

IX.

Ueber Luftcuren.

Von

Sanitätsrath Dr. Speck,
Kreisphysikus in Dillenburg.

Unsere Kenntnisse von der physiologischen Wirkung der Luftcuren sind noch sehr unbedeutend und lückenhaft und ihre therapeutische Verwendung beruht viel mehr auf zufälligen Erfahrungen, als auf wissenschaftlichen Grundsätzen, die auf einer experimentellen Basis aufgebaut sind. Man hat den Grad der Reinheit, die Unterschiede in der Temperatur, der Feuchtigkeit, der Schwere, dem Ozongehalt der Luft zur Erklärung der Wirksamkeit dieser Curen herangezogen, ohne zu einem entschiedenen Resultat zu kommen.

Bei dem Studium der Wirkung dieser Einflüsse ist allzu viel Gewicht auf die Grösse des Stoffwechsels allein gelegt worden. Man beruhigte sich dabei, wenn bei allen eine Beschleunigung oder Förderung des Stoffwechsels gefunden oder auch nur wahrscheinlich gemacht worden war. Eine Kleinigkeit mehr oder weniger ausgeschiedenen Harnstoff oder ausgeathmete Kohlensäure hat man sehr hoch angeschlagen, als ob nicht eine Vermehrung des Albumins unserer Nahrung oder eine mässige Thätigkeit unserer Muskeln darin viel mehr leisteten. Ausserdem hat man sich daran gewöhnt, den Stoffwechsel immer nur als einen einheitlichen Vorgang anzusehen, was er keineswegs ist.

Wenn, um nur ein Beispiel anzuführen, bei Schwindstüchtigen bald die leichte Höhenluft, bald die schwere Küstenluft empfohlen wird, so folgt man darin der oft gemachten Erfahrung, dass Heilungen solcher Kranken in beiden vorgekommen sind. In welcher Weise die Heilung zu Stande kommt, darüber hat man nur Vermuthungen; denn auch die oft zur Erklärung angesprochene Steigerung des Stoffwechsels ist keineswegs bewiesen. Wir sehen in den verschiedensten Höhen und unter den verschiedensten Verhältnissen von Temperatur und Feuchtigkeit nicht blos Heilungen der Schwindsucht, sondern auch vieler anderer Krankheiten auftreten bei dem blossen

Genuss freier Luft. Diese Thatsache lässt mit Bestimmtheit vermuthen, dass allen diesen sogenannten Luftcuren ein gewisser gemeinschaftlicher wohlthätiger Einfluss auf unsere Gesundheit zukommt.

Der eingeathmete Staub der Luft, der nach einem hübschen Experiment Tyndall's vollständig in unseren Athemorganen zurückbehalten wird, ist in seiner Rolle als Krankheitserreger hinreichend bekannt. Schädigt er indessen auch arg kranke Lungen, so vertragen doch gesunde einen guten Theil davon ohne Nachtheil. So lässt sich durch das Abhalten eines schädlichen Einflusses in manchen Fällen wohl die günstige Wirkung einer Luftcur erklären. Das allein ist aber nicht ausreichend.

Weit höher zu veranschlagen als die Staubbefreiheit ist der Wohlgeruch, die Annehmlichkeit, die Appetitlichkeit der Luft, die, wie ein wohlduftendes, schmackhaftes Mahl zum Essen, uns zu tieferen, reichlicheren Athemzügen anreizt. In einer staubigen, unangenehmen, übelriechenden Luft beschränken wir unwillkürlich unseren Athem aufs Aeusserste; namentlich geschieht dies in gebückter ungünstiger Stellung beim Arbeiten. Jeder Wohlgeruch dagegen veranlasst zu tiefem Einathmen und man braucht nur darauf zu achten, um zu finden, zu welch tiefen behaglichen Athemzügen eine balsamische Sommerluft, eine frische Schneeluft, eine gereinigte Regenluft anregt, wenn wir Morgens die Fenster des Schlafzimmers öffnen. Gibt man auf sich acht, so bemerkt man leicht, wie im Walde die Athemzüge freier und tiefer werden, und der eigenthümliche Charakter, den grosser Waldreichthum, die See u. s. w. der Luft gewisser Orte verleihen, der für uns den Eindruck des Angenehmen macht, veranlasst dauernd zu einem Athemmodus, der unsere Lungen besser ventilirt. Welche Rolle bei dem Zustandekommen des Eindrucks des Angenehmen Feuchtigkeit, Temperatur, Gewicht, Wohlgeruch, Ozongehalt spielen, darf hier unerörtert bleiben, sie mögen alle dabei mitwirken.

So erscheint mir als die wichtigste Wirkung klimatischer Curen die durch die Appetitlichkeit der Luft veranlasste bessere Lungenventilation, deren physiologischen Einfluss ich zunächst klarstellen möchte.

Im Jahr 1867 habe ich eine Abhandlung ¹⁾: „Ueber die willkürlichen Veränderungen des Athemprocesses“, veröffentlicht und darin durch Versuche festgestellt, dass eine stärkere Ventilation der Lunge eine Vermehrung der CO₂-Ausscheidung und O-Aufnahme zur Folge hat, dass aber beide nicht in gleichem Maasse steigen. Denn wäh-

1) Arch. f. wissensch. Heilk. von Vogel u. Beneke. 3. Bd.

rend die CO_2 für 100 C.-Ctm. in der Minute mehr geathmeter Luft etwa 2,4 C.-Ctm. zunahm, betrug die Zunahme des O nur 0,8 C.-Ctm. Die Vermehrung der CO_2 -Ausfuhr bei vermehrter Lungenventilation war durch die Untersuchungen von Vierordt und von Lossen bereits bekannt; sie wird auch durch spätere Arbeiten bestätigt und steht ausser allem Zweifel. Dagegen fanden in späteren Untersuchungen Pflüger und seine Schüler die Vermehrung der O-Aufnahme nicht. Ich habe diese Untersuchungen in einer kleinen Arbeit¹⁾ besprochen und nachgewiesen, dass in der Anordnung der Versuche Pflüger's und in der Berechnung Fehler liegen, nach deren Berichtigung auch diese Versuche eine vermehrte O-Aufnahme bei stärkerer Ventilation nicht vermissen lassen. Auch Vierordt bestätigt auf ganz anderem Wege²⁾ diese vermehrte O-Aufnahme des Blutes bei stärkerer Ventilation der Lunge, indem er fand, dass das Oxyhämoglobin im Blut des mit einem elastischen Band umschnürten Fingers viel langsamer nach forcirtem als nach gewöhnlichem Athmen verschwindet.

Aus diesem Verhalten der CO_2 -Ausscheidung und der O-Aufnahme darf nicht auf einen vermehrten Stoffwechsel, auf gesteigerte Oxydationsvorgänge im Körper geschlossen werden. Durch eine Reihe weiterer Versuche mit Luft von verschiedenem Sauerstoffgehalt, sowie mit comprimierter und verdünnter Luft³⁾ habe ich den Nachweis geliefert, dass es sich hier um physikalische Vorgänge der Gasdiffusion handelt und dass eine vermehrte Oxydation nur in dem Maasse stattfindet, als eine vermehrte Thätigkeit der Athemmuskulatur sie erfordert.

So liefern meine zahlreichen Versuche das Resultat, dass die O-Aufnahme in der Hauptsache zwar durch das der Leistung entsprechende Bedürfniss des Körpers bedingt wird, wie die CO_2 -Ausfuhr durch die Grösse ihrer Bildung im Körper, dass aber beide nebenbei den Gesetzen der Gasdiffusion unterworfen sind, und zwar die O-Aufnahme, obwohl durch die festen Blutkörperchen hauptsächlich bewirkt, in weiteren Grenzen, als man seither annahm. Die Wirkung einer vermehrten Lungenventilation ist somit, wenn man die geringe Vermehrung der Oxydationsvorgänge in Folge verstärkter Thätigkeit der Athemmuskeln in Abrechnung bringt, eine Vermeh-

1) Ueber den Einfluss der Athemmechanik u. s. w. Pflüger's Archiv. 1879.

2) Physiol. Spectralanalysen. Zeitschr. f. Biol. 14. 422.

3) Unters. über O-Verbrauch u. CO_2 -Ausscheidung. Schriften d. Gesellsch. zur Beförder. d. ges. Naturwissensch. zu Marburg. Bd. 10. (1871), u. Krit. u. experiment. Unters. über d. Wirkungen des veränderten Luftdrucks. Ibid. Bd. 11. Abh. 3. (1877).

rung des O-Gehalts der Blutkörperchen und eine Verringerung des CO₂-Gehalts des Blutes und der Säfte des Körpers.

Die giftige Wirkung der CO₂ ist hinlänglich bekannt. Bei Versuchen, die ich mit CO₂-reicher Luft an mir selbst angestellt habe¹⁾, konnte ich allerdings eine Luft von 2—3 pCt. CO₂ ohne die mindeste Belästigung minutenlang einathmen. Erst bei einem Gehalt von 7 pCt., wobei alle im Körper gebildete CO₂ mehrere Minuten lang in den Säften zurückbehalten wurde, wurde das Athmen unbehaglich und ängstlich; es brach Schweiss dabei aus. Bei 11,5 pCt. aber, wobei das Blut nicht bloss alle gebildete CO₂ zurückbehielt, sondern auch noch ein ansehnliches Quantum aus der Einathmungsluft aufnahm, konnte ich nur mit grosser Energie eine Minute lang aushalten. Ich war nahe daran das Bewusstsein zu verlieren, es brach Schweiss aus, Zittern und undeutliches Sehen stellten sich ein, und es dauerte mehrere Minuten lang, bis ich am offenen Fenster mich völlig erholt hatte.

Thiere (Kaninchen) scheinen nach den Untersuchungen von Friedländer und Herter weniger empfindlich gegen CO₂. — Auch von vielen anderen Seiten ist die nachtheilige Einwirkung der CO₂ auf die Muskel- und Nerventhätigkeit festgestellt worden, so dass wir ihr unter den Auswurf- und Ermüdungsstoffen einen hervorragenden Platz anweisen müssen, obwohl sie, selbst in grösseren Mengen eingeathmet oder im Blut zurückgehalten, wenigstens für kurze Zeiten, wie meine Untersuchungen ergaben, die Oxydationsvorgänge im Körper nicht stört.

Ueber die Wirkung kleiner Dosen CO₂, die lange Zeit und gleichsam gewohnheitsmässig im Blut überschüssig zurückgehalten werden, besitzen wir zwar keine directen Untersuchungen, es lässt sich aber bei der Giftigkeit dieses Stoffes mit Sicherheit annehmen, dass auch eine geringfügige Vermehrung desselben in den Körpersäften einen der Gesundheit nachtheiligen Einfluss ausübt. Diese Annahme findet eine Stütze darin, dass auch andere Auswurfstoffe, z. B. der Harnstoff, schon in geringem Uebermaass im Blut die Gesundheit schädigen.

Es gibt allerdings kein Mittel, welches energischer die Athemthätigkeit anregt, als der CO₂-Gehalt des Blutes; denn es wurden in meinen erwähnten Versuchen bei einer Einathmungsluft mit 11,5 pCt. CO₂ meine Athemzüge doppelt so tief und doppelt so rasch und die in einer Minute geathmete Luftmenge 4 mal so gross, als normal, so dass der CO₂-Gehalt des Blutes schon von selbst ein Correctiv gegen

1) Unters. über O-Verbrauch. u. s. w. Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1876. 17.

die Ueberladung abgibt. Aber dies Verhalten gilt wohl nur für normale Verhältnisse und es wird sich nicht leugnen lassen, dass unter ungünstigen Umständen für die CO_2 , wie auch für andere Gifte, sich eine gewisse Toleranz ausbilden kann. Zu diesen ungünstigen Umständen sind zu rechnen krankhafte Zustände der Athemorgane und des Herzens, unmässige körperliche Anstrengung, der entweder die Athemorgane oder die Herzthätigkeit, oder beide nicht gewachsen sind, beengende Kleidung und Stellung und namentlich auch verdorbene, übelriechende und unappetitliche Luft. Die ständige Einwirkung solcher Einflüsse wird einen vermehrten CO_2 -Gehalt der Körpersäfte im Gefolge haben, der schliesslich der gewöhnliche und normale wird, der aber doch in Unbehaglichkeit, Ermüdung u. s. w., seine Wirkung äussert. So scheinen mir z. B. die Unbehaglichkeiten, welche eine sitzende Lebensweise im Zimmer, namentlich bei lebhafter geistiger Anstrengung, bei der das Athemholen gleichsam vergessen und vernachlässigt wird und ein tiefer seufzender unwillkürlicher Athemzug hier und da das Athembedürfniss andeutet, zum Theil wenigstens dem vermehrten CO_2 -Gehalt des Blutes ihren Ursprung zu verdanken.

Je reichlicher die Lunge ventilirt wird, um so mehr nimmt bei gleicher CO_2 -Bildung der Procentgehalt der Ausathmungsluft an CO_2 ab und demgemäss auch der der Residualluft der Lungen, des Blutes und der Körpersäfte. Wie unter ungünstigen Verhältnissen eine Toleranz und Unempfindlichkeit gegen CO_2 sich ausbildet, so wird bei andauerndem Vorhandensein günstiger Umstände, wozu ich namentlich das Leben in einer angenehmen und zum Athmen anregenden Luft rechne, ein Gewohnheitszustand sich herausbilden, der einen erheblich verminderten CO_2 -Gehalt der Säfte als den gewöhnlichen und normalen erscheinen lässt, so dass schon CO_2 -Mengen im Körper zu energischen Athemzügen veranlassen, die unter ungünstigen Einflüssen schon keinen Einfluss auf die Bewegung der Athemmuskeln mehr üben. Das wohlthätige Gefühl tiefer Athemzüge in angenehmer Luft kennt Jeder. Eine nothwendige Folge derselben ist vermehrte Ausfuhr der im Körper vorrätigen CO_2 -Menge, und der Schluss ist gewiss gerechtfertigt, dass zum Theil wenigstens das wohlthätige Gefühl veranlasst ist durch die vermehrte Ausfuhr eines giftigen Auswurfstoffes.

In dieser Auffassung werde ich bestärkt durch Untersuchungen, die ich über den Einfluss des Lichtes ¹⁾ und kühler Bäder ²⁾ angestellt

1) Dieses Archiv. Bd. XII. Heft 1. 1879.

2) Deutsch. Arch. f. klin. Med. Bd. XXXIII. S. 375 (Juni 1883).

habe. Wir sind gewöhnt, Licht und Abkühlung als etwas Wohltuendes und Erfrischendes zu empfinden. Beide aber geben, wenn sie nicht Muskelbewegung hervorrufen, nicht Veranlassung zu vermehrten Oxydationen im Körper, wie man seither glaubte, sondern nur zu einer Vertiefung der Athemzüge und Vermehrung der Lungenventilation, die nach dem Bade wenigstens noch lange Zeit anhält und selbstverständlich die mitgetheilte physiologische Wirkung der vermehrten Lungenventilation überhaupt theilt.

Auch die erquickende und stärkende Wirkung des Schlafes ist wohl ausschliesslich der Umänderung zuzuschreiben, welche seine tiefen und ergiebigen Athemzüge in dem Gasgehalt des Blutes hervorbringen müssen. Dass dabei an eine O-Aufspeicherung in der Weise und in dem Maasse, wie sie Voit gefunden haben wollte, nicht gedacht werden kann, habe ich vor längerer Zeit bereits erwähnt und sind meine Einwendungen auch von Voit als richtig anerkannt worden.

Ich werde so auf die weitere Wirkung der vermehrten Lungenventilation, die vermehrte O-Aufnahme, geführt. Dass diese keine erhebliche und für die Oxydationsvorgänge im Körper und für die Leistungsfähigkeit ohne hohen Werth ist, geht schon aus meiner obigen Mittheilung hervor, dass diese Zunahme für 100 C.-Ctm. mehr in der Minute geathmete Luft über etwa 0,8 C.-Ctm. betrage. Es muss daher fraglich erscheinen, worin eigentlich der Vortheil dieser vermehrten O-Aufnahme besteht, zumal da es in der Regel dem gesunden Körper nur bei übertriebener Muskelanstrengung an O bisweilen fehlt und das venöse Blut in der Regel noch einen reichlichen Vorrath an unverbrauchtem O enthält. Man könnte wohl daran denken, dass das mit O gesättigte Blut die CO_2 leichter abgebe; ein Beweis dafür ist jedoch nicht erbracht. Dagegen ist durch Versuche festgestellt — so durch Aune¹⁾ — dass bei Sauerstoffinhalationen, bei welchen ebenfalls der durch die Blutkörperchen absorbirte O vermehrt ist, die Zahl der Blutkörperchen und der Hämoglobingehalt im Blut erheblich zunehmen. Es übt somit der vermehrte O-Gehalt des Blutes einen sehr bemerkenswerthen Einfluss auf die Ernährung des Blutes und wahrscheinlich liegt hierin der Grund für die günstige Einwirkung der Luftcuren und der Einathmung verdichteter Luft bei anämischen Zuständen. Mit der Zunahme des Hämoglobingehalts wächst das Vermögen des Blutes, Sauerstoff zu absorbiren und damit die Leistungsfähigkeit des Körpers.

1) Effets physiol. des inhalations d'oxygène. Thèse. Paris 1880.

Es gibt nun noch eine dritte Richtung, in der die vertieften Athemzüge eine Wirkung entfalten; das ist ihr Einfluss auf die Circulation. Ist auch dieser Einfluss noch nicht in allen Einzelheiten zweifellos klar gelegt, so viel steht sicher fest, dass die gewöhnliche Athmung und viel mehr noch eine vertiefte einen merklichen Einfluss auf die Circulation durch die Lungen übt. Durch den einfachen physikalischen Versuch lässt es sich leicht darthun, dass elastische Röhren um so mehr Flüssigkeit fassen, je mehr sie in die Länge gedehnt werden. Die Gefässe der Lungenbläschen werden sich daher um so mehr füllen, je stärker sie durch tiefes Einathmen gedehnt werden, und sie werden sich um so mehr entleeren, als energisches Ausathmen sie zusammenzieht, so dass gerade in dem energischen und präzisen Wechselspiel von Aus- und Einathmung ein bedeutendes Förderungsmittel der Circulation durch die Lunge liegt. Dies Verhalten ist nicht bloß von hohem Werth für die Ernährung der Lunge, es liegt auch auf der Hand, dass das Offenhalten eines so bedeutenden Stromgebietes, wie der Lungenkreislauf, nicht ohne günstigen Einfluss auf den grossen Kreislauf bleiben kann. Wir wissen ja aus Erfahrung, wie nachtheilig Störungen im kleinen Kreislauf auf den ganzen Körper zurückwirken.

Durch die Untersuchungen Sommerbrodt's und Anderer ist es mehr als wahrscheinlich gemacht, dass das vertiefte Athmen nicht bloß physikalisch wirkt, sondern dass dadurch auch die Gefässnerven in einer Weise beeinflusst werden, wie sie der Circulation förderlich ist.

Wir dürfen somit in den Luftcuren ein Mittel erblicken, welches wie kein anderes im Stande ist, Circulationsstörungen vorzubeugen oder zu beseitigen, und damit die Ernährung der Organe zu fördern. Ihr Einfluss ist um so bedeutender, als ein anhaltender oder länger dauernder Aufenthalt in einer uns angenehmen Luft unsere Athemmechanik auch dauernd vortheilhaft ändert, wie im Gegentheil eine verderbte Luft, anhaltend geathmet, sie dauernd nachtheilig beeinflusst.

Man wird zugeben, dass die hier dargestellten physiologischen Wirkungen einer reinen und appetitlichen Luft recht bedeutende sind und dass sie die Luftcuren befähigen, unter unseren Heilmitteln einen sehr hohen Rang einzunehmen. Sie werden um so bedeutender, als sie in der Regel noch in Verbindung gebracht werden mit einer Anzahl anderer Curmittel, die von einer nicht weniger beachtenswerthen Wirkung sind. Ich erwähne hier die Lungengymnastik, die körper-

1) Ueber eine wichtige Einrichtung des menschlichen Organismus. 1882.

liche Bewegung und die kalten und warmen Bäder, um in Kürze meine von der gewöhnlichen Meinung etwas abweichende Ansichten darüber mitzuthellen.

Die Athemgymnastik halte ich für ein sehr wesentliches Unterstützungsmittel der Luftcuren. Sie wird am besten ausgeführt durch die pneumatischen Apparate nach Waldenburg. Sind diese von erforderlicher Grösse, dass sie, wie die meinigen, ein 10 Minuten langes ununterbrochenes Athmen gestatten und gleichzeitig sowohl den Druck der Einathmungs- wie der Ausathmungsluft beeinflussen lassen, so sind sie ein durchaus vollständiger gymnastischer Apparat, durch den in Verbindung mit der Luftcur Erspriessliches zu leisten ist. Die Inhalationscuren am Apparat sind eigentlich nur Luftcuren in concentrirter Form, aber von kurzer Dauer. Sie sind namentlich in den Fällen von Werth, wo eine natürliche Gymnastik wegen Erkrankung der Lungen und des Herzens unmöglich geworden ist. Dieser natürlichen Gymnastik durch körperliche Anstrengung klebt immer der Missstand der starken Vermehrung der CO_2 -Bildung und der Nothwendigkeit der vermehrten O-Aufnahme an, wodurch an Lunge und Herz oft unausführbare Anforderungen gestellt werden, die bei dem Athmen am Apparat wegfallen.

Ich gehe auf diese Materie hier nicht weiter ein, da ich meine Ansichten und Erfahrungen darüber in einer kleinen Brochüre ¹⁾ veröffentlicht habe.

Der fast unzertrennliche Begleiter aller Luftcuren ist die körperliche Bewegung. Es gibt keinen Factor, der deutlicher und energischer auf die Oxydationsvorgänge in unserem Körper einwirkt, als die Muskelzusammenziehung, ja ich glaube sogar nach meinen vielen Untersuchungen, dass nur sie allein diesen Einfluss unvermischt und rein übt.

Die Muskelthätigkeit an sich wirkt unter normalen Verhältnissen auf die Zersetzung der stickstoffhaltigen Körpertheile nicht ein, während O-Aufnahme und CO_2 -Ausscheidung in dem Maasse durch sie gesteigert werden, als die körperliche Leistung wächst. Der Schluss, den L. Herrmann aus seinem Versuch, dass ein gänzlich entbluteter Muskel, ohne O aufzunehmen, doch CO_2 beim Zucken bildet, zieht, dass nicht O-Aufnahme, nicht die eigentliche Oxydation das Substrat der Muskelarbeit ist, sondern ein Vorgang, der nichts mit O-Aufnahme zu thun hat ²⁾, ist falsch. In Herrmann's Versuchen ist

1) Die pneumatische Heilmethode u. s. w. Dillenburg bei C. Seel.

2) Unters. über d. Stoffwechsel d. Muskeln. 1867. S. 67.

dem Muskel jede Möglichkeit entzogen, Oxydationsvorgänge zu liefern; denn nur dessen geringe Oberfläche kommt mit dem O in Berührung, der ausserdem noch in einer Form geboten ist, wie er einer raschen Oxydation nicht günstig ist. Denn der atmosphärische O ist nicht vergleichbar dem O, der in concentrirter Form jeder Faser des Muskels in dem Oxyhämoglobin geboten wird. Herrmann's Versuch beweist also nur, dass, wenn dem zuckenden Muskel durch Sauerstoffmangel die Möglichkeit sich zu oxydiren entzogen wird, dann andere chemische Vorgänge in ihm zu Stande kommen, welche Arbeit leisten.

Im lebenden Körper begegnen wir demselben Verhalten. Der lange Streit über die Einwirkung körperlicher Anstrengung auf die Zersetzung der stickstoffhaltigen Körperbestandtheile, an dem ich selbst in grossen Versuchsreihen Theil genommen, findet endlich seine Erledigung durch die unter Zuntz's Leitung angestellten Versuche Oppenheim's.¹⁾ Nach diesen Versuchen wird der Muskel selbst durch seine Thätigkeit erst dann angegriffen, wenn der nöthige Sauerstoff zu mangeln beginnt; und so tritt bei körperlicher Anstrengung eine Vermehrung der Harnstoffausscheidung erst dann ein, wenn das dabei auftretende Gefühl der Athemnoth die mangelnde Sauerstoffzufuhr bekundet. Wahrscheinlich bleibt auch die bei excessiver Anstrengung sich bemerklich machende Erhöhung der Körpertemperatur nicht ohne Einfluss auf den Zerfall der stickstoffhaltigen Körperbestandtheile.

Vielleicht verdankt auch die Vermehrung der Harnsäureausscheidung, die ich bei lebhafter körperlicher Anstrengung immer gefunden habe, ihren Ursprung diesen Verhältnissen und erklärt das Auftreten der Gicht bei der ärmeren stark arbeitenden Klasse.

O-Aufnahme und CO₂-Ausscheidung halten bei körperlicher Anstrengung nach meinen Untersuchungen gleichen Schritt und der respiratorische Quotient ändert sich nicht bis zu einer gewissen Höhe der Leistung, wo die Herzthätigkeit beginnt, nicht mehr auszureichen und die ihres O beraubten Blutkörperchen nicht mehr im Stande sind, sich rasch genug damit wieder zu beladen, um die thätigen Muskeln ausreichend damit zu versorgen, wie es die Grösse der mechanischen Leistung erfordert. Von da an beginnt die CO₂-Ausfuhr die O-Aufnahme zu überflügeln und es wird in der CO₂ mehr O ausgeschieden, als durch den Athem aufgenommen wurde. Das ist

1) Beiträge zur Physiologie u. Pathologie der Harnstoffausscheidung. Pflüger's Archiv. 23. S. 446.

der Zeitpunkt, wo der Muskel selbst angegriffen wird und eine vermehrte Harnstoffbildung in Folge dessen auftritt.

Das ist nicht eine unmittelbare Wirkung der Körperanstrengung, denn wir wissen durch Fränkel's Untersuchungen, dass eine ungenügende O-Zufuhr überhaupt eine vermehrte Eiweisszersetzung und vermehrte Harnstoffausscheidung zur Folge hat.

Diese grundverschiedenen chemischen Vorgänge bei körperlichen Leistungen müssen unbedingt dahin führen, einen qualitativen Unterschied in den Stoffwechselvorgängen überhaupt anzunehmen, so dass von einer Beschleunigung des Stoffwechsels als einheitlichem Vorgang nicht mehr die Rede sein kann. Man muss füglich zwei getrennt verlaufende Processe im Körper unterscheiden, die qualitativ verschieden, auch quantitativ durchaus nicht in gleicher Weise von äusseren Agentien beeinflusst werden, Ernährungs- und Oxydationsvorgänge.

Die Ernährungsvorgänge sind an das stickstoffhaltige Material gebunden, welches unsere sämtlichen Organe aufbaut; sie stellen nicht Oxydationen, sondern Spaltungen dar, die zur Harnstoffbildung führen; sie werden durch die Thätigkeit der Organe gar nicht, wohl aber durch die Menge der Blutzufuhr und des Nahrungsmaterials beeinflusst, sie vollziehen sich auch ohne Sauerstoff und sind ausnahmsweise nur dann die Quelle mechanischer Leistung, wenn es an O für die Oxydationen gebricht. Die Oxydationen dagegen können selbstverständlich nur bei Gegenwart von Sauerstoff vor sich gehen. Sie vollziehen sich an den CH-Verbindungen; sie sind unter normalen Verhältnissen die Quelle der Kraft und können willkürlich durch Muskelzusammenziehung gesteigert werden; sie sind bloß abhängig von der Grösse der Leistung und völlig unabhängig von dem überschüssig zugeführten Nahrungsmaterial. Wie viel die bei der Ernährung auftretenden Spaltungsprocesse zur Wärmebildung beitragen, lässt sich zur Zeit nicht bestimmen, dass sie aber dazu beizutragen geeignet sind, geht aus der Thatsache hervor, dass sie unter Umständen die Quelle mechanischer Leistung sein können.

Wenn nun auch die Muskelthätigkeit an und für sich direct keinen Einfluss auf die Spaltungsvorgänge der Ernährung übt, so gibt sie doch secundär Veranlassung zu einer Steigerung derselben. Die Function des Muskels ist begleitet von einem vermehrten Blutzufuss und wird für die Dauer Veranlassung zu einer stärkeren Entwicklung des Gefässsystems. Jeder stark gebrauchte Muskel nimmt in Folge dessen an Masse zu, und so bedingt die reichlichere Zufuhr an Ernährungsstoffen eine vermehrte Leistungsfähigkeit, sie

vermehrt aber nie die Leistung an sich. Leitet man daher, wie das geschehen ist, durch einen überlebenden ruhenden Muskel Blut in verschiedener Schnelligkeit, so ist gar nicht zu erwarten, dass das schneller durchgeleitete an O mehr verarmt und mit CO₂ mehr beladen aus dem Muskel ausströmt, als das langsamer strömende. Ersteres könnte etwa nur eine Bereicherung an Harnstoff oder einem anderen Product der Spaltung des N-haltigen Materials erfahren haben.

Die körperliche Anstrengung ist das bei Weitem tauglichste Mittel, die Oxydationen im Körper zu beschleunigen. Sie bietet zugleich auch die natürlichste und geeignetste Veranlassung zu einer Gymnastik der Lungen und des Herzens, durch die beide an Leistungsfähigkeit gewinnen. Die therapeutische Verwendung der Muskelthätigkeit wird nur dann bedenklich und erfordert Vorsicht, wenn Lunge oder Herz, oder beide höheren Anforderungen nicht genügen können; und häufig zeigen sich die ersten Spuren eines krankhaften Zustandes beider Organe erst dann, wenn eine vermehrte Muskelthätigkeit erhöhte Anforderungen an ihre Thätigkeit stellt. Sie befördert dann nicht blos die Ueberladung des Blutes mit CO₂, sondern wird auch bei eintretendem O-Mangel Veranlassung eines perversen Stoffwechsels, der dem nie ruhenden Herzen selbst wieder gefährlich wird; und wenn Stoffela¹⁾ die Entstehung des Fettherzens dem Mangel an O bei Ueberanstrengung des Herzens zuschreibt, so hat er m. E. das Richtige getroffen. Denn der Rest der sich zersetzenden Muskelsubstanz, ein fettartiger Körper, bleibt unverbrannt in den angegriffenen Muskelfasern selbst zurück.

Dass die verstärkte Ausdehnung der Lungenbläschen bei körperlicher Thätigkeit nicht ohne Einfluss auf die Circulation in der Lunge bleibt, versteht sich wohl von selbst. Eine Verminderung des CO₂-Gehalts des Blutes und eine Bereicherung desselben an O, wie sie bei vermehrter Lungenventilation ohne Körperanstrengung auftritt, wird freilich bei körperlicher Anstrengung nicht zu Stande kommen.

Auf die Ernährungsvorgänge vom hervorragendsten Einfluss ist, ausser der Nahrungszufuhr, die Körpertemperatur. Die Untersuchungen sowohl über das Fieber als auch über die künstliche Erhöhung der Körpertemperatur haben ergeben, dass die Harnstoffausscheidung dabei steigt, dass der Zerfall der stickstoffhaltigen Körperbestandtheile also zunimmt. Durch Pflüger und seine Schüler ist ferner festgestellt, dass auch O-Aufnahme und CO₂-Ausscheidung mit der

1) Ueber Fettherz. Wien. med. Wochenschr. 1881. No. 28.

Körpertemperatur steigen und fallen. Wie viel der ausgeathmeten CO_2 hier den Spaltprocessen der Eiweissstoffe, wie viel den Oxydationsvorgängen zuzuschreiben ist, ist nicht entschieden. Die O-Aufnahme hält nicht gleichen Schritt mit der CO_2 -Ausscheidung, ihre Aenderung aber mit der Körpertemperatur beweist, dass auch die Oxydationsprocesse dadurch verändert werden. Der allgemeinen Meinung, dass innerhalb gewisser Temperaturgrenzen die Abkühlung, wie auch Pflüger behauptet, eine Beschleunigung des Stoffwechsels, resp. der Oxydationsvorgänge hervorruft, muss ich auf Grund meiner erwähnten, unlängst veröffentlichten Versuche entgegentreten; diese Beschleunigung kommt nur dann zu Stande, wenn die Abkühlung Muskelcontractur hervorruft.

Der Grund dafür, dass wir bis zum heutigen Tage noch darüber im Unklaren sind, ob auch beim Fieber die Oxydationsprocesse gesteigert sind, ob also O-Aufnahme und CO_2 -Ausscheidung dabei vermehrt sind, liegt einzig und allein darin, dass bei den hierauf bezüglichen Versuchen die Muskelbewegungen nicht hinlänglich ausgeschlossen oder ausgeglichen waren. Betrachten wir z. B. die bekanntesten dieser Versuche, die Liebermeister's, die nach einer vollständig zuverlässigen Methode angestellt sind, so ist es unmöglich, darin zu bestimmen, wie viel mehr Kraft und Stoff der Fiebernde darauf verwandte, um sich im Froststadium zusammenzukauern, die Decke um sich zu ziehen, wie viel mehr im unbehaglichen Hitzestadium durch Veränderung der Lage dem behaglich ruhenden Gesunden gegenüber. Mit den rasch auftretenden und bedeutenden Unterschieden in den Oxydationsprocessen, welche schon eine unbeachtete und gering geschätzte Muskelanstrengung hervorruft, verglichen, sind die durch die Temperatur hervorgebrachten doch zu gering, als dass sie sicher zum Ausdruck kommen könnten, wenn die Muskelbewegungen nicht völlig ausgeschlossen sind. Dass aber im Fieber die Oxydationen nicht gleichen Schritt halten mit den Spaltungsvorgängen der Eiweissstoffe, wird durch die fettige Degeneration der Organe im Fieber bewiesen.

Die Wirkung der kalten Bäder, welche unsere Körpertemperatur herabzusetzen geeignet sind, lässt sich hiernach bemessen. Sie ist eine andere, als man gewöhnlich annimmt. Sie fördern nämlich nicht die Oxydationsprocesse, falls sie nicht mit Muskelcontractionen verknüpft sind, sondern setzen sowohl diese als namentlich die Spaltungsvorgänge des stickstoffhaltigen Materials herab. Sie begünstigen somit höchst wahrscheinlich den Eiweissansatz, wie die Erhöhung der Körpertemperatur einen vermehrten Eiweisszerfall veranlasst

Zwar ist die durch kalte Bäder erzielte Herabsetzung der Körpertemperatur keine sehr bedeutende, sie dauert indess auf Stunden hinaus an und es kann bei tagelanger Wiederholung ihr Einfluss nicht ausbleiben; er wird sich namentlich da geltend machen, wo in Folge krankhafter Zustände geringe Temperaturerhöhungen stationär geworden sind.

Auf die übrigen bekannten Wirkungen der Bäder auf Circulation und Nervensystem gehe ich nicht weiter ein und erinnere nur noch an die bereits angedeutete Wirkung kühler Bäder auf die Athemmechanik, der wohl hauptsächlich das Gefühl des Wohlbehagens, welches sie verursachen, zuzuschreiben ist.
