DEUTSCHE MEDIZINISCHE WOCHENSCHRIFT

Redakteur: Prof. Dr. J. SCHWALBE
BERLIN, W. am Karlsbad 5.

Begründet von
Dr. Paul Börner.

Verlag: GEORG THIEME
LEIPZIG, Rabensteinplatz 2.

No. 4.

Donnerstag, den 21. Januar 1904.

30. Jahrgang.

Die Wirkung des Höhen- und Seeklimas auf den Menschen.¹⁾

Von Prof. A. Loewy in Berlin.

M. H.! An dem Aufschwung, in dem sich seit mehr als einem Jahrzehnt die physikalischen Heilmethoden befinden, hat ein Zweig derselben, wenigstens was wissenschaftliche Vertiefung und darauf beruhende exaktere Indikationsstellung betrifft, nur einen beschränkten Anteil genommen: die Klimatotherapie. Während die Wirkungen anderer physikalischer Agentien, wie der hydrotherapeutischen Maßnahmen, der Gymnastik, der Massage auf den gesunden und kranken Körper allseitige Bearbeitung erfahren haben, ist der Einfluß der klimatischen Faktoren bisher nur einseitig studiert worden. Alle neueren Untersuchungen beschäftigen sich ausschließlich mit dem Höhenklima, während sowohl das Seeklima, wie die binnenländischen Niederungsklimate keine Berücksichtigung gefunden haben. Das kommt wohl daher, daß die neueren klimatologischen Studien nicht von klinischen Gesichtspunkten ausgingen, sondern an physiologische Untersuchungen anknüpften, und zwar an die über den Einfluß der verdünnten Luft auf den tierischen und menschlichen Organismus. Und diese Untersuchungen sind ihrerseits wieder durch den pathologischen Symptomenkomplex, der beim Aufenthalt in verdünnter Luft bei dem Einen schon bei geringeren, bei einem Anderen erst bei höheren Graden der Verdünnung einsetzt, und den man als Bergkrankheit zu bezeichnen pflegt, angeregt worden.

Die ersten Untersuchungen, die sich mit der Sauerstoffversorgung und den mit ihr zusammenhängenden Funktionen der Respiration und Zirkulation, sowie mit dem Sauerstoffverbrauch im luftverdünnten Raume beschäftigten, wurden unter Versuchsbedingungen ausgeführt, in denen die Wirkungen der Luftverdünnung ganz rein beobachtet werden konnten, das heißt an Tieren unter Benutzung von Glocken, durch die verdünnte Luft hindurch gesogen wurde, an Menschen unter Verwertung der sogenannten pneumatischen Kammern. Später erst wurden analoge Versuche auf die natürlicheren und für die praktische Verwertung wichtigeren Verhältnisse des Höhenklimas übertragen und im Hochgebirge selbst oder im Luftballon ausgeführt, was natürlich mit erheblicheren technischen Schwierigkeiten verknüpft war. — Nur über das Verhalten des Blutes war man eher durch seine Untersuchung an Höhenbewohnern als beim Aufenthalt in der verdünnten Luft pneumatischer Glocken orientiert.

Aus diesen Untersuchungen ergab sich nun, daß zwischen den Wirkungen der einfach verdünnten Luft und der Höhenluft auf den tierischen Organismus ein erheblicher Unterschied zu konstatieren ist. Höhenluft ist nicht als identisch mit verdünnter Luft zu betrachten, wie im physikalischen Sinne nicht, so auch nicht in ihren physiologischen und therapeutischen Wirkungen. Gemein-

sam ist beiden als besonderes Charakteristikum die Verdünnung der Luft und damit der Mindergehalt an Sauerstoff. Aber dieser bringt, wie sich gezeigt hat, nur einen Teil der Wirkungen des Höhenklimas zu stande; unabhängig von dem verminderten Luftdruck gehen noch andere Wirkungen vom Höhenklima aus, die physiologisch nicht weniger interessant und praktisch nicht weniger wichtig sind, und die beim Aufenthalt in der einfach verdünnten Luft des pneumatischen Kabinetts gar nicht oder nur angedeutet zur Beobachtung kommen. Das Höhenklima muß also noch weitere physiologisch wirksame Klimafaktoren enthalten, als den verminderten Luftdruck, und wir werden hier zunächst an diejenigen denken müssen, die neben der Luftdünnheit das Höhenklima auszeichnen: Die niedrigen Lufttemperaturen, die langdauernde und intensive Insolation, die starke Luftbewegung, eventuell auch die starke elektrische Leitfähigkeit der Luft und ihr starkes elektrisches Potentialgefälle. — Diese Klimafaktoren sind aber nicht dem Höhenklima allein eigentümlich, sie finden sich auch in anderen Klimaten, und speziell ist das Seeklima durch die starke Besonnung, die energische Luftbewegung und hohe elektrische Unipolarität der Luft ausgezeichnet.

Es lag nahe, anzunehmen, daß dieses ähnliche Wirkungen auf den Organismus hervorzurufen geeignet sein müßte, wie das Höhenklima, abgesehen natürlich von den Wirkungen, die die Luftverdünnung als solche zu stande bringt. So naheliegend der Gedanke aber auch ist, und so sehr er durch die praktisch ärztliche Erfahrung von der Gleichartigkeit mancher Wirkungen des Höhen- und Seeklimas gestützt wird, so fehlten bis jetzt doch jegliche Untersuchungen über die physiologische Bedeutung des Seeklimas, wenn wir von den bald 50 Jahre zurückliegenden Versuchen von Virchow¹⁾ absehen, die nur das Verhalten der Körpertemperatur und des Pulses beim Aufenthalte in Misdroy betreffen, und von denen Beneke²⁾ fast ebenso alten, die sich mit der Ausscheidung verschiedener stickstoffhaltiger Bestandteile des Harns — des Harnstoffes und der Harnsäure —, sowie auch der Phosphorsäure befassen, jedoch nicht gut verwertbar sind, da sie den Anforderungen der modernen Stoffwechselmethodik nicht genügen.

Ich habe deshalb in diesem Sommer in Westerland auf Sylt eine größere Untersuchungsreihe gemeinschaftlich mit Herrn Dr. Franz Müller ausgeführt, die sich zunächst mit der Wirkung des Nordseeklimas auf diejenige Funktion beschäftigte, deren Beeinflussung in erster Linie zu erwarten war, nämlich auf den Stoffwechsel, und ich möchte über deren Ergebnisse und im Vergleich damit über die Wirkungen der Höhenluft, über die ich gleichfalls auf mehreren Expeditionen eigene Erfahrungen sammeln konnte, kurz berichten.

Ich beginne mit der Wirkung des Höhenklimas. Fassen wir das Charakteristische dieser mit einem Worte zusammen, so

¹⁾ Nach einem im Verein für innere Medizin zu Berlin am 7. Dezember 1903 gehaltenen Vortrage. (Siehe die Diskussion in der Vereinsbeilage dieser Nummer auf S. 153.)

²⁾ Virchow, Archiv für pathologische Anatomie Bd. 15.

³⁾ Beneke, Über die Wirkung des Nordseebades. Göttingen 1858.

können wir sagen: es wirkt anregend. Das Höhenklima steigert die Tätigkeit einer ganzen Reihe von körperlichen Funktionen. — Aber wir müssen hier sogleich zwei prinzipiell verschiedene Wirkungsarten auseinanderhalten, dauernde und vorübergehende, und dieser Verschiedenheit der Wirkungsweise entsprechen auch verschiedene Ursachen. Festgestellt ist bisher nur eine Dauerwirkung des Höhenklimas, das ist die auf das Blut. Sie wissen, meine Herren, daß über die Veränderungen des Blutes im Hochgebirge, seit Paul Bert zuerst auf sie aufmerksam gemacht hat, eine ganze Literatur entstanden ist. Fast ausnahmslos bestätigt wurde die Tatsache, daß beim Übergang ins Hochgebirge die Zahl der Blutzellen, der Hämoglobingehalt, der Eisengehalt, der Sauerstoffgehalt in der Volumeneinheit Blut zunimmt. Diese Zunahme setzt sogleich beim Übergang in die Höhe ein, erreicht aber nicht sogleich ihr Maximum, sondern setzt sich auch beim Aufenthalt in gleicher Höhenlage noch einige Zeit, zwei bis drei Wochen lang, fort und hält sich dann dauernd auf einem konstanten Niveau, solange der Höhengaufenthalt überhaupt dauert. Kehrt man zur Tiefe zurück, so nimmt auch die Zellenzahl und der Hämoglobingehalt wieder ab, aber es scheint nach den Versuchen von Schaumann und Rosenqvist¹⁾ die Abnahme keine vollständige zu sein, vielmehr eine noch monatelang zu beobachtende Erhöhung über das Niveau, das vor dem Aufenthalt in der verdünnten Luft sich fand, bestehen zu bleiben, eine Erhöhung, die zirka 10 % des ursprünglichen Wertes beträgt. Auch die im Hochgebirge heimischen Menschen und Tiere zeigen in der Volumeneinheit Blut einen erheblich höheren Gehalt an Blutzellen und Hämoglobin, als die Bewohner des Tieflandes.

Diese Befunde sprechen zu Gunsten einer Mehrbildung von Blutzellen und HB und wurden auch von Anfang an so gedeutet, können sie aber nicht beweisen. Bewiesen kann diese erst werden durch Ermittlung des gesamten Hämoglobingehaltes einerseits bei Tieren, die im Hochlande gelebt haben, andererseits bei gleichartigen und gleichgehaltenen, im Tieflande verbliebenen, wenn sich hierbei ein Plus an Hämoglobin zu Gunsten der Höhentiere ergäbe. Derartige Versuche wurden zuerst von Jaquet und Suter²⁾ ausgeführt, die an Kaninchen, die längere Zeit in Davos gelebt hatten, einen höheren Gesamthämoglobingehalt fanden, als bei Geschwistertieren, die in Basel geblieben waren. Während Weiß dieses Ergebnis nicht bestätigen konnte, fand dann Abderhalden³⁾, daß nicht nur die Hämoglobinmenge pro Kilo Körpergewicht bei im Hochgebirge — St. Moritz — gehaltenen Tieren höher ist, als bei gleich genährten im Tieflande, sondern, in Übereinstimmung mit Jaquet und Suter, daß auch die Gesamthämoglobinmenge Ersterer die Letzterer übertrifft. Abderhalden will aber trotz der von ihm gefundenen Tatsachen eine Neubildung nicht recht anerkennen. Er nimmt daran Anstoß, daß die Differenzen des Gesamthämoglobingehaltes im Hoch- und Tieflande viel geringer sind, als die Differenzen in dem Hämoglobingehalt pro ccm Blut. Daraus läßt sich aber doch nur schließen, daß nicht die ganze Differenz, die im Hämoglobingehalt pro Volumeneinheit Blut zwischen den in der Höhe und den im Tieflande gehaltenen Tieren besteht, durch Mehrbildung von Hämoglobin zu erklären ist.

Gelegentlich der von Mitgliedern des Zuntz'schen Laboratoriums unternommenen Expedition zum Monte Rosa⁴⁾ haben Dr. Franz Müller und ich im Berner physiologischen Institut, mit gültiger Erlaubnis des Herrn Prof. Kronecker, gleichfalls Bestimmungen des Gesamthämoglobins vorgenommen. Wir fanden gleichfalls ein Plus im Körper von Hunden, die einige Monate auf dem Brienzer Rothorn, in zirka 2100 m Höhe, gelebt hatten, gegenüber den Geschwistertieren, die in Bern geblieben waren. Weiter aber ergab eine Untersuchung der Hauptbildungsstätte des Blutes, des Knochenmarkes, daß sich dieses bei den Höhentieren ganz anders verhielt, als bei den in Bern gebliebenen: an Stelle des Fettmarkes fand sich bei ihnen rotes Mark, das bei weitem reicher an Blutzellen war, als das Mark jener.

Übersieht man die vorstehend vereinigten Ergebnisse, so dürfte die Annahme einer Anregung der Hämoglobinbildung im Hochgebirge nicht von der Hand zu weisen sein. — Wir kennen auch den Klimafaktor, der sie herbeiführt: es ist die Luft-

verdünnung, denn wie insbesondere Jaquet¹⁾, und in sehr eingehenden Versuchen Schaumann und Rosenqvist²⁾ zeigten, läßt eine Zunahme der Blutzellenzahl und des Hämoglobins zugleich mit Auftreten kernhaltiger Zellen im Blut sich auch erzielen, wenn man Tiere einfach für längere Zeiträume unter einer Glocke in verdünnter Luft hält, wo also die sonstigen Klimafaktoren der Höhenluft ausgeschaltet sind. Daß das intensive Licht des Höhenklimas und niedrige Temperaturen diese Anregung der Blutbildung nicht veranlassen, ist durch besondere Versuche von Meyer³⁾ und Jaquet⁴⁾ erwiesen worden.

Aber diese letzteren klimatischen Faktoren sind darum nicht ohne Einfluß auf das Blutgefäßsystem. Auch sie vermögen den Gehalt des Blutes an Blutzellen zu ändern, jedoch nur vorübergehend und in ganz anderer Weise. Ihre Wirkung beruht auf dem Einfluß, die sie auf die Weite der Blutgefäße der Haut üben. — Insolation und Wärme erweitern die Hautgefäße, Kälte bringt sie zur Kontraktion. Erweitern sich die Hautgefäße, so treten in sie in großer Zahl Blutzellen ein, die zuvor in anderen Gefäßprovinzen weilten; verengern sie sich, so werden zahlreiche Zellen aus ihnen verdrängt, die in anderen Gefäßprovinzen Platz finden müssen. Man kann dadurch, daß man sich wechselweise der Besonnung und Wärme oder der Kälte aussetzt, also die Gefäße der Haut abwechselnd zur Erweiterung und Verengung bringt, willkürlich die Zahl der Blutzellen in den Kapillaren der Haut in wenigen Minuten um Millionen steigern oder um Millionen herabsetzen. Es handelt sich hier also um eine geänderte Verteilung im Gefäßsystem.⁵⁾

Neben dieser sollen nach der Anschauung einiger Autoren auch noch andere Vorgänge Platz greifen. So soll aus dem durch die Kontraktion der Hautgefäße verengerten Strombett Blutplasma in die Gewebsspalten übertreten, sodaß ein wasserärmeres und an festen Bestandteilen und Hämoglobin reicheres Blut im Gefäßsystem zurückbleibt; auch soll, was besonders Grawitz⁶⁾ betont hat, die im Höhenklima gesteigerte Verdunstung in demselben Sinne wirken. Jedoch sind diese Vorgänge nicht allseitig anerkannt und widerstreiten zum Teil den experimentell gefundenen Tatsachen. Dasselbe gilt von der Annahme Abderhaldens,⁷⁾ daß im Höhenklima der Tonus der Blutgefäße erhöht, also dauernd das Blutstrombett verengt ist. Das soll zu einem dauernd an festen Substanzen und an Hämoglobin reicheren Blut führen. Ich möchte auf eine nähere Diskussion dieser Vorstellungen an dieser Stelle nicht weiter eingehen. An praktischer Bedeutung haben sie verloren, seitdem eine wirkliche Neubildung von Hämoglobin im Höhenklima nicht abzuweisen zu sein scheint. Würde eine Eindickung des Blutes im Höhenklima stattfinden, so wäre sie übrigens nicht bedeutungslos; sie wäre mit der durch sie hervorgerufenen relativen Hämoglobinsteigerung ebenso im Stande, die Widerstandsfähigkeit gegen die Luftverdünnung und den mit ihr zusammenhängenden Sauerstoffmangel zu steigern, wie dies die absolute Hämoglobinvermehrung durch Neubildung von Hämoglobin tut.

Ob die Änderungen in der Verteilung der Blutzellen irgend eine physiologische oder therapeutische Bedeutung haben, wie von mancher Seite angenommen wird, ist noch zweifelhaft. Aber die Vorgänge, die zu den Änderungen der Blutverteilung führen, spielen in anderer Richtung eine wichtige Rolle. Indem die Temperatur- und Lichtreize, die vom Höhenklima ausgehen, die Muskeln der Hautgefäße und nicht nur diese, sondern auch die übrigen glatten Muskeln der Haut zu einem häufigen Wechsel von Kontraktion und Erschlaffung bringen, veranlassen sie sie zu einer energischeren Tätigkeit. Die dadurch erzielte Übung des Hautmuskelsystems führt zu einer größeren Widerstandskraft gegenüber den Witterungseinflüssen, zu dem also, was wir Abhärtung nennen. So bringt das Höhenklima

¹⁾ Schaumann und Rosenqvist, Über die Natur der Blutveränderungen im Höhenklima. Zeitschrift für klinische Medizin Bd. 35.

— ²⁾ Jaquet und Suter, Korrespondenzblatt für Schweizer Ärzte 1898.

— ³⁾ Abderhalden, Über den Einfluß des Höhenklimas auf die Zusammensetzung des Blutes. Zeitschrift für Biologie Bd. 43. — ⁴⁾ Die Untersuchungen werden demnächst in extenso publiziert werden.

¹⁾ Jaquet, Höhenklima und Blutbildung. Archiv für experimentelle Pathologie Bd. 45. — ²⁾ Schaumann und Rosenqvist, loco citato. — ³⁾ Meyer, Über den Einfluß des Lichtes im Höhenklima auf die Zusammensetzung des Blutes. Inaugural-Dissertation. Basel 1900. — ⁴⁾ Jaquet, Archiv für experimentelle Pathologie Bd. 45.

— ⁵⁾ Spezielle Versuche darüber siehe bei A. Loewy, J. Loewy, Leo Zuntz: Über den Einfluß der verdünnten Luft und des Höhenklimas auf den Menschen. Pflügers Archiv für die gesamte Physiologie Bd. 66. — ⁶⁾ Grawitz, Über die Einwirkung des Höhenklimas auf die Zusammensetzung des Blutes. Berliner klinische Wochenschrift 1895. — ⁷⁾ Abderhalden, Weitere Beiträge zur Frage nach der Einwirkung des Höhenklimas auf die Zusammensetzung des Blutes. Zeitschrift für Biologie Bd. 43.

aus sich selbst das zu stande, was wir in unserem Klima durch künstliche Mittel, besonders durch hydrotherapeutische Prozeduren, herbeizuführen suchen.

Auch die weiteren uns bekannten Anregungen des Höhenklimas sind nicht oder nur zu einem kleinen Teile auf die Luftverdünnung zu beziehen und sind nur vorübergehender Natur. Hierher gehört die Anregung der Herztätigkeit, die sich in einer, zuweilen beträchtlichen, Steigerung der Pulsfrequenz äußert. Ferner die Steigerung der Atmungsfrequenz und die des in der Zeiteinheit geatmeten Luftvolumens. In der verdünnten Luft der pneumatischen Kammer findet man diese Wirkungen entweder gar nicht oder nur wenig ausgesprochen. Die Steigerungen der Puls- und Atemfrequenz und der Atemgröße sind quantitativ, je nach der erreichten Höhe und der individuellen Erregbarkeit sehr verschieden und ebenso auch in ihrer Dauer wechselnd; sie können wenige Tage dauern oder auch einige Wochen, dann jedoch klingen sie gewöhnlich ab, und bei im Hochlande Heimischen sind überhaupt keine Differenzen gegenüber den Bewohnern des Tieflandes in dieser Beziehung vorhanden. Mittelzahlen für die Steigerung lassen sich nicht gut angeben, doch kann bei Höhen von etwa 2000 m die Pulsfrequenz um 10, auch 20 Schläge höher liegen, als im Tieflande, die Atemfrequenz um 4–6–8 Atemzüge, die Atemgröße um zirka 50% gestiegen sein, sodaß anstatt 4–5 Liter pro Minute 6–7 Liter geatmet werden.

Aber nicht nur bei Körperruhe tritt diese Steigerung zu Tage, auch bei Muskelarbeit liegen alle genannten Werte höher, als für gleiche oder sogar geringere Arbeit im Tieflande. So war bei mir das Atemvolumen, das 1 mkg Steigarbeit zukommt, in zirka 2900 m Höhe um 42%, in zirka 3700 m Höhe um 105% gegenüber den Berliner Werten gesteigert, und bei Leo Zuntz um 112%, bzw. 123%. Man darf, meine ich, diese Steigerungen, wenn sie vielleicht auch im ersten Moment gering erscheinen, nicht unterschätzen. Sie wiederholen sich Minute für Minute. Stunde für Stunde und durch Summation kommen erheblich gesteigerte Arbeitsleistungen der Herz- und Atmungsmuskulatur zu stande, die zu einer Kräftigung dieser führen. Die therapeutische Bedeutung, besonders der gesteigerten Atemmuskeltätigkeit ist in den letzten Jahren ja wiederholt, besonders von Freund¹⁾ hervorgehoben worden, indem er auf die Beziehung dieser, sowie der damit im Zusammenhang stehenden gesteigerten Lungenventilation und Lungendurchblutung einerseits und einer gesteigerten Widerstandskraft gegen Erkrankungen des Lungenparenchyms andererseits hinwies. —

Nicht durch die Luftverdünnung bedingt und gleichfalls vorübergehender Natur ist auch die Anregung derjenigen Funktion, die das meiste Interesse erweckt hat — des Stoffumsatzes. Durch eine ganze Reihe von Untersuchungen ist erwiesen, daß bei den meisten der untersuchten Individuen sich der Gesamtumsatz, gemessen an der Menge des verbrauchten Sauerstoffes und der gebildeten Kohlensäure, beim Übergang in die Höhe auf ein höheres Niveau einstellt und mehr oder weniger lange Zeit, einige Tage bis einige Wochen, auf diesem verharren kann, um dann, wahrscheinlich bei allen, zur Norm zurückzukehren. Diese Wirkung ist schon in 1100 m Höhe von Mermod,²⁾ dann in 1600 m Höhe von Jaquet und Stähelin³⁾ beobachtet worden. Bei Leo Zuntz⁴⁾ betrug sie in 2900 m Höhe mehr als 20%, bei meinem Bruder war sie erst in 3700 m Höhe vorhanden (+ 20%), bei mir auch hier noch nicht. Während aber bei mir und allen anderen daraufhin Untersuchten in mehr als 4000 m Höhe die Steigerung des Ruhegaswechsels vorhanden war und zum Teil, wie bei Leo Zuntz exorbitante Werte erreichte, nämlich zirka 80% des Ruheumsatzes, war bei einem Mitgliede unserer letzten Monte Rosa-Expedition, nämlich bei Dr. Müller, in 4500 m Höhe keine Änderung gegenüber den Werten in Berlin vorhanden. Allerdings hatte sich dieser zunächst drei Wochen in 2100 m Höhe, dann eine Woche in 2900 m Höhe aufgehalten und sich so an das Höhenklima gewöhnt. Dr. Müller verhielt sich so, wie es bei allen an das Höhenklima gewöhnten, dauernd in ihm lebenden Individuen der Fall zu sein scheint. Diese zeigen auch

in bezug auf den Stoffumsatz im Hochgebirge keine Abweichung von den im Tieflande.¹⁾

Auch Muskelarbeit geht bei den aus dem Tieflande kommenden Individuen mit gesteigertem Energieverbrauch einher. Selbst wenn man nicht eine maximale Arbeit leistet, sondern sie nach dem Gefühl des Behagens ausführt, verlangt sie einen weit höheren Stoffumsatz, als im Tieflande.²⁾ — Der gesteigerte Stoffzerfall betrifft, wie besondere Untersuchungen gezeigt haben, in denen neben dem Gesamtumsatz auch der des Eiweißes ermittelt wurde, das stickstofffreie Material, Fette und Kohlehydrate. Erhöhter Eiweißzerfall findet nicht statt. Für das Eiweiß ist von Jaquet und Stähelin³⁾ sogar ein erleichterter Ansatz schon bei Körperruhe im Gebirge behauptet worden. Wir selbst konnten diesen nicht konstatieren. Möglich, daß hier die verschiedene Art der Ernährung eine Rolle spielt. — Ich möchte nochmals hervorheben, daß auch die Steigerung des Stoffumsatzes von der Luftverdünnung nicht abhängig ist, daß also auch hierfür die sonstigen Klimafaktoren des Hochgebirges verantwortlich zu machen sind. Bemerkenswert ist, daß v. Schrötter und Zuntz⁴⁾ bei Auffahrten im Luftballon wohl eine starke Anregung der Atmungstätigkeit, aber keine des Stoffumsatzes an sich konstatieren konnten. Vielleicht wird dieser Befund dazu führen, uns eine nähere Kenntnis davon zu verschaffen, welche Klimafaktoren als die wirksamen zu betrachten sind.

Der vorstehende kurze Überblick zeigt, daß der dem Höhenklima allein zukommende Faktor, eben die Düntheit der Luft, in der Vielfältigkeit der Wirkung bei weitem zurücktritt, gegenüber der der Belichtung, der Luftbewegung, der Temperaturverhältnisse, bezüglich ihrer Kombination, die, abgesehen von der Blutbildung, alle sonst bekannten Höhenklimawirkungen zu erzeugen fähig zu sein scheinen. Ob auch das elektrische Verhalten eine wesentliche Rolle spielt, muß erst durch weitere Untersuchungen aufgeklärt werden. —

Sollte unter diesen Umständen nicht auch das Seeklima ähnliche anregende Wirkungen äußern können, wie das Höhenklima? Ich sehe hier natürlich von derjenigen Höhenklimawirkung ab, die auf Rechnung der ihm speziell eigentümlichen Luftverdünnung kommt und die in der Anregung der Blutbildung besteht. Auch für das Seeklima ist eine Vermehrung der Blutzellenzahl in der Volumeinheit Blut behauptet worden. Ob diese aber wirklich einer Mehrbildung entspricht, ist noch nicht untersucht.

Daß das Seeklima nicht in jeder Beziehung dem Höhenklima entspricht, geht aus seiner Wirkung auf Puls und Atmung hervor. Ihre Frequenz wird nicht, wie im Hochgebirge, gesteigert, im Gegenteil, die Zahl der Pulsschläge und der Atemzüge wird an der See gewöhnlich vermindert. Aber auf einem anderen Gebiete ist eine anregende Wirkung stets auch vom Seeklima behauptet worden, auf dem des Stoffumsatzes. Die einfache Beobachtung, daß an der See bei den meisten Individuen das Nahrungsbedürfnis erheblich gesteigert ist, mußte den Gedanken nahelegen, daß der Stoffumsatz gesteigert sei und zum Ersatz für das mehr verbrauchte Material eine Mehrzufuhr notwendig wird. Unsere Versuche haben uns nun gezeigt, daß diese, wie es scheint, weit verbreitete Anschauung zu einem Teil richtig ist, d. h. in den experimentellen Befunden eine Stütze findet. Das Seeklima vermag ebenso, wie es beim Höhenklima gefunden worden ist, die Verbrennungsprozesse zu steigern, aber ein enger Zusammenhang zwischen dieser Steigerung und dem gesteigerten Appetit dürfte doch nicht vorhanden sein.

Unsere Versuche⁵⁾ wurden an drei Personen ausgeführt, an Dr. Franz Müller, dessen Frau und mir selbst. Wir stellten zunächst in Berlin unseren Ruhe- und Nüchternstoffumsatz in wiederholten Versuchen fest und setzten diese Versuche dann in Westerland 12 Tage lang in gleicher Weise fort. Natürlich beabsichtigten wir nicht, den Stoffumsatz während des Aufenthaltes am Strande selbst zu untersuchen. Daß die direkte Einwirkung

¹⁾ cf. besonders Mossos Untersuchungen an Soldaten der italienischen Alpentruppen. In: Der Mensch auf den Hochalpen. Deutsch. Leipzig 1899. — ²⁾ Vergleiche hierzu: Emil Bürgi, Der respiratorische Gaswechsel bei Ruhe und Arbeit auf Bergen, Archiv für Anat. u. Physiol. 1900; und Schumburg und Zuntz, Zur Kenntnis der Einwirkungen des Hochgebirges auf den menschlichen Organismus, Pflügers Archiv Bd. 63. — ³⁾ Jaquet und Stähelin, l. c. — ⁴⁾ v. Schrötter und Zuntz, Ergebnisse zweier Ballonfahrten zu physiologischen Zwecken. Pflügers Archiv Bd. 92. — ⁵⁾ Die ausführliche Publikation wird an anderer Stelle erfolgen.

¹⁾ Freund, Berliner klinische Wochenschrift 1902.

²⁾ Mermod, Dépression atmosphérique sur l'habitant des montagnes. Inaugural-Dissertation. Lausanne 1877. — ³⁾ Jaquet und Stähelin, Stoffwechselversuch im Hochgebirge. Archiv für experimentelle Pathologie Bd. 46. — ⁴⁾ A. Loewy, J. Loewy und Leo Zuntz, l. c.

der Kälte, des Windes, der Besonnung ihn ändern würden, war klar. Wir wollten vielmehr untersuchen, ob analog wie im Hochgebirge das Niveau des Ruhestoffwechsels höher gerückt wird. Wir stellten daher unsere Versuche des Morgens vor dem Aufstehen, im Bette liegend an, waren also nicht nur während der Dauer der Versuche vor jedem Einfluß derjenigen Klimaelemente, die man als wirksam annehmen mußte, geschützt, sondern hatten uns der Seeluft schon seit 8–10 Stunden, d. h. seit dem Abend zuvor, nicht ausgesetzt.

Wir fanden Folgendes: bei mir selbst war am zweiten Tage unseres Aufenthaltes, nachdem ich am Nachmittag zuvor auf dem Landwege angekommen und mich nur drei Stunden der Seeluft ausgesetzt hatte, der Ruhegaswechsel in Bettwärme um $12\frac{1}{2}\%$ gesteigert. Er betrug 254 ccm Sauerstoffverbrauch pro Minute. Im Mittel war in Berlin ein Sauerstoffverbrauch von 227 ccm pro Minute ermittelt worden. Am nächsten Tage war die Steigerung schon geringer, der Sauerstoffverbrauch betrug nur 247 ccm, am folgenden hatte ich die Berliner Maximalwerte mit 238 ccm erreicht. Auf diesen Werten blieb ich annähernd bis zum Schluß, trotzdem ich weiterhin eine Reihe von Seebädern nahm. Diese hatten also keine weitere dauernde Steigerung des Umsatzes zur Folge. Das Seeklima wirkte auf mich genau in der Art des Höhenklimas. Auch im Hochgebirge war mein Umsatz in der ersten Zeit am meisten gesteigert, um bald wieder abzusinken. Diese Steigerung durch die Höhenluft begann bei mir allerdings erst in Höhenlagen, die weit über den praktisch-ärztlich in Betracht kommenden liegen, nämlich erst bei gegen 4000 m Höhe.

Etwas anders war die Wirkung bei Dr. Müller. Bei ihm war am ersten Tage eine Steigerung von $7\frac{1}{2}\%$ festzustellen, aber diese hielt sich unverändert bis zum Schluß der Versuche 12 Tage lang auf gleicher Höhe! In Berlin verbrauchte Müller 248 ccm Sauerstoff pro Minute, in Sylt 268 ccm am zweiten Tage, 269 am dritten Tage, späterhin 277 ccm und am 12. Tage 274 ccm. Bemerkenswert ist dabei, daß bei Müller die Höhenluft gar keinen Einfluß geäußert hatte. Endlich bei Frau Dr. Müller war eine Steigerung des Umsatzes überhaupt nicht zu finden. Ihre Werte blieben den in Berlin gefundenen vollkommen gleich; letztere schwankten zwischen 184 und 221 ccm Sauerstoff, ihre Westerländer zwischen 195 und 225 Sauerstoff.

Unsere Versuche ergeben also, daß das Seeklima, ebenso wie das Höhenklima, im stande ist, die Stoffwechselprozesse zu steigern, bei dem Einen mehr, bei dem Anderen weniger, bei dem Einen für eine längere Zeit, bei dem Anderen für kürzere, daß es aber auch gegenüber dem Seeklima Personen gibt, die sich refraktär verhalten. Da wir bei zweien von uns den Einfluß sowohl des Höhen- wie des Seeklimas kennen, können wir noch einen weiteren Schluß ziehen, den nämlich, daß die Fähigkeit, durch die Klimaeinflüsse des See- und Höhenklimas eine Anregung des Stoffumsatzes zu erfahren, für See- und Höhenklima individuell verschieden ist: bei dem Einen tritt die Steigerung des Stoffzerfalles sowohl im Gebirge, wie an der See ein, so war es bei mir; bei einem Zweiten nur an der See, nicht im Gebirge, so bei Dr. M., bei einem dritten wird es vielleicht umgekehrt sein. Es wird jedenfalls auch Personen geben, die sich den Reizen beider Klimate gegenüber unempfindlich zeigen.

Bezüglich des an der See gesteigerten Appetites scheint es, daß er nicht eine Folge des erhöhten Umsatzniveaus ist. Bei Frau Dr. M. war das Niveau des Ruheumsatzes das gleiche, wie in Berlin, und doch war vom ersten Tage des Aufenthaltes ab der Appetit beträchtlich gesteigert. Für eine Unabhängigkeit beider von einander sprechen auch die Beobachtungen über den Gang des Körpergewichtes an der See. Eine Reihe von Personen nimmt an der See an Gewicht ab; hier muß entweder der Appetit gesunken sein oder, wenn gesteigert, doch nicht entsprechend dem Stoffumsatz. Bei der Mehrzahl allerdings liegt es umgekehrt: ihr Appetit muß weit mehr erhöht sein, als der Stoffumsatz es erfordert, denn sie nehmen in kurzer Zeit erheblich an Gewicht zu. Wir können danach das Verhalten des Appetites nicht in eine direkte Beziehung zum Verhalten des Stoffwechsels bringen, müssen vielmehr wohl annehmen, daß das Klima den Appetit direkt zu beeinflussen vermag und daß auch eine Appetitsteigerung da, wo sie vorhanden ist, direkt durch das Klima, ohne Rücksicht auf den Gang des Stoffwechsels, angeregt sein kann.

Ich sprach bisher ganz allgemein von Klimawirkungen. Die Frage wäre, welche klimatischen Faktoren denn an dem Zustandekommen dieser Wirkungen beteiligt sind.

Darauf können wir bisher keine ausreichende Antwort erteilen. Nach unserer jetzigen Kenntnis müssen wir von einer wirklichen Klimawirkung sprechen, d. h. von Effekten, die durch das Zusammenwirken verschiedener Klimaelemente zu stande kommen. Gewiß vermag starke Belichtung, niedrige Temperatur, energische Luftbewegung als Reiz auf verschiedene Systeme unseres Körpers, speziell auch auf unseren Stoffumsatz, zu wirken, aber diese Wirkung ist doch eine andere, als die vom Klima ausgehende. Sie hält nur so lange an, wie der Reiz dauert und noch relativ kurze Zeit danach. So sah Rubner¹⁾ nach Douchen von 16⁰ und kühlen Bädern den Umsatz bei einzelnen Personen noch eine Stunde danach erhöht, und auch wir konnten nach unseren Seebädern eine Stunde und etwas länger eine Stoffwechselsteigerung, die höher war, als die durch das Klima allein erzeugte, beobachten. Aber schon nach zwei Stunden war davon nichts mehr zu finden. Eine Wirkung, die sich von einem Tage zum anderen erstreckt, wie im Höhen- und Seeklima, und so zu einer dauernden Steigerung des Umsatzniveaus führt, konnte bisher experimentell nicht beobachtet werden, sie muß bis jetzt als eine spezifische Klimawirkung bezeichnet werden.

Man hat in jüngster Zeit an einen Einfluss des elektrischen Verhaltens der Atmosphäre gedacht. Wir haben sowohl im Gebirge, wie an der See die elektrische Leitfähigkeit der Luft und das elektrische Potentialgefälle untersucht²⁾. Besonders erstere war für die Erklärung der physiologischen Wirkungen ins Auge gefaßt worden. Sie ist im Gebirge sehr hoch, auch besteht eine sehr hohe — negative — Unipolarität. An der See fanden wir, daß die elektrische Leitfähigkeit der Luft nur wenig höher war, als im Binnenlande, aber eine starke und gleichfalls negative Unipolarität war ebenso wie im Höhenklima vorhanden. Dieses Ergebnis stimmt überein mit dem, das Elster und Geitel früher am Lido in Venedig erhalten hatten.

Ob allerdings das zum Teil identische Verhalten der Luftelektrizität im See- und Höhenklima etwas mit deren anregenden Wirkungen zu tun hat, sei es als allein wirksamer Faktor, sei es in Kombination mit anderen, muß noch dahingestellt bleiben. Zu weiteren speziellen Untersuchungen könnte es aber anregen. Wir können bisher nur die Tatsache konstatieren, daß vom Höhen- und Seeklima Reize ausgehen, die geeignet sind, eine Reihe körperlicher Funktionen und nicht zum mindesten den Stoffumsatz energischer zu gestalten.

Detaillierte therapeutische Schlußfolgerungen aus dem Mitgeteilten zu ziehen, möchte ich mir versagen. Sie ergeben sich zum Teil direkt aus dem Vorgetragenen. So die Benutzung des Höhenklimas bei anämischen Zuständen, bei schwacher Herzaktion, bei phthisischem Habitus. — Auch können Untersuchungen, wie die, über die ich Ihnen berichtet habe, nur eine Seite des ganzen Gebietes betreffen und bilden eigentlich mehr die physiologische Grundlage und Erklärung einer Reihe von ärztlich festgestellten Erfahrungstatsachen.

Aber einige allgemeine Schlußfolgerungen möchte ich doch erwähnen: See- und Höhenklima sind jedenfalls keine indifferenten Heilpotenzen, die jedermann ohne weiteres benutzen darf. Sie werden da am Platze sein, wo wir anregen wollen, sie werden da mit Vorsicht zu verwenden sein, wo schon Erregungserscheinungen irgendwelcher Art bestehen. Da See- und Höhenklima eine stärkere Inanspruchnahme unserer Funktionen veranlassen, so werden wir sie nur da verwenden können, wo noch ein gewisser Kräftevorrat vorhanden ist, die Fähigkeit, die geforderte Mehrarbeit zu leisten. Man kann auch nicht wahllos See- oder Höhenklima verordnen, denn trotz vieler Gemeinsamkeiten ist ihre Wirkung auf das einzelne Individuum, wie sich gezeigt hat, doch keine gleiche. A priori können wir heute noch nicht sagen, bei wem das eine sich wirksamer erweisen wird, als das andere oder überhaupt wirksam. Hier wird es Sache weiterer Untersuchungen sein, etwaige Gesetzmäßigkeiten festzustellen. Im speziellen werden sich besondere Versuche mit dem Verhalten des Blutes im Seeklima beschäftigen müssen, um zu ermitteln, ob eine Anregung der Blutbildung etwa auch im Seeklima zu stande kommt. Wäre das der Fall, so würde diese einzige bis jetzt für das Höhenklima spezifisch erscheinende Wirkung ihrer

¹⁾ Rubner, Die Wirkung kurzdauernder Douchen und Bäder auf den respiratorischen Gaswechsel beim Menschen. Archiv für Hygiene Bd. 46. — ²⁾ Die im Gebirge angestellten Messungen hat bereits Herr Dr. Caspari veröffentlicht. cf. Physikalische Zeitschrift Bd. 2.

Ausnahmestellung beraubt werden. Allerdings wird dann durch weitere Untersuchungen festzustellen sein, welcher Klimafaktor denn im Seeklima diese Wirkung hat. Der im Höhenklima wirksame, nämlich die Luftverdünnung, kann ja hier nicht in Betracht kommen.