

Das Blut im Hochgebirge.

Zur Abwehr.

Von

Dr. med. **Emil Abderhalden**, Basel.

Dr. H. J. A. van Voornveld, Arzt im Höhenklima-Kurorte Davos-Platz, bespricht in seinem Sammelreferate „Das Blut im Hochgebirge“¹⁾ meine Arbeiten über die Einwirkung des Höhenklimas auf die Zusammensetzung des Blutes²⁾ in einer Art und Weise, welche dringend der Richtigstellung bedarf.

Meine Untersuchungen hatten zunächst ergeben:

1. dass die Zahl der rothen Blutkörperchen beim Uebergang von Basel (266 m ü. M.) nach St. Moritz (1856 m ü. M.) zunimmt und umgekehrt beim Uebergang von St. Moritz nach Basel abnimmt;
2. dass der Hämoglobingehalt sich in ganz demselben Sinne ändert;
3. dass die ausnahmslos constatirte Zunahme der Zahl der rothen Blutkörperchen und diejenige des Hämoglobins sofort bei der Ankunft in St. Moritz zu constatiren war, und während des ganzen Aufenthaltes in St. Moritz andauerte;
4. dass die Abnahme der Zahl der rothen Blutkörperchen und des Hämoglobins beim Uebergang nach Basel allmählich erfolgte. Nach ungefähr 4 Tagen wurde eine constante Zahl erreicht;

1) van Voornveld, Das Blut im Hochgebirge. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 92 S. 1. 1902.

2) Emil Abderhalden, Ueber den Einfluss des Höhenklimas auf die Zusammensetzung des Blutes. Zeitschr. f. Biol. Bd. 63 S. 125. 1902 und Weitere Beiträge zur Frage nach der Einwirkung des Höhenklimas auf die Zusammensetzung des Blutes. Zeitschr. f. Biol. Bd. 63 S. 443. 1902.

5. dass Hämoglobin und Blutkörperchenzahl in ganz genau denselben Verhältnissen stiegen und fielen.

Diese durch Blutkörperchenzählungen und durch Hämoglobinbestimmungen¹⁾ an Blutproben erhaltenen Resultate controlirte ich durch quantitative Blutanalysen²⁾. Diese ergaben folgende Mittelwerthe:

1000 Gewichtstheile Blut enthalten:

	Basel:	St. Moritz:
I. Rinderblut:		
Wasser	808,74	789,96
Feste Stoffe	191,26	210,04
Hämoglobin	108,7	128,2
Eiweiss	67,04	65,59
II. Schweineblut:		
Wasser	785,34	759,87
Feste Stoffe	214,66	240,13
Hämoglobin	141,6	162,5
Eiweiss	54,31	58,15

1000 Gewichtstheile Blutkörperchen enthalten:

	Basel:	St. Moritz:
I. Rinderblut:		
Wasser	608,36	614,58
Feste Stoffe	391,64	385,42
Hämoglobin	318,03	319,17
Eiweiss	54,12	45,64
II. Schweineblut:		
Wasser	621,79	619,81
Feste Stoffe	378,21	380,19
Hämoglobin	324,53	324,83
Eiweiss	31,91	35,12

1) Die Hämoglobinbestimmungen wurden nicht, wie es nach dem Referate von van Voornveld den Anschein hat (S. 10 u. 11) nach Gowers oder Fleischl bestimmt, sondern durch colorimetrische Vergleichung einer Blutprobe mit einer aus reinen Hämoglobin-Krystallen hergestellten Hämoglobininlösung von genau bekanntem Gehalte an Hämoglobin. Die Belege für die Exactheit dieser Methode finden sich publicirt in: E. Abderhalden, Assimilation des Eisens. Zeitschr. f. Biol. Bd. 39 H. 2 S. 197—208. Ich hebe dies ausdrücklich hervor, weil ich mich durch zahlreiche Versuche überzeugt habe, dass Hämoglobinbestimmungen nach Gowers und nach Fleischl ganz unzuverlässig sind, selbst dann, wenn ein Untersucher mit einem Instrument arbeitet!

2) Die Methode, betreffend confer.: E. Abderhalden, Zur quantitativen Analyse des Blutes. Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 23 H. 6 S. 521. 1897.

1000 Gewichtstheile Serum enthalten:

	Basel:	St. Moritz:
I. Rinderblut:		
Wasser	912,65	907,75
Feste Stoffe	87,35	92,25
Eiweiss	73,09	78,97
II. Schweineblut:		
Wasser	911,83	900,09
Feste Stoffe	88,17	99,91
Eiweiss	71,71	81,19

Wie die vorliegenden Mittelwerthe ergeben, wurden die durch die Blutkörperchenzählungen und Hämoglobinbestimmungen erhaltenen Resultate in allen Theilen bestätigt. Hervorheben möchte ich namentlich, dass die Dauer des Aufenthaltes in St. Moritz in keinem Fall in den erhaltenen Resultaten zum Ausdrucke kommt. Das in St. Moritz geborene Thier weist dieselben Zahlen auf, wie das eben in St. Moritz angekommene.

Eine weitere Bestätigung der Resultate der Blutkörperchenzählungen, und zugleich den besten Beweis für die Unabhängigkeit der Thoma Zeiss'schen Zählkammer vom äusseren Luftdruck geben folgende Mittelwerthe.

Verhältniss von Serum und Blutkörperchen im Gesamtblute:

	Basel:	St. Moritz:
I. Rinderblut:		
Blutkörperchen.	341,7	401,7
Serum	658,3	598,3
II. Schweineblut:		
Blutkörperchen.	436,4	500,3
Serum.	563,6	499,7

Wie die oben mitgetheilte Uebersicht über die Zusammensetzung des Serums ergibt, wiesen die Höhenklimathiere ein an festen Bestandtheilen reicheres Serum auf. Dieser höhere Gehalt an festen Stoffen ist hauptsächlich durch einen höheren Eiweissgehalt bedingt¹⁾.

Da die Möglichkeit, dass die höheren Werthe bei den St. Moritzthieren ihre Ursache in einer stärkeren Verdunstung des Blutes beim Defibriniren haben könnten, nicht ausgeschlossen war, machte ich vergleichende Bestimmungen an durch Coagulation von Blut in verschlossenen Gefässen gewonnenem Serum. Das Resultat war folgendes: 1000 Gewichtstheile Serum enthielten:

1) Es wurde dies in jedem Einzelfalle ausnahmslos constatirt.

	Rinderblut		Schweineblut		Schafblut	
	Feste Stoffe	Eiweiss	Feste Stoffe	Eiweiss	Feste Stoffe	Eiweiss
Basel	87,82	76,89	94,29	78,25	84,25	69,15
St. Moritz . .	84,21	71,55	86,65	69,90	82,06	67,71
Differenz. . .	3,61	5,34	7,64	8,35	2,19	1,44

Wenn van Voornveld behauptet, dass ich selbst auf S. 460 (sollte wohl heissen 466) keine Vermehrung der Trockensubstanz und des Eiweiss angegeben habe, so ist das, wie die obige Wiedergabe dieser Tabellen ergibt, eine unrichtige, den Thatsachen direkt widersprechende Behauptung.

Um zu entscheiden, ob die constatirten Veränderungen in der Zusammensetzung des Blutes als absolute oder nur als relative aufzufassen sind, wurden an einem grossen Thiermateriale Bestimmungen des gesammten Hämoglobins ausgeführt. Es wurden folgende Mittelwerthe erhalten:

I. Kaninchen.

1. Vergleichung der in St. Moritz getödteten Thiere mit den in Basel verbliebenen Thieren desselben Wurfes:

St. Moritz (39 Kan.) 11,6691 g Hämoglobin = 9,32 p. M. des Körpergewichts
 Basel (24 Kan.) 11,6198 g " = 7,99 p. M. " "

2. Vergleichung der in St. Moritz geworfenen Thiere mit den in Basel geworfenen Thieren gleichen Alters:

St. Moritz (24 Kan.) 3,2598 g Hämoglobin = 11,04 p. M. des Körpergewichts
 Basel (19 Kan.) 3,4376 g " = 10,16 p. M. " "

3. Vergleichung der von St. Moritz nach Basel verbrachten Thiere unter einander, und zwar vor und nach eingetretenem Abfall der Zahl der rothen Blutkörperchen und des Hämoglobins (d. h. 4 Tage nach erfolgter Ankunft in Basel):

vor Erreichung des vollständigen

Abfalls (9 Kan.) 13,7540 g Hämoglobin = 8,77 p. M. d. Körpergew.
 nach erfolgtem Abfall (14 Kan.) 13,2278 g " = 8,15 p. M. " "

4. (Wurf XII und XIII): Vergleichung der zuerst in St. Moritz und dann längere Zeit in Basel gehaltenen

Kaninchen (b) mit von St. Moritz nach Basel verbrachten Thieren desselben Wurfes (a) vor eingetretenem Abfall der Zahl der Blutkörperchen und des Hämoglobins:

- a) (6 Kan.) **6,7403** g Hämoglobin = 8,97 p. M. des Körpergewichts
 b) (7 Kan.) **6,0198** g " = 9,26 p. M. " "

II. Ratten.

1. Vergleichung der in St. Moritz getödteten Thiere mit den in Basel verbliebenen Thieren desselben Wurfes:

- St. Moritz (16 Ratten) **1,3568** g Hämoglobin = 10,62 p. M. des Körpergewichts
 Basel (22 ") **1,2233** g " = 8,92 p. M. " "

2. Vergleichung der in St. Moritz geworfenen Thiere mit den in Basel geworfenen Thieren gleichen Alters:

- St. Moritz (27 Ratten) **0,3510** g Hämoglobin = 10,78 p. M. des Körpergewichts
 Basel (29 ") **0,3569** g " = 9,92 p. M. " "

3. Vergleichung der von St. Moritz nach Basel verbrachten Thiere unter einander, und zwar vor und nach eingetretenem Abfall der Zahl der rothen Blutkörperchen und des Hämoglobins:

vor Erreichung des vollständigen

- Abfalls (12 Ratten) . . . **0,9880** g Hämoglobin = 9,85 p. M. d. Körpergew.
 nach erfolgtem Abfall (22 Ratten) **1,0576** g " = 9,65 p. M. " "

4. (Wurf VII, VIII, XII, XIII, XIV, XV, XVI): Vergleichung der zuerst in St. Moritz und dann längere Zeit in Basel gehaltenen Ratten (b) mit den von St. Moritz nach Basel verbrachten Thieren desselben Wurfes vor eingetretenem Abfall der Zahl der rothen Blutkörperchen und des Hämoglobins:

- a) (20 Ratten) **0,7613** g Hämoglobin = 10,19 p. M. des Körpergewichts
 b) (31 ") **0,7315** g " = 9,79 p. M. " "

5. Aus Versuch VII, XII, XIII, XIV, XVI, XXIV ergeben sich folgende Werthe:

- a) vor erreichtem vollständigen Abfall von Hämoglobin und Blutkörperchenzahl (16 Ratten) **0,6371** g Hämoglobin = 10,24 p. M. des Körpergewichts
 b) nach erfolgtem Abfall (13 Ratten) **0,6797** g Hämoglobin = 10,24 p. M. des Körpergewichts.

Mit diesen Vergleichungen sind noch nicht alle Versuchsergebnisse erschöpft. Es dürfte aber diese Uebersicht genügen.

van Voornveld behauptet auf Grund der vorliegenden Versuche, dass eine Zunahme der absoluten Hämoglobinmenge beim Aufenthalt im Höhenklima stattfindet, und zwar um 14—19 %!

Die vorliegenden Versuchsergebnisse beweisen aber in eclatanter Weise das Gegentheil. In keinem einzigen Falle lässt sich eine irgendwie beträchtliche Zunahme der absoluten Hämoglobinmenge nachweisen. Die Werthe für die St. Moritzer und Basler Thiere decken sich.

Vergleicht man die relativen, d. h. pro tausend Gramm des Körpergewichtes berechneten Werthe mit einander, so findet man allerdings bei den Höhenklimathieren höhere Werthe. Diese beweisen weiter nichts, als dass die Höhenklimathiere weniger an Körpergewicht zugenommen haben als die Basler Thiere, trotzdem beiden Thiergruppen ganz genau dieselbe Nahrung verabreicht wurde. Auch die Menge der verzehrten Nahrung war dieselbe. Die Basler Thiere besaßen fast ausnahmslos ein viel bedeutenderes Fettpolster als die St. Moritzer Thiere.

Würde der constatirten Zunahme der Zahl der rothen Blutkörperchen und des Hämoglobins eine wirkliche Zunahme des Gesammthämoglobins entsprechen, so müsste umgekehrt der Abnahme der Zahl der rothen Blutkörperchen und des Hämoglobins bei der Rückkehr in die Ebene eine wirkliche Abnahme des Gesammthämoglobins entsprechen. Die obigen Zahlen beweisen, dass dies nicht der Fall ist. Die Gesammthämoglobinmenge ist vor erreichtem vollständigem Abfall der Zahl der rothen Blutkörperchen und des Hämoglobins nicht grösser als nach erfolgtem Abfall, d. h. mit anderen Worten, die constatirte Zunahme der Zahl der rothen Blutkörperchen und des Hämoglobins ist im Wesentlichen eine relative und keine absolute.

Im Einklang mit dieser Thatsache stehen folgende Beobachtungen:

1. niemals liessen sich irgend welche Formelemente constatiren, welche auf eine vermehrte Neubildung von rothen Blutkörperchen hingewiesen hätten;
2. ebenso wenig liessen sich auf einen vermehrten Untergang hinweisende Producte („Schatten“ u. s. w.) constatiren.

Alle bei diesen Untersuchungen erhaltenen Resultate erklären sich vorläufig am besten durch die Annahme einer Aenderung des Gefäßtonus beim Wechsel der Höhenlage. Beim Uebergang von der Ebene an einen höheren Ort contrahiren sich die Gefäße, es tritt Plasma — und zwar, wie die Blutanalysen ergaben, ein an festen Stoffen ärmeres Plasma — in die Lymphräume. Dadurch wird erreicht, dass bei derselben Herzarbeit in der Zeiteinheit mehr Hämoglobin die Lungencapillaren passirt¹⁾).

van Voornveld hält die gegebene Erklärung nicht für annehmbar, und zwar aus folgenden Gründen:

a) einmal müsste nach van Voornveld's Behauptung der Blutdruck beim Aufenthalt im Höhenklima erheblich erhöht sein. Handelte es sich um eine Gefäßcontraction allein, ohne gleichzeitigen Plasmaaustritt, dann wäre allerdings eine Steigerung des Blutdrucks zu erwarten. Im vorliegenden Falle trifft dies nicht zu.

b) Nach van Voornveld erfordert die aufgestellte Hypothese eine der Zunahme der Erythrocyten genau proportionale Vermehrung der Leukocyten im Gebirge! — Leukocytenzählungen im Allgemeinen können uns niemals genauen Aufschluss über die in Frage stehenden Verhältnisse geben. van Voornveld übersieht, dass die Leukocyten nicht an's „Blut“ gebunden sind wie die rothen Blutkörperchen. Uebrigens liegen einwandfreie Untersuchungen noch gar nicht vor.

c) Meine Berechnungen — welche übrigens nach genau derselben Formel ausgeführt worden sind, wie die von Jaquet und Suter — ergaben, dass die Höhenklimathiere ausnahmslos eine kleinere Blutmenge aufwiesen als die Basler Thiere. Diesen Resultaten spricht van Voornveld jede Beweiskraft ab, weil dieselben aus zwei „relativen“ Werthen — übrigens ganz, wie bei Jaquet und Suter auch — berechnet seien. van Voornveld übersieht, dass es sich um Vergleichen ceteris paribus unter Anwendung einer sehr genauen Methode handelt. Würden die constatirten kleineren Blutmengen in der angewandten Methode ihre Ursache haben, so würden bald die Basler, bald die St. Moritzer Thiere die kleineren Werthe aufweisen. Das ist aber durchgehends nicht der Fall²⁾).

1) Alle weiteren Einzelheiten betreffend, muss auf die Originalarbeiten verwiesen werden.

2) Ich betone noch besonders, dass sowohl die Bestimmungen des Hämoglobins im Blutstropfen als diejenigen im Gesamtblute nach ein und derselben Methode bei verschiedenen Verdünnungen und mit verschiedenen Normallösungen

Der von van Voornveld constatirte „Widerspruch“ zwischen der „Zunahme“ des Gesamthämoglobins und der Abnahme der Gesamtblutmenge ist durch das mitgetheilte Zahlenmaterial bereits aufgeklärt.

d) „Verschiedene Autoren (Egger, Roemisch, Oliver¹ u. s. w.) finden, dass besonders im Anfange des Gebirgsaufenthaltes kein Parallelismus besteht zwischen Vermehrung der Erythrocytenzahl und des Hämoglobingehaltes des Blutes.“ Nach meinen Untersuchungen ist dies eben nicht der Fall! Ausnahmslos stiegen und fielen Blutkörperchenzahl und Hämoglobin genau proportional!

e) Gegen die aufgestellte Hypothese scheint van Voornveld die auch von mir an einem grossen Materiale festgestellte Thatsache zu sprechen, dass auch bei solchen Individuen, welche dauernd im Hochgebirge leben, dieselben Blutveränderungen sich finden. — Warum sollten diese Bergbewohner nicht einen anderen Gefässtonus haben als die Thalbewohner? — Thatsächlich zeigt der Bergbewohner denselben raschen Abfall der Zahl der rothen Blutkörperchen, wie diejenigen Individuen, welche sich nur vorübergehend im Hochgebirge aufgehalten haben.

f) van Voornveld vermisst bei einer so „stürmisch“ allgemein auftretenden Gefässcontraction Oedeme und Transsudate! Wohl mit Recht! Derartige Vorstellungen würden vermieden, wenn man sich daran gewöhnen würde, alles quantitativ zu betrachten. Es lässt sich leicht berechnen, dass beim erwachsenen Menschen der Austritt von ca. 500 ccm Plasma genügt, um die constatirte Zunahme der Zahl der rothen Blutkörperchen zu erklären. Wie sollte der Austritt von 500 ccm Plasma vertheilt auf den ganzen Körper zu Oedemen, Transsudaten, gesteigerter Diurese u. s. w. führen?

Einer Kritik der von van Voornveld vertheidigten „Neubildungstheorie“ kann ich mich nach den vorliegenden Versuchen wohl füglich enthalten.

ausgeführt wurden. Es findet sich in meiner Arbeit keine einzige Zahl, welche nicht mindestens einmal controlirt worden ist. In keinem einzigen Falle zeigten mehrfache Bestimmungen Abweichungen in der ersten Decimale.
