

Beiträge zur Physiologie des Wassers und des Kochsalzes.

Von

Otto Cohnheim (Heidelberg), Sanitätsrat **Kreglinger** (Koblenz) und
cand. med. **Kreglinger** (Bonn).

(Aus dem Monte Rosa-Laboratorium, Istituto A. Mosso und Margherita-Hütte.)

(Der Redaktion zugegangen am 30. Oktober 1909.)

I.

Seit den Untersuchungen von Miescher¹⁾ und seinen Schülern schien es eine feststehende Tatsache zu sein, daß mit sinkendem Barometerdruck die Zahl der roten Blutkörperchen in der Volumeinheit bei Menschen und Tieren zunimmt, das Blut also konzentrierter wird. In einer Höhe von 1800 m hat Abderhalden²⁾ diese Konzentrationssteigerung an einem großen Tiermaterial beobachtet, eine Vermehrung der absoluten Hämoglobinmenge im Körper dagegen nicht oder jedenfalls nicht konstant und nicht in entsprechendem Maße gefunden. Seitdem aber ist die ganze Erscheinung wieder fraglich geworden, da Zuntz³⁾ und seine Mitarbeiter in größeren Höhen die Vermehrung der Blutkörperchen in der Volumeinheit meist vermißten, sie fanden vielmehr ganz schwankende, in kürzesten Zeiträumen wechselnde Werte und glaubten, daß die verschiedenen Werte der Hautgefäße und die verschiedene Verteilung der Blutkörperchen in den Kapillaren der Haut die Ursache

¹⁾ F. Miescher (mit Egger, Karcher, Veillon, Suter, Jaquet), Arch. f. exp. Path. u. Pharm., Bd. XXXIX u. XLV. — Betr. der Literatur vgl. van Voornveld, Pflügers Arch., Bd. XCII, sowie O. Cohnheim, Ergebnisse der Physiologie, II, Biochemie, 1902, S. 612.

²⁾ E. Abderhalden, Zeitschrift f. Biologie, Bd. XLIII, 1902.

³⁾ N. Zuntz, Loewy, Müller, Caspari, Höhenklima und Bergwanderungen, 1906.

aller beobachteten Differenzen sei. Auch Fuchs¹⁾ fand zwar in 3000 und 4500 m Höhe eine Vermehrung der Zahl der Blutkörperchen beim Menschen, aber die Vermehrung war nicht entfernt so stark und gesetzmäßig wie beim Kaninchen.

Unter diesen Umständen schien es sehr angezeigt, das Verhalten des Hämoglobins und der Blutkörperchen von neuem zu untersuchen. Es war nicht anzunehmen, daß die Verschiedenheit der Resultate der Autoren lediglich auf ihrer Methodik, bezw. deren Ausführung beruhte, vielmehr war zu vermuten, daß die Menge der roten Blutkörperchen in der Volumeinheit nicht nur von der Höhe, also dem Barometerdruck abhing, sondern außerdem von dem verschiedenen Verhalten der Versuchspersonen, bezw. der Versuchstiere. Grawitz²⁾ hat die Vermutung ausgesprochen, daß der stärkere Wasserverlust in der Höhe die Ursache der Blutkörperchenvermehrung in der Volumeinheit sei, und Weiss³⁾ und Abderhalden fanden in der Tat an ihren Versuchstieren nur eine Konzentrierung des Bluts, keine Vermehrung der absoluten Hämoglobinmenge. Auch Fieschler⁴⁾ sah bei Herabsetzung des Luftdrucks im pneumatischen Kabinett bei Kaninchen eine Eindickung des Blutes. Nun wissen wir aber, daß Wasserabgabe oder Wasserzufuhr im allgemeinen nicht zu einer Konzentrierung oder Verdünnung des Blutes führt; das Blut hält seine Zusammensetzung vielmehr sehr zähe fest, indem es überschüssiges Wasser an die Wasserdepots der Gewebe abgibt, bezw. ihnen Wasser entnimmt.⁵⁾ Hier bestand ein Widerspruch, der sich vielleicht dadurch auflöste, daß es auf die Art der Wasserabgabe ankommt. Die stärkste Wasserentziehung geschieht beim Menschen durch Schwitzen. Schweißabgabe aber findet nur dann statt, wenn die Schweißdrüsen durch einen spezifischen Reiz zur

¹⁾ R. F. Fuchs, Erlanger Sitzungsber., 1908.

²⁾ E. Grawitz, Berliner klin. Wochenschr., 1895.

³⁾ J. Weiss, Diese Zeitschrift, Bd. XXII, S. 526 (1896).

⁴⁾ A. Fieschler, Deutsch. Arch. f. klin. Med., Bd. LXXXI, S. 579 (1904).

⁵⁾ R. Magnus, Arch. f. exp. Path. u. Pharm., Bd. XLIV, S. 68 u. 396 (1900), Bd. XLV, S. 210 (1901); W. Engels, *ibid.*, Bd. LI, S. 346 (1904). A. Plehn, Deutsch. Arch. f. klin. Med., Bd. XCI, S. 1 (1907).

Tätigkeit angeregt werden.¹⁾ Ohne einen solchen Reiz wird von der Haut kein Wasser abgegeben, die Schweißabgabe kann aber in der Höhe an sich nicht anders sein als in der Ebene. Wohl aber kann das bei der Wasserdampfabgabe durch die Lunge der Fall sein. Beruht sie doch nicht auf einer besonderen Tätigkeit des Körpers, sondern darauf, daß die Atemluft bei Berührung mit den feuchten Atmungswegen auf Körpertemperatur erwärmt und mit Wasserdampf gesättigt wird. Nun ist die Luft im Hochgebirge im allgemeinen kühl und trocken, und die Wasserverdampfung ist außerdem bei dem niederen Barometerstand ohnehin vermehrt. Es war also zu erwarten, daß nicht die durch eine Tätigkeit des Körpers abgegebene, wohl aber die durch rein physikalische Bedingungen ihm entzogene Wassermenge in der Höhe größer sein würde, als in der Ebene, und es war denkbar, daß eben hierauf die Konzentrierung des Blutes, die Vermehrung der Blutkörperchenzahl in der Volumeinheit beruhte.

Die Wasserabgabe des Körpers in der Höhe ist von Zuntz und seinen Mitarbeitern berechnet worden, aber es ist dabei entweder nur die Abgabe bei steter Muskelarbeit (Bergsteigen) oder die Gesamtabgabe in 24 Stunden bestimmt worden, der Vergleich der Wasserabgabe bei Arbeit und bei Ruhe, zwischen Ebene und Gebirge ist nicht angestellt worden. Wir nahmen uns vor, die Wasserabgabe in der Tiefe und in der Höhe unter verschiedenen Bedingungen, Ruhe, Muskelarbeit, Schwitzen ohne Muskelarbeit zu ermitteln und gleichzeitig die Konzentration des Hämoglobins in unserem Blute unter diesen verschiedenen Bedingungen zu bestimmen.

Die Kontrollversuche in der Ebene fanden in Heidelberg, bzw. in Koblenz statt, die Höhenversuche in den Monte-Rosa-Laboratorien. Wir waren vom 31. VII. bis 15. VIII. 09 in dem Istituto Mosso am Colle d'Olen, also in einer Höhe von rund 3000 m, dazwischen vom 7.—10. August in der Margherita-Hütte

¹⁾ M. Rubner, Arch. f. Hygiene, Bd. XXXI; A. Schattenfroh, ibid., Bd. XXXVIII; H. Wolfert, ibid., Bd. XLI. — Schwenkenbecher, Deutsch. Arch. für klin. Med., Bd. LXXIX, S. 25. Kongr. f. innere Medizin, 1908.

(4560 m). Wir danken auch an dieser Stelle dem Direktor des Laboratoriums, Herrn Dr. Aggazzotti, aufs herzlichste für seine freundliche Unterstützung und sein stets bereites Entgegenkommen, mit dem er uns die Mittel des vortrefflich eingerichteten Instituts zur Verfügung stellte. Ferner danken wir dem Zentralausschuß des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins, der uns auf unsere Bitte bereitwilligst einen Beitrag zu den Kosten unserer Untersuchung zur Verfügung stellte.

Tierversuche konnten für die Zwecke unserer Untersuchung nicht in Frage kommen. Von den üblichen und bisher benutzten Versuchstieren sind Kaninchen, Meerschweinchen und Ratten so klein, daß sie der Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung nicht bedürfen. Sie können sich bei ihrer relativ großen Oberfläche auch ohne Wasserverdunstung hinreichend entwärmen. Bei Hunden finden wir ähnliche Verhältnisse, so daß auch bei ihnen die physiologische Wärmeregulation eine geringere Rolle spielt, als beim Menschen, und wenn sie Wasser verdunsten, tun sie es von den Atmungswegen. Die Verhältnisse des Wasserwechsels sind so eng mit der Wärmeregulation verknüpft, daß man diese Tiere unmöglich mit dem Menschen vergleichen kann. Tierversuche betreffend den Wasserwechsel dürfte man nur an großen schwitzenden Tieren, d. h. an Pferden machen. Dazu fehlten uns die Einrichtungen.

So haben wir nur an uns selbst experimentiert. Auf der Margherita-Hütte und während eines Teiles des Aufenthaltes auf dem Colle d'Olen gestattete uns Herr Assessor Dr. Fr. Kestner, unsere Versuche auch auf ihn auszudehnen. Die Versuchspersonen waren also

G. Kreglinger I, 55 Jahre alt, 186 cm groß, 77 kg schwer, mager, gesund;

G. Kreglinger II, 27 Jahre alt, 182 cm groß, 87 kg schwer, gesund;

O. Cohnheim, 36 Jahre alt, 170 cm groß, 84 kg schwer, gesund;

F. Kestner, 30 Jahre alt, 168 cm groß, 76 kg schwer, gesund.

Aus dem Verhältnisse der Körperlänge zu dem Gewicht

geht bereits hervor, daß die Leibesbeschaffenheit von uns vieren eine sehr verschiedene ist. Kreglinger I ist groß, mager, und schwitzt wenig, Cohnheim ist dick und schwitzt sehr leicht. Alle vier sind wir seit Jahren Bergsteiger und an körperliche Übungen gewöhnt, kamen aber zu Beginn der Versuche direkt aus der Ebene und waren untrainiert.

Als Maß für die Wasserabgabe benutzten wir einfach die Gewichtsverminderung während einer bestimmten Ruhezeit, meist des Nachts, oder während eines Aufstieges.

In Heidelberg bestiegen C. und Kr. II den Heiligen Berg, die erste und letzte Strecke des Weges, den Hauptteil der Steigung, durch den Wald ansteigend. Die Höhendifferenz beträgt 345 m. Die Besteigung erfolgte im Berganzug. Zum Aufstieg brauchten wir im Frühjahr im untrainierten Zustand 38 Minuten, zum Abstieg 23—25 Minuten, im Herbst, nach Rückkehr aus den Alpen 35 und 22 Minuten. Zwischen den Wägungen vergingen etwa 90 Minuten. Kr. I stieg in Koblenz am 4. Juli und 25. Juli, 29. September und 17. Oktober auf den Kuhkopf (Vorberg im Hunsrück). Der Weg folgt 2 km weit der Landstraße, dann führt er durch Wald bei gleichmäßigem Anstiege bis zur Höhe von 375 m. Der Höhenunterschied beträgt 300 m. Zum Aufstieg brauchte er im Juli 1 Stunde 17 Minuten, zum Abstieg 1 Stunde, zusammen im ganzen 2 Stunden 17 Minuten, im September und Oktober zum Aufstieg und Abstieg 2 Stunden 15 Minuten. Außerdem wurde am 3. Oktober von Koblenz über Waldesch-Römerstraße nach der Fleckertshöhe (531 m hoch) über hügeliges Gelände in etwa 400 m Höhe in 5 Stunden marschiert; zum Abstieg nach Bad Salzig a. Rhein wurde $1\frac{1}{2}$ Stunde gebraucht. Der Höhenunterschied beträgt 460 m. Vom Colle d'Olen stiegen wir nach dem Stollenberg zu, teils auf dem Weg zur Gnifettihütte, teils über Schnee und Geröll 245 m an. Wir brauchten 35, 36 und 45 (etwas Klettern) Minuten zum Aufstieg, 22, 27 und 27 Minuten zum Abstieg. Zwischen den Wägungen vergingen etwa 2 Stunden. Um ein Maß für die Anstrengung bei diesen Steigversuchen zu gewinnen, haben wir immer sofort nach der Ankunft am Ziel und 5 Minuten später unseren Puls gezählt. Wir fanden

gleich nach der Ankunft bei Kr. II Werte von 110, bei den 2 anderen von 124, 5 Minuten später bei Kr. II 80, bei den anderen 90—96, in der Ebene und Höhe keine Differenz. Der Blutdruck, mit dem Sahlischen Apparat gemessen, war niemals verändert.

In den folgenden Tabellen sind die Gewichtsabnahmen in Gramm angegeben. Die in Klammern befindlichen Zahlen bedeuten die Zunahme der Kleidung, also die nicht verdunstete Schweißmenge, die wir in den meisten Fällen auch bestimmten.¹⁾

Steigversuche.

	Cohnheim	Kreglinger I	Kreglinger II	
Heidelberg	780 g (150 g)	—	—	trüb, 15—17°.
	880 »	—	—	Regen, 16—18°
	758 » (200 »)	—	—	trüb, schwül, 13°, Stadtanzug.
	896 » (230 »)	—	—	Sonne, 17°, Stadt- anzug.
	920 » (230 »)	—	—	Sonne, warm.
	1190 » (370 »)	—	—	Sonne, 21°, sehr schwül.
	850 » (130 »)	—	760 g (100 g)	Sonne.
	850 » (70 »)	—	810 » (100 »)	17°, windig, Sonne.
	950 » (136 »)	—	770 » (112 »)	24°, heiß, Sonne.
	830 » (150 »)	—	660 » (95 »)	14°, trüb.
Koblenz	800 » (68 »)	—	560 » (45 »)	17°, trüb, etwas Regen.
	950 g (121 »)	—	1050 »	26°, Sonne.
	—	1600 g (180 g)	—	17°, Sonne.
	—	1160 »	—	16°, Sonne.
	—	720 » (280 »)	—	15°, bedeckt.
	—	860 » (60 »)	—	15°, Sonne.
	—	1500 »	—	12°, teils Nebel, teils Sonne,
				5 1/2 St. ohne Rock.
	Colle d'Olen 1000 g (250 g)	550 g (100 g)	1050 g (50 g)	Sonne, heiß.
	800 » (300 »)	600 » (200 »)	550 » (50 »)	kühler, Schatten, etwas Klettern.
	600 »	350 »	250 »	5—6°, Nebel, etwas Regen.

¹⁾ Von diesem nicht verdunsteten Wasser kamen in den meisten Fällen, wenn wir Flanellhemd und Berganzug trugen, etwa 2 Dritteile auf das Hemd. Vgl. auch E. Cramer, Arch. f. Hygiene, Bd. X, S. 231 (1890).

Ferner haben wir noch einige andere Wägungen vor und nach Besteigungen an uns und einigen Herren des Laboratoriums angestellt. Auf diese Zahlen werden wir unten zurückkommen.

	Cohn- heim Ge- wicht 84 kg g	Kestner Gewicht 76 kg g	Kreg- linger I Gewicht 77 kg g	Kreg- linger II Gewicht 87 kg g	Dr. A. Ge- wicht 67 kg g	Dr. S. Ge- wicht 64 kg g	Dr. G. Ge- wicht 76 kg g
3 Stunden Klettern bei Schneegestöber	1600	—	1300	—	—	—	—
Weg zur Gnifetti- hütte, Kälte, Wind, 700 m Anstieg	2250	—	1300	1500	—	—	—
Anstieg zur Margheritahütte, 1560 m Anstieg, Hitze, wenig Wind	4000	4100	3870	5800	2900 ¹⁾	1900 ¹⁾	—
7 Stunden teils Klettern, teils Ab- und Anstieg	2400 ¹⁾	—	—	—	1600 ¹⁾	1350 ¹⁾	2150 ¹⁾

Aus den Zahlen geht, wie zu erwarten stand, hervor, daß der Gewichtsverlust sehr wesentlich durch die Temperatur, die Sonnenstrahlung und Bewölkung bedingt war, ferner daß C. in der Regel mehr an Gewicht verlor, als die mageren Kreglinger. Besonders bei niedriger Temperatur ist der Unterschied meist deutlich, um sich bei höherer Temperatur zu verwischen. Ähnliche Beobachtungen haben Rubner²⁾ und seine Schüler gemacht.

¹⁾ Die mit ¹⁾ bezeichneten Zahlen sind Minimalzahlen, da unterwegs Flüssigkeitsaufnahme, z. T. erhebliche, stattgefunden hatte. Bei den übrigen Zahlen wurde die aufgenommene Flüssigkeit oder Nahrung und die ausgeschiedene Harnmenge gemessen und berücksichtigt.

²⁾ M. Rubner, Energieverbrauch bei der Ernährung, 1902. — Arch. f. Hygiene, Bd. XXXI u. XXXVIII. — H. Wolfert, ibid., Bd. XLI. — A. Schattenfroh, ibid., Bd. XXXVIII.

Ruheversuche.¹⁾

Die Gewichtsabnahme betrug während der Nacht in Heidelberg bei Cohnheim:

in 10 Stunden	360 g	in 9 Stunden	292 g
	211 »	» 9 »	350 »
» 9 »	300 »	» 10 »	243 »
» 10 »	243 »	» 8½ »	295 »

in Koblenz bei Kreglinger I:

in 8½ Stunden	320 g.
» 6½ »	150 »
» 9 »	300 »

Auf dem Colle d'Olen:

Cohnheim	Kestner	Kreglinger I	Kreglinger II
330	—	550	550
510	700	—	—
100	300	—	—

Auf der Margheritahütte:

	Cohnheim	Kestner	Kreglinger I	Kreglinger II
1. Nacht	350	500	200	0
2. »	225	470	600	100
3. »	150	300	500	750

Endlich haben wir auch 2 Versuche gemacht, bei denen wir uns am Colle d'Olen liegend der intensiven Sonnenstrahlung 1½ und 3 Stunden lang aussetzten, bis wir ohne jede Muskelarbeit in starken Schweiß gerieten. Der Gewichtsverlust betrug 500 g in 1½ Stunden, 550 und 850 g in 3 Stunden.

Diese Gewichtsabnahmen sind nun selbstverständlich nicht nur auf die Wasserverdampfung zu beziehen, vielmehr werden daneben auch Fett und Glykogen verbrannt und ausgeatmet, auch können Gewichtsänderungen durch Sauerstoffaufnahme oder andere Umsetzungen stattfinden. Nach den Zahlen von Loewy²⁾ und Durig³⁾ würden zu einem Auf- und Abstieg von 345 m höchstens 100 l Sauerstoff verbraucht werden, wozu der Ruhebedarf für 1½ Stunden kommt. Das gäbe 153 g bei

¹⁾ Nur die geringe Bewegung beim Aus- und Anziehen. Harnabscheidung und Flüssigkeitsaufnahme wurden gemessen und berücksichtigt.

²⁾ A. Loewy, Pflügers Arch., Bd. LXVI, S. 497 (1897).

³⁾ A. Durig, *ibid.*, Bd. CXIII, S. 213 (1906).

Glykogen, 67 g bei Fettverbrennung. Für 9—10 Ruhestunden lassen sich aus Tigerstedts¹⁾ Zahlen 160 g Abnahme durch Glykogen, 85 g durch Fettverbrennung berechnen. Alles übrige, also bei den Steigversuchen etwa $\frac{9}{10}$, bei den Ruheversuchen über die Hälfte, kommen auf die Wasserverdampfung. Für diese läßt sich nun bei den Steigversuchen kein Unterschied zwischen 100 m und 3000 m Meereshöhe erkennen, der nicht durch Temperatur und Sonnenstrahlung ohne weiteres verständlich erscheint. Anders bei den Ruheversuchen. Wie in der Einleitung auseinandergesetzt worden ist, hatten wir es für möglich gehalten, daß gerade in der Ruhe, bei Ausschluß des Schwitzens, die Wasserdampfabgabe eine viel bedeutendere sein könnte, als in der Tiefebene. In der Tat haben wir dann auch eine Reihe von Zahlen gefunden, die beträchtlich höher liegen, als die sehr gleichmäßigen Zahlen, die wir in Heidelberg und Koblenz beobachten konnten. Dazwischen fanden wir aber auch auffallend niedrige Differenzen zwischen Abend und Morgen. Sie sind wohl nur so zu erklären, daß nach den starken Muskelanstrengungen des Anstieges zur Margheritahütte und der anderen Besteigungen im Körper ungewöhnlich starke, mit Gewichtszunahme vorhandene Prozesse vor sich gehen, wie etwa die Bildung des sauerstoffreichen Glykogens aus anderem Material. Durch sie wird die Gewichtsabnahme durch Wasserverdampfung und durch Verbrennung zum Teil verdeckt. Auch wenn man den unruhigeren Schlaf in der Margheritahütte in Rechnung zieht, ist die Perspiratio insensibilis in der Höhe offenbar reichlich größer als in der Ebene.

Die größere Wasserabgabe in der Höhe würde mit der beobachteten Konzentration des Blutes bei Vermehrung der Blutkörperchen in der Volumeinheit gut übereinstimmen. Wir wollen aber gleich bemerken, daß wir bei Bestimmung des Hämoglobingehaltes unseres Blutes eine derartige konstante Zunahme garnicht haben beobachten können.

Zur Hämoglobinbestimmung haben wir uns des von Hal-

¹⁾ K. Sonden und R. Tigerstedt, Skandinav. Arch. f. Physiol., Bd. V, S. 221 (1895).

dane¹⁾ modifizierten Goneresschen Hämoglobinometers bedient. Bei diesem dient als Vergleichslösung eine Lösung von Kohlenoxydhämoglobin; es werden 20 ccm Blut entnommen, mit Wasser lackfarben gemacht, Leuchtgas durchgeleitet, und so lange verdünnt, bis die Farbe mit der der Standardlösung übereinstimmt. Die Ablesung erfolgt nach einer Skala, bei der 100% Hb einem Sauerstoffbindungsvermögen von 18,5% entsprechen. Gesunde Menschen haben einen Hb-Gehalt von 100. Nach einiger Übung ist die Ablesung dieses Apparates sehr genau und sicher.²⁾ Bei sorgfältiger Ausführung betragen die Fehler nicht über 2%. Da in den Monte-Rosa-Laboratorien kein Leuchtgas zur Verfügung stand, haben wir uns Kohlenoxyd dargestellt, indem wir Oxalsäure mit Schwefelsäure erwärmten und das sich entwickelnde Gas durch Natronlauge leiteten. Neben dem von Haldane haben wir auch das Hämoglobinometer von Grützner verwendet, fanden es indessen zwar äußerst bequem und compendiös, die Ablesung aber viel weniger genau, als bei dem Haldaneschen Instrument, und sehen daher von der Wiedergabe der Zahlen ab.

Die Blutentnahme geschah mit dem Franckeschen Schnepfer auf der Rückseite des Fingernagelgliedes. Wir haben Wert darauf gelegt, einen recht großen Blutstropfen austreten zu lassen, um Beimengung von Lymphe oder Gewebesaft tunlichst hintanzuhalten. Es ist insbesondere von Zuntz und seinen Mitarbeitern betont worden, daß die verschieden starke Durchblutung der Haut eine erhebliche Fehlerquelle bei Hämoglobinbestimmungen und Blutkörperchenzählungen sein könne, und daß infolgedessen bei Kälte weniger Blutkörperchen gefunden würden, als bei Wärme. Wir haben an zweien von uns den Versuch gemacht, gleich hintereinander Blut zu entnehmen, einmal nach Eintauchen einer Hand in Wasser von 6° oder Aufenthalt im Freien bei einer Temperatur von 5° und Nebel, sodaß ein ausgesprochen klammes Gefühl in den Fingern eintrat, und so-

¹⁾ J. Haldane, Journ. of Physiology, Bd. XXVI, S. 497 (1901).

²⁾ Vgl. auch P. Morawitz u. W. Böhmer, Deutsch. Arch. f. klin. Med., Bd. XCIV, S. 529 (1908).

dann, nachdem die Hand in Wasser von 43—45° eingetaucht gewesen war, wodurch die Haut der Hand deutlich gerötet wurde:

	C.	Kr. II
Kälteeinwirkung	Hb 103	Hb 95
Wärmeeinwirkung	„ 106	„ 99

Die Unterschiede sind also sehr gering, trotzdem die Bedingungen extrem genug waren. Wir haben übrigens die Blutentnahme nie im Freien gemacht.

Wir stellen zunächst die Blutentnahmen morgens im Bett oder jedenfalls bei voller Muskelruhe zusammen.

Cohnheim Kestner Kreglinger I Kreglinger II				
Colle d'Olen				
1. VIII.	110	—	101	97
2. „	106 u. 103	—	102	99. u. 95
3. „	99	—	90	—
5. „	110	—	94	100
6. „	116	98	98	— Dr. A. 110
Margheritahütte				
7. VIII.	110	—	93	98
8. „	110	100	90	102 Dr. A. 110
9. „	102	102	96	— L. 100
Colle d'Olen				
12. VIII.	106	98	—	—
	102	100	—	—
13. „	108	108	—	— Dr. S. 99
14. „	106	112	—	—
Heidelberg				
24. IV.	98	—	—	—
10. IX.	105	—	—	—
19. „	—	—	—	—

Aus diesen Zahlen läßt sich eine Zunahme des Hämoglobingehaltes nicht entnehmen. Mit diesem Resultat befinden wir uns in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Zuntz und seinen Mitarbeitern, aber im Gegensatz zu vielen anderen Autoren, Viault,¹⁾ Miescher und seinen Mitarbeitern, Abderhalden, Giacosa²⁾ u. v. a. Zum Teil beruht dieser Unterschied gewiß darauf, daß von Menschen meist die Blutkörperchen

¹⁾ F. Viault, C. r., Bd. CXI (1890), Bd. CXII (1891).

²⁾ P. Giacosa, Diese Zeitschrift, Bd. XXIII, S. 326 (1897).

gezählt worden sind; und diese Zählung ist zweifellos weniger genau, als die Haldanesche Hämoglobinbestimmung. Die wichtigsten Versuche aber, insbesondere die zahlreichen von Abderhalden, sind an kleinen Tieren angestellt worden, und wir haben oben auseinandergesetzt, weshalb diese Ergebnisse nicht auf den Menschen übertragen werden dürfen. Für den ruhenden Menschen haben wir eine gesteigerte Wasserabgabe in der Höhe wahrscheinlich gemacht, und da sie nicht auf einer Schweißdrüsentätigkeit beruht, sondern physikalische Ursachen hat, ist sie bei den kleinen Tieren voraussichtlich auch vorhanden, bei deren schneller Atmung und großer Oberfläche vermutlich sogar in höherem Maße. Diese kleinen Tiere entbehren aber, wie oben ausgeführt, der Wasserregulation, die beim Menschen die Bedürfnisse der Wärmeabgabe ausgebildet haben. Weiterhin ist an die Beobachtungen von Verum¹⁾ zu erinnern, der bei im Stall gehaltenen Kaninchen eine erhebliche Vermehrung der Blutmenge sah, wenn er sie dem Sonnenlichte aussetzte. Auf diese Dinge ist aber früher nicht geachtet worden. Daß es bei längerem Aufenthalt in großen Höhen unter der Reizwirkung der Sauerstoffverminderung zu einer Blutkörperchenvermehrung kommt, ist durch unsere negativen Resultate sicherlich nicht ausgeschlossen. Auf dem Colle d'Olen, also in 3000 m Höhe, haben wir von irgend einer besonderen Höhenwirkung noch nichts gesehen. Auf der Margherita-Hütte (4560 m) beobachteten wir zwar sonst keine Symptome der Bergkrankheit, aber es fiel uns zunächst das eine auf, was auch alle früheren Beobachter beschreiben, daß man nämlich schon durch eine sehr geringe Muskelarbeit, wenige Minuten Hanteln oder Schneeschaufeln dyspnoisch wird, und zweitens sahen wir bei jeder Hämoglobinbestimmung die ausgesprochen dunkle, venöse Farbe unseres Blutes. Endlich kann, unabhängig von der Höhe, die Konzentration des Blutes beim Menschen in kurzer Zeit wechseln.

Entsprechend unserem oben auseinandergesetzten Versuchsbplane haben wir Hämoglobinbestimmungen nicht nur in

¹⁾ H. P. T. Verum, Pflügers Arch., Bd. CXIV, S. 1 (1906).

der Ruhe gemacht, sondern auch unmittelbar nach den Steigversuchen, und dabei ergab sich, daß unter der Einwirkung dieser Muskularbeit die Konzentration des Hämoglobins herunterging.

		Cohnheim		Kestner		Kreglinger I		Kreglinger II	
		Ruhe	Arbeit	Ruhe	Arbeit	Ruhe	Arbeit	Ruhe	Arbeit
Colle d'Olen	1. VIII.	110	101	—	—	101	95	97	101
		—	99	—	—	—	93	—	91
	6. >	116	102	—	—	—	—	—	—
Colle d'Olen (Margherita)	7. >	—	—	—	—	98	93	—	—
Margheritahütte	8. >	110	97	100	93	90	88	102	98
	9. >	102	99	102	99	—	—	—	—
	10. >	—	99	—	—	90	90	—	92
	11. >	—	99	—	—	—	—	—	—
	12. >	106	—	104	—	—	—	—	—
		108	—	100	—	—	—	—	—
	13. >	108	—	108	—	—	—	—	—
	14. >	106	100	112	102	—	—	—	—
Heidelberg	10. IX.	105	95	—	—	—	—	—	—
	25. >	106	104	—	—	—	—	—	—
Bonn		—	—	—	—	—	—	82 ¹⁾	76 ¹⁾
		—	—	—	—	—	—	84 ¹⁾	84 ¹⁾
		—	—	—	—	—	—	86 ¹⁾	84 ¹⁾

Während also bis dahin die meisten Autoren bei Muskelarbeit ein Gleichbleiben oder eine geringe Vermehrung der Hämoglobinkonzentration beobachtet haben,²⁾ ergeben diese Versuche mit einer einzigen Ausnahme in der Höhe eine Verdünnung des Blutes unter dem Einfluß des Steigens. Versuchs-

¹⁾ Bestimmungen mit dem Sahlischen Apparat (Hämatin). Statt des Steigens 20 Minuten Turnen.

²⁾ N. Zuntz und Schumburg, Physiologie des Marsches, Bibliothek von Coler, Berlin 1901, S. 99 ff. Dasselbst auch die frühere Literatur, Grawitz, Winternitz u. a.

fehler können dies Resultat wohl nicht vorgetäuscht haben, da die Durchblutung bei Erwärmung und Schwitzen ja stärker wurde, die Zahlen also eher hätten größer werden müssen. Bei den Versuchen in der Ebene haben wir die Verdünnung bisweilen auch gesehen, also auch einmal unter den wenigen Versuchen vermißt. In der Ebene mußte die Untersuchung noch wiederholt werden. — Ob jede Muskularbeit so wirkt, vermögen wir nicht zu sagen. Einfaches Spazierengehen von 20 Minuten bewirkte am Colle d'Olen noch keine Verminderung des Hämoglobins:

	C.	S.
Vorher	108	99
Nachher	108	98

Schwitzen allein ohne Muskularbeit bewirkt nach wenigen Versuchen am Colle d'Olen keine Blutverdünnung. Wir (Cohnheim und Kestner) legten uns in die Sonne, sodaß es zu stetem Schweißausbruch kam (Gewichtsverlust 500—850 g) und bestimmten vor- und nachher das Hämoglobin.

	C.	C.	K.	C.	K.	K.
Vorher	106	102	100	—	—	—
Nachher	108	103	100	108	108	104

Es scheint danach, als ob die Blutverdünnung eine Wirkung der Muskularbeit ist. Aus den arbeitenden Muskeln tritt Wasser ins Blut über. Es sei daran erinnert, daß nach den Beobachtungen von Magnus und Engels die Muskeln ein Wasserdepot des Körpers sind. Es wäre denkbar, daß aus den tätigen Muskeln das in ihnen angesammelte überschüssige Wasser ausgestoßen wird. Wahrscheinlicher dünkt uns ein anderer Zusammenhang, daß nämlich gleichzeitig mit der Tätigkeit der Muskeln, die zu reichlicher Wärmebildung und damit zur Inanspruchnahme der Schweißdrüsen führt, als Kompensation für den so eintretenden Wasserverlust Wasser ins Blut abgegeben wird, und daß es dabei zur Überkompensation kommt. Überkompensationen sind ja auf diesem Gebiete auch sonst bekannt, nämlich die übermäßige Stoffwechselsteigerung nach kaltem Bade¹⁾

¹⁾ (M. Rubner) und A. Ignatowski, Archiv f. Hygiene, Bd. LI, S. 319 (1904). — M. Rubner (mit Miyairi und Wolfert), ibid., Bd. XLVI, S. 390.

oder die übermäßige Vertiefung der Lungenatmung bei Muskelarbeit.¹⁾

II.

Chlornatrium verläßt den menschlichen Körper in der Hauptsache im Harn, außerdem aber auch im Schweiß. Die Angaben über den Prozentgehalt des Schweißes im Kochsalz schwanken,^{2) 3) 4)} die absoluten Kochsalzmengen sind von Cramer³⁾ und Schwenkenbecher⁴⁾ bestimmt worden, doch ist bei starkem Schwitzen nach reichlich schwerer Anstrengung die Schweißproduktion zweifellos noch sehr viel größer, als auch Cramer angibt. Wir benutzten den Anstieg vom Colle d'Olen zur Margheritahütte, der mit sehr großem Schweißverlust verbunden war, um den Chlorumsatz unter diesen Bedingungen und die etwaigen Folgen des starken Chlorverlustes mit dem Schweiß zu studieren.

Bis zu dem Aufstiege hatten wir die Kost des Instituts Mosso genossen, bei der die tägliche Chlorauscheidung nach gelegentlicher Bestimmung um 10 g schwankte. Vom Morgen des Aufstieges an genossen wir eine Kost, bei der wir die Menge des Kochsalzes einigermaßen kannten. Das zu den Speisen zugesetzte Kochsalz wurde jedem Einzelnen zugewogen, und von den Speisen machten wir von Schinken, Speck, Käse und Fleischextrakt Chloranalysen, indem wir Proben im Soxhletapparat vom Fett befreiten und den Rückstand bis zur Chlorfreiheit mit Wasser auskochten. In dem Extrakt wurde das Chlornatrium nach Volhard bestimmt. Von den anderen in der Margheritahütte genossenen Nahrungsmitteln enthalten Fleisch, ungesalzene Butter, Eier, Schokolade, Zucker, Früchte nur ganz unwesentliche Chlormengen, etwas größere und nicht bestimmte Mengen sind nur noch im Brot vorhanden. Das Wasser, geschmolzener Schnee, sind chlorfrei.

¹⁾ J. Geffert und N. Zuntz, Pflügers Archiv, Bd. XLII u. LXII. — N. Zuntz und Schumburg, Physiologie des Marsches, 1901.

²⁾ Vgl. R. Metzner, Nagels Handbuch der Physiologie, II, S. 406 ff.

³⁾ E. Cramer, Archiv f. Hygiene, Bd. X, S. 231 (1890).

⁴⁾ Schwenkenbecher und Spitta, Archiv f. exper. Path. und Pharm., Bd. LVI, S. 284 (1907). — Schwenkenbecher, Mediz. Klinik, 1907.

Die Gewichtsabnahmen während des Aufstiegs sind bereits auf S. 419 angegeben. Sie betragen 3870, 4000, 4100 und 5800 g. Dies ist die reine sog. «Perspiratio insensibilis», d. h. die Gewichts Differenz, vermindert um den unterwegs ausgeschiedenen Harn, vermehrt um die Nahrungs- und Flüssigkeitsaufnahme unterwegs. Der Aufstieg dauerte mit Pausen 7 Stunden und erfolgte zum größeren Teil in heißer Sonne bei geringem Wind. Die Höhendifferenz beträgt etwa 1600 m. Alle vier trugen ziemlich viel Gepäck. Die Belastung betrug im ganzen über das Nacktgewicht bei Kr. I 19 kg, bei Kr. II 18 kg, bei C. 14 kg, bei K. 12 kg. In der letzten Stunde machte sich bei allen Teilnehmern eine starke Ermüdung geltend, die zu öfterem Stehenbleiben zwang. Bei Kr. II sank der Blutdruck (nach Sahli bestimmt) von 140 auf 90, was wohl deutliches Übermüdungssymptom. Auch bei zwei anderen, in der Tabelle auf S. 423 aufgeführten Herren, die am nächsten Tage ebenfalls mit schwerem Gepäck in fünf Stunden bei gleichen Witterungsverhältnissen anstiegen, sank der Blutdruck auf 90 und 100 mm Hg.¹⁾

Wir sammelten nun zunächst den Harn des Aufstiegtages bis vor dem Abendessen, und dann den Harn der zwei nächsten Tage, immer von Abend zu Abend, und bestimmten den Cl-Gehalt nach Volhard. An diesen Tagen enthielten wir uns stärkerer Muskelbewegung und da es oben kalt war, so wurde kein Chlor mit dem Schweiß ausgeschieden, sodaß die Harnuntersuchung eine vollkommene Bilanz ergab.

Die Resultate sind aus der Tabelle ersichtlich.

Es ergibt sich, daß an dem Tage der starken Chlorabsonderung selbst wenigstens bei dreien von uns die Chlorauscheidung noch relativ hoch war, daß aber dann am nächsten Tage bei reichlicher Kochsalzzufuhr der Körper energisch Chlor

¹⁾ Daß es sich hierbei nicht etwa um eine Wirkung der Höhe an sich handelt, dafür waren uns zwei Träger ein Beweis, die am nächsten Tage mit Traglasten von 36 bezw. 42 kg von der Gnifetti- zur Margherithütte anstiegen, und eben mit einem Blutdruck von 125 und 130 mm Hg, einer Pulsfrequenz von 78 und 80 und ohne Vergrößerung der Herzdämpfung anlangten. Vgl. Mosso, Der Mensch auf den Hochalpen.

	Cohnheim Abnahme 4000 g			Kestner Abnahme 4100 g			Kreglinger I Abnahme 3870 g			Kreglinger II Abnahme 5800 g		
	Harn- menge ccm	ClNa- Zu- fuhr g	ClNa- Aus- fuhr g	Harn- menge ccm	ClNa- Zu- fuhr g	ClNa- Aus- fuhr g	Harn- menge ccm	ClNa- Zu- fuhr g	ClNa- Aus- fuhr g	Harn- menge ccm	ClNa- Zu- fuhr g	ClNa- Aus- fuhr g
Nachmittag des Aufstiegs- tages	300	wenig	3,45	620	wenig	5,2	550	wenig	5,6	50	wenig	0,49
2. Tag	780	17	6,9	870	17	3,48	720	20	5,3	460	17	3,68
3. Tag	1600	17,5	18,2	1410	14,5	8,3	1000	18,5	13,9	1000	15	14,4

retinierte. Derartige Retentionen sind unter pathologischen Umständen bekannt, bei Niereninsuffizienz, bei Bildung von Ödemen oder entzündlichen Ergüssen,¹⁾ bei Säuglingen während des Wiederersatzes verlorener Flüssigkeit in der Rekonvaleszenz nach Verdauungsstörungen. Bei Gesunden sind solche starke Chlorretentionen bisher unseres Wissens nicht beobachtet worden. Diese Retention von 10—14 g pro Tag zeigt, daß die Kochsalzvorräte des menschlichen Körpers durch starkes Schwitzen erschöpfbar sind und dann der Wiederauffüllung bedürfen. Wenn das Chlornatrium nicht durch die Schweißdrüsen in Anspruch genommen wird, fällt die Chlorausscheidung nach Aufhören der Zufuhr durchaus nicht schnell ab. Der eine von uns (C.) ernährte sich in Heidelberg an 3 Tagen, an denen er nicht schwitzte, mit einer sehr chlorarmen Kost, die nicht mehr als 1 g Chlornatrium pro Tag enthielt. Er schied aus am

1. Tag 2140 ccm Harn mit 9,84 g ClNa

2. » 1168 » » » 3,3 » »

3. » 1096 » » » 2,47 » »

Also bestand trotz mangelnder Zufuhr an diesen Tagen die Ausscheidung im Harn fort, im vollen Gegensatz zu der starken Retention nach den Verlusten im Schweiß.

Die großen Kochsalzverluste mit dem Schweiß können nach 2 Richtungen von Bedeutung sein. Einmal ist zu ver-

¹⁾ Vgl. über die ganze Frage des Kochsalzstoffwechsels die Verhandl. d. Kongresses f. innere Medizin, 1909.

muten, daß der Wiederersatz des verlorenen Wassers schneller und vollkommener erfolgt, wenn gleichzeitig Salz zugeführt wird. Die bekannte Erfahrung, daß Wassertrinken unterwegs den Durst nicht ordentlich stillt, ist vielleicht in diesem Sinne zu verwerten; Versuche in dieser Richtung haben wir nicht angestellt. Zweitens aber dient das Chlornatrium dem Körper ja als Material, um daraus die Salzsäure des Magensaftes zu bereiten. Von Hunden ist es bekannt, daß Kochsalzverluste die Salzsäuresekretion schwer beeinträchtigen. Wir haben am Morgen nach dem Aufstieg zur Margherita-Hütte, also vor dem Tage der starken Chlorretention, ein Probefrühstück — 400 g Tee und 40 g Brot — genommen, 45—55 Minuten später den Mageninhalt exprimiert und in ihm die freie HCl mit Kongo-papier, die Gesamtacidität mit Phenolphthalein titriert. Wir fanden:

	Cohnheim	Kestner	Kreglinger I	Kreglinger II
Freie HCl	47	zu wenig Inhalt zum Titrieren.	10	21
Gesamtacidität	65	Wenig verflüssigt, HCl +	26	32

Es bestand also bei dreien von uns eine sichere Herabsetzung der Magensaftabsonderung; sie fehlte nur bei dem 1 (C.), bei dem, vermutlich wegen seines leichten Schwitzens, die Chlorretention am wenigsten ausgesprochen war. Da wir uns alle an dem Morgen vollständig erholt und unermüdet fühlten, auch keinerlei Verdauungsstörungen hatten, liegt kein anderer Grund für die Subacidität vor, und wir halten uns für berechtigt, den Chlorverlust des vorhergehenden Tages als Ursache anzunehmen.

Mit den auf der Margherita-Hütte gesammelten Harnen haben wir noch eine weitere Beobachtung gemacht. Wir haben 10 ccm mit 3 Tropfen NO_3H versetzt und bestimmt, wieviel von einer 1%igen KMnO_4 -Lösung entfärbt wurde. Ferner wurden spezifisches Gewicht und Acidität (Phenolphthalein) bestimmt.

	Cohnheim			Kestner			Kreglinger I			Kreglinger II		
	Spez. Gew.	KMnO ₄ in ccm	Acidität	Spez. Gew.	KMnO ₄ in ccm	Acidität	Spez. Gew.	KMnO ₄ in ccm	Acidität	Spez. Gew.	KMnO ₄ in ccm	Acidität
Tag des Aufstiegs	1040	4,7	7,5	1030	3,9	6,0	1020	5,6	5,2	1030	3,8	6,6
2. Tag	1030	6,3	6,0	1020	5,5	5,6	1030	4,2	5,4	1040	4,7	7,0
3. »	1020	0,7	3,6	1018	0,8	2,7	1025	0,7	—	1025	0,6	5,9

Die Acidität war also nicht mehr vermehrt, als dem höheren spezifischen Gewicht entsprach. Dagegen sind in dem Harn des Arbeitstages und des zunächst folgenden Ruhetages in 6—8fach größerer Menge Substanzen vorhanden, die Permanganat in saurer Lösung entfärben.

Wir fassen die Hauptresultate zusammen:

1. Eine Vermehrung der Hämoglobinkonzentration beim Menschen läßt sich in 3000 und 4560 m Höhe nicht mit Sicherheit beobachten.

2. Durch stärkere Muskelarbeit tritt eine vorübergehende Verdünnung des Blutes ein.

3. Sehr starke Schweißsekretion führt zu einer Chlorverarmung des Körpers, die in den darauffolgenden Tagen durch starke Chlorretention ausgeglichen wird.

4. Die Chlorverarmung kann zu einer Störung der Salzsäuresekretion im Magen führen.