Zur Bestimmung der Residualluft.

Von

Dr. **Fr. Schenck.**

Die Bemerkungen, die L. Hermann in seiner kürzlich erschienenen Abhandlung „Zur Bestimmung der Residualluft“¹⁾ macht, zwingen mich zu einigen Gegenbemerkungen aus folgenden Gründen.

I. Durch die Darstellung Hermann's könnte der Eindruck erweckt werden, dass zwischen uns grössere Meinungsdivergenzen beständen, als thatsächlich bestehen.

II. Hermann macht mir einige, wie ich glaube, unberechtigte Vorwürfe, die ich nicht unberücksichtigt lassen darf, weil es mir nicht einerlei sein kann, was für ein Urtheil ein Forscher von der Bedeutung Hermann's über meine Abhandlung fällt.

I.

Ich schicke kurz voraus, dass die einzige Meinungsdivergenz, die zwischen uns besteht, folgende ist: Ich halte die Möglichkeit nicht absolut ausgeschlossen, dass die Gasmischung in der unter Hermann's Leitung ausgeführten Untersuchung Berenstein's zur Bestimmung der Residualluft in den Versuchen, die die kleinsten Werthe ergeben haben, unvollkommen gewesen ist, während Hermann diese Möglichkeit für ganz ausgeschlossen hält. Weitere Meinungsdivergenzen, insbesondere solche über den Werth und die Fehlerquellen der Gad'schen Methode bestehen zwischen uns nicht.

Nach Hermann's Auseinandersetzungen scheint letzteres aber der Fall zu sein. Es sei mir daher gestattet, darauf näher einzugehen.

Die von mir in Gemeinschaft mit Herrn Rehfeld angestellte Untersuchung²⁾ hatte den Zweck, die Unterschiede in den Angaben Berenstein's und Gad's aufzuklären. Zu dem Ende habe ich die Methode Gad's einer Prüfung unterzogen.

1) Dies Archiv. Bd. 57. S. 387.

2) Dies Archiv. Bd. 55. S. 191.

Bei der Untersuchung suchte ich Folgendes aufzudecken:

1) Den Beobachtungsfehler im engeren Sinne, d. h. den Fehler, der durch die gebrauchten Apparate etc. bedingt war, und der die Grösse der Abweichungen der Einzelresultate von dem richtigen Mittelwerth angiebt.

2) Etwaige principielle Fehler, d. h. Fehler in den Voraussetzungen, die der Methode zu Grunde liegen und welche einseitige Abweichungen des beobachteten Werthes von dem wirklichen bedingen.

Ersteres geschah durch die schematischen Versuche mit dem Gummiballon (a. a. O. S. 193). Zu den Resultaten dieser Versuche bemerkt Hermann im Tone der Opposition gegen mich, dass die Schwankungen der Fehler recht grosse sind. Demgegenüber muss ich fragen: Habe ich das denn jemals geleugnet? Habe ich nicht selbst das ausdrücklich hervorgehoben? (a. a. O. S. 193.)

Bestimmend für die Frage, ob die Methode zu Untersuchungen verwendet werden durfte oder nicht, waren danach die aus einer grösseren Zahl von Einzelversuchen zu erhaltenden Mittelwerthe. Wenn ich nun thatsächlich gefunden und gesagt habe, dass diese Mittelwerthe zufriedenstellend waren, so liegt darin doch nicht etwa die Behauptung eingeschlossen, dass die Fehlergrössen geringer in Anschlag zu bringen sind, als es thatsächlich der Fall ist!

Hermann zählt nun weiter eine Reihe von Möglichkeiten auf (a. a. O. S. 390 unten), die den Beobachtungsfehler bedingt haben könnten, auch wieder im Tone des Vorwurfs gegen mich. Da muss ich fragen: Habe ich denn diese Möglichkeiten geleugnet dadurch, dass ich sie nicht alle aufgezählt habe? Wenn ich überhaupt das Bedürfniss gehabt habe, durch besondere schematische Versuche die Grösse des Beobachtungsfehlers festzustellen, so liegt darin doch stillschweigend die Anerkennung dieser Möglichkeiten. Dass ich sie nicht alle einzeln aufzählte, war doch wohl überhaupt für meine weitere Untersuchung nicht mehr nöthig, nachdem ich die Grösse der durch sie bedingten Fehler festgestellt hatte. Ich weiss also wirklich nicht, warum sich Hermann in Gegensatz zu mir stellt; ich befand mich und befinde mich noch in vollster Uebereinstimmung mit ihm über diesen Punkt.

In zweiter Linie suchte ich nun den principiellen Fehler der Gad'schen Methode aufzudecken. Ich suchte und fand ihn in der Volumänderung, die die Darmgase erleiden und die in dem Aus-

schlag des Aeroplethysmographen mit enthalten ist. Auch damit stimmt Hermann überein (a. a. O. S. 389); es fragt sich nach ihm aber, um wieviel die Werthe zu hoch sind und seine an diese Frage angeknüpfte Erörterung macht den Eindruck, dass ich diesen Fehler nicht gross genug veranschlagt habe. Nach Hermann's Auseinandersetzung müsste der Fehler durch die Multiplication mit einer grossen Zahl besonders hoch sein. Ich glaube, dass diese Darstellung bei dem Leser eine falsche Vorstellung hervorzurufen im Stande ist, aus folgendem Grunde. Der ganze am Volumschreiber abgelesene Inspirationsbetrag V besteht aus: 1) dem Betrag der Volumänderung der Lungenluft, den wir V_1 nennen wollen, 2) dem Betrag der Volumänderung der Darmgase, V_2 . Nun hat der absolute Fehler an sich nicht ein grosses Interesse, wenn er nicht bezogen wird auf den richtigen Werth. Nehmen wir an, die Differenz eines beobachteten Werthes von dem wirklichen betrage 100, so wissen wir noch nicht, ob der Fehler gross oder klein ist. Ist der wirkliche Werth etwa 1000, so nennen wir den Fehler gross, ist der wirkliche Werth dagegen 1000000, so ist derselbe absolute Fehler verschwindend klein zu nennen. Es kommt also, um zu unserem Falle zurückzukehren, nicht auf den absoluten Werth von V_2 an, sondern auf das Verhältniss von V_2 zu V_1 . An diesem Verhältniss ändert aber die Multiplication mit der grossen Zahl nichts, weil beide Werthe damit multiplicirt werden. Der relative Fehler wird durch die Multiplication nicht grösser als er schon durch den fehlerhaften Ausschlag des Volumschreibers ist. Ich bin gezwungen, dies hervorzuheben, weil die Darstellung Hermann's den Eindruck erwecken könnte, dass ich in meinen Betrachtungen einen wichtigen Punkt übersehen hätte und demnach den Fehler, der durch die Darmgase bedingt ist, zu gering veranschlagte.

Vielleicht kann ich an einem bestimmten Fall besser klar machen, was ich meine. Nehmen wir an, es seien zwei Versuche an einer Person unter gleichen Bedingungen nach der Gad'schen Methode gemacht worden. In dem einen sei die Druckdifferenz 30 mm, in dem anderen 60 mm gewesen. Dann ist nach den von Hermann angeführten Zahlen im ersten das erhaltene Volum mit $24\frac{1}{3}$, im zweiten mit $11\frac{2}{3}$ zu multipliciren. In Folge der Verschiedenheit der Druckdifferenzen sind aber auch die durch den Ausschlag des Volumschreibers erhaltenen Volumina verschieden

gross. Wenn das Volum im ersten Falle V war, so war es im zweiten fast genau $2V$. Führt man die Rechnung durch, so erhält man in beiden Fällen genau gleich grosse Zahlen, mithin, wenn das Verhältniss $V_1 : V_2$ in beiden Fällen gleich war, auch genau gleich grosse Fehler. Man sieht also, dass die Grösse der Zahl, mit der V multiplicirt wird, an sich nichts mit der Grösse des Fehlers zu thun hat, sondern nur das Verhältniss $V_1 : V_2$. Da ich darauf, wenn auch mit anderen Worten, in meiner früheren Abhandlung schon zur Genüge hingewiesen habe, so weiss ich nicht, wozu Hermann diese Auseinandersetzung macht, die leicht zu Missverständnissen führen kann.

Bei dieser Gelegenheit hält mir Hermann noch vor, dass keinerlei Controlversuche vorliegen, in welchem Grade etwa ein in der Glocke mit offener Stimmritze ruhig athmender Mensch durch Wirkung seiner Bauchmuskeln den Volumschreiber beeinflusst. Ich bemerke dazu, dass ich solche Versuche häufiger — freilich nicht in besonderer Absicht — angestellt habe. Dieselben haben ein Resultat ergeben, mit dem sehr wenig anzufangen ist. Denn es kommt bei ihnen nicht etwa bloss eine durch die Bauchmuskulatur bedingte Volumänderung der Darmgase in Betracht, sondern auch Volumänderung der aus- und eingeathmeten Luft durch die Temperaturänderung, möglicher Weise spielen sogar die Druckänderungen der Luft im Thorax eine kleine Rolle bei den Volumänderungen. Die Versuche haben also wenig Werth, weil sich nicht sagen lässt, wie gross die einzelnen Antheile sind, die jedem der betheiligten Faktoren zukommen. Als Gesamtergebniss zeigten sich am Volumschreiber geringe Schwankungen — bei Inspiration nahm das Volum etwas zu, bei Expiration ab.

Aber selbst, wenn sich auf diese Weise die Volumänderung der Darmgase allein hätte feststellen lassen, dann wüsste ich immer noch nicht, was das für die Beurtheilung unserer Versuche, die unter ganz anderen Bedingungen angestellt sind, für einen Werth haben könnte.

Zu der eingehenden Kritik der Gad'schen Methode sieht sich Hermann, wie mir scheint, deshalb veranlasst, weil er glaubt, ich halte meine in Tabelle III enthaltene Bestimmungen für massgebend. Wie er auf diesen Gedanken kommt, ist mir nicht verständlich. Denn es geht aus meiner ganzen Auseinandersetzung doch zweifellos hervor, dass ich diese Werthe für zu hoch halte.

Und auf S. 198 unten ist noch besonders auseinandergesetzt, was unsere Versuche in Tabelle III für einen Zweck haben: „es erschien von Interesse zu untersuchen, ob so Zahlen zu erhalten waren, die mit den Gad'schen übereinstimmen“. Ich habe also nicht im entferntesten daran gedacht, diese Versuche für „die massgebendsten“ zu halten. Ich stimme also auch in dem Urtheil über den Werth dieser Versuche mit Hermann überein.

Die in Tabelle III erhaltenen Werthe habe ich nun allerdings doch benutzt, um über den wirklichen Werth der Residualluft Aufschluss zu erhalten. Das wurde so gemacht, dass eine Correctur für den durch die Darmgase bedingten Fehler in Betracht gezogen wurde. Ausführliches darüber steht auf S. 200. Da kam ich nun zu dem Resultat, dass wir in unseren Versuchen ganz übertrieben hohe Werthe für das Volum der Darmgase annehmen müssen, wenn der Mittelwerth Berensteins richtig sein soll. Gegen diese Betrachtung hätte sich Hermann wenden müssen, wenn er Berensteins Arbeit vertheidigen wollte. Er spricht darüber aber auffallender Weise mit keinem Worte.

Ich resumire also kurz: Die ganze Kritik, die Hermann an der Gad'schen Methode ausübt, war nicht mehr nöthig, weil ich Alles, was er gegen sie vorbringt, im Wesentlichen auch schon gesagt habe, mit ihm also in Betreff der Beurtheilung des Werths dieser Methode ganz übereinstimme.

Nun gehe ich ein auf die eigentliche Meinungsdivergenz zwischen uns, auf die Frage, ob in Berensteins Versuchen eine mangelhafte Gasmischung einen Fehler bedingt haben könnte. Ich bemerke nochmals, dass ein solcher Fehler, wenn er vorhanden wäre, zu kleineren Werthen geführt hätte, als der Wahrheit entspricht.

Das, was Hermann gegen meine Vermuthung geltend macht, ist Folgendes:

1) Die Berechtigung meines Einwandes soll bei der schnellen Diffusion des Wasserstoffs bestritten werden müssen, so lange er nicht näher begründet ist.

Ich habe darauf zu erwidern, dass die Versuchsbedingungen durchaus nicht so einfach und übersichtlich sind, dass die gleichmässige Mischung der Gase etwas selbstverständliches ist. Abgesehen von dem complicirten Bau der Lungen hängt die Vollständigkeit der Mischung auch noch von der Gelehrigkeit und Geschick-

lichkeit der Versuchspersonen ab. Dass da Fehler vorkommen können, ist klar.

Indessen sehen wir davon ab, so habe ich thatsächlich doch, wie schon vorhin bemerkt, Gründe angeführt, welche die Zweifel in mir erweckt haben. Wären die Resultate Berensteins richtig, so müssten wir in unseren Versuchen nach Gad's Methode für die Darmgase im Durchschnitt das unglaublich grosse Volum von 5 Liter annehmen.

2) Hermann sagt: ich scheine unbeachtet zu lassen, dass Berensteins Werthe am besten zu denen Jacobsons stimmten, die an der Leiche angestellt waren und, wenn auch roh, doch sehr geeignet erscheinen, zwischen den sehr grossen und den sehr kleinen in der Literatur aufgetretenen Werthen eine Entscheidung zu treffen.

Um darauf zu antworten, möchte ich an den Schlusssatz meiner Abhandlung erinnern. Dort steht: „Wir möchten deshalb die Vermuthung aussprechen, dass Berensteins höchste Werthe dem wahren mittleren Werthe näher stehen, als das von ihm angegebene Mittel.“ Wenn ich eine bestimmte Zahl für den vermutheten Werth angeben soll, so würde ich ihn auf etwa 1200 ccm schätzen. Jacobson hat 900 gefunden. Da frage ich nun: Stimmen diese Werthe nicht auch soweit überein, dass ihre Differenzen aus dem rohen Verfahren Jacobson's erklärlich sind? Der Werth Jacobson's muss sogar kleiner sein, als unserer, weil Jacobson die Luft im oberen Theil der Trachea, im Rachen und der Nase nicht mit misst. Der Einwand Hermann's kann also gar nicht in Betracht kommen, weil der von mir als richtig angenommene Werth auch nicht wesentlich von dem Jacobson's verschieden ist.

Ich bleibe also bei meiner Behauptung, dass die Möglichkeit einer unvollständigen Gasmischung in Berenstein's Versuchen nicht sicher ausgeschlossen ist, und dass dadurch die Werthe Berenstein's zu klein sein könnten.

Nun habe ich aber noch weitere Einwendungen gegen Berenstein's Resultate zu machen, die ich früher nicht gemacht habe, weil ich aus der Abhandlung Berenstein's nicht recht ersehen konnte, ob der Fehler, den ich jetzt erörtern will, gemacht worden ist oder nicht. Hermann gesteht ihn jetzt in seiner Abhandlung ein. Es ist das der Umstand, dass bei der Volummessung

die Temperatur des Spirometers keine Berücksichtigung gefunden hat. Wenn das der Fall ist, dann können die einzelnen Werthe Berenstein's überhaupt gar nicht direct mit einander verglichen werden. Es ist doch durchaus unzulässig, das Mittel aus einer Zahl von Gasvolumina zu berechnen, die nicht alle für die gleiche Temperatur gelten. Dadurch könnte nun ein Fehler im Mittel bedingt sein in folgender Weise. Nehmen wir an, die Temperatur sei in den Versuchen, die die kleinsten Werthe ergeben haben, besonders niedrig gewesen, während sie in den anderen etwa gleich der gewöhnlichen Zimmertemperatur gewesen sei. Dann ist es klar, dass der Mittelwerth, auf Zimmertemperatur bezogen, zu klein ist. Wenn dieser Fehler auch nicht gross genug sein kann, um die Unterschiede der Resultate Berenstein's und der unsrigen zu erklären, so kommt er doch immerhin in Betracht.

Bei der Gelegenheit möchte ich fragen, was es denn überhaupt für einen Zweck hat, das Volum der Residualluft für eine andere Temperatur anzugeben, als für Körpertemperatur? Jede andere Temperatur ist rein willkürlich. Was ist denn Zimmertemperatur? Wodurch ist die Zimmertemperatur bestimmt? Aber ganz abgesehen davon hat die Angabe eines Gasvolums überhaupt wenig Werth, wenn nicht gleichzeitig die Temperatur mit angegeben wird. Warum hat Berenstein das also unterlassen?

Hermann's Auseinandersetzungen können mich also durchaus nicht davon überzeugen, dass Berenstein's Versuche fehlerfrei sind. Ja im Gegentheil, sein Eingeständniss, dass die Temperatur der Volumina unberücksichtigt geblieben ist, macht mich noch misstrauischer, als ich früher war.

II.

Die Vorwürfe, die mir Hermann macht, sind folgende:

1. Er findet es ungenau, „wenn Schenck sagt, Berenstein habe nach dem Davy-Gréhant'schen Verfahren gearbeitet.“ Erstens, weil sein Verfahren eine wesentliche Modifikation des Davy'schen Verfahrens ist und zweitens, weil der Name Gréhant hier mit Unrecht erwähnt wird.

Darauf habe ich zu antworten:

Ich habe zunächst nicht gesagt, dass Berenstein nach dem Davy-Gréhant'schen Verfahren gearbeitet hat. Meine Worte lauten: „Berenstein, der nach dem Principe der

Davy-Gréhan'tschen Methode die Residualluft bestimmt hat, findet“ Dieser ganze Ausdruck „Princip der Davy-Gréhan'tschen Methode“ ist aber der Arbeit Berensteins entnommen. Dort¹⁾ steht zu Anfang der Beschreibung der Methode:

„Die Methode, nach welcher ich meine Bestimmungen der Residualluft ausgeführt habe, ist eigentlich nur eine Modification des Davy-Gréhan'tschen Verfahrens. Das Princip ist bei beiden dasselbe.“ Wenn mir Hermann nun einen Ausdruck vorwirft, den ich von seinem Schüler abgeschrieben habe, so trifft er sich mit dem Vorwurfe der Ungenauigkeit selbst, weil er die Verantwortung für Berensteins Abhandlung übernommen hat.

Auf die Frage einzugehen, ob Gréhan't's Name hier genannt werden darf oder nicht, halte ich danach für überflüssig.

2. Hermann fügt auf S. 389 bei der Discussion der Fehlerquellen der Gad'schen Methode dem Worte: „Einfluss der Darmgase“ den Satz an: „auf den schon Berenstein hingewiesen hat.“ Diese Bemerkung enthält einen Vorwurf gegen mich aus folgendem Grunde. Ich discutire in meiner Abhandlung ausführlich die Fehlerquellen, die Berenstein zur Erklärung der Resultate Gad's aufgezählt hat, und zeige, dass eine ganz einfache Betrachtung lehrt, dass diese Fehlerquellen zur Erklärung der Unterschiede in den Resultaten Gad's und Berenstein's bei weitem nicht ausreichen. Danach mache ich nun erst darauf aufmerksam, dass die Darmgase die Hauptfehlerquelle sein müssen. Hätte Berenstein schon darauf hingewiesen, so wäre meine Darstellung wahrheitswidrig. Hermann scheint mir diesen Vorwurf machen zu wollen, weil er den oben erwähnten Zusatz macht.

Dazu habe ich zu sagen, dass Berenstein thatsächlich nicht schon auf den Einfluss der Darmgase aufmerksam gemacht hat. Auf die Fehlerquellen der Gad'schen Methode weist er mit folgenden Worten hin²⁾:

„Ferner sind die Versuche von Gad mit einem Fehler verknüpft, der durch die Mängel der pneumatometrischen Methoden, nämlich durch die Saugwirkung der Mundmuskulatur und durch den bei grossen Druckdifferenzen nicht genügend dichten Abschluss der Luftwege verursacht wird. Genau lässt sich der Fehler nicht

1) Dissertat. Dorpat 1891. S. 36.

2) Dies Archiv. Bd. 50.

bestimmen, da die Mängel die Werthe einerseits verkleinern, andererseits aber vergrössern müssen.“

Mehr sagt Berenstein nicht über die Fehlerquellen der Gad'schen Methode und ich muss daher den in Hermann's Bemerkung liegenden Vorwurf entschieden zurückweisen.

Von dem Einfluss der Darmgase spricht Berenstein an einer ganz anderen Stelle und in anderem Zusammenhang, nämlich bei der Kritik der Methode von Pflüger und Kochs. Hier sind aber Bedingungen und Art ihrer Wirkung anders als bei Gad. Wenn sie also da erwähnt werden, so liegt darin noch nicht implicite die Behauptung, dass sie auch bei Gad's Methode eine Fehlerquelle sind. Uebrigens ist ja auch zweifellos, dass Berenstein ihren Einfluss bei der Kritik der Gad'schen Methode sicher erwähnt hätte, wenn er in ihnen die Hauptfehlerquelle vermuthet hätte.

Ich resumire kurz: Wenn wir die niedrigsten Werthe Berenstein's als fehlerhaft von der Berechnung des Mittels ausschliessen, so kommen wir zu einem Werth, der nicht sehr verschieden ist von dem corrigirten Werth unserer Versuche nach Gad's Methode. Auch der von Jacobson angegebene Werth stimmt damit befriedigend überein. Ich schätze diesen wahren Werth auf rund 1200 ccm bei Körpertemperatur.