

Über den Einfluss des Seeklimas und der Seebäder auf den Stoffwechsel des Menschen.

Von

A. Loewy und **Franz Müller** (Berlin).

(Mit 2 Textfiguren.)

Einleitung.

Die Tatsache, dass der Übergang vom Flachlande in das Hochgebirge fast ausnahmslos einen eigentümlichen Einfluss auf den Gesamt-Stoffwechsel hervorzurufen vermag, der sich in einer mehr oder weniger erheblichen und lange andauernden Steigerung des Gaswechsels ausdrückt, kann als erwiesen betrachtet werden. Sie war zu konstatieren in den Untersuchungen, die Zuntz mit Schumburg¹⁾, die Gebr. Loewy mit Leo Zuntz²⁾, Bürgi³⁾, Jacquet und Stähelin⁴⁾ und die Verfasser dieses Aufsatzes mit Zuntz⁵⁾ und drei weiteren Mitarbeitern ausgeführt haben: Sauerstoffverbrauch und Kohlensäurebildung als Mass des Gesamtumsatzes waren in individuell verschiedener Weise gesteigert. Diese Wirkung klingt allmählich ab, bis die vor dem Aufstieg erhaltenen Normalwerte wieder erreicht sind. Man führt letzteres auf eine Gewöhnung des Organismus an die klimatischen Faktoren des Höhenklimas zurück. Damit stimmt überein, dass A. Mosso⁶⁾ bei seinen zahlreichen Beobachtungen an Soldaten der italienischen Alpentruppen keine Änderung des Stoffumsatzes bei ihrem Aufstieg zum Monte Rosa konstatieren

1) Zuntz-Schumburg, Pflüger's Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 63.

2) A. Loewy, J. Loewy, Leo Zuntz, ebenda Bd. 66.

3) Bürgi, Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1900.

4) Jacquet und Stähelin, Arch. f. exper. Pathol. u. Pharmak. Bd. 46.

5) Cf. die vorläufigen Berichte von Loewy, Deutsch. med. Wochenschr. 1901 Nr. 50, von Caspari, ebenda 1902 Nr. 6 u. 9, von Zuntz, Jahresber. f. 1902 d. Sektion Berlin des Deutsch. u. Österr. Alpenvereins.

6) A. Mosso, Der Mensch in den Hochalpen. Leipzig 1899.

konnte. — Der charakteristischste Faktor des Höhenklimas, die Luftverdünnung, kann die Ursache oder wenigstens die alleinige Ursache dieser Wirkung nicht sein, denn Gaswechselbestimmungen in der pneumatischen Kammer bei viel stärkerer Verdünnung als im Hochgebirge ergaben, wie die Versuche des einen von uns¹⁾ zeigten, diese Steigerung nicht.

Selbst Fahrten im Luftballon liessen in den Versuchen von Zuntz und v. Schrötter²⁾ gerade diese Wirkung vermissen, während andere Effekte, z. B. der auf die Atemmechanik, in noch intensiverer Weise als beim Hochgebirgsaufenthalt in Erscheinung traten.

Es müssen also andere klimatische Faktoren für die Wirkung des Hochgebirges auf den Stoffumsatz verantwortlich gemacht werden. Inwieweit das Verhalten der Lufterlektrizität, an die von mancher Seite gedacht wird, in Betracht kommt, lässt sich zurzeit noch nicht mit Sicherheit abschätzen, teils mangels ausreichenden Beobachtungsmaterials über den Gang der Lufterlektrizität im Hochgebirge, teils weil Untersuchungen fehlen, bei denen die Lufterlektrizität allein in ihrem Einfluss auf den Stoffumsatz studiert wurde. Beim Hochgebirgsklima spielen ausserdem die starke Luftbewegung, die starke Sonnenbestrahlung (Insolation) und beträchtliche Temperaturschwankungen eine Rolle. Von ihnen ist ja bekannt, dass sie, solange sie auf den Körper wirken, und eventuell noch einige Zeit danach, energische Reize darstellen und den Stoffumsatz erhöhen. Es ist nun sehr wohl möglich, dass die dauernd höhere Einstellung des Stoffumsatzes während der ersten Zeit des Aufenthaltes im Hochgebirge auf eine eigentümliche Nachwirkung dieser Reize zu beziehen ist, d. h. eine Wirkung, die sich auch beim Ausschluss der direkten Reizung, z. B. beim Aufenthalt im erwärmten, geschlossenen Raum, weiter geltendmacht.

Auf Grund der bisher vorliegenden experimentellen Untersuchungen konnte nun dieser Einfluss auf den Stoffumsatz als ein dem Hochgebirgsklima spezifischer erscheinen. Wir kennen aber neben diesem noch ein zweites Klima, das sich ihm in einer Reihe von klimatischen Faktoren ähnlich verhält: das Seeklima. Auch hier haben wir starke Luftbewegung, erhebliche Insolation, bei allerdings weit geringeren Temperaturschwankungen, die aber gegenüber

1) Loewy, Die Respiration und Cirkulation u. s. w. Berlin 1895.

2) Zuntz u. v. Schrötter, Pflüger's Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 92.

der starken Luftbewegung eine untergeordnete Rolle spielen. Über das Verhalten der Luftelektrizität am Meeresstrande sind wir ebenso wenig genau unterrichtet wie im Hochgebirge. — Es musste sich deshalb die Frage aufdrängen, ob nicht dem Seeklima die gleichen stoffwechselanregenden Wirkungen wie dem Höhenklima zukommen. Diese Frage liegt um so näher, als ja die Praktiker von jeher die anregende Wirkung des Seeklimas behauptet haben. Sie schlossen auf diese allerdings nur indirekt. Sie fanden bei ihren aus dem Binnenlande an die See kommenden Patienten oft anfänglich Abnahme des Körpergewichts, der meist eine erhebliche Steigerung des Appetites und Anregung der gesamten Verdauungsvorgänge folgten, ferner gesteigertes Müdigkeitsgefühl wie nach körperlicher Arbeit, und bezogen all dieses auf eine primäre Steigerung der Verbrennungsprozesse im Körper. Eigentümlicherweise liegt aber über den Einfluss des Seeklimas auf den Stoffwechsel keine einzige von modernen Anschauungen ausgehende Untersuchung vor¹⁾.

Während mehrere Arbeiten, wie die von Virchow²⁾ und eine von Beneke³⁾, sich mit dem Verhalten von Puls, Atmungsform und Gang der Körperwärme beschäftigen, zieht nur eine das Verhalten der Stoffwechsels in Betracht, nämlich die ganz im Beginn der neueren Stoffwechselära im Jahre 1858 von Beneke in Norderney ausgeführte.

Beneke⁴⁾ hat die Stoffwechselendprodukte im Harn bestimmt und will gefunden haben, dass die Harnstoffmenge an der See zunimmt, dass sich Harnsäure und Phosphate dagegen vermindern.

Man könnte nun allerdings einwenden, dass eine direkte Untersuchung des Stoffumsatzes an der See ziemlich müssig ist; denn fände man eine Steigerung desselben, so würde dies nur die uralte, praktische Erfahrung bestätigen können, findet man sie nicht, so würde die durch ärztliche Beobachtung gewonnene Anschauung damit nicht umgestossen werden. Es wäre dann nur der Schluss zu-

1) In der kürzlich erschienenen zweiten Auflage des Handbuches der Ernährungstherapie von v. Leyden-Goldscheider erklärt es Friedrich Müller auf Grund eines ähnlichen Gedankenganges für wünschenswert, Stoffwechselversuche im Seeklima auszuführen, „da es auch von diesem bekannt ist, dass es den Appetit steigert, ohne dass für gewöhnlich eine Körpergewichtszunahme zustande kommt“.

2) Virchow, Archiv für pathol. Anat. u. s. w. Bd. 15.

3) Beneke, Zum Verständnis der Wirkungen der Seeluft und des Seeklimas. Cassel 1873.

4) Beneke, Über die Wirkungen des Nordseebades. Göttingen 1858.

lässig, dass die heute angewendeten Stoffwechselmethoden unzureichend sind zur Feststellung vielleicht kleiner, aber sich dauernd summierender und damit zu einem mächtigen Heifaktor werdender Einflüsse, oder — wenn man mehr Zutrauen zu diesen Methoden hat — dass die Erklärung der tatsächlichen Erfolge anderweitig zu suchen ist.

Nichtsdestoweniger haben wir im August des Jahres 1903 eine Reihe von Selbstversuchen ausgeführt, durch die die direkte Wirkung des Seeklimas und der Seebäder auf den Sauerstoffverbrauch und die Kohlensäureproduktion des Menschen festgestellt werden sollte. Unsere Resultate werden zeigen, dass die Anschauungen der Praxis über die Anregung des Stoffwechsels an der See zu Recht bestehen. Wir liefern also insofern nur eine experimentelle Bestätigung der Erfahrungstatsachen; darüber hinaus aber lassen die Versuche einen tieferen Einblick in den Ablauf der Stoffwechselvorgänge unter dem Einfluss des Seeklimas und der Seebäder erkennen, den man a priori nicht annehmen durfte, und sie erweitern so, unserer Meinung nach, unsere Kenntnisse vom Einfluss des Klimas auf den Menschen in interessanter Weise.

Versuchsplan.

Der Versuchsplan war folgender: Es sollte unter genau gleichen äusseren Bedingungen der Gaswechsel an drei gesunden Personen zunächst in Berlin festgestellt werden. Die Respirationsversuche wurden entweder am völlig nüchternen Individuum frühmorgens bei Bettruhe ausgeführt oder im Laufe des Vormittags mindestens drei Stunden nach einem knappen, speziell eiweissarmen Frühstück, das aus 50—60 g Weissbrot und ca. 100 ccm Kaffee bzw. Tee bestand. Wir wissen, dass eine derartige Nahrungsaufnahme nach drei Stunden keine Steigerung des Stoffumsatzes mehr bedingen kann, so dass also auch die so gewonnenen Resultate als Nüchternwerte zu betrachten sind. Für die Richtigkeit dieser Anschauungen bilden übrigens unsere Versuche insofern einen neuen Beweis, als ihre Ergebnisse vollkommen übereinstimmen mit den an den gleichen Individuen schon früher in völlig nüchternem Zustand, natürlich bei gleichem Körpergewicht, erhaltenen Werten. So wurde ein Mittelwert für den normalen Ruhegaswechsel gewonnen. Wir fuhren nun auf dem Landwege direkt nach einem der Nordseebäder, und zwar

wurde diejenige Nordseeinsel gewählt, welche sich durch ein besonders scharfes Seeklima und guten Wellenschlag auszeichnet, nämlich Sylt. In Westerland wurden die Versuche genau in der gleichen Weise wie in Berlin fortgesetzt. Während der ersten fünf Tage des Aufenthaltes bestimmten wir wiederum an jeder der drei Versuchspersonen, d. h. an Frau Dr. Müller, A. Loewy und Franz Müller, in nüchternem Zustand den Ruhegaswechsel. Gebadet wurde noch nicht, dagegen setzten wir uns während des Tages, soweit es das Analysieren der Gasproben zuliess, dem Einfluss der Seeluft durch Aufenthalt am Strande aus. Wir lebten also nicht anders, als auch sonst die Besucher der Bäder zu tun gewöhnt sind. Nachdem so ein etwaiger Einfluss des Klimas studiert war, wurden 3—6, später 6—8 Minuten dauernde Seebäder genommen; dabei lag es uns natürlich fern, den direkten Einfluss des kalten Seebades zu studieren, denn dass dieses eine ganz erhebliche Wirkung auf den Stoffwechsel haben musste, konnte als feststehend betrachtet werden. Summiert sich ja hier zu dem Kältereiz, der oft eine kolossale Steigerung des Verbrauchs bewirkt, wie durch eine Reihe älterer und neuerer Versuche bekannt ist (von Liebermeister, Speck, Loewy u. a.), noch der mechanische Reiz des Wellenanpralls sowie der chemische Reiz des Salzgehalts und eventuell anderer Bestandteile des Seewassers.

Es war weiter vor auszusehen, dass die stoffwechselsteigernde Wirkung der Seebäder noch einige Zeit nach Beendigung des Bades anhalten würde, wenn man nicht dafür sorgte, dass nach Verlassen des Bades alsbald durch kräftiges Massieren und Frottieren der Haut die sogenannte „Reaktion“ hervorgerufen würde, d. h. wenn nicht das mit Rötung und Sukkulenz der Haut verbundene, angenehme Wärmegefühl eintrat. Es wurde daher in allen Fällen darauf gesehen, dass niemals nach Beendigung des Bades irgendwelches Kältegefühl, Frösteln oder Unbehagen entstand. Kürzere oder längere Zeit nach dem Bade begaben wir uns nach Hause, legten uns auf die Chaiselongue, bedeckten uns gut mit Decken, und erst dann nachdem wir längere Zeit ebenso behaglich warm, wie bei Bettruhe verweilt hatten, begann die Untersuchung des Gaswechsels. An diesen Badetagen wurde nur frühmorgens ein ebenso knappes Frühstück eingenommen, wie dies in Berlin vor einzelnen Versuchen der Fall gewesen war, und auch hier verflossen zwischen Nahrungsaufnahme und Versuch mindestens 3—5 Stunden. Die Versuche sind also in jeder Beziehung den in Berlin ausgeführten analog.

Methodik.

Zur Bestimmung des Gaswechsels bedienten wir uns der modifizierten Zuntz-Geppert'schen Methode. Geatmet wurde bei durch eine Nasenklemme verschlossener Nase mittelst Kautschukmundstücks und sogenannter (Speckscher) Darmventile, die, wie wir uns wiederum überzeugt haben, was Dichtigkeit und geringen Widerstand anbelangt, alle Ventile anderer Konstruktion übertreffen. Die Ausatemungsluft wurde in einer kleinen, sogenannten trockenen Gasuhr gemessen, die von uns zuvor geeicht war. Die Uhr enthält eine Einrichtung zur automatischen Entnahme einer Durchschnittsprobe der Expirationsluft, die in einem 200 ccm fassenden Rohr aufgesammelt wird. Es wurden je 200 ccm entnommen, um Doppelanalysen von je 100 ccm ausführen zu können. Die damit gegebene Kontrolle der Ergebnisse erwies sich allerdings als unnötig, denn fast durchgängig betrugen die Differenzen der Zusammensetzung der beiden Luftproben nur wenige Hundertstel Prozent. Die Analyse selbst geschah volumetrisch in der Zuntz-Geppert'schen Analysenwanne, wobei die Kohlensäure durch Kalilauge, der Sauerstoff durch in destilliertem Wasser befindliche Phosphorstangen absorbiert wird.

Da die zu erwartende Wirkung des Seeklimas von dem meteorologischen Verhalten der Atmosphäre abhängig sein musste, so war es notwendig, sich einen Überblick über diese Faktoren zu verschaffen. Bei den Inseln der holsteinischen

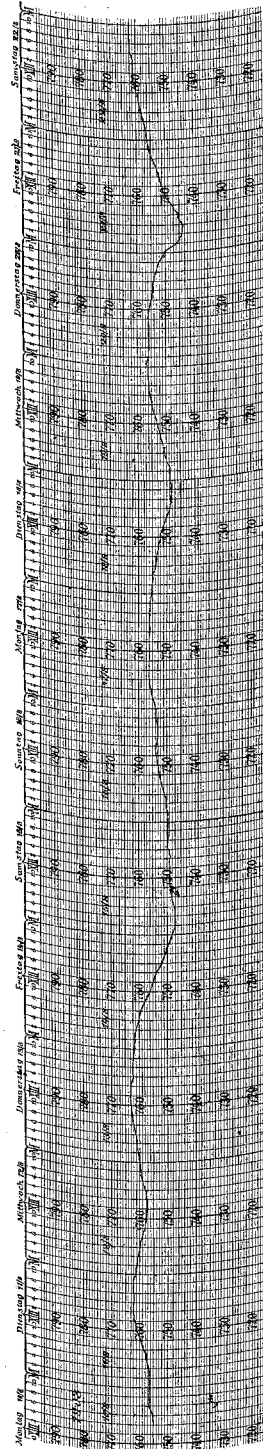


Fig. 1.

Küste liegen die klimatischen Verhältnisse so, dass „Seeklima“ beim Herrschen westlicher, südwestlicher oder nordwestlicher Winde, die über das Meer streichen, besteht. Weniger ausgeprägtes Seeklima bringen nordöstliche und südöstliche Winde, während reiner Ostwind (Landwind) eine weiche, milde, oft schwüle Luft bei meist ruhigem Meer zur Folge hat. Von Sylt ist nun bekannt, dass hier während der Sommermonate fast ausschliesslich westliche Winde wehen, also wirkliches Seeklima herrscht. Auch wir konnten diese Tatsache erfreulicherweise während der zwölf Versuchstage bestätigen, da wir nur zwei Tage Landwind und ruhiges Wetter, sonst stets scharfe westliche Winde und starke Brandung hatten. Eine Übersicht über den Gang der Klimafaktoren gibt die im Anhang beigelegte meteorologische Tabelle II und die Kurve, aus denen der Verlauf des Barometerdrucks, die täglichen Temperaturschwankungen, die Maxima und Minima der Temperatur, Richtung und Stärke des Windes, die Art der Bewölkung und der Niederschläge zu ersehen sind. Für Überlassung des notwendigen Materials sind wir Herrn Kapitän Ohlsen, Vorstand der meteorologischen Station auf Westerland, zu lebhaftem Danke verpflichtet. Ausser diesen Faktoren untersuchten wir selbst in einer grösseren Anzahl von Versuchen das elektrische Zerstreungsvermögen und Potentialgefälle der Luft. Die Versuche wurden vermittelst des bekannten Elster-Geitel'schen Apparates und der Exner'schen Stocklampe meist auf der Düne, einige Male am Strande ausgeführt.

Die Ergebnisse dieser Versuche sind auf Tabelle I des Anhangs vereinigt¹⁾.

Gerade die Bestimmung der Lufterlektrizität erschien uns wichtig, weil wir die gleichen Versuche im Hochgebirge gemacht haben²⁾ und ein Vergleich der dort und jetzt erhaltenen Werte in Beziehung zu den Ergebnissen der Gaswechseluntersuchungen eventuell einen Rückschluss darauf erlaubt, inwieweit das elektrische Verhalten der Atmosphäre die Resultate beeinflusst.

Eine Betrachtung der Tabellen macht es dem Leser möglich, sich ein Bild von der während der Versuchszeit herrschenden Witterung zu machen.

Es bleiben nun nur noch einige Bemerkungen über die Lebens-

1) S. auch *Physikalische Zeitschrift* Jahrg. 5 Nr. 11 S. 290. 1904.

2) W. Caspari, *Ebenda* Jahrg. 3 S. 521. 1902.

weise, die wir während der Versuchstage einhielten. Am 11., 12. und 13. August wurden frühmorgens von 6 Uhr ab an jedem von uns vor Einnahme des Frühstücks Respirationsversuche ausgeführt, am 14. solche an Loewy und Müller. Es folgte das Frühstück und die Ausführung der Analysen der gewonnenen Gasproben, dann Aufenthalt am Strande bis zu dem gegen 2 Uhr eingenommenen Mittagessen. Nach kurzer Ruhe wiederum ein ca. vierständiger Strandaufenthalt. Zwischen dem 14. und 16. August wurden die ersten Bäder genommen (Loewy badete vom 15. ab täglich, Frau M. begann am 14. und pausierte, jeden dritten Tag, Dr. M. badete am 16., 18., 19., 20.). Nach jedem Bade wurde der Körper energisch frottiert bis zum Eintreten angenehmen Wärmegefühls, sodann suchten wir die Wohnung auf und nahmen auf der Chaiselongue eine bequeme Ruhelage ein, die bis zum Beginn der Atmung am Apparat stets mindestens eine halbe Stunde dauerte. Es folgte ein 15–20 Minuten dauerndes Atmen durch die Gasuhr, und jetzt erst wurde mit dem eigentlichen Respirationsversuch begonnen. Dabei wurde immer dafür gesorgt, dass das nach dem Bade eingetretene behagliche Wärmegefühl durch gutes Zudecken erhalten blieb. Auch an diesen Tagen, an denen gebadet worden war, wurde die freie Zeit am Nachmittag durch Aufenthalt am Strande ausgefüllt.

Ergebnisse ¹⁾.

I. Einfluss des Seeklimas auf den Gaswechsel.

Wir geben im folgenden, zunächst für jede der drei Versuchspersonen getrennt, die Werte des Ruhegaswechsels, die vor der Reise in Berlin gewonnen wurden, sodann die während der ersten Tage unseres Aufenthaltes auf Sylt erhobenen, an denen noch keine Bäder genommen wurden. Mit ihnen vereinigt sind einige aus den späteren Tagen, die ebenfalls frühmorgens, d. h. also vor dem Bade, gewonnen sind.

A. Frau M.: Körpergewicht 54,72 kg, Grösse 164,5 cm, grazil gebaut, leichte Chlorose.

¹⁾ Eine Zusammenstellung der Analysendaten aller Versuche findet sich in der Tabelle III des Anhangs.

Tabelle A.

Vorversuche in Berlin (Frau M.).

Ver- suchs- num- mer	Datum	Atem- volumen reduziert	Kohlen- säure- bildung pro Min.	Sauerstoff- verbrauch pro Minute	Resp.- Quotient	Bemerkungen
1	12. Juli 1903	4114,5	169,1	213,5	0,798	Alle Versuche sind früh- morgens nüch- tern bei Bett- ruhe angestellt
2	12. " 1903	3829,3	176,9	214,1	0,827	
3	13. " 1903	3426,6	153,5	193,3	0,794	
4	13. " 1903	3596,1	166,5	197,1	0,845	
5	17. " 1903	3486,3	146,8	184,4	0,796	
6	18. " 1903	3669,8	156,7	198,1	0,791	
7	23. " 1903	4278,2	184,8	220,7	0,837	
8	" " 1903	4374,6	184,2	218,3	0,844	
Mittel		3844,4	167,3	204,9	0,816	

Versuche auf Sylt.

1	11. Aug. 1903	4523,5	178,3	222,1	0,802	Alle Versuche sind früh- morgens nüch- tern bei Bett- ruhe angestellt
2	12. " 1903	4636,9	166,5	211,4	0,787	
3	13. " 1903	4116,2	153,5	194,7	0,789	
4	15. " 1903	4853,9	180,6	220,8	0,818	
5	19. " 1903	4591,3	178,1	224,7	0,793	
Mittel		4544,4	171,4	214,7	0,798	

Die acht Berliner Vorversuche zeigen unter sich Schwankungen, die etwas höher sind, als man sie bei an Atemversuche gewöhnten Personen zu finden pflegt. Wenn wir aus ihnen einen Mittelwert ziehen, so werden doch bei Betrachtung der eventuellen Änderungen, die Seeklima und Bäder zur Folge gehabt haben, auch die Minimal- und Maximalwerte zu berücksichtigen sein. In Berlin betrug der Mittelwert:

Für das Atemvolumen 3844,4 ccm pro Minute

Für die Kohlensäureproduktion . 167,3 " " "

Für den Sauerstoffverbrauch . . 204,9 " " "

Demgegenüber stellt sich der Mittelwert aus den fünf Sylter Versuchen:

Für das Atemvolumen auf 4544,4 ccm pro Minute

Für die Kohlensäureproduktion auf . 171,4 " " "

Für den Sauerstoffverbrauch . . . 214,7 " " "

Das Plus von 10 ccm im Sauerstoffverbrauch kann nicht sicher als eine durch klimatische Einflüsse bedingte Steigerung betrachtet

werden. Zunächst ist das Atemvolumen in Sylt um fast einen Liter höher und bewirkt an sich schon durch die gesteigerte Atemarbeit einen 5—10 ccm betragenden Mehrverbrauch von Sauerstoff. Ferner aber stehen bei den Sylter Versuchen die höchsten Werte auf demselben Niveau wie die in Berlin erhaltenen, und der erzielte höhere Durchschnitt kommt nur dadurch zustande, dass in der geringeren Zahl der Versuche nur ein an der unteren Grenze des Verbrauchs liegender Wert gefunden wurde. Wir müssen daher sagen, dass bei dieser Versuchsperson ein Einfluss des Seeklimas, und zwar eines, wie gesagt, während unseres Aufenthaltes stark ausgeprägten Seeklimas, auf den Gaswechsel nicht konstatiert werden kann. Dabei ist es bemerkenswert, dass Frau M. sich subjektiv auf Sylt viel wohler fühlte, einen erheblich stärkeren Appetit als in Berlin entwickelte und die chlorotischen Beschwerden progredient zurückgingen. — Anders liegen die Verhältnisse bei den zwei anderen Versuchspersonen.

B. A. Loewy: Körpergewicht 60 kg, Körpergröße 155 cm, untersetzt, ziemlich fettreich.

Tabelle B.
Vorversuche in Berlin (Loewy).

Ver- suchs- num- mer	Datum	Atem- volumen reduziert	Kohlen- säure- bildung pro Min.	Sauerstoff- verbrauch pro Minute	Resp.- Quotient	Bemerkungen
1	24. Juli 1903	4406,9	181,1	238,2	0,760	4 Stunden u. d. im Text genannten ge- ringen Frühstück 3 Stunden nach dem Frühstück. Bei allen Versuchen bequeme Ruhelage auf der Chaiselongue
2	24. „ 1903	4190,0	172,2	216,9	0,794	
3	27. „ 1903	4952,1	187,7	239,3	0,784	
4	27. „ 1903	4691,6	187,2	230,1	0,813	
5	3. Aug. 1903	4506,3	182,5	222,2	0,822	
6	3. „ 1903	4054,3	165,4	215,3	0,768	
Mittel		4466,9	179,3	227,0	0,790	

Versuche auf Sylt.

1	11. Aug. 1903	4956,7	207,7	254,3	0,817	} Alle Versuche sind früh- morgens nüch- tern bei Bett- ruhe angestellt
2	12. „ 1903	4996,7	202,4	247,8	0,816	
3	13. „ 1903	5007,7	189,8	238,9	0,794	
4	14. „ 1903	5255,1	203,9	236,5	0,862	
5	21. „ 1903	5074,2	201,4	233,9	0,861	

Als Mittelwert aus den sechs Berliner Versuchen, deren Maxima und Minima relativ wenig auseinanderliegen, ergibt sich:

Für das Atemvolumen . . .	4466,9	ccm	pro Minute
Für die Kohlensäureproduktion	179,3	"	" "
Für den Sauerstoffverbrauch .	227,0	"	" "

Bei Loewy führt nun schon ein Seeaufenthalt von wenigen Stunden zu einer beträchtlichen Steigerung des Gaswechsels.

Wir fuhren, wie erwähnt, direkt auf dem Landweg am 10. August nach Hoyerschleuse. Es folgte eine zweistündige Überfahrt über das vollkommen ruhige Wattenmeer. Um 5 Uhr trafen wir in Westerland ein, wo sofort mit der Einrichtung unseres kleinen Laboratoriums begonnen wurde. Gegen 7 Uhr abends kamen wir an den Strand, wo wir uns bis gegen 10 Uhr aufhielten. Wir setzten uns also nur drei Stunden dem an diesem Abend allerdings scharfen Südwestwind aus. Dieser verursachte eine starke Brandung, infolge der die Luft auf der am Strande gelegenen Wandelbahn, auf der wir uns aufhielten, einen reichen Kochsalzgehalt enthielt. Brillengläser und Bart waren sehr bald von einer dünnen Salzschrift überzogen. Am nächsten Morgen betrug bei Loewy:

Das Atemvolumen . . .	4956,7	ccm	pro Minute
Die Kohlensäureproduktion	207,7	"	" "
Der Sauerstoffverbrauch .	254,3	"	" "

Der letztgenannte war also deutlich gesteigert bei einem nur um etwa $\frac{1}{2}$ Liter gesteigerten Atemvolumen. Diese Steigerung des Verbrauchs muss als eine reelle betrachtet werden, da sie nicht nur weit über dem Durchschnitt, sondern auch weit über dem maximalen Wert des in Berlin festgestellten Umsatzes liegt. Aber diese Wirkung klingt sehr bald ab. Trotz andauernd starken Seewindes, scharfen Seeganges und eines mehr als einen halben Tag dauernden Aufenthaltes am Strande geht am nächsten Tage bei gleich hohem Atemvolumen die Kohlensäureproduktion und der Sauerstoffverbrauch zurück auf 202,4 bzw. 247,8 ccm. Am dritten Tage sind die Werte zu den Berliner Maximalwerten zurückgekehrt:

Kohlensäureproduktion	189,8	ccm	pro Minute
Sauerstoffverbrauch .	238,9	"	" "

Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass der Wind nach Osten umgeschlagen, also Landwind eingetreten war. Die Luft war weich und auch die Dünung eine geringere geworden. Auf diesem am dritten Tage gewonnenen Werte erhält sich der Gaswechsel bis

zum Ende des Aufenthaltes, d. h. zehn Tage fast konstant, trotzdem bald wieder kräftige Seewinde und starker Wellenschlag eingesetzt hatten. Auch die inzwischen genommenen sieben Bäder hatten also keine bleibende Steigerung des Verbrauchs zur Folge.

Wiederum anders war der Effekt bei der dritten Versuchsperson.

C. Franz Müller: Körpergewicht 70 kg, Körpergrösse 170 cm, mässiges Fettpolster.

Tabelle C.

Vorversuche in Berlin (Müller).

Ver- suchs- num- mer	Datum	Atem- volumen- reduziert	Kohlen- säure- bildung pro Min.	Sauerstoff- verbrauch pro Minute	Resp.- Quotient	Bemerkungen
1	28. Juli 1903	4967,0	220,0	251,7	0,874	3 Std. n. d. Frühstück. Bequeme Lage auf der Chaiselongue
2	28. „ 1903	5411,6	218,6	246,9	0,885	
Mittel		5189,3	219,3	249,3	0,889	Mittel aus 3 Versuchen
März/April 1901		—	196,1	248,2	0,790	

Versuche auf Sylt.

1	11. Aug. 1903	5336,0	218,2	268,4	0,813	Alle Versuche sind frühmorgens nüch- tern bei Bettruhe oder auf der Chaise- longue ausgeführt
2	12. „ 1903	4997,1	224,9	269,3	0,835	
3	13. „ 1903	5525,7	231,5	272,4	0,850	
4	14. „ 1903	5564,1	216,4	258,2	0,838	
5	21. „ 1903	5152,8	214,9	274,4	0,783	
Mittel		5315,1	221,2	268,5	0,824	

Bei M. wurden in Berlin nur zwei Versuche ausgeführt, da die erhaltenen Werte vollkommen mit den zwei Jahre vorher in Berlin festgestellten übereinstimmten. Der Mittelwert dieser zwei auch unter sich gut stimmenden Zahlen ist daher als Normalwert zu betrachten.

Für das Atemvolumen . . . 5189,3 ccm pro Minute

Für die Kohlensäureproduktion 219,3 „ „ „

Für den Sauerstoffverbrauch . 249,3 „ „ „

Auf Sylt war auch bei dieser Versuchsperson vom ersten Tage ab eine Steigerung des Stoffumsatzes zu beobachten. Wenn diese auch, absolut genommen, geringer ist als bei Loewy (nämlich 7,6 %

gegenüber 12 ‰), so ist sie doch dadurch besonders interessant und als nicht zufällig, sondern wirklich durch das Klima bedingt anzusehen, dass sie eine dauernde ist und sich während der ganzen Aufenthaltszeit auch annähernd auf der gleichen Höhe hält. Der niedrigste Wert am vierten Versuchstage ist vielleicht auf das vorübergehend herrschende milde Wetter zu beziehen. Eine deutliche Gewöhnung an das Seeklima, wie sie bei Loewy anzunehmen ist, ist hier, während der zwölfstägigen Versuchsdauer wenigstens, nicht zu erkennen. —

Vergleichen wir die Ergebnisse an uns Dreien, so zeigen sich deutliche, individuelle Differenzen der Klimawirkung. Während sich bei der einen Versuchsperson (Frau M.), bei der man vielleicht gemäss ihrer Körperkonstitution und leichteren Erregbarkeit, eine besonders starke Einwirkung der Seeluft erwarten durfte, tatsächlich kein Effekt bezüglich des Niveaus des Ruhestoffwechsels zeigte, sehen wir bei Loewy eine im Anfang erhebliche, aber sehr schnell abklingende Steigerung desselben; bei Müller ist die gleichfalls vorhandene Steigerung eine etwas geringere, bleibt jedoch während der ganzen Versuchsdauer konstant.

II. Einfluss der Seebäder auf den Gaswechsel.

Wie schon einleitend erwähnt, hatten wir nicht die Absicht, das Verhalten des Gaswechsels im Seebade selbst oder sofort danach festzustellen, sondern wir wollten untersuchen, ob etwa eine bis dahin noch nicht erwiesene, länger dauernde Nachwirkung bestehe, durch die der Ruhegaswechsel noch zu einer Zeit gesteigert ist, in der weder subjektiv ein Erregungszustand noch objektiv irgendwelche stärkere Änderung des Pulses oder der Atemfrequenz sowie des Verhaltens der Haut zu beobachten ist. Subjektiv ganz unbeeinflusst war der körperliche Zustand zu der Zeit, in der wir unsere Versuche anstellten, d. h. $\frac{3}{4}$ — $4\frac{3}{4}$ Stunden nach dem Bade, allerdings nicht in allen Fällen. Aber die eigentümliche Müdigkeit und das Schlafbedürfnis, das sich bei uns bisweilen bemerkbar machte und ja vielfach von Besuchern der Seebäder beobachtet wird, hätte den Gaswechsel eher auf sein Minimum bringen als ihn anregen müssen. Dieser Zustand äusserte sich auch objektiv während des eigentlichen Respirationsversuches in einer zuerst von A. Mosso näher beschriebenen Art, d. h. in einer Änderung der Atemmechanik. Mosso wies darauf hin, dass die Atmung im Schlaf eine ungleich-

mässige wird, dass die einzelnen Atemzüge sich nicht in gleichen Pausen folgen, und dass ihre Tiefe sehr erheblich wechselt. Der Atemtypus des Schlafenden gleicht oft dem sogenannten Cheyne-Stokes'schen Typus. Etwas Ähnliches konnten wir, wie gesagt,

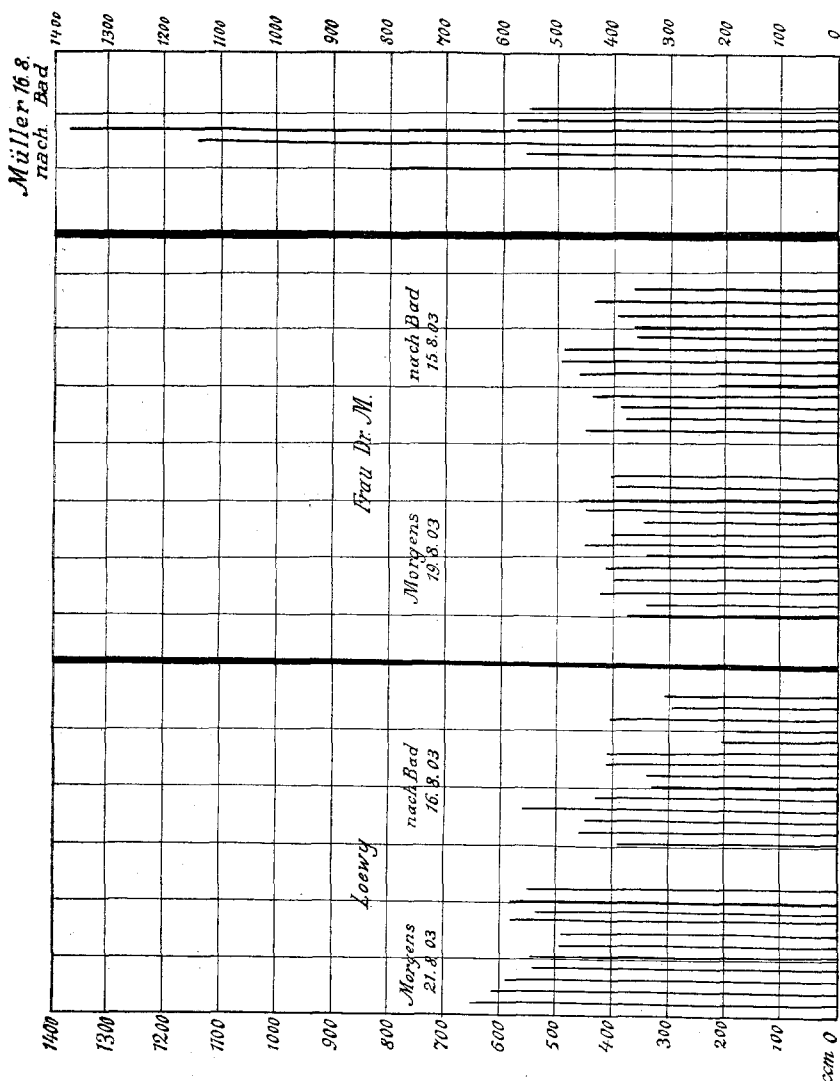


Fig. 2.

auch in unseren Versuchen beobachten. Auch hier war die Folge der einzelnen Atemzüge oft eine ungleichmässige, und die Intervalle zwischen ihnen wechselten; jedoch können wir dafür einen objektiven Beleg nicht beibringen, da wir keine Einrichtung zur graphischen

Wiedergabe der Atemzüge besaßen. Ausserdem wechselte die Tiefe der einzelnen Atemzüge in viel erheblicherer Weise, als dies in den nicht durch Bäder beeinflussten Versuchen der Fall war. Als Beispiele geben wir das auf S. 463 angegebene Diagramm.

In ihnen zeigen die einzelnen Vertikalstriche die pro Atemzug expirierten Kubikzentimeter Luft an. Der Umfang des einzelnen Atemzuges wurde direkt an der Gasuhr abgelesen und notiert. Die Zahl der Vertikalstriche entspricht der Anzahl der während je einer Minute erfolgten Atemzüge; sie sind in gleichen Abständen verzeichnet, obwohl — wie eben hervorgehoben — die Zeitintervalle zwischen je zwei Atemzügen nicht stets gleich waren.

Am meisten beeinflusst zeigt sich die Atemmechanik bei Dr. M., weniger, aber noch sehr deutlich bei L., am geringsten war der Effekt auch hier bei Frau M.

Aber nicht nur die Atemmechanik, sondern auch der Atmungschemismus zeigt, wie unzweideutig aus der folgenden Tabelle D hervorgeht, noch längere Zeit nach Verlassen des Bades eine deutliche Änderung.

(Siehe Tabelle D auf S. 465.)

Die erreichte Steigerung des Ruhegaswechsels ist ebenso wie die durch Einwirkung des Seeklimas bedingte eine individuell verschieden grosse. Sie ist aber wenigstens während der ersten Stunden nach dem Bade eine erheblichere als die durch die klimatischen Faktoren allein hervorgerufene.

Interessant ist, dass die Beeinflussung der Atemmechanik und des Atmungschemismus bei uns ganz parallel gingen. Ein Vergleich obiger Diagramme mit den mitgeteilten Werten lässt erkennen, dass in beiden Fällen die geringste Änderung bei Frau M., die erheblichste bei Dr. M. erhalten wurde, und dass Loewy in der Mitte steht. —

Wir sahen bei Frau M. keinen Einfluss des Klimas, dagegen ist in drei von vier Versuchen eine durch das Bad bedingte deutliche Steigerung des Ruheumsatzes zu konstatieren, die im zweiten Versuche noch $3\frac{3}{4}$ Stunden nach dem Bade fortbesteht. Bei Loewy ist $4\frac{3}{4}$ Stunden nach dem Bade keine Wirkung mehr zu sehen, dagegen ist in drei Versuchen noch $1\frac{5}{4}$ Stunden nach Beendigung des Bades ein deutlicher, und zwar stärkerer Effekt als bei Frau M. festzustellen. Während das Klima allein bei ihm als höchste Steigerung einen Sauerstoffverbrauch von 254,3 ccm am

Tabelle D.

Versuche auf Sylt,

betreffend die Nachwirkung der Bäder.

Ver- suchs- num- mer	Datum	Atem- volumen reduziert	Kohlen- säure- bildung pro Minute	Sauerstoff- verbrauch pro Minute	Resp- Quotient	Zeit nach dem Frühstück in Stunden	Zeit nach dem Bade	Bemerkungen
Frau M.								
1	14. August 1903	5142,5	175,9	235,0	0,748	3	1 1/2 Std. n. d. 1. Bade	{ Baddauer 3 Min. Keine Wellen. SO.-Wind 2-3 }
2	14. " 1903	5113,3	181,5	235,2	0,772	5 1/4	" " 1. "	{ Baddauer 3 Min. Keine Wellen. SO.-Wind 2-3 }
3	16. " 1903	4996,1	178,4	217,8	0,819	3	1 1/2 " " 2. "	{ Baddauer 3 Min. Starker Wellenschlag. W.-Wind 5 }
4	20. " 1903	4911,0	180,2	232,1	0,777	2 1/2	1 " " 5. "	{ Baddauer 3 Min. Guter Wellenschlag. W.-Wind 2-3 }
Loewy.								
1	15. August 1903	5292,9	193,7	250,3	0,774	2 3/4	1 1/4 Std. n. d. 1. Bade	{ Baddauer 4 Min. Mässiger Wellenschl. SW.-Wind 4-3 }
2	15. " 1903	4898,3	179,3	242,0	0,741	6 1/4	4 3/4 " " 1. "	{ Baddauer 4 Min. Mässiger Wellenschl. SW.-Wind 4-3 }
3	18. " 1903	6016,5	211,2	267,7	0,789	2 1/2	1 " " 4. "	{ Baddauer 10 Min. Starker Wellenschlag. N.-Wind 2 }
4	20. " 1903	6051,7	212,4	263,9	0,805	3	1 " " 6. "	{ Baddauer 6 Min. Starker Wellenschlag. SW.-Wind 6 }
Müller.								
1	16. August 1903	5769,4	221,5	266,5	0,831	3	1 1/2 Std. n. d. 1. Bade	{ Baddauer 4 Min. Starker Wellenschlag. W.-Wind 5 }
2	18. " 1903	6874,5	255,8	294,2	0,869	2 1/2	3/4 " " 2. "	{ Baddauer 8-10 Min. Starker Wellenschlag. N.-Wind 2 }
3	20. " 1903	6870,8	261,8	283,8	0,922	4	3/4 " " 4. "	{ Baddauer 5 Min. Starker Wellenschlag. SW.-Wind 6 }

ersten Aufenthaltstage bewirkt hatte, finden wir $\frac{5}{4}$ Stunden nach einem sehr kurzen Bade einen Wert von 250,3 ccm, nach 6—10 Minuten dauernden Bädern an späteren Tagen dagegen einen Sauerstoffverbrauch von 263,9 bzw. 267,7 ccm noch eine Stunde nach Beendigung des Bades. Bei Müller endlich hatte sich insofern die stärkste Beeinflussbarkeit durch das Seeklima gezeigt, als sein Ruhegaswechsel dauernd deutlich gesteigert blieb. Er zeigte sich auch der Wirkung des Bades am meisten zugänglich, indem die Steigerungen des Gaswechsels, $\frac{3}{4}$ Stunde nach dem Bade gemessen, die erheblichsten sind, die in unseren Versuchen vorkommen. Gegenüber 268,5 ccm Sauerstoffverbrauch im Mittel, die durch das Sylter Klima an sich zustande kamen, sehen wir hier an einem Tage einen Wert von 283,8, an einem anderen Tage von 294,2 ccm¹⁾.

Zusammenfassung.

Unsere Versuche ergeben somit, dass das Seeklima in der Tat imstande ist, eine Anregung des Stoffumsatzes hervorzurufen, dass ausserdem das Seebad in noch höherem Masse weit über die Zeit hinaus, während der es direkt auf den Organismus einwirkt, die Verbrennungsprozesse zu steigern vermag. Wir sehen allerdings, dass die Reaktionsfähigkeit eine individuell erheblich schwankende ist. Wir verkörpern gewissermassen drei Typen: der eine Typus zeigt mangelnde Reaktion gegenüber dem Klima, geringe gegenüber den Bädern, der zweite eine im Anfang starke, aber nach einigen Tagen abklingende Reaktion gegenüber den Klimafaktoren und eine deutliche gegenüber dem Bad, der dritte eine, soweit wir wenigstens unsere Versuche ausdehnen konnten, dauernde Beeinflussbarkeit gegenüber beiden. Bezüglich der Intensität der Reaktion können unsere Werte natürlich nur als Einzelbeispiele dienen. Bei Untersuchung einer grösseren Anzahl von Individuen werden gewiss

1) Ähnliche Untersuchungen und Ergebnisse enthält eine Mitteilung Rubners (Arch. f. Hyg. Bd. 46), die wir während der Ausführung unserer Untersuchung noch nicht kannten. In dieser „die Wirkung kurzdauernder Douchen und Bäder auf den respiratorischen Gaswechsel beim Menschen“ betitelten Arbeit findet Rubner, der sich wie wir des Zuntz'schen Verfahrens bediente, eine Stunde nach Einwirkung einer kalten Dusche (16°) bzw. eines kalten Bades bei einer Versuchsperson keinen deutlichen Effekt, wohl aber bei einer zweiten, und bei dieser einer auffallend hohen.

noch erheblichere Steigerungen zum Vorschein kommen, die die von uns gefundenen Werte vielleicht weit übertreffen werden. Auch für dasselbe Individuum müssen natürlich die Ergebnisse verschieden sein, je nachdem die für das Seeklima spezifischen Klimafaktoren mehr oder weniger ausgeprägt sind. Schon aus unserem geringen Zahlenmaterial scheint hervorzugehen, dass an den Tagen, an denen mildes Wetter und schwachen Seegang bringende Ostwinde herrschten, die Reaktion eine geringere war als an den Tagen mit scharfen Westwinden, und in gleicher Weise wird der Effekt, den das Seebad ausübt, sich mit der Kraft des Wellenschlages und der Wassertemperatur ändern. Ausgeschlossen wäre auch nicht, dass bei demselben Individuum eine zeitlich verschiedene Disposition besteht, so dass es auf dieselben Klimareize das eine Mal mehr, das andere Mal weniger reagiert.

Unsere Versuche haben somit für das Gebiet des Stoffwechsels dasselbe ergeben, was die klinische Beobachtung für eine Reihe anderer Funktionen festgestellt hat. Wir wissen, dass das Seeklima und noch mehr das Seebad bei zahlreichen Individuen, und bei den einzelnen in verschieden intensiver Weise, Änderung der Organfunktionen hervorruft, die als Anregung der Tätigkeit dieser Organe aufgefasst werden. Hierhin würde gehören: Anregung des Appetits, der Verdauungsfunktionen, psychische Erregungszustände u. a. m.

Man erklärt diese Änderungen dadurch, dass die auf die Aufnahmeorgane an der Peripherie wirkenden Reize Erregungen des Zentralnervensystems setzen, von dem aus dann, d. h. also reflektorisch, die erwähnten Änderungen in den verschiedenen Organsystemen hervorgerufen werden. Es fragt sich nun, ob wir es in unserem Fall, beim Stoffwechsel, mit einem wesensgleichen Vorgang zu tun haben, d. h. ob es sich um eine reflektorische Beeinflussung desselben handelt, die von Seeklima und Seebad ausgeht. Wir wissen, wie einleitend erwähnt, dass eine Reihe physikalischer Faktoren, die sich im Seeklima finden, in der Tat eine reflektorische, den Stoffwechsel anregende Wirkung haben. So verhält es sich besonders mit der starken Luftbewegung und niederen Temperatur, und die Frage ist nun, ob wir diese beiden Momente für die gefundene Steigerung des Stoffumsatzes verantwortlich machen können. Lassen wir starke Luftbewegung und Kälte auf den Körper wirken, so sehen wir ihre Wirkung im wesentlichen nur so lange bestehen, als diese Faktoren selbst einwirken. Hört der Einfluss der Kälte oder des Windes

auf, so kann zwar noch für einige Zeit eine gewisse Steigerung bestehen bleiben, aber bald kehrt der erhöhte Stoffumsatz zur Norm zurück. Ganz anders stellt sich ja aber in unseren Versuchen der Einfluss des Seeklimas dar: Nachdem wir am Tage der Ankunft auf Sylt nur drei Stunden am Meer gewesen waren, folgte eine ca. achtstündige Bettruhe, an deren Schluss der erste Respirationsversuch ausgeführt wurde. Während des Versuchs war also von dem Einfluss bewegter Luft oder niederer Temperatur keine Rede (der Untersuchte befand sich in Bettwärme). Auch von einer Nachwirkung des Strandaufenthaltes vom Tage zuvor kann, wenigstens im gewöhnlichen Sinne, nicht gesprochen werden. Nichtsdestoweniger ist bereits an diesem ersten Morgen der Effekt auf den Stoffumsatz bei den beiden durch das Klima überhaupt beeinflussbaren Personen vorhanden. Dieser Dauereffekt findet sich bei Müller bis zum Schluss seines Aufenthaltes. Bei ihm ist also der Ruhestoffwechsel auf ein dauernd höheres Niveau eingestellt. Bei Loewy kehrt diese höhere Einstellung allmählich zu den im Binnenlande gefundenen Werten zurück.

Die Wirkung, die das Seeklima auf den Stoffumsatz zeigt, ist somit eine eigenartige, die, soweit wir wissen, sich bisher nicht experimentell durch Einwirkenlassen der einzelnen in Betracht gezogenen Klimafaktoren erzielen liess. Man kann ihr nur eine und zwar wiederum klimatische an die Seite stellen; das ist die vom Höhenklima ausgehende. Auch diese vermochte, wie einleitend erwähnt, bei fast allen daraufhin untersuchten Individuen in gleichfalls individuell verschiedener Weise den Ruhestoffwechsel für längere oder kürzere Zeit auf ein höheres Niveau zu stellen. Für Loewy und Müller sind wir nun in der Lage, über die Reaktionsfähigkeit ihres Stoffumsatzes gegenüber den Einflüssen des Höhenklimas bestimmte Aussagen zu machen. In demnächst zu veröffentlichenden Versuchen, die bereits im Jahre 1901 in den Alpen in verschiedenen Höhenlagen ausgeführt wurden, sowie aus der von A. Loewy 1896 veröffentlichten Arbeit ergibt sich, dass bei Loewy auch das Hochgebirge den Stoffumsatz zu steigern vermag, eine Steigerung, die ebenso wie am Meer allmählich wieder zurückgeht. Allerdings war Loewy relativ sehr wenig empfänglich für die klimatischen Reize der Höhenluft, denn bis zu 3000 m Höhe (auf dem Brienzer Rothorn, 2100 m, und auf Col d'Olen, 2900 m) war eine Steigerung nicht nachzuweisen.

Erst in 3700 m auf der Gnifettihütte und in 4560 m auf der Signalkuppe des Monte Rosa war sie ausgeprägt vorhanden. — Bemerkt sei nebenher, dass bei den anderen Teilnehmern der Expedition teilweise schon von 2000 m Höhe ab eine Wirkung zu erkennen war. — Für Müller erwies sich selbst die Höhe von 4560 m als unwirksam, trotzdem er übrigens dort ebenso wie die anderen unter den Beschwerden der Bergkrankheit litt. Auffallend und interessant erscheinen uns nun dabei zwei Punkte: erstens, dass bei Loewy das Seeklima sofort den Effekt hervorrief, den im Gebirge erst gewaltige und praktisch-medizinisch nicht mehr in Betracht kommende Erhebungen über den Meeresspiegel zustande brachten; zweitens — was noch merkwürdiger ist — dass auf Müller die Höhenluft bis zu den höchsten in Europa erreichbaren Höhenlagen überhaupt keinen Effekt zeigte, während dieser sich beim Seeklima in noch intensiverer Weise als bei Loewy äusserte. Es ist danach die individuelle Beeinflussbarkeit für See- und Höhenklima eine ganz verschiedene, wobei von vornherein nicht zu sagen ist, wer durch das eine, wer durch das andere oder wer durch beide eine Anregung seines Stoffwechsels erfahren wird. Man kann auch nicht etwa aus der Anregung des Appetits an der See auf eine Steigerung des Stoffumsatzes schliessen. Frau M. hatte vom ersten Tage ihres Sylter Aufenthaltes ab einen sehr deutlich gesteigerten Appetit und trotzdem war ihr Gaswechsel gegenüber dem in Berlin gar nicht verändert.

Diese Tatsache ist auch theoretisch wichtig. Sie beweist, dass die allgemeine Annahme, die Steigerung des Appetits sei eine Folge der gesteigerten Verbrennungsprozesse, nicht zutrifft. Man muss vielmehr annehmen, dass beide Effekte koordiniert sind, dass die Reize des Seeklimas den Stoffumsatz und den Appetit unabhängig voneinander und eventuell einseitig anzuregen vermögen.

Diese Erfahrung führt uns weiter zu der Frage, welche Faktoren es denn nun eigentlich sind, die die gefundene Klimawirkung herbeiführen. Für das Hochgebirgsklima konnte, wie einleitend schon hervorgehoben, auf Grund analoger Versuche im luftverdünnten Raum des pneumatischen Kabinets so viel gesagt werden, dass die Luftverdünnung allein nicht der wirksame Faktor sein kann. Diese Anschauung wird durch die im vorliegenden mitgeteilten Tatsachen bekräftigt, da ja auch beim vollen Atmosphären-

druck am Meer eine analoge Wirkung zustande kommt. Man muss also die anderen Klimafaktoren zur Erklärung heranziehen und wird dabei zunächst an die charakteristischsten denken, an die starke Insolation, Luftbewegung und die niedere Lufttemperatur. Aber jeder einzelne kann unsere Ergebnisse nicht erklären, denn er ist für sich allein nur imstande, den Stoffumsatz während der Dauer seiner Einwirkung und eventuell relativ kurze Zeit nachher zu steigern. Zur Erklärung einer dauernden Erhöhung eines Stoffumsatzes, d. h. einer solchen, die, soweit unser Versuchsmaterial zeigt, mindestens von einem Tage bis zum anderen anhält und bei täglich erneuter Reizwirkung zu einem während mehrerer Wochen erhöhten Niveau des Ruheumsatzes führen kann, müssten wir entweder ein passendes Zusammenwirken der drei Faktoren heranziehen oder vermuten, dass neben diesen noch andere wirksam sind, deren Natur oder Bedeutung wir bis jetzt noch nicht kennen. An diesem Punkt muss man den Boden der Tatsachen verlassen und sich auf das Gebiet der Hypothese begeben. Wir wissen nicht, wie sich das Zusammenwirken verschiedener Klimafaktoren im Hochgebirge und an der See gestaltet, und ob die Resultante eine in beiden Fällen differente oder in ihrer Wirkung gleichartige ist. Wäre sie different, so könnte dadurch die Tatsache erklärt werden, dass der Stoffwechsel des einen nur im Hochgebirge, oder nur am Meer, oder an beiden Stellen beeinflusst wird; wäre sie gleich, so müssten wir eben zur Erklärung ein neues, klimatisches Moment heranziehen, ganz abgesehen davon, dass ja die individuelle Erregbarkeit zeitlich wechseln könnte.

Nun ist in den letzten Jahren die Aufmerksamkeit auf das elektrische Verhalten der Atmosphäre gelenkt und speziell darauf hingewiesen worden, ob nicht die Symptome der Bergkrankheit gerade auf das eigentümliche Verhalten der Luftelektrizität im Hochgebirge zurückzuführen seien. Es wäre ja aber auch wohl möglich, dass sie in ähnlicher Weise den gesamten Stoffumsatz beeinflusst. Die im Hochgebirge ausgeführten Messungen der elektrischen Leitfähigkeit der Luft (übrigens auch des Potentialgefälles, was jedoch für uns nicht in Betracht kommt) haben ausserordentlich hohe Werte ergeben, die zunächst an sich zu den Änderungen des Stoffwechsels noch nicht in Beziehung gesetzt werden können. Würden sich aber an der See gleichfalls auffallend hohe Werte finden, so würde dies die Annahme eines Zusammenhanges zwischen dem Verhalten der

Luftelektrizität und der Steigerung des Gaswechsels näherlegen. Aus diesem Grunde haben wir eine grössere Reihe von elektrischen Bestimmungen auf Westerland und Helgoland ausgeführt, und zwar sowohl auf der Düne hinter dem Strande bezw. auf dem Oberland von Helgoland als am Meeresstrande selbst. Wegen der Einzelheiten sei nochmals auf die Tabelle I des Anhangs verwiesen und auf die in der Physikalischen Zeitschrift Band 5 erschienene Arbeit, in der eine genauere Besprechung der Versuche gegeben ist. Hier sei nur als allgemeines Resultat hervorgehoben, dass sich das Leitvermögen am Meer anders verhält als im Hochgebirge. Es war erheblich geringer als dort; dagegen zeigte sich eine deutlich erhöhte negative Unipolarität. Man muss daher die Frage offen lassen, ob das elektrische Verhalten am Meer irgendeinen Einfluss auf die beobachteten Veränderungen des Stoffwechsels hat. Und wenn am Meer bei der geringen elektrischen Leitfähigkeit der Luft derselbe Effekt zustande kommt wie im Hochgebirge bei hoher elektrischer Zerstreung, so ist dies zum mindesten keine Stütze für die Anschauung, dass gerade die elektrische Leitfähigkeit der Luft im Hochgebirge der massgebende Faktor für die physiologische Wirkung sein sollte. Es wäre ja allerdings möglich, dass nicht für jedes Individuum derselbe Faktor in Betracht kommt, dass z. B. der eine durch hohe elektrische Spannung, der andere durch das Zusammenwirken von Wind, Kälte und Feuchtigkeit, der dritte durch beides, ein anderer vielleicht durch den Salzgehalt der Seeluft dauernd erregt wird, während es andere Individuen gibt, die sich gegenüber allen klimatischen Reizen vollkommen refraktär verhalten. So befinden wir uns bezüglich der Gründe der Wirkung des Seeklimas auf den Stoffwechsel noch genau so im unklaren wie beim Hochgebirgsklima. Unsere Versuche konnten nur die Tatsache feststellen, dass das Seeklima Reize enthält, die geeignet sind, den Stoffwechsel gewisser Individuen zu steigern, und dass auch das Seebad eine nicht auf seine Dauer beschränkte Anregung des Stoffwechsels herbeiführt. Wie bei allen Reizen so gibt es auch hier sich refraktär verhaltende Individuen. Über die Faktoren, die im Einzelfalle das wirksame Moment darstellen, werden weitere Untersuchungen Aufschluss bringen müssen.

Tabelle I.
Sylt.

Datum	Zeit h ,	Ort auf Westerland	Wetter	Wind- stärke, Richtung	Baro- meter- stand	I				Potential- gefälle in Volt pro 1 Meter
						E—	E+	a—	a+	q
11. August	6 5 p	Düne	{ Etwas bewölkt; zeitweise Sonne	{ W 2	762,0	5,556	2,405	1,218	0,527	2,310
13. "	10 00 a	Düne	{ Sonne	{ W 3	762,5	5,476	1,739	1,201	0,318	3,149
14. "	10 00 a	Strand auf Buhne	{ Sonne; Meer ruhig; Ebbe	{ SO 2	—	6,104	5,827	1,339	1,278	1,048
14. "	12 00	Düne	{ Sonne	{ SO 3	756,0	7,433	3,540	1,630	0,776	2,100
15. "	12 00	Düne	{ Sonne	{ SW 4	748,0	10,117	4,210	2,209	0,923	2,403
16. "	4 00 p	Strand 5 m vom Wasser	{ Sonne; mittlere Wellen; steigende Flut	{ W 5	753,5	7,222	3,092	1,584	0,678	2,336
16. "	5 30 p	Düne	{ Sonne	{ W 5	—	6,339	1,561	1,390	0,342	4,061
23. "	3 00 p	Strand 10 m vom Wasser	{ Leicht bewölkt; zeitweise Sonne; fallende Flut	{ SO 3	—	5,471	3,814	1,200	0,836	1,434
23. "	5 00 p	Düne	{ Zunehmende Bewölkung; Regen droht	{ SO 4	758,8	7,633	4,948	1,674	1,085	1,543
25. "	6 00 p	Düne	{ Sonne	{ SW 3	758,0	8,746	2,101	1,918	0,461	4,163
28. "	12 30	Düne	{ Sonne; Meer sehr bewegt	{ W 6	758,0	5,281	3,139	1,158	0,688	1,682
Gesamtmittel	...	Sylt	—	—	—	—	—	1,512	0,719	2,384
Versuche auf Düne:		Sylt	—	—	—	—	—	1,563	0,641	2,676
Versuche auf Strand:		Sylt	—	—	—	—	—	1,374	0,931	1,606

Helgoland.

3. September	12 30	{ Düne 10 m vom Wasser; N-Spitze	{ Sonne, dann leicht bedeckt; Ebbe; Wind direkt v. Wasser	{ WNW 2	—	4,670	3,047	1,024	0,668	1,533	490
4. "	2 30 p	{ Düne 10 m vom Wasser; N-Spitze	{ Sonne; Ebbe; Meer sehr ruhig	{ SO 1	—	5,821	1,197	1,276	0,262	4,863	—
3. "	5 00 p	{ Oberland, SW- Seite	{ Sonne, warm; später leicht bewölkt	{ —	—	7,280	0,397	1,596	0,871	1,834	668
4. "	5 00 p	{ Oberland, NW- Rand, direkt zum Meer	{ Sonne verdeckt durch Cumuli	{ SO 1	—	7,253	4,152	1,590	0,910	1,747	490

Tabelle II.

August 1903; Westerland; Ortszeit (27 Min. vor mitteleuropäischer Zeit).

Datum	Temperatur-Extreme abgelesen 9h p		Luft-temperatur			Bewölkung 0—10			Wind: Richtung und Stärke 0—12			Niederschläge Form und Zeit		Gewitter			
	Max.	Min.	Diff.	7 a	2 p	9 p	7 a	2 p	9 p	7 a	2 p	9 p	Höhe 7 a				
															Tags- mittel		
9.	18,0	11,8	6,2	15,7	16,8	15,0	15,6	8	7	2	5,7	S 3	SW 4	W 3	—	2 ⁰ sch 1—2 p	F Donner 5 ^h 40', Dauer 1 ¹ / ₂ h, Regen von 6 p bis 6 ¹ / ₂ p, Wind S bis NO 1. F SW Zug nach O 6 ¹ / ₂ bis 6 ³ / ₄ a, F 12 ¹ / ₂ bis 12 ³ / ₄ SW, Wind- stärke: Sturm 7—8 SW bis W a.
10.	16,5	14,3	2,2	16,0	16,0	15,0	15,6	9	10 2 ⁰	7	8,7	SW 3	SW 3	W 3	0,4	2 ⁰ 5 a bis 11 a, 2 sch p	
11.	16,3	13,3	3,0	14,3	16,0	14,0	14,6	9	5	1	5,0	W 4	NW 3	W 1	3,9		
12.	14,2	11,3	2,9	12,0	14,0	12,7	12,8	10 2 ⁰	10	9	9,7	SO 1	O 3	NO 3	6,5		
13.	16,5	12,3	4,2	14,6	16,5	13,1	14,3	5	5	7	5,7	NW 3	SW 3	SW 1	0		
14.	22,4	12,3	10,1	15,0	21,8	19,7	19,1	7	7	9	8,0	SO 2	SO 3	SO 4	0,5	2 ⁰ n, 2 ⁰ sch 5—6 p	
15.	20,5	14,7	5,8	17,0	19,6	16,0	17,2	9	2	5	5,3	SW 4	SW 3	SW 4	2,3	2 ⁰ sch a—p	
16.	16,4	12,8	3,6	15,0	15,6	13,5	14,4	7 2 ⁰	4	2	7,3	SW 5	W 5	W 5	3,1		
17.	16,5	12,5	4,0	14,7	16,1	13,0	14,2	5	9	9	7,7	W 4	W 3	NW 3	—	2 ⁰ 3 p bis 7 p	
18.	16,6	11,3	5,3	14,0	15,7	12,0	13,4	5	5	3	4,7	N 2	NO 2	NO 3	4,4	2 ⁰ 6—7 ¹ / ₂ a, 2 12—1 p, 2 ⁰ spät	
19.	15,5	12,8	2,7	14,0	15,1	13,2	13,9	6	5	3	8,3	NW 4	NW 4	NW 4	1,1	2 ⁰ n bis 8 a	
20.	16,5	11,8	4,7	12,2	16,0	13,0	13,5	10 2 ⁰	5	10 2 ⁰	8,3	W 2	SW 4	SW 4	23,4		
21.	16,4	12,3	4,1	15,3	15,5	13,5	14,5	10 2 ⁰	3	2	5,0	SW 7	SW 6	W 4	0,2		
22.	17,0	11,0	6,0	15,0	16,2	11,0	13,3	5	3	2	3,3	SW 3	NW 2	C	—	2 ⁰ 6 p, n 0 fr (Tau)	
23.	18,3	18,5	9,8	13,0	13,3	13,8	14,7	8	10	10 2 ⁰	9,3	SO 2	SO 4	O 3	13,7		
24.	16,5	10,8	5,7	11,0	15,5	15,0	14,1	9	7	10	8,7	NO 1	O 2	W 2	0,4	2 ⁰ n	
25.	18,0	13,0	5,0	13,8	17,0	13,0	14,2	9	5	5	6,3	SO 2	W 3	W 4	4,0	2 ⁰ sch n, 2 sch p	
26.	14,8	12,3	2,5	14,0	14,8	14,0	14,2	5	8	10	7,7	NW 3	NW 3	W 4	1,1	2 ⁰ n bis a, n a	
27.	16,2	13,3	2,9	15,5	16,0	16,2	16,0	9	9	10	9,3	SW 3	SW 4	SW 5	3,4		
28.	17,0	12,5	4,5	15,2	16,1	15,0	15,3	6	5	5	5,3	W 5	W 6	W 5	5,0	2 ⁰ n bis a	
29.	15,8	11,8	4,0	13,6	15,6	13,0	13,8	10 2 ⁰	6	7	7,7	W 4	NW 5	NW 5	—		

Zeichenerklärung: a vormittags; p nachmittags; n nachts; fr frühmorgens; ☉ Sonne; 2⁰ Regen schwach; 2⁰ Regen stärker; sch Regenschauer; c Regenbogen; c Wind von SW nach NO ziehend; f Gewitter.

Tabelle III

Nr. des Ver- suchs	Name	Datum	Baro- meter mm	Atemvolumen pro Minute		Sauer- stoff- defizit %	Kohlen- säure- zuwachs %
				abgelesen ccm	reduziert ccm		
		Berlin					
1	Frau M.	12. Juli 1903	757,0	4673,1	4114,5	5,19	4,11
2	"	12. Juli 1903	757,0	4346,1	3829,3	5,59	4,62
3	"	13. Juli 1903	749,9	3896,5	3426,6	5,64	4,48
4	"	13. Juli 1903	749,9	4092,9	3596,1	5,48	4,63
5	"	17. Juli 1903	750,1	4001,0	3486,3	5,29	4,21
6	"	18. Juli 1903	750,2	4179,5	3669,8	5,40	4,27
7	"	23. Juli 1903	756,3	4832,5	4278,2	5,16	4,32
8	"	23. Juli 1903	756,3	4950,6	4374,6	4,99	4,21
		Sylt					
9	"	11. Aug. 1903	758,0	5057,7	4523,6	4,91	3,94
10	"	12. Aug. 1903	757,0	5157,5	4636,9	4,56	3,59
11	"	13. Aug. 1903	760,5	4592,1	4116,2	4,73	3,73
12	"	14. Aug. 1903	755,0	5809,2	5142,5	4,57	3,42
13	"	14. Aug. 1903	754,0	5767,7	5113,3	4,60	3,55
14	"	15. Aug. 1903	747,0	5553,1	4853,9	4,55	3,72
15	"	16. Aug. 1903	750,0	5686,7	4996,1	4,36	3,57
16	"	19. Aug. 1903	750,0	5132,3	4591,3	4,89	3,89
17	"	20. Aug. 1903	755,0	5477,0	4911,0	4,72	3,67
		Berlin					
1	Loewy	24. Juli 1903	752,4	5051,4	4406,9	5,40	4,11
2	"	24. Juli 1903	752,4	4810,0	4190,0	5,18	4,11
3	"	27. Juli 1903	754,5	5668,0	4952,1	4,83	3,79
4	"	27. Juli 1903	754,5	5378,5	4691,6	4,90	3,99
5	"	3. Aug. 1903	—	4915,0	4506,3	4,93	4,05
6	"	3. Aug. 1903	—	4425,0	4054,3	5,31	4,09
		Sylt					
7	"	11. Aug. 1903	758,0	5574,3	4956,7	5,13	4,19
8	"	12. Aug. 1903	757,0	5610,0	4996,7	4,96	4,05
9	"	13. Aug. 1903	760,5	5566,7	5007,7	4,77	3,79
10	"	14. Aug. 1903	758,0	5882,5	5255,1	4,50	3,88
11	"	15. Aug. 1903	748,0	6066,7	5292,9	4,73	3,66
12	"	15. Aug. 1903	750,0	5590,8	4898,3	4,94	3,66
13	"	18. Aug. 1903	754,0	6699,0	6016,5	4,45	3,51
14	"	20. Aug. 1903	755,0	6749,3	6051,7	4,36	3,51
15	"	21. Aug. 1903	745,0	5800,0	5074,2	4,61	3,97
		Berlin					
1	Müller	28. Juli 1903	754,5	5663,6	4967,0	5,07	4,43
2	"	28. Juli 1903	754,5	6181,8	5411,6	4,56	4,04
		Sylt					
3	"	11. Aug. 1903	758,0	6000,0	5336,0	5,03	4,09
4	"	12. Aug. 1903	757,0	5620,9	4997,1	5,39	4,50
5	"	13. Aug. 1903	760,5	6181,8	5525,7	4,93	4,19
6	"	14. Aug. 1903	758,0	6255,6	5564,1	4,64	3,89
7	"	16. Aug. 1903	750,0	6554,5	5769,4	4,62	3,84
8	"	18. Aug. 1903	752,0	7711,1	6874,5	4,28	3,72
9	"	20. Aug. 1903	755,0	7688,9	6870,8	4,13	3,81
10	"	21. Aug. 1903	745,0	5891,7	5152,8	5,32	4,17

Generaltabelle.

Pro Minute		Resp.- Quotient	Atem- frequenz pro Minute	Bemerkungen
Sauer- stoff verbrauch ccm	Kohlen- säure- bildung ccm			
213,5	169,1	0,798	14	Frühmorgens, nüchtern, Bettruhe
214,1	176,9	0,827	12—13	Frühmorgens, nüchtern, Bettruhe
193,3	153,5	0,794	11	Frühmorgens, nüchtern, Bettruhe
197,1	166,5	0,845	12	Frühmorgens, nüchtern, Bettruhe
184,4	146,8	0,796	11—12	Frühmorgens, nüchtern, Bettruhe
198,1	156,7	0,791	12	Frühmorgens, nüchtern, Bettruhe
220,7	184,8	0,837	12	Frühmorgens, nüchtern, Bettruhe
218,3	184,2	0,844	12	Frühmorgens, nüchtern, Bettruhe
222,1	178,3	0,802	12	Frühmorgens, nüchtern, Bettruhe
211,4	166,5	0,787	13	Frühmorgens, nüchtern, Bettruhe
194,7	153,5	0,789	12	Frühmorgens, nüchtern, Bettruhe
235,0	175,9	0,748	14—15	1 ¹ / ₂ h n. d. Bade, 3 h n. d. Frühstück
235,2	181,5	0,772	14—15	3 ³ / ₄ h n. d. Bade, 5 ¹ / ₄ h n. d. Frühstück
220,8	180,6	0,818	14	Frühmorgens, nüchtern, Bettruhe
217,8	178,4	0,819	11	1 ¹ / ₂ h n. d. Bade, 3 h n. d. Frühstück
224,7	178,1	0,793	14	Frühmorgens, nüchtern, Bettruhe
232,1	180,2	0,779	14	1 h n. d. Bade, 2 ¹ / ₂ h n. d. Frühstück
238,2	181,1	0,760	11	4 h n. d. Frühstück auf Chaiselongue
216,9	172,2	0,794	12	4 h n. d. Frühstück auf Chaiselongue
239,3	187,7	0,784	12	3 h n. d. Frühstück auf Chaiselongue
230,1	187,2	0,813	12	3 h n. d. Frühstück auf Chaiselongue
222,2	182,5	0,822	11	3 h n. d. Frühstück auf Chaiselongue
215,3	165,4	0,768	11	3 h n. d. Frühstück auf Chaiselongue
254,3	207,7	0,817	10	Frühmorgens, nüchtern, Bettruhe
247,8	202,4	0,816	12	Frühmorgens, nüchtern, Bettruhe
238,9	189,8	0,794	10	Frühmorgens, nüchtern, Bettruhe
236,5	203,9	0,862	10—11	Frühmorgens, nüchtern, Bettruhe
250,3	193,7	0,774	13	2 ³ / ₄ h n. d. Frühstück, 1 ¹ / ₄ h n. d. Bade
242,0	179,3	0,741	14	6 ¹ / ₄ h n. d. Frühstück, 4 ³ / ₄ h n. d. Bade
267,7	211,2	0,789	14	2 ¹ / ₂ h n. d. Frühstück, 1 h n. d. Bade
263,9	212,4	0,805	14	3 h n. d. Frühstück, 1 h n. d. Bade
233,9	201,4	0,861	11	Frühmorgens, nüchtern, Bettruhe
251,7	220,0	0,874	8	3 h n. d. Frühstück auf Chaiselongue
246,9	218,6	0,885	8	3 h n. d. Frühstück auf Chaiselongue
268,4	218,2	0,813	8	Frühmorgens, nüchtern, Bettruhe
269,3	224,9	0,835	6—7	Frühmorgens, nüchtern, Bettruhe
272,4	231,5	0,850	8	Frühmorgens, nüchtern, Bettruhe
258,2	216,4	0,838	7	Frühmorgens, nüchtern, Bettruhe
266,5	221,5	0,831	5—6	3 h n. d. Frühstück, 1 ¹ / ₂ h n. d. Bade
294,2	255,8	0,869	6	2 ¹ / ₂ h n. d. Frühstück, ³ / ₄ h n. d. Bade
283,8	261,8	0,922	6	4 h n. d. Frühstück, ³ / ₄ h n. d. Bade
274,4	214,9	0,783	10	Frühmorgens, nüchtern, Bettruhe