleibenden Masse einige Theile sich trennen, und lange an der Oberfläche brennend umher treiben und aufblitzen können.

Was die Harze betrifft, bemerkt Herr van Bemmelen, so sage zwar Fourcroy (t. 8. p. 20.), sie liessen sich mit dem Phosphor schwer durch Schmelzen vereinigen. Es sey aber in der That der Phosphor eben so leicht mit Harzen als mit Schwefel zu verbinden, wenn man ihn in gepulvertes Harz oder in Schwefelpulver umwälze und in kochendes Wasser fallen lasse; er verschlucke dann im Augenblick des Schmelzens diese Körper bis auf einen kleinen Theil, der wie mit Gewalt abgestossen werde *). Manch-

*) Fourcroy giebt t. 1. p. 202. die Vorschrift, das Schwefelpulver auf den unter heissem Wasser geschmolzenen Phosphor fallen zu lassen; mit Harzpulver aber, das leichter als Wasser sey (Herr van Bemmelen behauptet dieses selbst vom Schwefelpulver), lasse sich das nicht ausführen.

mal scheide sich zwar alles Harz als eine hohle Kugel ab, die an der Oberfläche des Phosphors sehr fest haften, nach einiger Zeit aber zusammenfallen, und sich dann als eine Haut von dem Phosphor abziehen lassen, doch scheine dieses nur der Fall zu seyn, wenn man mehr Harz nimmt, als sich mit dem Phosphor verbinden kann. Ist aber die Verwandtschaft des Phosphors zum Harze nicht geringer als zum Schwefel, so hat, schließt Herr van Bemmelen, höchst wahrscheinlich auch die Verbindung des Phosphors mit Harzen, gleich dem Schwefel-Phosphor, eine höhere Verbrennlichkeit als jeder ihrer beiden Bestandtheile einzeln genommen besitzt. Und daß diesem wirklich so sey, darin glaubt Herr van Bemmelen sich durch folgende Erfahrung bestätigt. Als er einer Gasglocke, in welcher mit Harz bestreuter Phosphor sich in dem luftverdünnten Raume seiner englischen Luftpumpe befand, von Außen her ein Kohlenbecken näherte, entflammte sich der Phosphor, bevor er zu schmelzen anfang.