

Das Blut im Hochgebirge.

Von

Dr. **H. J. A. van Voornveld**,
prakt. Arzt in Davos-Platz.

Es ist erwiesen, dass jede Art dem Klima
ihres eigenen Wohnortes angepasst ist.
Darwin.

Wenn wir ganz kurz angeben wollen, welches die Resultate der vielen Blutuntersuchungen, ausgeführt bei Menschen und Thieren im Hochgebirge oder in grosser Höhe im Luftballon sind, so können wir sagen: In grosser Höhe über dem Meeresspiegel zeigt das Blut: I. eine beträchtliche Zunahme der Zahl der rothen Blutkörperchen, II. eine (vielleicht langsamer erscheinende) Vermehrung des Haemoglobingehaltes und wahrscheinlich III. auch eine Erhöhung des specifischen Gewichts, ungefähr proportional der Haemoglobinzunahme. Eine Vermehrung der Leukocyten ist nicht wahrscheinlich.

I. Betrachten wir zuerst die Zunahme der Erythrocyten. Der Namen „Plethora polycythaemia“ oder auch der Ausdruck „Hyperglobulie“ der Franzosen ist in casu wohl nicht so richtig als die Benennung von v. Jaksch: „Polycythaemia rubra“. Man könnte auch sprechen von „Polyerythrocythaemie“. Bekanntlich wird als normal für das Tiefland angegeben per Cubikmillimeter für eine Frau 4—4¹/₂ Millionen Erythrocyten; für einen Mann 5 Millionen (C. Vierordt, Laache, Lenhartz etc.).

Diese Durchschnittsziffern sind aber individuellen Schwankungen unterworfen und auch abhängig von zahlreichen äusseren Umständen, wobei das Klima eine sehr wichtige und nicht immer erklärbare Rolle spielt. Sahli gibt an, dass in Bern (543 m) bei gesunden Frauen bis über 5 Mill., bei gesunden Männern bis gegen 6 Mill. gefunden werden können.

So sind z. B. die Zahlen veröffentlicht:

Zürich (411 m)	5 752 000	Erythrocyten nach Stierlin,
Basel (266 m)	5 169 000	„ „ Karcher,
„ „	5 345 000	„ „ Suter,
„ „	4 994 000	„ „ Abderhalden,
Davos (1560 m)	6 551 000	bei gesunden Männern (Kündig),
„ „	5 804 000	„ „ „ Frauen (Kündig),

Champéry (1052 m)	5 712 000	Erythrocyten nach Karcher,
Serneus (985 m)	6 084 000	„ „ Suter,
Christiania	4 974 000	„ „ Laache,
Java und Sumatra	5 130 800	„ „ Eykman u. van der Scheer.
Batavia (0 m)	5 295 000	„ „ Eykman,
Göttingen (148 m)	5 225 000	„ „ Schaper.

Nach Oliver steigt die Zahl der rothen Blutkörperchen während der Nacht und nimmt während des Tages wieder ab, so dass der höchste Punkt gewöhnlich Morgens beobachtet wird. In venösen Blute ist die Erythrocytenzahl vermehrt, wie auch nach viel Flüssigkeitsverlust durch Haut, Därme oder Nieren (Landois, Miescher). Vermindert ist die Zahl der rothen Blutkörperchen bisweilen während der Gravidität. Digestion macht die Zahl sinken (Hayem, Dupérier et Cadet, Vierordt, v. Limbeck, Oliver); der Betrag derselben ist sogar 200 000 bis 300 000. Massage erhöht die Zahl der Erythrocyten (J. K. Mitchell, Edgecombe). Auch ein kaltes Bad vermehrt die Zahl. Nach Sörensen ist die Zahl der rothen Blutkörperchen bei Neugeborenen am höchsten, geht dann herunter bis zur Pubertät, um von da ab den Mittelwert zu haben und im Alter wieder etwas herunterzugehen.

Es gibt weiter vereinzelte Krankheiten (besonders Herzkrankheiten, von welchen später die Rede sein wird), welche die Zahl der Erythrocyten erhöhen.

Alle diese Schwankungen sind aber (Herzkrankheiten ausgenommen) nicht sehr gross, wenigstens nicht, wo es sich um Zunahme der rothen Blutkörperchen handelt. Oliver sagt, dass in „extreme cases“ bis 20 % Zunahme beobachtet wurden; in „moderate cases“ 10—15 %.

Ganz überraschend waren aber die Resultate, welche P. Bert 1878 in seiner „Pression barométrique“ und 1882 in seinem Bericht an die „Académie des Sciences“ mittheilte, in welchen er zeigte, dass das Blut von Menschen und Thieren in La Paz, der Hauptstadt von Bolivia, (3700 m Meereshöhe) einen erhöhten Farbstoffgehalt hat. Bert glaubte damals, dass dies nur für Menschen und Thiere gelte, welche auf jener Höhe geboren waren.

Prof. Viault, Histolog in Bordeaux, begab sich einige Jahre später nach Südamerika, um daselbst die Untersuchungen von Bert nachzuprüfen; in seinem bezüglichen Berichte an die Akademie 1890 constatirte er, dass er bei sich selbst und bei seinem Begleiter Dr. Mayorga eine beträchtliche Zunahme der rothen Blutkörperchen

im Hochgebirge festgestellt habe. In Macrococha (4392 m Meereshöhe) in den Cordilleren in Peru waren bei ihnen 8 Millionen Erythrocyten gefunden worden, also eine Vermehrung von 60 %, da bei ihnen im Tiefland die Zahl auf 5 Millionen bestimmt war. Auch bei den Einwohnern in diesem Hochgebirge fand Vi ault übereinstimmende, sehr hohe Zahlen der rothen Blutkörperchen. (Diese Beobachtungen gewinnen biologisch noch an Interesse, wenn man bedenkt, dass Alex. v. Humboldt bei den Andenbewohnern einen auffallend weiten Thorax constatirt hat.) Nach Europa zurückgekehrt, setzte Vi ault seine Untersuchungen auf dem Pic du Midi (2877 m) fort, wo er, verglichen mit dem Tiefland, bei sich selbst und bei Hühnern und Kaninchen gleichfalls eine grosse Zunahme der rothen Blutkörperchen feststellen konnte.

Bald darauf wurden die fundamentalen Untersuchungen der beiden Franzosen von vielen in europäischen Gebirgen, besonders in der Schweiz, wiederholt und — dass wir es gleich sagen — mit einer Ausnahme von allen Seiten bestätigt.

Egger constatirte in Arosa (1800 m) bei 21 Männern und 6 Frauen in durchschnittlich $4\frac{1}{4}$ Wochen eine Zunahme der Erythrocytenzahl von 5,4 Millionen auf 6,29 Millionen, also 16 % Vermehrung. Und bei Personen, in Arosa geboren oder dort seit Jahren wohnhaft, fand er:

- bei 10 gesunden Männern: Minimum 6,35 Millionen, Maximum 7,32 Millionen rothe Blutkörperchen,
- bei 1 gesunden Frau 6,5 Millionen rothe Blutkörperchen,
- bei 10 Kaninchen in durchschnittl. $4\frac{1}{4}$ Wochen eine Zunahme um 27,4 % rothen Blutkörperchen,
- bei 6 Kaninchen in durchschnittl. $4\frac{1}{2}$ Wochen eine Zunahme von 24,2 % im Karotisblute.

Alle 37 Beobachtungen von Egger zeigen Vermehrung der rothen Blutkörperchen nach Ankunft im Hochgebirge; die geringste Vermehrung betrug immerhin noch 6 % innerhalb 9 Tage.

Roemisch fand in Arosa:

- bei 21 acclimatisirten Männern durchschnittl. 6 497 000 Erythrocyten,
- „ 5 „ Frauen „ 5 459 000 „

5 Personen, welche zuerst im Tieflande (116 m) „gezählt“ wurden, hatten nach beendeter Acclimatisation auf 1800 m Meereshöhe eine Zunahme von durchschnittlich 26 % rother Blutkörperchen.

Kündig beobachtete in Davos (1560 m):

- 14 gesunde Männer durchschn. 6 551 100 Erythrocyten mit durchschn. 132,3% Haemoglobin (Gowers),
- 10 gesunde Frauen durchschn. 5 804 000 Erythrocyten mit durchschn. 116,7% Haemoglobin (Gowers),
- 12 tuberculöse Männer (leicht krank) durchschn. 6 564 000 Erythrocyten mit durchschn. 132,3% Haemoglobin (Gowers),
- 10 tuberculöse Frauen (leicht krank) durchschn. 5 774 000 Erythrocyten mit durchschn. 117,9% Haemoglobin (Gowers),
- 7 tuberculöse Männer (mittelschwer) durchschn. 6 649 700 Erythrocyten mit durchschn. 132,6% Haemoglobin (Gowers),
- 5 tuberculöse Frauen (mittelschwer) durchschn. 5 670 000 Erythrocyten mit durchschn. 112,6% Haemoglobin (Gowers),
- 10 tuberculöse Männer (schwer) durchschn. 6 978 400 Erythrocyten mit durchschn. 134% Haemoglobin (Gowers),
- 2 tuberculöse Frauen (schwer) durchschn. 5 736 000 Erythrocyten mit durchschn. 113,5% Haemoglobin (Gowers).

Prof. Miescher, der gerne den Einfluss geringerer Bergeshöhe auf die Zusammensetzung des Blutes kennen lernen wollte, schickte seine Schüler Karcher, Suter und Veillon, nachdem diese sich grosse Uebung in derartigen Untersuchungen erworben hatten, aus, um Blutuntersuchungen in Champéry, Serneus und Langenbruck auszuführen.

So fand Karcher in Champéry (1052 m) verglichen mit Basel (266 m) in durchschnittlich 20 Tagen 9,3% Zunahme der Erythrocytenzahl mit einem absoluten Mittel von 5712000.

Suter fand in Serneus (985 m) im Vergleich mit Basel (266 m) eine Vermehrung von 5345000 auf 6084000 Erythrocyten, mit darauf-folgender Abnahme auf 5474000 bei Rückkehr nach Basel. Bei Kaninchen wurde eine durchschnittliche Vermehrung um 24,7% rother Blutkörperchen beobachtet.

Veillon (1893) fand für Langenbruck (700 m) und Basel (266 m) bei 4 Kaninchen eine Zunahme um 5,4% der Erythrocyten im arteriellen Blute.

Veillon und Suter constatirten (1894) in Langenbruck (700 m) verglichen mit Basel (266 m) bei 6 gesunden Menschen (unter welchen 5 Frauen) durchschnittlich 6,4% Zunahme der rothen Blutkörperchen, und 26 gesunde Menschen zeigten nach der Rückkehr von Langenbruck nach Basel durchschnittlich 5,5% Abnahme der Erythrocytenzahl.

Wolff constatirte in Reiboldsgrün (700 m):

bei tuberculösen Männern	durchschnittl.	6 260 000	Erythrocyten,
„	„	Frauen	„ 6 280 000 „

Radovici in Leysin (1450 m) fand:

Erythrocytenzahl durchschn. bei gesunden Männern 6 048 000, bei tuberculösen Männern 5 980 000,

Erythrocytenzahl durchschn. bei gesunden Frauen 5 760 000, bei tuberculösen Frauen 5 675 000.

v. Jarunowsky und Schroeder fanden in Görbersdorf (561 m):

Zahl der rothen Blutkörperchen bei gesunden Männern 5 800 000,

„ „ „ „ „ „ Frauen 5 244 000,

„ „ „ „ „ „ Lungenkranken 6 115 000.

Oliver fand 10% Zunahme der Erythrocythen im Gebirge (Arosa und Davos).

Ewart erwähnt 14,4% Vermehrung wegen Aufenthalts im Hochgebirge.

Abderhalden constatirte bei Kaninchen in St. Moritz (1856 m) etwa 900 000 rothe Blutkörperchen mehr als bei diesen Thieren in Basel. Bei sich selbst konnte er in St. Moritz einmal 690 000, ein ander Mal 674 000 Erythrocyten mehr nachweisen als in Basel. Weiter wurden von diesem Forscher gefunden:

In 1000 g Rinderblut:

In Basel 341,7 g Erythrocyten und 658,3 g Serum,

„ St. Moritz 401,7 „ „ „ 598,3 „ „

und in 1000 g Schweineblut:

In Basel 436,4 g Erythrocyten und 563,6 g Serum,

„ St. Moritz 500,3 „ „ „ 499,7 „ „

Die Publicationen von Mercier, Sokolowski, Ehrlich und Lazarus, Wolff und Koeppe, Schaumann und Rosenquist, A. Fick, Mansfield Holmes etc., stimmen alle darin überein, dass im Hochgebirge eine beträchtliche Vermehrung der Zahl der rothen Blutkörperchen stattfindet.

Die einzigen mir bekannten Beobachtungen, welche mit diesen Resultaten nicht übereinstimmen, sind in Europa die von Loewy und Zuntz, welche auf 3600 m Höhe keine Vermehrung der Blutkörperchenzahl nachweisen konnten, und in Niederländ.-Indien die von Kohlbrugge und Eijkman, welche bei den Bewohnern des javanischen Gebirges etwas kleinere Erythrocytenzahlen fanden als bei den Personen, welche im Tiefland Javas lebten.

Kohlbrugge constatirte für Tosari (1777 m), dass ein Aufenthalt von wenigstens einem Monate die Erythrocytenzahl um ein Weniges sinken macht. Direct nach Ankunft war die Durchschnittsziffer 5 083 800, später 5 020 400. Als Abnahme hat eine derartige

Veränderung von 1,2 % nicht viel Bedeutung, aber es ist jedenfalls keine Vermehrung. Später fand Kohlbrugge im Janggebirge zwischen 2200 und 3000 m gleichfalls eine Abnahme der Erythrocyten von 5 016 000 auf 4 230 000 bei sich selbst und etwa dasselbe bei seinem javanischen Assistenten.

Diese Resultate von Niederländ. Indien stehen, wie gesagt, ganz vereinzelt den Beobachtungen in Europa und Südamerika gegenüber. Die zwei Beobachtungen von Kohlbrugge im Janggebirge würde man, wenn sie ganz allein da ständen, verurtheilen können, als zu gering an Zahl, um Beweiskraft zu haben. Oder man würde die Frage stellen können, ob auf die veränderte Lebensweise der zwei Reisenden (Ermüdung, Nahrungswechsel etc.) wohl genügend Werth gelegt wurde und desshalb unter diesen Umständen ein Vergleich mit dem Tiefland wohl angebracht war, oder man würde selbst, zum Theil wenigstens, die abweichenden Resultate erklären können durch die Beobachtungen von Meyer, Wolff etc., welche zeigten, dass ein paar Tage nach der Ankunft im Hochgebirge die Erythrocytenzahl wieder etwas von der übermässigen Höhe heruntergeht. Aber für die Resultate von Tosari gelten diese Einwände nicht, und diese, wenn sie auch als Abnahme (1,2 %) keine Bedeutung haben, behalten ihre Bedeutung und verleihen durch ihre Uebereinstimmung mit den Resultaten vom Janggebirge den letzteren mehr Werth.

Es ist mir ganz unmöglich, aus dem Complex der klimatologischen oder sonstigen Factoren die Ursache herauszufinden, wesshalb die Resultate von Kohlbrugge auf Java nicht übereinstimmen mit denjenigen von fast allen competenten Forschern in Europa. Die ältere Vermuthung von Kohlbrugge: „que les fortes altitudes seules (au-dessus de 2000 m) peuvent amener une augmentation des globules dans les pays tropicaux, pendant que dans les pays de climat modéré une élévation beaucoup moins grande suffit à obtenir cet effet“, halte ich nicht für zulässig.

In den letzten Jahren sind in Europa auch viele Untersuchungen über Blutveränderungen in hoher Luft durch Luftreisende ausgeführt worden, und alle waren wiederum in Uebereinstimmung mit den erwähnten Resultaten von Bert, Viault, Egger etc. Bensaude z. B. fand (mit dem Hämatokrit) mit seinem Luftballon zwischen 4000 und 4400 m schwebend 4—6 % Zunahme der Erythrocyten.

Gaule constatirte in Höhen von 5300—4200 m Werthe von 7 040 000, 7 480 000 (Frau) und 8 800 000 rothen Blutkörperchen.

Jolly und Bonnier sahen während einer Luftreise 12% Zunahme der rothen Blutkörperchen. Unten wurden 4760 000 gefunden, in 4450 m Höhe 5333 000.

Henry constatirte bei zwei Hunden, welche eine Luftreise machten, gleichfalls „Hyperglobulie“; bei einem dritten Hunde, dem einige Wochen zuvor die Milz ausgeschnitten wurde, war die Zunahme der Erythrocyten viel geringer.

Die Polycythaemia rubra tritt bei Reisen mit dem Luftballon natürlich schnell auf; auch im Gebirge wird sie bald nach der Ankunft beobachtet, und es hat den Anschein, als ob der alte Spruch „natura non facit saltus“ hier nicht gelte.

Nach Abderhalden steigt die Blutkörperchenzahl im Gebirge sofort, d. h. in wenigen Stunden. Bei Kaninchen konnte er schon am ersten oder zweiten Aufenthaltstage in St. Moritz eine Vermehrung von etwa 900 000 Erythrocyten feststellen. Seine Tabellen ergeben aber auch, dass die Vermehrung in St. Moritz noch während einiger Wochen zunimmt (durchschnittlich etwa 200 000). Die Controllthiere in Basel zeigten zwar gleichfalls Zunahme der rothen Blutkörperchen, aber es scheint mir nicht erwiesen, dass die Zunahme bei den Gebirgsthieren ausschliesslich auf diese auf Wachsthum beruhende Vermehrung zurückgeführt werden muss, um so mehr, als Abderhalden später (l. c. S. 171) selber mittheilt, dass bei den Gebirgsthieren die absoluten Haemoglobinmengen noch zunehmen mit der Aufenthaltsdauer in St. Moritz.

Viault spricht von Vermehrung „par coup de fouet“.

Ehrlich und Lazarus sagen: „Unmittelbar nach Gelangen an einem Ort von erheblich grösserer Seehöhe beginnt sich die Zahl der rothen Blutkörperchen zu erhöhen.“

Nach Ewart war „the immediate effect of a rapid ascent . . . an increase of 11,5 % of red cells, increasing three hours later to 14,42 %. The descent caused a decrease of 9,56 %.“

Oliver schreibt: „The increase in the corpuscles is practically immediate, being apparent within 24 hours. It attains its maximum within the first week.“

Miescher sagt, dass in vereinzelten Fällen nach 11–15 Tagen ein vorläufiges Maximum erreicht wird, wonach in vielen Wochen keine Aenderung auftritt; in anderen Fällen aber dauerte die Zunahme viel länger.

Kündig glaubt, dass nach drei Wochen nicht immer das Maximum erreicht ist, welcher Meinung ich mich anschliesse.

Ehrlich, Lazarus, Roemisch meinen, dass die Zahl der rothen Blutkörperchen zunimmt bis zur beendigten Acclimatisation.

Indessen, diese Zunahme der Erythrocyten scheint nach den interessanten Beobachtungen von Meyer, Egger, Wolff und Koeppe nicht regelmässig von der Ankunft im Hochgebirge bis zum Ende der Acclimatisationszeit vor sich zu gehen; denn diese Untersucher haben gefunden, dass direct nach der Ankunft auf grosser Höhe über dem Meeresspiegel eine erhebliche Zunahme der rothen Blutkörperchen zu constatiren ist; die Zahl nimmt aber nach 24—36 Stunden wieder ab, um (nach Egger und Meyer nach dem fünften Tage) dann langsam und regelmässig zu wachsen, bis das neue Maximum am Ende der Acclimatisationszeit erreicht ist (cumulative Adaptation von Haeckel). Diese Resultate finden allerdings durch die Untersuchungen Abderhalden's keine Bestätigung. Das schnelle und erhebliche Zunehmen innerhalb der ersten 24 Stunden im Hochgebirge ist natürlich in Uebereinstimmung mit den erwähnten Beobachtungen bei Luftreisen. Später wird von der Erklärung dieser eigenthümlichen Steigerungscurve noch die Rede sein. Ambard und Beaujard haben neulich mitgetheilt, dass sie bei künstlicher Luftverdünnung „de courte durée“ im Blute der centralen Circulation keine Hyperglobulie nachweisen konnten, und sie vermuthen desshalb, dass das Blut im peripheren und im centralen Kreislauf nicht in gleichem Maasse beeinflusst wird. Diesem Versuche muss man aber entgegenhalten, dass die Luftverdünnung zu kurz eingewirkt hat. Wenn auch die Vermehrung der Erythrocyten vielleicht schnell auftritt, so ist doch jedenfalls dafür eine gewisse Zeitdauer nothwendig.

Eine auch für die Therapie sehr wichtige Thatsache ist, dass die Untersucher, welche diesen Punkt näher betrachtet haben, constatirten, dass im Gebirge die Zunahme der Erythrocytenzahl und des Haemoglobingehaltes bei vielen Kranken, besonders bei Lungenkranken, grösser ist als bei Gesunden.

Egger z. B. fand in Arosa eine durchschnittliche Zunahme um 702000 Erythrocyten für Gesunde, für Tuberculöse aber um 982000. Roemisch, Wolff, Koeppe und v. Jaruntowski haben das bestätigt, ebenso wie Kündig (siehe die Tabelle Seite 3—4).

Im Allgemeinen ist im Gebirge die Zunahme der Erythrocyten am grössten bei bestehender Oligocythaemie (sehr infauste

processe vielleicht ausgenommen), also da, wo das Bedürfniss am stärksten ist.

Die Maximumzunahme bei Kündig (30,5 %) betraf eine anämische Person.

Auch Egger hatte seine grössten Vermehrungsziffern (67 % und 84 %) bei Obligocythaemie. Man würde die Frage stellen können, ob Kranke, welche an Tuberculose leiden, vielleicht eine absolut erhöhte Erythrocytenzahl haben, auch im Tieflande. Die klinische Beobachtung lehrt gewiss schon das Gegentheil; sehen wir doch Anaemie bei Tuberculose nur zu oft.

Bei den hierüber angestellten Untersuchungen (vgl. Grawitz Kl. Path. d. Bl.) ist eine Erhöhung der Erythrocytenzahl und des Haemoglobingehaltes bei Tuberculösen im Tieflande nicht nachgewiesen worden. Etwa normale Ziffern für rothe Blutkörperchen und Haemoglobingehalt bei Tuberculose constatirten Laache, Oppenheimer, Reinert, v. Noorden, Gnezda, Bartazzi. Erniedrigte Werthe fanden Malassez, Neubert, Leichtenstern, Fenoglio. Sahli theilt mit, dass man bei Lungentuberculose für Haemoglobin- und Blutkörperchengehalt verminderte Werthe, aber bisweilen auch normale Werthe findet. Wir müssen also annehmen, dass bei Tuberculose an sich zu niedrige oder höchstens normale Ziffern für rothe Blutkörperchen und Haemoglobingehalt vorkommen.

Was geschieht nun mit dem Blute beim Heruntergehen per Luftballon oder bei der Rückkehr aus dem Hochgebirge in's Tiefland?

Wir haben oben schon einige Ziffern mitgetheilt, welche zeigen, dass die Zahl der Erythrocyten durch Rückkehr in's Tiefland wieder sinkt, aber, während der ersten Zeit wenigstens, noch höher bleibt, als es vor dem Aufenthalte im Hochgebirge der Fall war. Diese That- sache war schon Viault bekannt, und viele Forscher und Autoren (Miescher, Egger, Mercier, Mansfield Holmes, Roemisch, Oliver, Veillon, Suter, Ewart, Abderhalden etc.) haben sie für das Hochgebirge bestätigt, ebenso wie Jolly und Bonnier nach der Rückkehr von einer Luftreise.

Nennen wir nun ein paar Beispiele:

Egger hatte in Arosa (1800 m) 7,27 Millionen rothe Blutkörperchen; nach 16 Tagen Aufenthaltes in Basel (266 m) war ohne irgend eine Störung im Wohlbefinden die Zahl auf 5,66 Millionen heruntergegangen, also Abnahme um 1,6 Million pro Kubikmillimeter.

Nach der Rückkehr nach Arosa war die Zahl innerhalb 14 Tage wieder um 1,34 Million per Kubikmillimeter gestiegen.

Karcher, welcher durch viele Zählungen sehr zuverlässige Ziffern bekam, erwähnt, dass sein Mittel in Basel (266 m) 5 169 000 Erythrocyten war, in Champéry (1052) aber 5 712 000 und nach der Rückkehr nach Basel daselbst wieder 5 281 000, also Zunahme um 9,5 % beim Steigen und Abnahme um 8,16 % beim Heruntersteigen aus dem Gebirge nach Basel.

II. Was nun ferner den Haemoglobingehalt des Blutes im Gebirge anbetrifft, so sind auch hierüber viele Untersuchungen veröffentlicht.

Bekanntlich wird der normale Haemoglobingehalt des Blutes für klinische Zwecke gewöhnlich durch die Ziffer 100 der Scala von Gowers-Sahli oder v. Fleischl ausgedrückt. Für das Haemometer von Miescher ist eine Tabelle vorhanden, aus welcher der absolute Haemoglobingehalt berechnet wird, welcher normal ungefähr 14 % beträgt (v. Jaksch, Hénocque, Leichtenstern, Sahli). Oliver meint, dass die Normalwerthe beim Manne zwischen 95 und 105 % und bei der Frau von 90—100 % schwanken. Sahli (Bern) bemerkt, dass der Haemoglobingehalt von 110—120 bei sogenannten vollblütigen, gesunden Individuen nicht selten vorkommt.

Später werden die absoluten und relativen Fehler dieser Instrumente besprochen werden. Hier will ich aber gleich erwähnen, dass die über den Haemoglobingehalt nach Gowers und v. Fleischl erhaltenen Ziffern oft nicht viel mehr als relativen Werth haben. Ekker sagt in seiner bezüglichen Dissertation, dass er bei gesunden Personen im Tieflande niemals mehr als 80 % Haemoglobin nach v. Fleischl bestimmen konnte. Ich habe z. B. auch öfters vermuthet, dass mein Gowers zu niedrige Werthe gibt. Ein Untersucher, mit einem Instrument arbeitend, kann mit dieser auf Colorimetrie beruhenden Methode sehr gut Veränderungen im Haemoglobingehalt nachweisen, aber absoluten Werth haben diese Untersuchungsmethoden nur in beschränktem Maasse. Das erklärt auch die von einander abweichenden Resultate der verschiedenen Untersucher. So müssen wir es aber auch hier betrachten und Ziffern von A nur mit denen von A selbst vergleichen und nicht mit Resultaten von B.

Zuerst müssen wir erwähnen, dass der Haemoglobingehalt des

Blutes normaliter auch cyklischen und anderen Schwankungen unterworfen ist.

Oliver theilt mit, dass der Haemoglobingehalt während der Nacht etwa um 7 % steigt und während des Tages wieder sinkt, aber mit der Eigenthümlichkeit, dass durch jede Digestion an sich eine Abnahme des Farbstoffgehaltes des Blutes hervorgerufen wird. Gravidität lässt in zunehmender Weise den Haemoglobingehalt abnehmen. Maximal bei der Geburt (Leichtenstern und Winternitz), sinkt der Haemoglobingehalt bald und erheblich, so dass er von $\frac{1}{2}$ —5 Jahren am geringsten ist, um vom 21.—45. Jahre wieder hoch zu sein (dann ist er ungefähr $\frac{2}{3}$ von dem Werthe bei der Geburt). Sahli sagt zu diesen Ziffern: „Diese Schwankungen sind denjenigen der Blutkörperzahl ähnlich, aber viel erheblicher.“ Nach dem 45. Jahre sinkt er allmählich (Ziegler)¹⁾. Massage verursacht eine Zunahme des Haemoglobingehaltes (Mitchell).

Im Hochgebirge wurde im Blute bei Menschen und Thieren, bei Gesunden und Kranken eine Vermehrung des Haemoglobingehaltes durch viele Forscher nachgewiesen, indem zu gleicher Zeit von Vielen die interessante Thatsache festgestellt wurde, dass die Farbstoffzunahme des Blutes im Gebirge im Anfang verhältnissmässig nicht so gross ist als die Vermehrung der Erythrocyten.

Oliver fand bei kurzem Aufenthalt in Arosa und Davos eine Zunahme von 5 % Haemoglobin und von 10 % Erythrocyten.

Roemisch fand bei kurzem Aufenthalt in Arosa eine Zunahme von 11—12 % Haemoglobin, aber doppelt so viel von Erythrocyten.

Suter beobachtete für Serneus (985 m) verglichen mit Basel (266 m) eine Zunahme an Haemoglobin: spectrophotometrisch 22 % und haemometrisch 13,6 %.

Bei sich selbst hat Abderhalden an Haemoglobingehalt nachgewiesen: In Basel durchschnittlich 13,42 %, in St. Moritz 15,44 %. Bei Kaninchen fand Abderhalden ebenfalls eine Vermehrung des Haemoglobingehaltes, welche aber nach ihm immer der Zunahme der Erythrocyten genau proportional ist.

1) Nach Leichtenstern-Stierlin findet man bei			
Neugeborenen (1—3 Tage)		138,88 %	Haemoglobin
$\frac{1}{2}$ —15 Jahre		78,44 %	„
15—25	„	88,88 %	„
25—45	„	100 %	„
45—60	„	87,5 %	„

Veillon und Suter für Langenbruck (700 m) und Basel (266 m) bei 6 gesunden Menschen 6,4% Zunahme an Haemoglobin im Hochland.

Egger constatirte in Arosa eine durchschnittliche Haemoglobinzunahme bei Menschen 18,4%, bei Kaninchen 14,7%. Den Minimumgehalt an Haemoglobin von Einwohnern fand Egger in Arosa noch 8% höher als das Maximum von neu angekommenen Personen.

Kündig fand in Davos (siehe Tabelle Seite 4) sehr hohe Ziffern für Haemoglobingehalt.

Müntz hatte auf dem Pic du Midi (2877 m) Kaninchen freigelassen. Nach längerer Zeit constatirte er bei diesen ganz verwilderten Thieren eine beträchtliche Zunahme des Haemoglobins.

Jolly und Bonnier beobachteten in einem Luftballon auf 4450 m Höhe eine Farbstoffzunahme des Blutes von 15,5%. (Hier wurde die Vermehrung also sehr rasch constatirt.)

Bert, Viault, Turban, Landois, Sahli, Miescher etc., alle erklären, dass im Hochgebirge eine Vermehrung des Haemoglobingehaltes auftritt.

Wolff, Koeppe und v. Jaruntowski meinen, dass im Gebirge zuerst eine Abnahme des Haemoglobingehaltes auftritt, mit darauffolgender, langsamer Vermehrung zu einem neuen Maximum, das absolut höher ist als im Tieflande. Die Meisten stimmen darin überein, dass im Gebirge gewöhnlich die Erythrocytenzahl rascher steigt als der Haemoglobingehalt: „for as a rule the Haemoglobin falls as the corpuscles rise,“ sagt Oliver.

Als einen Beweis, wie bei dergleichen experimentell-physiologischen und klimatologischen Untersuchungen zahlreiche Factoren in Betracht kommen, welche grossen Einfluss auf das Endresultat haben, erwähnen wir, dass Egger als Ausnahme gegenüber vielen anderen Untersuchungen, bei zwei Personen nach 19 und 10 Tagen Aufenthalt im Hochgebirge fand, dass die Zahl der rothen Blutkörperchen viel weniger zugenommen hatte als der Haemoglobingehalt. Wohl eine Warnung, nicht aus wenigen Beobachtungen einen Schluss zu ziehen!

Kohlbrugge fand für Java in Uebereinstimmung mit seinen Bestimmungen der Zahl der rothen Blutkörperchen Resultate betr. Haemoglobingehalt, welche wieder ganz denjenigen der Forscher in Europa und Südamerika entgegenstehen. Für den Aufenthalt in Tosari (1777 m) constatirte Kohlbrugge eine Abnahme des Haemoglobingehaltes von 96,4 auf 92,4% und für das Janggebirge (2200 bis 3000 m) ein Heruntergehen von 92 auf 85%.

Wir stehen hier vor demselben Räthsel wie bei den rothen Blutkörperchen.

Wolff und Koeppe haben nur während der ersten Tage des Aufenthaltes im Gebirge eine Abnahme des Haemoglobingehaltes beobachtet, sonst stimmen alle mir bekannten diesbezüglichen Publicationen darin überein, dass alle Forscher in Europa und Südamerika in hochgelegenen Gegenden eine Vermehrung des Haemoglobingehaltes des Blutes constatirten, und es besteht nur ein Unterschied in dem Maasse dieser Zunahme.

Von noch mehr Bedeutung als die oben erwähnten Ziffern, welche sich doch alle auf relative Werthe beziehen, sind wohl die exacten Versuche von Suter und Jaquet, wodurch festgestellt wurde, dass es sich im Hochgebirge nicht nur um eine relative Zunahme des Haemoglobingehaltes, sondern auch um eine absolute und sogar um eine Vermehrung des gesammten Blutquantums handelt.

Eine Serie Kaninchen wurde in Davos (1560 m) unter den gleichen Bedingungen, gepflegt wie eine Serie in Basel (266 m). Nach Tödtung der Thiere zeigten die Davoser Kaninchen eine absolute Vermehrung des Blutquantums von 14,8% und eine absolute Haemoglobinzunahme von 23%. Die Baseler Kaninchen hatten 5,39 g Haemoglobin pro Kilo Thier, die Davoser 6,59 g.

Hiermit in Uebereinstimmung waren die späteren Untersuchungen von Jaquet. Eine Serie Kaninchen in Basel hatte damals durchschnittlich 5,5 g Haemoglobin pro Kilo; eine andere Serie Thiere wurde auch in Basel unter völlig gleichen Lebensbedingungen gepflegt, nur dass sie während vier Wochen einer Luftdruckverminderung von 100 mm (d. i. ungefähr der Barometerunterschied zwischen Basel und Davos) ausgesetzt wurden. Nach diesem Aufenthalt in verdünnter Luft hatten die Thiere durchschnittlich 6,73 g Haemoglobin pro Kilo, also 1,2 g pro Kilo mehr als die Controlthiere. Es sei noch ausdrücklich erwähnt, dass bei diesen Versuchen die Unterschiede in der Feuchtigkeit der Luft nicht in Betracht kommen, denn die Luft in den Ställen mit verdünnter Luft war immer so feucht, dass die Gläser fortwährend beschlagen waren! Die Versuche von Suter und Jaquet sind als eine wirkliche Ergänzung und Bestätigung der Beobachtungen der verschiedensten Forscher im Hochgebirge und in dem Luftballon zu betrachten.

Abderhalden hat das Haemoglobinquantum per 1000 Gramm Körpergewicht des Versuchsthieres berechnet für St. Moritz (1856 m)

und Basel (266 m), indem er Thiere des gleichen Wurfes mit einander vergleicht. Diese Tabellen ergeben:

In St. Moritz bei 48 Kaninchen durchschn. 10,18 g Haemoglobingehalt pro 1000 g Körpergewicht,

In St. Moritz bei 45 Ratten durchschn. 10,7 g Haemoglobingehalt pro 1000 g Körpergewicht,

In Basel bei 58 Kaninchen durchschn. 8,53 g Haemoglobingehalt pro 1000 g Körpergewicht,

In Basel bei 64 Ratten durchschn. 9,38 g Haemoglobingehalt pro 1000 g Körpergewicht,

d. h. also, dass in St. Moritz die Kaninchen pro 1000 g Körpergewicht durchschnittlich 1,65 g Haemoglobin mehr hatten als in Basel (i. e. 19,3 % Zunahme), und die Ratten dort 1,32 g mehr (i. e. 14 % Zunahme), als in der Ebene.

Schroeder theilt kürzlich mit, dass auch Loewy und seine Gefährten in 2300 m Höhe eine beträchtliche Zunahme an Gesamthaemoglobin und an Gesamtblutmenge nachweisen konnten bei Thieren, die durch Verblutung getödtet waren, verglichen mit Thieren des gleichen Wurfes, welche auf diese Weise in der Ebene untersucht waren.

Dass bei Rückkehr aus dem Hochgebirge nach dem Tiefland der Haemoglobingehalt allmählich wieder heruntergeht, wird uns im Zusammenhang mit dem übereinstimmenden Resultate betr. Erythrocytenzahlen nicht wundern: diese Abnahme des Farbstoffgehaltes des Blutes geschieht aber langsam (Oliver, Roemisch, Abderhalden etc.).

Es scheint also, dass der Haemoglobingehalt des Blutes durch Luftdruckänderungen nicht so rasch beeinflusst wird als die Zahl der rothen Blutkörperchen (Egger, Oliver, Roemisch). Kündig entwarf eine Tabelle, anfangend von den als normale Mittelwerthe angenommenen Ziffern: 5 000 000 Erythrocyten und 100 % Haemoglobingehalt, wo dieses Verhältniss durchgeführt wurde ($H = \frac{2R}{100\,000}$, H = Haemoglobingehalt in Procenten; R = Erythrocytenzahl). So nimmt Kündig an, dass

4 Millionen rothe Blutkörperchen übereinstimmen mit 80 % Haemoglobin,	
4,2 " " " " " 84 % "	
4,4 " " " " " 88 % "	
7 " " " " " 140 % " etc.	

Kündig glaubt, dass dies Verhältniss thatsächlich gewöhnlich besteht. Seine Ziffern (siehe Seite 4) sind auch wirklich damit in Uebereinstimmung. Auch Abderhalden meint: „Blutkörperchenzahl und Haemoglobinmenge steigen und fallen in ganz genau den gleichen Verhältnissen.“ Ich kann dieser Meinung Kündig's und Abderhalden's nicht beistimmen und muss erklären, dass ich bei meinen Untersuchungen öfters betroffen wurde über die Incongruenz zwischen Erythrocytenzahl und Haemoglobingehalt.

Leuch theilt mit, dass bei Kindern, welche aus Gebirgs-Ferriencolonien zurückgekehrt waren, der Haemoglobingehalt nach zwei Monaten zwar etwas heruntergegangen war. verglichen mit dem Gehalt im Gebirge, dass aber nach vier Monaten wiederum eine Steigerung des Haemoglobingehaltes bei diesen Kindern constatirt wurde. Es scheint mir nicht berechtigt, diese letzte Steigerung nur als einen Späterfolg der klimatologischen Gebirgseinflüsse zu betrachten: die verbesserte Constitution bei diesen Kindern wird wohl die Hauptsache der letzten Vermehrung des Blutfarbstoffes sein.

III. Ueber Aenderungen im specifischen Gewichte des Blutes als Folge eines Aufenthaltes in hochgelegenen Gegenden sind nur wenige Resultate veröffentlicht.

Als Durchschnittsziffer des specifischen Gewichts des Blutes im Tieflande beobachtet Lenhartz 1055; nach Landois schwankt sie zwischen 1045 und 1075, nach Lloyd-Jones von 1035—1068, nach Sahli von 1045,5—1066,5. Bei Frauen findet man gewöhnlich etwas niedrigere Werthe als bei Männern, durchschnittlich nach Peiper bei Männern 1055, bei Frauen 1053,5, bei Kindern 1051,2. Bei Anaemie ist sie gewöhnlich erniedrigt (von Jaksch). Lloyd-Jones fand, dass das specifische Gewicht des Blutes Morgens höher ist als Abends, und dass es durch Digestion sinkt. Weiter kann es uns nicht wundern, zu lesen, dass „when perspiration becomes profuse, there is a rapid rise of spec. gravity“; viel scheint diese „rapid rise“ doch nicht zu sein, denn Lloyd-Jones konnte durch Schwitzen nach „running 4½ miles“ das spec. Gewicht von 1058,5 doch nicht höher bringen als 1061. „Das wesentlichste Resultat der bisherigen Bestimmungen des spec. Gewichtes des Blutes geht dahin, dass bei allen anaemischen Zuständen (Oligochromaemien), ausserdem aber auch bei manchen anderen kachektischen Zuständen, bei welchen

der Haemoglobingehalt nicht vermindert zu sein braucht, das spec. Gewicht des Blutes abnimmt.“ (Sahli.)

Eine Erhöhung des spec. Gewichts des Blutes im Gebirge wurde meines Wissens zuerst nachgewiesen von Müntz auf dem Pic du Midi (2877 m).

Roemisch fand für Steigung von Dresden (116 m) nach Arosa nach 14 Tagen Aufenthalt daselbst eine durchschnittliche Erhöhung des spec. Gewichts von 12 ‰. Ein weiteres Steigen des spec. Gewichts bei längerem Aufenthalte im Hochgebirge wurde von demselben Forscher nachgewiesen, ebenso wie ein Heruntergehen des spec. Gewichts bei Rückkehr in's Tiefland.

Bensaude, mit einem Hunde in einem Luftballon reisend, constatirte bei dem Thiere gleichfalls eine Erhöhung des spec. Gewichts des Blutes.

Viele nehmen an, dass zwischen Haemoglobingehalt und spec. Gewicht des Blutes ein mehr oder weniger constantes Verhältniss besteht. Im Allgemeinen wird uns das nicht wundern, wenn wir daran denken, dass das spec. Gewicht des Blutes für einen nicht geringen Theil direct abhängig ist vom Haemoglobingehalt (100 g Blut enthalten etwa 14 g Haemoglobin).

van Spanje glaubt, dass das spec. Gewicht des Blutes fast immer ein genügendes Maass für den Haemoglobingehalt ist. Sahli ist, wie oben erwähnt, nicht dieser Meinung. Siegl fand, wie auch Schmaltz und Menicanti, dass bei Kranken wie bei Gesunden das spec. Gewicht des Blutes in directem Verhältniss steht zu dem Haemoglobingehalt, nicht aber zu der Erythrocytenzahl. von Jaksch meint, dass in vielen Fällen (Kinder ausgenommen) die Bestimmung des spec. Gewichts des Blutes praktisch besser ist als die wenig genaue Bestimmung des Haemoglobingehaltes.

Hammerschlag gibt eine Tabelle betreffs der Verhältnisse, welche normaliter zwischen Haemoglobingehalt und spec. Gewicht des Blutes bestehen. Die Ziffern, soweit sie sich auf meine nachstehenden Untersuchungsergebnisse beziehen, sind

Spec. Gew.		Haemoglobingehalt (v. Fleischl)
1045—1048	correspondirt mit	54—55
1048—1050	„	55—65
1050—1053	„	65—70
1053—1055	„	70—75
1055—1057	„	75—80
1057—1060	„	85—95

IV. Nachdem wir kurz erwähnt haben, dass Bonnier und Jolly in einem Luftballon reisend keine Veränderungen der Zahl der Leukocyten im Blute nachweisen konnten, müssen wir die Frage besprechen, welche morphologischen Veränderungen die Erythrocyten im Blute in Folge des Aufenthaltes im Hochgebirge zeigen können.

Poikilocyten und Mikrocyten sind im Hochgebirge während der Acclimatisation im Menschenblut nachgewiesen durch Viault, Ehrlich, Lazarus, Koeppe, Mercier, Roemisch und Egger. Mercier fand im Anfang des Aufenthaltes im Hochgebirge eine grosse Zahl Mikrocyten und auch später noch sehr viel kleine Erythrocyten; später kommen nach diesem Forscher mehr rothe Blutkörperchen von normaler Dimensionen. (Für numerische Verhältnisse zwischen den Erythrocyten verschiedener Grösse siehe Mercier oder Miescher.)

Ueber die Bedeutung der Mikrocyten und Poikilocyten wird bekanntlich noch viel gestritten.

Der Name Mikrocyten stammt von Vaulair und Masius, welche darunter kleine, haemoglobinhaltige Zellen verstanden, welche vermuthlich als Abkömmlinge von gewöhnlichen Erythrocyten zu betrachten sind. Ehrlich betrachtet die Mikrocyten als Fragmente der rothen Blutkörperchen; er nennt sie „Schistocyten“ und erklärt teleologisch als ihren Zweck die Vergrösserung der Respirationsoberfläche des Blutes (Eichhorst). Sie kommen vor bei Infectiouskrankheiten, Vergiftungen, schweren Anaemien u. s. w. Litten glaubt, dass sie im Blute schnell und zeitweise vorkommen können. Andere (Gram und Graeber) betrachten sie einfach als postmortale Producte. Laache fand Mikrocyten bei traumatischer Anaemie, Hayem bei Fe-Verabreichung.

Poikilocyten (Quincke) wurden zuerst und am meisten gefunden bei pernicioser Anaemie; es kommen jedoch Fälle von pern. Anaemie ohne Poikilocyten vor, ebenso wie Poikilocyten ohne pern. Anaemie (z. B. bei Chlorose, Carcinom, schwerer Anaemie, Leukaemie etc.) Man könnte ganz im Allgemeinen sagen: Poikilocytose kommt überall da vor oder kann da vorkommen, wo im Blute schwere Aenderungen sich abspielen. v. Jaksch meint, dass durch abnorm erhöhte Contractilität der rothen Blutkörperchen eine Vermehrung entsteht der schon bei gewöhnlichen Erythrocyten (von Pilz, Eichhorst, Friedrich, Mosler) beobachteten amöboiden Bewegungen, wo-

durch das Bild der Poikilocytose auftritt. Maragliano sieht in Poikilocytose ein Symptom der Nekrobiose der Erythrocyten und betrachtet sie als Zeichen eines stets infaust verlaufenden Processes. v. Jaksch ist hiermit einverstanden, macht aber eine Ausnahme für Chlorose.

Wohl als wichtiger, speciell für die Neubildung der Erythrocyten, sind zu betrachten die kernhaltigen rothen Blutkörper (Normoblasten und Megaloblasten von Ehrlich), welche im Menschenblut im Hochgebirge nachgewiesen wurden von Schaumann und Rosenquist. Andere Forscher aber (Bensaude, Jolly, Bonnier, Koeppe, A. und J. Loewy, Abderhalden) erwähnen nachdrücklich, dass sie keine kernhaltigen rothen Blutkörperchen bei Menschen in hohen Gegenden finden konnten.

Gaule hat während einer Luftreise „des éléments en segmentation“ beobachtet. Es ist mir nicht recht deutlich, was darunter verstanden wurde. Abderhalden sagt, er habe keine Formveränderungen der rothen Blutkörperchen im Gebirge beobachtet.

Kernhaltige rothe Blutkörper sind auch bei Menschen mit einfacher Chlorose nachgewiesen. Im Allgemeinen werden sie da beobachtet, wo absolute oder relative Verminderung des Blutes besteht, z. B. pern. Anaemie, traumatischer Anaemie u. s. w. (Ribbert, Eichhorst, Leube, Cohnheim, Litten, Hayem, Ziegler, Ascoli u. s. w.). Megaloblasten haben nach Sahli mehr die Bedeutung einer schweren (toxischen) Veränderung des Knochenmarks. Später hoffe ich hierüber mehr zu berichten; vorläufig nur die Mittheilung, dass ich bis jetzt bei meinen Patienten und bei gesunden Personen in Davos noch keine kernhaltigen rothen Blutkörperchen in Menschenblut nachgewiesen habe, wohl aber Poikilocyten und Mikrocyten.

V. Wenn wir hier im Anfang sprachen von Zunahme der Erythrocytenzahl, des Haemoglobingehaltes und des spec. Gewichtes des Blutes, so dürfen wir nicht vergessen, dass alle Methoden für experimentelle Physiologie und Pathologie von gewissen Beobachtungsfehlern abhängig sind, und wir sind also verpflichtet, zu untersuchen, ob die erwähnten Resultate der verschiedenen Beobachter nicht innerhalb dieser von Beobachtungsfehlern unsicher gemachten Zone fallen können. Unter Beobachtungsfehlern wird aber nicht immer das Gleiche verstanden. Die Einen arbeiten mit verschiedenen Instrumenten und lassen sogar mehrere Personen damit untersuchen

und betrachten die Differenzen zwischen Minimum und Maximum als Beobachtungsfehler. Die Andern gebrauchen nur ein Instrument und üben sich damit lange an einer Blutart. Schliesslich bekommen die Letzteren Resultate, welche nur wenig von einander abweichen, und nennen diese Differenzen Fehler. Die letzte Benennungsart gilt also nur für diese Person mit diesem Instrumente. Bei Literaturstudien ist dieser Meinungsunterschied schwer aus einander zu halten.

Die Erythrocytenzahl wird gewöhnlich bestimmt nach Thoma-Zeiss, Meissen, Miescher oder Malassez; auch wird sie gewissermaassen ersetzt durch die volumetrische Bestimmung mit dem Haematokrit nach Hedin u. A.

Die Fehler dieser Instrumente (z. Th. vereinigt mit denjenigen der Forscher, welche sie gebrauchen, und welche oft grösser sind als die der Instrumente an sich) werden von verschiedenen Autoren in folgenden Grössen angegeben.

Für erythrocytometrische Bestimmungen: Ekker 10 %, Lenhartz 1—2 %, Lyon und Thoma 1,82—2,71 %, Sokolowski 0,6 %, Meyer durchschnittlicher Fehler von ± 500 Beobachtungen 0,27 %; Reinert schätzt den Fehler des Mélangeurs Thoma-Zeiss auf ± 3 %, Karcher für diese Instrumente 1,66 %, für den Mélangeur von Miescher 0,69 %. Der durchschnittliche Fehler bei Kündig ist 0,64 %, bei Karcher 0,69 %, bei Veillon 0,38 %.

Egger fand, dass die Abweichungen von zwei Parallelzählungen selten 2 % überschreiten. Prof. Miescher sagt, dass bei correctem Vorgehen die Fehler einer Blutzählung 3 % nicht überschreiten dürfen.

Jedem, der sich mit quantitativen Blutuntersuchungen beschäftigt, möchte ich rathen, von den Arbeiten von Miescher und seinen Schülern Kenntniss zu nehmen. Man sieht daraus nicht, wie gross Untersuchungsfehler sein können, aber wie klein sie zu sein brauchen.

Was die Blutzählungen im Hochgebirge betrifft, so kamen Gottstein, Meissen, Schroeder und Starcke mit der Behauptung, dass die Zählkammer von Thoma-Zeiss dafür nicht brauchbar ist, weil ihr Inhalt von äusseren Luftdruck-Änderungen abhängig wäre. Nach diesen Autoren ist die Zunahme der Erythrocyten im Hochgebirge, wie sie von fast allen Untersuchern festgestellt wurde, nur eine scheinbare, und im Wesentlichen würde es sich nur um Vergrösserung der Zählkammer im Hochgebirge handeln. A priori ist dieser Meinung wenig Werth beizumessen, weil die im Gebirge beobachtete Erythrocytenvermehrung dafür wohl zu gross ist, aber

auch, weil viele Franzosen (die ersten Beobachtungen verdanken wir hauptsächlich französischen Forschern) die Polycythaemia rubra im Gebirge constatirt haben — und in Frankreich werden gewöhnlich nicht die Haemocytometer nach Thoma-Zeiss gebraucht, sondern die nach Malassez, wo das Deckglas mit einer Feder angedrückt wird und also der Factor Luftdruckunterschied fortfällt. Meissen construirte seine „Schlitzkammer“, welcher die Thoma'schen Fehler nicht anhaften würden.

Schon aus theoretischen Gründen muss ich die Meinung Gottstein's, dass die Thoma'sche Zählkammer im Hochgebirge andere Werthe ergibt als in der Ebene, absolut verwerfen.

Eine Pipette von 5 cm hat gerade so wie die Thoma'sche Kammer im Hochgebirge ganz den gleichen Inhalt wie im Tieflande. Ein abgeschlossener Raum mit wenigstens einer nachgiebigen Wand ist nur abhängig von Luftdruckänderungen, welche während des geschlossenen Zustandes auftreten. Und wenn man auch annimmt, dass Druckänderungen bei der Thoma'schen Kammer durch Ausweichen oder Eindringen von Luftbläschen nicht ausgeglichen würden, so ist praktisch doch wohl ausgeschlossen, dass während der Untersuchung mit der Thoma'schen Kammer derartige Schwankungen im Luftdruck vorkommen, welche für Raumänderungen der Zählkammer Bedeutung haben könnten.

Wäre die Meinung Gottstein's richtig, so wäre auch die Deckglasdicke als Maass der Beugsamkeit bei Blutzählungen ein wichtiger Factor und es müsste ein Deckglas von 0,14 mm im Gebirge grösseren Werth für Erythrocytenzahl geben als ein Deckglas von 0,4 oder 0,6 mm. Sokolowski hat diese Frage eingehend geprüft und absolut unrichtig befunden, wie überhaupt die Meinungen von Gottstein und Meissen, betr. Abhängigkeit der Thoma'schen Kammer von Luftdruckänderungen.

Auf Verlangen von Turban haben Kündig in Davos-Dorf und Karcher in Basel, welche beide schon viele Zählungen ausgeführt hatten, die Versuche von Sokolowski nachgeprüft; beide haben dieselbe völlig bestätigt. Meyer hat die Versuche Gottstein's (mit Hefezelleaufschwemmungen in 5 % Formalin) wiederholt und kam gleichfalls zu dem Schlusse, dass die Thoma'sche Kammer für das Hochgebirge und das Tiefland gleich gut ist. Turban weist die Meinung von Gottstein, Meissen und Schroeder einfach „als einen nur durch unvollkommene Beherrschung der schwierigen

Untersuchungstechnik erklärbaren Irrthum“ zurück. Sahli sagt: „Die durch Gottstein aufgestellte Behauptung . . . ist physikalisch unhaltbar.“

Schliesslich können wir noch darauf hinweisen, dass verschiedene Untersucher abwechselnd mit der Meissen'schen und der Thoma'schen Zählkammer gearbeitet haben und mit beiden Instrumenten gleiche Resultate bekamen. Bei meinen Untersuchungen habe ich nur die Schlitzkammer Meissen's benutzt: die Resultate waren dieselben wie von Viault, Egger u. s. w. Vor Kurzem hat wiederum Abderhalden Untersuchungen veröffentlicht, welche ergeben (l. c. S. 131—132), dass die Thoma-Zeiss'sche Zählkammer vom äusseren Luftdrucke absolut unabhängig ist.

So müssen wir wohl annehmen, dass die Einwände gegen die Zählkammer nach Thoma nicht richtig sind und mehr als Folge von persönlichen als von instrumentellen Beobachtungsfehlern betrachtet werden müssen.

Wie gesagt, sind einige Beobachter (Bensaude u. A.), um die Aenderungen in der Zahl der rothen Blutkörperchen zu bestimmen, der volumetrischen Methode mit dem Haematokrit gefolgt. v. Jaksch und Dalan finden die volumetrische Bestimmung sogar in vielen Fällen besser als die haematocytometrische nach Thoma-Zeiss.

Zwischen Volumen und Zahl der rothen Blutkörperchen besteht aber, wie wir wissen, kein constantes Verhältniss, und schon unter normalen Umständen ist das Volumen der Erythrocyten schwankend (Hamburger). Bedenken wir ausserdem noch, dass Mercier in der Acclimatisationszeit im Hochgebirge eine grosse Zahl Mikrocyten beobachtet hat, so müssen wir, besonders für Untersuchungen in hochgelegenen Gegenden, die Bestimmung nach Thoma-Zeiss derjenigen mit dem Haematokrit vorziehen. Die Zählmethode hat zweifellos ihre Fehler, aber der Haematokrit nicht weniger (Gryns, Eykman, Sahli u. s. w.).

Vergleichen wir also die erwähnten Untersuchungsergebnisse, betr. die Zunahme der Erythrocyten im Gebirge, mit den möglichen oder besser den durchschnittlichen Beobachtungsfehlern, so sehen wir fast ausnahmslos, dass die durchschnittliche Erythrocytenvermehrung viel grösser ist als die Schranke, welche wir als Beobachtungsfehler für competente Forscher kennen gelernt haben.

Betrachten wir jetzt die Fehler, welche mit den gebräuchlichen Bestimmungen des Haemoglobingehaltes des Blutes verbunden sind

(v. Fleischl, Gowers-Sahli, Miescher, Spectrophotometrische u. s. w.), so erwähnt v. Spanje, dass nach Angaben von K. H. Meyer, v. Fleischl selber nicht für Fehler bis zu 10 % verantwortlich sein will, die er mit seinem Instrument erhalten hat. Die Genauigkeit des Fleischl'schen Haemometers wird von Osler bis 2 %, von Dehio bis 5,5 % angegeben. Viele glauben, dass das Haemometer nach v. Fleischl in den höheren, besonders aber auch in den niedrigeren Werthen, also bei Anaemie, wenig zuverlässig ist (Neubert, Leepin, Letzius, Dehio, Tornberg). Neubert und Letzius meinen, dass bei schweren Anaemien Fehler bis 20 % bei der Haemoglobinbestimmung vorkommen können. Miescher hat bekanntlich am Apparat von v. Fleischl einige Aenderungen angebracht; er und seine Schüler haben auch betreffs der Haemoglobinbestimmungen sehr schöne Untersuchungen veröffentlicht. Jaquet macht die Angabe, dass die Fehlergrenzen mit diesem Instrument 0,15—0,22 % nicht überschreiten. Sahli bestätigt diese Ansicht.

Veillon brachte es schliesslich zu Resultaten mit v. Fleischl-Miescher, welchen weniger als 1 % Fehler anhafteten. Mit verschiedenen Instrumenten war der Maximumfehler 3,7 %. Veillon und Suter erreichten mit der spektrophotometrischen Methode Resultate, welche nicht mehr als 2,77 % Fehler hatten. Abderhalden ist mit dem Apparat Miescher-Fleischl nicht sehr zufrieden und vergleicht mit einer Normallösung von Pferdeblut-Haemoglobinkrystallen.

Der Apparat Gowers-Sahli ist nach Landois und Lenz hartz genau auf 5 %; Kündig erwähnt, dass seine Fehler damit 1,6 % nicht überschreiten.

v. Jaksch und v. Limbeck sind nicht sehr enthusiastisch für die Methoden der colorimetrischen Haemoglobinbestimmung.

v. Spanje findet für praktische Zwecke die Bestimmung des spec. Gewichts des Blutes einfacher und genauer als die Haemoglobinbestimmung. Dass mit relativ einfachen Mitteln das spec. Gewicht des Blutes genauer bestimmt werden kann als der Haemoglobingehalt mit auf Colorimetrie beruhender Methode, glaube ich auch. Aber für praktische Zwecke scheint mir die Bestimmung des spec. Gewichts immer noch nicht so einfach, dass sie die Bestimmung des Haemoglobingehaltes nach Gowers-Sahli ersetzen kann. Ein Instrument Gowers-Sahli gibt in den Händen von einem Untersucher wirklich sehr hübsche Resultate, welchen nicht mehr als 5 %

Fehler anzuhaften brauchen. Aber die Instrumente sind nicht gleich und haben in absolutem Sinne nicht viel Werth. Ich habe z. B. mit Kündig das Blut aus demselben Blutropfen eines Patienten untersucht. Unsere Instrumente zeigten aber fast 15 % Unterschied¹⁾.

Vergleichen wir jetzt die Ziffern, welche bei den verschiedenen Beobachtern die Zunahme des Haemoglobingehaltes im Hochgebirge oder bei Luftreisen angeben (also mit einem Haemoglobinometer erhaltene Resultate), mit den wahrscheinlichen Beobachtungsfehlern, so sehen wir, dass die Vermehrung des Haemoglobingehaltes (durchschnittlich 5—25 %) die Beobachtungsfehler erheblich übertrifft, welche wir (schwere Anaemie vielleicht ausgenommen, die aber auch wohl kaum hier in Betracht kommt) in relativem Sinne und für ein Instrument und einen Untersucher nicht höher als 5 % anschlagen müssen. Spielten die Beobachtungsfehler wirklich eine grosse Rolle, hier oder bei der Zahlbestimmung der rothen Blutkörperchen, so wäre doch nicht immer von so vielen Untersuchern eine Vermehrung von beiden im Hochgebirge constatirt, sondern auch wohl eine Abnahme, was nicht der Fall ist.

Die Versuche von Suter und Jaquet, welche bei Davoser Kaninchen eine absolute Zunahme von 23 % des Gesamt-Haemoglobingehaltes ergaben, beweisen, gerade so wie die oben (Seite 14) erwähnten Resultate von Abderhalden und Loewy, dass es sich im Gebirge nicht um eine scheinbare, sondern um eine absolute Zunahme des Blutfarbstoffes handelt.

Die Bestimmung des spec. Gewichts des Blutes wird, bei correctem Vorgehen, ziemlich einstimmig als sehr genau betrachtet, sowohl nach der Methode Schmaltz, als nach der von Hammerschlag. Die Resultate sind bis etwa 1‰ genau. Eykman bekam mit Salzlösungen arbeitend, noch grössere Genauigkeit.

VI. Gegen die bis jetzt erwähnten Betrachtungen, besonders gegen die, welche zeigen, dass im Gebirge eine wesentliche Vermehrung der Zahl der Blutkörperchen und des Haemoglobingehaltes stattfindet, sind die folgenden Einwände gemacht:

1. Die beobachtete Zunahme der Zahl der Erythrocyten im Gebirge ist nur scheinbar und factisch die Folge von Volumengrösserung der Zählkammern (Thoma-Zeiss). Dieser Einwand ist oben (Seite 19, 20) schon erledigt.

1) Siehe Fussnote S. 55.

2. Es handelt sich im Gebirge nicht um wirkliche Polyerythrocythaemie, sondern um eine Contraction der Blutgefäße, wodurch Plasma ausgepresst und so eine relative Blutkörperchenvermehrung vermittelt wird (v. Bunge). Diese Theorie wird neuerdings wieder von Abderhalden vertheidigt, der aber nicht einen einzigen Factor als genügend für die Erklärung ansehen will. Er constatirt zwar auch eine Vermehrung des Gesamthaemoglobins im Höhenklima, glaubt aber, dass diese Vermehrung nicht ausreicht, um die Zunahme des relativen Haemoglobingehalts und der Blutkörperchenzahl zu erklären. Das „Wesentliche“ sieht er in der Verkleinerung des Blutvolumens.

Meines Erachtens ist diese Erklärung nach v. Bunge-Abderhalden nicht annehmbar, denn:

a) Wenn solche beträchtlichen Blutveränderungen durch eine Verengerung des Gefäßsystems hervorgerufen werden sollten, so würde man eine erhebliche Erhöhung des Blutdrucks im Gebirge gerade so constant finden, wie die zweifellose Polyerythrocythaemie. Nun wissen wir aber, dass eine Erhöhung des Blutdrucks im Gebirge überhaupt noch nicht festssteht. Veraguth, Mosso, Lortet, A. Loewy, Lazarus und Schirmunski, Regnard — alle haben, entweder gar keinen Einfluss, oder, sogar Erniedrigung des Blutdrucks im Gebirge sowohl wie bei künstlicher Herabsetzung des Luftdrucks gefunden.

b) Wäre die Blutkörperchenvermehrung einfach durch Gefäßcontraction, also durch eine Art Filtration entstanden, dann müsste man auch immer eine der Zunahme der Erythrocyten genau proportionale Vermehrung der Leukocyten im Gebirge nachweisen können. Zwar ist es nicht so leicht, einwandfrei Durchschnittsziffern für die Leukocytenzahl zu bestimmen, und es sind hierüber auch wenig Untersuchungen veröffentlicht, aber die bezüglichen Aeusserungen der Autoren (Bonnier, Jolly, Roemisch) machen eine deutliche Vermehrung der Leukocyten im Gebirge nicht wahrscheinlich.

c) Die Versuche Suter's und Jaquet's ergeben eine absolute Vermehrung des Blutes (14,9%) und des Haemoglobins (23%) im Hochgebirge (cf. Seite 13). Auch Loewy hat (cf. Seite 14) auf 2300 m Höhe eine beträchtliche Zunahme des Gesamthaemoglobins und der Gesamtblutmenge constatirt. Und sogar aus den ausführlichen und zahlreichen Versuchen Abderhalden's selber

geht hervor, dass die Gebirgsthiere 14—19,3 % Haemoglobin pro 1000 Gramm Körpergewicht mehr aufweisen als die Baseler Thiere. Diese Zunahmen an absoluten Haemoglobinmengen bei Abderhalden sind in Uebereinstimmung mit den erwähnten Resultaten Suter's, Jaquet's und Loewy's und entsprechen ziemlich gut den Zunahmen an rothen Blutkörperchen, welche Abderhalden bei seinen Versuchsthiere gefunden hat. Abderhalden schreibt (l. c. S. 171), dass die St. Moritzer Thiere im Allgemeinen höhere Werthe für absoluten Haemoglobingehalt aufweisen als die Baseler. Er fügt dann hinzu: „Dieses Resultat tritt im allgemeinen um so prägnanter hervor, je länger der Aufenthalt in St. Moritz dauerte.“ Das spricht doch mehr für Neubildung als für Gefässverengerung!

Wenn Abderhalden (l. c. S. 177) die absolute Blutmenge bei Thieren aus Haemoglobingehalt in Procenten und aus Gesamthaemoglobin pro Kilo Thier, also aus zwei natürlich nur relativ genauen Werthen, berechnet, so kann man den auf diese Weise erhaltenen Ziffern nicht sehr viel Beweiskraft ertheilen. Der Widerspruch bei Abderhalden zwischen Zunahme der Gesamthaemoglobinmenge und der Abnahme der Gesamtblutmenge ist augenfällig und macht es an sich schon wahrscheinlich, dass dieser berechnete Werth der Gesamtblutmenge nicht den Thatsachen entspricht. Die Messung der Blutmenge durch Verblutung ist wohl als genauer anzusehen und die auf diese Weise erhaltenen Ziffern (Suter, Jaquet, Loewy) ergeben eine deutliche Vermehrung der Gesamtblutmenge im Gebirge.

Und wenn Abderhalden aus seinen Untersuchungen schliesst: „Das Serum der St. Moritzer Thiere weist einen höheren Gehalt an festen Stoffen auf als dasjenige der Baseler Thiere. Dieses Plus an festen Stoffen ist hauptsächlich durch einen höheren Eiweissgehalt bedingt,“ so muss man doch daran denken, dass er selbst in seiner Tabelle, Seite 460, keine Vermehrung des Serumeiweisses fand und dass auch Miescher, Egger und Karcher keine bedeutende Zunahme der festen Bestandtheile des Blutserums bei Gebirgsthiere nachweisen konnten. Diese Frage kann man also noch nicht als absolut gelöst betrachten, aber auch wenn man mit Abderhalden eine Vermehrung der festen Bestandtheile im Serum bei den Gebirgsthiere annimmt, so beweist das noch nicht eine „Gefässverengerung mit Auspressung eines an festen Bestandtheilen ärmeren Plasma“; denn diese geringe Vermehrung im Gebirge wäre ja auch

ganz gut durch die Modificirung und Steigerung des Stoffwechsels im Hochgebirge zu erklären.

Es wäre möglich, dass bei den ausserordentlich vielen, wichtigen und complicirten Processen, welche sich in einem Organismus abspielen, der ins Hochgebirge versetzt wird, auch die Transsudationsprocesse aus den Gefässen modificirt würden, aber das kann im Wesentlichen die so bedeutenden Blutveränderungen im Gebirge nicht erklären und muss meines Erachtens nur als eine sehr fragliche Nebensache betrachtet werden. Einen Beweis gegen eine wirkliche Vermehrung der rothen Blutkörperchen sieht Abderhalden (l. c. S. 175) auch in dem Fehlen jeglicher auf vermehrte Neubildung hindeutender Formelemente (kernhaltige rothe Blutkörperchen u. s. w.). Aber was wir überhaupt sicher von Neubildung der Erythrocyten wissen, ist nicht viel, und selbst Bizzozero erwähnt ausdrücklich, dass man nicht bei allen, sondern nur bei sehr gesunden und kräftigen Thieren die verschiedenen Stadien der Blutbildung im Knochenmarke findet. Und wie sollte man den von Loewy bei Gebirgsthiere festgestellten erhöhten Blutreichthum des Knochenmarkes anders betrachten, wenn nicht als den Ausdruck der Blutneubildung?

d) Verschiedene Autoren (Egger, Roemisch, Oliver u. s. w.) finden, dass besonders im Anfange des Gebirgsaufenthaltes kein Parallelismus besteht zwischen Vermehrung der Erythrocytenzahl und des Haemoglobingehalts des Blutes.

e) Die erwähnten Blutveränderungen kommen auch bei Personen vor, welche dauernd im Hochgebirge leben oder da geboren sind (Viault, Egger u. s. w.). Es ist nicht wahrscheinlich, dass bei diesen Personen eine dauernd erhöhte Contraction der Gefässe sich findet.

f) Eine so stürmisch auftretende allgemeine Gefässcontraction mit Auspressung von Serum, wie Abderhalden annimmt, sollte doch wohl mehr Störungen und speciell Oedemen oder Transsudate verursachen. Es ist mir nicht bekannt, dass Oedemen im Anfang des Aufenthaltes im Gebirge oder gar bei Luftschiffahrten auftreten. Ausserdem wäre eine gesteigerte Diurese wahrscheinlich; dieselbe ist aber nach Landois (l. c. S. 272) in hohen Bergregionen vermindert.

3. Die gefundene Vermehrung der Erythrocytenzahl ist nur scheinbar und eigentlich die Folge einer abnormen Blutvertheilung

in den Capillargefässen (Cohnheim, Zuntz, Schumberg, A. Loewy). Diese Hypothese ist nicht wahrscheinlich, denn:

a) Egger, Karcher und auch Abderhalten fanden die Polyerythrocythaemie gerade so gut im Blut der grossen Arterien wie in dem der Peripherie.

b) Die erwähnten Versuche von Suter und Jaquet (cf. Seite 13), Loewy und Abderhalden (Seite 14) ergeben eine absolute Zunahme des Haemoglobins.

c) im Hochgebirge darf eine Vermehrung der Leukocytenzahl bis jetzt nicht angenommen werden.

4. Die Blutveränderungen sind nicht die Folge des Hochgebirgsklimas, sondern der Verbesserung des Allgemeinzustandes (Meissen, Schroeder, v. Ziemssen). Man kann nicht verneinen, dass nach längerem Aufenthalt im Hochgebirge in vielen Fällen durch die verbesserte Constitution an sich schon Verbesserung in der Zusammensetzung des Blutes hervorgerufen wird. Aber das ist nicht für die uns hier interessirende Frage entscheidend und nur Nebensache, denn:

a) Die Blutveränderungen treten im Hochgebirge oder in dem Luftballon sehr rasch auf (bisweilen schon nach wenigen Stunden), bevor also von einer constitutionellen Verbesserung die Rede sein kann, und die Vermehrung der Erythrocyten geht bei absolut gutem Wohlbefinden in der Ebene wieder zurück (Egger, Abderhalden).

b) Zunahme der rothen Blutkörperchen und des Haemoglobingehalts entsteht auch bei Versuchsthieren, welche in der Ebene bei künstlich erniedrigtem Luftdrucke leben (Jaquet, cf. Seite 13).

c) Die Blutveränderungen treten im Hochgebirge auch bei Personen auf, welche da (was Nahrung u. s. w. betrifft) in sehr bescheidenen Verhältnissen leben (Turban), und bei vielen Kranken, deren Zustand sich verschlimmert.

d) Bei constitutionellen Verbesserungen im Tieflande entsteht auch eine Veränderung des Blutes in dem Sinne, wie wir sie im Hochgebirge auftreten sehen, aber da handelt es sich mehr um die Rückkehr zu der für das Tiefland geltenden Norm; da sind nicht regelmässig die ausserordentlich hohen Ziffern gefunden worden, welche man durchschnittlich im Hochgebirge findet.

5. Die Blutveränderungen beruhen eigentlich auf einer Eindickung des Blutes im Hochgebirge (Grawitz, Weiss, Oliver), eine Hypothese, welche auch von Sahli im Jahre 1892 aus-

gesprochen, in seinem Lehrbuch der klin. Untersuchungsmethoden (1902) aber nicht mehr erwähnt worden ist.

Oliver führte Blutuntersuchungen in London, Davos, Arosa, Florenz und Helouan (Aegypten) aus und kommt zu dem Schlusse, dass die Trockenheit im Hochgebirge die Ursache der Blutveränderungen sei. Einen Beweis dafür sieht er auch in der Beobachtung, dass in Davos durch viel Trinken die Erythrocytenzahl 3,5% herunterging. Wir müssen aber bemerken, dass dergleiche geringe Unterschiede ganz im Gebiete der Beobachtungsfehler liegen und also keine Beweiskraft haben, um so mehr, als Oliver seine Versuche nur an zwei Personen vornahm — eine Zahl, welche viel zu klein ist, um daraus einen Schluss ziehen zu dürfen.

Gegen die Eindickungstheorie von Grawitz ist jedoch einzuwenden:

- a) Es ist durchschnittlich bei den Personen, welche in's Hochgebirge kommen, keine Gewichtsabnahme zu constatiren, was doch der Fall sein sollte (Czerny), wenn durch Flüssigkeitsverlust eine derartige Bluteindickung stattfinden sollte.

Zuntz berechnet, dass, um 20% Erythrocytenvermehrung durch Flüssigkeitsverlust zu erklären, dem Körper 7,8 kg Flüssigkeit entnommen werden müsste. Diese Ziffern mögen vielleicht zu hoch sein, sicher aber ist, dass die klinische Erfahrung während der Acclimatisation im Hochgebirge nicht eine Gewichtsabnahme, ganz entschieden aber eine Gewichtszunahme kennt. (Veraguth.)

- b) Es besteht nicht immer Parallelismus zwischen Zunahme der Erythrocytenzahl und des Haemoglobingehalts des Blutes (Egger, Oliver, Roemisch u. s. w.).
- c) Es besteht keine proportionelle Vermehrung der Erythrocyten und der Leukocyten im Blute im Hochgebirge (Jolly, Bonnier, Roemisch).
- d) Die Versuche von Suter und Jaquet (cf. Seite 13) ergeben eine absolute Zunahme des Blut- und des Haemoglobinquantums, die sowohl bei Thieren in Davos als bei Thieren in künstlich verdünnter Luft in Basel eintrat, indem da die Luft in den Kaninchenställen sehr feucht blieb.
- e) Die Beobachtungen Henry's in einem Luftballon ergaben, dass bei einem Hunde ohne Milz die Polycythaemie geringer war als bei zwei anderen Hunden in dem gleichem Verhältniss (cf. Seite 7).

- f) Jaquet fand auf dem Chasseral (1600 m) den Flüssigkeitsverlust durch die Haut und die Lungen geringer als in Basel (260 m).
- g) Es ist kein Zusammenhang zwischen Zunahme der Erythrocytenzahl und den täglichen und sonstigen Schwankungen im Feuchtigkeitsgrade der Luft wahrnehmbar.
- h) Es ist noch nicht absolut sicher, dass die Menge der festen Bestandtheile des Blutserums im Hochgebirge steigt, und zwar in solchem Masse steigt, dass dadurch die Erklärung von Grawitz möglich wäre.

Uebersehen wir jetzt alles Vorhergehende, so kommen wir zu dem Schluss, dass — ausgenommen die Resultate von Loewy und die betreffs Niederl. Ost-Indien — die vielen Untersucher, welche die Zusammensetzung des Blutes im Hochgebirge oder während der Luftreise studirt haben, alle in der Thatsache übereinstimmen, dass in hohen Luftgegenden eine Vermehrung der Zahl der rothen Blutkörperchen, des Haemoglobingehaltes und wahrscheinlich auch des spec. Gewichts des Blutes auftritt. Diese Vermehrung müssen wir entschieden als eine absolute und nicht als eine relative betrachten.

VII. Bevor wir die Erklärungen für diese interessante Thatsache besprechen, müssen wir ganz kurz, und nur insoweit es mit unserem Thema in Verbindung steht und für das Verständniss nothwendig ist, Einiges, betreffs Stoffwechsel und Athmung im Hochgebirge oder bei Luftverdünnung, und der eigenthümlichen Bergkrankheit, anführen¹⁾.

Die Frequenz der Athmung hat während der ersten Tage im Hochgebirge zugenommen (Veraguth, A. Mosso). Bei einigen Personen fand A. Mosso auf dem Monte Rosa eine Abnahme der Athmungsfrequenz. Keine Vermehrung oder sogar eine Abnahme

1) Für ausführlichere Mittheilungen, betreffs Stoffwechsel im Hochgebirge, siehe die Publicationen von Jaquet, Mermod, Veraguth, Schumberg und H. Zuntz, A. Loewy, J. Loewy, L. Zuntz, A. Mosso, H. Mosso, Bürgi, Aron, Vallot, Egli-Sinclair, Lortet, Lépine, Chauveau, Heller, Meyer, Kohlbrugge, v. Schroetter, Lazarus, Schirmunski, G. Liebig, Gavarret, Kronecker, Bert, Jourdanet, Ladendorff, A. Fraenkel und Geppert, Kempner, Meyer-Ahrens, Wolff, de la Harpe, Ludwig, Speck, Tissot.

der Athmungsfrequenz wurde nachgewiesen von Mermod, Jaquet, Egger. Eine erhöhte Athmungsfrequenz wird angenommen von Loewy und Zuntz. Egli-Sinclair, Vallot und Mosso haben auf grösseren Höhen bei gesunden Männern eine Art Cheyne-Stokes' Athmen beobachtet, die sog. „periodische Athmung“ von Mosso.

Das Resultat dieser Beobachtungen macht es wahrscheinlich, dass, wenn man den Factor Ermüdung ausschaltet und nicht zu schnell oder zu hoch steigt, eine bedeutende Aenderung der Athmungsfrequenz im Hochgebirge nicht auftritt, besonders nicht nach einigen Tagen Aufenthalt daselbst.

Pulmonäre Ventilation (Literzahl der in fünf Minuten eingeathmeten Luft) ist wahrscheinlich auch im Hochgebirge nicht regelmässig verändert. Veraguth fand die pulmonäre Ventilation in St. Moritz die erste Woche viel grösser, dann nimmt sie ab, und nach ein paar Wochen ist sie normal. Lortet constatirte, dass auf dem Mont-Blanc die durchschnittliche Inspirationsgrösse kleiner ist als in Lyon, eine Beobachtung, welche Prof. Mosso auf dem Col du Théodule (3333 m) bestätigt hat. Mosso zählte da pro Minute mehr Athmungen als in Turin und fand das absolute Quantum eingeathmeter Luft im Gebirge erhöht, indessen für jeden einzelnen Athemzug vermindert. Schumberg und Zuntz meinten für Berlin, Zermatt und den Monte Rosa eine Vergrösserung der pulmonären Ventilation im Gebirge annehmen zu müssen.

Alle diese Untersuchungen betreffs pulmonärer Ventilation scheinen aber mehr zu beweisen, als es wirklich der Fall ist, denn reduciren wir die Resultate auf Luftdruck und Temperatur des Tieflandes, so ergeben sie gerade das Gegentheil, nämlich eine Abnahme der pulmonären Ventilation im Gebirge (Mosso, Jaquet), eine Thatsache, welche Prof. Mosso zu der Hypothese führt, dass der Mensch im Tiefland eigentlich zu viel, ja übermässig athmet, so dass er selbst von „Luxusathmung“ in der Ebene spricht.

Wir dürfen die Frage nicht als gelöst betrachten, auch wenn wir alle Factoren von Luftdruck, Temperatur, Ernährung, Bewegung u. s. w. in Betracht ziehen, und müssen vorläufig wenigstens daraus schliessen, dass eine bedeutende Aenderung der pulmonären Ventilation im Gebirge nicht angenommen werden darf.

Im Anfange des Aufenthaltes im Gebirge scheint die Pulsfrequenz erhöht zu sein (Veraguth, Kronecker, A. Mosso). Nach etwa 15 Tagen soll sie nach Veraguth wieder normal

sein. Mosso theilt aber mit, dass die erhöhte Pulsfrequenz bei den Wächtern auf dem Monte Rosa (4560 m) erst nach Monaten wieder normal ist.

Burckhardt hat bei Lungenpatienten im Anfange des Aufenthaltes in Davos eine bedeutende Steigerung der Pulsfrequenz nachgewiesen. Die psychischen Momente spielen bei solchen Patienten jedenfalls eine grosse Rolle. Nach einiger Zeit sinkt die Pulsfrequenz wohl, bleibt aber immerhin noch etwas zu hoch, und gewöhnlich erst nach monatelangem Aufenthalt in Davos war nach Burckhardt die Frequenz dieselbe wie in Basel. Inwieweit hier von physiologischer oder pathologischer Steigerung der Pulsfrequenz die Rede sein darf, ist wohl schwer zu entscheiden.

Chauveau und Lortet machten auf dem Mont-Blanc Sphygmogramme, welche an den Puls bei Typhoid erinnerten. Auch Heller, Mayer und v. Schroetter haben sich im gleichen Sinne geäussert.

Ueber die Pulsspannung im Hochgebirge oder bei erniedrigtem Luftdruck wird nicht einstimmig geurtheilt. Mosso fand bei gesunden Soldaten auf 4560 m Höhe keinen Unterschied bezüglich Blutdruck im Vergleich zum Tieflande, wenn das Moment der Ermüdung ausgeschlossen war. Lortet meint, dass auf dem Mont-Blanc der Blutdruck geringer ist als unten. Fraenkel und Geppert fanden in der pneumatischen Glocke bei Hunden einen erhöhten Blutdruck bei erniedrigtem Luftdruck. A. Loewy dagegen fand keine beträchtlichen Schwankungen des Blutdrucks bei Luftverdünnung. Nach Kronecker ist die art. Spannung im Gebirge kleiner als im Tieflande.

Veraguth constatirte in St. Moritz in den ersten Tagen Sinken des Blutdrucks (durchschnittlich 11 mm Hg.), nach einigen Wochen aber ein Steigen bis 4 mm über den Druck des Tieflandes. Auch Veraguth will aus diesen Befunden keinen Schluss ziehen.

Burckhardt fand bei Lungenkranken in Davos, verglichen mit Basel, eine Erhöhung des Blutdruckes von 0,6—4,6 cm Hg. Waldenburg und Kisch (cit. Determann) nehmen bei längerem Aufenthalte in mässigen Höhen eine Erhöhung der arteriellen Spannung an.

Lazarus und Schirmunski fanden in den pneumatischen Glocken bei erniedrigtem Luftdruck eine Abnahme der Pulsspannung. Man warf ihnen aber vor, dass die Druckabnahme bei ihren Versuchen viel zu schnell und zu gross sei. G. Liebig constatirte denn auch gerade das Gegentheil von Lazarus und Schirmunski.

Auch Aron fand bei niedrigerem Druck eine erhöhte arterielle Spannung. Andere wieder (A. Loewy, Regnard) fanden gar keinen Einfluss auf Pulsspannung durch Luftdruckabnahme.

Bei diesen einander widersprechenden Resultaten scheint es mir jetzt noch nicht erlaubt, eine wirklich physiologische Erhöhung (oder Erniedrigung) der Pulsspannung im Gebirge anzunehmen.

Etwas Anderes ist es mit dem Athmungscoëfficient $\left(\frac{\text{Quantum ausgeathm. CO}_2 \text{ im ccm pro Minute}}{\text{Quantum eingeathm. O}_2 \text{ im ccm pro Minute}} \right)$, welcher nach den Versuchen von Jaquet, der dabei alle in Frage kommenden Factoren sehr genau betrachtet hat, im Gebirge erheblich zunimmt. Auch Loewy constatirte ein Ansteigen des Athmungscoëfficienten. Von Tissot wird dieses Resultat aber wieder bestritten.

Im Gebirge wird mehr O₂ eingeathmet als in der Ebene (Zunahmen von 8,8 ‰, 12,4 ‰ und 21,5 ‰ wurden von Jaquet, J. Loewy und L. Zuntz gefunden). Aber im Gebirge wird auch mehr CO₂ ausgeathmet (Mermoud 7 ‰, Jaquet 14,8 ‰, Verguth 35 ‰¹⁾).

Der menschliche Körper hält im Hochgebirge mehr N zurück; nach Jaquet ist diese Ersparung 1,5—2 g pro Tag. Die nichtstickstoffhaltigen Stoffe, besonders die Kohlenhydrate, werden im Gebirge in erhöhtem Maasse verbrannt. Wir müssen mit Loewy eine Steigerung des Stoffwechsels im Gebirge annehmen.

Jetzt haben wir die geheimnissvolle Bergkrankheit zu erwähnen, welche mit vielen anderen Krankheiten das zweifelhafte Privilegium theilt, von vielen Theorien „erklärt“ zu werden.

Bekanntlich tritt im europäischen Gebirge in grösserer Höhe (gewöhnlich erst nach 4000 Metern Höhe) bei einzelnen Personen ein Symptomcomplex auf, dem man den Namen Bergkrankheit gegeben hat, und die sich in Schlaflosigkeit, Ermüdung, Uebelkeit, Appetitlosigkeit, Athembeschwerden (periodische Athmung u. s. w.), Pulsbeschleunigung u. s. w. äussert. Bei allen Personen im Gebirge wird die Krankheit nicht beobachtet, so dass man sagt, dass noch eine Art Praedisposition dazu nothwendig ist; Ermüdung scheint sie eher hervorzurufen. Kronecker sah auch Symptome der Bergkrankheit auftreten bei Personen, welche bis 4000 Meter hinauf-

1) In gewissem Maasse ist beim Menschen CO₂-Bildung von O₂-Aufnahme unabhängig (Landouzy).

getragen waren, wenn sie da sehr leichte Bewegungen ausführten. Landois sagt in seinem bekannten Lehrbuche, dass der Haemoglobingehalt des Blutes in manchen Zeiten der Bergkrankheit abgenommen hat (Egli-Sinclair), und dass die Symptome die Folgen von Anaemie der inneren Organe sind.

Gavarret erklärt die Bergkrankheit durch CO_2 -Anhäufung im Blute. Andere wieder (Determann) sehen die Ursache im O_2 -Mangel des Blutes (sogen. Anoxyhaemie).

Prof. Kronecker, der die Krankheit vor dem Bau der Jungfrauabahn behufs eines Rapportes genau studirte, erklärt die Krankheit durch O_2 -Mangel im Zusammenhang mit mechanischen Störungen in der Herz- und Lungenfunction.

Prof. Mosso stellte eine geistreiche Hypothese auf. Mit Brown-Séquard, Pflüger, Friedländer u. s. w. nimmt er an, dass das CO_2 im Blute als Excitans wirkt, welches die Centren des Nervensystems zu Functionen reizt, und erklärt die Bergkrankheit nicht durch Annahme einer Vermehrung, sondern einer Abnahme der CO_2 -Spannung des Blutes, ein Zustand, welchen er als „Akapnie“ bezeichnet.

A. Loewy dagegen meint, dass die CO_2 -Spannung des Blutes im Allgemeinen und die Akapnie im Besonderen nicht abhängig ist von der atmosphärischen Spannung, sondern von der intra-alveolären Spannung, und er meint sogar, dass bei excessiv erniedrigtem Drucke (seine Versuche gingen bis 440 mm) die CO_2 -Spannung in der Alveole nicht beträchtlich sinkt.

Mosso führt als Beweis für seine Hypothese an, dass der Bergkranke durch Einathmung von CO_2 erleichtert wird. Loewy gibt das zu, sagt aber: das kommt dadurch, dass das Respirationscentrum gereizt und deshalb ausgiebiger geathmet wird und die Lungen besser ventilirt werden.

Lépine, der anfänglich der Mosso'schen Hypothese sympathisch gegenüber stand, misst ihr schliesslich doch wenig Werth bei und glaubt, dass die Anoxyhaemie im Zusammenhange mit Circulationsstörungen die Bergkrankheit hervorruft. Mit Recht erinnern Lépine und auch Determann daran, dass Versuche in der pneumatischen Glocke mit verdünnter Luft für die Erklärung der Bergkrankheit und des Stoffwechsels im Gebirge relativ wenig Nutzen haben — dafür sind wohl die klimatologischen Factoren, welche beim

Bestehen der Krankheit anwesend sind, zu gross an Zahl und an Bedeutung.

Das können wir auch illustriren durch die Mittheilung, dass nach Kohlbrugge im javanischen Gebirge niemals Bergkrankheit auftritt. Kohlbrugge kann diesen Unterschied mit dem europäischen Gebirge nicht erklären, vermuthet aber, dass vielleicht die grössere absolute Feuchtigkeit des insulär-tropischen Klimas die Ursache ist.

VIII. Kommen wir jetzt zurück zum Anfangsthema, nämlich die Vermehrung der Erythrocytenzahl und des Haemoglobingehalts des Blutes im Gebirge. Wie können wir das im Zusammenhang mit dem, was über den Stoffwechsel im Gebirge bekannt ist, erklären.

Zuerst müssen wir die Frage zu lösen suchen, welche der verschiedenen klimatologischen Factoren verursacht eigentlich im Wesentlichen die bekannten Blutveränderungen im Gebirge? Welche ist die *causa efficiens*?

Kohlbrugge versucht auf klimatologischem Wege zu erklären, wesshalb im europäischen Gebirge wohl, im javanischen aber nicht die Blutveränderungen auftreten.

Die relative Feuchtigkeit ist es nicht, denn diese ist in Davos, Tosari und Batavia fast gleich; die niedrige Temperatur auch nicht, denn Christiania hat eine kleinere Erythrocytenzahl als Batavia. Sind die täglichen Temperaturschwankungen die Ursache der Unterschiede? Nein, denn man findet im Tieflande Deutschlands nicht mehr Erythrocyten als in Batavia. Kohlbrugge kann die Frage nicht lösen, äussert aber die Vermuthung, dass die geringe absolute Feuchtigkeit im Zusammenhang mit den niedrigen Temperaturen die Blutveränderungen verursacht.

Indem wir für ausführlichere Betrachtungen diesbezüglich auf die Versuche von Regnard, Suter, Jaquet (z. Th. schon erwähnt), Stähelin, Egger, Meyer, Schaumann und Rosenquist, Grawitz, Sellier und Schroeder hinweisen müssen, erwähnen wir hier nur, dass weder Trockenheit, noch grosse Lichtintensität, noch Kälte im Stande sind, die bekannten Aenderungen in der Zusammensetzung des Blutes hervorzurufen, aber dass Erniedrigung des Luftdruckes die Blutveränderungen (Vermehrung der Erythrocyten und des Haemoglobingehalts), wie sie im Hochgebirge vorkommen, verursacht.

Wie kann nun die Luftdruckerniedrigung das Blut in solchem Maasse modificiren, dass man sogar von einer „Blutrevolution“ im Hochgebirge gesprochen hat? Wie und woher entsteht die enorme Zunahme der Erythrocytenzahl im Gebirge?

Fangen wir an mit dem Geständniss, dass wir von der Bildung und Regeneration der Erythrocyten sehr wenig wissen und von ihrem Untergang vielleicht noch weniger. Der von Lenhartz citirte Ausspruch Virchow's: „Die Geschichte der rothen Blutkörper ist immer noch mit einem geheimnissvollen Dunkel umgeben,“ gilt auch jetzt noch.

P. Bert dachte 1878 bei seinen grundlegenden Forschungen zu Bolivia, dass die Blutveränderungen im Gebirge die Folge seien von einer langsamen, über viele Generationen sich erstreckenden Adaptation des Organismus an die verminderte O_2 -Spannung der Luft.

Diese Theorie fiel schon mit der Entdeckung Viault's (1890), dass die Blutänderungen auch vorkommen bei Personen, welche sich erst seit kurzer Zeit im Gebirge aufhalten.

Fick glaubte die Vermehrung der Erythrocyten im Blute erklären zu müssen durch einen verminderten Untergang der rothen Blutkörper — eine Meinung, die überhaupt nicht bewiesen ist. Sellier meint, dass es speciell die Abnahme des Sauerstoffs ist, welche die erwähnten Blutsveränderungen verursacht.

Prof. Miescher, der sich für die uns hier beschäftigenden Themata lebhaft interessirte, kam mit einer Hypothese, welche viel Verlockendes hat.

In hohen Luftgegenden würde nach ihm der relative O_2 -Mangel der Antrieb für die Neubildung von rothen Blutkörperchen (formativer Reiz nach Virchow) sein, eine Hypothese, welche von Egger, Gaule, Ehrlich, Lazarus, Koeppe und vielen Anderen angenommen wurde, und welche eine wesentliche Begründung in der Anwesenheit von kernhaltigen Erythrocyten im Menschenblute während der Acclimatisationszeit im Hochgebirge finden sollte.

Wir müssen aber daran erinnern, dass kernhaltige, rothe Blutkörperchen (Normoblasten und Megaloblasten) nur von drei Untersuchern in hohen Luftgegenden beobachtet, von vielen aber vergeblich gesucht wurden.

Miescher denkt im Zusammenhange mit den oben erwähnten Beobachtungen von Mercier (das Auftreten von sehr vielen, aber sehr kleinen rothen Blutkörpern im Gebirge während der

Acclimatisationszeit), dass die Bildung der rothen Blutkörperchen so schnell vor sich geht, dass die Grössenzunahme im Anfange hinter der Zahlzunahme zurückbleibt. Zur Erklärung weist er auf die Untersuchungen Hüfner's hin und sagt, dass normaliter die rothen Blutkörper postembryonal bei den höheren Wirbelthieren hauptsächlich im rothen Knochenmarke entstehen, gerade an der Stelle, wo die O_2 -Spannung sehr gering ist. Weiter: „Die Tendenz zur Haemoglobinbildung, und was an morphologischen Vorgängen damit zusammenhängt, ist charakteristisch für einen gewissen absoluten oder relativen Sauerstoffmangel“ (l. c. S. 348). Würde denn der relative O_2 -Mangel genügen, um so viele Erythrocyten zu bilden? Miescher will das nicht sicher entscheiden und weist auf das Complicirte der Fragen, auf individuelle Unterschiede u. s. w. hin.

Je mehr man sich in die Sache vertieft, desto mehr sieht man, wie überall in Naturfragen, wie schwierig Alles zu erklären ist. „Alles ist neu und doch immer das Alte.“

Prof. Miescher weist im Besonderen darauf hin, dass in Orten von geringer Meereshöhe, wie Serneus (985 m) und Champéry (1052 m), die Vermehrung der Erythrocytenzahl sehr constant und beträchtlich auftritt, und doch ist der Unterschied der O_2 -Spannung in solchen Orten, verglichen mit Basel (266 m), sehr gering. Miescher sieht einen gewissen Widerspruch zwischen einer einfachen teleologischen Erklärung und der sehr feinen Regulirung durch die Blutänderungen. Er versucht, die Sache mehr auf die Gewebeathmung zurückzuführen; das macht, auch durch die Theorien von Hüfner, seine Erklärungen nicht einfacher. M. vermuthet, dass das Knochenmark, welches normaliter schon sehr geringe arterielle Blutzufuhr hat, in seiner Gewebeathmung für Schwankungen in der O_2 -Spannung empfindlicher ist als andere Organe, wie Gehirn, Herz u. s. w., welche reichlich O_2 -haltiges Blut empfangen.

Orte wie Serneus und Champéry, wo gesunde Menschen keine auf Acclimatisation beruhenden Beschwerden empfinden, aber wo man doch die erwähnten Aenderungen in der Zusammensetzung des Blutes auftreten sieht, erwecken bei Miescher die Vermuthung, dass es eine Höhenzone mit übereinstimmender Erniedrigung der O_2 -Spannung gibt, worauf noch das Knochenmark, als sehr empfindlich für dergleichen Spannungsunterschiede, reagirt (durch Blutbildung), aber nicht mehr die in dieser Beziehung weniger empfindlichen Organe, als Herz, Central-Nervensystem u. s. w. Seine Hypothese

weiter ausarbeitend, kommt er zu der Vermuthung, dass wegen übermässiger Reaction der blutbildenden Organe eine erhöhte O_2 -Spannung der Gewebe entsteht, mit allen Consequenzen davon für Lebensenergie, Functionen u. s. w. — Weiter können wir hier M. nicht folgen, wie interessant seine Darlegungen auch sind.

Miescher's Hypothese: „Neubildung der rothen Blutkörperchen wegen relativen O_2 -Mangels“ wird von Vielen „geistreich“ genannt, aber nicht von Allen anerkannt.

Von Oliver z. B. wird sie verurtheilt, weil er findet, dass dafür die Zunahme der rothen Blutkörperchen im Gebirge zu schnell vor sich geht, weil die Vermehrung der Erythrocyten bei Lungenkranken gewöhnlich grösser ist als bei Gesunden, und weil beim Hinuntersteigen in die Ebene keine Haemoglobinaemie, Haemoglobininurie, Icterus u. s. w. auftreten.

Auch Meissen und Schroeder stimmen nicht mit der Erklärung Miescher's überein: sie meinen, dass „eine Regulirung der O_2 -Versorgung durch Neubildung von rothen Blutzellen bei Flugvögeln ganz widersinnig wäre u. s. w.; ein Condor müsste bei seinem Sturze auf seine Beute aus gewaltiger Höhe unfehlbar an Haemoglobinurie schwer erkranken“.

Die Frage der Blutbildung für den Augenblick unentschieden lassend, muss ich bemerken, dass die Beweisführungen von Oliver und Meissen, betr. Auftreten von Haemoglobinaemie, nicht richtig sind. Denn einer Neubildung von rothen Blutkörperchen bei Erhebung zu grösserer Höhe braucht überhaupt nicht der Untergang von Erythrocyten bei Rückkehr in die Ebene zu folgen! Das Gegentheil vom Polyerythrocythaemie ist nicht nothwendig Haemoglobinaemie mit ihren Folgen! Wenn man Thieren Blut, dass derselben Species entstammt, intravenös einspritzt, bekommen diese auch keine Haemoglobinaemie mit ihren Folgen. Sogar wenn eine solche wirkliche Blutvermehrung 83 % beträgt, ruft sie keine Störung hervor. Wäre es nicht möglich, dass beim Hinuntergehen aus grösserer Höhe die vielen neugebildeten rothen Blutkörperchen allmählich irgendwo im Körper aufbewahrt werden (z. B. im Knochenmark, Leber, lymphoiden Gewebe), insoweit es nothwenig wäre, um die Zahl der rothen Blutkörperchen oder den Haemoglobingehalt des Blutes wieder auf normale Höhe zu bringen? Sehen wir nicht, auch bei Leukocyten, einen derartigen Process von Kommen und Gehen der Truppen nach Bedarf, z. B. bei Digestion, Entzündung u. s. w.?

Es ist mir auch nicht möglich, die Miescher'sche Hypothese mit ihrer Polyerythrocythaemie, ausschliesslich durch Neubildung von rothen Blutkörpern, unmodificirt anzunehmen. Aber die Hypothese von Miescher auf solche Gründe hin zu bekämpfen, wie sie von Oliver und Meissen angeführt werden, direct zu sagen, dass beim Heruntergehen aus hohen Luftgegenden dann auch eine massenhafte Zerstörung von rothen Blutkörperchen auftreten müsse — das scheint mir nach physiologischen Begriffen nicht erlaubt.

Denn jede physiologische Neubildung von Zellen ist die Folge irgend eines formativen Reizes, und braucht beim Aufhören dieses bekannten oder unbekannten Reizes nicht direct die Zerstörung dieser Zellen zur Folge zu haben. Abderhalden theilt mit, dass bei Thieren, welche aus St. Moritz nach Basel verbracht wurden, die Eisenreaction in sämmtlichen Geweben nicht stärker war als bei anderen Baseler Thieren. Auch der Harn der aus dem Gebirge heruntergebrachten Thiere war normal. Abderhalden findet also keine Spur von Beweis für erhöhte Zerstörung von rothen Blutkörperchen nach der Rückkehr aus dem Gebirge.

Die Natur versucht im Allgemeinen viel schneller einen Fehler zu verbessern oder ein Deficit zu ergänzen, als ein Surplus oder etwas Ueberflüssiges zu eliminiren. Es spricht aber doch Vieles dafür, dass rothe Blutkörperchen schnell gebildet werden können, wenn es auch im Anfange etwas Mühe kostet, sich eine derartige Neubildung von rothen Blutkörpern vorzustellen (bei einem Körpergewicht von 65 kg hat ein Mann ungefähr 25 000 000 000 000 Erythrocyten, und eine Zunahme von 5 % bedeutet also eine Vermehrung um 1 250 000 000 000 rother Blutkörperchen!); bei näherer Betrachtung ist 5 % Neubildung doch nur eine Formirung von einem rothen Blutkörperchen auf 20 bestehende, was doch wirklich keine übermässige biologische Function ist!

Wir wissen leider nicht genau, wieviel Zeit die Neubildung von Erythrocyten braucht.

Blutverlust wird ausgeglichen in Zeiträumen, welche von dem Quantum des verlorenen Blutes abhängig sind. Nach Ott und Laache sieht man bei den Regenerationsvorgängen nach Blutverlust die Zahl der rothen Blutkörperchen rascher zunehmen wie den Haemoglobingehalt.

2—3 Tage nach einer Blutung findet man schon Normoblasten im Blut.

Buntzen sah bei Blutverlust von 1,1—4,4% des Körpergewichtes Wiederherstellung nach 7—34 Tagen auftreten; der Anfang der Regeneration wurde zwar schon nach 48 Stunden beobachtet. Aber für die Erklärung der Fragen, welche uns hier beschäftigen, nützen dergleichen Versuche nicht viel, denn Blutentziehungen von 1,1—4,4% des Körpergewichtes sind ziemlich eingreifende Prozeduren (der Mensch hat etwa 7,8% Blut), und wir dürfen ein Versuchsthier, dem man etwa die Hälfte seines Blutes entnommen hat, nicht ohne Weiteres mit Menschen oder Thieren, welche in hohe Luftgegenden gebracht werden, vergleichen.

Unter normalen Umständen nehmen Landois und Ziegler eine stete Bildung und Zerstörung von Erythrocyten an. „Natur! Sie baut immer und zerstört immer, und ihre Werkstätte ist unzugänglich.“

Die Lebensdauer von Erythrocyten ist wahrscheinlich mehr als 3—4 Wochen; Quincke glaubt, 2—3 Wochen.

Wenn wir bedenken, wie schnell nach jeder Menstruation oder nach beträchtlichem Blutverlust der Körper sich wieder erholen kann, so müssen wir wohl auch annehmen, dass beim Menschen die Fähigkeit, neue Erythrocyten zu bilden, eine sehr grosse ist.

Müssen rothe Blutkörperchen eliminirt werden (nach Quincke durch Aufnahme in die farblosen Blutkörperchen, in Lebercapillarien oder in analoge Zellen des Knochenmarkes oder in die Pulpazellen der Milz), so wird der Farbstoff in Haemosiderin umgewandelt und im Körper deponirt und, zum Theil wenigstens, wahrscheinlich später wieder für Neubildung von Erythrocyten gebraucht (Ziegler).

Kehrt der Mensch aus dem Gebirge in's Tiefland mit einer für das Tiefland zu grossen Zahl von Erythrocyten zurück, so braucht dies, und das lehrt ja auch die Erfahrung, keineswegs direct zu einer unmittelbaren Zerstörung dieses Surplus und deren Folgen zu führen (Haemoglobinurie, Icterus u. s. w.).

Die Versuche von Panum, Lesser und Worm-Müller ergeben, dass, wenn man einem Thiere Blut direct in die Blutbahn bringt (also eine Plethora vera verursacht), bei diesen Thieren noch während längerer Zeit eine Vermehrung der rothen Blutkörperchen beobachtet wird. Das Blutserum des eingespritzten Blutes ist innerhalb 1—2 Tagen verarbeitet (das Wasser mit dem Harn eliminirt, das Eiweiss als Ureum), aber die vermehrte und zu grosse Zahl der rothen Blutkörperchen verschwindet nur sehr langsam und wird bisweilen

noch einen Monat nach der Einspritzung constatirt (Tschirjew). Das stimmt also mit dem, was uns die klinische Erfahrung lehrt bei Menschen, welche aus hohen Luftgegenden kommen.

Dass die eventuell in überflüssiger Zahl in den Gefässen kreisenden rothen Blutkörperchen nur langsam vernichtet oder eliminirt werden, wird auch durch die Thatsache bewiesen, dass die gesteigerte Ureumbildung, im Harn nachweisbar, grösser ist, wenn einem Thiere Blut per os verabreicht wird, als wenn man das gleiche Quantum in die Blutbahn bringt.

Ohne die Frage der Bildung der Erythrocyten näher zu erörtern, gibt es viele Autoren, welche mit Miescher in den Aenderungen der Zusammensetzung des Blutes im Hochgebirge eine Anpassung des Blutes an die modificirten äusseren Umstände resp. der erniedrigten O_2 -Spannung sehen.

Bensaude und Vallot sprechen z. B. von einer „tendance à l'équilibre“, und auch Landois sieht in der Vermehrung der rothen Blutkörper einen Versuch, um die O_2 -Aufnahme zu verbessern.

Das Zustandekommen der erwähnten Blutveränderungen im Gebirge stelle ich mir in folgender Weise vor:

Die rothen Blutkörperchen werden beim Menschen postembryonal hauptsächlich im rothen Knochenmark gebildet und daselbst oder an anderer Stelle (Milz?, Lebercapillaria?) zum Theil in Vorrath gehalten, entweder als fertige Erythrocyten oder als Vorstadien davon (Erythroblasten, Megaloblasten). Nach Bedarf, also auch bei Abnahme des O_2 -Druckes, werden die Erythrocyten in Circulation geschickt (analog wie wir bei Leukocyten sehen), indem dann bei Verlust so vieler Reservetruppen direct die Neubildung der rothen Blutkörper sowohl im Knochenmarke ¹⁾ als vielleicht auch im circulirenden Blute eine ausserordentliche Höhe erreicht (wodurch Mikrocyten und Normoblasten beobachtet werden können), um wieder die nothwendige Reserve oder Ergänzung zu bilden. Hat der Bedarf an rothen Blutkörperchen oder an Haemoglobin abgenommen, z. B. durch Uebersiedelung in eine Umgebung mit höherer O_2 -Spannung, so wird die Neubildung von rothen Blutkörperchen unterbrochen und die überflüssig circulirenden Erythrocyten allmählich wieder in

1) Wir erinnern an den von Loewy nachgewiesenen erhöhten Blutreichthum des Knochenmarkes bei Gebirgsthiere, siehe Seite 26 und Schroeder, Samml. klin. Vorträge Nr. 337—338 S. 812.

Knochenmark, Milz oder Leber aufgenommen und da nach und nach mit Aufbewahrung der vornehmsten Grundstoffe (Haemosiderin) zerstört oder in Reserve gehalten und später wieder in Circulation geschickt, entweder um gebrauchsunfähige rothe Blutkörperchen zu ersetzen oder um bei Blutverlust, Athmungsstörungen, relativem O₂-Mangel der Luft u. s. w. den Gaswechsel baldigst zu verbessern.

Ob nun bei Aufenthalt in hohen Luftgegenden die Erniedrigung der O₂-Spannung allein und ausschliesslich der Reiz ist, welcher die Polyerythrocythaemie hervorruft, ist unsicher; die Hauptsache wird sie wohl sein, aber es ist gar nicht unmöglich, dass der modificirte und gesteigerte Stoffwechsel im Hochgebirge chemische Producte hervorruft, die in abnorm hohen oder niedrigen Quantitäten gebildet werden und im Blute circuliren, welche eine Art chemotropischen oder chemotactischen Einflusses ausüben, wodurch mehrere rothe Blutkörperchen in Kreislauf gelockt oder vielleicht gebildet werden. Wir erinnern an dieser Stelle an die Thatsache, dass im Hochgebirge eine N-Retention stattfindet.

Dient vielleicht der ersparte N zur Bildung von Haemoglobin (Schweinenhaemoglobin enthält nach Hüfner 17,4 % N; seine Formel ist C₆₃₆H₁₀₂₅N₁₆₄FeS₃O₁₈₁), oder sind die vermehrten N-haltigen Stoffe, welche im Körper auftreten, zum Theil auch Ursache, dass viele rothe Blutkörperchen gebildet oder aus ihrem Zufluchtsorte gelockt werden?

Der feinere Chemismus des Stoffwechsels unseres ganzen Körpers, der verschiedenen Organe, der Gewebe und Zellen, — es entgeht uns noch zu viel, als dass wir diese Probleme, welche uns hier interessiren, klar vor uns sehen könnten; von hundert Fragen, die man stellen kann, wissen wir kaum von einer die Lösung!

Die Thatsache, dass im Gebirge mehr rothe Blutkörperchen in Circulation sind als im Tieflande, kann uns aber bei näherer Betrachtung nicht wundern.

Ist doch unsere Athmung nicht nur an das Quantum Haemoglobin, sondern auch an die Zahl der rothen Blutkörperchen und an deren Gesamtoberfläche gebunden (normal ist diese etwa 3000 qm, und eine Vermehrung von 5 % rother Blutkörperchen bedeutet also schon eine Vergrösserung der Athmungsoberfläche des Blutes von 150 qm!). Wird bei einem constanten Haemoglobinquantum die Zahl der rothen Blutkörperchen erhöht (enthält also jedes Körperchen weniger Farbstoff), so wird damit die Schnelligkeit des Gasaustausches gefördert.

Man könnte sagen, dass bei gleichem Haemoglobingehalte die Athmungsoberfläche des Blutes vergrössert wird. (Vialt spricht hier von „capacité respiratoire“.) Und dieses findet in noch grösserem Maasse statt, wenn die Erythrocyten grösser in Zahl, aber kleiner in Form werden (Mikrocytose), wodurch die oben erwähnte Beobachtung Mercier's auf teleologische Weise erklärt werden könnte.

Entsteht also durch Aufenthalt in verdünnter Luft resp. bei erniedrigter O_2 -Spannung beim Menschen ein relativer O_2 -Mangel (um so mehr, als wir sahen, dass sich im Gebirge der Mechanismus der Athmung wahrscheinlich nicht viel und nicht konstant verändert, und ungeachtet dessen, dass da absolut mehr O_2 aufgenommen wird als im Tieflande), so versucht die Natur dies durch mehr Haemoglobin auszugleichen resp. mehr rothe Blutkörperchen in Circulation zu bringen oder, wenn das Haemoglobin noch nicht in genügendem Quantum vorrätig ist, die vorrätige Blutfarbstoffmenge über die möglichst grösste Oberfläche zu vertheilen d. h. so viel wie möglich Erythrocyten ins Blut zu schicken, wenn diese auch im Anfange noch einen zu niedrigen Haemoglobingehalt besitzen¹⁾.

Die Natur aber ist bei der Wiederherstellung von Fehlern zum Uebermaass geneigt, und so sehen wir, dass nach Ankunft in hochgelegenen Gegenden die Zahl der rothen Blutkörperchen anfänglich sehr stark, vielleicht zu stark, zunimmt; nach 24—36 Stunden sinkt die Zahl wieder, um dann allmählich wieder zu steigen, bis das neue Mittel, welches zu der neuen Sauerstoffspannung passt, erreicht ist.

1) Die Aufnahme des O_2 im Blute ist kein Absorptionsphänomen (und also auch nicht abhängig von den Absorptionsgesetzen), sondern eine chemische Bindung. Hüfner fand, dass bei gleichem Sättigungsgrade die O_2 -Spannung des Blutes mit der Haemoglobinconcentration zunimmt. Die Sättigung geht aber schneller vor sich, wenn der Farbstoff auf viele Zellen vertheilt ist. Bei bestimmter Haemoglobinconcentration ist die O_2 -Aufnahme des Blutes vom Drucke unabhängig (Worm-Müller, Fraenkel und Geppert); in grösster Höhe sowie in grösster Tiefe nimmt das Blut nach Bedarf O_2 auf. Thiere, welche in abgeschlossenen Räumen leben, nehmen daraus das O_2 zu sich bis auf minimale Spuren (Nysten). Das alles beweist aber nur, dass der Organismus ein grosses Adaptationsvermögen besitzt; denn wenn wirklich ein relativer O_2 -Mangel der Luft keine Störungen hervorrufen soll, so muss der Organismus den O_2 -Mangel compensiren, entweder durch Modificirung der mechanischen Functionen von Herz und Lungen oder durch Aenderungen der chemischen oder morphologischen Zusammensetzung des in Circulation befindlichen Blutes oder vielleicht durch dies beides (mehr oder weniger) zusammen. Wir müssen annehmen, dass die Hauptsache der Adaptation an O_2 -Mangel bei Luftverdünnung stattfindet durch die erwähnten Veränderungen in der Zusammensetzung des Blutes.

Egger erklärt dieses anfänglich übermässige Steigen mit nachfolgendem Sinken durch Hinweis auf die vielen Reize, welche beim Uebergang vom Tiefland in's Gebirge einwirken und Aenderungen in den peripheren Gefässen hervorrufen.

Man könnte sagen, dass ein Mensch, unter erniedrigten Luftdruck kommend, da relativ anaemisch ist oder sein würde, wenn nicht sein Blut sich schnell oder in genügendem Maasse modificirte. Vielleicht müssen wir in diesem Lichte die Beobachtungen von van Ryn (Davos) und Sannes (Holland) betrachten, die ergeben, dass die leichteren Haemoptoës bei Lungentuberculose gerade bei niedrigem oder heruntergehendem Barometerstande gern vorkommen, in Zusammenhang mit der Thatsache, dass bei Anaemie (und, in relativem Sinne wird doch ein Mensch bei heruntergehendem Barometer anaemisch) eine Neigung zu Blutungen nicht selten vorkommt.

Meissen hat, wie oben erwähnt, den Stoffwechsel der Flugvögel in die Debatte gezogen. In welcher Weise sich diese Thiere den beträchtlichen Luftdruckänderungen, in denen sie sich bewegen, adaptiren, ist mir nicht bekannt. Aber es ist wahrscheinlich, dass auch diese Thiere durch irgend eine Veränderung, entweder im Mechanismus der Athmung oder in der Zusammensetzung des Blutes, den allgemeinen Gesetzen der Adaptation an die Veränderungen der äusseren Verhältnisse unterworfen sind. Was diese Adaptation eigentlich ist, ist uns unbekannt; dass sie aber bestehen muss, ist viel wahrscheinlicher als das Gegentheil. In Uebereinstimmung mit den Veränderungen, welche bei Menschen und vielen Vierfüsslern im Gebirge nachgewiesen sind, wäre auch bei Flugvögeln eine Modificirung in der Zusammensetzung des Blutes (Polyerythrocythaemie u. s. w.) leichter anzunehmen als eine beträchtliche Aenderung im Mechanismus der Athmung.

Claude Bernard liess einen Vogel unter einer Glocke athmen; das Thier starb langsam an Sauerstoffmangel. Wird, bevor dieser erste Vogel stirbt, ein zweiter Vogel direct aus der Aussenluft unter die Glocke gebracht (worin die Luft also schon grösstentheils durch den ersten Vogel verbraucht war), so stirbt der zweite Vogel direct. Das beweist uns, dass bei dem ersten Vogel eine Adaptation an die nach und nach weniger brauchbar werdende Luft besteht, denn der erste, schon abgeschwächte Vogel kann noch leben in einer Luft, welche für den zweiten, kräftigen Vogel direct tödtlich ist. Aber weiter ist es für uns ein Grund für die Vermuthung, dass diese Adap-

tation der Vögel nicht hauptsächlich durch Aenderungen des Athmungsmechanismus, sondern durch Modificirung in der Zusammensetzung des in Circulation befindlichen Blutes stattfindet. Denn wesshalb würde sonst der zweite, kräftigere Vogel den ersten nicht lange überleben, da der zweite doch, weil er nicht abgeschwächt oder ermüdet ist, zu viel kräftigeren und ausgiebigeren Athmungen (Vögel haben ja sehr kräftige Athmungsmuskeln) im Stande wäre als der erste? Man könnte bei der Beurtheilung der Blutveränderungen der Vögel auch noch an die Thatsache denken, dass Vögel wie auch Fische (Cyklostomen ausgenommen) kernhaltige rothe Blutkörperchen haben. Wäre dies vielleicht ein Zeichen, dass diese Thiere, welche ihren Lebensbedingungen gemäss grossen Schwankungen des Luftdruckes und damit der Sauerstoffspannung ausgesetzt sind, eine Art rother Blutkörperchen haben, welche besonders auf schnelle Neubildung berechnet sind?

Wir wissen ausserdem, dass Vögel eine sehr kräftige Blutbildung und nicht nur sehr grosse Erythrocyten haben, sondern dass diese auch relativ grösser sind als bei anderen Vertebraten (Malassez).

Beim Menschen findet man zur Zeit des embryonalen Lebens bis zur vierten Woche ausschliesslich kernhaltige rothe Blutkörperchen; später nimmt deren Zahl allmählich ab, es kommen mehr und mehr kernlose rothe Blutkörperchen, und am Ende des embryonalen Lebens werden nur noch selten kernhaltige Erythrocyten beobachtet. Hier sehen wir also in der Zeit kernhaltige rothe Blutkörperchen, wo die Zahl dieser Zellen nur sehr gering ist (nach Cohnstein und Zuntz beträgt diese in der ersten Fötalperiode $\frac{1}{2}$ —1 Million per Kubikmillimeter) und desshalb noch sehr viel Blut gebildet werden muss.

Wir müssen indessen vorsichtig sein, diese kernhaltigen rothen Blutkörperchen bei Vögeln und Fischen mit Schwankungen in O_2 -Spannung und Luftdruck in Zusammenhang zu bringen, denn wir sehen, dass auch Reptilien und Amphibien kernhaltige rothe Blutkörperchen haben, und diese Thiere sind doch nicht grossen Spannungsunterschieden der umgebenden Gase ausgesetzt.

Virchow hat wohl Recht, wenn er von dem geheimnissvollen Dunkel spricht, das die Erythrocyten umgibt!

Jedenfalls geht m. E. aus allem Bisherigen hervor, dass der Mensch im Hochgebirge nur in sehr beschränktem Maasse durch Veränderungen in Herz- oder Lungenfunktionen sich an die modificirten äusseren Umstände zu adaptiren versucht, und dass wir viel-

mehr die Hauptsache dieser Anpassung in wesentlichen Aenderungen in der Zusammensetzung des Blutes sehen müssen.

Wir haben oben die Vermuthung ausgesprochen, dass die Schwankungen der Erythrocytenzahl im kreisenden Blute nicht nur die Folge von vermehrter oder verminderter Neubildung und Zerstörung sind, sondern, und vielleicht hauptsächlich, auch dadurch entstehen, dass Erythrocyten, gerade so wie Leukocyten, vorübergehend an irgend einer Stelle im Körper versteckt sind, auf diese Weise als Reserve aufbewahrt und nach Bedarf in das kreisende Blut geschickt werden.

Diese Hypothese zur Erklärung der Blutänderungen, welche im Gehirge auftreten, findet eine weitere Begründung auch in der That-
sache, dass die Zahl der Erythrocyten im Blute täglich mehrmals durch Digestion, Ruhe etc. geändert wird. Es fiel doch schwer, solche Schwankungen, welche sogar 5 % erreichen können, und welche mehrmals am Tage vorkommen, nur durch Neubildung oder Zerstörung von Erythrocyten zu erklären. Und auch das sehr schnelle und erhebliche Steigen der Blutkörperchenzahl, wie es bei Luftschifffahrten und bei Gebirgsreisen constatirt wurde, macht diese Hypothese wahrscheinlich.

Es sei also, wie es sei, mit der Bildung von Erythrocyten bei Vögeln und Menschen, — wir müssen festhalten an der Vorstellung, dass die Natur („Sie ist listig, aber zu gutem Ziele,“ hat Goethe gesagt) selber nach Bedarf ihre Functionen regulirt, und dass sie es besser thut, als wir meistens im Stande sind zu begreifen. Wie sie es thut, wissen wir nur zu oft nicht oder nicht genügend. Wesshalb sie es thut? Weil sie muss; weil ein Organismus, der sich nicht genügend den Aenderungen in äusseren Verhältnissen anpassen kann, unfehlbar zu Grunde gehen muss.

Miescher, vom Accommodationsvermögen des Blutes sprechend, sagt, dass der Bergbewohner in solchem Maasse der haemopoëtischen Reaction angepasst ist (in darwinistischem Sinne), dass sein Blut die enormen Ansprüche beim Bergsteigen besser befriedigen kann als das Blut der Tieflandbewohner.

Die im Vorhergehenden entwickelte teleologische Auffassung der Aenderungen, welche in Folge des Aufenthaltes in hohen Luftgegenden im Blute auftreten, findet weitere Begründung in nachstehenden Ueberlegungen oder Beobachtungen.

Es gibt mehrere Zustände, sowohl im physiologischen Leben wie bei Krankheiten, wo die Natur gerade durch Aenderungen in der

Zusammensetzung des Blutes den Körper modificirten Lebensbedingungen anzupassen sucht.

Sehen wir doch, dass, wenn Personen, welche an Tuberculose oder Anaemie erkrankt sind, in's Hochgebirge kommen, sie nicht weniger, sondern wahrscheinlich noch mehr als völlig gesunde Menschen eine Vermehrung der Zahl der rothen Blutkörperchen zeigen (Egger, Kündig), und ergibt die Tabelle von Kündig nicht, dass bei bestehender Krankheit die Zahl der Erythrocyten im Gebirge zunimmt mit der Schwere der tuberculösen Krankheit, resp. mit der Verkleinerung der Athmungsoberfläche der Lungen? Scheint es nicht, als ob die Natur durch ein erhöhtes Accommodationsvermögen (adaptabilitas nach Haeckel) dem Kranken noch extra helfen will in seinem doppelten Kampfe gegen Krankheit und Erniedrigung der O_2 -Spannung?

Die gleiche actuelle Adaptation der Blutzusammensetzung sehen wir zur Zeit des Winterschlafes des Murmelthieres. Nach Valentin kann man beim Murmelthiere während des Winterschlafes das Folgende beobachten: Der Blutdruck sinkt beträchtlich; die Herzcontractionen nehmen ab bis 8—10 per Minute; die Athmung steht ganz stille, und nur durch die cardio-pneumatischen Bewegungen wird das Minimum der Gasdiffusion in den Lungen unterhalten. Was uns hier aber besonders interessirt, ist die Thatsache, dass auch die Zusammensetzung des Blutes beim Thiere im Winterschlaf modificirt ist. Während die Zahl der Erythrocyten beim Murmelthier normal 7 Millionen pro Kubikmillimeter beträgt, ist diese während des Winterschlafes bis auf 2 Millionen heruntergegangen (Vierordt).

Auch hier sehen wir also, dass, wo eine beträchtliche Aenderung in der Gasdiffusion stattfindet, der Körper sich nicht ausschliesslich dem adaptirt durch Aenderungen in Frequenz, Grösse u. s. w. der Athmungsbewegungen, sondern auch in hohem Maasse durch die Regulirung der Zahl der im kreisenden Blut sich findenden Erythrocyten.

Bei vielen Herzkrankheiten, wo also die Bewegung des Blutes und damit die Gasdiffusion gestört ist, tritt die gleiche Compensationsart auf wie im Hochgebirge, denn im Allgemeinen findet man bei Herzkrankheiten Vermehrung der Erythrocyten und des Haemoglobingehaltes (Stengel, Grawitz). Landois führt an, dass bei Herzkranken die Zahl der rothen Blutkörperchen 8,82 Millionen betragen kann, Vaquez und Quiserne nennen 8—9 Millionen;

Lenhartz erwähnt, dass bei Pulmonalstenose die Zahl der Erythrocyten bis 9,5 Millionen, der Haemoglobingehalt bis 160 % steigen kann. Sahli meint, dass das Fingerblut bei venöser Stauung vermehrten Haemoglobingehalt und erhöhte rothe Blutkörperchenzahlen ergibt, nur als mechanische Folge der verlangsamten Blutströmung. Zum Theil wird das wohl der Fall sein, ob aber die bei Herzfehlern bestehende Hydraemie das nicht ausgleichen wird, ist wohl zweifelhaft¹⁾. Diese riesige Vermehrung der rothen Blutkörperchen bei Herzkrankheiten können wir als äussersten Versuch der Natur betrachten, um, wo sie die Ursache — den Herzfehler — nicht bemeistern kann, doch dessen schädliche Folgen — besonders die ungenügende Gasdiffusion in den Lungen — so viel wie möglich zu compensiren durch Aenderungen in der Zusammensetzung des Blutes. Vaquez und Quiserner fanden sogar, dass, wenn bei einem Herzfehler der Zustand sich verschlimmert, immer mehr und mehr Erythrocyten in Circulation erscheinen.

Grawitz hielt $1\frac{3}{4}$ Stunde die Athmungsfrequenz auf 40 per Minute und bekam dadurch 530 000 Erythrocyten mehr per cbmm und 0,005 Erhöhung des specifischen Gewichtes. Der Reiz — sei es auch hier ein rein psychischer —, welcher Dyspnoë hervorruft, zwingt auch zur Polyerythrocythaemie.

Wir sehen ja im Allgemeinen, dass Dyspnoë eine Vermehrung der rothen Blutkörperchen und des Haemoglobingehaltes hervorruft (Jolly, Sellier, Auscher und Lapicque, Vaquez, Quiserner).

Die gleiche „tendance à l'équilibre“ im Blute können wir beobachten, wenn wir sehen, dass bei P.-Vergiftung eine Vermehrung der Zahl der Erythrocyten auftritt (Taussig, von Jaksch).

Hamburger hat nachgewiesen, dass CO_2 die Eigenschaft besitzt, die rothen Blutkörperchen aufzuschwellen; Anhäufung von Kohlensäure im Blute wirkt also als Reiz, um auch die Oberfläche der rothen Blutkörperchen (d. h. die Respirationsoberfläche des Blutes) zu vergrössern und auch auf diese Weise den Process des Gasaustausches zu unterstützen.

Und ist die erhöhte Pulsfrequenz, welche man während der Acclimatisationszeit im Hochgebirge beobachtet (Veraguth, Egger, Miescher), vielleicht auch als ein Compensationsmittel für die Dissociationsvorgänge des Haemoglobins anzusehen? Ist das nicht

1) Ausserdem spricht gegen diese rein mechanische Auffassung, dass es auch Herzkrankheiten gibt mit Cyanose, aber ohne Polyerythrocythaemie.

eine Art Adaptation¹⁾, gerade so wie die von Alex. v. Humboldt festgestellte Thatsache, dass die Bewohner der Anden einen auffallend geräumigen Thorax besitzen?

Bei Chlorose und auch bei perniciöser Anaemie sehen wir als Regel, dass die Abnahme des Haemoglobingehaltes des Blutes viel beträchtlicher ist als die der Erythrocytenzahl (Laache u. A.); auch da will die Natur wuchern mit dem ihr zur Verfügung stehenden Quantum Haemoglobin dadurch, dass sie es auf eine möglichst grosse Zahl rother Blutkörperchen vertheilt.

Hiermit übereinstimmend ist die Beobachtung Neubert's, die ergibt, dass bei Lungentuberculose der Haemoglobingehalt gewöhnlich schneller herunter geht als die Zahl der rothen Blutkörperchen.

Bei perniciöser Anaemie wird an vielen Stellen das gelbe Knochenmark in rothes umgewandelt. Auch Leube betrachtet diesen Vorgang als einen Ausgleichungsversuch behufs Verbesserung der Blutbildung.

Baumholz untersuchte die Widerstandsfähigkeit der rothen Blutkörperchen bei Tuberculose nach der Methode von Professor Janowsky (die Zahl der rothen Blutkörperchen wird bestimmt in einer 3%igen Salzlösung und später in einer 0,4%igen Lösung; die Procentziffer, welche die Zahl der Erythrocyten anzeigt, welche in der 0,4%igen Lösung nicht zu Grunde geht, ergibt das Maass der Widerstandsfähigkeit der rothen Blutkörperchen). Baumholz fand bei (97) Kranken, welche an Tuberculose litten, eine erhöhte Widerstandsfähigkeit der rothen Blutkörperchen. Bei Verbesserung des Allgemeinzustandes ging die Ziffer der Widerstandsfähigkeit des Blutes herunter, bei Verschlimmerung ging sie in die Höhe. Auch das kann als ein Versuch der Natur betrachtet werden, um die Zusammensetzung des Blutes nach Bedarf zu reguliren, und als eine Bestätigung eines Ausspruches, welchen man Hippokrates zuschreibt: „Die Natur der Krankheiten ist eine heilende.“

Lloyd Jones, Becquerel und Rodier haben nachgewiesen, dass bei cerebraler Haemorrhagie ein Erhöhung des specifischen Gewichtes des Blutes auftritt, und die letzten zwei Untersucher fanden ausserdem dabei eine Vermehrung der Erythrocyten. Hier sehen wir also Blutung im Körper selbst; es handelt sich dabei mehr um Ausschaltung von vielem haemoglobinhaltigem Material aus dem Kreislaufe als um Flüssigkeitsverlust. Der Körper reagirt auf diesen Verlust

1) Einathmung von reinem O₂ während des Aufenthaltes in verdünnter Luft lässt die Pulsfrequenz sinken (cf. Determann S. 776).

dadurch, dass er mehr rothe Blutkörperchen in Circulation setzt. Ob hier ein Reizmoment des centralen Nervensystems in Betracht kommt oder nicht, dieser Vorgang kann jedenfalls als ein Compensationsversuch aufgefasst werden.

Bei der Erklärung des Lächerlichen erwähnt Kant den Fall eines Wilden, der ganz erstaunt war, als er an einer eben geöffneten Bierflasche den Schaum unaufhaltsam hervorsprudeln sah, und dabei äusserte, nicht über das Herauskommen wundere er sich, sondern darüber, wie man es nur habe hineinbringen können (Schopenhauer).

Etwas Aehnliches ist es leider noch mit der Zunahme der Erythrocyten im Hochgebirge.

Betrachten wir also die Frage, wie im Hochgebirge die wirkliche Vermehrung der Erythrocytenzahl, des Haemoglobingehaltes und des specifischen Gewichts des Blutes entsteht, als nicht ganz gelöst.

Dass dieselbe entsteht, ist meines Erachtens zweifellos und nur die Folge der Thatsache, dass sie entstehen muss, als Ausdruck der actuellen Adaptation. „Demgemäss wird die Anpassung die Folge aller jener materiellen Veränderungen sein, welche die äusseren Existenzbedingungen, die Einflüsse der umgebenden Aussenwelt im Stoffwechsel des Organismus hervorbringen.“ (Haeckel.)

Wäre es nicht so, die Natur würde ihre Pflicht versäumen.

So sehen wir, dass auch das Blut in hohem Maasse die Aufgabe erfüllen kann, um durch schnelle und sehr beträchtliche Aenderungen in seiner Zusammensetzung den Körper an die modificirten Verhältnisse anzupassen, welche ausserhalb oder innerhalb des Körpers entstehen, in Zeiten von Frieden und Ruhe oder von Krieg und erhöhter Function.

Mit Recht sagt Miescher am Schlusse seiner tief sinnigen Betrachtungen über die Zusammensetzung des Blutes im Hochgebirge: „Wir stehen also hier vor einer der feinsten und interessantesten Regulireinrichtungen, welche die Physiologie kennt.“

IX. Schliesslich einige Bemerkungen über die von mir in Davos-Platz von April 1901 bis April 1902 ausgeführten Untersuchungen.

Für die Untersuchungsmethoden, welche nur angedeutet werden sollen, muss ich auf die bezüglichen Handbücher und Monographien verweisen.

Die Untersuchungen wurden ausgeführt mit Blut, das ich aus der Kuppe des linken Mittelfingers durch einen schnellen und nicht

zu oberflächlichen Einstich mittelst einer äusserst scharfen und spitzen zweischneidigen Lancette erhielt.

Die meisten Untersuchungen fallen, wie man sehen wird, in die Zeit nach der Hauptmahlzeit, Nachmittags zwischen 2—4 Uhr. Nach den oben erwähnten Beobachtungen von Vierordt, v. Limbeck, Oliver, Hayem, Cadet, Dupérie, Lloyd Jones etc. (Seite 2 und 11) entsteht durch Digestion eine Abnahme der Erythrocytenzahl, des Haemoglobingehaltes und des specifischen Gewichts. Deshalb sind meine Ziffern vielleicht noch etwas zu niedrig.

Der Haemoglobingehalt und das specifische Gewicht konnten nicht immer bestimmt werden, wegen Zeitmangels oder Unterbrechung während der Untersuchung.

Für erythrocytometrische Bestimmungen wurde ausschliesslich die von Zeiss angefertigte Schlitzkammer nach Meissen benutzt; als Deckglas diente dabei das 0,18 mm dicke Gläschen mit aufgekittetem Glasringe, gleichfalls von Zeiss und speciell für diese Untersuchungen angefertigt.

Dieses Deckgläschen lässt auch vorzüglich die Newton'schen Farbenringe hervorrufen und erlaubt die Untersuchung mit Zeiss, Obj. E. und Ocul. 2.

Der Gebrauch des grossen, beweglichen Kreutztisches, welcher zu Stativ 1a gehört, setzt uns in Stand, die Zählung mit grösserer Sicherheit auszuführen.

Das Blut wurde mit ($\frac{1}{100}$) Hayem'scher Lösung verdünnt. Immer wurden wenigstens 80 Quadrate gezählt, wie auch v. Jaksch empfiehlt. Die Zählung von 80 Quadraten hat den praktischen Werth, dass man die Summe der Erythrocyten nur durch 2 zu dividiren und die nöthige Zahl Nullen dahinter zu stellen hat, um die Schlussberechnung auszuführen.

Der Haemoglobingehalt wurde nach Gowers-Sahli bestimmt¹⁾; das specifische Gewicht nach Hammerschlag mit Chloroform-Benzol, wofür ich ziemlich viel Flüssigkeit (200—250 ccm in Gefässen von 15—18 cm Höhe und 4 cm inneren Durchmessers) verwendete. Mein Areometer ist auf 15° C. geeicht.

Die Zahl der Leukocyten habe ich nicht oft genug bestimmt, um aus diesen Resultaten einen Schluss ziehen zu dürfen. Vorläufig scheinen meine diesbezüglichen Beobachtungen nicht auf Vermehrung oder Verminderung im Hochgebirge hinzuweisen.

1) Siehe Fussnote S. 55.

Die meteorologischen Ziffern wurden mir freundlichst von Herrn Olbeter, Director der schw. metereologischen Station in Davos, verschafft.

Ich war leider nicht im Stande, durch alltägliche Untersuchungen während der Acclimatisationszeit die Curve der verschiedenen Schwankungen der Zahl der rothen Blutkörperchen festzustellen. Deshalb hielt ich es für besser, so genau, wie mir möglich wäre, für grösstentheils völlig acclimatisirte Menschen Durchschnittsziffern zu bestimmen über Erythrocytenzahl, Haemoglobingehalt und specifisches Gewicht des Blutes.

Die Kranken, welche an Tuberculose litten, habe ich in bekannter Weise, je nachdem sie Tuberkelbacillen im Sputum hatten oder nicht, in die Gruppen „geschlossene“ und „offene“ Tuberculose eingetheilt. Die meisten Patienten mit geschlossener Tuberculose waren völlig afebril; viele von ihnen sind als geheilt zu betrachten.

Andererseits finden sich in den Gruppen „gesund oder nicht-tuberculös krank“ Personen, welche wirklich nicht als ganz gesund zu betrachten sind; es sind Menschen, welche, insofern sie nicht an den unter „Bemerkungen“ angeführten Krankheiten litten oder vor Kurzem gelitten hatten, sich gesund glaubten und mir das versicherten.

Aber welcher Erwachsene ist, wissenschaftlich genommen, vollkommen gesund? Influenza, Anaemie, Taenia oder Ascariden, Erkältung, chronische Obstipation, Malaria, Bronchitis, Asthma, Adenomen, hered. Lues, chronische Pharyngitis, adenoide Vegetationen, Otitis, Adipositas, arthritische Diathese u. s. w., wie Viele haben oder hatten vor Kurzem dergleichen Abweichungen und nennen sich „gesund“! Der Einfluss auf die Zusammenstellung des Blutes dieser nicht immer bekannten Krankheiten ist nicht genau anzugeben, aber kann doch sehr gross sein.

Davos-Platz:

(Barometer) Seehöhe über Marseille 1563 m.

„ „ Ostsee 1560 „

Barometer Mittel auf 0° reducirt:

aus 1901 = 630,83,

aus 1876—1896 = 631,7.

Feuchtigkeit Mittel:

aus 1901 = absol. 5,04, relat. 80,63,

aus 1867—1896 = „ 4,7 „ 78,00.

Zahl	Geschlecht	Alter	Wie lange im Hochgebirge	Tageszeit der Untersuchung	Während der Untersuchung		Barometer von 1½ h p. m. reducirt auf 0° Cels.	Lufttemperatur von 1½ h p. m.
					Zimmer-temperat. in ° Cels.	Barometer auf 0° Cels. reducirt		
1	m.	51	6 Mon.	3 p. m.	14	629	628.9	6.8
2	m.	21	21 Jahre	3 p. m.	14	626	625.3	6.6
3	m.	26	7 Jahre	10 a. m.	15	627	623.9	1.1
4	m.	35	7½ Mon.	12 m.	14	630	630.6	13.8
5	m.	31	2 Jahre	4½ p. m.	14	630.5	630.4	4.0
6	m.	34	1½ Mon.	11 a. m.	15	621	619.8	2.1
7	m.	26	5 Tage	3 p. m.	15	631	631.0	4.4
8	m.	33	4½ Mon.	2½ p. m.	15½	623	628.2	0.8
9	m.	29	14 Jahre	3 p. m.	12	631	630.5	5.8
10	w.	34	17 Tage	3½ p. m.	12½	622.5	623.3	-7.0
11	w.	33	58 Tage	3 p. m.	15	626	625.4	2.4
12	w.	34	15 Tage	11 a. m.	19	636	634.5	13.2
13	w.	42	20 Mon.	2½ p. m.	13	631	630.4	4.0
14	w.	34	1½ Tag	3 p. m.	17	640	636.3	19.1
15	w.	33	5½ Mon.	3 p. m.	14½	625	625.2	-3.5
16	w.	32	3 Mon.	3 p. m.	14	642	642.2	-2.2
17	w.	32	7 Mon.	3 p. m.	15	635	634.7	0.8
18	m.	43	24 Tage	11 a. m.	14	626.5	627.1	-1.0
19	m.	19	17 Tage	11½ a. m.	15	637	635.1	-2.3
20	m.	38	100 Tage	4½ p. m.	12	623	623.7	8.8
21	m.	47	2½ Mon.	11 a. m.	16	619	619.1	-1.6
22	m.	26	2½ Jahre	3½ p. m.	15	636	633.7	13.6
23	m.	37	16 Tage	3 p. m.	14	639	638.3	-3.5
24	m.	47	25 Tage	3 p. m.	15	623	623.0	-6.0
25	m.	32	7 Mon.	3 p. m.	12	628	628.4	-1.0
26	m.	35	3 Mon.	4½ p. m.	13	637	634.8	13.0
27	m.	37	3 Mon.	2½ p. m.	13	629	629.3	0.2
28	m.	31	8 Mon.	2 p. m.	14	626	626.6	-1.7
29	m.	30	62 Tage	3½ p. m.	15	625	624.8	-0.6
30	m.	26	2½ Jahre	2½ p. m.	14	637	635.0	15.9
31	m.	25	6 Mon.	3½ p. m.	15	637	635.1	17.6
32	m.	35	6½ Mon.	11 a. m.	15	631	630.2	-0.8
33	m.	38	70 Tage	3 p. m.	16	627	627.1	2.3
34	m.	19	100 Tage	3 p. m.	15	622	622.1	4.6
35	w.	23	107 Tage	3½ p. m.	13½	643	643.2	-1.6
36	w.	23	6 Mon.	4½ p. m.	12	633	631.6	5.3
37	w.	19	1 Jahr	3 p. m.	15	631.5	631.6	3.7
38	w.	35	100 Tage	3 p. m.	13	617	617.3	-1.4
39	w.	26	15 Mon.	2½ p. m.	14	632	630.2	12.8
40	w.	23	82 Tage	4 p. m.	16	634	632.3	13.8
41	w.	18	3¾ Mon.	4½ p. m.	13	639	636.5	18.3
42	w.	69	3½ Mon.	3 p. m.	13½	622	621.8	1.8
43	w.	25	8½ Mon.	12 m.	13	637	634.3	16.5
44	w.	23	45 Tage	4½ p. m.	14	633	631.6	14.4
45	w.	22	33 Tage	3½ p. m.	13	643	642.5	-0.1
46	w.	25	2 Jahre	2 p. m.	13½	631	629.9	-0.2
47	w.	18	3½ Mon.	4¼ p. m.	15	637	635.1	17.6
48	w.	32	56 Tage	11 a. m.	14	624	624.5	-3.1
49	w.	23	26 Tage	4¼ p. m.	11	625	625.2	10.8
50	w.	33	1 Jahr	4 p. m.	18½	638	635.7	19.6
51	w.	22	61 Tage	3 p. m.	13½	616	617.1	3.5
52	w.	30	7 Mon.	11½ a. m.	14	631	629.8	7.5
53	w.	26	15 Mon.	2½ p. m.	15	636	633.7	13.6
54	w.	26	8 Mon.	4¼ p. m.	13	632	630.7	3.6
55	w.	24	20 Mon.	4 p. m.	15	634	631.6	15.8
56	w.	28	7 Mon.	11½ a. m.	13½	634	633.7	1.4

Feuchtigkeit 1½ h p. m.		Anzahl der rothen Blut- körperchen im cbmm	Haemo- globin- gehalt des Blutes¹)	Spec. Gewicht des Blutes und Temperatur der Chloroform- Benzolmischung	Bemerkungen betr. der untersuchten Person
absol- ute	rela- tive				
3,4	46	5 895 000	105	1058 bei 16° C.	Chron. Rheumatismo, sonst gesund
4,37	60	5 980 000	100	1056 „ 15° C.	Gesund
3,63	73	6 105 000	110	1063 „ 16° C.	Gesund
8,04	68	5 805 000	105	1050 „ 14° C.	Gesund
4,76	78	6 365 000	105	1060 „ 15½° C.	Gesund
2,56	48	8 253 000	95	1061 „ 17½° C.	Gesund, früher Malaria
5,83	93	5 540 000	110	1057 „ 17° C.	Gesund
3,75	77	5 610 000	90	1052 „ 17° C.	Gesund, neulich Influenza, früher Malaria
5,09	74	7 015 000	105	1061 „ 14½° C.	Gesund
2,46	92	5 070 000	70	1050 „ 13° C.	Gesund
3,76	69	6 090 000	95	1056 „ 17° C.	Chron. Bronchitis, Asthma nerv.
9,49	84	5 170 000	95	1054 „ 15° C.	Gesund
4,76	78	4 785 000	100	—	Gesund
9,06	55	5 485 000	75	1051 bei 18° C.	Gesund, leichte Anaemie, gebraucht ztw. Fe.
3,17	90	5 330 000	85	1053 „ 16° C.	Morbus Basedowii
3,59	92	7 030 000	95	1049 „ 15° C.	Adipositas, arthritische Diathese
3,26	67	5 805 000	80	1048 „ 16° C.	Gesund
3,46	81	6 950 000	85	1056 „ 15° C.	Offene Tuberculose II
3,90	72	5 875 000	80	1050 „ 11° C.	Offene Tuberculose I
5,52	82	5 805 000	—	—	Geschlossene Tuberculose I
3,84	95	6 260 000	95	1056 bei 16½° C.	Offene Tuberculose II
8,93	77	6 375 000	105	—	Geschlossene Tuberculose II
2,61	72	8 135 000	90	1054 bei 14° C.	Offene Tuberculose III
2,49	86	5 945 000	75	1050 „ 16° C.	Offene Tuberculose II
2,05	48	6 970 000	100	1061 „ 13° C.	Geschlossene Tuberculose I
6,12	55	5 965 000	—	—	Geschlossene Tuberculose I
4,06	87	6 110 000	110	1059 bei 15° C.	Offene Tuberculose III
3,81	94	5 770 000	100	1058 „ 15½° C.	Geschlossene Tuberculose I
2,68	61	5 940 000	95	1051 „ 16° C.	Offene Tuberculose I
6,39	48	6 525 000	105	—	Geschlossene Tuberculose II
6,21	44	5 155 000	85	—	Offene Tuberc. Pulm. et Laryngis II
3,03	70	5 065 000	105	1059 bei 17° C.	Geschl. Tuberc. Pulm. et Vertehr. II
3,47	64	5 565 000	105	1061 „ 17° C.	Geschl. Tuberc. Pulm. et Laryngis II
4,71	74	6 485 000	95	1058 „ 17° C.	Offene Tuberculose II
2,49	61	5 690 000	90	1055 „ 14° C.	Geschlossene Tuberculose I
5,72	86	5 025 000	—	—	Offene Tuberculose II
3,64	61	5 590 000	85	1052 bei 17° C.	Geschlossene Tuberc. I, Taenia saginata
3,89	94	5 720 000	80	1051 „ 15° C.	Geschlossene Tuberculose I
6,88	62	5 260 000	65	—	Geschlossene Tuberculose I, Anaemie
9,55	81	6 120 000	90	1053 bei 17° C.	Geschl. Tuberc. I, Lymphaden. Colli
7,01	45	5 450 000	85	—	Geschlossene Tuberculose I
4,24	81	6 325 000	80	1051 bei 12° C.	Geschlossene Tuberculose II
5,87	42	5 560 000	—	—	Offene Tuberculose II
7,84	64	6 175 000	90	—	Geschlossene Tuberculose I
3,78	83	5 155 000	85	1056 bei 15° C.	Geschlossene Tuberculose I
4,21	93	7 185 000	105	1058 „ 14° C.	Offene Tuberculose I, Otitis bilat.
6,21	44	4 645 000	95	—	Geschlossene Tuberculose I
3,09	85	4 810 000	80	1054 bei 11° C.	Geschlossene Tuberculose I
4,70	49	6 331 000	—	—	Geschlossene Tuberculose I
8,18	48	5 170 000	90	1053 bei 18° C.	Offene Tuberc. Pulm. et Laryngis II
4,06	69	6 160 000	90	1053 „ 14° C.	Geschlossene Tuberculose I
6,24	81	6 430 000	—	—	Geschlossene Tuberc. Pulm. et Laryngis II
8,93	77	5 395 000	65	—	Geschlossene Tuberculose I, Anaemie
3,48	59	5 912 000	—	—	Offene Tuberculose III
9,50	71	5 250 000	90	1059 bei 16° C.	Geschlossene Tuberculose I
3,96	78	6 870 000	90	1054 „ 13° C.	Offene Tuberculose II, Glaukoma

1) Siehe Fussnote S. 55.

Ich mache also darauf aufmerksam — die Personen sind in keiner Beziehung ausgewählt —, dass die Grenzen zwischen den Gruppen „geschlossene Tuberculose“ und „gesund oder nicht-tuberculös krank“ nicht scharf sind, ja, wenn man will, eigentlich kaum bestehen; die bezüglichen Resultate dürfen also auch nicht zu streng einander entgegengesetzt werden. Die einzige wissenschaftliche Grenze ist die: offene Tuberculose oder nicht.

Patienten, die an Tuberculose litten, habe ich untergebracht in den Gruppen I, II, III, übereinstimmend mit dem klinischen Gesamteindruck „leicht“, „mittelschwer“, „schwer“.

Unter den untersuchten Personen fanden sich keine mit Herzfehler.

Die Ergebnisse der Resultate sind in Kürze:

Zahl der rothen Blutkörperchen per Kubikmillimeter.

Durchschnittl. bei 26 Männern, gesunden und kranken zusammen . . .	6 212 000,
„ „ 9 dieser Männer, gesund oder nicht-tuberculös krank	6 290 000,
„ „ 9 „ „ mit offener Tuberculose	6 317 000,
„ „ 8 „ „ „ geschlossener „	6 005 000,
„ „ 30 Frauen, gesunden und kranken zusammen. . .	5 699 000,
„ „ 8 dieser Frauen, gesund oder nicht-tuberculös krank	5 595 000,
„ „ 6 „ „ mit offener Tuberculose	5 954 000,
„ „ 16 „ „ „ geschlossener „	5 657 000.

Haemoglobingehalt des Blutes¹⁾.

Durchschnittl. bei 24 Männern, gesunden und kranken zusammen . . .	98,1,
„ „ 9 dieser Männer, gesund oder nicht-tuberculös krank	102,8,
„ „ 15 „ „ mit Tuberculose	95,3,
„ „ 25 Frauen, gesunden und kranken zusammen. . .	82,0,
„ „ 8 dieser Frauen, gesund oder nicht-tuberculös krank	86,9,
„ „ 17 „ „ mit Tuberculose	79,7.

Specif. Gewicht des Blutes.

Durchschnittl. bei 21 Männern, gesunden und kranken zusammen . .	1056,7,
„ „ 9 dieser Männer, gesund oder nicht-tuberculös krank	1057,6,
„ „ 12 „ „ mit Tuberculose	1056,1,
„ „ 19 Frauen, gesunden und kranken zusammen . . .	1053,2,
„ „ 7 dieser Frauen, gesund oder nicht-tuberculös krank	1051,6,
„ „ 12 „ „ mit Tuberculose	1054,1.

Es ist meines Erachtens nicht erlaubt, aus diesen Ziffern zu viele Schlüsse zu ziehen betreffs der Unterschiede zwischen den

1) Siehe Fussnote S. 55.

Unterabtheilungen — dafür ist die Zahl der Beobachtungen für jede einzelne Unterabtheilung zu gering.

Wenn wir annehmen, dass offene Tuberculose schwerere Formen betrifft als geschlossene, so ergeben die Ziffern bei Männern und bei Frauen, dass die schweren Formen durchschnittlich mehr Erythrocyten haben als die leichteren.

Im Ganzen sind meine Resultate in Uebereinstimmung mit denen von Kündig. Wenn sie durchschnittlich etwas niedriger sind, so ist das vielleicht Zufall, zum Theil die Folge davon, dass zwei Untersucher gewöhnlich bestimmte Unterschiede erhalten, gerade so, wie z. B. zwei geübte Untersucher, mit zwei Polarimetern arbeitend, auch meistens bestimmte Differenzen im Zuckergehalt constatiren.

Den Ziffern für Haemoglobingehalt muss, wie wir oben gezeigt haben, nicht zu viel Werth beigemessen werden¹⁾. Dafür sind die Untersuchungsmethoden im absoluten Sinne nicht genau genug, wie ja der oben erwähnte Unterschied zwischen Kündig und mir beweist oder die Thatsache, dass Ekker bei Gesunden im Tiefland niemals mehr als 80 % nachweisen konnte.

Betreffs des specifischen Gewichts des Blutes sind bei Tuberculose oder im Hochgebirge nicht genügend viel Ziffern veröffentlicht (wenigstens soweit mir bekannt), so dass eine Vergleichung damit möglich wäre. Ich gebe meine Resultate also ohne Schlussfolgerung.

Betrachten wir aber meine Durchschnittsziffern des Haemoglobingehaltes und des specifischen Gewichts mit einander, in Verbindung mit den von Hammerschlag (siehe Seite 16) als Normal-Verhältniss angegebenen Werthen, so sehen wir, dass in Davos-Platz der Haemoglobingehalt grösser ist, als nach dem specifischen Gewicht vermuthet werden sollte.

Was aber zweifellos aus meinen Untersuchungen hervorgeht, ist, dass im Hochgebirge durchschnittlich die Zahl der rothen Blutkörperchen bei Männern und bei Frauen, bei Gesunden und bei Kranken erheblich die Zahl übertrifft, welche durchschnittlich im Tieflande gefunden wird.

Sehen wir doch, dass alle Unterabtheilungen betreffs der rothen

1) Controlbestimmungen mit dem neuen Haemometer nach Sahli (mit salzsaurem Haematin) und meinem Haemoglobinometer nach Gowers ergeben für Gowers durchweg viel niedrigere Werthe! Meine Ziffern für Haemoglobingehalt sind also gewiss in absolutem Sinne zu niedrig.

Blutkörperchen Ziffern angeben, welche die des Tieflandes um ungefähr 1 000 000 übertreffen, — Differenzen, welche völlig ausserhalb des Gebietes der Beobachtungsfehler sich befinden.

So sind die Resultate obiger Untersuchungen in Uebereinstimmung mit den Beobachtungen von Bert, Viault, Egger etc. und eine Bestätigung, zwar in anderem Sinne, des Wortes:

„Wir sind ein Spiel von jedem Druck der Luft.“

Literatur.

- Abbe, Jenaer Zeitschr. f. Naturw. Bd. 12. 1897.
 E. Abderhalden, Zeitschr. f. Biol. Bd. 43 Heft 2 u. 3. 1902.
 Ambard et Beaujard. Sem. Méd. 1902 p. 158.
 Aron, Festschr. Jul. Lazarus S. 53. Berlin 1899. — Arch. f. path. Anat. u. Physiol. Bd. 143 S. 408—410.
 M. Ascoli, Arch. f. mikrosk. Anat. u. Entw. Bd. 55 S. 426. 1900.
 Askanazy, Deutsch. Arch. f. klin. Med. Bd. 59. 1897.
 Baumholz, Dissert. St. Petersburg 1900. — Zeitschr. f. Tuberculose u. Heilstättenwesen Bd. 1 Heft 5.
 Bensaude, Sem. Méd. 1901 Nr. 53 S. 420.
 P. Bert, La pression barométrique. Paris 1873 et Compt. rend. de l'Acad. vol. 94. 1882.
 Bizzozero, Sur la pression barométr. 1878. — Arch. de Biol. ital. 1883 p. 310. — Virchow's Arch. 95. — Centralbl. f. deutsche med. Wissensch. 1869, 1880 1881.
 Bonnier, Sem. Méd. 1901 Nr. 50 S. 396.
 Bunge, Congr. f. inn. Med. 1895 S. 192.
 M. Burckhardt, Unters. ü. Blutdr. und Puls bei Tuberculösen. Inaug.-Diss. Basel 1901.
 Bürgi, Arch. f. Physiol. 1901 S. 509.
 F. C. Busch and A. L. Kerr, Philad. Med. News. 21. December 1895.
 Chauveau, Sem. Méd. 1901 Nr. 50 S. 396.
 Cohnstein und Zuntz, Pflüger's Arch. Bd. 42 S. 303.
 Czerny, Arch. f. exper. Path. u. Pharm. Bd. 34.
 Daland, Fortschr. d. Med. 1891 Nr. 9 S. 823 u. 867.
 Darwin, Die Entstehung der Arten.
 Dehio, Verhandl. d. 11. Congr. f. inn. Med.
 Denys, Sur la structure etc. — La Cellule IV. Louvain 1888.
 Determann, Samml. kl. Vortr. von Volkmann 1902 Nr. 337—338.
 Dieballa Gera, Deutsches Arch. f. klin. Med. Bd. 57. 1896.
 W. Edgcombe, Brit. Med. Journ. June 25th. 1898.
 F. Egger, Zeitschr. f. diät. u. physiol. Therapie Bd. 3 Heft 2. 1899. — Verhandl. d. 12. Congr. f. Med. Wiesbaden 1893. — Arch. f. exper. Path. u. Pharm. Bd. 39. — Corrb. f. Schweizer Aerzte Nr. 15. S. 477. 1900.

- Ehrlich u. Lazarus, Die Anaemie. 1898.
 Eichborst, Handb. d. spec. Path. u. Therap. 1897.
 W. Ekker, Dissert. Leiden 1894.
 C. Eykman, Virchow's Archiv Bd. 143. 1896.
 W. Ewart, Progressive Medicine p. 100. London 1900.
 A. Fraenkel, Zeitschr. f. kl. Med. 1880.
 Fraenkel u. Geppert, Ueber d. Wirkung d. verdünnten Luft etc. Berlin 1883.
 A. Fick, Pflüger's Arch. Bd. 60.
 von Fleischl, Wiener med. Jahrb. 1885 S. 425 u. 1886 S. 167.
 Foà, Arch. ital. de biolog. Bd. 1.
 Gärtner u. Römer, Wiener klin. Wochenschr. Nr. 2. 1892.
 M. J. Gaule, Sem. Méd. 1901 Nr. 50 S. 395.
 Gottstein, Allgem. Med. Central-Zeitung 1897 Nr. 74. — Berl. klin. Wochenschr. 1898 Nr. 20—21. — Münch. med. Wochenschr. 1899 Nr. 40.
 Gottstein u. Schröder, Berl. klin. Wochenschr. 1900 Nr. 27. — Zeitschr. f. Tuberculose u. Heilstättenwesen Bd. 1 Heft 5.
 Grawitz, Deutsch. Arch. f. klin. Med. Bd. 54. — Zeitschr. f. klin. Med. Bd. 21. 1893. — Berl. klin. Wochenschr. 1895 Nr. 33—34. — Klin. Pathol. d. Bl. Berlin 1896. — Zeitschr. f. physiol. u. diät. Therapie Bd. 1.
 Gram u. Graeber, Fortschr. d. Med. Nr. 2 S. 11. 1884.
 G. Gryns, Virchow's Arch. Bd. 139. 1895.
 Haeckel, Natürl. Schöpfungsgesch. 1874.
 Hamburger, Ned. tijdschr. v. geneesk. 1897 Nr. 5. — Zeitschr. f. Biol. 1896.
 De la Harpe, Du climat d'altitude. Congr. Clerm.-Ferrand. 1896 et Revue méd. d. l. Suisse rom. 1894.
 Hammerschlag, Zeitschr. f. klin. Med. Bd. 20. 1892.
 Hayem, Dupérie et Cadet, Du sang et de ses altérat. anatom. Paris 1889.
 Hayem, Du sang et de ses altérat. org. 1889. — Leçon sur les modif. du sang. 1882. — Compt. rend. de l'Acad. d. sc. vol. 83 p. 935. 1876.
 Heller, Mager u. v. Schroetter, Zeitschrift f. klin. Med. Nr. 33 S. 374 u. Nr. 34 S. 141.
 Henry, Sem. Méd. 1901 Nr. 50 S. 396.
 Hoppe-Seyler, Physiol. Chem. Berlin 1877—81.
 Hüfner, Ueber das Gesetz der Dissociation des Haemoglobins etc. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1890.
 v. Jaksch, Kl. Diag. inn. Kr. 1896. — Deutsche med. Wochenschr. 1893 Nr. 19.
 Jaquet, Corrb. f. Schweizer Aerzte 1900 Nr. 15. — Zeitschr. f. Tuberculose u. Heilstättenwesen Bd. 1 Heft 6. — Sem. Méd. 1901 Nr. 28. — Corrb. f. Schweizer Aerzte 1897 S. 129 u. 164.
 Jaquet und Suter, Corresp. f. Schw. Aerzte 1898 S. 104.
 v. Jaruntowski u. Schroeder, Münch. med. Wochenschr. 1894 Nr. 48.
 Jolly, Sem. Méd. 1901 Nr. 50 S. 396. — Dasselbst 1902 S. 7.
 Jourdanet, De l'anaemie des altitudes u. s. w. Paris 1863. — Infl. d. l. pression de l'air sur la vie de l'homme Paris 1875.
 Karcher, Veillon u. Suter, Arch. f. exper. Path. u. Pharm. Bd. 39 Heft 5—6. 1897.

- Kempner, Virchow's Arch. Bd. 89. 1882 und Arch. f. Anat. u. Phys., Phys. Abth. 1884.
- Kisch, Klimatotherapie in Eulenb. Real-Encykl. 1896.
- Klinkert, Ned. Tijdschrift v. Geneesk. Bd. 1 S. 545. 1894.
- Koepppe, Münch. med. Wochenschr. 1895 Nr. 39. — Congr. f. inn. Med. 1893.
- Kohlbrugge, Geneesk. Tijdschr. v. Ned. Ind. 1895; D. 35. — Arch. f. Sch. u. Tropenhygiene Bd. 2 Heft 1. — Corbl. f. Schweizer Aerzte 1897 S. 453.
- A. Kossler, Centralbl. f. inn. Med. 1897 S. 700.
- Krehl, Path. Physiologie. 1898.
- Kronecker, Beilagen zum Concessionsgesuch f. eine Jungfraubahn. Zürich 1894.
- Krüger, Virchow's Arch. Bd. 106. 1886.
- Kündig, Corbl. f. Schweizer Aerzte 1897 Nr. 1—2.
- Laaache, Die Anaemie. 1883. — Deutsche Münch. Wochenschr. 1884 Nr. 43.
- Ladendorf, Das Höhenkl. in meteorol., physiol. und therap. Beziehung. Berlin 1889.
- Lambling, Des procédés de dosage de l'hémoglobine. Diss. Nancy 1882.
- Landois, Lehrb. d. Physiol. d. M. 1900. — Realencycl. Bd. 3 S. 163. 1885.
- Lazarus, Verhandl. d. Berl. Med. Gesellsch. Th. 26 S. 154.
- Lazarus u. Schirmunski, Zeitschr. f. klin. Med. 1884 Nr. 7 S. 299.
- Leepin, Diss. Dorpat 1891.
- Leichtenstern, Untersuch. über Haemoglobingeh. d. Blutes. Leipzig 1878.
- Lenhartz, Mikr. u. Chem. a. Krankenb. 1895.
- Lépine, Sem. Méd. 1899 S. 161 u. 1898 S. 105.
- v. Leube, Spec. Diagn. d. inn. Krankh. 1893.
- Leuch, Corbl. f. Schweizer Aerzte 1896 Nr. 21.
- Lewinstein, Pflüger's Arch. Bd. 65.
- v. Liebig, Arch. f. Anat. u. Phys., phys. Abth. 1888. — Sitzungsber. d. Ges. f. Morph. u. Phys. Bd. 7. München 1891 und 1896 und Bd. 10. 1899. — Der Luftdruck in den pn. Kammern und auf Höhen. Braunschweig 1898. — Die Bergkrankheit. Braunschweig 1898. — Deutsche m. Wochenschr. 1886 Nr. 18—19. — Deutsche med. Zeitung 1891 Nr. 43.
- v. Limbeck, Grundr. einer kl. Pathol. d. Blutes. 1892.
- Lloyd Jones, Journal of Physiol. vol. 8 p. 9.
- A. Löwy, J. Löwy u. L. Zuntz, Pflüger's Arch. Bd. 66 Heft 9—10. 1897.
- A. Löwy, Pflüger's Arch. Bd. 28. 1894. — Untersuch. über die Resp. u. s. w. Berlin 1895. — Arch. f. Physiol. 1898 S. 417. — D. m. W. 1901 Nr. 50—51.
- Lortet, Lyon Méd. 26. Sept. 1869.
- Ludwig, Das Oberengadin in seinem Einfluss auf Gesundheit und Leben. Stuttgart 1877.
- Lyon u. Thoma, Virchow's Arch. Bd. 84 Heft 1. 1881.
- Malassez, Arch. de physiol. 1877.
- Maragliano, Verhandl. Congr. inn. Med. 1892 S. 172. — Zeitschrift f. klin. Med. Bd. 21 S. 419. 1892.
- Marti, Congr. f. inn. Med. 1897.
- A. Mansfield Holmes, Editorial Journal of the Americ. Med. Ass. 2. Sept. 1899.

- Meissen u. Schroeder, Münch. med. Wochenschr. 1897 Nr. 23—24.
- Meissen, Therap. Monatsheft Jahrg. 13 Heft 10. 1899 u. Heft 2. 1900. — Münch. med. Wochenschr. 1898 Nr. 4. — Deutsche med. Zeitung. 1895.
- Menicanti, Deutsch. Arch. f. klin. Med. Bd. 50. 1892.
- Mercier, Arch. de physiol. Bd. 26. 1894.
- Mermod, Thèse de Strasbourg. 1877.
- Meyer, Inaug.-Dissert. Basel 1900. — Deutsches Archiv f. klin. Med. Bd. 57. 1896. — Münch. med. Wochenschr. 1900 Nr. 13.
- Meyer-Ahrens, Die Bergkrankheit. Leipzig 1853.
- Miescher, Corbl. f. Schweizer Aerzte 1892 Nr. 23, 1893 Nr. 24. — Die histochemischen und physiol. Arbeiten Bd. 2. 1897.
- J. K. Mitchell, The Americ. Journal of the M. S. May 1894.
- Morin, Zeitschr. f. Tuberculose u. Heilstättenwesen Bd. 2 Heft 1.
- A. Mosso, Der Mensch auf den Hochalpen. Leipzig 1899. — Fisiologia dell'uomo sulle Alpi. 1898. — Sem. Méd. 1897 S. 76.
- U. Mosso, Rendiconti della Acad. dei Lincei. 1896.
- Müntz, Compt. rend. de l'Acad. d. sc. 1891 p. 298.
- Naunyn, Corbl. f. Schweizer Aerzte 1872 p. 300.
- Neubert, St. Petersb. med. Wochenschr. 1889 Nr. 32. — Dissert. Dorpat. 1889.
- G. Oliver, A contribution to the study of the blood and bloodpressure. London 1901.
- v. Pacht, St. Petersb. med. Wochenschr. 1899 Nr. 51.
- Peiper, cit. Sahli S. 612.
- Quincke, Deutsch. Arch. f. klin. Med. Nr. 27 u. 33.
- Radovici, Le climat des altit. etc. 1896.
- Regnard, Compt. rend. d. l. soc. d. biol. 1892 p. 470. — La cure d'altit. 1898.
- Reinert, Die Zählung der Blutkörperchen. 1891. — Münch. med. Wochenschr. Nr. 15. 1895.
- Ribbert, Lehrb. d. path. Hist. 1896.
- J. A. v. Ryn, Journ. d. l. Soc. royal. d. sc. méd. de Bruxelles. 1895 Nr. 11.
- Sahli, Corbl. f. Schweizer Aerzte. 15. Octob. und 1. Novemb. 1886. — Lehrb. d. klin. Untersuchungsmethoden. 1902.
- Schäper, Blutuntersuchungen. Dissert. Göttingen 1892.
- Sannes, Geneesk. cour. 1901 Nr. 9.
- Schaumann u. Rosenquist, Zeitschr. f. klin. Med. Bd. 35. 1898. — Arch. f. ges. Physiol. Bd. 68. — Therap. Med. Jan. 1900. — Zeitschr. f. Tuberculose u. Heilstättenwesen Bd. 1 Heft 4. — Centralbl. f. inn. Med. 1896 Nr. 22.
- van der Scheer, Geneesk. Tijdschr. v. Ned. Indie. 1890 Nr. 30.
- Schmalz, Deutsch. Arch. f. klin. Med. Bd. 50. 1892 u. Bd. 47. 1890. — Deutsch. med. Wochenschr. 1891 Nr. 17.
- Schroeder, Zeitschr. f. Tuberculose u. Heilstättenwesen Bd. 1 Heft 6. — Diss. Halle 1894. — Deutsch. med. Zeitung 1897 Nr. 81. u. 1899 Nr. 44—46. — Münch. med. Wochenschr. 1899 Nr. 40. — Samml. kl. Vortr. von Volkmann 1902 Nr. 337—338.
- v. Schroetter, Beitr. z. klin. Medic. u. Chirurg. 1899 Heft 21. — Die med. Woche 1901 Nr. 38.

- Schumburg u. N. Zuntz, Pflüger's Archiv Bd. 62.
 Schyrmunski, Ueber den Einfl. der verd. Luft auf den Stoffw. Inaug.-Dissert. Berlin 1877.
 Sellier, Thèse de Bord. 1895.
 Siegl, Wiener klin. Wochenschr. Bd. 4 S. 606. 1891. — Prager med. Wochenschrift Bd. 17 S. 209. 1892.
 Sörensen, cit. Sahli S. 626.
 van Spanje, Ned. Tijdschr. v. Geneesk. Bd. 1 Nr. 24. 1900.
 Speck, Klin. u. exp. Unters. u. s. w. Cassel 1858.
 Starcke, Congr. f. inn. Med. 1900.
 Stengel, Proc. Path. Soc. of Philadelphia. 1899.
 Stierlin, Arch. f. klin. Med. Bd. 45. 1889.
 Strauer, Systematische Blutuntersuchungen bei Schwindsucht und Krebskrankheit. Dissertation. Greifswald 1893.
 Suter u. Jaquet, Corrbl. f. Schweizer Aerzte 1898 Nr. 4 S. 104.
 Taussig, Arch. f. exp. Path. u. Therap. Bd. 30 S. 162. 1891.
 Tissot, Sem. Méd. 1902 S. 188.
 Tissot et Hallion, Compt. rend. de l'acad. 1901.
 Tornberg, Dissertation. Dorpat 1891.
 Turban, Münch. med. Wochenschr. 1899 Nr. 24 u. 1900 Nr. 13. — Beiträge zur Kenntniss der Lungentuberculose. 1899.
 Vallot, Sem. Méd. 1901 Nr. 51 S. 407.
 Vaulair et Masius, De la Microcythémie. Bull. de l'Acad. royale de Méd. de Belgique Série 3 vol. 5.
 Vaquez et Quiserne, Sem. Méd. 1902 S. 235.
 Veillon in Miescher's Arbeiten S. 423.
 Veraguth, Thèse de Paris. 1887. — Internat. kl. Rundsch. 1892 Nr. 18—19.
 Viault, Compt. rend. de l'Acad. d. sc. vol. 3 p. 917. 1890 et p. 295. 1891.
 O. Vierordt, Diagn. der inneren Krankheiten. 1892.
 Weiss, Zeitschr. f. phys. Chemie Bd. 22. 1897.
 Wolff u. Koeppe, Münch. med. Wochenschr. 1893 Nr. 11, 41 u. 42.
 Wolff, Ueber den Einfluss des Gebirgskl. etc. Wiesbaden 1895.
 v. Ziemssen, Münch. med. Wochenschr. 1898 Nr. 1.
 Zuntz, Pflüger's Arch. Bd. 66 u. Bd. 42 S. 303. — Berl. klin. Wochenschr. 1895 S. 748.
 Zwaardemaker, Geneesk. Bladen. 3^e Reeks. 9—10.
 E. H. Ziegler, Ber. d. Naturf. Gesellsch. in Freiburg Bd. 4 S. 171. 1889.
 Ernst Ziegler, Lehrbuch der spec. pathologischen Anatomie. 1890.
 N. Zuntz und L. Zuntz, Ueber die Wirkung des Hochgeb. auf den menschl. Org. Berlin 1897.
-