

# Physiologisches und Geographisches über das Blut.

Ein populärer Vortrag, gehalten in der Monats-  
Versammlung vom 24. Februar 1894

von

Hofrath Prof. Dr. Alexander Rollett.

---

Geehrte Anwesende!

Ich muss Sie zunächst bitten, dass Sie sich einige That-  
sachen vorführen lassen, welche die Physiologie in der Lehre  
vom Blute verzeichnet. Ich werde dabei nur so weit gehen,  
als nothwendig ist, um Ihnen später einige Beziehungen zwischen  
Meereshöhe und Blutbeschaffenheit darzulegen, die sehr wichtig  
sind und welche wir erst in neuerer Zeit immer besser kennen  
gelernt haben.

Um nun rasch inmitte des Gegenstandes zu gelangen,  
will ich Ihnen zeigen, wie ein Tropfen Blut vom Menschen,  
welchen man etwa durch einen Nadelstich in die Haut gewonnen  
hat, unter dem Mikroskope aussieht.

Ich bediene mich dazu des Projections-Mikroskopes und  
einer 16.300maligen Vergrößerung. Sie sehen in demselben eine  
große Zahl von kreisscheibenförmigen Körperchen. In Wirk-  
lichkeit beträgt der größte Durchmesser einer solchen Scheibe  
im Mittel 7·7 Mikren. Als Mikron wird der Kürze halber  
0·001 *mm* bezeichnet.

Diese Körperchen sind die rothen Blutkörperchen; sie  
erscheinen im Tropfen zu größeren oder kleineren Gruppen zu-  
sammengedrängt.

Im Blute innerhalb der Gefäße sind sie so gleichmäßig  
vertheilt und so zahlreich vorhanden, dass auch die Flüssigkeit  
zwischen denselben, das Plasma, nur mikroskopisch kleine

Räume einnimmt und das Blut dem bloßen Auge als homogene rothe Flüssigkeit erscheint.

Man kann sich aber auch ohne Mikroskop von der Zusammensetzung des Blutes aus diesen zwei wichtigsten Bestandtheilen, aus den rothen Körperchen und dem Plasma, überzeugen.

Wenn nämlich das Blut nach der Entfernung aus den Gefäßen flüssig erhalten wird und in langen Cylindergläsern sich selbst überlassen stehen bleibt, so senken sich die rothen Blutkörperchen, weil sie specifisch schwerer sind, zu Boden, während körperchenfreies Plasma über den Bodensatz sich ausscheidet.

Viel rascher noch kann man diese Sonderung von Körperchen und Plasma herbeiführen durch die Fliehkraft.

Ich habe hier eine kleine Centrifuge, die durch Wasserdruck getrieben wird. An den Armen einer verticalen Achse, die in rasche Rotation versetzt werden kann, hängen vier bewegliche Metallkörbe, bestimmt zur Aufnahme von Eprouvetten; diese sind mit Blut gefüllt; setze ich die Centrifuge in Bewegung, so nehmen die Körbe und Eprouvetten zufolge der Fliehkraft die horizontale Lage ein, und wenn sich nun der Apparat fort dreht, tritt im Blute eine Decomposition ein, weil die Blutkörperchen, die ein größeres specifisches Gewicht besitzen, im Sinne der Fliehkraft mehr beschleunigt werden und in den äußeren Theil der Eprouvetten gelangen. Hemme ich den Gang der Centrifuge wieder, dann gehen die Eprouvetten in die verticale Lage zurück, und wenn ich sie nun aus den Körben herausnehme, finde ich die rothen Blutkörperchen zum größten Theile als dicken Satz am Boden der Eprouvette, während darüber eine Flüssigkeit steht, die arm an Körperchen ist. Hätte ich den Versuch länger fortgesetzt, so würde ich schließlich eine körperchenfreie Flüssigkeit über einen noch mehr zusammengedrängten Bodensatz von rothen Blutkörperchen erhalten.

Versuche haben ergeben, dass in 100 Theilen Blut 37 Theile rothe Blutkörperchen und 63 Theile Plasma-Flüssigkeit enthalten sind.

Die höchste Bedeutung erhalten nun die rothen Blutkörperchen eben dadurch, dass sie die Träger des eigenthümlichen Farbestoffes des Blutes sind.

Wir können diesen Farbestoff, der auch alles Eisen des Blutes enthält, durch geeignete Methoden aus dem Blute gewinnen.

Er erscheint dann, wir haben dabei zunächst das Menschenblut im Auge, in Form von prismatischen Krystallen; unter dem Mikroskope sehen dieselben so aus, wie Sie dieselben hier sehen.<sup>1</sup> Wir bezeichnen diesen Farbestoff mit dem Namen Haemoglobin.

Diese Krystalle sind in Wasser löslich und die rothen Lösungen, welche sie ergeben, zeigen ein eigenthümliches Verhältnis zum Sauerstoff der Luft.

Sie binden denselben, und zwar nimmt immer 1 *gr* Haemoglobin in der Lösung 0·0024 *gr* = 1·67 C. C. Sauerstoff bei 760 *mm* Druck auf.

Diese Verbindung ist eine chemische, wie L. Meyer zuerst zeigte, und wir bezeichnen sie als Oxyhaemoglobin.

Wenn man eine Lösung von Oxyhaemoglobin mit der Luftpumpe behandelt, wird aber das Oxyhaemoglobin wieder dissociert. Der Sauerstoff geht ins Vacuum über und schließlich bleibt in der Lösung nur reduciertes Haemoglobin zurück, welches aber beim Schütteln mit Luft wieder in Oxyhaemoglobin übergeht.

Es existieren also zwei Modificationen dieses Farbestoffes, das Oxyhaemoglobin und das Haemoglobin schlechtweg oder reducierte Haemoglobin; das erstere ist mit Sauerstoff verbunden, das letztere frei von Sauerstoff.

Eine Lösung von Oxyhaemoglobin erscheint hellroth im durchfallenden Lichte, eine solche von reduciertem Haemoglobin dagegen bläulichroth und dunkler. Ich werde Ihnen diese zwei Farben an gleichconcentrierten Lösungen von Oxyhaemoglobin und von reduciertem Haemoglobin hier in diesem Felde<sup>2</sup> neben einander zeigen.

Wenn man das Licht, welches durch solche Lösungen gegangen ist, spectral zerlegt, so findet man auch im Spectrum abweichende Erscheinungen.

<sup>1</sup> Die Krystalle wurden mit dem Projections-Mikroskope gezeigt.

<sup>2</sup> Die Lösungen wurden, in zwei kleinen Fläschchen enthalten, an die Wand projicirt, und zwar mittels eines durch elektrisches Licht beleuchteten Projections-Apparates.

Ich werde Ihnen dieselben mittels elektrischen Bogenlichtes ebenfalls im Projectionsfelde zeigen.

Zuerst sehen Sie das Spectrum des Kohlenlichtes und jetzt das Spectrum desselben Lichtes, welches aber vorher durch eine Lösung von Oxyhaemoglobin gegangen ist. Es treten in diesem Spectrum an ganz bestimmten Stellen zwei breite dunkle Streifen, sogenannte Absorptionsbänder, auf, welche zeigen, dass Strahlen von bestimmter Wellenlänge ausgelöscht oder stark geschwächt erscheinen.

Ein ganz anderes Spectrum gibt das reducierte Haemoglobin. Sie sehen es jetzt im Projectionsfelde; es hat nur einen dunklen Streifen, welcher der Lage nach dem hellen Zwischenraume der Streifen des Oxyhaemoglobin entspricht.

Wie schon gesagt, geht Haemoglobin durch Aufnahme von Sauerstoff in Oxyhaemoglobin und dieses durch Abgabe von Sauerstoff wieder in Haemoglobin über.

Diese Beziehung des Haemoglobin zum Sauerstoff ist nun für unser Leben sehr wichtig, weil auf ihm der ganze Verkehr unseres Organismus mit der uns umgebenden Atmosphäre beruht. Mittels der Schlagadern wird allen Organen und Geweben unseres Körpers hellrothes oder arterielles Blut zugeführt, wie Sie es in dieser Kugel<sup>1</sup> enthalten sehen. In diesem Blute ist Oxyhaemoglobin enthalten und dieses hat seinen Sauerstoff in den Lungen aufgenommen aus der Luft, die wir einathmen und die bekanntlich aus 21 Sauerstoff und 79 Stickstoff gemengt ist. An Haemoglobin gebunden, führt dieses Blut den Sauerstoff allen Organen und Geweben zu und gibt ihn an dieselben ab; dort erst wird er definitiv verbraucht zur Herstellung von Stoffwechsel-Producten, darunter von  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  u. s. w.

Aus den Organen und Geweben kehrt das Blut in den Blutadern dunkelroth oder venös zurück, wie Sie es in dieser Kugel enthalten sehen. Seine Farbe rührt daher, dass ein großer Theil des Oxyhaemoglobin in den Geweben seinen

<sup>1</sup> Arteriell und venöses Blut war in zwei übereinander hängenden Glaskugeln, die sich drehen ließen, enthalten. Die Kugeln hiengen vor schwarzem Sammt und wurden mittels einer gegen die Zuhörer gedeckten Glühlampe beleuchtet. Man sieht auf diese Weise den Farbenunterschied von arteriellem und venösem Blute ganz prachtvoll.

Sauerstoff abgegeben hat, zugleich hat aber das Blut auch  $\text{CO}_2$  aufgenommen. Das Haemoglobin dieses Blutes beladet sich erst in den Lungen wieder mit Sauerstoff und dort gibt das Blut zugleich die aus den Geweben herrührende Kohlensäure und das Wasser ab.

Bei jedem Kreislauf des Blutes kommt in den Lungen diese Sauerstoff-Aufnahme und Kohlensäure-Abgabe des Blutes aus der Luft und in die Luft vor und das nennen wir äußere Athmung. Der Stickstoff der Luft verhält sich dabei ganz indifferent.

In den Geweben und Organen kommt aber ebenso bei jedem Kreislaufe Abgabe des Sauerstoffes des Haemoglobin ans Gewebe und Aufnahme von  $\text{CO}_2$  aus dem Gewebe ins Blut vor und diesen Vorgang nennen wir innere Athmung. Die Haemoglobin-Molecüle sind also wie Lastträger immer beschäftigt auf dem Wege zwischen äußerer und innerer Athmung und die Last, die sie aufnehmen, fortführen und abgeben, um wieder an den Ort der Aufnahme zurückzukehren und dieselben Schleppdienste zu erneuern, ist der Sauerstoff der Luft.

Wir haben aber früher gesehen, dass das merkwürdige Haemoglobin im Blute nicht gelöst enthalten ist, sondern fixiert an die Blutkörperchen und darum können wir eigentlich die rothen Blutkörperchen, — und dadurch wird unser Vergleich noch anschaulicher, — als die immer wieder aufs neue beladenen und entlasteten Lastträger für den Sauerstoff bezeichnen und sie verrathen es gleich, ob sie voll beladen von der Sauerstoffquelle weg oder entlastet und zu neuer Aufnahme bereit, zur Sauerstoffquelle hinwandern; denn im ersteren Falle treten sie in hellrother, im letzteren Falle in dunkelkirschrother Gewandung auf.

Bleiben wir bei diesem Vergleiche, dann können wir das Blut, wie einst Moleschott gethan hat, mit einem volkreichen Staate — er hat ihn Polybrozien genannt — vergleichen, denn Volkszählungen, die man in diesem Reiche vorgenommen hat und wie ich hinzufüge, nach ganz exacten Methoden vornehmen konnte, haben ergeben, dass in dem etwas über fünf Liter betragenden Blute eines 70 *kg* schweren Mannes 25,399.150.000.000 rother Blutkörperchen, d. h. in einem Tropfen dieses Blutes =  $1 \text{ mm}^3$  5,000.000 rothe Blutkörperchen enthalten sind.

Das ist nun gewiss eine sehr interessante und merkwürdige Sache.

Sie wird uns aber noch viel interessanter und merkwürdiger erscheinen, wenn ich Ihnen nun den tiefen Sinn derselben erkläre.

In Form einer Lösung in der Blutflüssigkeit konnte das Haemoglobin nicht im Blute enthalten sein.

Dabei wäre es zwar am feinsten im Blute vertheilt gewesen, allein es würde auch das Blut sehr leicht verlassen können und an Orte gelangen, wo es nichts zu thun hat, während seine Anwesenheit im Blute durchaus nothwendig ist, wie Sie gesehen haben. Es musste also im Blute fixiert werden, das ist geschehen; aber dann musste es auch auf so viele einzelne winzige Träger vertheilt werden, wie es die rothen Blutkörperchen sind.

Es ist festgestellt worden, dass die Oberfläche eines rothen Blutkörperchens  $0.000128 \text{ mm}^2$  beträgt.

Danach beträgt die Oberfläche der über 25 Billionen rothen Blutkörperchen eines erwachsenen Mannes

$$3251.0848 \text{ m}^2$$

Was ist das für eine Fläche? Eine kolossale für das Blut eines Menschen.

Um uns die merkwürdige Einrichtung, die hier vorliegt, ganz zu vergegenwärtigen, wollen wir uns einmal das Gegenheil von der feinen Vertheilung der Blutkörperchen vorstellen.

Nämlich dass alle Blutkörperchen eines Menschen in eine Masse verschmolzen wären, dann würden wir aus den Blutkörperchen einen Körper erhalten von  $1818 \text{ cm}^3$  Inhalt.

Ein solcher Körper entspricht ungefähr einem Würfel von  $12.2 \text{ cm}$  Seite; eine Seite dieses Würfels hätte einen Flächeninhalt von  $148.84 \text{ cm}^2$  und die ganze Oberfläche des Würfels  $893.04 \text{ cm}^2$  Flächeninhalt, also die Oberfläche eines halben Bogens Papier.

Theile ich nun den Würfel in zwei Theile, erhalte ich zwei neue Oberflächen. Theile ich ihn in vier Theile, wieder vier neue Oberflächen u. s. f.

Und würde ich nun die Theilung solange fortsetzen, bis

ich auf Würfeln geführt würde, von denen einer die Oberfläche eines Blutkörperchens hätte, so würde die Summe der Oberflächen aller dieser wieder

$$3251.0848 \text{ m}^2$$

betragen, welche wir früher als Gesamt-Oberfläche aller Blutkörperchen kennen gelernt haben.

Das ist aber eine Oberfläche, ungefähr so groß wie die Oberfläche des inneren Viereckes unseres Franzensplatzes in Graz.

Für einen Infanterie-Militärmantel rechnet man, wie mir mitgetheilt wurde, 3 m 30 cm Tuch von 140 cm Breite.

Ich habe mir ausgerechnet, für wie viel Mann Infanterie Mäntel angefertigt werden könnten, wenn eine solche Fläche Tuches zur Verfügung stünde, wie sie der Oberfläche der Blutkörperchen eines erwachsenen Mannes entspricht, und gefunden, dass es für eine Zahl von 725 Mann reichen würde.

Sie ersehen hieraus, wie das Haemoglobin, weil es sich im gelösten Zustande im Blute seinen Zwecken nicht anpassen konnte, in anderer Weise seinen Zwecken angepasst wurde.

Der Träger desselben, die Blutkörperchen-Substanz, welche die Erhaltung des Haemoglobin im Blute sicherstellen musste, hat gleichsam durch Pulverisierung eine riesige Oberfläche erhalten, auf welcher sich das Haemoglobin dem Sauerstoff der Luft und den sauerstoffzehrenden Geweben darbieten kann, dass es rasch mit Sauerstoff gesättigt und auch rasch desselben wieder entledigt werden kann.

Ich muss auch noch anführen, dass wir das Haemoglobin der Blutkörperchen quantitativ genau bestimmen können und dass solche Bestimmungen ergeben haben, dass in 100 Theilen Blut 14 Haemoglobin enthalten sind und dass das Haemoglobin der sämtlichen rothen Blutkörperchen eines 70 kg schweren Mannes sich auf 750 gr beläuft.

Und nun will ich zu einigen merkwürdigen Thatsachen übergehen, welche schon vor längerer Zeit bekannt geworden sind, aber erst in neuerer Zeit von so vielen Seiten bestätigt wurden, dass man sie als einen bleibenden Gewinn für die Wissenschaft ansehen kann. Danach hätte ich die 5,000.000 Blutkörperchen im  $\text{mm}^3$  Blut und die 14 gr Haemoglobin in

100 Theilen Blut eigentlich nur Menschen zuschreiben müssen, die sich in einer bestimmten Seehöhe aufhalten, im Tieflande etwa in Basel oder Graz.

Man hat nämlich eine sehr merkwürdige Beziehung zwischen Gehalt des Blutes an Blutkörperchen und Haemoglobin und der Seehöhe aufgefunden.

Ich werde mich bei der Erläuterung dieser Thatsachen häufig der hier verzeichneten Tabelle bedienen und bin ge- nöthigt, über diese einige Bemerkungen voraus zu schicken.

O r t	Seehöhe in Metern	Luft- druck in Milli- metern	Sauer- stoffdruck in Milli- metern	Entsprechend einem Gemenge von Stickstoff und Sauerstoff bei 760 mm Druck von Sauerstoff- gehalt in %.
Meeresküste . . . . .	0	760	159·60	21·00
Basel . . . . .	279	734	154·14	20·28
Graz . . . . .	370·9	726	152·46	20·06
Langenbruck (Baselland) .	700	696	146·16	19·23
Radegund . . . . .	714	695	145·95	19·20
Axenstein . . . . .	750	692	145·32	19·12
Serneus (Graubünden) .	985	672	141·12	18·57
Champéry (Wallis) . . .	1052	666	139·86	18·40
Schöckel . . . . .	1446	634	133·14	17·52
Arosa . . . . .	1892	599	125·79	16·55
Aetna . . . . .	3313	502	105·42	13·85
La Paz (Bolivia) . . . . .	3700	478	100·38	13·21
Morococha (Peru) . . . . .	4392	439	92·19	12·13
Montblanc . . . . .	4810	416	87·36	11·49
Wohnsitze thibetanischer Hirten im Himalaya . .	5030	405	85·05	11·06
Antisana . . . . .	5880	370	77·70	10·22
Cotopaxi . . . . .	5945	360	75·60	9·95
Chimborazzo . . . . .	6437	340	71·40	9·39
Abhänge des Ibi Gamin .	6882	320	67·20	8·84
Illimani . . . . .	7310	300	63·00	8·29
Dawalaghiri . . . . .	8185	270	56·70	7·46
Sivel, Croce-Spinelli und Tissandier im Ballon .	8600	262	55·02	7·24
Glaisher und Coxwell im Ballon . . . . .	8838	248	52·08	6·85
Mont Everest . . . . .	8840	248	52·08	6·85



Im ersten Stabe der Tabelle sind eine Reihe von Orten verzeichnet.

In dem zweiten Stabe ist die Seehöhe dieser Orte in Metern angegeben.

In dem dritten Stabe ist der diesen Seehöhen entsprechende mittlere Luftdruck in *mm* verzeichnet, und zwar bis zur Höhe von 5030 *m* nach den Tabellen des Collegen Frischeauf (1877), die weiteren nach P. Bert.

Um den vierten und fünften Stab zu erklären, muss ich an das Folgende erinnern.

Die atmosphärische Luft ist ein Gasgemenge, welches aus 21 Sauerstoff und 79 Stickstoff besteht.

In einem solchen Gemenge übt jedes Gas einen solchen Druck aus, als ob es allein vorhanden wäre; der Gesamtdruck des Gemenges ist die Summe der Einzel- oder Partialdrucke der Gemengtheile.

Ich muss für jeden Luftdruck diesen im Verhältnis von 21 zu 79 theilen, wenn ich den Druck des Sauerstoffes und den Druck des Stickstoffes erfahren will.

Thue ich das, so erhalte ich für den Sauerstoffdruck bei allen Luftdrucken die im vierten Stabe verzeichneten Zahlen, was fehlt, um diesen zum Gesamtdrucke zu ergänzen, kommt auf Rechnung des Stickstoffes.

Uns interessiert nur der Sauerstoffdruck und darum ist nur dieser verzeichnet.

Man kann sich aber rasch sehr anschaulich klar machen, unter welche geänderte Verhältnisse der Organismus durch den mit der Seehöhe abnehmenden Sauerstoffdruck gelangt, wenn man berechnet, wie ein Gemenge von Stickstoff und Sauerstoff zusammengesetzt sein würde, wenn in demselben bei 760 *mm* Druck derselbe Sauerstoffdruck vorhanden wäre wie in der verdünnten Luft größerer Höhen. Es ist im fünften Stabe der Sauerstoffgehalt solcher Gemenge in % verzeichnet.

Eine solche Betrachtung ist darum vollständig zulässig, weil P. Bert in der That durch zahlreiche Versuche bewiesen hat, dass es für den Gasgehalt des Blutes und die Umsetzung in den Geweben innerhalb sehr weiter Grenzen ganz gleichgiltig ist, ob der Sauerstoffdruck der Luft durch Änderung

des barometrischen Druckes oder durch Änderung der procentischen Zusammensetzung des Gemenges aus Stickstoff und Sauerstoff bei gewöhnlichem Drucke (760 mm) geändert wird.

Und nun kann ich auf die schon wiederholt erwähnten merkwürdigen Thatsachen näher eingehen.

Schon in seinem 1878 in Paris erschienenen berühmten Werke „La pression barometrique“ sprach Paul Bert, der berühmte Physiologe und Staatsmann, die Vermuthung aus, dass bei der Anpassung von Menschen und Thieren an die dünne Luft großer Höhen eine Vermehrung der Blutkörperchen und des Haemoglobin eine Rolle spielen dürfte.

Dieser Gedanke ließ ihn nicht ruhen und im Jahre 1882 berichtete er an die französische Akademie, dass er von einem in La Paz, der hochgelegenen Hauptstadt Bolivias, ansässigen Franzosen Blut von verschiedenen Thieren: Lama, Alpaka, Schaf, Schwein und Hirsch aus der dortigen Gegend erhalten habe, welches ein außergewöhnlich großes Bindungsvermögen für Sauerstoff besaß, also voraussichtlich entsprechend mehr Körperchen und Haemoglobin enthalten müsse.

Über diese Vermuthungen führte aber zur vollen Gewissheit eine Reise hinaus, die Professor Viault in Bordeaux nach Peru und Bolivia mit der bestimmten Absicht unternahm, dort physiologische Studien über das Höhenklima anzustellen.

Viault fand nun in Morococha, einem peruanischen Minenorte, auf einer Höhe von 4392 m nicht nur bei eingeborenen Menschen und Thieren und bei seit Jahren dort wohnenden Personen eine ungewöhnlich große Anzahl von Blutkörperchen, sondern Viault fand auch bei sich selbst und seinem Begleiter Dr. Mayorga, dass die Blutkörperchenzahl in circa drei Wochen auf  $7\frac{1}{2}$ —8 Millionen an  $mm^3$  gestiegen war, während beide bei dem vorausgehenden Aufenthalte in Lima nur 5,000.000 im  $mm^3$  hatten.

Solange man es nur mit Paul Bert's Vermuthungen und Beobachtungen zu thun hatte und glauben musste, dass es sich um eine in langer Zeit vollzogene Anpassung an große Höhen handle, waren diese Thatsachen zwar schon sehr merkwürdig, aber lange nicht so merkwürdig als die Erkenntnis, dass die

Veränderung des Blutes nach schon dreiwöchentlichem Aufenthalte, wie sie *Viault* beobachtete, erfolgt.

Seine höchst merkwürdigen Resultate regten bald andere fruchtbare Untersuchungen an.

Bekanntlich besitzt die Schweiz, in der man es versteht, die Naturschönheiten zu kostbaren Anziehungspunkten für Gäste aus aller Herren Länder zu machen, sehr viele mehr oder weniger berühmte Curorte für Höhenklima.

Bei den für ihre höhenklimatischen Curorte interessierten Schweizer Ärzten fielen nun die früher erwähnten französischen Anregungen auf einen fruchtbaren Boden.

Und es ist in hohem Grade wichtig, dass ein junger Schweizer Arzt, *Dr. Egger*, der selbst wegen angegriffener Lunge das Höhenklima von Arosa aufsuchte, sich wissenschaftlichen Untersuchungen über das Blut hingab und dass er sich dabei der Führung des Professors der Physiologie in Basel, *Miescher*, anvertraute, der dann, nachdem er selbst durch großes Interesse an die Untersuchungen gefesselt wurde, noch *Dr. Mercier* und drei seiner jüngeren Schüler, *Karcher*, *Sutter* und *Veillon* für diese Studien gewann.

Zunächst fand nun *Dr. Egger*, dass bei 27 Individuen, welche aus dem Tieflande kamen und in Arosa Aufenthalt nahmen, in zehn bis zwanzig Tagen die Blutkörperchenzahl im  $mm^3$  um 1—3 Millionen zunahm; unter diesen waren auch Individuen, die nicht, wie die Curgäste, eine erhebliche Änderung ihrer Lebensweise vornahmen, sondern die im Hochlande ganz ähnlich lebten, wie im Tieflande, ein Postbeamter und eine gesunde kräftige Kellnerin.

Um aber ganz sicher den Einfluss der Lebensweise auszuschließen, wurden zehn Kaninchen zuerst im Physiologischen Institute in Basel und nach 3—5 $\frac{1}{2}$  wöchentlichem Aufenthalte in Arosa auf ihre Blutkörperchenzahl im  $mm^3$  untersucht; auch bei diesen war Vermehrung der Zahl um 32—33, ja 63% zu beobachten.

Überall handelt es sich um eine ganz erhebliche Vermehrung.

Und als nun *Dr. Egger* Personen untersuchte, welche in Arosa geboren wurden und dort wohnten und solche Personen,

welche sich seit Jahren dort niedergelassen hatten, fand er bei diesen im Mittel 7,000.000 in 1  $mm^3$ .

Es musste nun entschieden werden, ob diese Vermehrung der Blutkörperchen in der Volumeinheit Blut durch eine vermehrte Bildung der Blutkörperchen bedingt werde oder ob sie etwa nur auftritt, weil in der trockenen dünnen Luft des Hochlandes sich das Plasma des Blutes eindickt. Das geschieht nicht, denn der Rückstand des Bluteserums von Kaninchen war in Arosa und Basel derselbe. Noch wäre es möglich gewesen, dass durch Reduction des Plasmas im ganzen eine relativ größere Blutkörperchenzahl im  $mm^3$  gefunden würde.

Allein solche Annahmen wurden bald ausgeschlossen; es wurden nämlich die Zählungen der Blutkörperchen mit gleichzeitigen Haemoglobin-Bestimmungen verknüpft und da zeigte es sich, dass beim Übergang ins Hochland die Blutkörperchenzahl und der Haemoglobingehalt des Blutes nicht parallel steigen, sondern die Steigerung der Körperchenzahl anfangs viel größer ist als die Steigerung des Haemoglobingehaltes, welcher erst später auf die entsprechende Höhe emporkommt.

Während der Zeit aber, wo die Haemoglobinsteigerung noch zurückgeblieben ist, finden sich, wie Dr. Mercier zeigte, im Blute eine große Zahl von kleinen Blutkörperchen mit Durchmessern von 5 Mikren und unter 5 Mikren, während später wieder wie gewöhnlich im Blute Körperchen mit 7·7 Mikren Durchmesser die weitaus überwiegende Zahl ausmachen. Ja schon wenige Stunden nach der Ankunft in Arosa traten viele jener kleinen Blutkörperchen auf.

Das alles weist aber auf eine vermehrte Bildung rother Blutkörperchen hin; denn bei der Regeneration des Blutes nach großen Blutverlusten infolge von Wunden oder Aderlässen oder bei der Zunahme der Blutkörperchen von anämischen infolge von Behandlung mit Eisenpräparaten haben im ersteren Falle Laache in Christiania, im letzteren Hayem in Paris auch eine große Zahl von Blutkörperchen von 5 Mikren Durchmesser und darunter gefunden, während nach Vollendung der Prozesse wieder die weitaus größte Zahl 7·7 Mikren Durchmesser zeigte.

Das Höhenklima steigert also die Thätigkeit der Organe, welche rothe Blutkörperchen bilden. Und zwar erfolgt diese

Reaction auf das Höhenklima sehr rasch. Und es war nun für den weiteren Verfolg des Sinnes dieser Einrichtung sehr wichtig zu erfahren, wie sich das Blut verhält, wenn man aus dem Hochlande wieder ins Tiefland zurückkehrt.

Da fand nun Dr. Egger, nachdem er sich durch vier Jahre in Arosa einer Blutkörperchenzahl von 7·27 Millionen im  $mm^3$  Blut erfreute, dass bei einem Aufenthalte von  $2\frac{1}{2}$  Wochen in Basel seine Blutkörperchenzahl, ohne dass irgend ein Unwohlsein eintrat, wieder auf 5·6 Millionen im  $mm^3$  sank, um nach der darauf erfolgten Rückkehr nach Arosa wieder auf über 7 Millionen im  $mm^2$  zu steigen.

Es war also auch die Erfahrung für viel geringere Höhenunterschiede bestätigt, welche Viault und sein Begleiter auch bei ihrem Aufenthalte in Morococha und Lima für viel größere Höhenunterschiede machten.

Nachdem nun diese auffallenden Thatsachen bekannt geworden waren, veranlasste Prof. Miescher eine Reihe von Untersuchungen darüber, ob auch bei geringeren Höhendifferenzen eine ähnliche Erscheinung zu beobachten wäre.

Herr Karcher nahm darum in Champéry (Wallis) 1052 *m*, Herr Sutter in Bad Serneus (Graubünden) 985 *m*, Herr Veillon sogar in Langenbruck (Baselland) 700 *m*, welches also noch um 50 *m* tiefer liegt als das berühmte Axenstein am Vierwaldstättersee und um 14 *m* tiefer als unser Radegund, solche Untersuchungen vor. Auch bei diesen Untersuchungen wurde an Menschen und Kaninchen Steigerung der Blutkörperchenzahl um mehrere Millionen oder Hunderttausende gefunden, welcher nach der Rückkehr nach Basel (ins Tiefland) sofort eine entsprechende Abnahme folgte. Ja, Herr Sutter hat bei Kaninchen in Basel selbst, als zwischen 27. September und 5. October eine Barometerschwankung um 13 *mm* auftrat, schon eine Schwankung der Blutkörperchenzahl um mehrere Procente nachweisen können.

Aus allen diesen Versuchen ergibt sich aber ein ganz unzweifelhafter, ich möchte sagen greifbarer Einfluss des Höhenklimas auf die Blutbeschaffenheit, ja, ein sehr empfindliches Vermögen der blutbildenden Organe, auf Änderungen des Luftdruckes zu reagieren.

Das scheint aber auf die Nothwendigkeit hinzuweisen, dass der Organismus auch schon geringen Änderungen des Sauerstoffgehaltes der Luft mit geeigneten Compensationsmitteln begegnen muss, welche den Sauerstoffgehalt des Blutes auf seiner Höhe erhalten.

Das war aber in hohem Grade überraschend, weil man früher schon eine ganze Reihe von Thatsachen kennen gelernt hatte, die dafür sprachen, dass das Blut des Menschen von vorneherein so eingerichtet ist, dass es enorme Änderungen des Sauerstoffgehaltes der Luft zu ertragen imstande ist.

Es ist nämlich der Sauerstoff, wie wir gesehen haben, chemisch gebunden an dem Haemoglobin, im Blute vorhanden und darum ist seine Aufnahme ins Blut in hohem Grade unabhängig von dem Sauerstoffdrucke der umgebenden Luft, er ist vielmehr hauptsächlich abhängig von der Menge der im Blute vorhandenen, mit Sauerstoff verbindbaren Substanz, dem Haemoglobin.

Daraus, so sagte man sich gleich nach Lothar Meyer's Entdeckung, erkläre sich die merkwürdige, schon früher von Regnault und Reiset gefundene, aber nicht verstandene Thatsache, dass Thiere in einer reinen Sauerstoff-Atmosphäre, also in Sauerstoff von 760 *mm* Druck gerade so athmen wie in atmosphärischer Luft bei 760 *mm* Druck, in welcher der Sauerstoffdruck nur 159·60 *mm* beträgt.

Und man erklärte sich daraus auch, dass Thiere in Luftgemischen von Stickstoff und Sauerstoff, die weniger Sauerstoff enthalten als die atmosphärische Luft, ebenso athmen, wie in atmosphärischer Luft, was gleichfalls Regnault und Reiset schon beobachteten und wofür W. Müller feststellte, dass man, wenn man nur kurze Versuchszeiten wählt, bis zur Grenze von 7% Sauerstoff im Gemenge herabgehen kann, ohne dass besondere Beschwerden beobachtet werden, während erst unterhalb dieser Grenze große Beschwerden und rascher Tod auftreten.

Nahe 7% entspricht aber, wie die Tafel zeigt, einem Sauerstoffdruck von nur 55·02 *mm* und einem Barometerdruck von 262 *mm* und einer Seehöhe von 8600 *m*, weit mehr als der des Dawalaghiri.

Und selbst diese Grenze war für's erste noch nicht recht erklärlich.

Es tritt nämlich Dissociation des Oxyhaemoglobin bei Herabsetzung des Barometerdruckes auf, aber erst bei Sauerstoffdrucken unterhalb 75 mm, entsprechend dem Chimborasso, wird sie messbar. Und selbst bei einem O-Drucke von 52.08 mm, entsprechend einem Luftdrucke von 248 mm und einer Seehöhe von 8838 m, entsprechend dem Mont Everest, würde die Abweichung des Sauerstoffgehaltes einer Haemoglobinlösung von dem Sauerstoffgehalt einer bei 760 Druck gesättigten Lösung erst 3 0/0 betragen. Danach sollte also das arterielle Blut noch nahezu mit Sauerstoff gesättigt sein beim Athmen in Luft, deren barometerischer Druck bis mehr als ein Drittel des normalen Druckes von 760 mm gesunken ist. Allein das ist nicht der Fall.

Und das hat seinen Grund darin, dass das Blut das Haemoglobin in den Blutkörperchen enthält und zu diesen kann der Sauerstoff erst gelangen, wenn er die dünne Gefäßhaut der Lungencapillaren und das Plasma durchwandert hat, welches die rothen Blutkörperchen umgibt. Endlich steht das Blut in den Lungencapillaren nicht direct mit der äußeren Luft in Berührung, sondern mit der in die Lungen aufgenommenen Luft, deren Sauerstoffdruck um  $\frac{1}{3}$  geringer veranschlagt werden kann.

Von dem Drucke, mit welchem der Sauerstoff durch die feuchte Gefäßwand und das Plasma dringt, wird es aber abhängen, in welchem Grade sich das Haemoglobin mit Sauerstoff zu sättigen imstande ist, während das Blut mit einer gewissen Geschwindigkeit durch die Lungen getrieben wird.

Diese Momente bedingen es, dass Paul Bert, wenn er durch  $\frac{3}{4}$  Stunden Thiere unter einem Luftdruck von nur 360 mm, entsprechend der Höhe des Cotopaxi, also etwas weniger als dem halben Atmosphärendruck, athmen ließ, das Blut derselben um mehr als 40 0/0 ärmer an Sauerstoff fand, als wenn sie unter normalem Atmosphärendruck athmeten, und Fränkel und Geppert gelangten zu ähnlichen Resultaten.

Es kommt aber hier noch ein Moment in Betracht, welches auch solche Verhältnisse für den Organismus erträglich erscheinen

lässt, wenigstens für einige Zeit, und das ist der große Haemoglobinüberschuss, welcher von vorneherein im Blute vorhanden ist.

Wir haben früher gesagt, dass das Haemoglobin in den Lungen Sauerstoff aufnimmt, in den übrigen Geweben aber Sauerstoff abgibt.

Dieser Process betrifft aber immer nur einen Theil des Haemoglobin, wie die Thatsache zeigt, dass in dem aus den Geweben zurückkommenden Blute immer noch eine große Menge mit Sauerstoff gesättigten Haemoglobin neben reducirtem enthalten ist.

Würde alles Haemoglobin, welches im Körper enthalten ist, jedesmal in den Geweben ganz entsättigt und in den Lungen wieder gesättigt, dann müsste ein erwachsener Mensch in 24 Stunden um sehr viel mehr Sauerstoff aufnehmen und sehr viel mehr  $\text{CO}_2$  ausathmen, als das in Wirklichkeit der Fall ist.

Und mit Bezug darauf könnten wir sagen, dass wir um vielmal mehr Haemoglobin im Körper haben, als wir zum Athmen brauchen.

Wir wissen heute ganz sicher, es ist das eine für die Rettung von Menschen nach großen Blutverlusten höchst wichtige Thatsache, dass wir einem Thiere  $\frac{2}{3}$  seiner gesammten Blutmenge entziehen und durch eine warme 0.6%ige Kochsalzlösung ersetzen können. Bei einem so behandelten Thiere wäre, wenn das Haemoglobin desselben, welches auf  $\frac{1}{3}$  der normalen Menge gesunken ist, als ganz gesättigt angenommen wird, das Blut um 66.6% ärmer an Sauerstoff geworden.

Solche Thiere befinden sich aber wohl und athmen in atmosphärischer Luft ruhig und ohne Beschwerden, trotzdem dass ihr Blut um vieles ärmer an Sauerstoff ist, als es Bert bei Thieren fand, die in Luft von 360 mm Druck athmeten, entsprechend der Höhe des Cotopaxi 5945 m, was einem Gasgemenge von nur 9.95% Sauerstoffgehalt entspricht.

Der große Haemoglobinvorrath des Organismus wird auch für die Erklärung der Thatsache von Bedeutung sein, dass kühne Luftschiffer aus enormen Höhen noch lebend herabgekommen sind.



Am 15. April 1875 stiegen bekanntlich Sivel, Croce-Spinelli und Gaston Tissandier mit dem Ballon „Zenith“ um 11 Uhr 35 Min. in Paris auf. Als sie sich auf einer Höhe von 7450 m, also zwischen der Höhe des Illimani und Dawalaghiri ungefähr befanden, beschlossen sie, Ballast auszuwerfen, worauf sie rapid stiegen. Tissandier hat uns diesen Moment des Auswerfens von Ballast im Bilde fixiert, welches ich Ihnen nun zeigen will.

Sie sehen die drei Genossen auf einer Höhe von über 7400 Meter noch wohlgemuth im Nachen des „Zenith“.<sup>1</sup>

Sivel ist im Begriffe, mit dem Messer die Schnur eines Sandsackes durchzuschneiden und weist mit dem Finger in die höheren Regionen. Tissandier beobachtet die Barometer, Croce-Spinelli hatte eben spectroskopische Beobachtungen gemacht. Über diese ihre Situation äußert sich Tissandier in der Weise, dass er sagt: Man leidet in keiner Weise. Im Gegentheile, man empfindet eine innere Freude, wie einen Erfolg des strahlenden Lichtes, das einem überflutet. Man wird gleichgiltig gegen jede Gefahr und denkt nie an eine gefährliche Situation. Man steigt und ist glücklich, zu steigen.

Um 1 Uhr 30 Minuten erreichten sie eine Höhe von 8600 Meter.

Kurz zuvor fühlte aber Tissandier seine Muskeln so schwach, dass er nicht imstande war, den Kopf zu drehen, um nach seinen Gefährten zu sehen, sein Geist ist aber vollkommen hell und er beobachtet fortwährend das Barometer; er versucht zu schreien, wir sind auf 8000 Meter, aber seine Zunge ist gelähmt. Plötzlich schließt er die Augen, stürzt ohnmächtig hin und verliert das Bewusstsein. Um 2 Uhr 8 Min. erwacht Tissandier für einen Moment. Er findet, dass der Ballon rapid fällt, es gelingt ihm, einen Sack Ballast abzuschneiden und in sein Notizbuch zu schreiben: „Wir fallen, Temperatur — 8°. Ich werfe Ballast aus. Barometer 315. Wir fallen. Sivel und Croce sind auch ohnmächtig am Boden des Schiffes. Wir fallen sehr stark.“ Darauf schläft er wieder ein, für kurze Zeit erwacht er wieder und sieht, dass auch Croce zu sich

<sup>1</sup> Ein Diapositiv dieser Scene wurde mittels des Projectionsapparates in das Projectionsfeld geworfen,

gekommen ist. Sie sprechen ein paar Worte mit einander. Aber Tissandier hat Mühe, die Augen offen zu halten, bald fällt er in seine frühere Ohnmacht zurück und es scheint ihm, als ob er in einen ewigen Schlaf verfiel.

Es ist höchst wahrscheinlich, dass der Ballon, welcher schon auf 6000 *m* heruntergefallen war, infolge des von Tissandier in seinem traumhaften Zustande ausgeworfenen Ballastes abermals auf über 8000 *m* emporgestiegen ist.

Um 3 Uhr 30 Min. schlägt Tissandier die Augen auf und sein Bewusstsein kehrt zurück. Der Ballon ist wieder auf 6000 *m* Höhe und fällt rapid. Er sucht Sivel und Croce zu erwecken, allein beide sind todt. Der Ballon kommt um 4 Uhr, 250 Kilometer in der Luftlinie von Paris entfernt, zur Erde nieder.

So erzählt uns Tissandier selbst diese merkwürdige und für zwei Pioniere der Wissenschaft so verhängnisvolle Ballonfahrt, und wir müssen daraus entnehmen, dass die kritische Höhe, bei der es sich um Leben und Tod handelt, erst bei 8600 Meter, entsprechend 262 *mm* Luftdruck, 55·02 Sauerstoffdruck, entsprechend 7·24 % Sauerstoff im Gemenge, liegt, welche auch bei den Versuchen von W. Müller Thieren gefährlich wurde. Allein schon früher, am 5. September 1862 hat der berühmte englische Meteorologe Glaisher mit dem Aëronauten Coxwell eine Ballonfahrt ausgeführt, welche noch höher führte und von welcher er und sein Begleiter lebend zurückkehrten.

Sie erhoben sich um 1 Uhr 3 Min. bei einer Temperatur von 15°, um 1 Uhr 39 Min. erreichten sie die Höhe von 6437 *m* (jene des Chimborasso), 10 Minuten genügten, um sie bis zur Höhe des Dawalaghiri, 8185 *m*, hinaufzubringen; die Temperatur war auf —18·9° gefallen.

Bis dorthin macht Glaisher seine Beobachtungen ohne Schwierigkeiten. Coxwell erschien ihm ermüdet.

Bald nach 1 Uhr 51 Min. machte es ihm Mühe, die Instrumente abzulesen. Sie befanden sich auf einer Höhe von 8838 *m*. Glaisher konnte beide Arme nicht bewegen, sie waren wie gelähmt, er fand Schwierigkeit, sich überhaupt zu bewegen, der Kopf neigte sich auf die eine Schulter und beim

Versuch, ihn zu erheben, gelang das für einen Moment, aber der Kopf fiel bald wieder herunter. Bald fühlte er sich unfähig, eine Bewegung zu machen. Er versuchte mit Coxwell zu sprechen, konnte aber die Zunge nicht bewegen. Er dachte dabei klar, dass er keine Beobachtungen mehr machen könne und dass er sterben müsse, wenn der Ballon nicht rapid zum Fallen gebracht würde. Seine letzte Beobachtung machte er um 1 Uhr 54 Min. Er glaubt, um 1 Uhr 57 Min. eingeschlafen zu sein mit dem Gefühl, dass der Schlaf ewig dauern werde. Er fühlte, dass Coxwell mit ihm sprach und ihn erwecken wollte. Coxwell, welcher nun sah, dass Glaisher ohnmächtig ist, suchte nun das Ventil zu öffnen, allein auch er hatte den Gebrauch der Hände verloren und er würde so den Cours des Ballons nicht mäßigen haben können, wenn er nicht auf den Einfall gekommen wäre, die Schnur des Ventils zwischen die Zähne zu fassen und durch heftige Bewegungen des Kopfes daran zu ziehen.

Das war beider Rettung. Um 2 Uhr 7 Min. nahm Glaisher wieder seine Beobachtungen auf. Der erste Barometerstand, den er verzeichnete, war 292 *mm*, entsprechend einer Höhe etwas höher als der Illimani. Er glaubt, 7 Minuten ganz bewusstlos gewesen zu sein.

In beiden Luftfahrten ist dieselbe von den Erscheinungen, wie sie beim Ersticken auftreten, wesentlich verschiedene Lethargie, die schließlich zum wirklichen Tode führen kann, sehr merkwürdig, ebenso das sehr verschiedene Verhalten verschiedener Individuen und die große Immunität des Gehirns, welches viel später seine Thätigkeit einstellt, als z. B. die Muskeln, welche auch nicht, wie die werkwürdige Rettung durch Coxwell zeigt, alle mit einem Schlage gelähmt werden. Vieles ließe sich über alle diese Dinge sagen, allein ich habe diese Ballonfahrten nur angeführt, um zu zeigen, welche enorme Änderung des Luftdruckes der Organismus aushalten kann, ohne irgend welche Beschwerden zu fühlen, und wie tief endlich der Luftdruck sinken kann, ohne dass der Organismus durch die gefährvollen Beschwerden, die ihm daraus erwachsen, wirklich zugrunde geht. Ehe noch diese bis zur Höhe des Mont Everest, des höchsten Berges der Erde, emporführenden

Ballonfahrten ausgeführt waren, konnte Ähnliches, wenn auch nicht in dem großen Umfange und nicht so rein, den vielen zu wissenschaftlichen Zwecken ausgeführten Bergbesteigungen in den Alpen, den Anden und im Himalaya entnommen werden. Von den Ballonfahrten unterscheiden sie sich aber wesentlich durch die für sie nothwendige, oft bis zur äußersten Grenze gehende körperliche Anstrengung und die dadurch gesetzte Ermüdung.

Ich will von den einst so berühmten Bergreisen auf den Montblanc, dem höchsten Berge Europas mit seinen 4810 *m* nicht reden, denn für diesen wurden schon vor 20 Jahren 828 Besteigungen, darunter 27 von Damen ausgeführte, verzeichnet. Am 31. Jänner 1876 erreichte eine Engländerin seinen Gipfel bei  $-24^{\circ}$  und seither sind noch zahlreiche Besteigungen erfolgt, die man als einfache Excursionen von Touristen ohne alles wissenschaftliche Interesse bezeichnen muss.

Auch auf die zahlreichen berühmten Bergbesteigungen in den Anden, darunter die Besteigung des Chimborasso und Antisana durch A. v. Humboldt, will ich nur hinweisen, um einer von v. Humboldt bei dieser Gelegenheit am mächtigen Condor gemachten Beobachtung zu gedenken.

Dieser Vogel kann stundenlang in gewaltiger Höhe, etwa der des Illimani, 7310 *m*, entsprechend einem Luftdrucke von 360 *mm* und einem Sauerstoffdrucke von 63·00 *mm*, entsprechend einem Luftgemenge von 8·29 % Sauerstoffgehalt, schweben, um sich auf einmal bis ans Ufer des Meeres niederzulassen.

Ich will nur über jene Bergfahrt etwas mehr sprechen, welche alle anderen übertroffen hat, jene der Brüder Schlagintweit im Himalaya, und zwar über ihren höchsten Aufstieg.

Sie nahmen Aufenthalt in Höhen von 5030 *m*, entsprechend 403 *mm* Luftdruck, 84·63 Sauerstoffdruck, entsprechend 11·13 % Sauerstoff, auf welchen Höhen thibetanische Hirten ihre Zelte aufschlagen und selbst bleibende Wohnungen bauen und meinen, dass nach ihrer persönlichen Erfahrung sie 10 bis 12 Tage in diesen Höhen ohne ernstliche Unzukömmlichkeit verweilen könnten. Bei ihrer Erforschung des Gletschers des Ibi-Gamin campierten sie durch volle 10 Tage in Gesellschaft von 8 Menschen, die sie bedienten, auf außergewöhnlichen Höhen;

die niederste Station war dabei in einer Höhe von 5070 *m*. Eine Nacht brachten sie auf einer Höhe von 5890 *m* zu und eines Tages erhoben sie sich an den Abhängen des Ibi-Gamin auf 6882 *m*, den höchsten Punkt, welchen Menschen auf Bergen je erreicht haben, aber noch um 1556 *m* niedriger als die Höhe, die Glaisher und Coxwell im Ballon erreichten.

Sie führen an, dass sie sich durch ihren Aufenthalt sichtlich an immer größere Höhen acclimatisierten.

Und sie berichten auch über die räthselhafte Bergkrankheit, bei der ich auch etwas verweilen will.

Für die meisten Menschen mache sich der Einfluss der Höhe geltend bei 5030 *m*, wo die höchsten Weiden der Thibetaner sich befinden.

Ihre Kameele und Pferde litten deutlich in Höhen von 5335 Meter.

Die Symptome bei den Menschen waren Kopfschmerz, Schwerathmigkeit, Brustbeklemmung, leichtes Nasenbluten, Appetitlosigkeit, Erbrechen, Muskelschwäche, allgemeine Depression und Niedergeschlagenheit. Alle Symptome schwinden, wenn die Betreffenden in niedere Regionen, etwa einige hundert Meter herabsteigen. Die Kälte soll keinen Einfluss auf die Symptome haben, wohl aber Wind und Müdigkeit sie sehr verstärken. Im höchsten Grade der Erkrankung werfen sich die Leute hin und erklären, lieber sterben zu wollen, als einen Schritt weiter zu gehen.

Die Bergkrankheit ist in den Anden als Puna, Mareo, Soroche oder Veta bekannt und ihre Symptome werden dort also beschrieben: Unaussprechliche Müdigkeit, kurzer Athem, starke und frequente Herzschläge, Ekel vor jeder Nahrung, Ohrensausen, Athemnoth, Blendung; Schwindel, immer wachsende Schwäche, Erbrechen, Schlafsucht, endlich Verfinsterung des Gesichtes, Blutungen aus Nase und Mund, Verlust des Bewusstseins.

Ich habe die Bergkrankheit früher als räthselhaft bezeichnet, namentlich deshalb, weil sie nicht alle Individuen auf derselben Höhe und in gleicher Weise ergreift. Einzelne Individuen wurden nicht etwa erst auf den Höhen von 5030 *m*, wo die höchsten thibetanischen Weiden im Himalaya liegen,

oder auf 3800 *m* Höhe, die für die Anden als die kritische Höhe angegeben wird, sondern auf viel geringeren Höhen davon befallen.

Der nur 3313 *m* hohe Aetna, welcher schon im Alterthum häufig bestiegen wurde, ist im Jahre 1671 von dem berühmten Physiologen Alfons Borelli bestiegen worden, und er litt, wenn auch nicht heftig, an der Bergkrankheit, und das ist noch von mehreren Besuchern verzeichnet, während wieder andere, darunter der berühmte Physiologe Spallanzani im Jahre 1788, keinerlei Beschwerden fühlten. Ähnliche abweichende Berichte liegen auch über den 4810 *m* hohen und, wie wir früher gesehen haben, von Touristen oft besuchten Montblanc vor und ebenso über viel größere Höhen, und wie ich jetzt hinzufügen will, auch über viel niedrigere Berge, als der Aetna ist.

Ja, es sind in der Schweiz sehr wohl bekannt die Acclimations-Beschwerden, welche bei vielen Menschen in der ersten Zeit nach ihrer Übersiedlung in sehr hochgelegene Curorte, z. B. Arosa, Zuos, Hotel Maloja, auftreten. Für das Engadin hat sie Dr. Veraguth in seinem Buche „Das Klima von Oberengadin während der Acclimatisation“ besonders geschildert. Der Puls wird frequenter, mäßige Muskelanstrengung steigert ihn sofort noch mehr. Vermehrte Athemfrequenz ist manchmal, aber nicht immer zu beobachten.

Es tritt Unbehagen und Schlaflosigkeit ein. In größeren Höhen tritt eine Steigerung dieser Erscheinungen auf, neue Symptome gesellen sich dazu und es entwickelt sich die Bergkrankheit. Es ist sehr wichtig, dass, wie wir wissen, die erwähnten Acclimations-Beschwerden auf den mäßigen Höhen der Schweiz in ein bis zwei, längstens drei Wochen ganz verschwinden.

Ganz ebenso theilt aber ein französischer Arzt, Guilbert, von der Soroche auf der Hochplateau von Bolivia mit, dass beim fortdauernden Aufenthalt in den Höhen die nervösen Symptome derselben zuerst schwinden, der Kopfschmerz dauerte nur 12—24 Stunden, Aufstoßen und Erbrechen etwas länger. Am dritten oder vierten Tage kehrt der Appetit ein wenig zurück; bald darauf kann man ein wenig Nahrung zu sich

nehmen, worauf die Schwere des Kopfes weicht; es bleibt noch etwas beeinträchtigte Respiration, die Frequenz der Herzschläge nimmt ab und die Schläge werden schwächer, bald stellt sich das Gleichgewicht völlig her, in einigen Wochen sind alle Symptome gewichen und man gewöhnt sich vollkommen, in jenen Höhen zu leben. Wir müssen in beiden Fällen annehmen, dass die Acclimatisation durch körperliche Veränderungen sich vollzieht, welche in dem Organismus der zu Acclimatisierenden vor sich gehen.

Und unter diesen haben wir jetzt eine gefasst, welche wahrscheinlich die wichtigste ist, die Veränderung des Blutes.

Wir haben diese früher hauptsächlich in Bezug auf die Function der Blutkörperchen und des Haemoglobins beim Athmen betrachtet, und es ist gewiss, dass es eine sehr nützliche Anpassung an die gegebenen Verhältnisse der Außenwelt ist, wenn beim Athmen in verdünnter Luft dem Blute ein hoher Sauerstoffgehalt durch Vermehrung der Blutkörperchen und des Haemoglobins gesichert bleibt.

Allein wir müssen mit Bezug auf die mannigfachen Symptome, welche durch den Aufenthalt in größeren Seehöhen hervorgerufen werden, und mit Bezug auf das Verschwinden derselben durch Acclimatisation uns erinnern, dass die Blutkörperchen auch noch andere Functionen haben und dass uns bisher aber nur die Blutveränderung gut bekannt geworden ist, während wir die in den anderen Organen noch nicht genau kennen.

Werfen wir nun noch einen Blick auf das Verhalten der Organismen zu der mit der Seehöhe einhergehenden Veränderung der Luft, so können wir uns so fassen: Der menschliche Organismus ist von vorneherein so eingerichtet, dass er eine große Verminderung des Sauerstoffdruckes in der umgebenden Luft zu ertragen imstande ist, ja es kann eine Verminderung bis zu 6<sup>0</sup>/<sub>10</sub> eintreten und es können die lebensgefährlichen Zufälle, die dann auftreten, noch überwunden werden, wenn dieser Grad der Luftverdünnung nicht lange anhält.

Aber schon bei den niedrigsten Graden der Verdünnung beginnen die blutbildenden Organe eine merkwürdige gesteigerte

Thätigkeit, welche sie bei der Rückkehr in dichtere Luft wieder einstellen, welche aber, solange der Aufenthalt in verdünnter Luft andauert, fortwährt und endlich zu einer solchen Veränderung des Blutes führt, dass der Organismus dadurch den geänderten Verhältnissen angepasst ist.

Die kollossalen Abweichungen, welche in den vorliegenden Angaben über die Wirkungen des Höhenklimas auf einzelne Individuen und an verschiedenen Orten vorliegen, werden wahrscheinlich ihre Erklärung finden, wenn man einmal auf alle einzelnen solchen Fälle die neu gewonnenen Erfahrungen über die Acclimatisations-Veränderungen des Blutes anwenden wird.

Über die früheren Bergreisen lassen sich in dieser Beziehung nur Vermuthungen aussprechen. Aber es ist z. B. für die Beobachtungen, welche die Brüder Schlagintweit im Himalaya machten und welche eine so außergewöhnliche Toleranz für enorme Höhen darthun, sicher, dass diese Toleranz schon durch vorausgegangene Acclimatisation bei allmählichem Anstiege und wochenlangem Aufenthalte auf niedrigeren Höhen bedingt war.

Und nun zum Schlusse eine wichtige Anwendung aus unseren Studien.

Schon lange ist das Höhenklima als Heilpotenz berühmt, und man hat es in künstlichen Respirations-Apparaten mit verdünnter Luft sogar für diesen Heilzweck nachzumachen gesucht.

Für das Höhenklima als Heilpotenz würde die Entdeckung, dass die blutbildenden Organe auf Veränderungen des Luftdruckes ungemein fein reagieren, geradezu epochemachend werden, wenn sich das immer einstellen würde, was Dr. Egger bisher an zwei anaemischen Kranken beobachtete, die mit 3·5 und 4 Millionen Blutkörperchen im  $mm^3$  Blut das Höhenklima von Arosa aufsuchten und nach mehreren Monaten mit 5·8 und 7·4 Millionen nach Basel zurückkehrten, wo anfangs rasches Sinken der Blutkörperchenzahl auftrat, dann aber auf der Normalzahl von 5—5·5 Millionen ein Stillstand eintrat.

Die Wissenschaft ist sich selbst Zweck; jede Erweiterung unseres Wissens müssen wir ohne Rücksicht auf ihre praktische Anwendung dankbar hinnehmen, und der traurigste Niedergang würde eintreten, wenn dieser Satz einmal in missverständlicher



Weise nicht mehr anerkannt würde. Nichtsdestoweniger hat der wissenschaftliche Mediciner die größte Freude immer an solchen Wahrheiten, die unmittelbar dem Heile der leidenden Menschheit zugute kommen. Für das Höhenklima ist meines Erachtens jetzt eine solche Wahrheit gefunden.

Und ich möchte wünschen, dass unsere Steirer ihre vielen schönen Höhenorte bald in ähnlicher Weise wie die industriellen Schweizer zum Nutzen der Menschheit und zu ihrem eigenen Vortheile verwenden würden.

Wir haben in den letzten Tagen viel gelesen von einem Antrage, betreffend den Hotelbau, welcher auf Kosten des Landes in Gstatterboden aufgeführt werden sollte. Der Antrag ist abgelehnt worden. So freudig man es aber nun auch begrüßen hätte müssen, wenn das Land in Bezug auf die Hebung des Fremdenverkehrs eine solche Initiative ergriffen hätte, so wäre vielleicht doch eines dabei nicht gehörig berücksichtigt gewesen. Wenn die neueren wissenschaftlichen Erfahrungen über den Einfluss der Seehöhe auf den Organismus sich in immer größere Kreise verbreiten werden, dann werden die Touristen auch für ihre Rast schon lieber höher gelegene Orte aufsuchen.

Wäre das Hotel in Gstatterboden gleich unten an der Bahnstation gebaut worden, dann wäre es nur auf 564 *m* Höhe gelegen gewesen. Das ist wenig. Und es hätte z. B. mit dem Semmeringhotel der Südbahn auf 992 *m* Höhe als Rast und Aufenthaltsort nicht concurriren können. Dazu hätte es mindestens so hoch hinauf gebaut werden müssen, wie dieses. In Gstatterboden wäre man nicht einmal auf die Höhe von Radegund, 714 *m*, sondern nur auf die Höhe von St. Johann und Paul (564 *m*) unter unserem Buchkogel gekommen und das ist zu wenig.

Wir haben heute gesehen, was die Seehöhe bedeutet.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark](#)

Jahr/Year: 1895

Band/Volume: [31](#)

Autor(en)/Author(s): Rollett Alexander

Artikel/Article: [Physiologisches und Geographisches über das Blut. 318-342](#)