

# **Der Hämoglobingehalt des Blutes in grossen Höhen**

von

**Piero Giacosa.**

**Mit einer Abbildung.**

(Der Redaktion zugegangen am 3. Mai 1897.)

Zum Zweck der folgenden Untersuchungen liess sich eine Expedition, die aus dem Verfasser, Dr. Lorenzo Scofone, Assistent, und Carlo Viziale, Diener am medicinischen Laboratorium der Universität Turin bestand, auf der Alpe Lavez nieder. Die Alpe liegt 2450 m über dem Meere, im Thal von Gressoney, über Gressoney la Trinità auf den grasigen Abhängen unterhalb der Telciospitze, die sich aus dem Gebirgskamme erhebt, der vom Lyskamm bis zum Thal von Indren hinabzieht.

Das Häuschen besteht aus einem grossen Stall zu ebener Erde und 2 Zimmern eine Treppe hoch. Von diesen diente das eine als Laboratorium und Küche, das andere als Schlafzimmer und Laboratorium für die feineren Arbeiten. Die Lage kann für solche Untersuchungen nicht besser sein. Die Gletscher sind in drei Stunden erreichbar, man kann sogar in 9 bis 10 Stunden auf den Gipfel des Monte Rosa (Punta Gnifetti oder Signal-Kuppe) gelangen. Der Ort, wo die Alpe liegt, ist vor den Nordwinden geschützt, hat einen grossen Horizont vor sich und man kann die Sonne von Morgens bis Abends geniessen.

In dieser Hütte, deren Eigenthümer uns freundlichst die Benutzung gestattete, haben wir seit 3 Jahren von 1894 an

eine Reihe Untersuchungen angestellt. Die Arbeit über chemische und bacteriologische Untersuchung des Wassers und der Luft ist schon publicirt.<sup>1)</sup> Es bleibt noch übrig, darzulegen, was wir über einige physiologische Vorgänge beobachtet haben, besonders über den Einfluss des Gebirgsklimas auf den Blutfarbstoff und den Stoffwechsel. Die Beobachtungen wurden alle Ende Juli und im August an Menschen und Thieren vorgenommen, die direkt von Turin (Höhe 264 m) nach Lavez (2450 m) herauf gestiegen waren.

Die besonderen Bedingungen unseres kleinen Laboratoriums erlaubten mir nicht, mich des Spectrophotometers zu bedienen, und ich musste mich auf die colorimetrischen Methoden beschränken. Nachdem ich mich einige Zeit der Hoppe-Seyler'schen Methode oder der Doppelpipette und des Albrecht'schen Glaswürfels bedient hatte, musste ich darauf verzichten, weil die Blutmenge, die für jede Bestimmung gebraucht wurde, zu gross war und die unvermeidlichen Irrthümer sowohl beim Ablesen der Volumina, mit denen das Blut selbst verdünnt wird, als auch durch die Verluste beim Umgiessen der Flüssigkeit aus der Pipette zum Zweck der Verdünnung die Resultate nicht wenig beeinflussten. Dann wandte ich mich zu den andern Methoden, die auf der direkten Vergleichung mit einer Farbenprobe beruhen, aber ich überzeugte mich, dass auch da die Veranlassungen zu Irrthümern zahlreich sind, wie übrigens schon aus vielen Arbeiten über diesen Gegenstand hervorgeht. Bessere Resultate erhielt ich mit dem Chromoxetometer von Bizzozero, als Colorimeter gebraucht, indem ich mich zeitweise zweier dieser Instrumente bediente. In das eine brachte ich eine Hämoglobin-Lösung von bekanntem Gehalt, die immer in einer Dicke der Schicht von 5 Millimeter angewandt wurde, und in das andere goss ich die in gewöhnlicher

1) P. Giacosa, Indagini sulle acque e sulle nevi delle alte regioni, *Giornale della r. Accademia di medicina di Torino*, anno LVIII, n. 11, p. 537—568; 1895. —

L. Scofone, Esame batteriologico delle acque di neve di torrente di lago. *Archivio per le scienze mediche*, vol. XX, n. 12.

Weise verdünnte Blut-Lösung. Ich saugte nämlich 20 Cubikmillimeter Blut in ein Capillarröhrchen hinein und verdünnte es im Becherglas mit einer bestimmten Menge Wasser, meist 0.5 cem. Wenn man die beiden Apparate nebeneinander hält, ist es leicht, die Farben zu vergleichen.

Doch auch mit dieser Methode hatten wir einige Unannehmlichkeiten. Vor allem war die Vergleichung immer schwierig, wenn wir nicht erreichen konnten, dass die beiden Farbenbilder zusammenfielen. Zweitens habe ich feststellen können, dass die Messung der Blutmengen in Pipetten, die mit Marken für 10 oder 20 cmm. versehen sind, durchaus nicht genau ist: nicht nur deshalb, weil die im Handel vorkommenden Pipetten selten genau calibriert sind, sondern auch weil in einer solchen Pipette den gleichen Volumina beinahe immer verschiedene Werthe an Gewicht entsprechen. Dieser Umstand kann von Temperaturänderungen herkommen, oder von Coagulationen im Innern der Pipette, welche Veränderungen des Volumens bewirken, oder von dem veränderlichen Volumen der rothen Blutkörperchen, oder von diesen und anderen unbekanntem Ursachen, die zusammen wirken. Nicht allein gibt es Fehler bei der Messung der Blutmengen, sondern auch bei der des Wassers, welches zur Verdünnung benutzt wird, denn da es sich um kleine Quantitäten handelt, führt ein leichter Fehler beim Ablesen des Meniscus rasch zu beträchtlichen Schwankungen im Procentsatz der Lösungen.

Die ersten, im Jahre 1895, über den Hämoglobingehalt des Blutes angestellten Beobachtungen wurden auf dem Wege der Vergleichung zweier Chromocytometer gewonnen und folglich sind ihre Resultate den oben angeführten Fehlerquellen unterworfen. Diese Fehler sind jedoch allen Hämoglobinbestimmungen gemeinsam, welche auf einer volumetrischen Bestimmung der Menge des Blutes und des Verdünnungswassers beruhen.

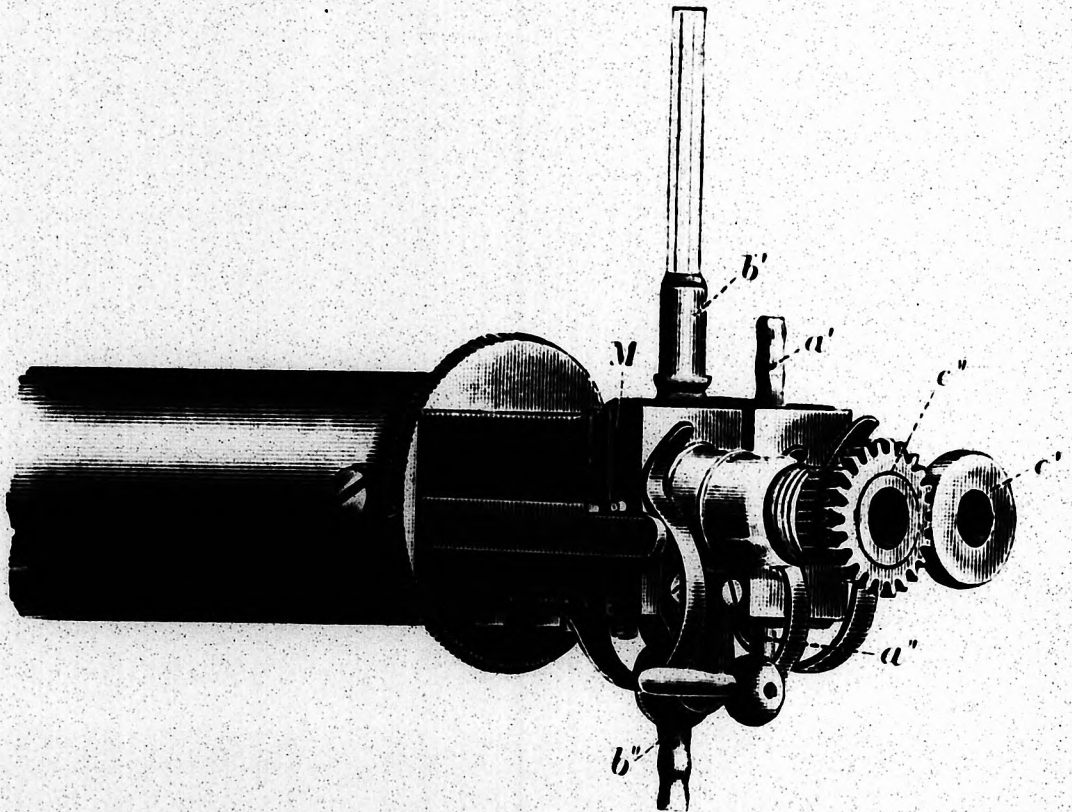
Im Winter 1895—1896 liess ich zur Vermeidung dieser Fehler einen Apparat construiren, von dem ich hier die Beschreibung gebe.

Er besteht aus einer rechteckigen Messingplatte von 5 mm. Dicke, die man am Ende des Fernrohres des Colorimeters mit dem Albrecht'schen Glaswürfel anbringt. In der Platte sind nebeneinander zwei Löcher von 8 mm. Durchmesser angebracht, deren Centren 12,5 mm. auseinander liegen. Indem man diese Löcher mit zwei kleinen Glascheiben verschliesst, verwandelt man sie in 2 kleine cylindrische Kammern, die zur Aufnahme der gefärbten Lösungen dienen. Dieselben werden durch Kanälchen eingeführt, welche die Dicke der Platte durchsetzen und am obern und untern Rande derselben münden.

Eins der beiden Löcher wird in der beschriebenen Weise geschlossen. Die beiden Kanälchen endigen in zwei kleine Kanülen, über welche Kautschuk-Röhrchen gezogen sind, deren untere mit einer Klemme versehen ist, während die obere ein gläsernes Capillarröhrchen trägt.

Das andere Loch der Messingplatte wird auf der inneren, dem Fernrohr zugekehrten Seite mit derselben Glasplatte geschlossen, welche die cylindrische Höhlung neben ihr deckt. Der äussere Schluss wird durch eine Glasplatte bewirkt, die man soweit hinein schieben kann, bis sie mit der inneren Platte zusammentrifft, grade wie beim Chromocytometer von Bizzozero, auch wird der Abstand der beiden Glaswände in derselben Weise bestimmt, wie bei dem eben genannten Apparat und dem Donné'schen Lactoscop.

Auch in diese mit beweglicher Wand versehene Kammer führen zwei Kanälchen, welche in der Richtung von oben nach unten verlaufen und zur Einführung der Farblösung dienen. Das untere Kanälchen läuft in eine mit Messinghahn versehene Röhre aus, das obere führt durch ein Messingrohr in ein gläsernes Capillarrohr, welches oben eine Kugel trägt und 15 cm. lang ist. Dieses Rohr ist zur Aufnahme der Flüssigkeit bestimmt, welche in der Kammer keinen Platz findet. Aus dem Steigen und Fallen der Flüssigkeitssäule in diesem Rohr ergibt sich noch eher als aus dem optischen Verhalten, in welchem Sinne die Glaswand bewegt wird.



Dieser Apparat wird durch Federn an dem Fernrohr festgehalten. Eine dieser Federn drückt zugleich die Glasplatte fest, welche die Kammer mit den festen Wänden schliesst. Um die Lichtintensität in den beiden Kammern gleich zu machen, ist folgende Einrichtung getroffen. Auf die äussere Glaswand der unbeweglichen Kammer ist eine Messingplatte aufgelegt, die von derselben Feder festgehalten wird und die ein Rohr von dem gleichen Durchmesser wie das daneben befindliche trägt. Dieses Rohr ist so eingerichtet, dass es sich zugleich mit dem ersten und in derselben Weise wie dieses verlängert und verkürzt.

Man füllt die Kammern, indem man die Flüssigkeit von unten einströmen lässt und die Schraube soweit aufdreht, dass die Wände der beweglichen Kammer 5 mm. von einander entfernt sind.

Die Flüssigkeit muss bis an die Capillarröhrchen über den Plättchen reichen. Wenn eine Luftblase in der Höhlung bleibt, kann man sie durch leichtes Schütteln, oder indem man den Apparat neigt oder mit der Pipette aufsaugt, unschwer entfernen.

Die Beobachtung wird rasch ausgeführt, indem man die Schraube dreht, bis man gleiche Färbung erzielt. Die Bewegung macht man entweder mit der Hand oder noch bequemer

durch Vermittlung einer Stange, welche dem Fernrohr parallel läuft und in ein Zahnrad endigt, welches in die Zähnung eingreift, mit der das äussere Ende der ersten Röhre versehen ist. Die Stange ist am ocularen Ende mit einem Knopf versehen.

In kürzester Zeit und ohne die Flüssigkeit zu berühren, erhält man eine Reihe Beobachtungen, welche mit einander bis auf einen Fehler von wenigen Hunderteln Millimeter übereinstimmen. Diesen Fehler kann man auch noch mit einiger Übung reduciren, indem man die passende Concentration der Lösung auswählt. Nach Beendigung des Versuchs entleert man die Kammern und wäscht sie wiederholt, ohne sie auseinander zu nehmen, mit Wasser, dann mit Alkohol oder mit Aether. Der Apparat kann dann von Neuem gebraucht werden.

Es ist klar, dass der Apparat für jede beliebige Flüssigkeit als Colorimeter dienen kann, die bei geringer Dichtigkeit eine entschiedene, gut wahrnehmbare Färbung besitzt. Bei der Untersuchung des Blutes habe ich mich davon überzeugt, dass die Lösung von 3% Kohlenoxyd-Hämoglobin, die Hoppe-Seyler angibt, eine gute Vergleichungslösung ist.

Schwächere Lösungen (0,25%) sind jedoch auch noch brauchbar und in vielen Fällen nützlich, weil sie mit geringen Blutmengen zu arbeiten gestatten.

Zur bequemeren Handhabung liess ich von dem Mechaniker Abrecht in Tübingen ein Fernrohr mit dem dazugehörigen Krystallwürfel construiren, welches viel kürzer war als das Colorimeter von Hoppe-Seyler. Der Apparat misst 27 cm. und ist mit einem Stiel versehen, an dem man ihn mit einer Hand hält, während man mit der andern die Schraube des Chromometers dreht, indem man auf eine weisse, gut erleuchtete Oberfläche blickt.

Als Vergleichslösung gebrauchten wir immer Lösungen von 0,25–0,30% Kohlenoxyd-Hämoglobin, die frisch für jede Versuchsreihe dargestellt wurden, indem wir die concentrirten Lösungen von 2 oder 3% verdünnten, die sich, wie bekannt, gut in zugeschmolzenen Röhren halten. Die Verdünnung, sowohl der Vergleichsflüssigkeit als des Blutes fand statt mit

leicht alkalischem Wasser (3—4 Tropfen Natronlauge auf 100 ccm. Wasser), welches stark kohlenoxydhaltig war.

Wir stellten sowohl die Vergleichslösung von Kohlenoxyd-Hämoglobin als die des Blutes nach Gewicht her. Für das Blut verfahren wir folgendermassen. Nachdem der Stich gemacht war, der den Blutstropfen geben sollte, nahm ich diesen mit einer Pipette auf, die aus einem Stück Thermometerröhrchen bestand, 5 cm. lang, 4 mm. weit, mit einem innern Capillarrohr,  $\frac{1}{2}$  mm. weit. Diese Pipette trug ein beliebiges Zeichen bei ungefähr 30 ccm. Fassungskraft und wurde mit Blut gefüllt bis beinahe an das Zeichen, nachdem sie leer genau gewogen worden war. Die Pipette war mit einem Gummiröhrchen verbunden, an dessen Ende ich mit dem Munde ansog. Nachdem das Blut eingeführt war, wurde der Cylinder geöffnet, in dem sich eine bestimmte Menge abgewogenen Wassers (ca. 1,5 ccm.) befand, das mit CO versetzt war. Die Pipette wurde in das Wasser getaucht, dass das Blut herauskam, und gut gewaschen, indem man die Flüssigkeit bis zum Zeichen ansog, dann wurde die Pipette von dem Gummischlauch losgemacht und im Cylinder gelassen, der wohlverschlossen wieder gewogen wurde. Da das Gewicht des Cylinders mit dem enthaltenen Wasser und das der leeren Pipette bekannt war, so erhielt man schnell als Differenz das Gewicht des Blutes und zwar ohne Irrthum oder Verlust.

Durch leichte Bewegung der Pipette kann man auch die Vertheilung des Blutes im Wasser beschleunigen. Wenn die Lösung des Blutes nach ihrer Wägung nicht klar war, was selten vorkam, konnte man sie erst filtriren, ehe sie in die bewegliche Kammer des Chromometers eingeführt wurde, und wenn die nicht vollkommen kirschrothe Farbe eine unvollständige Sättigung mit CO anzeigte, konnten einige Bläschen davon in die Pipette geleitet werden. — Dasselbe Wasser diente, um die Lösung von CO-Hämoglobin zu verdünnen, die zum Vergleich benützt wurde.

Die Beobachtungen, die mit dieser neuen Methode gemacht wurden, um deren Genauigkeit festzustellen, gaben gute Resultate. Man kann dagegen einwenden, dass sie den Gebrauch

einer Präcisionswage voraussetzt, die man bei Arbeiten in grossen Höhen nicht leicht erlangen kann.

Aber was dies betrifft, so schien es mir, dass ich bei einer so wichtigen und viel umstrittenen Frage, wie die nach den Veränderungen der Hämoglobin-Menge in grosser Höhe, nichts versäumen sollte, was Fehlerquellen abhalten könnte. Deshalb zögerte ich nicht, nicht nur nach Lavez, sondern bis auf den Gipfel der Signalkuppe, in die Hütte Regina Margherita, wo wir uns 3 Tage zu Beobachtungen aufhielten, eine gute analytische Wage von Sartorius mitzunehmen.

Meine Untersuchungen beziehen sich hauptsächlich auf die Veränderungen, die das Hämoglobin des Blutes erleidet beim Uebergang aus der Höhe von Lavez (2445 m.) zu der des Monte Rosa-Gipfels (4632 m.). In einigen Fällen wurden auch in Turin Bestimmungen ausgeführt, vor der Abreise, nach der Rückkehr und bei Wiedereröffnung des Laboratoriums im November. Diese letzteren Beobachtungen scheinen mir von grossem Werth zu sein, weil im Spätherbst die Temperatur von Turin beinahe der von Lavez gleich ist, während im Juli der Unterschied sehr gross ist.

Für die Beobachtungen am Menschen bot sich freundlichst Herr Dr. Lorenzo Scofone an, ein kräftiger junger Mann von 29 Jahren, der an den Berg gewöhnt ist und die Märsche und Anstrengungen gut verträgt. In Turin betrug die Menge Hämoglobin seines Blutes 13—18<sup>o</sup>/<sub>100</sub>, auf Grund vieler, zu verschiedenen Zeiten gemachten Untersuchungen.

Herr Dr. Scofone kam direkt von Turin nach Lavez, wobei er nur die letzten 3 guten Stunden Aufstieg von Gressoney-la-Trinità (1600 m.) bis zur Alpe (2445) zu Fuss machte.

Im Gebirge war die Lebensweise natürlich viel thätiger als in der Ebene; oft machten wir Spaziergänge und erstiegen nahe gelegene Gipfel. Die Ernährung war reichlich und unterschied sich nicht wesentlich von der in der Stadt, da wir Fleisch Brod, Milch, Butter und frische Gemüse haben konnten. Natürlich hob sich da oben der Appetit und das Allgemeinbefinden, be-



sonders im Vergleich mit den letzten Zeiten in Turin, wo Hitze und ermüdende Berufsarbeit zusammengewirkt hatten, die Kräfte zu drücken und den Appetit zu verkürzen.

In den Versuchen von 1895 und den ersten im Jahre 1896 wurde das Blut aus der Fingerbeere entnommen, was aber nicht leicht gelingt, wenn man nicht tiefe Schmitte macht, die in dem Gebirge bei der Kälte weniger leicht heilen. Wir benutzten deshalb später das Ohrläppchen, welches leicht einen tüchtigen Tropfen gibt, der mehr als genügt, um die nöthige Menge von 3 cgr. zu geben. Es war nicht einmal nöthig, Kaliumoxalat hinzuzufügen, denn wenn man rasch verfährt, so coagulirt das menschliche Blut nicht im Röhrchen.

Ich machte dieselbe Beobachtung beim Hühnerblut. Das der Hunde gerinnt im Gegentheil sehr schnell.

1896. Hämoglobin des Blutes von Dr. Scofone.

Lavez	8. August	16.4%	
..	9.	13.5 ..	-14.8%
..	10.	13.6 ..	
..	14.	16.7 ..	
..	22.	18.4 ..	
..	24.	15.7 ..	
..	26.	15.9 ..	
..	27.	15.2 ..	

Um festzustellen, ob die lokalen Bedingungen der Circulation auf die Quantität des Bluthämoglobins von Einfluss sind, haben wir verschiedene Male vor der Blutentnahme die Hand der Kälte oder der Hitze ausgesetzt, ohne jedoch merkbare Unterschiede zu beobachten. So erhielten wir am 9. August die erste Ziffer 13.5, nachdem die Hand etwa 6 Minuten in den Schnee gehalten worden war. Dieselbe Zahl 13,6% bekamen wir den andern Morgen, als die Hand 10 Minuten in Wasser von 40° gesteckt worden war.

In die Zeit vom 14.—21. fällt die Besteigung der Punta Gufetti und der Aufenthalt daselbst. Der 22. ist der Tag, der der Rückkehr folgt, und da lässt sich eine leichte Erhöhung im Hämoglobingehalt bemerken, die der auf dem Gipfel des Rosa gefundenen entspricht.

Der Aufstieg wurde in 2 Absätzen gemacht. Am Nachmittag des 18. August brachen wir von Lavez auf und stiegen bis zur Guifettihütte, um da zu übernachten, wo wir nach 5-stündigem Marsch ankamen, der wegen des vielen frisch gefallenen Schnees nicht leicht war. Ich muss hinzufügen, dass wir keine Führer hatten, die uns behilflich gewesen wären, und dass Dr. Scofone einen nicht zu schweren Sack trug. Wir kamen in bester Verfassung bei sinkender Nacht in der Hütte an<sup>1)</sup> und brachen am Morgen bei gutem Wohlsein nach der Punta Guifetti auf, die wir nach 4<sup>1</sup>/<sub>2</sub>-stündigem, nicht ermüdendem Marsch erreichten. Wegen schlechten Wetters blieben wir zwei Tage oben.

Die Beobachtungen oben wurden ganz genau ausgeführt und die Vergleichsflüssigkeit und das Blut wurden immer mit kohlenoxydhaltigem Wasser verdünnt.

Die Resultate sind folgende:

19. August 2 Uhr nachm.	16,6%	Hämoglobin
20. .. .. .	morgens 21,5%	.. .. .
21. .. .. .	.. 20,98%	.. .. .

Der Abstieg ging glücklich von statten bis Lavez, wo am andern Morgen, wie wir schon gesehen haben, der Hämoglobingehalt das Mittel noch überschritt.

Ich füge hier die wenigen Beobachtungen vom Jahre vorher an, wo Herr Dr. Scofone, der mit mir auf die Punta Guifetti gestiegen war, mit den Führern dort blieb und vom Freitag den 23. August bis Dienstag den 27. früh seine Beobachtungen ausführte, wobei er auch etwas schlechtes Wetter hatte. Den Abstieg vom Monte Rosa machte er bei dem guten Zustand der Gletscher und des Himmels mit einem Führer in 3<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Stunden, was wirklich eine grosse Leistung ist, wenn man die Kilometerdistanz (8 km. in gerader Richtung) und den Höhenunterschied (2100 m.) in Betracht zieht.

1) In der Hütte stiessen die Führer zu uns und wir trafen dort die Herren Loewy und Zuntz von Berlin, welche ähnliche Zwecke wie wir verfolgten, und Herrn Gustavo Mattiolo, stud. med., welcher uns bei unsern Untersuchungen in dankenswerther Weise unterstützte.



das ganze Lysthal vom Pont-St.-Martin bis Lavez (12 Stunden Marsch). In Lavez hatte er am 21. August 1895 15% Hämoglobin. Den andern Morgen brach er mit der Karawane zu der Besteigung des Rosa auf und gelangte, ohne getragen worden zu sein, am 23. Morgens auf den Gipfel, nachdem er in der Guifettihütte übernachtet hatte. Das Thier litt von der Kälte an den Pfoten und machte beständig Sätze, um die Pfoten nicht mit dem Eis in Berührung zu bringen: zuletzt waren die Spuren blutig. Auf dem Gipfel des Monte Rosa befand er sich wohl und frass.

Die folgenden Ziffern geben den oben gefundenen Hämoglobingehalt an.

1895 August 23.	wenige Stunden nach der Ankunft	12.8%
.. .. 24.	.. .. ..	10.0%
.. .. 25.	.. .. ..	15.3%
.. .. 27.	nach dem Abstieg n. Lavez (zu Fuss)	15.5%
.. .. 28.	.. .. ..	15.0%

Die Wirkung der Besteigung auf das Hämoglobin ist bei beiden Thieren nicht deutlich bemerkbar. Die erhaltenen Zahlen differiren untereinander nicht mehr, als man bei Thieren beobachtet, die immer in den gleichen Bedingungen gehalten werden. Was sicher ausgeschlossen ist, ist eine Zunahme der Menge Hämoglobin als unmittelbare Folge des Aufstiegs. Es ergibt sich sogar in den ersten Stunden sowohl bei ausgeruhten als bei ermüdeten Thieren eher eine Verminderung des Farbstoffs.

Betrachten wir noch die Zahlen zweier Kaminchen, die bei derselben Gelegenheit, im August 1895, in einem Korb von Lavez nach Monte Rosa gebracht worden waren.

Lavez 21. August 1895	Hämoglobin	13.0	12.7
Punta Guifetti 23. August		14.6	14.6
.. .. 24. ..		14.4	10.2
.. .. 25. ..		13.6	13.2
Lavez . . . . 27. ..		12.5	12.8
.. . . . 28. ..		15.0	10.0

Auch hier einige unbedeutende Veränderungen, aus denen sich kein anderer Schluss ziehen lässt, als dass der Transport zu einer Höhe von 4632 m. keinen fühlbaren Einfluss auf den Hämoglobingehalt des Blutes hatte.

Im Jahre 1896 wurden die hämometrischen Versuche an drei grossen Hühnern angestellt, die für Stoffwechseluntersuchungen auf gleichmässige Nahrung gesetzt wurden. Diese Thiere eignen sich gut zu solchen Untersuchungen: leicht zu transportiren, geben sie ohne Schwierigkeit aus ihrem Kamm einen Blutstropfen, der nicht leicht gerinnt<sup>1)</sup>; ihre Nahrung ist leicht abzuwägen und die Excremente sind halb fest.

Diese Hühner wurden vor dem Aufstieg nach Lavez angeschafft und bei constanter und gleichmässiger Ernährung gehalten, wovon ich in einer andern Arbeit berichten werde. Die Hämoglobinproben konnten in Turin zu jener Zeit nicht gemacht werden, wurden aber in Lavez regelmässig ausgeführt immer nach der neuen oben beschriebenen Methode. Bei der Wiedereröffnung des Laboratoriums im November nahmen wir die Beobachtungen wieder auf. Die Resultate sind in der folgenden Tabelle enthalten. In Lavez wurden die Hühner in etwas engen Käfigen gehalten, um sie an den Tragkorb<sup>2)</sup> zu gewöhnen. Sie hatten Wasser zur Verfügung und erhielten 80 gr. Getreide am Tag, das ganz aufgezehrt wurde. Sie blieben die ersten Tage im Freien unter dem Schutz eines kleinen Daches, aber da die Temperatur immer niedrig (im Durchschnitt 4° C.) und das Wetter schlecht war und es oft schneite, trugen wir sie in das Laboratorium, wo eine Temperatur von 10° C. herrschte.

	Datum	Hahn I. Gewicht im Juli gr. 1675 Hämoglobin %	Hahn II. Gewicht im Juli gr. 1100 Hämoglobin %	Hahn III. Gewicht im Juli gr. 1100 Hämoglobin %
In Lavez 1896 August . . . . .	7	13,7	17,4	11,4
.. .. .	10	11,8	17,0	10,6
.. .. .	12	13,5	16,1	12,6
.. .. .	16	13,3	15,8	15,07
.. . . .	17	13,6	18,8	16,0

1) C. Delezeune. Sur la lenteur de la coagulation normale du sang chez les oiseaux. Comptes-rendus de l'Acad. des sciences, vol. CXXII p. 1281 (1896).

2) Beschreibung des Tragkorbs siehe „Giorn. accad. di med. di Torino. Jahrg 58 pag. 537.

	Datum	Hahn I Gewicht im Juli gr. 1675 Hämoglobin	Hahn II Gewicht im Juli gr. 1100 Hämoglobin	Hahn III Gewicht im Juli gr. 1100 Hämoglobin
Auf dem Monte Rosa <sup>1)</sup> . . . . .	19	12.9	14.9	—
.. .. .	20	9.66	14.46	11.8
In Lavez zwei Tage n. d. Rückkehr	23	16.4	21.0	17.9
.. .. .	24	13.6	16.8	15.4
.. .. .	25	12.9	15.4	16.5
.. .. .	26	13.7	17.0	13.2
.. .. .	27	15.6	18.4	15.8
Turn im Dezember <sup>2)</sup> . . . . .	1	16.0	16.4	—
.. .. .	2	16.4	15.34	18.9
.. .. .	4	14.0	15.8	15.5
.. .. .	7	14.2	16.4	—
.. .. .	9	16.5	—	—
.. .. .	11	13.9	13.3	17.1
.. .. .	14	13.09	15.3	15.3

1) Die Hähne sind auf den Schultern hinaufgetragen worden und erhielten ihre gewöhnliche Ration. Nr. I zeigte sich gut aufgelegt, krächte und frass, obgleich wir bemerkten, dass der Kamm von der Kälte gelitten hatte. Nr. II und Nr. III waren niedergeschlagen, frassen nicht, tranken wenig, die Fäces waren fest. — Beim Verdünnen des Blutes mit kohlenoxydhaltigem, leicht alkalischem Wasser bemerkte ich, dass die Blutkörperchen sich nicht auflösen, sondern in kompakten Massen zu Boden sinken, wobei die überstehende Flüssigkeit ungefärbt bleibt. Um zu bewirken, dass das Hämoglobin in das Wasser übergeht, habe ich zu verschiedenen Malen das Blut gefrieren lassen müssen. Dies war leicht zu machen, da die äussere Temperatur sehr niedrig war ( $-13^{\circ}$  C.). Auf diese Weise erhielt ich eine gleichmässige Lösung von Hämoglobin, aber es blieb immer ein Niederschlag von amorpher, farbloser Substanz in der Pipette zurück. Da ich kein Mikroskop hatte, konnte ich die Natur desselben nicht feststellen. — Der Aufenthalt in der Hütte dauerte 2 Tage, den 19. und 20.; am 21. wurden sie heruntergebracht und nahmen bald das normale Aussehen wieder an. Nr. I krächte und frass, obwohl sich auf dem Kamm kugelige Erhebungen zeigten, von denen die Epidermis in grossen Stücken abgestossen wurde. Am 27., an dem die Beobachtungen aufhörten, waren die Phlyktaenen beinahe verschwunden.

2) Am 19. wurden die Hühner gewogen.

Nr. I 2260 gr. (Zunahme seit Juli 585 gr.)

Nr. II 1120 gr. ( .. .. . 20 gr.)

Nr. III 1160 gr. ( .. .. . 60 gr.)

Die Hähne sind in bestem Zustand.

Aus diesen Zahlen kann man entnehmen, wie das Hämoglobin des Blutes immer schwankt, wenn auch die äusseren Verhältnisse gleich bleiben, und wie die Schwankungen bei manchen Individuen deutlicher sind, als bei andern. Der Hahn Nr. I hatte in Lavez vor dem Aufstieg einen fast gleichmässigen Hämoglobingehalt, während sich bei Nr. II und III täglich andere Zahlen ergaben. Nicht einmal der Einfluss des hohen Berges ist hier sehr fühlbar, und wenn man die Ziffern, die wir auf dem Monte Rosa erhielten, mit denen von Lavez vergleicht, so geht daraus höchstens eine Tendenz zu einer kleinen Abnahme im Procentsatz des Hämoglobins bei einer grösseren Berghöhe hervor, wie auch eine rapide Rückkehr zum höheren Procentsatz beim Herabsteigen. Eine andere Thatsache ist, dass die Hühner in Turin meistens eine grössere Menge Hämoglobin hatten, wie in Lavez.

Untersuchungen über die quantitativen Veränderungen des Blutes sind schon von verschiedenen Autoren mit direkten und indirekten Methoden ausgeführt worden. Direkte Methoden sind die Bestimmung des Hämoglobins nach Gewicht oder mit den Colorimetern. Indirekte sind die Bestimmungen der respiratorischen Capacität des Blutes, d. h. die in einer gegebenen Menge Blut enthaltene Menge Sauerstoff, das Zählen der rothen Blutkörperchen und die Bestimmung der Dichtigkeit des Blutes.

Die direkten Methoden sind ohne Zweifel die sichersten. Unter den colorimetrischen ist diejenige den wenigsten Fehlern ausgesetzt, wo die Vergleichen mit gut bestimmter Normallösung ausgeführt und die Blutmenge erst gewogen und dann volumetrisch bestimmt wird. Unter den indirekten Methoden ist die der Bestimmung der respiratorischen Capacität brauchbar und physiologisch die wichtigste. Das Zählen der Blutkörperchen ist nicht ohne Irrthümer und gibt keinen sicheren Anhalt für die Menge Hämoglobin, weil der Gehalt der Blutkörperchen an Farbstanz Veränderungen unterworfen ist. Die Schwankungen in dem specifischen Gewicht sind auch von geringerer Zuverlässigkeit. Müntz<sup>1)</sup> hat auf dem Pic du Midi (2877 m.

<sup>1)</sup> Compt. rend., vol. 112, pag. 298.

Kaninchen in Freiheit gesetzt, sie acclimatisirten sich leicht und vermehrten sich. 1890 prüfte er das Blut der dort geborenen oder 7 Jahre dort gebliebenen, und verglich es mit dem der Kaninchen der Ebene von demselben Stamm. Er fand, dass bei den Bergkaninchen das Eisen von 40 auf 70 mgr. in 100 gr. Blut gestiegen war, der von 100 ccm. Blut absorbirte Sauerstoff stieg von 9 auf 17 ccm.; die Dichtigkeit von 1046 auf 1060, der feste Rückstand von 15 auf 21<sup>o</sup>/<sub>0</sub>. Er constatirte analoge Veränderungen im Blute von Schafböcken aus der Ebene nach einem nur sechswöchentlichen Aufenthalt auf den Bergen und beobachtete, dass das künstliche Fettmachen denselben Effekt auf das Blut ausübt.

Ich habe diese Versuche zuerst genannt, weil sie die einzigen sind, bei denen sich eine direkte Dosirung nach dem Gewicht des Eisens und dementsprechend des Bluthämoglobins vorfindet. Aber die Resultate der Acclimatisation, die durch diese Arbeit gewonnen sind, waren vorher schon durch Bert<sup>1)</sup> erlangt, der gefunden hatte, dass die Menge Sauerstoff, die ein bestimmtes Volumen Blut von gewöhnlichen Pflanzenfressern aufnimmt, bei den Thieren, die in La Paz wohnen (3700 m.), grösser ist, als bei denen in der Ebene von Frankreich. — Die Differenz steigt bis zu 50<sup>o</sup>/<sub>0</sub> in einigen Fällen. Viault<sup>2)</sup> bestätigt diese Resultate, indem er direkt das Gas aus dem Blut der Thiere der Cordilleren in der Höhe von 4392 und 3724 m. auspumpfte.

Egli-Linclair<sup>3)</sup> hatte, indem er an sich selbst, an Dr. Guglielminetti und an Imfeld experimentirte, gefunden, dass an den 3 ersten Tagen des Aufenthalts am Montblanc das Hämoglobin um 50<sup>o</sup>/<sub>0</sub> von der früheren Menge abnimmt.

Koeppe fand in Reiboldsgrün, 700 m. über der Ostsee, eine Abnahme des Hämoglobins, obwohl eine active lebhaftere Neubildung der Blutkörperchen vor sich ging. Und was die Dichtigkeit des Blutes anbetrifft, so fanden Schumbürg und

1) Compt. rend., Bd. 94, S. 895.

2) Ebenda. 112, S. 295.

3) Annales de l'Observatoire météorologique du Mont-Blanc. I. Paris 1893, S. 109.



N. Zuntz,<sup>1)</sup> dass sie bei dem Wechsel von Berlin (42 m.) nach Zermatt (1632 m.) abnimmt, während der Aufstieg von Zermatt nach der Betemps-Hütte (2800 m.) ohne merklichen Einfluss auf das spezifische Gewicht zu sein scheint. Resultate, die die Theorie von Grawitz unannehmbar machen, dass durch den starken Wasserverlust im Gebirge eine Verdickung des Blutes stattfindet.

In Frühjahr 1896 bestimmte Herr Dr. Kutthy die Dichtigkeit des Blutes, die Anzahl der Blutkörperchen und die Menge des Hämoglobins (mit der Fleischl'schen Methode) in künstlich verdünnter Luft mittelst des Apparates im Turiner physiologischen Laboratorium und in Gressoney-la Trinità. Die Resultate, die er erhielt,<sup>2)</sup> führten ihn zum Schluss, dass mit den von ihm angewandten Methoden sich gar kein Einfluss auf die Zusammensetzung des Blutes nachweisen lässt, die der barometrischen Depression zugeschrieben werden könnte.

Ich will hier nicht die bekannten Arbeiten von Miescher, Egger, Koeppe, Oliver anführen, die alle eine Zunahme der Blutkörperchen oder des Hämoglobins bei einer geringeren Druckverminderung, als der von mir studirten, gefunden haben.

Wer die ganze Litteratur über diese Frage liest und sich von den bei den Untersuchungen angewandten Methoden und deren Fehlern Rechenschaft gibt, wer die verschiedenen und oft widersprechenden Resultate vergleicht und schliesslich die von mir erhaltenen Zahlen durchliest, wird zu dem Schluss kommen, dass der längere Aufenthalt und die Acclimatisation in gleich hohen oder höheren Gegenden als der Pic du Midi (2800 m.) eine fühlbare Zunahme im Hämoglobin des Blutes hervorbringt, dass hingegen bei geringerer Höhe oder kürzerem Aufenthalt selbst in grösserer Höhe ein Einfluss auf das Hämoglobin des Blutes nicht ersichtlich ist. Die Variationen, die sich hier zeigen, sind gering, sind verschieden bei verschiedenen Thieren einer Species und bei den verschiedenen Species. Beim Menschen zeigt sich eine Tendenz zur Zunahme. —

<sup>1)</sup> Pflüger's Archiv, Bd. 63, S. 461 (1896).

<sup>2)</sup> R. Accad. dei Lincei, Rendiconti, Bd. V, fasc. 5, 2. Bd., S. 191