

Zur Physiologie des Wassers und des Kochsalzes.

Von

Otto Cohnheim (Heidelberg), G. Kreglinger (Coblenz), L. Tobler
(Heidelberg-Breslau) und O. H. Weber (Griesheim a. M.).

Mit einer Kurvenzeichnung im Text.

(Aus den Monte Rosa-Laboratorien, Istituto Mosso, Colle d'Olen und Margheritahütte.)
(Der Redaktion zugegangen am 18. März 1912.)

In der physiologischen und medizinischen Literatur, die den Einfluß des Höhenklimas auf Mensch und Tier behandelt, bestehen erhebliche Differenzen über die Frage, ob und inwieweit die Zahl der roten Blutkörperchen und die Menge des Hämoglobins in der Volumeinheit des zirkulierenden Blutes eine Vermehrung erfahren. Für kleine Tiere, Kaninchen, Ratten, Meerschweinchen ist eine beträchtliche Vermehrung der Blutkörperchen schon in Höhen unter 2000 Meter bereits von Miescher¹⁾ und seinen Mitarbeitern festgestellt worden, und alle folgenden Untersucher, wir nennen nur Abderhalden,²⁾ Foà³⁾ und Giacosa,⁴⁾ haben dies bestätigt. Abderhalden fand bei diesen Tieren auch einen vollständigen Parallelismus zwischen der Zahl der Blutkörperchen und dem Gehalt an Hämoglobin, und es ergab sich kein Unterschied zwischen dem

¹⁾ F. Miescher, Korrespbl. f. Schweiz. Ärzte, 1893, S. 809; Arch. f. exp. Path. u. Pharm., Bd. 39, S. 464 (1897); F. Egger, ibidem, Bd. 39, S. 426; J. Karcher, E. Veillon und F. Suter, ibidem, Bd. 39, S. 441; F. Suter und A. Jaquet, Korrespbl. f. Schweiz. Ärzte, 1898, Nr. 4; A. Jaquet, Arch. f. exp. Path. u. Pharm., Bd. 45, S. 1, 1900; A. Jaquet, Baseler Rektoratsprogr., 1904, auch Miescher, gesammelte Abhandl., S. 328—529.

²⁾ E. Abderhalden, Zeitschr. f. Biol., Bd. 43, S. 125 u. 443, 1901; Pflügers Arch., Bd. 92, S. 615, 1902.

³⁾ P. Giacosa, Diese Zeitschrift, Bd. 23, S. 326, 1897.

⁴⁾ Foà, Arch. ital. de Biol., Bd. 41, S. 93 u. 101 (1904).

peripheren Blut und dem aus den großen Gefäßen entnommenen. Anders liegen die Verhältnisse dagegen beim Menschen. Hier sahen gleich die ersten Untersucher der Miescherschen Schule keineswegs die genaue Gesetzmäßigkeit, die sie beim Kaninchen beobachtet hatten. Die Blutkörperchenvermehrung schien zwar da zu sein, aber mit der Hämoglobinvermehrung haperte es, und es ist deshalb schwer verständlich, wie die Blutkörperchenvermehrung beim Menschen durch Jahre hindurch als eine sichere Tatsache gelten und als das Kernstück der physiologischen, ja selbst der therapeutischen Höhenwirkung betrachtet werden konnte. Das Vertrauen auf die Zuverlässigkeit der Blutkörperchenzählungen war so groß, daß besondere Theorien erdacht wurden, um zu erklären, weshalb das Hämoglobin sich nicht in entsprechendem Maße vermehrte wie die Blutkörperchen. Und das alles, obwohl gegen das Bestehen der Blutkörperchenvermehrung in der Höhe beim Menschen seit Jahren energischer Widerspruch erhoben wurde. Wir nennen nur die Untersuchungen von Zuntz und seinen Schülern, nach denen die Blutkörperchenzählung im peripheren Blut der Zuverlässigkeit entbehrte, und die niemals eine sichere Vermehrung finden konnten.¹⁾

Die Widersprüche in der Frage der Blutkörperchenvermehrung scheinen heute durch die Untersuchungen von Bürker zum guten Teil aufgeklärt worden zu sein. Bürker²⁾ zeigte nämlich, daß die bisher allgemein benutzte Zählkammer von Thoma-Zeiß in der Höhe zu hohe Werte gibt. Offenbar, weil die Verdunstung erhöht ist und weil bei dem notgedrungen langsamen Arbeiten mit der alten Kammer sich das Blut konzentriert. Bürker hat daher eine neue Zählkammer konstruiert und mit dieser durch eingehende Untersuchungen festgestellt, daß in einer Höhe von 1800 Meter wirklich eine ganz geringe Vermehrung der Blutkörperchen beim Menschen nachzuweisen

¹⁾ N. Zuntz u. Mitarb., Höhenklima und Bergwanderungen, Berlin 1906. Dasselbst ist die Literatur eingehend zitiert.

²⁾ K. Bürker, Pflügers Arch., Bd. 107, S. 426, 1905, Bd. 118 (1907); Bd. 142, S. 337 (1911); Zentralbl. f. Physiol., Bd. 25, Nr. 23 (1911); Verh. d. Kongr. f. inn. Med., 1911. — Vgl. auch A. v. Koranyi, Phys. Chem. u. Med., Bd. 2, S. 68.

ist. Er beobachtete bei 4 Versuchspersonen anfangs eine geringe Vermehrung, dann eine Abnahme und alsdann eine langsame Vermehrung, die in 3—4 Wochen ihr Maximum erreichte. Die Vermehrung betrug aber nur 4—5⁰/₁₀₀, was allerdings die Versuchsfehler, die nach Bürker nicht mehr als 2¹/₂⁰/₁₀₀ betragen, übersteigt, wenn auch nur um ein Geringes. Man kann wohl ruhig sagen, daß eine derartige Vermehrung nicht das allgemeine Interesse auf sich ziehen würde, wäre nicht früher mit ungenügenden Methoden eine stärkere Vermehrung festgestellt worden.

In größeren Höhen hat man früher sehr viel stärkere Vermehrungen beobachtet.¹⁾ Dieselben haben sich indessen auch hier durchaus nicht alle bestätigt; so sind z. B. gewisse Angaben über eine rapide Vermehrung der Blutkörperchen bei Ballonaufstiegen berichtigt worden.²⁾ Cohnheim und Kreglinger³⁾ bestimmten den Hämoglobingehalt von menschlichem Blut mit dem Apparat von Haldane und konnten in 2900 und 4500 Meter in 12 Tagen keine Vermehrung sehen. Das gleiche Instrument benutzten Masing und Morawitz⁴⁾ am Colle d'Olen, Douglas⁵⁾ in Teneriffa, Ward⁶⁾ am Monte Rosa. Masing und Morawitz fanden eine Vermehrung von etwa 5⁰/₁₀₀, bei Douglas stieg die Sauerstoffbindung bei dem einen Beobachter von 18 auf 20⁰/₁₀₀, bei dem anderen weniger deutlich. Ward sah, daß der Hämoglobingehalt von durchschnittlich 101 in London auf 98—106 in Zermatt und auf 107 bis 115 auf der Margheritahütte stieg. Kleine Steigerungen sind daher auch nach diesen Bestimmungen vorhanden, wenn auch immer dazwischen Werte liegen, die jedwede Vermehrung ver-

¹⁾ O. Cohnheim, *Ergebn. f. Phys.*, II. Biochemie, S. 612, 1903. Eine weitere Zusammenstellung der Literatur für die Ergebnisse der Physiologie 1912 von Cohnheim ist im Druck.

²⁾ L. Lapique, *C. r. soc. biol.*, Bd. 57, S. 188, 1904.

³⁾ O. Cohnheim und G. Kreglinger, *Diese Zeitschrift*, Bd. 63, S. 413, 1909.

⁴⁾ E. Masing und P. Morawitz, *Deutsch. Arch. f. klin. Med.*, Bd. 98, S. 301, 1910.

⁵⁾ C. D. Douglas, *Journ. of Phys.*, Bd. 40, S. 473, 1910.

⁶⁾ R. O. Ward, *ibidem.* Bd. 37, S. 378, 1908.

missen lassen. Da aber von anderer Seite, z. B. von Fuchs¹⁾ eine Hämoglobinvermehrung im Hochgebirge auch beim Menschen neuerdings wieder behauptet worden ist, hielten wir es für zweckmäßig, die Blutkörperchenzahl und die Hämoglobinmenge in der Höhe mit verschiedenen Methoden nebeneinander zu bestimmen, um die Widersprüche womöglich aufzuklären.

Wir waren vom 31. VII. bis 13. VIII. 1911 in dem Colle d'Olen-Laboratorium, dazwischen vom 3. bis 6. VIII. in der Margheritahütte. Wir wollen auch an dieser Stelle nicht verfehlen, dem Direktor des Istituto Mosso, Herrn Dr. Aggazzotti, für seine stets bereite, liebenswürdige Unterstützung unseren herzlichsten Dank auszusprechen. Wir danken ferner dem Zentralausschuß des Deutschen und österreichischen Alpenvereins für einen Beitrag, den er uns für unsere Untersuchungen gewährt hat. Wir sind dadurch in die Lage versetzt worden, die wichtigeren Apparate zur Bestimmung der Blutkonzentration nebeneinander zu benutzen und zu vergleichen.

Für künftige Besucher des Istituto Mosso sei bemerkt, daß wir die Apparate dem Direktor des Instituts übergeben haben und daß sich jetzt außer der alten Thoma-Zeißschen Zählkammer in dem Institut auch ihre neue Modifikation von Bürker befindet, sowie die Apparate von Sahli, Haldane, Autenrieth und Königsberger und Grützner.

Teilnehmer waren:

O. Cohnheim,	38 Jahre,	171 Zentimeter,	84 Kilogramm.
G. Kreglinger,	59	186	78
L. Tobler,	34	175	65
O. Weber,	35	166	64

Wir sind alle an den Aufenthalt in den Bergen gewöhnt, waren aber im Beginn der Versuche ganz untrainiert.

Die Blutuntersuchungen haben wir zunächst an uns selbst gemacht. Die Blutentnahme geschah aus der Fingerbeere. Der Schnitt wurde mit dem Schnepper so groß gemacht, daß nicht nur ein Tropfen austrat, sondern genug Blut vorhanden war, um 4 oder 5 Bestimmungen nebeneinander ausführen zu können.

¹⁾ R. Fuchs, Erlanger phys.-med. Soc., Bd. 40, 1908.

Der erste austretende Tropfen wurde entfernt. Wir glauben auf diese Weise wirklich den Hämoglobingehalt des zirkulierenden Blutes ermittelt zu haben, verweisen übrigens auf die Bestimmungen von Cohnheim und Kreglinger, nach denen stärkste oder sehr schwache Durchblutung der Haut (Hitze- und Kälte-wirkung) keinen Einfluß auf den Hämoglobinwert des entnommenen Blutes hat. Wir möchten ausdrücklich betonen, daß diese Genauigkeit vielleicht nur für die Fingerbeere gilt, die ja sehr viel stärker mit Blutgefäßen versehen ist, als die meisten anderen Teile der Haut. Man trifft hier in ein so dichtes Kapillarnetz, daß es gleichgültig ist, wenn sich dazwischen wirklich einige Vasa serosa befinden, die übrigens wohl beim Menschen bisher nicht mit Sicherheit beobachtet sind. In den Fingerbeeren sind ja auch arterio-venöse Anastomosen vorhanden, die man eventuell treffen kann.

Die Blutkörperchenzählung (Tobler) wurde mit der Bürkerschen Zählkammer vorgenommen und immer 100 Quadrate gezählt. Von den Hämoglobinbestimmungsmethoden, die wir ausführten, scheint uns die schärfsten Werte diejenige mit dem Haldaneschen Apparat zu ergeben, wobei freilich zu berücksichtigen ist, daß der von uns, der diese Bestimmungen machte (Cohnheim), mit dem Apparat besonders gut eingeübt war. Ein Einwand gegen die Zuverlässigkeit der Haldaneschen Methodik läßt sich auch aus Barcrofts¹⁾ neuen Befunden nicht herleiten, da die maximale Sättigung des Hämoglobins mit Kohlenoxyd durch die Veränderungen der Dissoziationskurve, die Barcroft beschreibt, nicht berührt wird. Auf dem Colle d'Olen ist Leuchtgas nicht zu haben; das Kohlenoxyd wurde durch Erhitzen von Oxalsäure mit Schwefelsäure und Absorption der Kohlensäure durch Natronlauge gewonnen und in einer Flasche aufbewahrt, aus der es durch eine Pipette entnommen wurde. Auf diese Weise läßt sich die Bestimmung auch außerhalb des Laboratoriums vornehmen. Die abgelesenen Werte sind direkt angegeben, sie sind bekanntlich auf einen Normal-

¹⁾ J. Barcroft und M. Camis, Journ. of Phys., Bd. 39, S. 118, 1909. J. Barcroft und F. Roberts, ibidem, Bd. 39, S. 143, 1909. J. Barcroft, ibidem, Bd. 42, S. 44, 1911.

gehalt des Blutes von 100 bezogen. Wir hatten 2 Röhren und Vergleichsröhren zur Verfügung, die übereinstimmende Werte ergaben.

Zu den Bestimmungen mit dem Sahlischen Apparat (Kreglinger, Tobler) standen uns zwei Apparate zur Verfügung. Der Sahlische Apparat ist bekanntlich so geeicht, daß dem normalen Hämoglobingehalt die Zahl 80 entspricht. Wir haben die abgelesenen Zahlen angegeben, sie aber außerdem alle im Verhältnis 80 : 100 umgerechnet, um einen bequemen Vergleich mit den Haldaneschen Zahlen zu ermöglichen. Es ergab sich, daß in der großen Mehrzahl der Fälle die Übereinstimmung eine ganz vorzügliche war. Bürker¹⁾ hat den Sahlischen Apparat auf absoluten Hämoglobingehalt geeicht und gibt an, daß man den absoluten Hämoglobingehalt erhält, wenn man die abgelesene Zahl mit 0,173 multipliziert. Für den Wert 80 gibt das einen Hämoglobingehalt von 13,8%. Der Apparat von Haldane ist so geeicht, daß sein Wert 100 einem Sauerstoffbindungsvermögen von 18,5% entspricht. Nun bindet 1 g Hämoglobin 1,34 ccm Sauerstoff, und es berechnet sich daher für den Wert 100 bei Haldane ein Hämoglobingehalt von 13,8%. Die Übereinstimmung mit Bürkers Eichung ist ausgezeichnet.

Bei dem Sahlischen Apparat wird das Hämoglobin bekanntlich durch Salzsäure in Hämatin verwandelt und dies mit einer Vergleichslösung verglichen. Auf demselben Prinzip beruht ein neuer Apparat von Autenrieth und Königsberger:²⁾ auch hier werden 20 cmm Blut mit Salzsäure versetzt; die Flüssigkeit kommt aber dann in ein kleines Gefäß mit geraden Wänden, das immer bis zu einer bestimmten Marke aufgefüllt wird, und die Messung erfolgt wie bei dem Grütznerschen Apparate so, daß ein Vergleichskeil hin und her bewegt wird, bis er und das Gefäß mit Hämatin gleich hell sind. An einer Skala liest man ab, wie weit der Keil verschoben ist, und sucht auf einem beigegebenen Kurvenblatt den zugehörigen Häm-

¹⁾ K. Bürker, Pflügers Arch., Bd. 142, S. 273, 1911.

²⁾ W. Autenrieth u. J. Königsberger, Münch. med. Wochenschr., 1910, S. 998. F. Samuely, ibidem, 1910, S. 1545.

globinwert auf: man kann sich den Apparat aber auch selbst eichen. Die dem Apparat beigegebene Kurventafel ist auf den Sahlischen Apparat eingestellt, so daß die Norm des Hämoglobins 80 ist. Wir haben es vorgezogen, die Werte für die Norm 100 anzugeben. Wie bei allen kolorimetrischen Bestimmungen muß man sich mit dem Apparat einüben. Nach erlangter Übung fanden wir, daß die Ablesung sehr genau ist. Da das allmähliche Zusetzen von Flüssigkeit zu der Blutlösung wegfällt, ist der Apparat zweifellos bequemer zu handhaben und birgt weniger Fehlerquellen als die anderen Apparate. Ein gewisses Bedenken kann nur die große Weite des Troges einflößen, da man bei dem Auffüllen sehr genau darauf achten muß, daß der Trog gerade steht. Sehr viel ernster ist ein Bedenken, das Stäubli¹⁾ gegen den Apparat erhoben hat. Er fand nämlich, daß infolge des starken Überschusses der Salzsäure ein Nachdunkeln der Lösung eintritt, und daß man infolgedessen verschiedene Werte erhält, je nachdem ob man sofort oder nach einigen Minuten abliest. Ob sich durch Verwendung von weniger Salzsäure diese Schwierigkeit beseitigen läßt, vermögen wir nicht zu sagen. Unsere Versuche waren zufällig immer so eingerichtet, daß wir mit dem Apparat von Autenrieth und Königsberger zuletzt ablasen, so daß die Gefahr des Nachdunkelns wohl nicht sehr groß war. Einzelne Werte, die ganz aus dem Rahmen herausfallen, mögen aber auf diese Weise erklärt werden, sonst war die Übereinstimmung eine gute.

Die Resultate der Blutuntersuchungen sind in Tabelle I zusammengefaßt. Die Bestimmungen in Lausanne erfolgten morgens gleich nach dem Aufstehen. Die Ankunft mit der Bahn in Varallo geschah am Nachmittag des 30. Juli und die Bestimmungen wurden gleich hinterher, mehrere Stunden nach der letzten Nahrungsaufnahme, vorgenommen. Der Aufstieg von Alagna zum Colle d'Olen wurde am Nachmittag und Abend des 31. Juli ausgeführt, die erste Bestimmung oben haben wir am nächsten Vormittag gemacht. Es war 4 Stunden nach dem Frühstück, nach vorausgegangener Laboratoriumsarbeit. Auch

¹⁾ Stäubli, Münch. med. Wochenschr., 1911, S. 2429.

die späteren Bestimmungen am Colle d'Olen und in der Margheritahütte sind unter gleichen Bedingungen gemacht worden, mit Ausnahme einiger Bestimmungen auf der Margheritahütte, die unmittelbar nach einer Steigarbeit stattfanden.

Aus diesen Blutuntersuchungen läßt sich eine erhebliche Vermehrung des Hämoglobins und der Blutkörperchen in der Höhe nicht entnehmen. In 12 Tagen war die Vermehrung so gering, daß sie die Fehlergrenzen jedenfalls nicht sicher übersteigt. Wir haben ferner an Dr. Aggazzotti, der sich damals schon etwa 3 Wochen auf dem Colle d'Olen befand, eine Blutuntersuchung vorgenommen. Sie hatte folgendes Ergebnis:

Haldane	105
Sahli	84 : 105
	84 : 105
Autenrieth und Königsberger	26 : 102
Rote Blutkörperchen	5,432 000.

Von Dr. Aggazzotti haben wir keine Bestimmungen aus der Ebene, aber die Werte sind nicht anders als bei uns, und als man sie bei einem gesunden jüngeren Manne auch in der Ebene finden würde.

Ferner haben wir Blutuntersuchungen an 2 Hunden vorgenommen. Cohnheim und Kreglinger haben die Hypothese aufgestellt, daß der große Unterschied in bezug auf die Hämoglobinvermehrung, der zwischen Kaninchen und Mensch besteht, auf der verschiedenen Entwicklung des Wasserwechsels beruht. Infolge der gesteigerten Verdunstung in der Höhe muß es bei allen durch Lungen atmenden Tieren zu einer stärkeren physikalischen Wasserabgabe in der Höhe kommen. Bei dem Menschen, der des Schwitzens wegen auf Wasserverluste eingerichtet ist, wird dieser Wasserverlust sofort wieder gedeckt. Bei dem Kaninchen dagegen, das keine Wasserabgabe zum Zwecke der Entwärmung kennt, ist dieser Regulationsmechanismus nicht oder so mangelhaft entwickelt, daß jeder Wasserverlust das Blut konzentriert. Diese Annahme würde alle beobachteten Tatsachen gut erklären. Zur weiteren Prüfung war es wünschenswert, den Hund zu untersuchen, der ebenfalls zum Zwecke der

Tabelle I.

	Kreglinger				Cohnheim		Tobler				Weber					
	Haldane	Sahli	A. u. K.	Blutkörper	Haldane	Sahli	A. u. K.	Blutkörper	Haldane	Sahli	A. u. K.	Blutkörper	Haldane	Sahli	A. u. K.	Blutkörper
Heidelberg, 100 m. 26. VII.	—	—	—	—	102	80 = 100	29 = 99	4,832 000	—	—	29 = 99	4,504 000	—	—	—	—
Heidelberg, 100 m. 27. VII.	—	—	—	—	—	—	—	4,496 000	—	85 = 106	26 = 103	4,608 000	—	—	—	—
Lausanne, 483 m. 30. VII.	106	81 = 101	32 = 97	—	106	86 = 100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Varallo, 451 m. 30. VII.	86	83 = 104 80 = 100	32 = 97	—	106	86 = 100	—	—	—	80 = 100	—	—	100	—	24 = 105	—
Colle d'Olen, 2900 m. 1. VIII.	95	70 = 88	31 = 97	5,040 000	98	78 = 100	—	4,552 000	101	78 = 98	24 = 105	4,240 000	93	78 = 98	26 = 102	5,120 000
Margheritahütte, 4560 m. 3. VIII., gleich nach Ankunft	102	70 = 88	27 = 103	—	108	84 = 100	22 = 108	—	102	80 = 100	26 = 103	—	94	70 = 85	26 = 103	—
Margheritahütte, 4560 m. 4. VIII.	92	67 = 85	37 = 89	—	96	80 = 100	27 = 103	—	106	80 = 100	29 = 100	—	96	76 = 95	29 = 98	—
Margheritahütte, 4560 m. 5. VIII., nach Bergbesteigung	90	62 = 78	—	—	—	—	—	—	96	67 = 84	—	—	—	—	—	—
Margheritahütte, 4560 m. 5. VIII., nachmittags	88	65 = 81	—	—	104	85 = 100	25 = 103	—	98	75 = 96	29 = 99	—	102	72 = 90	27 = 101	—
Colle d'Olen, 2900 m. 8. VIII.	—	—	—	—	104 103	—	25 = 104	5,176 000	—	85 = 105	27 = 103	—	97	82 = 102	27 = 101	5,536 000
Colle d'Olen, 2900 m. 11. VIII.	97	77 = 96	36 = 85	4,848 000	105	80 = 100	28 = 100	5,408 000	102	80 = 100	28,5 = 100	4,821 000	—	—	—	—
Heidelberg, 13. IX.	—	—	—	—	—	84 = 100	10 = 109	5,064 000	—	80 = 100	26 = 102 27 = 103	5,000 000	—	80 = 100	27 = 101	5,544 000

Entwärmung seine Wasserabgabe steigern kann, und zwar durch die bekannte beschleunigte hachelnde Atmung. Die Wasserabgabe erfolgt bei ihm ebenso prompt wie beim Menschen, aber in anderer Weise. Bei noch anderen Tieren, Schweinen und Rindern, hat Abderhalden eine Konzentrierung des Blutes in der Höhe nachgewiesen, aber eine viel geringere als beim Kaninchen und der Ratte. Diese Tiere sind so groß, daß sie sicherlich eine physikalische Wärmeregulation besitzen, aber die Bewegung der domestizierten Tiere ist so gering, daß die Wärmeregulation durch Wasserverdunstung bei ihnen keine große Rolle spielt.

Wir haben an 2 Hunden Blutuntersuchungen gemacht, die aus Turin nach Varallo (451 m) geschickt worden waren. An dem größeren ausgewachsenen Hunde haben wir nur Blut aus den Ohrgefäßen untersucht.

Tabelle II.

	Haldane	Sahli	A. u. K.	Blutkörperchen
Varallo	95	—	—	—
Colle d'Olen 1. Tag	93	70:88	26:103	—
„ „ 11. „	96	77:96	31:96	6,352 000

Bei dem kleineren jungen Hunde haben wir in Varallo und das erste Mal am Colle d'Olen auch Ohrblut entnommen, das zweite Mal am Colle d'Olen Carotisblut untersucht.

Tabelle III.

	Haldane	Sahli	A. u. K.	Blutkörperchen
Varallo	—	42:53	—	—
Colle d'Olen 1. Tag	48	45:56	69:45	—
„ „ 8. „	50	38:48	70:47	3,056 000
	—	38:48	—	—

Also auch beim Hunde konnte eine Vermehrung des Hämoglobins und der Blutkörperchen nicht oder nur im allergeringsten Umfange nachgewiesen werden. Bei dem kleineren Hunde haben wir das Carotisblut noch zu folgendem Versuch benutzt. Wir haben das Blut defibriniert und darin mit den verschiedenen Apparaten Hämoglobinbestimmungen gemacht. Zum Vergleich haben wir 10 ccm Blut mit physiologischer Kochsalzlösung verdünnt, die Blutkörperchen abzentrifugiert und auf der Zentrifuge gründlich mit Kochsalzlösung gewaschen. Dann wurden die Blutkörperchen mit Wasser in Lösung gebracht und unter Zusatz von viel Kochsalz mit wenig Essigsäure durch Aufkochen koaguliert. Das Koagulum wurde mit Wasser chlorfrei gewaschen, mit Alkohol und Äther gewaschen, im Trockenschrank bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und gewogen. Das Koagulum wog 0,721 g. Aus den Zahlen von Haldane und Sahli kann man, wie oben erwähnt, die Berechnung des Hämoglobingehaltes vornehmen. Nach Haldane (50) müßten in 10 ccm Blut 0,69 g Hämoglobin vorhanden sein, nach Sahli (38) 0,67 g. Die Blutkörperchen enthalten außer dem Hämoglobin noch etwas Stromaeiweiß und so kann der etwas zu hohe Hämoglobingehalt nicht wundernehmen, die Übereinstimmung ist vielmehr leidlich gut, vor allem zeigt sich auch, wie gut die Apparate miteinander übereinstimmen.

Um über die gesteigerte Wasserabgabe auch des Menschen in der Höhe Klarheit zu gewinnen, haben wir auch diesmal wieder eine Reihe von Wägungen, abends und morgens, gemacht. Sie zeigen in der Höhe einen stärkeren Gewichtsverlust als in der Ebene. Wir fassen die Zahlen mit denen von 1909 in der Tabelle 4 zusammen.

Das wesentliche Resultat unserer Blutuntersuchung ist, daß wir auch diesmal, wo wir mit verschiedenen Methoden arbeiteten, die Hämoglobinvermehrung im Hochgebirge vermißt haben. Wir haben damit die Ergebnisse von Cohnheim und Kreglinger und Masing und Morawitz durchaus bestätigt und können mit Bestimmtheit sagen, daß in 14 Tagen in 2900 und 4500 m Höhe eine stärkere, physiologisch in Betracht kommende Hämoglobinvermehrung beim Menschen und beim

Hunde fehlt. — Unmittelbar nach anstrengenden Bergbesteigungen haben wir auch diesmal ein Sinken des Hämoglobingehaltes gesehen, wie dies Cohnheim und Kreglinger schon beobachtet haben. Die Erscheinung konnte bisher nur im Gebirge beobachtet werden. Es stimmt damit überein, daß nach den Angaben von Bürker das Blut im Hochgebirge überhaupt auffallend labil ist.

Tabelle IV.

	Cohnheim	Kreglinger	Tobler	Weber
Ebene	360	320		—
	211	150	in zahl-	—
	300	300	reichen Be-	—
	243	—	stimmungen	—
	292	—	schwankend	—
	350	—	zwischen	—
	243	—	150—300	—
	295	—		—
Colle d'Olen	330	650	150	300
	510	350	750	400
	100	550	—	—
	330	—	—	—
	400	—	—	—
Magheritahütte	350	200	450	325
	225	600	300	350
	150	500	250	300
	390	400	—	—
	340	250	—	—
	350	300	—	—

Das negative Resultat dieser Blutuntersuchungen steht im Einklang mit den Bestimmungen des Sauerstoffverbrauchs, die Durig und seine Mitarbeiter gefunden haben.¹⁾ Der Sauerstoffverbrauch war in der Höhe deutlich gesteigert, veränderte sich aber auch bei wochenlangem Aufenthalt nicht im geringsten

¹⁾ A. Durig und Mitarbeiter, Denkschr. d. Wiener Akademie, Bd. 86, 1911. Speziell S. 293 und 349.

und ebenso blieb der Partiardruck des Sauerstoffs und der Kohlensäure in der Alveolarluft während dieses Aufenthaltes ganz unverändert. Ebenso wenig haben Douglas und Ward eine Anpassung des Gaswechsels an die Höhe beobachtet. Anscheinend verfügt der Mensch nicht über Regulationsvorrichtungen, um den verminderten Sauerstoffdruck ausgleichen zu können. Es ist übrigens ja auch keineswegs sicher, daß eine Konzentrierung des Blutes wirklich eine nützliche Regulation wäre. Jedenfalls ist sie nicht gefunden. Daß bei jahrelangem Aufenthalt in der Höhe eine Änderung der Blutzusammensetzung eintreten kann, das ist mit diesen negativen Befunden natürlich nicht ausgeschlossen. Die älteren französischen Befunde von Bert und Viault sind bis heute nicht aufgeklärt.

Wie andere Autoren haben auch wir an uns selbst eine ausgesprochene Höhenwirkung beobachten können. Am Colle d'Olen allerdings nur in sehr geringem Umfange, obwohl wir alle direkt aus der Ebene kamen und untrainiert waren. Das einzige, was uns hier auffiel, war eine leichtere Ermüdbarkeit der Atemmuskeln beim Reinigen und Ausblasen der Pipetten. Beim Aufstieg zur Margheritahütte aber und während des Aufenthaltes oben machten sich die seit Saussure so oft beschriebenen Erscheinungen der Atemnot bemerklich. Schon nach kurzer Arbeit kam es zu Ermüdung und Lufthunger, die nach kurzer Ruhe wieder verschwanden. Bei dem letzten Anstieg vom Firnfeld zur Hütte mußte alle 60—100 Schritte pausiert werden. In der Hütte machte jedes Bücken Dyspnoe. Während der Ruhe, besonders nachts, zeigten alle Teilnehmer Störungen des Allgemeinbefindens, gelegentliche Kopfschmerzen, gestörten Schlaf, auch Anfälle von Herzklopfen. Die Unlust zu körperlicher Arbeit war bisweilen sehr stark. Auffallenderweise war Cohnheim, der 2 Jahre vorher am wenigsten gelitten hatte, diesmal bei weitem am stärksten befallen, während Kreglinger erheblich weniger affiziert war als 2 Jahre vorher. Als reine Höhenwirkung können diese Störungen vielleicht nicht angesehen werden, der unphysiologische Zustand des physiologischen Laboratoriums der Margheritahütte, vor allem der enge und nicht ventilierte Schlafraum sind dafür vielleicht mit verantwortlich.

II.

Cohnheim und Kreglinger¹⁾ haben 1909 beobachtet, daß durch sehr starkes Schwitzen ein solcher Chlorverlust herbeigeführt werden kann, daß es in den folgenden Tagen zu einer starken Chlorretention kommen muß, um die erschöpften Vorräte wieder aufzufüllen, und daß die Chlorvorräte des Körpers durch starkes Schwitzen soweit erschöpft werden können, daß die Salzsäuresekretion im Magen leidet. Diesmal beabsichtigten wir, uns mit den Folgen der starken Kochsalzabgabe durch den Schweiß in bezug auf den Wasserwechsel des Körpers zu beschäftigen. Unser Versuchsplan bestand darin, mehrere Male durch Bergbesteigungen starke Schweißverluste herbeizuführen und bei einem Teile der Versuche dieses Chlor mit der Nahrung zu ersetzen, bei einem anderen Teile der Versuche aber chlorfrei zu leben. Dabei sollte die Ausscheidung des Wassers und des Kochsalzes und das Verhalten des Körpergewichts studiert werden.

Das Chlornatrium der Nahrung wurde teils den Speisen zugesetzt, teils waren wir aber gezwungen, chlorhaltige Speisen aufzunehmen, und mußten deren Chlorgehalt erst bestimmen. Zu diesem Zwecke wurden Anteile der Speisen nach Neumann auf feuchtem Wege verascht und die dabei freiwerdende Salzsäure in Silbernitrat aufgefangen und das Chlor nach Volhard titriert. Die Angaben sind in Chlornatrium gemacht. Es enthielten

Tabelle V.

	ClNa g
1 Brot (63—69 g)	0.6
1 Löffel kondensierte Milch	0.19
1 Ölsardine	0.29
5 cem Brodo (konzentrierte Bouillon)	0.3
100 g Schinken	1.7
100 g Schinkenfett	0.67

¹⁾ O. Cohnheim und G. Kreglinger. Diese Zeitschrift. Bd. 63, S. 413. 1909.

Den Chlorgehalt der anderen Nahrungsmittel (frisches Fleisch, Zucker, Schokolade, Makkaroni, eingemachte Früchte) haben wir vernachlässigt. Das Wasser (geschmolzener Schnee) war absolut chlorfrei. Im Harn wurde das Chlor nach Volhard titriert (Weber) und als Chlornatrium angegeben.

Wir haben nun folgende Versuche angestellt: Am 31. VII. stiegen wir nachmittags und abends, meist im Schatten, von Alagna nach dem Colle d'Olen in die Höhe. Die Höhendifferenz beträgt 1700 m; Gehzeit 4 Stunden 55 Minuten, alle vier nahmen 20 g Zucker und Cakes zu sich und 280 ccm Tee (Weber 330 ccm). In der folgenden Tabelle sind die beobachtete Gewichtsabnahme und die unter Berücksichtigung der Nahrungszufuhr berechnete Gewichtsabnahme angegeben, also die wirkliche Abgabe vom Körper. Ferner ist von dem Harn der nächsten Nacht der Prozentgehalt an Chlornatrium und der absolute Gehalt an Chlornatrium angegeben.

Tabelle VI.

	Gewichts- abnahme	Berechnete Abnahme	Harn	ClNa	ClNa
	g	g	ccm	%	g
Cohnheim	1800	2100	350	1,25	4,3
Kreglinger	1800	2100	320	1,2	3,84
Tobler	1200	1500	295	1,6	4,8
Weber	1500	1850	175	1,1	1,93

Am 3. VIII. stiegen wir vom Laboratorium zur Margherita-hütte an. Das Wetter war sonnig, aber es wehte etwas Wind, weshalb die Schweißverluste etwas niedriger sind als bei dem Aufstieg von 1909. Abmarsch 4³⁰ Uhr: Gnifettihütte 7²⁵—7⁵⁸: Lysjoch 10⁰⁸—10³⁵. Ankunft oben 12²¹, also Gehzeit 6 Stunden 51 Minuten, Zeitdifferenz zwischen den Wägungen etwa 9 Stunden. Am Nachmittage des 3. VIII. richteten wir das Laboratorium ein, am 4. VIII. ebenfalls Ruhe und Laboratoriumsarbeit. An beiden Tagen hatten wir eine gewogene etwa normale Chlorzufuhr. Vom 5. VIII. wurde eine möglichst chlorarme Nahrung aufgenommen. Am 5. VIII. bestiegen Kreglinger und Tobler

die Dufourspitze. Sie waren 6¹/₂ Stunden unterwegs, davon etwa 5¹/₂ Stunden Gehzeit. Es herrschte Sonnenschein, aber ein sehr kalter Wind, sodaß die Schweißabgabe nur gering war. Da der Wind sich nicht legte, gingen die beiden anderen am nächsten Tage nicht auf die Dufourspitze, sondern es wurde am 6. der Abstieg angetreten, wobei nur Tee aufgenommen wurde. Die chlorarme Ernährung wurde noch bis zum 7. VIII. fortgesetzt. Die Resultate sind die folgenden:

Cohnheim. Anstieg: Abnahme 3200 g. 670 Getränk. 400 Essen, 530 Harn, 120 Kot. Berechnete Abnahme 3620.

3. VIII. Nachmittags. Zufuhr 10,4 g Chlornatrium.

4. VIII. Zufuhr 14 g Chlornatrium.

3. VIII. Nachmittags. 218 Harn 1% Chlornatr. 2,2 g ClNa.

3. VIII. Abends bis 4. Nachmittags. 933 ccm Harn 0,86% ClNa. 8,0 g ClNa.

4. VIII. Nachmittags bis 5. VIII. Morgens. 830 Harn 0,86% 7,1 g.

Chlorarm.

5. VIII. Morgens bis 6. Morgens. 1,1 g Zufuhr, 980 ccm Harn, 0,93% ClNa, 9,1 g.

6. VIII. Morgens bis 7. Morgens. 1,5 g Zufuhr, 530 ccm Harn, 0,53%, ClNa 2,8 g.

Abstieg. Abnahme: 950 g. Berechnete Abnahme 1100 g.

Kreglinger. Anstieg: 1650 g Abnahme. 515 Getränk. 385 Essen, 290 Harn. Berechnete Abnahme 2250 g.

3. VIII. Nachmittags. 10,4 g ClNa Zufuhr.

4. VIII. 14,0 g ClNa Zufuhr.

3. VIII. Nachmittags. 320 Harn 0,94% 3,0 g ClNa.

3. VIII. Abends bis 4. Nach. 608 Harn 1,1% 6,9 g ClNa.

4. VIII. Abends bis 5. früh 306 Harn 1,4% 4,35 g ClNa.

Chlorarm.

5. VIII. Morgens bis 6. Morgens. 1,2 g Zufuhr 760 ccm Harn 1,22% 9,27 g.

6. VIII. Morgens bis 7. Morgens. 2,1 g Zufuhr 750 ccm Harn 0,57% 4,3 g.

5. VIII. Bergbesteigung. Abnahme: 550 g. 300 Essen, 880 Getränk. 260 Harn. Berechnete Abnahme 1470 g.

6. VIII. Abstieg. Abnahme: 550 g. Berechnete Abnahme 700 g.

Tobler. Anstieg. Abnahme: 1650 g. 360 Harn, 535 Getränk, 365 Essen. Berechnete Abnahme 2190 g.

3. VIII. Nachmittags. Zufuhr 10,8 g ClNa.

4. VIII. Zufuhr 12,1 g ClNa.

3. VIII. Nachmittags. 275 ccm Harn 1,4% 3,88 g ClNa.

3. VIII. Abends bis 4. VIII. Nachmittags. 602 ccm Harn 1,2% 7,3 g ClNa.

4. VIII. Abends bis 5. VIII. früh. 490 ccm Harn 1,06% 5,2 g ClNa.

Chlorarm.

5. VIII. Morgens bis 6. Morgens. 1,2 g Zufuhr 675 ccm Harn 1,13% 7,6 g.

6. VIII. Morgens bis 7. Morgens. 2,1 g Zufuhr 660 ccm Harn 0,6% 4,0 g.

5. VIII. Bergbesteigung: 950 Abnahme. 280 Harn, 80 Kot, 250 Essen, 510 Getränk. Berechnete Abnahme 1350 g.

6. VIII. Abstieg. Abnahme: 550 g. Berechnete 625 g.

Weber. Abnahme: 2000 g. 750 Getränk, 280 Essen, 450 Harn. Berechnete Abnahme 2580 g.

3. VIII. Nachmittags. Zufuhr 6,9 g ClNa.

4. VIII. Zufuhr 4,8 g ClNa.

Ausfuhr 3. VIII. Nachmittags kein Harn.

3. VIII. Abends bis 4. VIII. Nachmittags 950 ccm 0,67% 6,37 g ClNa.

4. VIII. Nachmittags bis 5. VIII. früh 550 ccm 1,07% 5,9 g ClNa.

Chlorarm.

5. VIII. früh bis 6. VIII. früh. 1,4 g Zufuhr 970 ccm Harn 0,56% = 5,4 g ClNa.

6. VIII. früh bis 7. VIII. früh. 2,1 g Zufuhr 490 ccm Harn 0,28% 1,4 g ClNa.

Abstieg. Abnahme: 600 g. Berechnete Abnahme 750 g.

Am 10. VIII. wurde eine Klettertour um den Corno rosso und auf die Punta Straling unternommen, der Abstieg wurde zum Gabetsee ausgeführt, ein Bad im See genommen und

wieder zum Laboratorium aufgestiegen. Wir waren 10 Stunden unterwegs und nahmen an diesem und an den darauf folgenden Tagen eine chlorarme Diät ein.

Cohnheim. Abnahme: 3350 g. 282 Harn, 2315 Getränk, 420 Essen. Berechnete Abnahme 5800 g. Harn bis Abends 69 ccm 0,43% 0,3 g ClNa.

Nachts. 390 ccm 0,11% 0,4 g ClNa.

11. bis 12. Morgens 700 ccm 0,05% 0,35 g ClNa.

10. VIII. 0,9 g Zufuhr.

11. VIII. 0,9 g ClNa Zufuhr.

Kreglinger. Abnahme: 3000 g. 40 Harn, 680 Getränk, 250 Essen. Berechnete Abnahme 3900 g. Harn bis 11. VIII. morgens 640 ccm 0,45% 2,9 g ClNa.

11. früh bis 12. früh 820 ccm 0,22% 1,8 g.

Zufuhr 10. VIII. 1,0 g.

Zufuhr 11. VIII. 0,9 g ClNa.

Tobler. Abnahme: 2800 g. 175 Harn, 840 Getränk, 370 Essen. Berechnete Abnahme 3730 g.

Harn bis Abends 205 ccm 1,05% 2,15 g ClNa.

Harn Nachts 210 ccm 0,22% 0,46 g ClNa.

11. VIII. früh bis 12. VIII. früh 705 ccm 0,28% 1,97 g.

Zufuhr 10. VIII. 0,9 g ClNa.

Zufuhr 11. VIII. 0,9 g.

Der vierte von uns, Weber, mußte am 9. abends aus beruflichen Gründen plötzlich abreisen und konnte an dieser Besteigung nicht mehr teilnehmen.

Wenn man zunächst die Zahlen für die Zufuhr und Ausfuhr des Kochsalzes unmittelbar nach dem Aufstieg auf die Margheritahütte betrachtet, also während kochsalzreicher Ernährung, so zeigt sich genau wie bei den Versuchen des Jahres 1909 eine starke Chlorretention im Körper, offenbar zur Deckung der Chlorverluste durch den Schweiß. Unsere Zahlen und die von 1909 fassen wir in der folgenden Tabelle VII. zusammen. Die Zahlen beziehen sich auf den Nachmittag des Aufstieges und den folgenden Tag bis zum übernächsten Morgen. An diesem wurde zur chlorarmen Diät übergegangen, da eine stärkere Retention nach den Erfahrungen von 1909 am 3. Tage

nicht mehr zu erwarten war. Die berechnete Abnahme ist bei jeder Versuchsperson hinzugefügt.

Tabelle VII.

		Zufuhr	Ausfuhr	Retention	Berechnete Abnahme
Cohnheim	1909	18,5	10,35	8,15	4000
"	1911	24,4	17,3	7,1	3620
Kreglinger	1909	21,5	10,9	10,6	3870
"	1911	24,4	14,25	10,15	2250
"	II. 1909	18,5	4,17	14,33	5800
Kestner	1909	18,5	8,68	9,82	4106
Tobler	1911	22,9	16,4	6,5	2190
Weber	1911	17,7	12,3	5,4	2580

Die Retention würde noch viel ausgeprägter sein, wäre nicht die eigentümliche Erscheinung, daß auch bei bestehendem Chlormangel die Niere weiter Chlor sezernierte. Hierfür liefern die oben angeführten Zahlen einen sehr deutlichen Beleg. Nach dem ersten Aufstieg zum Colle d'Olen wurde bei gewöhnlicher Ernährung ein Harn entleert, der 1,1—1,6% ClNa enthielt, und ebenso enthielten die Harne von 3. und 4., also während bestehender Chlorretention, noch 1% Chlornatrium. Ja selbst bei einer äußerst chlorarmen Nahrung blieben die Kochsalzwerte über 0,5% und sanken nur langsam. Als sich am 10. und 11. Kochsalzmangel und Kochsalzverluste kombinierten, sank der Gehalt auf 0,3, 0,22 und 0,05%, blieb aber immerhin noch auf dieser Höhe, d. h. die Tätigkeit der Niere verschlechterte den Zustand des Körpers noch und entzog den schon erschöpften Reservoiren noch weiterhin Chlor. Daß die Kochsalzausscheidung bei Kochsalzmangel nicht aufhört, ist von Grünwald¹⁾ beim Kaninchen gesehen worden. Diurese vermehrt die Chlorauscheidung und kann dem Tiere dadurch gefährlich werden. Es scheint, als ob die Sekretion eines ganz kochsalzfreien Harnes der Niere allzu große Schwierigkeiten bereitete, ein Umstand, der bei einer Theorie der Nierenfunktion jedenfalls zu beachten ist.

¹⁾ H. F. Grünwald, Arch. f. exp. Path. u. Pharm., Bd. 60, S. 360, 1909

In unserem Versuchsplan lag es nun, wie ausgeführt, das Verhalten des Wassers bei Chlormangel zu untersuchen. Durch die klinischen Erfahrungen der letzten Jahre ist es ja bekannt, daß ClNa und Wasser im Körper in einem sehr engen Zusammenhange stehen. Der eine von uns, Tobler, hat sowohl bei Tieren im Experiment¹⁾ als auch bei Säuglingen²⁾ das Verhältnis des Wassers und der Salze bei plötzlichen Gewichtsstürzen untersucht, die ja in der Hauptsache auf Wasserverlust zu beziehen sind. Tobler unterscheidet drei Phasen der Wasserabgabe. Ein Teil des Wassers kann den Körper verlassen, ohne andere Stoffe mit hinauszunehmen; dadurch kommt es zu einer Konzentration der Gewebsflüssigkeiten. Tobler bezeichnet diesen Teil als Konzentrationswasser. Ein zweiter Teil des Wassers verläßt den Körper nur zusammen mit einer bestimmten Menge von Salz, und Erfahrungen der kindlichen Pathologie haben gelehrt, daß dieses Wasser auch nur in Verbindung mit der entsprechenden Menge der Salze, insbesondere des Chlornatriums, im Körper wieder angesetzt werden kann. Diesen Teil bezeichnet Tobler als Reduktionswasser. Ein dritter Teil des Wassers kann nur mit gleichzeitiger Zerstörung der Gewebe den Körper verlassen, und eine Reparation des Verlustes in kurzer Frist ist nicht mehr möglich. Tobler spricht hier von Destruktionswasser. Dieser letztere Anteil kommt bei Gesunden bei unbeschränkter Wasserzufuhr natürlich nicht in Frage, wohl aber der zweite Teil. Denn es wird beim Schwitzen dem Körper nicht reines Wasser entzogen, sondern Wasser + Kochsalz. Es war nun die Frage, in welcher Weise sich der Körper verhielt, wenn ihm zur Reparation dieser Gewichtsverluste kein Kochsalz angeboten wurde, und dieses zu entscheiden, haben wir das Verhalten unserer Körpergewichte bei gewöhnlicher, d. h. chlorreicher und bei chlorarmer Nahrung studiert, wenn wir durch Schwitzen Gewichtsverluste erzielten und der Körper diese in den nächsten Tagen wieder auszugleichen versuchte. Die Abnahmen durch das Schwitzen, sowohl die direkt beob-

¹⁾ L. Tobler, Arch. f. exp. Path. u. Pharm., Bd. 62, S. 431, 1910.

²⁾ Derselbe, Jahrb. f. Kinderheilkunde, Bd. 73, 3. Folge, Bd. 23, S. 566, 1911.

achteten als auch die berechneten, sind oben mitgeteilt. Die Geschwindigkeit des Wiederanstieges geht aus der folgenden Tabelle VIII hervor. Die oberen Zahlen bis zum 5. VIII., das ist bis zu dem durchlaufenden Strich, beziehen sich auf chlorhaltige Ernährung, die Zahlen unter dem Strich auf chlorfreie. Die Wägungen wurden nackt vorgenommen.

Das Fortlassen des Kochsalzes aus der Nahrung macht sich, wie bekannt, auch ohne Schweißverluste in einer Gewichtsabnahme geltend und am 5. und 6. VIII. ist eine kleine Gewichtsabnahme auch bei Cohnheim und Weber, die am 5. VIII. keine Arbeit leisteten, bemerkbar. Sehr viel deutlicher ist sie bei den beiden anderen, die an diesem Tage die Dufourspitze bestiegen haben. Eine weitere Abnahme zeigt sich bei allen vieren am 6. VIII. bei dem Abstiege vom Colle d'Olen. Cohnheim fühlte sich an diesem Tage wenig wohl, und die Nahrungsaufnahme war vermindert. Eine sehr große Abnahme zeigt dann die Klettertour auf die Punte Straling. Weber nahm an dieser, wie gesagt, nicht mehr teil, die drei anderen begleiteten ihn den Abend vorher bis zur Alp Sevii herunter und kehrten dann zum Laboratorium zurück. Die Höhendifferenz ist rund 1000 m, und dieser abendliche Weg war die Ursache dafür, daß das Morgengewicht am 10. VIII. noch nicht wieder auf der alten Höhe war. Dadurch beginnen die Abnahmen am nächsten Tage während der chlorfreien Kost unter dem Nullpunkt: die Kurven erscheinen weniger deutlich, aber die Chlorarmut war besser gesichert. In der nebenstehenden Tafel ist das Verhalten der Gewichte graphisch dargestellt: die ausgezogenen Linien beziehen sich auf chlorhaltige, die gestrichelten auf chlorfreie Diät.

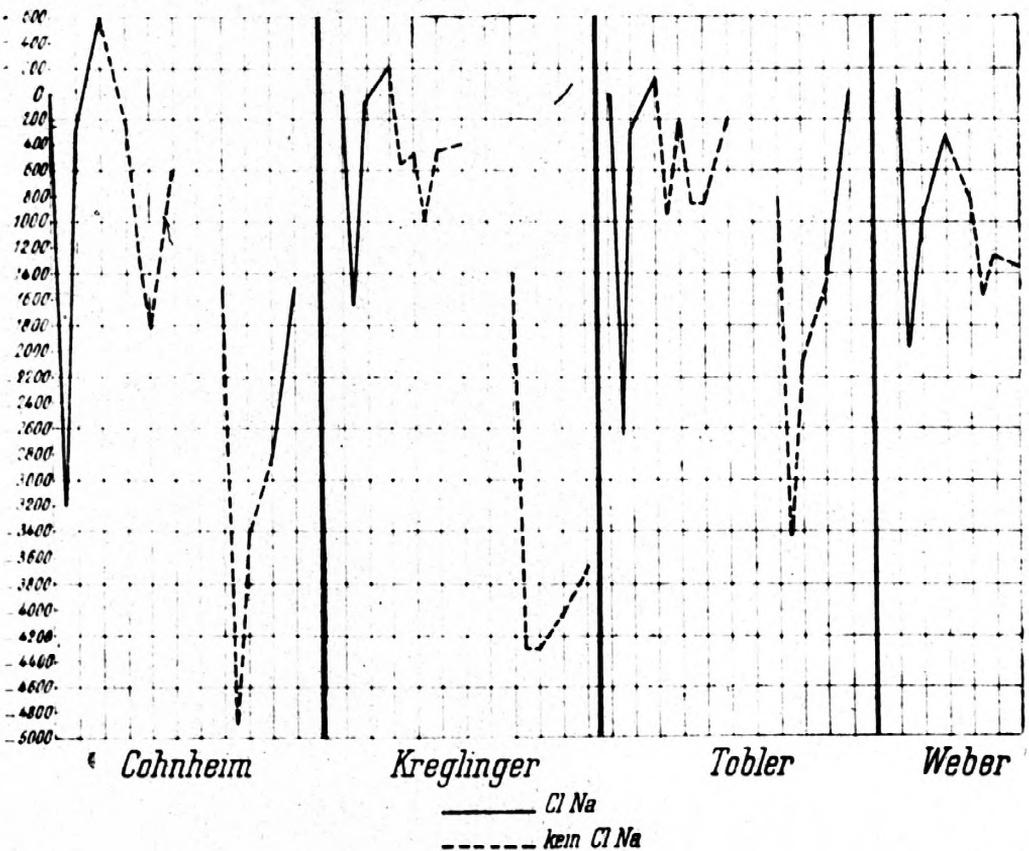
Aus diesen Kurven erhellt noch deutlicher als aus der Tabelle der große Unterschied in dem Verlauf der Gewichtskurve zwischen chlorhaltiger und chlorfreier Ernährung. Bei chlorhaltiger Ernährung sind die Gewichtsstürze, und seien sie noch so groß, bis zum nächsten Morgen ganz oder fast ganz wieder ausgeglichen. Häufig findet sich an einem Ruhetage ein Überschreiten des Ausgangsgewichtes vermutlich infolge des Muskelansatzes nach der Muskeltätigkeit. Bei chlorarmer Er-

Tabelle VIII.

	Cohnheim	Kreglinger	Tobler	Weber	
2. VIII. früh . . .	85 000	78 500	65 300	64 200	
3. „ früh . . .	84 400	78 800	64 900	64 500	(Ausg.)
1 Uhr . . .	81 200	77 150	62 250	62 500	(— 2000)
abends . . .	84 350	79 050	65 300	64 150	—
4. „ früh . . .	84 100	78 650	64 600	63 500	(— 1000)
abends . . .	85 550	79 250	65 300	64 500	—
5. „ früh . . .	85 200	79 000	65 000	64 150	(— 350)
5. VIII. 1 Uhr . . .	—	78 450	64 050	—	(— 950)
abends . . .	84 500	78 800	64 900	63 950	—
6. „ früh . . .	84 150	78 500	64 650	63 650	(— 850)
mittags . . .	83 100	77 800	64 000	62 900	(— 1600)
7. „ früh . . .	82 600	78 350	64 000	63 200	(— 1300)
abends . . .	84 500	79 650	66 300	64 200	—
8. „ früh . . .	83 800	78 400	64 700	63 150	(— 1350)
10. „ früh . . .	82 900	(900 cem Nachtharn)	(850 cem Nachtharn)	650 cem Nachtharn	—
abends . . .	79 550	77 400	64 050	—	(— 850)
11. „ früh . . .	80 975	74 450	61 450	—	(— 3450)
12. „ „ . . .	81 600	74 450	62 800	—	(— 2100)
13. „ „ . . .	82 900 ¹⁾	74 750	63 400	—	(— 1500)
		75 100	64 900 ¹⁾	—	(— 0)

¹⁾ Salz aufgenommen. ²⁾ Kein Salz aufgenommen.

nahrung werden die Gewichtsstürze durch Schwitzen dagegen nicht wieder ausgeglichen. Das Gewicht steigt nur ganz langsam wieder an, trotzdem die Wasserzufuhr und ebenso die Nahrungszufuhr immer unbeschränkt waren. Es findet sich also nach den Schweißverlusten dasselbe wie bei den Gewichtsstürzen nach Tobler, das Reduktionswasser kann nur dann wieder angesetzt werden, wenn gleichzeitig die entsprechende Menge Salz gegeben wird.



Durch diese Untersuchungen werden zunächst zwei Erscheinungen verständlich, die bisher der Aufklärung harren. Zuntz und Schumburg¹⁾ beobachteten bei starker Anstrengung, die mit starkem Schwitzen verbunden war, die reichliche Ausscheidung eines dünnen Harnes. Sie nahmen an, daß hier Giftstoffe aus dem Körper entfernt würden, die bei der

¹⁾ Zuntz und Schumburg, Die Physiol. des Marsches. Biblioth. von Coler, Berlin 1901.

Muskelarbeit gebildet waren. Auf Grund unserer Beobachtungen nehmen wir an, daß es sich um die Ausscheidung des Wassers handelt, das infolge des Durstes getrunken wurde, von dem Körper aber mangels Salzzufuhr nicht angesetzt werden konnte. Am 8. VIII. früh, also nach der ersten Nacht der Cl-armen Periode, haben wir die Entleerung ungewöhnlich reichlicher Harnmengen beobachtet, die offenbar durch dasjenige Wasser bedingt waren, das wie auch sonst infolge des heftigen Durstes getrunken worden war, dem aber diesmal das zur Bindung im Körper nötige Kochsalz fehlte. In direktem Zusammenhang hiermit steht die zweite Erscheinung, die von vielen Bergsteigern und Touristen besonders in der Anfangszeit ihres Bergsteigens schon beobachtet worden ist. Erfahreneren Touristen pflegt das nicht zu geschehen, unerfahrene aber geraten gelegentlich in die Lage, daß sie sich übermäßig anstrengen und heftigen Durst empfinden, und daß sie nun aus jeder Quelle oder jedem Wasserlauf trinken, aber ihren Durst nur ganz vorübergehend löschen können. Im Gegenteil, populär wird gesagt, je mehr man trinkt, desto durstiger würde man. Auch dies hängt offenbar so zusammen, daß infolge der starken Salzverluste mit dem Schweiß das verlorene Reduktionswasser nicht wieder angesetzt werden kann. Sobald man etwas genießt und damit in der Regel Kochsalz zuführt, kann man seinen Durst wieder löschen. Unterwegs ist die Durststillung durch den Mangel an Salz erschwert. Wir haben den Versuch gemacht, bei anstrengenden Bergbesteigungen außerhalb dieser Versuche unterwegs mehr Kochsalz zu uns zu nehmen, als es in der Regel in dem Proviant enthalten ist, und wir meinten subjektiv einen günstigen Erfolg zu verspüren, indem wir den Durst nun leichter löschen konnten.

Ist unsere Deutung der letztbesprochenen Erscheinung richtig, so würde für die Allgemeinempfindung des Durstes eine interessante Schlußfolgerung gezogen werden müssen, daß sie nämlich mit den Verhältnissen der Wasserreservoirs im Körper zusammenhängt, und daß nicht etwa eine gesteigerte Konzentration des Blutes den Durst hervorruft.

Bei Betrachtung unserer Kurven fällt übrigens auf, daß trotz bestehenden Chlormangels der Ansatz des Wassers im

Körper doch nicht völlig aufgehoben ist. Die gestrichelten, der chlorarmen Ernährung entsprechenden, Kurven steigen langsamer an als die Normalkurven, aber sie steigen doch wieder an. In einem gewissen Umfange vermag also der Körper Wasser doch auch ohne die entsprechende Menge von Salz anzusetzen, Konzentrationswasser von Tobler. Aus dem Nachweis des Konzentrationswassers folgt, daß Wasser und Salz nicht in einem absolut festen Verhältnis stehen. Wer nach den älteren Auffassungen an das Vorhandensein von Salzlösungen als Flüssigkeiten glaubt, müßte eine Änderung des osmotischen Druckes dieser Flüssigkeit für möglich halten. Die sehr viel einleuchtendere Auffassung M. H. Fischers,¹⁾ der das Wasser an die Kolloide als Quellungswasser gebunden ansieht, rechnet aber vor allem auch mit dem Einfluß der Salze auf die gebundenen Wassermengen. Aus unseren Versuchen geht hervor, daß in gewissen Grenzen eine Unabhängigkeit besteht.

Eine weitere Folge des Kochsalzverlustes ist seinerzeit von Cohnheim und Kreglinger beobachtet worden. Sie fanden nämlich, daß infolge von Chlorabgaben die Salzsäuresekretion im Magen vermindert ist. Tobler²⁾ und Cohnheim³⁾ haben seinerzeit beim Hunde beobachtet, wie leicht Chlorverluste zu einer Störung der Salzsäuresekretion führen, und Rosemann⁴⁾ und Herrmannsdorfer⁵⁾ haben dies unterdes an einem großen Versuchsmaterial bestätigt. Beim Menschen sind zwar die Kochsalzreservoirs recht bedeutend,⁶⁾ aber die damaligen Erfahrungen lehrten, daß sie doch durch Schwitzen erschöpfbar sind. Eine weitere Folge der herabgesetzten Salzsäuresekretion im Magen sei hier noch erwähnt.⁷⁾ Wenn die Ausscheidung des sauren Magensaftes geringer geworden ist, so muß dem Körper damit ein Mittel entzogen werden, sich zu entsäuern, das Gleichgewicht der Säftemasse nach der alkalischen Seite hin zu verschieben.

¹⁾ M. H. Fischer, Pflügers Archiv, Bd. 124, S. 69, 1908.

²⁾ L. Tobler, Diese Zeitschrift, Bd. 45, S. 185, 1905.

³⁾ O. Cohnheim, Münch. med. Wochenschr., 1907, S. 2581.

⁴⁾ R. Rosemann, Pflügers Arch., Bd. 142, S. 208, 1911.

⁵⁾ A. Herrmannsdorfer, ibidem, Bd. 144, S. 169, 1912.

⁶⁾ A. Magnus-Levy, Biochem. Zeitschr., Bd. 24, S. 363, 1910.

⁷⁾ O. Cohnheim, Phys. d. Verdauung u. Ernährung, Berlin 1908.

Diese Entsäuerung des Körpers durch die Magensaftsekretion muß aber der Ermüdung, die ja zum Teil mit der Bildung von Milchsäure in den Muskeln einhergeht, entgegen wirken, und ein Teil der Ermüdungserscheinungen nach starker Muskelarbeit dürfte mit diesen Dingen zusammenhängen.

Die Vermutung eines solchen Zusammenhanges liegt besonders nahe im Hochgebirge, wo im Blute nach der Entdeckung von Galeotti¹⁾ und Barcroft²⁾ organische Säuren, in der Hauptsache Milchsäure, auftreten. Für das Auftreten von solchen Körpern im Harn haben wir ebenfalls einen Beitrag zu liefern. Cohnheim und Kreglinger haben bereits beobachtet, daß ihre Harnen in der Höhe besonders nach starken Anstrengungen Permanganat reduzierten, und wir haben diese Beobachtung wiederholt. Wir haben je 10 ccm Harn mit 3 g konzentrierter Schwefelsäure und dann allmählich so lange mit einer 1%igen Lösung von Kaliumpermanganat versetzt, wie das Permanganat noch reduziert wurde. In folgender Tabelle IX sind die Ergebnisse zusammengefaßt, die Zahlen geben die Kubikzentimeter Permanganatlösung an.

Tabelle IX.

	Cohnheim	Kreglinger	Tobler	Weber
3. VIII. Besteigung .	17	17	17	—
3.—4. » Nacht . . .	16	27	26	15
4.—5. » Ruhe . . .	—	24	—	—
5.—6. » Ruhe . . .	14	—	—	9
5.—6. » Besteigung .	—	24	24	—
6.—7. » Ruhe . . .	24	22	19	16
10.—11. » Besteigung .	39	37	42	—
10.—11. » Nachtharn .	39	—	37	—
11.—12. » Ruhe . . .	18	9	28	—
12.—13. » Ruhe . . .	12	11	21	—

¹⁾ G. Galeotti, Arch. ital. Biol., Bd. 41, S. 80 (1904). Auch A. Aggazzotti, ibid., Bd. 47, S. 55 u. 66 (1907).

²⁾ J. Barcroft, Journ. of Phys., Bd. 42, S. 44 (1911).

Wir dachten zunächst an Körper der Acetongruppe und versetzten die Harne, die besonders starke Reduktion gezeigt hatten, mit Jodlösung und Natronlauge. Es trat auch ein schwacher Geruch nach Jodoform auf, und bei längerem Stehen bildete sich ein geringer gelblicher Niederschlag. Aber die Menge, um die es sich handelte, kann darnach jedenfalls nur sehr gering sein. Wir haben in 50 ccm Harn den Verbrauch an Jod nach den Angaben von Embden³⁾ mit Thiosulfat titriert, der Verbrauch überstieg aber kaum die Fehlergrenzen. Die Zuckerproben gaben die Harne nicht, die Beobachtungen von Barcroft machen es wahrscheinlich, daß es sich um Milchsäure handelt.

³⁾ G. Embden, Handb. d. Bioch. Arbeitsmethoden.