

# STOFSKIFTE VED PSYKISK ARBEJDE

EXPERIMENTALE UNDERSØGELSER

UDFØRTE PAA

UNIVERSITETETS PSYKOFYSISKE LABORATORIUM

AF

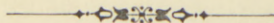
F. C. BECKER OG OTTO OLSEN

INGENIØR, CAND. POLYT.

LÆGE

---

D. KGL. DANSKE VIDENSK. SELSK. SKRIFTER, 7. RÆKKE, NATURV. OG MATHEMATISK AFD. XI. 1



KØBENHAVN  
BIANCO LUNOS BOGTRYKKERI

1913

... ..  
... ..  
... ..  
... ..

# STOFSKIFTE

## VED PSYKISK ARBEJDE

... ..  
... ..  
... ..  
... ..

### UNIVERSITETS PSYKOLOGISKE LABORATORIUM

... ..  
... ..  
... ..

### M. C. BECHER OG OTTO OLSEN

... ..  
... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

KØBENHAVN

MILKON FONDENS BOKTRYKKERI



## FORORD.

---

Nærværende Arbejde er paabegyndt under Paavirkning af afdøde Docent LUDVIG FEILBERG's og Prof. ALFR. LEHMANN's psykologiske Arbejder.

Det er udført paa Universitetets psyko-fysiske Laboratorium.

At det blev os muligt at gennemføre vore Undersøgelser i den Form, hvori de her foreligge, skyldes i første Række Hr. Prof. Dr. phil. ALFRED LEHMANN, der tidligt skaffede os Husly for vort Arbejde og senere paa et hvert Trin af dettes Udvikling ydede os ubegrænset Hjælp ved Forsøgenes Planlæggelse og Udførelse. I denne Sammenhæng skal vi særlig henlede Opmærksomheden paa de Forsøg, der ere refererede pag. 53—63, som Hr. Prof. LEHMANN udførte, efter at vi havde afsluttet vort Arbejde, og derefter godhedsfuldt stillede til vor Disposition tilligemed den her meddelte Fremstilling.

For alt dette udtale vi her vor ærbødige og hjærtelige Tak.

Vi takke ligeledes Hr. Prof. Dr. med. C. J. SALOMONSEN, der gav os Tilladelse til i længere Tid at foretage en Række Luftanalyser paa Universitetets bakteriologiske Laboratorium, samt Hr. stud. mag. S. NÆSGAARD, der har ydet fortrinlig Assistance under Forsøgene.

Fremdeles skylder vi Hr. Dr. med. L. S. FRIDERICIA, Hr. Dr. phil., Docent A. KROGH og Hr. Prof. H. MØLLGAARD Tak for værdifulde praktiske Vink.

---





## INDLEDNING.

---

Det foreliggende Arbejde er et Forsøg paa at bringe Studiet af de psykologiske Grundforhold ind paa energetisk Omraade.

Den Opgave, der herved stilles, ses at staa i nøje Tilslutning til den Udvikling, de enkelte naturvidenskabelige Discipliner have undergaaet i det forløbne Aarhundrede; oprindelig spredte og uden væsentlige Berøringspunkter staa disse nu i den moderne Forskning samlede med Energetiken som fælles Grundlag.

Indtil den seneste Tid har den experimentale Psykologi staaet udenfor denne Fællesudvikling; først med ALFRED LEHMANN's psykodynamiske Teori anlagdes en gennemført energetisk Betragtning til samlet Forklaring af de psykologiske Enkeltiagttagelser.

Vi søge nu i Kontinuitet af LEHMANN's Undersøgelser, men ad andre Veje, at fastslaa Omridsene af den psykologiske Energetik, og haabe herigennem at vinde et frugtbart Arbejdsgrundlag til Videreudvikling af den experimentale Psykologi.

En samlet energetisk Undersøgelse af de psykologiske Grundforhold deler sig naturligt i 3 Enkeltundersøgelser:

1. En Undersøgelse af, hvorvidt psykisk Virksomhed er ledsaget af samtidige Energiprocesser, samt i bekræftende Fald
2. Paavisning af en vis Relation mellem Størrelsen af den psykiske Virksomhed og Størrelsen af de dermed følgende Energiprocesser; og endvidere
3. Undersøgelse af den specielle Art af Energi, der fremkommer ved de her omhandlede Processer.

Medens sidstnævnte Undersøgelse ganske falder udenfor dette Arbejdes Rammer, vil de to førstnævnte findes gennemførte paa efterfølgende Sider.



## Tidligere Undersøgelser.

Forinden vi gaar over til nærmere Beskrivelse af egne Forsøg, skulle vi kort referere de vigtigste af Andre udførte Arbejder vedrørende samme Opgave.

En Afhandling af LAVOISIER fra 1789 (Oeuvres de LAVOISIER, II pag. 697. Paris MDCCCLXII) indeholder følgende Passus:

„On peut connaître, par exemple, à combien de livres en poids répondent les efforts d'un homme qui récite un discours, d'un musicien qui joue d'un instrument. On pourrait même évaluer ce qu'il y a de mécanique dans le travail du philosophe qui réfléchit, de l'homme de lettres qui écrit, du musicien qui compose.“

LAVOISIER har her i Forstaaelsen af sine Opdagelsers vidtrækkende Betydning søgt at paapege disses mulige Gyldighed ogsaa paa Omraader, der saaledes som Hjerneprocesserne dengang endnu ikke vare inddragne under experimental Undersøgelse, og han rejste derved i al sin Simpelhed det Spørgsmaal, som 100 Aar efter endnu ikke havde fundet sin Besvarelse. Senere har, saavidt vides, fransk Videnskab ikke beskæftiget sig med denne Opgave, men Traditionen fra LAVOISIER's Tid har holdt sig levende, saaledes at man endnu hos RICHET (Dictionnaire de physiologie, III pag. 40. Paris 1898) finder følgende:

„J'ai donc pu, en m'appuyant de l'autorité de LAVOISIER, soutenir contre A. GAUTIER que le travail psychique est sans doute une des formes de l'énergie, ainsi que le travail mécanique; car toutes les expériences semblent bien prouver qu'à une certaine quantité de travail psychique répond une certaine quantité d'énergie chimique dégagée, comme le démontrent les accroissements des combustions chimiques et le dégagement de chaleur.“

Det første betydeligere experimentale Arbejde, man finder, er udført af SPECK og offentliggjort i hans Bog: „Physiologie des menschlichen Athmens“ Leipzig 1892.

Som Titlen antyder, er SPECK's Arbejde af ren fysiologisk Natur, og de deri forekommende psykologiske Undersøgelser ere nærmest at opfatte som en supplerende Forsøgsrække.

Forsøgene udførtes ved at opsamle Expirationsluften fra Forsøgspersonen i Spirometre og ved Analyse at bestemme Luftens Sammensætning. Hvert Forsøg deltes i to Perioder, en Hvileperiode, i hvilken Forsøgspersonen sad fuldstændig rolig, og



en Periode, i hvilken det psykiske Arbejde blev udført. For hver Periode bestemtes Iltoptagelsen og Kulsyreudskillelsen pr. Tidsenhed, og Differensen mellem Bestemmelserne for hver to Perioder indenfor samme Forsøg skulde da give Stigningen i Iltoptagelsen og Kulsyreudskillelsen som Følge af det psykiske Arbejde.

Ved denne Fremgangsmaade begik SPECK den ikke uvæsentlige Fejl for hvert Forsøg kun at medtage en enkelt Hvileperiode, enten før eller efter Arbejdsperioden, samt endvidere at lade de to Perioder være adskilte ved et Tidsrum, i hvilket Forsøget var afbrudt. Ved Forsøg som disse, hvor de maalte Differenser ere relativt smaa, maa man nødvendigvis foretage to Hvilebestemmelser, en før og en efter det psykiske Arbejde, samt lade alle 3 Perioder forløbe uden Afbrydelse; om den nærmere Begrundelse heraf se senere. Med denne sin omtalte Forsøgsanordning gennemførte SPECK to Forsøgsrækker. I første Række, hvor SPECK selv var Forsøgsperson, benyttedes som psykisk Arbejde Læsning af videnskabelig Lektüre, Nedskrivning af et Resumé af et Forsøg, Løsning af lette Ligninger samt en enkelt let geometrisk Opgave.

Forsøgsrækken udviste som Resultat en tydelig udtalt Stigning af Iltoptagelsen og af Kulsyreudskillelsen under Arbejdsperioden, eller med SPECK's egne Ord:

„Die in Tabelle 47 mitgetheilten Zahlen dieser Versuche ergeben im Einzelnen wie in ihrem Mittel das ganz bestimmte Resultat, dass  $\text{CO}_2$ -Ausscheidung und  $\text{O}_2$ -Aufnahme bei geistiger Thätigkeit deutlich vermehrt sind.“

Dette Resultat afkræfter SPECK umiddelbart efter, idet han meget rigtigt gør opmærksom paa, at Stigningen helt eller delvis kan skyldes Skrivebevægelser under Regneforsøgene, ubekvemme Stillinger som Følge af Vanskeligheden ved at læse i en Bog, naar man har Respirationsrøret i Munden, etc. For at afgøre, hvor meget disse Forhold have at betyde, udførte SPECK under to af Hvileperioderne Skrivebevægelser, som efter hans Skøn havde samme Omfang som under de tilsvarende Arbejdsperioder, og fandt da ud fra disse to Forsøg, at psykisk Arbejde ikke medførte nogen nævneværdig Stigning af Stofskiftet. En saadan experimental Bevisførelse kan imidlertid ikke anses for fyldestgørende; et subjektivt Skøn om, hvorvidt man i to Perioder har udført samme mekaniske Arbejde, er for løst et Grundlag til, at man derudfra kan afgøre hele dette Spørgsmaal. I den anden Forsøgsrække, der udførtes med en ny Forsøgsperson, foretoges 5 Forsøg med psykisk Arbejde, og af disse udførtes de 3 første med staaende Forsøgsperson, de 2 sidste med Forsøgspersonen siddende. Til psykisk Arbejde valgtes Læsning i Homer, Xenophon og Cæsar.

Resultatet af de første 4 Forsøg var det samme som i første Forsøgsrække, en Stigning i Stofskiftet under Arbejdsperioden, og SPECK's Forklaring herpaa er ligeledes den samme, nemlig ubekvemme Stillinger, uundgaaelige Muskelbevægelser etc.; derimod gives ingen Forklaring paa det sidste Forsøg 243—244, hvor Stofskiftet nedsættes, saaledes at Kulsyreudskillelsen forringes med ca. 20 % tiltrods for de uundgaaelige Muskelbevægelser. Forklaringen herpaa tør sikkert søges i den, for samtlige Forsøg, uheldige Forsøgsordning.



Til Slut anfører SPECK fire Forsøg til Belysning af ubekvemme Legemsstillingers Indflydelse paa Stofskiftets Størrelse, hvoraf fremgaar, at Stillinger, som vare mere ubekvemme end de, der indtoges under Læse- og Skriveforsøgene, gav en større Stigning i Stofskiftet, end man opnaaede under ovennævnte Læsning og Skrivning; men dette har selvfølgelig ingen Betydning for Bedømmelsen af, hvorvidt Stofskiftestigningen under det stedfundne psykiske Arbejde ene skyldtes Muskel-spændinger etc.

SPECK's heromtalte Forsøg maa saaledes paa Grund af den misvisende Forsøgsordning som Helhed siges at være forfejlede; selv vurderer Speck sine Forsøg i følgende Passus:

„Somit liefern meine Untersuchungen das ganz unerwartete Resultat, dass geistige Thätigkeit direct auf den allgemeinen Stoffwechsel keinen Einfluss übt und dass die moleculären Vorgänge im Gehirn, die ihr zu Grunde liegen, entweder keine Oxydationsprocesse (oder Spaltprocesse) sind, oder dass sie so gering sind, dass sie für unsere Untersuchungsmethoden nicht messbar sind“.

Denne SPECK's Slutningsbemærkning er uantastet gaet over i Literaturen og danner navnlig i Haandbøgerne Grundlaget for Behandlingen af disse Forhold. Se saaledes:

NAGEL: Handbuch der Physiologie Bd. I, 1ste Halvdel, pag. 565.

OPPENHEIM: Handbuch der Biochemie, 7. Lieferung, pag. 272.

VAN NORDEN: Handbuch der Pathologie des Stoffwechsels, Bd. I, pag. 260.

Endvidere berøres Problemet om psykisk Arbejdes Indflydelse paa Stofskiftet i ZUNTZ og LOEWY's Arbejde: Höhenklima und Bergwanderungen, pag. 229. Efter først at have omtalt SPECK's Forsøg, der udnævnes til at være „einwandfreie“, anføres yderligere LOEWY's Undersøgelser over Stofskiftet i vaagen Tilstand og Søvn (Berliner klinische Wochenschrift 1891, Nr. 18), samt JOHANSSON: Über die Tageschwankungen des Stoffverbrauchs (Skand. Archiv für Physiologie VIII, 1898, pag. 105).

Begge disse Arbejder anføres som Støtte for følgende Bemærkning:

„Ein Einfluss psychischer Momente ist nur dann nachweisbar, wenn diese mit Spannungen oder Bewegungen im Bereich der Muskulatur verbunden sind“.

JOHANSSON's Arbejde, som i denne Sammenhæng er det mest oplysende, skal kort gennemgaas. Formaålet med dette var at bestemme Stofskiftets Svingninger indenfor Døgnet. I den Anledning maalttes Kulsyreudskillelsen fra Time til Time, og for at reducere tilfældige Fejl saa meget som muligt bestræbte Forsøgspersonen sig for med yderste Omhu at ligge i fuldkommen Ro med slappe Muskler og at undgaa enhver uvilkaarlig Bevægelse.

Ialt udførtes 45 Forsøg paa denne Maade, og af disse fremgik, ganske i Overensstemmelse med LOEWY's tidligere Forsøg, at Stofskiftet i vaagen Tilstand ikke er paaviseligt større end under Søvn, naar fuldkommen Muskelro iagttages. Man faar saaledes bekræftet, hvad man i Forvejen kunde have ventet, at den ringe psykiske Virksomhed, der blot kan karakteriseres ved, at man er vaagen, uden at der udføres noget egentligt psykisk Arbejde, kun kræver et saa ringe Energiforbrug, at



man ikke ad denne Vej kan paavise det; men med ZUNTZ og LOEWY heraf at slutte, at Energiforbruget fra psykisk Virksomhed overhovedet ikke kan paavises, er ikke alene i Almindelighed vildledende, men i dette Tilfælde særligt overfladisk, da netop JOHANSSON'S Forsøg give Beviset for det modsatte. Middeltallet af disse Forsøg gav en Kulsyreudskillelse paa 20,88 gr. pr. Time, medens Maximal- og Minimalværdierne vare henholdsvis 23,2 og 18,2 gr. Kulsyre.

Ved 3 af Forsøgene findes anført: „Geistestätigkeit lebhaft“ og Værdierne for disse ere 22,1—22,9 og 22,2 gr. Kulsyre pr. Time, hvilket giver en gennemsnitlig Differens fra Middelværdien paa 1,52 gr. eller en Mittelstigning af Kulsyreudskillelsen paa 7,3 0/0. For et enkelt Forsøg findes Bemærkningen: „Geistestätigkeit sehr lebhaft“, hvortil svarer Kulsyreudskillelsen 23,2 gr., hvilket som ovenfor anført netop er Maximumsværdien for samtlige 45 Forsøg, og ca. 11,1 0/0 større end Forsøgenes Middelværdi.

JOHANSSON'S Forsøg vise da ikke alene, at man ved den gængse fysiologiske Forsøgsmetodik er i Stand til at paavise et Energiforbrug ved psykisk Virksomhed, men man øjner tillige ad denne Vej en Mulighed for at paavise, at Energiforbrugets Størrelse svinger overensstemmende med den subjektivt vurderede Størrelse af det psykiske Arbejde.

I 1897 offentliggjorde ATWATER, WOODS og BENEDICT en Række foreløbige Forsøg med et nykonstrueret Respirationskalorimeter (Bulletin Nr. 44 fra U. S. Dep. of Agric. Off. of Exp. St.). Forsøgenes Formaal var nærmest at undersøge Apparatets Ydeevne, men da et enkelt Forsøg anlagdes saaledes, at det i en af Perioderne omfattede psykisk Arbejde, skal det omtales her. Under dette Forsøg var Forsøgspersonen 12 Dage i Respirationskammeret; denne Tid inddeltes i 5 Perioder, hvoraf 1ste, 3die og 5te Periode vare Hvileperioder og varede henholdsvis  $1\frac{3}{8}$ , 3 og  $1\frac{3}{8}$  Dag; 2den og 4de Periode vare Arbejdsperioder, hver paa 3 Dage, med henholdsvis psykisk Arbejde og Muskelarbejde. Forsøgsbetingelserne ere beskrevne som følger:

„In the first period the subject did not engage in any muscular or mental work except such reading and very slight physical exercise as were needed to pass away the time comfortably. The second period, of three days duration, was devoted to mental labor. The subject engaged for eight hours a day or thereabouts in the active work of either calculating results of previous experiments or studying a German treatise on physics. The mental application was as intense as it could well be made. The third period, likewise of three days duration, was given to nearly absolute rest. During this time the subject avoided muscular and mental exercise so far as possible. During a larger part of the time he reclined upon the bed“.

4de og 5te Periode ere i denne Sammenhæng uden Betydning. Kulsyreudskillelsen, beregnet for 24 Timer, var gennemsnitlig for 2den og 3die Periode 851,5 og 871,7 gr.; men Stofskiftet hidrørende fra Muskelarbejde, Legemsstilling, etc. maa, saaledes som Forsøget er beskrevet, være væsentligt større under 2den end under 3die Periode, og naar man ikke desto mindre finder den største Kulsyreudskillelse



under 3die Periode, maa der have været secundære Forhold tilstede, der umuliggør enhver nærmere Sammenligning mellem de to Perioder. I selve Afhandlingen drages der da heller ingen Slutninger angaaende Forholdet mellem psykisk Arbejde og Stofskiftet paa Grundlag af dette Forsøg; men da dette kan ske fra andre Sider, have vi ment det rigtigst at paapege den Mangel, der i saa Fald klæber ved dette Forsøg.

En meget omfattende og omhyggeligt udført Forsøgsrække vedrørende psykisk Arbejdes Indflydelse paa Stofskiftet er udført af BENEDICT og CARPENTER og offentliggjort i Bulletin Nr. 208 fra U. S. Dep. of Agric., Off. of Exp. St. Forsøgene udførtes med Respirationskalorimeter og omfattede Maalinger af fordampet Vand, udskilt Kulsyre, optaget Ilt og udviklet Varme samt Legemets Vægttab og Pulsens Hyppighed. Forsøgspersonerne vare unge Studerende, som vare i Begreb med at underkaste sig en Examen ved Universitetet. Hvert Forsøg bestod af to Perioder, en Arbejdsperiode paa 3 Timer, i hvilken Forsøgspersonen udfærdigede en af sine skriftlige Examensopgaver, og en Kontrolperiode ligeledes paa 3 Timer, i hvilken Forsøgspersonen kopierede sin Examensopgave eller afskrev et Uddrag af en neutral Bog med ialt samme Antal Ord, som Examensopgaven havde indeholdt; paa denne Maade søgte man at eliminere den Fejl, der indføres ved Muskelarbejdet som Følge af Skrivebevægelserne. Mellem Arbejds- og Kontrolperioderne var gennemsnitlig et Tidsrum paa 23 Dage, men det Tidspunkt af Dagen, paa hvilket Under søgelserne fandt Sted, var indenfor hvert Forsøg det samme, for saaledes at formindske uundgaelige tilfældige Fejl saa meget som muligt. Ialt foretoges 22 Forsøg, alle med forskellige Forsøgspersoner. Af Forsøgsresultaterne skal anføres følgende: Middeltallet af Kulsyreudskillelsen for Kontrolperioden var 99,76 gr., for Arbejdsperioden 101,84 gr., hvilket giver en Middeltigning paa 2,08 gr. eller 2,1 %; Middeltallet af Iltoptagelsen for Kontrolperioden var 79,48 gr., for Arbejdsperioden 84,20 gr., altsaa en Middeltigning paa 4,72 gr. eller 5,9 %; disse sidste Tal er kun beregnede af 14 Forsøg, da 8 Forsøg med Hensyn til Iltbestemmelserne vare ufuldstændige. Middeltallet af Varmemaalingerue viste kun en Stigning paa 0,5 % af den udviklede Varmemængde under Arbejdsperioden.

Saaframt denne Forsøgsrække kun er behæftet med tilfældige Fejl, maa man, naar Fejlens Størrelse og Forsøgenes Antal tages i Betragtning, heraf slutte, at den Stigning i Stofskiftet, som fremkommer ved Examensarbejde af denne Art, er saa ringe, at den ikke med Sikkerhed kan tilskrives det ved Løsningen af Examensopgaven udførte psykiske Arbejde; men selv i saa Fald maa man være meget varsom med at generalisere dette Forsøgsresultat, idet det aldeles ikke udelukker, at man med anden og mere koncentreret Art af psykisk Arbejde og med anden Forsøgsordning vil kunne paavise en kendelig Stigning af Kulsyreudskillelsen, som vanskelig vil kunne tilskrives secundære Aarsager. (Samlg. JOHANSSON's Forsøg).

Det kan imidlertid tillige paavises, at BENEDICT's Forsøg ere behæftede med en ensrettet Fejl, der umuliggør sikre Slutninger. Som ovenfor



nævnt, vare Arbejds- og Kontrolperioderne adskilte ved et Tidsrum paa gennemsnitlig 23 Dage, idet Arbejdsperioderne faldt i Februar 1905 og Kontrolperioderne i de sidste Dage af Februar samt i Marts; det vil nu være meget rimeligt at antage, at Hvilestofskiftets Størrelse svinger noget med Aarstiden, og at der hos Personer, som ere underkastede fælles klimatiske og meteorologiske Forhold, vil vise sig fælles ensartede Stofskiftesvingninger, samt at disse Svingninger netop i Overgangstiden Februar—Marts kunne være relativt store. Til Belysning af dette Forhold findes blandt vore Forsøg enkelte Data, der ganske vist alene ere for spinkle til at gælde for Bevis, men som paa anskuelig Maade illustrere Tankegangen. I Maanederne Februar og Marts 1911 udførtes en Række Forsøg med A. L. Forsøgene foretoges Kl. 9 om Morgenen og indledes med en Maaling af Forsøgspersonens Kulsyreudskillelse i Hvile, altid under samme Forhold med Hensyn til Legemsstilling under Forsøget, Tidspunkt for Indtagelse af sidste Maaltid, etc. Resultatet heraf var følgende:

Tabel I.

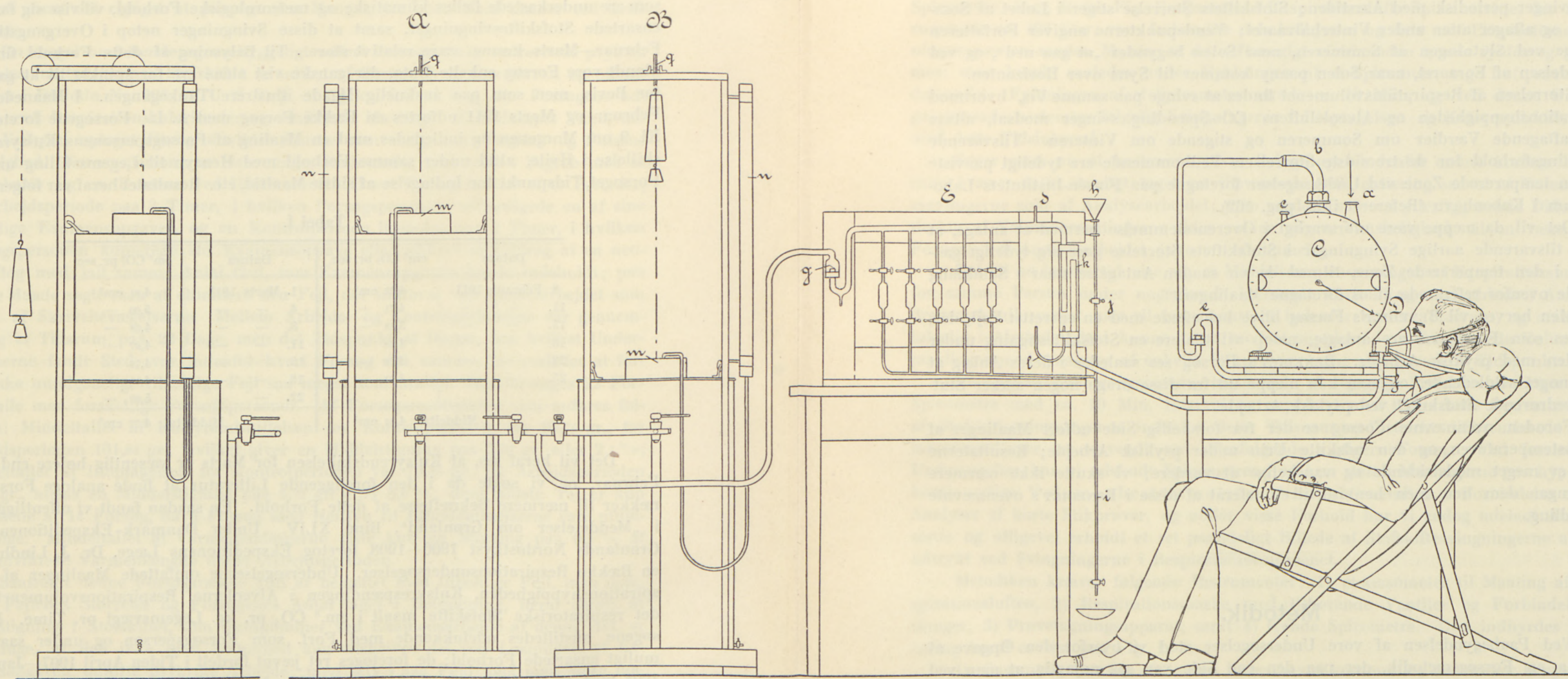
Datum	cm <sup>3</sup> CO <sub>2</sub> pr. sec.	Datum	cm <sup>3</sup> CO <sub>2</sub> pr. sec.
8. Februar 1911	4,22 cm <sup>3</sup>	1. Marts 1911	4,84 cm <sup>3</sup>
11. — —	4,71 —	4. — —	5,00 —
15. — —	3,48 —	8. — —	4,68 —
18. — —	4,28 —	11. — —	4,97 —
22. — —	4,80 —	15. — —	4,78 —
25. — —	4,81 —	18. — —	4,10 —
		22. — —	5,02 —
Middeltal: 4,44 cm <sup>3</sup>		Middeltal: 4,77 cm <sup>3</sup>	

Det vil heraf ses, at Kulsyreudskillelsen for Marts er væsentlig højere end for Februar, og vi søgte da i den foreliggende Litteratur at finde analoge Forsøgsrækker til nærmere Bekræftelse af dette Forhold. En saadan fandt vi offentliggjort i „Meddelelser om Grønland“, Bind XLIV. Under Danmark-Ekspeditionen til Grønlands Nordøstkyst 1906—1908 foretog Ekspeditionens Læge, Dr. J. Lindhard, en Række Respirationsundersøgelser. Undersøgelserne omfattede Maalinger af Respirationshyppigheden, Kulsyreospændingen i Alveolerne, Respirationsvolumenet og det respiratoriske Stofskifte maalt i cm.<sup>3</sup> CO<sub>2</sub> pr. kg. Legemsvægt pr. Time. Forsøgene anstilledes udelukkende med Forf. som Forsøgsperson og under saavidt muligt ensartede Forhold; de foretoges ret jævnt fordelt i Tiden April 1907—Januar 1908 med et samlet Antal af 59. Resultaterne heraf stille sig saaledes:

Tabel II.

April 1907 . . . . .	212 cm. <sup>3</sup> CO <sub>2</sub> pr. kg. pr. Time.
Juni 1907 . . . . .	238 — — —
August 1907 . . . . .	241 — — —
November 1907 . . . . .	237 — — —
Januar 1908 . . . . .	208 — — —





A og B Spirometre  
C Gasometer

D Respirationsmaske  
E Prøvetagningsapparat

Fig. 1.



Forf. angiver tillige, at blandt disse Maalinger maa Tallene fra November og tildels fra Januar antages at være relativt for høje paa Grund af forudgaaende anstrengende Legemsarbejde.

Som Resultat fremgaar da, at Hvilestofskiftets Størrelse under arktiske Forhold svinger periodisk med Aarstiden; Stofskiftets Størrelse stiger i Løbet af Sommeren og aftager atter under Vinterhalvaaret; Vendepunkterne angiver Forfatteren at ligge ved Slutningen af Sommeren, naar Solen begynder „at gaa ned“, og ved Begyndelsen af Foraaret, naar Solen paany kommer til Syne over Horizonten.

Størrelsen af Respirationsvolumenet findes at svinge paa samme Vis, hyorimod Respirationshyppigheden og Alveoleluftens  $\text{CO}_2$ -Spænding svinger modsat, altsaa med aftagende Værdier om Sommeren og stigende om Vinteren. Tilsvarende Svingningsforhold for de tre sidste Størrelsers Vedkommende ere tydeligt paaviste for den tempererede Zone ved Undersøgelser foretagne paa Finsen-Institutets Laboratorium i København (Refereret *ibid.* pag. 162).

Det vil da næppe være uforsvarligt i Overensstemmelse hermed at antage, at ogsaa tilsvarende aarlige Svingninger i Stofskiftets Størrelse gøre sig tydeligt gældende i den tempererede Zone, tilmed da en saadan Antagelse staar i Samklang med de ovenfor refererede af os foretagne Maalinger.

Men herved vil BENEDICT'S Forsøg blive behæftede med en ensrettet Fejl, der, saaledes som Forsøgene ere anlagte, netop vil tilsløre en Stofskiftetigning under Perioden med psykisk Arbejde. BENEDICT'S Forsøg ses saaledes i deres Anlæg at være noget vildledende, og man kan næppe ud fra disse drage nogen sikker Slutning vedrørende Stofskiftet ved psykisk Arbejde.

Foruden ovennævnte Forsøg er der fra forskellig Side udført Maalinger af Legemstemperaturen og den udskilte Urin under psykisk Arbejde; Resultaterne heraf er meget modstridende og vanskelige at vurdere; vi skulle ikke nærmere gennemgaa dem her, men henvise til et Referat af disse i BENEDICT'S ovennævnte Afhandling.

---

## Metodik.

Ved Paabegyndelsen af vore Undersøgelser stod vi overfor den Opgave at fastslaa en Forsøgsmetodik, der paa den ene Side var saa nøjagtig, at man ved Hjælp deraf kunde paavise mulige Stofskiftesvingninger hidrørende fra psykisk Virksomhed, og paa den anden Side var saa simpel i Anlæg og Betjening, at den kunde være praktisk anvendelig i psykologiske Laboratorier, der i Almindelighed ikke ere anlagte med Stofskifteundersøgelser for Øje. Fra første Færd vare vi under disse Forhold henviste til at begrænse vore Undersøgelser til Maalinger af det respiratoriske Stofskifte. Den ved disse Maalinger benyttede Metodik undergik ved Arbejdets Udførelse en trinvis Række Forandringer ved stadige Tilføjelser; den



fæstnedes tilslut i den Form, i hvilken den skal beskrives her, og som i sig kom til at rumme alle Forsøgsordningens tidligere Stadier.

Den endelige Forsøgsmetodik er i Hovedsagen baseret paa gasometriske Volumenmaalinge af Inspirationsluften i Forbindelse med Analysering af den i 2 Spirometre, A og B, (se Fig. 1) opsamlede Exspirationsluft. Spirometrene, der hver rummede ca. 100 liter, vare forbundne dels indbyrdes og dels med Exspirationsledningen paa en saadan Maade, at de uafhængigt af hinanden kunde fyldes og tømmes; man kunde saaledes under Fyldningen af et Spirometer tage Luftprøver af det andet. Fyldningen af et Spirometer varede ca. 10 Min., og ved denne Fremgangsmaade bestemtes følgelig Svingningerne i Iltoptagelsen og Kulsyreudskillelsen med dette Tidsinterval.

Søger man nu at bestemme disse Svingninger indenfor endnu kortere Tidsrum, kræver dette strængt taget en tilsvarende Differentiering saavel af Volumenmaalingerne som af Analysearbejdet; men medens selv en yderliggaaende Differentiering af Volumenmaalingerne ikke volder nogen Vanskelighed, vil en væsentlig Forøgelse af Analysearbejdet være uoverkommelig.

Det vil nu imidlertid vise sig, at Middelsammensætningen af Exspirationsluften for samme Person under nogenlunde konstante Forhold og med uhindret Aandedrætsmekanik meget nær vil være konstant indenfor kortere Tidsrum, og man vil følgelig i Almindelighed kunne nøjes med at supplere de differentierede Volumenmaalinge med Analyser af enkelte Stikprøver, tagne paa passende Tidspunkter.

En saadan Fremgangsmaade, bestaaende af nøjagtige Stofskiftemaalinge ved Spirometre med ca. 10 Min. Interval og suppleret med tilnærmede Bestemmelser af Stofskiftesvingningerne indenfor dette Tidsrum ved stærkt differentierede Volumenmaalinge, er anvendt ved efterfølgende vigtigere Forsøg. Ved foreløbige Undersøgelser har vi udskudt Spirometrene og kun støttet Maalingerne paa hyppige kontinuerlige Volumenbestemmelser af Inspirationsluften i Forbindelse med Analyser af korte Stikprøver, og under visse Forhold har vi endog udeladt Analyserne og alligevel erholdt et ret paalideligt Billede af Stofskiftesvingningerne alene udtrykt ved Svingningerne i Respirationsvolumenet.

Metodiken kræver følgende Instrumenter: 1) et Gasometer til Maaling af Inspirationsluften, 2) Respirationsmaske med tilhørende Ventiler og Forbindelses-slanger, 3) Prøvetagningsapparat, samt 4) tvende Spirometre. Den indbyrdes Placering heraf er vist paa Fig. 1.

1). Gasometeret er en af de ved Københavns kommunale Gasværker benyttede Maalere; disse høre til de saakaldte vaade Maalere, og Konstruktionen af en saadan er følgende: Maaleren bestaar af en cylindrisk Blikbeholder, i hvilken en ligeledes cylindrisk Tromle kan bevæge sig om en vandret Aksel. Beholderen er fyldt med Vand saa højt, at Tromleakselen ligger et Stykke under Vandspejlet. Princippet for Maalingen er da dette, at den Luftmængde, der ønskes maalt, ledes ind ved a, ved Trykdifferens drejer Tromlen rundt og paany strømmer ud ved b. Antallet af Tromlens Omdrejninger bliver da Maal for den Luftmængde, der er



ledet gennem Maaleren. Tromleakselen staar i Forbindelse med et Tælleværk, der angiver den maalte Luftmængde i engelske Kubikfod.

Denne Maaleenhed var for grov til vort Brug, og vi lod da Tromleakselen forlænge ud gennem Maalerens Bagside, der forsynedes med en Maalekreds paa  $360^\circ$ . Jo mindre Maaleren er, des større Tryktab lides ved Maalingen af et givet Rumfang pr. Tidsenhed, og jo større Maaleren er, des mere uhandelig bliver den paa Grund af den paafyldte større Vandmængde. Hensynet til disse Forhold bestemte os til at vælge den Størrelse af Maaleren, der ved en Akselomdrejning maalte  $\frac{1}{2}$  eng. Kubikfod = 14,157 liter, og denne Størrelse viste sig ved Brugen at være meget anvendelig. Hver enkelt Grad af den inddelte Maalekreds skulde da repræsentere et maalt Luftvolumen =  $14,157 : 360$  liter =  $39,3$  cm.<sup>3</sup>. Betingelsen herfor er, at Luften ledes som en jævn Strøm gennem Maaleren under Tryk; ved nærværende Forsøg suges Luften diskontinuerligt gennem Maaleren i Takt med Respirationen. Der anstilledes da Kontrolmaalinge, der saa nær som muligt svarede til Maalerens Gang under Forsøgene, og disse gav som Resultat, dels at Maaleren fungerede regelmæssigt, og dels at Maalekredsens Inddelinger svarede til  $41,2$  cm.<sup>3</sup>.

Brugen af Maaleren er simpel og paalidelig; man erindre blot inden hvert Forsøg at paafylde Vand gennem c, indtil det løber ud forneden; i modsat Fald vil Maaleren dels vise for smaa Volumener, og dels kræve større Trykdifferens for at fungere; af samme Grund maa Maaleren staa vandret og forsynes derfor bedst med Stilleskruer.

Maaleren aflæstes hvert 40. sec.; Tiden markeredes ved et elektrisk Klokkesignal. Lad Aflæsningerne ved to paa hinanden følgende Klokkeslag være  $M^\circ$  og  $N^\circ$ , da vil det maalte Volumen være  $41,2 \times (N^\circ \div M^\circ)$ . Den direkte maalte Størrelse  $N \div M$  vil følgelig meget nær angive Middelt-Respirationsvolumenet pr. sec. maalt i cm.<sup>3</sup>. Dette Begreb, som hyppigt vil blive anvendt i det følgende, kalder vi Respirationsniveauet.

2). Fra Luftmaaleren ledes Luften gennem en Gummislange med Diam. 1,8 cm. til Respirationsmasken, D. Paa Vejen er indskudt Ventilen e\*); denne, hvis Indretning fremgaar af Figuren, aabner under Inspirationen og lukker under Expirationen. Ventilklappen er en tynd Gummiplade fastholdt til Glasrøret ved Shellak. Respirationsmasken bestaar af en simpel Bliktragt, udstøbt med Stentz-Masse efter Ansigtets Form; denne Masse er yderligere dækket med et Lag Klæbevox — en Blanding af Bivox og Terpentin —, der bliver blød ved Hudens Temperatur, og derved sikrer Maskens lufttætte Forbindelse med Ansigtet. Rumfanget af Masken med tilhørende korte Forbindelsesslanger til Forgreningsrøret f bør være saa lille som muligt, da det ved Respirationen repræsenterer et „skadeligt Rum“; ved de af os benyttede Masker beløb dette sig til ca. 30—40 cm.<sup>3</sup>. Se tillige Fig 2.

Under Expirationen ledes Luften ud gennem Ventilen g; denne er modsat-

\*) Ventilens Konstruktion er godhedsfuldt angivet os af Hr. Docent, Dr. phil. A. Krogh.



virkende af e, men iøvrigt af lignende Konstruktion; kun er den tillige forsynet med et paablæst Rør til Bortledning af Fortætningsvandet.

3). Mellem Respirationsmasken og Ventilen g er Prøvetagningsapparatet E anbragt. Dette bestaar af en Række Recipienter monterede paa et Træstativ; hver Recipient rummer ca. 20 cm.<sup>3</sup> og er foroven og forneden lukket med Tregangshaner. Recipienterne fyldes

før Brugen fra neden med Kviksølv ved Paafyldning gennem Tragten h. Foroven ere de forbundne med Expirationsledningen ved snævre Glasrør. En Prøvetagning vil da kunne foretages ved at lukke Hanen j og lade Kviksølvet fra en af Recipienterne løbe ud gennem Slangen i; i denne er forneden indskudt et Glasrør med haartrukken Spids; denne, der

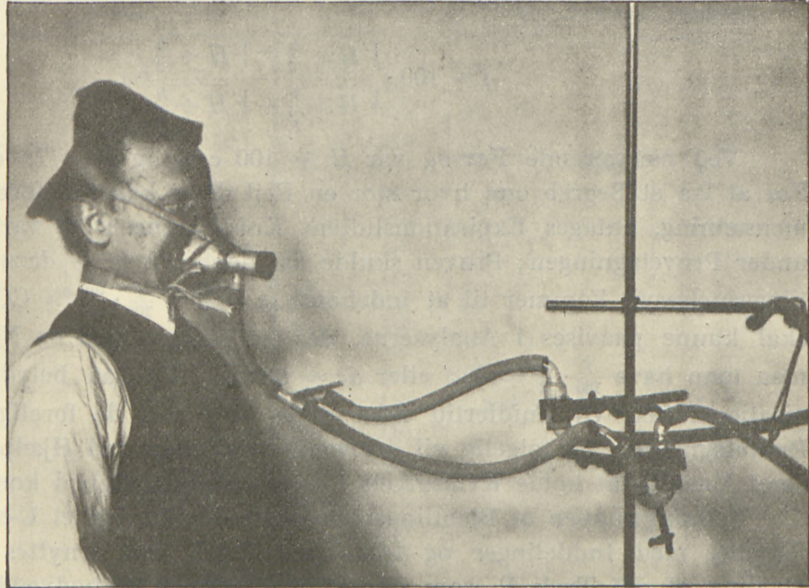


Fig. 2.

maa vende mod Strømmen for ikke at forstoppes med Urenheder fra Kviksølvet, kan afpasses saaledes, at Recipienten tømmes i Løbet af det Tidsrum man ønsker; ved nærværende Forsøg har Prøvetagningens Varighed overalt været  $3 \times 40$  sec. = 2 Minutter. Man vil nu let se, at en Prøvetagning, anstillet paa denne Maade, lider af væsentlige Mangler. Hvad man ønsker at erholde, er en Middelprøve af Expirationsluften i en vis Tid; men da Sættningen af denne varierer indenfor hvert Aandedrag, og da Luften i Tilledningsrørene forskydes som en samlet Luftsøjle, uden at der foregaar nogen nævneværdig Blanding, vil Expirationsluften, idet den passerer Prøvetagningsapparatet, stadig være af varierende Sættning; naar man nu tillige erindrer, at Expirationen indenfor samme Aandedrag foregaar med skiftende Hastighed, og at Prøvetagningen foregaar baade under Expiration og under Inspiration, vil man indse, at Betingelserne for, at den optagne Luftprøve skal faa Expirationsluftens Middelsættning, ikke er til Stede. Disse Mangler vil afhjælpes ved mellem Respirationsmasken og Prøvetagningsapparatet at indskyde en Blandingsbeholder k. Rumfanget af denne er her 600 cm.<sup>3</sup>, altsaa noget større end det normale Aandedrag. Tilledningsrørene og Afledningsrørene ere anbragte som vist paa Figuren for at sikre en god Luftblanding. En



anden, men mindre væsentlig Mangel ved Prøvetagningen hidrører fra, at Recipienten tømmes med aftagende Hastighed. Lad Højdeforskellen mellem Recipientens Midte og Kviksølvets Udløb være  $H$ , og lad Recipientens Højde være  $h$ ; man vil da have, at Kviksølvets Udstrømningshastighed ved Prøvetagningens Begyndelse er  $v_b = c \times \sqrt{H + \frac{h}{2}}$  og ved Slutningen er  $v_s = c \times \sqrt{H - \frac{h}{2}}$

Den maximale Afvigelse fra Middelhastigheden bliver da:

$$f = 100 \cdot \frac{\sqrt{H + \frac{h}{2}} - \sqrt{H - \frac{h}{2}}}{\sqrt{H + \frac{h}{2}} + \sqrt{H - \frac{h}{2}}} \% \dots \quad (1.)$$

Ved nærværende Forsøg var  $H = 100$  cm. og  $h = 7,5$  cm., altsaa  $f = 9\%$ . For at faa et Begreb om, hvor stor en Fejl dette kan medføre i Luftprøvens Sammensætning, antages Expirationsluftens Kulsyreprocent at variere fra  $c$  til  $c + dc$  under Prøvetagningen; Prøven skulde da indeholde  $(c + dc/2)\%$   $\text{CO}_2$ , medens den tilnærmelsesvis kommer til at indeholde  $(c + \frac{dc}{2} \div \frac{f}{100} \cdot \frac{dc}{2})\%$   $\text{CO}_2$ . Hvis denne Fejl skal kunne paavises i Analyserne, der ere udførte med en Nøjagtighed af  $0,03\%$ , maa man have  $\frac{f}{100} \cdot \frac{dc}{2} = 0,03$  eller  $dc = 0,67\%$ . En saa betydelig Variation af Expirationsluften vil imidlertid ikke finde Sted ved de foreliggende Forsøg under Prøvetagningen, og følgelig vil det være overflødigt ved Hjælp af en mere kompliceret Metodik at holde Kviksølvets Udstrømningshastighed konstant.

I Bundproppen af Blandingsbeholderen er anbragt et U-bøjet Glasrør, 1, som, forsynet med Inddelinger og fyldt med Vand, kan benyttes som Manometer til Maaling af det Tryk  $P$ , som under Inspirationen er nødvendigt til at drive Luftmaaleren.  $P$  varierer med Respirationsniveauet. Naar  $P_{max}$  angiver Manometerets største Udslag i cm. Vandsøjle ved Respirationsniveauet  $R$ , vil man have følgende omtrentlige sammenhørende Værdier:

Tabel III.

R	50	100	150	200	250	300 cm. <sup>3</sup> /sec.
$P_{max}$	0,50	0,80	1,15	1,55	2,00	2,50 cm.

Der kan være Grund til at undersøge, hvorvidt dette varierende Inspirationsmodtryk vil indvirke paa Respirationens Forløb og da hvorledes. Til Oplysning herom kan anføres følgende to Forsøg, Nr. 1 og 2, med F. B. Forsøgspersonen sad under hele Forsøget i fuldkommen Ro i Forsøgsstolen; Forsøget deltes i 3 Perioder; i Perioden A respireredes under normale Forsøgsbetingelser; under Perioden B forøgedes Inspirationsmodtrykket kunstigt ved over Gasometerets Indstrømningsaabning, a, at binde et Stykke Flonel; under Perioden C forøgedes Inspirationsmodtrykket yderligere ved Paabinding af endnu et Stykke Flonel.

Der maalttes Respirationsniveauet,  $R$ , med 40 sec. Interval, det maximale Inspirationsmodtryk,  $P_{max}$ , for hver Periode, og endvidere analyseredes en Stikprøve af Expirationsluften fra hver Periode. De maalte Størrelser ere opførte tabellarisk hosstaaende:



Tabel IV.

Lb. Nr. 1. F. B. 18-2-1910.					Lb. Nr. 2. F. B. 24-2-1910.				
Periode	Respirationsniveau cm. <sup>3</sup> /sec.	Expirationsluftens CO <sub>2</sub> %	Middelrespirationsniveau for hele Perioden	Inspirationsmodtryk cm. Vandsøjle	Periode	Respirationsniveau cm. <sup>3</sup> /sec.	Expirationsluftens CO <sub>2</sub> %	Middelrespirationsniveau for hele Perioden	Inspirationsmodtryk cm. Vandsøjle
A	120	3,98	115,0	1,0	C	115	3,84	110,6	2,8
	120								
	120								
	115								
	110								
	110								
	110								
B	105	4,00	102,9	1,6	B	115	3,93	110,7	1,8
	100								
	100								
	105								
	105								
	100								
C	95	3,75	100,0	2,1	A	115	3,77	114,2	0,8
	100								
	100								
	100								
	105								
	100								
	95								
	100								

De to Forsøg udførtes i modsat Rækkefølge, for gennem Resultaternes Middeltal at faa elimineret de Fejl, der maatte hidrøre fra Respirationsniveauets Variation med Tiden.

Middeltallene stille sig som følger:

Tabel V.

Periode	A	B	C
Respirationsniveau: R	114,6 cm. <sup>3</sup> /sec.	106,8 cm. <sup>3</sup> /sec.	105,3 cm. <sup>3</sup> /sec.
Expirationsluftens CO <sub>2</sub> %	3,88	3,97	3,80
Inspirationsmodtrykket: P <sub>max</sub>	0,9 cm.	1,7 cm.	2,5 cm.

Det ses heraf, at naar Inspirationsmodtrykket forøges med ligestore Differencer, vil Respirationsniveauet aftage med aftagende Differencer. Maalingerne af Expirationsluftens CO<sub>2</sub> % give ingen sikre Oplysninger



om dennes Variation, formodentlig fordi der i de korte Forsøgsperioder ikke kommer stationære Spændingsforhold til Stede; men man kan dog med Rimelighed gaa ud fra, at  $\text{CO}_2$  %, saavel i Expirationsluften som i Alveolerne, vil stige med Inspirationsmodtrykket.

Spørgsmaalet er nu, hvorvidt denne paaviste metodiske Fejl vil faa Betydning for vore kommende Maalinger. Det maa herved erindres, at vore Maalinger ere ganske præliminære Differensmaalinger uden noget Krav paa at angive et nøjagtigt Maal for Stofskiftets absolutte Størrelse; hvad vi have søgt, er en Metodik, hvorved vi, med  $\text{CO}_2$ -Udskillelsen som relativt Maal for Stofskiftet, ere i Stand til med Sikkerhed at paavise en Stofskiftestigning under en Arbejdsperiode ud fra Værdierne af en foregaaende og en efterfølgende Hvileperiode. Ved en saadan Metodik maa man med Agtpaagivenhed vaage over enhver Respirationsforstyrrelse, som vil kunne medføre en kunstig Forøgelse af  $\text{CO}_2$ -Udskillelsen, da en saadan kunde resultere i en fuldkommen misvisende Antagelse om en stedfundet Stofskifteforøgelse; omvendt vil derimod en Fejl som den ovenfor paaviste, der hæmmer  $\text{CO}_2$ -Udskillelsen med stigende Respirationsniveau, kun medføre, at en stedfundet Stofskifteforøgelse maales forholdsvis mindre, jo større denne — absolut set — er.

Det ses saaledes, at denne metodiske Fejl ikke vil kunne medføre Tvivl om Rigtigheden af de i det følgende paaviste Stofskifteforøgelser under psykisk Arbejde eller under Muskelarbejde, og den er derfor for nærværende Undersøgelsers Vedkommende betydningsløs.

Nævnte Modtryk P kan benyttes til grafisk Optegning af Respirationens Forløb. Fra Expirationsledningen ved d føres en Gummislange til en Marey's Tambour, der registrerer de varierende Tryk paa en Kymograf-Tromle. De derved erholdte Kurver giver vel et Billede af Respirationssvingningerne, men man kan ikke med nogenlunde Nøjagtighed fra Udslagenes Størrelse slutte sig til Respirationsvoluminerne; derimod vil Kurven give fyldige Oplysninger om Aandedrættens Antal indenfor hver 40. sec., naar man samtidig registrerer Tiden. Tidsregistreringen foretages lettest ved i Forbindelse med det elektriske Klokkesignal at indskyde en elektromagnetisk Skrivestift.

4). Spirometrene ere af sædvanlig Type uden særlige konstruktive Ejendommeligheder. Den bevægelige Klokke er ca. 80 cm. høj og har Diameteren 40 cm.; den har følgelig et nyttigt Volumen paa ca. 100 liter. Klokken er afbalanceret i sin øverste Stilling ved et Vægtlod; naar Klokken sænkes, vil dens Vægt formindskes med Opdriften; for at udligne denne, er der ovenpaa Klokken anbragt en ringformet Skaal m, der henholdsvis fyldes med Vand eller tømmes alt efter som Klokken gaar ned eller op. Vandet ledes til ved Hævertvirkning fra et cylindrisk Glasrør n, fast anbragt paa Spirometerets Stativ. Længden af Glasrøret er noget større end Klokkens Bevægelse, og Rørets Tværnsnitsareal er bestemt ved  $\pi \cdot 40 \cdot t \text{ cm.}^2$ , hvor t er Klokkens Vægtykkelse i cm. Spirometrene ere forbundne indbyrdes og med Expirationsledningen paa en saadan Maade, at de kunne tømmes og fyldes uafhængigt af hinanden. Prøvetagning fra Spirometeret sker gennem Hanen o;



det er tilstrækkeligt blot at forbinde Recipienten med Hanen, hægte Afbalanceringsloddet af Spirometeret, for derved at lade Luften fra Spirometeret i nogen Tid strømme under Tryk — ca. 40 mm. Vandtryk — gennem Recipienten. Se Fig. 3.

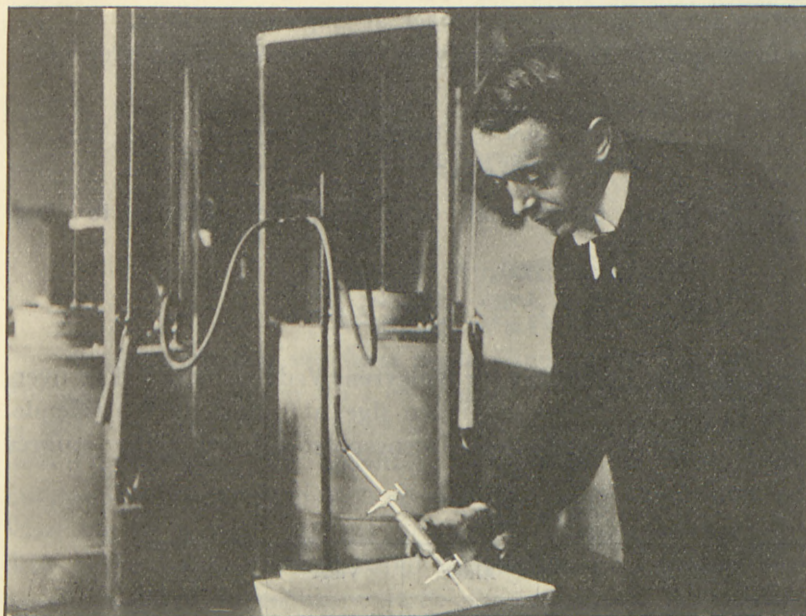


Fig. 3.

Paa Lufttilgangsledningens nederste Punkt bør anbringes en Hane til Aftapning af Fortætningsvand etc.

Man har bestræbt sig for at gøre Spirometrene saa letbevægelige som muligt. I den Anledning ere Tridserne q forarbejdede med særlig Omhu, og deres Diameter er valgt ret stor = 9 cm.; af samme Grund er der sørgt for, at Vægten af Spirometrene

er reduceret til et Minimum ved at bygge dem af saa tynd Zinkplade, som paa Forhaand kunde anses at være forsvarligt; den anvendte Pladetykkelse er  $t = 0,08$  cm.

Som Maal for Spirometrenes Bevægelighed angives følgende sammenhørende Værdier. P er den Vægt, hvormed Afbalanceringsloddet skal belastes, for at Spirometrene skulle fyldes med V cm.<sup>3</sup> pr. sec. P er udtrykt i cm. Vandsøjle over Klokkens Tværsnitsareal.

Tabel VI.

P	V
0,35 cm.	100 cm. <sup>3</sup> /sec.
0,41 —	200 —
0,54 —	300 —
0,73 —	400 —
0,98 —	500 —
1,30 —	600 —
1,69 —	700 —

Luftprøverne analyseredes enten ved et BOHR og PETERSON'S Apparat eller ved et HALDANE'S Apparat. Kulsyren absorberedes i en 10 % Natronopløsning, og



Ilten i en Opløsning af 100 gr. Kalihydrat i ca. 55 gr. Vand, tilsat med 10 gr. Pyrogallolum. Analyserne udførtes med en Nøjagtighed af 0,03 % for Kulsyrens Vedkommende.

For at undersøge, hvorvidt Prøvetagningsapparatet fungerede tilfredsstillende, udførtes to Forsøg med to samtidige Prøvetagninger af Expirationsluften.

I. Prøvetagningen foretoges 3.—12.—08. Analysen, der udførtes Dagen efter, viste:

Recipient	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
I	3,81 %	16,29 %
II	3,79 %	16,34 %

II. Prøvetagningen foretoges 5.—12.—08. Analysen, der udførtes to Dage senere, viste:

Recipient	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
I	4,05 %	16,19 %
II	4,05 %	16,14 %

Da Middelfvigelsen af disse Resultater for Kulsyrens Vedkommende ikke overskrider Analysefejlen paa 0,03 %, maa Prøvetagningen siges at foregaa tilfredsstillende.

Forsøgene ere udførte med 4 forskellige Forsøgspersoner, om hvilke anføres følgende Oplysninger:

Tabel VII.

Betegnelse	Uddannelse	Alder	Vægt	Højde
F. B.	cand. polyt.	29	66 kg.	1,75 m.
A. L.	Prof., Dr. phil.	53	70 -	1,78 -
S. N.	stud. mag.	28	73 -	1,67 -
O. O.	cand. med.	27	73 -	1,80 -

Som det vil fremgaa af Indledningen, er Hovedformalet med nærværende Arbejde en Undersøgelse af specielle psyko-fysiologiske Forhold; men under Arbejdets Forløb udførtes tillige en Række rent fysiologiske Undersøgelser, nærmest for at prøve Metodikens Anvendelighed under kendte Forhold. Disse fysiologiske Undersøgelser kunne imidlertid paaregnes at have selvstændig Interesse og ere derfor opførte samlede under: *Første Afsnit*. De egentlige psykologiske Forsøg vil derefter findes under: *Andet Afsnit*.



## Første Afsnit.

### Hvileforsøg.

Lb. Nr. 3. F. B. 26—1—1910.

Forsøgspersonen sad først nogle Minutter før Forsøget og dernæst under hele Forsøget i fuldkommen Ro i en magelig Forsøgsstol. Forsøget varede ialt  $42 \times 40 = 1680$  sec. De i dette Tidsrum maalte Gasomeraflæsningers Differenser ere opførte i Tabel VIII, 1ste Kolonne. Det vil ses, at disse direkte maalte Differencer kunne blive behæftede med en vis Fejl, thi under Inspirationen bevæger Gasometerets Viser sig ret hurtigt, medens den under Expirationen staar stille, og naar der da ikke netop foregaar et helt Antal Respirationer i Løbet af 40 sec., ville to paa hinanden følgende Aflæsninger træffe Viseren dels i Bevægelse og dels i Ro. I dette Tilfælde vil Differencen mellem to paa hinanden følgende Aflæsninger ikke nøjagtigt angive Middelrespirationsvolumenet i den mellemliggende Tid; men det vil tillige ses, at hvad en enkelt Maaling paa denne Maade bliver for lille, vil den umiddelbart paafølgende blive for stor, saaledes at Fejlen herfra kan blive saa procentisk lille som man ønsker, blot ved at beregne Respirationsniveauet af et tilstrækkeligt stort Antal Enkeltmaalinger. Paa Grund af denne Usikkerhed i Aflæsningerne ere disse ikke foretagne nøjagtigere end med Differencer paa 5. Disse Bemærkninger gælde tillige for samtlige, efterfølgende Forsøg.

Man ser af Tabellen, at Respirationsniveauet aftager fra en maximal Begyndelsesværdi til en minimal Slutningsværdi. Denne Aftagen af Respirationsniveauet for en Person i Hvile viser sig at være et konstant Træk for samtlige Forsøgspersoner; vi skulle derfor her undersøge Forløbet af denne Variation. I den Anledning er Forsøget delt i 3 Perioder, hver paa  $14 \times 40$  sec. Middeltallet for hver af disse Perioder er anført i Tabellen. Det fremgaar heraf, at Respirationsniveauets Aftagen er stærkere i Begyndelsen af Forsøget og svagere i Slutningen, saaledes at Respirationsniveauet nærmer sig en konstant stationær Værdi. Middelrespirationsniveauet for hele Forsøget er 108,6, og de enkelte Respirationsniveauers Afvigelse herfra er i Middeltal 3,3.

I hver af de tre Perioder er taget en Stikprøve af Expirationsluften paa  $3 \times 40$  sec. = 2 Minutter. Luftsammensætningen bestemtes ved Analyser, og Resultatet



Tabel VIII.

Periode	Lb. Nr. 3. F. B. 26—1—1910.					Lb. Nr. 4. O. O. 24—1—1910.						
	Respirations-niveau cm. <sup>3</sup> /sec.	Resp. niveauets Middelværdi	CO <sub>2</sub> <sup>0/10</sup> og O <sub>2</sub> <sup>0/10</sup> i Exspira-tionsluften	Udskilt CO <sub>2</sub> og optaget O <sub>2</sub> i l. pr. 2 Min.	Respirations-kvotient	Respirations-niveau cm. <sup>3</sup> /sec.	Resp. niveauets Middelværdi	CO <sub>2</sub> <sup>0/10</sup> og O <sub>2</sub> <sup>0/10</sup> i Exspira-tionsluften	Udskilt CO <sub>2</sub> og optaget O <sub>2</sub> i l. pr. 2 Min.	Respirations-kvotient		
I	120	111,4				135	130,4					
	115					130						
	115					130						
	115					130						
	115					130						
	115					130						
	110					130						
	105					130						
	110					3,77 <sup>0/10</sup> CO <sub>2</sub>					0,565 l. CO <sub>2</sub>	0,745
	105					16,25 <sup>0/10</sup> O <sub>2</sub>					0,758 l. O <sub>2</sub>	
	105					4,03 <sup>0/10</sup> CO <sub>2</sub>					0,500 l. CO <sub>2</sub>	0,775
	110					16,09 <sup>0/10</sup> O <sub>2</sub>					0,645 l. O <sub>2</sub>	
110												
110												
II	110	108,2				120	122,5					
	110					125						
	110					125						
	110					120						
	110					120						
	105					120						
	110					120						
	105					120						
	110					3,85 <sup>0/10</sup> CO <sub>2</sub>					0,541 l. CO <sub>2</sub>	0,752
	105					16,20 <sup>0/10</sup> O <sub>2</sub>					0,720 l. O <sub>2</sub>	
	105					4,03 <sup>0/10</sup> CO <sub>2</sub>					0,490 l. CO <sub>2</sub>	0,772
	110					16,09 <sup>0/10</sup> O <sub>2</sub>					0,635 l. O <sub>2</sub>	
105												
110												
III	110	106,1				130	124,0					
	105					130						
	100					130						
	105					130						
	105					130						
	105					130						
	105					130						
	105					125						
	105					3,97 <sup>0/10</sup> CO <sub>2</sub>					0,477 l. CO <sub>2</sub>	0,766
	105					16,10 <sup>0/10</sup> O <sub>2</sub>					0,622 l. O <sub>2</sub>	
	105											
	110											
110												
110												
105												



taterne ere opførte i Tabellen. Den udskilte Kulsyre mængde  $C$  og den optagne Iltmængde  $O$  ere beregnede efter Formlerne:

$$C = n_1 \cdot R \cdot \left( \frac{c_e}{n_e} \div \frac{c_i}{n_i} \right) \dots (2.)$$

$$O = n_1 \cdot R \cdot \left( \frac{o_i}{n_1} \div \frac{o_e}{n_e} \right) \dots (3.)$$

$n$ ,  $o$  og  $c$  ere Kvælstof-, Ilt- og Kulsyreprocenten henholdsvis i Inspirations- og Expirationsluften, alt efter som de ere mærkede med Index  $i$  eller  $e$ . Om Værdierne af  $c_i$  og  $o_i$  se Tillæg I.  $R$  = Respirationsvolumenet. Respirationskvotienten  $Q = C/O$  er ligeledes beregnet og opført i Tabellen. Expirationsluftens Kulsyreprocent ses at være meget nær konstant for alle tre Stikprøver; Middeltallet = 4,007 %, og de enkelte Resultaters Afvigelse er i Middel 0,024 %. Iltprocentens Middeltal = 16,093 med Middelfavgivelse 0,004.

Forsøget er optegnet i Fig. 4. Tiden er afsat som Abscisse, saaledes at de paa Fig. viste Inddelinger svare til Aflæsningsintervallet 40 sec. Respirationsniveauets Værdier ere udjævnedes\*) og afsatte som Ordinater. End-

\*) Maalingerne ere her og i det følgende udjævnedes efter Formel (26) i A. Lehmann: Lehrbuch der psychologischen Methodik, Leipzig 1906.

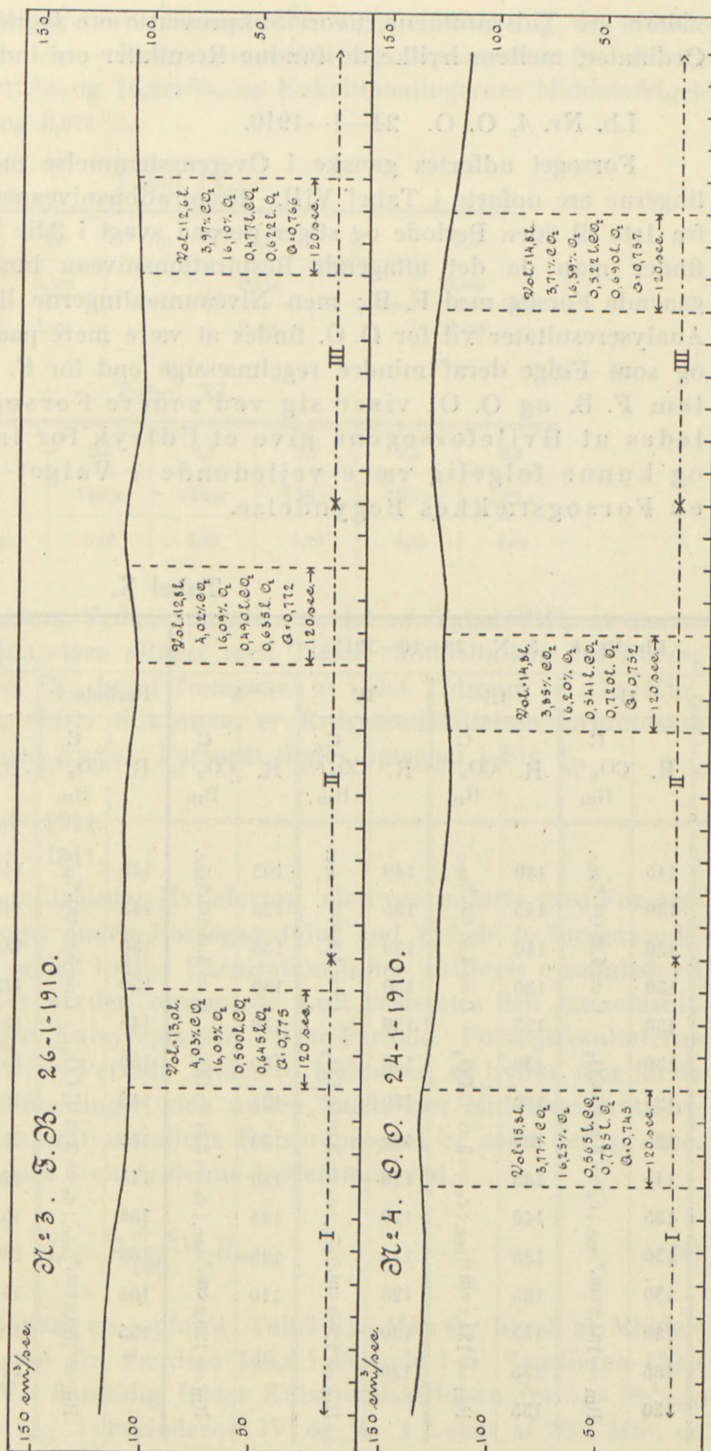


Fig. 4.



videre ere Tidsrummene, hvori Stikprøverne ere tagne, markerede ved punkterede Ordinater, mellem hvilke de fundne Resultater ere indskrevne.

Lb. Nr. 4, O. O. 24—1—1910.

Forsøget udførtes ganske i Overensstemmelse med det foregaaende, og Maa-lingerne ere opførte i Tabel VIII. Respirationsniveauets Middelværdi falder stærkt fra 1ste til 2den Periode og stiger derpaa svagt i 3die Periode. I Hovedsagen genfinder man da det aftagende Respirationsniveau hos O. O., ligesom i det foregaaende Forsøg med F. B.; men Niveaumaalingerne ligesaavel som nedenstaaende Analyseresultater vil for O. O. findes at være mere paavirkede af tilfældige Forhold og som Følge deraf mindre regelmæssige end for F. B. Denne Forskel mellem F. B. og O. O. viser sig ved senere Forsøg at være konstant, saaledes at Hvileforsøgene give et Udtryk for individuelle Differencer, og kunne følgelig være vejledende i Valget af Forsøgspersoner ved en Forsøgsrækkes Begyndelse.

Tabel X.

Lb. Nr. 5. S. N. 28—10—1911.										Lb. Nr. 6. S. N. 15—11—1911																					
Periode I		II		III		IV		V		Periode I		II		III		IV		V													
R.	C CO <sub>2</sub> % R <sub>m</sub>	R.	C CO <sub>2</sub> % R <sub>m</sub>	R.	C CO <sub>2</sub> % R <sub>m</sub>	R.	C CO <sub>2</sub> % R <sub>m</sub>	R.	C CO <sub>2</sub> % R <sub>m</sub>	R.	C CO <sub>2</sub> % R <sub>m</sub>	R.	C CO <sub>2</sub> % R <sub>m</sub>	R.	C CO <sub>2</sub> % R <sub>m</sub>	R.	C CO <sub>2</sub> % R <sub>m</sub>	R.	C CO <sub>2</sub> % R <sub>m</sub>												
165	R <sub>m</sub> = 147,8 cm. <sup>3</sup> /sec.; c <sub>e</sub> = 3,49 % CO <sub>2</sub>	145	C = 4,95 cm. <sup>3</sup> /sec.	140	C = 4,62 cm. <sup>3</sup> /sec.	140	C = 4,50 cm. <sup>3</sup> /sec.	140	C = 4,39 cm. <sup>3</sup> /sec.	105	C = 4,42 cm. <sup>3</sup> /sec.	145	C = 5,11 cm. <sup>3</sup> /sec.	145	C = 5,08 cm. <sup>3</sup> /sec.	140	C = 4,89 cm. <sup>3</sup> /sec.	145	C = 4,71 cm. <sup>3</sup> /sec.	135	C = 4,78 cm. <sup>3</sup> /sec.										
155		130		145		135		125		145		140		150		145		140		150		145	140	145	140	145	140	145	140	140	
140		130		140		130		130		130		130		130		130		130		130		130	130	130	130	130	130	130	130	130	130
145		130		130		130		130		130		130		130		130		130		130		130	130	130	130	130	130	130	130	130	130
160		130		125		125		130		130		130		130		130		130		130		130	130	130	130	130	130	130	130	130	130
135		130		130		130		130		130		130		130		130		130		130		130	130	130	130	130	130	130	130	130	130
125		125		130		130		130		130		130		130		125		125		125		125	145	160	155	145	145	145	145	145	130
135		135		130		130		120		120		120		120		130		130		130		130	145	165	140	140	145	145	145	130	130
150		145		135		135		120		120		120		120		130		130		130		130	145	170	130	140	140	140	140	150	150
150		135		140		140		120		120		120		120		135		135		135		135	155	165	135	135	145	145	145	145	145
135		130		135		135		115		115		115		115		125		125		125		125	165	160	135	135	135	135	135	145	145
150		130		135		135		125		125		125		125		110		110		110		110	165	155	150	150	110	110	110	110	140
160		130		135		135		130		130		130		130									155	150	145	145	105	105	105	105	105
165		135		135		135		120		120		120		120									150	150	130	130	120	120	120	120	120



Respirationsniveauets Middelværdi for hele Forsøget = 125,6 og de enkelte Maalingers Middelfvigelse = 4,5. Kulsyreprocenten og Iltprocenten for de tre Stikprøver er i Middeltal 3,777 0/0 og 16,280 0/0, og Enkeltmaalingernes Middelfvigelser ere henholdsvis 0,049 0/0 og 0,073 0/0.

Tabel IX.

Tiden i Min.	2,0	7,0	2,0	6,3	2,0
Udskilt CO <sub>2</sub> i l.	0,533		0,516		0,500
Optaget O <sub>2</sub> i l.	0,702		0,678		0,656

Tabel XI.

Tiden i Min.	9,0	9,7	9,7	9,3	8,0
Middelresp.niveau	149,3	144,5	139,7	130,9	133,4
Udskilt CO <sub>2</sub> i cm. <sup>3</sup> /sec.	5,03	4,85	4,70	4,55	4,60

For begge Forsøgspersoners Vedkommende ses det af Tabel VIII, at saavel Kulsyreudskillelsen som Iltoptagelsen aftager med Tiden; Middeltallene fra Forsøg Nr. 3 og 4 ere opførte i Tabel IX; heraf fremgaar, at i det Tidrum = 17,3 Min., som ligger mellem første og sidste Stikprøve, er Kulsyreudskillelsen formindsket med 6,2 0/0 og Iltoptagelsen med 6,6 0/0. Forsøget findes optegnet i Fig 4.

Lb. Nr. 5, S. N. 28—10—1911.

Lb. Nr. 6, S. N. 15—11—1911.

Nærværende to Forsøg ere ligeledes Hvileforsøg, men ere udførte med Forsøgspersonen S. N. og med en noget anden Forsøgsordning end ved de to foregaaende. Forsøget deltes i 5 Perioder under hvilke Exspirationsluften skiftevis opsamledes i Spirometrene. Ved Luftprøver af den opsamlede Luft bestemtes den gennemsnitlige Værdi af Exspirationsluftens Kulsyreprocent i hver Periode. Forsøgsresultaterne ere opførte i Tabel X. For hver Periode findes to Kolonner, af hvilke den første indeholder de enkelte Niveaumaalinger, den anden indeholder Middelrespirationsniveauet  $R_m$  for Perioden, Exspirationsluftens Kulsyreprocent  $c_e$ , samt den pr. sec. udskilte Kulsyremængde  $C$  maalt i cm.<sup>3</sup>; denne bestemmes ved

$$C = \frac{c_e \div c_1}{100} \cdot R_m \dots \quad (4)$$

Middeltallene fra de to Forsøg ere opførte i Tabel XI. Man ser heraf, at Middelrespirationsniveauet falder jævnt fra Værdien 149,3 i Periode I til Værdierne 130,9 og 133,4 i Perioderne IV og V. Samtidig falder Kulsyreudskillelsen fra 5,03 cm.<sup>3</sup>/sec. i Periode I til 4,55 og 4,60 cm.<sup>3</sup>/sec. i Perioderne IV og V. I Løbet af 32,6 Min. er



følgelig Kulsyreudskillelsen aftaget med 9 0/0. Da Kulsyreudskillelsen i Periode V er lidt højere end i Periode IV, tyder det paa, at man i disse Perioder har naaet den stationære Værdi for Kulsyreudskillelsen i Hvile under de givne Forhold.

Tabel XII.

Lb. Nr. 7 S. N. 16—12—1911

Periode I		II		III		IV		V	
R.	$c_a$ n C $c_e$ R <sub>m</sub>	R.	$c_a$ n C $c_e$ R <sub>m</sub>	R.	$c_a$ n C $c_e$ R <sub>m</sub>	R.	$c_a$ n C $c_e$ R <sub>m</sub>	R.	$c_a$ n C $c_e$ R <sub>m</sub>
125		125		125		125		130	
135		135		135		120		120	
135		135		125		120		120	
145		130		115		120		120	
145		130		120		120		120	
145		125		120		105		120	
140		125		120		100		120	
135		130		115		110		120	
130		125		115		115		115	
125		130		110		110		115	
130		125		115		120			
130		130				130			
140		125				125			
130		120							
130									

Det vil da af Tabellen ses, at samtidig med at Respirationsniveauet og Kulsyreudskillelsen aftager, stiger Alveoleluftens Kulsyreprocent. I Forsøg Nr. 7 falder saaledes Kulsyreudskillelsen fra Periode I til Periode IV og V i Løbet af 29,3 Min. fra 4,73 til 4,20 cm.<sup>3</sup>/sec., altsaa 11,2 0/0; Alveoleluftens Kulsyreprocent stiger i samme

Lb. Nr. 7, S. N. 16—12—1911.

Dette Forsøg er udført analogt med Nr. 5 og 6, kun er her tillige maalt Aandedrætsantallet pr. Min. = n for hver Periode. Forsøgsresultaterne ere opførte i Tabel XII. Af de maalte Størrelser kan Alveoleluftens Kulsyreprocent  $c_a$  beregnes ved Hjælp af følgende Formel, angivet af BOHR i NAGEL's Handbuch der Physiologie, Bd. I

$$c_a = \frac{A \cdot c_e \div S \cdot c_i}{A \div S} \dots \quad (5)$$

$A = \frac{R_m \cdot 60}{n}$  angiver Middelvolumenet af det enkelte Aandedrag maalt i cm.<sup>3</sup>; S = Størrelsen af det respiratoriske skadelige Rum i cm.<sup>3</sup>; om Værdien af S se Tillæg II.

Man kan ikke forvente, at de saaledes beregnede Værdier af  $c_a$  skulle kunne angive de virkelige Værdier af Alveoleluftens Kulsyreprocent med væsentlig Nøjagtighed; men man kan med Grund antage, at Regningsstørrelsen  $c_a$  vil give brugbare relative Værdier, saaledes at indtrædende Svingninger i Alveoleluftens Kulsyreprocent vil medføre parallelle Svingninger i Værdierne af  $c_a$ ; en saadan Svingningsoverensstemmelse er fuldt ud tilstrækkelig til nærværende Brug.



Tidsrum fra 4,52 til 4,63. En Stigning i Alveoleluftens Kulsyreprocent kan være et Udtryk for at Organismens staaende Oplag af Kulsyre er blevet forøget, men kan ogsaa blot være en secundær Virkning af Ændringer i Kredsløbet\*), og man maa derfor kun med Varsomhed drage Slutninger af Svingninger i Alveoleluftens Koncentration. Under de foreliggende Forhold vil det dog være rimeligt at antage, at den ved Overgang til Hvile indtrædende lette Døsighed medfører en mindre Irritabilitet af Aandedrætscenterne, altsaa en mindre effektiv Lungeventilation og en deraf følgende større Oplagring af Kulsyre i Organismen, og at den maalte Stigning i Alveoleluftens Kulsyrespænding er at opfatte som et Udtryk herfor. Forsøget er optegnet i Fig. 5.

Som Resultat af Forsøgene 3—7 fremsættes da:

Naar en Person sætter sig til Hvile efter at have været i let Virksomhed vil Kulsyreudskillelsen og Iltoptagelsen pr. sec. aftage fra en vis Begyndelsesværdi, indtil de efter ca.  $\frac{1}{2}$  Times Forløb har naaet stationære Slutningsværdier, der ere ca. 10 % lavere end Begyndelsesværdierne.

Aarsagen til denne langsomt forløbende Overgangstilstand kan dels søges i at Stofskiftet i Begyndelsen af Hvileperioden, naar Organismen endnu ikke helt er faldet til Ro, er større end senere, og dels i at Restitutionen af de i den foregaaende Arbejdsperiode virksomme Væv kræver en vis Tid.

Dette Resultat medfører, at:

naar man ved kortere Stofskifteforsøg vil søge at bestemme Svingninger i Kulsyreudskillelsen under visse Forhold, er det uomgængeligt nødvendigt at indlede og afslutte Forsøget med en Hvileperiode, for paa denne Maade at faa bestemt den Nullinie, ud fra hvilken Svingningerne kan maales.

\*) Meddelt af Hr. Docent, Dr. phil. A. Krogh.

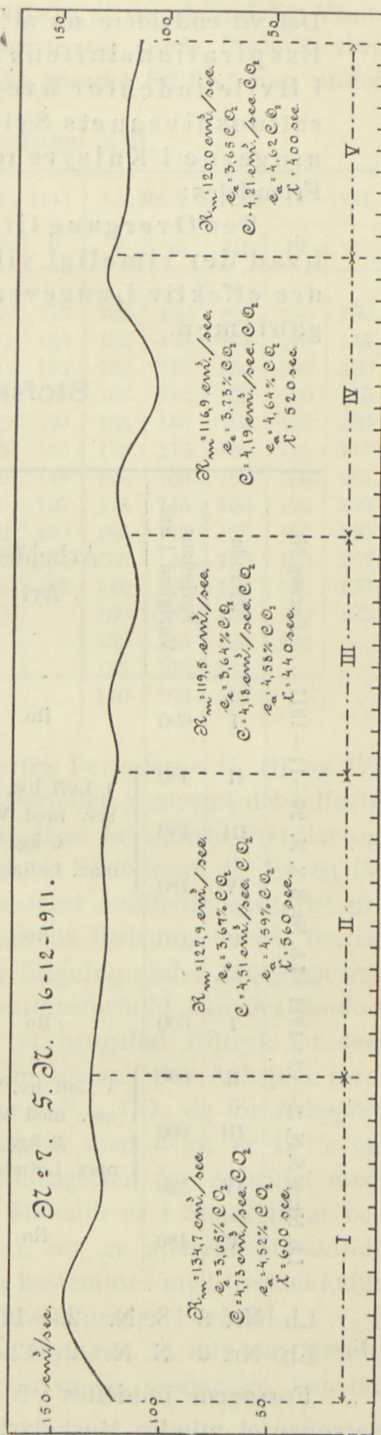


Fig. 5.



Det vil endvidere ses at:

Expirationsluftens Kulsyreprocent er tilnærmelsesvis konstant i Hvile indenfor hvert Forsøg, og at man saaledes alene i Respirationsniveauets Svingninger har et tilnærmet Udtryk for Svingningerne i Kulsyreudskillelsen.

Fremdeles:

Ved Overgang til Hvile stiger Alveoleluftens Kulsyreprocent, hvad der rimeligt vil kunne opfattes som Udtryk for en ved mindre effektiv Lungeventilation forøget Oplagring af Kulsyre i Organismen.

### Stofskifte ved Muskelarbejde.

Tabel XIV.

Forsøg Nr.	Periode	Periodens Varighed i sec.	Arbejdets Art	Middelrespirationsniveauet	Expirationsluftens CO <sub>2</sub> %	Exp.luftens CO <sub>2</sub> % + Insp.luftens CO <sub>2</sub> %	Udskilt Kulsyremængde i cm. <sup>3</sup> /sec.	Udskilt Kulsyremængde i cm. <sup>3</sup> /sec. uden Muskelarb.	Kulsyreoverskud i cm. <sup>3</sup> /sec.	Aandedrætsantallet pr. Min.	Alveoleluftens CO <sub>2</sub> %	Barometerstand
Lb. Nr. 8 S. N. 29—11—1911	I	600	Ro	156,3	3,11	2,97	4,65	..	..	11,1	4,03	..
	II	480	1 Løft hv. 2det sec. med Vægt 6 kg. max. Løftehøjde	180,4	3,16	3,02	5,45	4,61	0,84	13,5	4,15	..
	III	480		181,3	3,21	3,07	5,56	4,57	0,99	13,2	4,20	770
	IV	480		179,2	3,33	3,19	5,72	4,54	1,18	12,7	4,30	..
	V	440	Ro	154,5	3,05	2,91	4,50	..	..	12,3	4,11	..
Lb. Nr. 9 S. N. 2—12—1911	I	600	Ro	161,6	3,28	3,14	5,07	..	..	11,5	4,26	..
	II	600	1 Løft hv. 2det sec. med Vægt 2 kg. max. Løftehøjde	162,7	3,27	3,13	5,09	5,01	0,08	11,4	4,23	..
	III	600		163,0	3,30	3,16	5,15	4,95	0,20	11,1	4,24	772
	IV	520		161,2	3,45	3,31	5,33	4,90	0,43	10,4	4,35	..
	V	480	Ro	144,6	3,49	3,35	4,85	..	..	8,7	4,33	..

Lb. Nr. 8 S. N. 29—11—1911.

Lb. Nr. 9 S. N. 2—12—1911.

Forsøgene inddeltes i 5 Perioder; i de tre midterste Perioder udførte Forsøgspersonen et mindre Muskelarbejde bestaaende af et Løft hvert 2det sec. af en Vægt



paa henholdsvis 6 og 2 kg.; Arbejdet udførtes ved Hjælp af en almindelig Vægt-ergograf, og der arbejdedes med venstre Haand. Første og sidste Periode vare Hvileperioder, i hvilke Forsøgspersonen indtog ganske samme Stilling som under Arbejdet, med den venstre Haand hvilende i Ergografen. De maalte Respirationsniveauer ere opførte i Tabel XIII, og i Tabel XIV er for hver Periode opført Periodens Værdighed, Middelrespirationsniveauet, Exspirationsluftens Kulsyreprocent og den udskilte Kulsyremængde, beregnet efter (4); det vil ses, at Kulsyreudskillelsen under sidste Hvileperiode — i Overensstemmelse med Resultaterne fra Hvileforsøgene Nr. 3—7 — er mindre end Kulsyreudskillelsen fra første Periode, og endvidere ses, at under de tre mellemste Arbejdsperioder er Kulsyreudskillelsen kendelig forøget. For at beregne denne Forøgelse har man ud fra Hvileværdierne

Tabel XIII.

Lb. Nr. 8 S. N. 29—11—1911					Lb. Nr. 9 S. N. 2—12—1911				
I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
155	190	180	185	170	160	190	165	180	150
155	180	175	180	165	165	175	165	170	145
155	180	170	180	155	165	175	165	160	150
165	180	175	185	150	165	185	165	160	155
175	175	180	180	150	165	180	160	150	150
165	180	185	175	145	170	170	160	145	145
160	180	185	165	145	170	160	160	160	150
150	180	190	170	150	175	145	160	170	150
150	180	185	180	160	165	140	165	160	140
155	175	185	185	155	155	140	170	160	135
150	180	185	185	155	145	150	170	160	130
150	185	180	180	..	150	150	160	160	135
150	..	..	..	..	150	155	160	160	..
150	..	..	..	..	155	165	155	..	..
160	..	..	..	..	170	160	165	..	..

fra Periode I og V interpoleret sig til Hvileværdierne fra Perioderne II, III og IV, der da ret nær ville angive Kulsyreudskillelsen i disse Perioder, saafremt det udførte Arbejde ikke havde fundet Sted. Differencen mellem disse beregnede Værdier og de virkelig maalte angiver Kulsyreoverskudet i  $\text{cm.}^3/\text{sec.}$  i Perioderne II, III og IV foraarsaget ved det udførte Arbejde. Endvidere er bestemt Aandedrætsantallet pr. Minut, og deraf er ved Hjælp af (5) beregnet Alveoleluftens Kulsyreprocent. Denne findes at være nogenlunde konstant, dog med en svag Stigning under Arbejdsperioden. Under saadanne regelmæssigt forløbende Respirationsforhold kan det fundne Kulsyreoverskud i Almindelighed paaregnes at være et brugeligt Udtryk for den ved det samtidige Muskelarbejde fremkomne Stofskifteforøgelse. For Arbejdet med 6 kg. findes Kulsyreoverskudet i Middeltal at være  $1,00 \text{ cm.}^3/\text{sec.}$   $\text{CO}_2$  og for Arbejdet med 2 kg.  $0,23 \text{ cm.}^3/\text{sec.}$  Enkeltmaalingerne Middelafrvigelse med 6 kg. er 12 % og med 2 kg. 55 %. Det ses heraf, at medens Stofskifteforøgelsen for Arbejdet med Vægt 2 kg. er for lille til at man ved nærværende Metodik er i Stand til at bestemme dens absolutte Værdi med nogen Nøjagtighed, saa er allerede Stofskifteforøgelsen ved Arbejdet med 6 kg. saa stor, at den kan bestemmes med tilstrækkelig Nøjagtighed, til at Resultaterne kunne være brugbare under mange Forhold.

Det vil endvidere af nedenstaaende Forsøgsrække fremgaa, at selv om Resultaterne fra Forsøg med mindre Vægte absolut taget er meget unøjagtige, kan de dog som relative Værdier være af Interesse.







Lb. Nr. 10—14 S. N. Nov.—Dec. 1911.

Forsøgsordningen var som ved forrige Forsøg; dog maalttes ikke Aandedrætsantallet pr. Minut, men derimod registreredes Arbejdets Størrelse. Vægtene varierede fra 1—2—4—6 til 8 kg. I Tabel XV er opført Middelrespirationsniveauet og

Tabel XVI.

1 Løft hv. 2det sec. med Vægt: .....	1 kg.	2 kg.	4 kg.	6 kg.	8 kg.
Stigning i Kulsyreudskillelsen udtrykt i % af Hvileværdien .....	8	13	22	30	40
— i Respirationsniveauet — - - - .....	8	15	20	30	36

Exspirationsluftens Kulsyreprocent for hver Periode, og deraf er paa samme Maade som ovenfor beregnet Kulsyreoverskudet under Arbejdsperioderne og disses Middeltal. Ved Sammenligning mellem de enkelte Forsøg ses, at Kulsyreoverskudet stiger jævnt fra 0,38  $\text{cm}^3/\text{sec.}$  for 1 kg. til 1,69  $\text{cm}^3/\text{sec.}$  for 8 kg. Det udførte Arbejde stiger samtidig fra 3,0  $\text{kg.cm.}/\text{sec.}$  til 20,7  $\text{kg.cm.}/\text{sec.}$  Af disse to Talrækker er for hvert Forsøg beregnet det Arbejde, der udføres med et Kulsyreoverskud = 1  $\text{cm}^3/\text{sec.}$ , og dette er som „Nyttevirkning“ opført i Tabellens næstsidste Kolonne. Det ses, at for disse ret lave Vægtværdier stiger Nyttevirkningen med stigende Vægt; dette vil dog naturligvis kun finde Sted indtil en vis Grænse; overskrides denne, aftager Nyttevirkningen og bliver tilsidst = 0, naar Vægten har naaet en saadan Størrelse, at Forsøgspersonen netop lige ikke kan løfte den. Til nærmere Belysning af disse Forhold er den følgende Forsøgsrække udført, men inden vi gaar over til at referere denne, skulle vi først anføre en Beregning af Størrelsen af Muskelarbejde med varierende Vægte efter A. LEHMANN: Grundzüge der Psychophysiologie, Leipzig 1912, Kap. 13. LEHMANN viser paa Grundlag af Forsøg, at naar en Muskel udfører et Arbejde ved at løfte en given Vægt saa højt som muligt, saa vil Løftehøjden stige jævnt, naar Vægten aftager jævnt. Det analytiske Udtryk for denne Lov vil være:

$$H = k \div k_1 \times B \dots \quad (6)$$

hvor  $H$  = Løftehøjden i cm.,  $B$  = Vægten i kg. og  $k$  og  $k_1$  = Konstanter. Størrelsen af det udførte Arbejde vil da variere efter Parablen:

$$A = B \times (k \div k_1 \times B) \text{ kg.cm. } \dots \quad (7)$$

Tabel XVII

Vægt i kg.	Arbejde i kg. cm.		Respirationsforøgelse i liter		Nyttevirkning	
	maalt	ber.	maalt	ber.	maalt	ber.
0	..	0	..	0,65	..	0
2	..	214	..	0,77	..	2,76
4	406	385	1,09	1,09	3,75	3,53
6	500	514	1,52	1,52	3,28	3,38
8	589	601	2,01	2,01	2,93	2,98
10	653	645	2,52	2,53	2,59	2,55
11,1	..	650	..	2,88	..	2,30
12	646	646	3,08	3,07	2,10	2,10
14	587	605	3,65	3,63	1,61	1,66
16	515	522	4,18	4,19	1,23	1,25
18	..	399	..	4,76	..	0,84
20	..	230	..	5,33	..	0,43
22,2	..	0	..	5,96	..	0



Den Vægt  $B_{opt}$ , ved hvilken det maximale Arbejde  $A_{max}$  udføres, bestemmes ved

$$\frac{dA}{dB} = 0,$$

hvoraf 
$$B_{opt} = \frac{k}{2k_1} \dots \quad (8)$$

Heraf faas endvidere 
$$A_{max} = \frac{k^2}{4k_1} \dots \quad (9)$$

og den dertil svarende Løftehøjde = den optimale Løftehøjde bliver da

$$H_{opt} = \frac{k}{2} \dots \quad (10)$$

Ud fra disse Beregninger gennemgaar LEHMANN derefter en Række Forsøg, udført af FICK, over termiske Virkninger i en enkelt arbejdende Muskel og finder som Resultat: naar den enkelte Muskel udfører sit maximale Arbejde, arbejder den samtidig med maximal Nyttevirkning.

Det er denne Lovs Gyldighed for Organismen som Helhed vi vil undersøge ved nedenstaaende Forsøgsrække.

Lb. Nr. 15—18. A. L. Jan. 1908.

Forsøgsrækken bestod af 4 Enkeltforsøg; i hvert af disse udførtes med hver af Vægtene 4—6—8—10—12—14 og 16 kg. 20 Løft i 40 sec. Arbejdsperioderne adskiltes ved mellemliggende Hvileperioder paa ca.  $5 \times 40$  sec. Der arbejdedes i Modsætning til ovenstaaende Forsøgsrække ikke med hele Haanden men kun med venstre Haands Pegefinger. I disse Forsøg undlod man at analysere Expirationsluften og benyttede ligefrem den respiratoriske Volumenforøgelse som Følge af Arbejdet som Maal for Stofskifteforøgelsen. Berettigelsen hertil fremgaar af Tabel XVI; i denne er Stigningen i Kulsyreudskillelsen under Arbejdet for hvert Forsøg i ovenstaaende Forsøgsrække Nr. 10—14 udtrykt procentisk i Forhold til Kulsyreudskillelsen under Hvile, og paa samme Maade er den respiratoriske Volumenforøgelse under Arbejdet for hvert Forsøg udtrykt procentisk i Forhold til Hvileniveauet; det vil heraf ses, at:

ved mindre Muskelarbejder, hvor Forsøgspersonen under hele Forsøget indtager samme Legemsstilling og arbejder med uhindret Aandedrætsmekanik, vil den relative Værdi af Stofskifteforøgelsen meget nær kunne udtrykkes ved Stigningen i Respirationsvolumenet.

En saadan Simplifikation af Metodiken kan naturligvis kun anvendes, hvor raa, relative Værdier ere tilstrækkelige, og samtidig maa stilles forøgede Krav saavel til Forsøgslederens Aarvaagenhed som til Forsøgspersonens Øvelse og Fortrolighed med Apparaterne; men paa den anden Side vil en saa simplificeret Metodik



ofte kunne være af Værdi, navnlig til indledende Undersøgelser, hvor man hurtigt vil danne sig et Skøn over Forsøgets Hovedforløb.

I hvert Forsøg udførtes Arbejderne med de givne Vægte i forskellig Rækkefølge for at eliminere Fejl fra Træthed og lign. De udjævnede Værdier af Forsøgsresultaternes Middeltal er opført i Tabel XVII. I Tabellens 2den Kolonne findes det udførte Arbejde pr. 20 Løft udtrykt i kg. cm. Disse Værdier er indført i (7) og derved bestemmes  $k = 117,5$  cm. og  $k_1 = 5,3$  cm.  $B_{opt.}$  bliver 11,1 kg, og Vægtgrænsen for hvad Forsøgspersonen kan løfte bliver følgelig 22,2 kg. I 3die Kolonne er opført de ved (7) beregnede Værdier for Arbejdets Størrelse. Afvigelsen mellem de maalte og de beregnede Værdier beløber sig i Middelet til 2,2 0/0. Forøgelsen i Respirationsvolumenet som Følge af Arbejdet udtrykt i liter er opført i Tabellens 4de Kolonne. Naar Vægtene stige med konstante Differenser ses Respirationsforøgelsen — resp. Stofskifteforøgelsen — at stige med svagt tiltagende Differenser. Søger man en analytisk Relation mellem disse to Størrelser, kan man opstille følgende empiriske Formel

$$B^2 = a \times V^2 + b \times V \div c \dots (11)$$

hvor  $B =$  Vægten i kg.,  $V =$  Volumenforøgelsen i liter og  $a$ ,  $b$  og  $c$  er Konstanter, der i dette Tilfælde har Værdierne: 11,64—16,0 og 15,3. De ved denne Formel beregnede Værdier af  $V$  er opført i 5te Kolonne: Middela-

afvigelsen mellem maalte og beregnede Værdier er 0,2 0/0. For  $R = 0$  og  $B = 2$  kg. har man de beregnede Værdier  $V = 0,65$  og  $V = 0,77$  liter, hvilket viser, at selv om man aflaster Ergografen helt, vil alligevel de rytmiske Sammentrækninger af Muskelen medføre en Stofskiftestigning, som i Sammenligning med Stofskifteforøgelsen for Arbejde med smaa Vægte ikke er ubetydelig. Endelig er i Tabellens to sidste Kolonner som „Nyttvirkning“ opført det Arbejde i kg. cm., der udføres med en Respirations-Forøgelse paa 0,01 liter =  $A/100 \times V$ . Middelaafvigelsen mellem Nyttvirkningens maalte og beregnede Værdier er 2,4 0/0. Det ses at Nyttvirkningen stiger rask fra 0 ved 0 kg. og naar sit Maximum omkring 4 kg., for

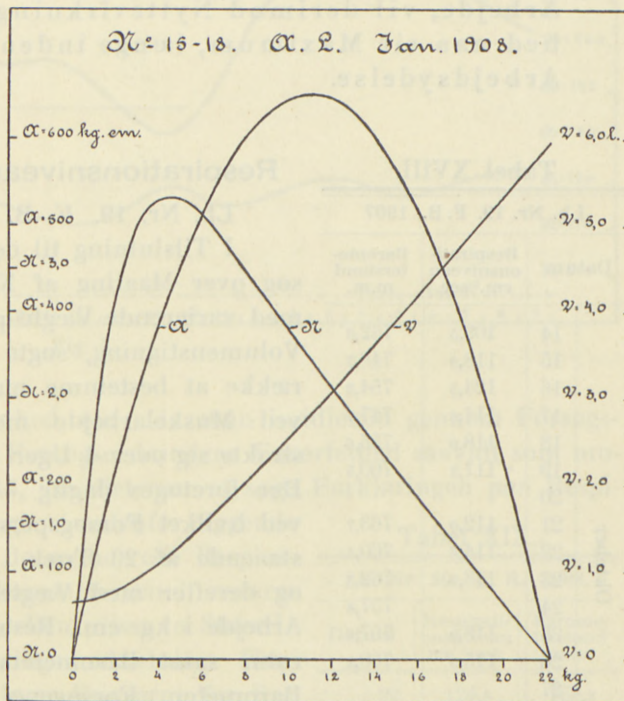


Fig. 6.



derpaa at falde jævnt til 0 ved 22,2 kg. At man ved den foregaaende Forsøgsrække Nr. 10—14 endnu ikke havde fundet Nytttevirkningens Maximum ved 8 kg. skyldes navnlig, at man ved hine Forsøg arbejdede med hele Haanden og ved nærværende kun med en enkelt Finger.

Forsøget er optegnet i Fig. 6. Vægtene ere afsatte som Abscisser, og de beregnede Værdier af det udførte Arbejde, Respirationsforøgelsen og „Nytttevirkningen“ ere afsatte som Ordinatorer til de 3 respektive Kurver.

Resultatet kan formuleres som følger:

Medens Nytttevirkningen for den enkelte arbejdende Muskel naar sit Maximum samtidig med, at Muskelen udfører maximalt Arbejde, vil derimod Nytttevirkningen for Organismen som Helhed naa sit Maximum, længe inden Muskelen naar Maximum af Arbejdsydelse.

Tabel XVIII.

Lb. Nr. 19. F. B. 1907			
Datum	Respirationsniveau cm. <sup>3</sup> /sec.	Barometerstand m.m.	
Oktober	14	109,5	752,6
	15	118,9	748,7
	16	124,5	754,2
	17	114,6	747,7
	18	118,0	755,0
	19	111,2	760,5
	20		
	21	112,0	763,7
	22	114,6	760,1
	23	118,9	762,3
	24		757,6
	25	118,0	757,6
	26	115,5	760,2
	27		
November	1	120,1	766,0
	2	119,1	767,2
	3		
	4	122,1	769,0
	5	115,4	768,2
	6	121,5	768,3
	7	119,0	766,1
	8	122,0	763,2
	9	121,4	760,6

## Respirationsniveauet og Barometerstanden.

Lb. Nr. 19. F. B. 1907.

I Tilslutning til de under Nr. 15—18 refererede Forsøg over Maaling af Nytttevirkningen ved Muskelarbejde med varierende Vægte paa Grundlag af den respiratoriske Volumenstigning, søgte vi tillige ved en længere Forsøgsrække at bestemme mulige Variationer i Nytttevirkningen ved Muskelarbejde med samme Vægt. Forsøgsrækken strakte sig over 4 Uger fra 14 Oktober—9 November 1907. Der foretoges daglig — undtagen Søndag — et Forsøg, ved hvilket Forsøgspersonen udførte et Muskelarbejde bestaaende af 20 Træk i 40 sec., først med Vægten 14 kg. og derefter med Vægten 7 kg. Der maalttes det udførte Arbejde i kg. cm., Respirationsniveauet, Værelsets Temperatur samt Barometerstanden ved Hjælp af et FORTIN'S Barometer. Forsøgene foretoges alle Kl. 4<sup>1/2</sup>, noget før Dagens Hovedmaaltid. Det viste sig imidlertid ved Behandlingen af Resultaterne, at den anvendte Metodik havde været for unøjagtig til, at man dermed kunde paa-vise de smaa Variationer i Nytttevirkningen, som kunde forventes at fremkomme med stigende Øvelse, etc.; i denne Henseende var derfor Forsøgsrækken forfejlet. Derimod erholdt man en kontinuerlig Række Hvileniveauer for samme Forsøgsperson under ensartede Forhold, og disse skulde vise sig at have nogen Interesse. Det enkelte Hvileniveau bestemtes for hvert Forsøg som Middeltal af Niveauerne før, mellem og efter de udførte Muskelarbejder;



de derved fremkomne Middeltal reduceredes til 0° og 760 m.m. Barometerstand og ere saaledes opførte i Tabel XVIII. Det viser sig heraf, at Respirationsniveauet varierer stærkt; Minimumsværdien fandtes den 14 Oktober at være 109,5  $\text{cm.}^3/\text{sec.}$ , og Maximumsværdien indtraadte den 30 Oktober med Størrelsen 122,2  $\text{cm.}^3/\text{sec.}$  At Respirationsniveauet varierer kan ikke forundre; thi man maa paa Forhaand forvente, at dette kan blive paavirket af mangfoldige Faktorer, som den daglige Kost,

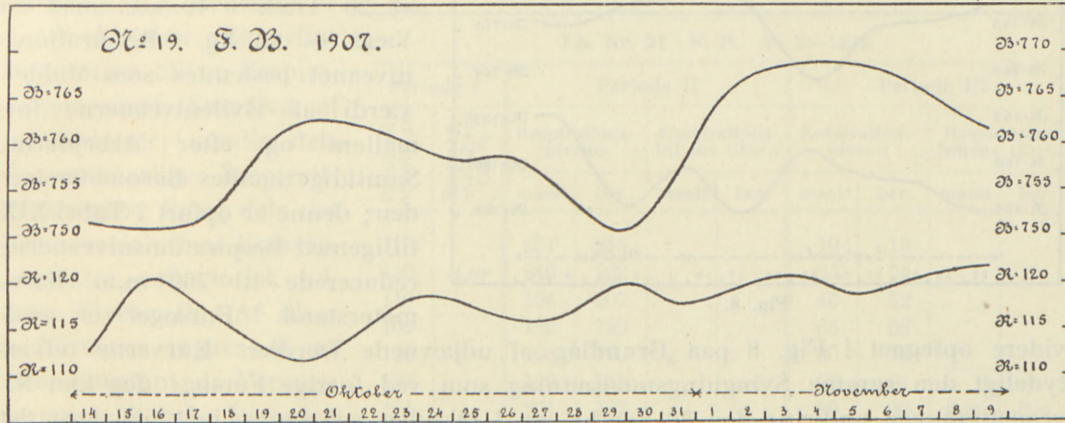


Fig. 7.

det almindelige Velbefindende, Træthed, etc.; da man imidlertid gennem Forsøgs-personens regelmæssige Levevis og Forsøgsordningens Ensartethed saavidt som muligt havde modvirket disse Forhold, laa det nær at søge Forklaringen paa Respirationsniveauets ret store Svingninger i udenfor liggende Aarsager. Ved nu at sammenholde de reducerede Respirationsniveauer med den samtidige Barometerstand, reduceret til 0°, viste der sig da, at der mellem disse to Størrelser fandtes en tydeligt udtalt Svingningsmodsatning. Forsøgsrækkens Forløb ses af Fig. 7, hvor Kurverne for Respirationsniveauet og Barometerstanden ere optegnede paa Grundlag af Værdierne i Tabel XVIII, efter at disse ere udjævnede. Det vil heraf ses, at til relative Minimumspunkter i Lufttryk-Kurven svarer relative Maximumspunkter i Niveaukurven og omvendt, saaledes at en Stigning eller Sænkning i Lufttrykket medfører henholdsvis en Sænkning eller Stigning i Respirationsniveauet. Afvigelser herfra viser Kurverne kun i Tiden 1—4 November, hvor Niveauets Stigning ikke staar i Forbindelse med noget Barometerfald.

Tabel XIX.

Lb. Nr. 20. F. B. 1908.			
Datum	Respirationsniveau $\text{cm.}^3/\text{sec.}$	Barometerstand m.m.	
September	22	124,8	768,3
	23	126,4	765,8
	24	128,5	765,8
	25	130,5	766,3
	26	125,9	762,7
	27	137,6	755,9
	28	127,1	765,0
	29	121,6	770,2
	30	130,4	770,0
	Oktober	1	132,2
2		123,5	768,6
3		126,1	767,2
4		139,0	763,8
5		134,1	767,6



Lb. Nr. 20. F. B. Septbr.—Oktbr. 1908.

Til yderligere Bekræftelse af dette Forhold udførtes i Efteraaret 1908 en tilsvarende Forsøgsrække med samme Forsøgsperson. Forsøgsrækken strakte sig

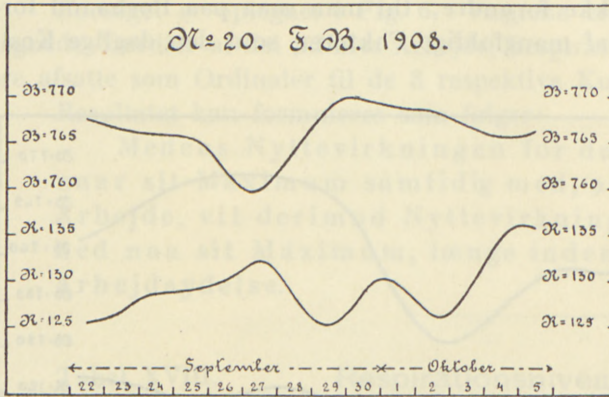


Fig. 8.

over 14 Dage i Tiden fra 22 September—5 Oktober. Der udførtes daglig et Forsøg med to Muskelarbejder, hvert bestaaende af 20 Træk i 40 sec. med en Vægt = 10 kg. Respirationsniveauet bestemtes som Middelværdi af Hvileniveauerne før, mellem og efter Arbejderne. Samtidig maalttes Barometerstanden; denne er opført i Tabel XIX tilligemed Respirationsniveauerne reducerede til 760 m.m. Barometerstand. Forsøget er endvidere optegnet i Fig. 8 paa Grundlag af udjævnede Værdier. Kurverne udviser tydeligt den samme Svingningsmodsatning som ved forrige Forsøg; dog kan Niveaustigningen omkring den 30 Septbr. og 1 Oktober vel næppe helt tilskrives det samtidige, meget svage Barometerminimum.

over 14 Dage i Tiden fra 22 September—5 Oktober. Der udførtes daglig et Forsøg med to Muskelarbejder, hvert bestaaende af 20 Træk i 40 sec. med en Vægt = 10 kg. Respirationsniveauet bestemtes som Middelværdi af Hvileniveauerne før, mellem og efter Arbejderne. Samtidig maalttes Barometerstanden; denne er opført i Tabel XIX tilligemed Respirationsniveauerne reducerede til 760 m.m. Barometerstand. Forsøget er end-

### Elementære Respirationsundersøgelser.

Lb. Nr. 21 F. B. 5—2—1910.

Vilkaarligt forøget Respiration.

Forsøget deltes i 3 Perioder, i hvilke Forsøgspersonen sad i Ro. Under 1ste Periode respireredes normalt; Middelrespirationsniveauet beløb sig til  $106 \text{ cm}^3/\text{sec.}$ , og en foretagen Stikprøve angav Expirationsluftens Kulsyreprocent til 4,09. Aandedrætsantallet pr. Minut  $n = 13,5$ . Ved Begyndelsen af Periode II forøgede Forsøgspersonen Respirationen saa meget som muligt under de givne Forhold og søgte at bevare samme maximale Respiration hele Perioden igennem. Respirationsniveauet steg derved strax op til  $251 \text{ cm}^3/\text{sec.}$ , men aftog efterhaanden og nærmede sig ved Periodens Slutning Værdien  $175 \text{ cm}^3/\text{sec.}$  Respirationsniveauets udjævnede Værdier er opført i Tabel XX; man ser, at med Undtagelse af Periodens 4 Slutningsværdier, der ere for lave paa Grund af svigtende Opmærksomhed, forløber Faldet i Respirationsniveauet nogenlunde regelmæssigt. En Stikprøve af Expirationsluften viste Kulsyreindholdet 3,49 0/0. Aandedrætsantallet pr. Minut  $n = 9$ . I Periode III ophører den vilkaarligt forøgede Respiration; samtidig hermed falder Respirationsniveauet ned til  $10 \text{ cm}^3/\text{sec.}$  for derefter at stige regelmæssigt op til det



normale Hvileniveau  $106 \text{ cm.}^3/\text{sec.}$  En Stikprøve af Expirationsluften viste  $3,90 \%$  Kulsyre. Aandedrætsantallet pr. Minut  $n$  steg sammen med Respirationsniveauet og sluttede med at være  $13,5$ .

Disse Forhold søge vi forklarede saaledes:

Under normal Respiration udløses Respirationsniveauet reflektorisk med en saadan Størrelse  $R_0$ , at den derved frembragte Lungeventilation  $L_0$  tilnærmelsesvis holder Alveoleluftens Kulsyreprocent  $c_a$  konstant =  $c_0$ . Under den vilkaarlige Respiration bliver Respirationsniveauet Summen af to Størrelser: nemlig dels den vilkaarlige Respirationsforøgelse  $R_k$  og dels det

Tabel XX.

Lb. Nr. 21 F. B. 5—2—1910.

Periode I		Periode II				Periode III			
Respirationsniveau	Expirationsluftens $\text{CO}_2 \%$	Respirationsniveau		Expirationsluftens $\text{CO}_2 \%$		Respirationsniveau		Expirationsluftens $\text{CO}_2 \%$	
		maalt	ber.	maalt	ber.	maalt	ber.	maalt	ber.
110		251	248			10	13		
110	4,09	219	222			25	35		
110		194	207			45	52		
109		192	199			65	66		
106		196	190			80	76		
104		199	185			86	84		
101		201	182			89	90	3,90	3,85
100		200	180			91	95		
..		195	178			94	98		
..		191	177			96	100		
..		189	176			100	102		
..		186	176			105	103		
..		184	175			..	..		
..		181	175			..	..		
..		180	175			..	..		
..		175	174	3,49	3,40	..	..		
..		(125)	174			..	..		
..		(150)	174			..	..		
..		(170)	174			..	..		
..		(140)	174			..	..		

ved Alveoleluftens Kulsyreprocent  $c_a$  reflektorisk udløste Niveau  $R_a$ . Af disse to Niveauer regnes  $R_k$  at være konstant, da Forsøgspersonen i hele Perioden søger at bevare samme maximale Respiration, og da der ved disse rolige dybe Respirationer næppe er Tale om nogen væsentlig Træthed af Aandedrætsmuskulaturen; derimod maa  $R_a$  aftage samtidig med at Alveoleluftens Kulsyreprocent formindskes paa Grund af Respirationsforøgelsen. Summen af begge Niveauer maa derfor aftage, først hurtigere, derefter langsommere.

Standser man nu den vilkaarlige Respiration vil Respirationsniveauet til en Begyndelse antage den Værdi af  $R_a$ , som haves fra Slutningen af Forsøgets 2det Afsnit; men den derved frembragte Lungeventilation vil ikke være tilstrækkelig til at bortskaffe den i Organismen udviklede Kulsyremængde; Alveoleluftens Kulsyreprocent vil derfor stige, hvilket atter har en forøget Værdi af  $R_a$  til Følge. Paa denne Maade vil man først faa en rask Stigning af Respirationsniveauet og derefter en langsommere, indtil dette paany nærmer sig til Ligevægtsstillingen  $R_0$  svarende til Kulsyreprocenten  $c_0$  i Alveolerne.

Et Forsøg som dette, hvis Forløb er regelmæssigt, og som i Hovedtrækkene



kan forklares ud fra faa og simple Forudsætninger, frister i høj Grad til matematisk Behandling; en saadan skal her forsøges:

Vi søge at bestemme Respirationsniveauets Variation med Tiden, naar man fra normale, stationære Respirationsforhold pludselig forøger Respirationsniveauet med den konstante Tilvækst  $R_k$   $\text{cm}^3/\text{sec}$ . For at gennemføre denne Beregning tænker vi os Lungen som en Beholder med Rumfang  $V$   $\text{cm}^3$ . Beholderluftens Kulsyreprocent = Alveoleluftens Kulsyreprocent =  $c_a$ . Lungen ventileres med en Luftmængde  $L_a$   $\text{cm}^3/\text{sec}$ , der udløses reflektorisk, og hvis Størrelse bestemmes af  $c_a$ . Relationen mellem  $L_a$  og  $c_a$  kendes ikke, men det er nødvendigt for Beregningen paa Forhaand at fastsætte en saadan.

Proportionalitet mellem  $c_a$  og  $L_a$  kan ikke tænkes, da det vilde medføre for store Svingninger af  $c_a$ ; derimod vil Relationen

$$L_a = a \cdot c_a + \beta \dots \quad (12.)$$

hvor  $a$  og  $\beta$  ere Konstanter, synes rimelig, da man her med en relativ stor Værdi for  $a$  kan faa betydelige Variationer i  $L_a$  for en ringe Stigning i  $c_a$ . Endvidere kaldes Lungeventilationen og Alveoleluftens Kulsyreprocent under normale stationære Forhold for  $L_o$  og  $c_o$ . Naar  $S$  = det respiratoriske skadelige Rum og  $n$  = Aandedrætsantallet pr. Minut, vil man have

$$L = R \div \frac{S \cdot n}{60} \dots \quad (13)$$

$S = 180 \text{ cm}^3$  for Forsøgsperson F. B., se Tillæg II).

Med disse Betegnelser vil Ventilationsligningen blive; se Tillæg III)

$$\frac{V}{0,87 \cdot b} \cdot \log \frac{L + a + b}{L + a \div b} \cdot \frac{L_o + R_k + a \div b}{L_o + R_k + a + b} = t \dots \quad (14)$$

hvor Værdierne af Konstanterne  $a$  og  $b$  udtrykt ved  $R_k$ ,  $L_o$ ,  $S$  og  $n$  findes i Tillægget. I nærværende Forsøg er  $L_o = 106 \div 180 \times 13,5/60 = 65,5 \text{ cm}^3$ .  $R_k = 174 \text{ cm}^3$  og  $a \cdot c_o = 167$ , bestemt ved (35). Specielt for 2den Periode har man  $n = 9$  og deraf  $a = \div 36,25$  og  $b = 110,75$ . Lign. (14) bliver da

$$\frac{V}{96,3} \cdot \log \frac{L + 74,50}{L \div 147,0} \times \frac{92,5}{314,0} = t \dots \quad (14 a)$$

og naar  $V$  paa Grundlag af foreløbige Beregninger sættes =  $27000 \text{ cm}^3$  og  $L$  udtrykkes ved  $R$ , faar man

$$\log \frac{R + 47,5}{R \div 174} = 0,00357 \cdot t + 0,53079 \dots \quad (14 b)$$

De efter denne Formel beregnede Værdier ere opførte i Tabel XX, Kolonne 4. Naar de 4 Slutningsværdier, der ere for lave paa Grund af svigtende Opmærksomhed, udskydes, bliver Middelaftvigelsen mellem maalte og beregnede Værdier = 10.



Fra Begyndelsen af Periode III ophører den vilkaarlige Respiration, altsaa  $R_k = 0$ . Aandedrætsantallet er varierende alt efter Respirationsniveauets Størrelse; som Tilnærmelse kan sættes

$$n = 13,5 \cdot \frac{R}{106} \dots \quad (15)$$

I saa Fald har man

$$L = R \div \frac{180 \cdot 13,5 \cdot R}{60 \cdot 106} = \frac{65,5}{106} \cdot R \dots$$

og Konstanterne  $a$  og  $b$  kan nu bestemmes for denne Periode:  $a = 50,75$  og  $b = 116,25$ .  $V$  sættes som før = 27000 cm.<sup>3</sup>. For  $t = 0$  har man  $L_a = 0$ , svarende til den reflektorisk udløste Slutningsværdi fra Periode II. Respirationsligningen bliver da

$$\log \frac{R \times 270}{106 \div R} = 0,00375 \cdot t + 0,40648 \dots \quad (14c)$$

De herefter beregnede Værdier er opført i Tabellens 8de Kolonne. Middelfvigelsen mellem de maalte og beregnede Værdier bliver 3,7. At Middelfejlen under Periode III er mindre end under Periode II skyldes sikkert den Omstændighed, at Respirationen under Periode III forløber ganske automatisk, medens den under Periode II er en Funktion af den vilkaarlige Respirationsforøgelse. Som nævnt er der under hver af Forsøgets tre Perioder taget en Stikprøve af Expirationsluften. Man vil nu let med ovenstaaende Beregninger som Grundlag kunne beregne Kulsyreprocenten af Luftprøverne fra Periode II og III, naar man gaar ud fra den maalte Værdi af Kulsyreprocenten i Periode I.

Lad  $e$  og  $i$  være henholdsvis Expirationsluftens og Inspirationsluftens Kulsyreprocenter, saa vil Alveoleluftens Kulsyreprocent blive efter BOHR

$$c_a = \frac{R \cdot e \div \frac{n \cdot S}{60} \cdot i}{R \div \frac{n \cdot S}{60}} \dots \quad (5a)$$

Vi har ovenfor regnet  $i = 0$ , og naar den samme Simplifikation benyttes her faas for F. B.

$$c_a = \frac{R}{R \div 3n} \cdot e \dots \quad (5b)$$

Den første Luftprøve giver  $e = 4,09$  0/0, altsaa  $c_a = 6,63$  0/0 og  $\alpha = 25,2$ . Kulsyreprocenten for Periode II beregnes efter

$$e = \frac{(c_0 + \frac{1}{\alpha} \cdot L_a \div \frac{1}{\alpha} \cdot L_0) \cdot L}{R} \dots \quad (16)$$

hvor man for  $L_a$ ,  $L$  og  $R$  indsætter de beregnede Værdier svarende til det Tidspunkt —  $t = 620$  — hvor Luftprøven er taget; her er  $L_a = 0$ ,  $L = 147$  og  $R = 174$ ,



hvilket indsat i (16) giver  $e = 3,40$ . Kulsyreprocenten  $e$  for Periode III beregnes paa samme Maade med Værdierne  $L_a = L = \frac{65,5}{106} \cdot 90$  og  $R = 90$ . Man faar heraf  $e = 3,85\%$ . I Tabel XX er de maalte og de beregnede Værdier af Kulsyreprocenterne opførte, hvoraf fremgaar, at Middelfvigelsen mellem disse kun beløber sig til  $0,07\%$ , saaledes at Overensstemmelsen maa siges at være upaaklagelig.

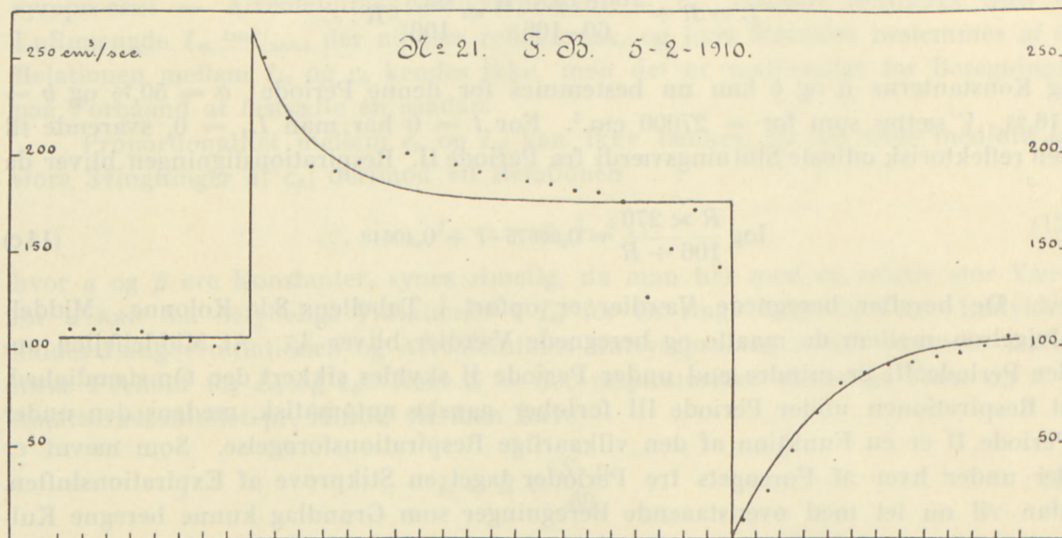


Fig. 9.

Bestemmes  $\alpha$  og  $\beta$  af de fundne Værdier faar Relationen (12) mellem Alveoleluftens Kulsyreprocent og den reflektorisk udløste Lungeventilation følgende Form

$$L_a = 25,2 \cdot c_a \div 101,5 \text{ cm.}^3/\text{sec.} \dots \quad (12a)$$

for Forsøgspersonen F. B.

Man vil bemærke, at det beregnede Lungevolumen  $V = 27000 \text{ cm.}^3$  er henimod 10 Gange saa stort som det virkelige Lungevolumen; Aarsagen hertil maa søges i den Kendsgerning, at Alveoleluftens Kulsyre-spænding korresponderer med Blodets Kulsyre-spænding, hvad der regningsmæssigt set maa give et forøget Lungevolumen.

Forsøget er optegnet i Fig. 9. Tiden er afsat som Abscisse, Respirationsniveauet som Ordinat. Den optrukne Kurve angiver det beregnede Forløb af Respirationen, medens de maalte Resultater ere indtegnede som Punkter.

Lb. Nr. 22 F. B. 10—2—1910.

Vilkaarligt formindsket Respiration.

Forsøget er udført symmetrisk med det foregaaende. Under alle Forsøgets tre Perioder sad Forsøgspersonen i Ro. I første Periode respirerede Forsøgspersonen normalt. Respirationsniveauet svingede omkring 115; Aandedrætsantallet pr. Minut



var 13,5 og Expirationsluftens Kulsyreprocent var 3,79. Under Periode II hæmmede Forsøgspersonen Respirationen saa meget, som det under de tilstedeværende Forhold var muligt. Respirationsniveauet sank derved straks ned til 20, for efterhaanden at stige op til 60—65. Aandedrætsantallet svingede omkring 2, og kan i den følgende Beregning tilnærmelsesvis sættes =

$$\frac{25}{60} R \dots \quad (15 a)$$

En Stikprøve af Expirationsluften viste 6,46 % Kulsyre. Fra Begyndelsen af Periode III ophørte Respirationshæmningen. Derved steg Respirationsniveauet strax op til 210, for derefter at falde regelmæssigt ned til ca. 105. Aandedrætsantallet sluttede med at være 13,5 og kan i Beregningen tilnærmelsesvis sættes =

$$\frac{13,5}{110} R \dots \quad (15 b)$$

Expirationsluftens Kulsyreprocent bestemtes ved

en Stikprøve at være 3,77. Respirationshæmningen voldte et ikke ringe Ubehag, saaledes at Forsøgspersonen kom i en let Sved; paa Forhaand kan man derfor vente flere Fejlkilder ved dette Forsøg end ved det foregaaende og følgelig mindre god Overensstemmelse mellem Maalinger og Beregninger.

Ligningen for Ventilationsvolumenets Variation med Tiden bliver som før

$$\frac{V}{0,87 \cdot b} \cdot \log \frac{L + a + b}{L + a \div b} \cdot \frac{L_0 + R_k + a \div b}{L_0 + R_k + a + b} = t \dots \quad (14)$$

men Konstanternes Værdier er selvfølgelig ændrede. Som anført er det normale Respirationsniveau i Periode I ca. 115 og i Slutningen af Periode III ca. 105; som Middeltal kan da sættes  $R_0 = 110$  og følgelig  $L_0 = 69,5$ . Naar man endvidere gaar ud fra, at den maximale Respirationshæmning øjeblikkeligt sætter Ventilationsvolumenet ned til 0, har man  $R_k = \div L_0 = \div 69,5$ .  $a \times c_0$  bestemt ved (35) bliver

Tabel XXI.

Lb. Nr. 22 F. B. 10—2—1910									
Periode I		Periode II				Periode III			
Respirationsniveau	Expirationsluftens CO <sub>2</sub> %	Respirationsniveau		Expirationsluftens CO <sub>2</sub> %		Respirationsniveau		Expirationsluftens CO <sub>2</sub> %	
		maalt	ber.	maalt	ber.	maalt	ber.	maalt	ber.
113		20	9			210	178		
112		55	24			183	156		
110		60	35			155	141		
112		53	42			130	131		
113		50	48			118	125		
115	3,79	50	52			115	121		
115		50	54			115	117		
115		53	56			113	115	3,77	3,86
115		59	57			108	114		
115		64	58			103	113		
..		64	59			101	112		
..		58	59	6,46	6,91	105	111		
..		53	59			..	..		
..		56	60			..	..		
..		61	60			..	..		
..		64	60			..	..		
..		65	60			..	..		
..		65	60			..	..		
..		65	60			..	..		
..		65	60			..	..		



= 162,1, naar  $L_{\infty}$  sættes = 52,5. Herved bliver specielt for 2den Periode  $a = 81,05$  og  $b = 133,55$ .  $V$  sættes som ovenfor tilnærmelsesvis = 27000 cm.<sup>3</sup>. Ligning (14) antager da Formen

$$\log \frac{245 + R}{60 \div R} = 0,004301 t + 0,61147 \dots \quad (14 d)$$

naar  $L$  udtrykkes ved  $R$ . Heraf er de kontinuerlige Respirationsniveauer beregnede og opførte i Tabel XXI 4de Kolonne.

Middelafvigelsen mellem maalte og beregnede Værdier er for hele Perioden 6,5, men udskydes de 4 første Værdier synker Middelafvigelsen til 3,9.

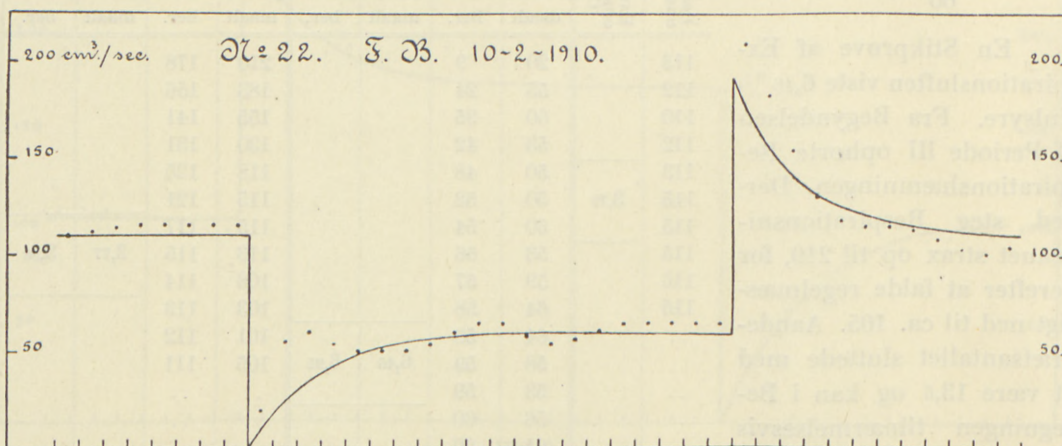


Fig. 10.

For Periode III, hvor Respirationen paany forløber uden vilkaarlig Indgriben, har man  $a = 46,3$  og  $b = 115,8$ . Endvidere er Begyndelsesværdien for det reflekto-risk udløste Ventilationsvolumen i Periode III = Slutningsværdien fra Periode II =  $52,5 \div R_k = 122$ . Heraf bestemmes Ventilationsligningen til

$$\log \frac{R + 257}{R \div 110} = 0,003730 t + 0,73331 \dots \quad (14 e)$$

De af denne Ligning beregnede Respirationsniveauer er opført i Tabel XXI Kolonne 8. Middelafvigelsen for hele Perioden beløber sig til 10,3; men udskydes de første tre Værdier bliver Middelafvigelsen 5,7. Forsøget er optegnet i Fig. 10.

I Lighed med foregaaende Forsøg skal nu beregnes Exspirationsluftens Kulsyreprocenter paa de Tidspunkter, hvor Stikprøverne ere tagne. Luftprøven fra Periode I viste 3,79% CO<sub>2</sub>, hvortil svarer  $c_0 = \frac{110}{69,5} \cdot 3,79 = 6,00\%$  i Alveolerne; derved bestemmes  $a$  til 27,0. Exspirationsluftens Kulsyreprocent bestemmes af (16)

$$e = \frac{(c_0 + \frac{1}{a} \cdot L_a \div \frac{1}{a} \cdot L_0) \cdot L}{R}$$

hvor man for Periode II har  $L = 51,6$ ,  $L_a = 51,6 + 69,5$  og  $R = 59$ .



For Periode III er  $L = \frac{69,5}{110} \cdot 115$ ,  $L_a = \frac{69,5}{100} \cdot 115$  og  $R = 115$ .

De saaledes bestemte Kulsyreprocenter ere opførte i Tabel XXI. Medens den beregnede Kulsyreprocent passer meget godt for Periode III (Afvigelsen = 0,09 %), er der en ret væsentlig Afvigelse = 0,45 % for Periode II; men under Hensyn til de ganske abnorme Forhold, der fremkomme under den maximale Respirationshæmning i Periode II, vil der ikke være Grund til udfra den under denne Periode paaviste Afvigelse i Kulsyreprocenten at underkende Beregningens Berettigelse. For nærværende Forsøg haves  $\alpha = 27,0$  og  $\beta = \div 92,6$ ; Relationen mellem Alveoleluftens Kulsyreprocent og det reflektorisk udløste Ventilationsvolumen bliver da

$$L_a = 27,0 \cdot c_a \div 92,6 \dots \quad (12b)$$

der ikke afviger meget fra den tilsvarende Ligning (12a) fra foregaaende Forsøg. I Middel haves

$$L_a = 26,1 \cdot c_a \div 97 \dots \quad (12c)$$

eller naar  $L_a$  udtrykkes ved Respirationsniveauet  $R$  og  $c_a$  ved Expirationsluftens Kulsyreprocent  $e$

$$e = \frac{(R \div 3n + 97)(R \div 3n)}{26,1 R} \dots \quad (16a)$$

Denne Ligning skulde angive Expirationsluftens Kulsyreprocent for F. B. under Hvile og med normal Respiration, udtrykt ved Respirationsniveauet og Aandedrætsantallet pr. Minut. Nogen større Overensstemmelse kan dog ikke forventes, i Særdeleshed naar Formlen anvendes paa Maalinger, der ere adskilte ved længere Tidsrum; thi man maa erindre, at saavel Alveoleluftens Kulsyreprocent som Respirationsniveauet afhænge af flere Faktorer, som f. Eks. Barometerstanden, der ikke indgaa i Beregningerne, og som derfor kunne forrykke Grundlaget for disse.

Lb. Nr. 23 F. B. 16-11-1910.

Medens vi i de to foregaaende Forsøg have undersøgt Respirationsforstyrrelser, fremkaldte ved maximale vilkaarlige Ændringer af Respirationsniveauet, skulle vi her referere et Forsøg med vilkaarligt forøget Respiration, hvor Respirationsforøgelsen er mindre og omtrent svarer til den, som fremkommer ved de under 2det Afsnit omtalte psykologiske Forsøg.

Forsøget deltes i tre Perioder, og Expirationsluften fra hver Periode opsamledes i Spirometre, ved hvilke Ilt- og Kulsyreprocenten bestemtes i Middeltal for hver Periode. Under Periode I og III forløb Respirationen normalt; Respirationsniveauets Middelværdi = 105 og Aandedrætsantallet pr. Minut = 14. Under de 7 første Aflæsninger af den mellemliggende Periode II forøgedes Respirationen vilkaarligt; Niveauet steg til 150-130 og Aandedrætsantallet til 16. Under Periodens resterende 10 Aflæsninger respireredes paany rent reflektorisk; Niveauet sank strax til 45 for derefter at stige, saaledes at det inden Periodens Slutning havde naaet



den normale Hvileværdi 105. Aandedrætsantallet kan tilnærmelsesvis sættes =  $14 \cdot \frac{R}{105}$ . Med de ovenfor benyttede Betegnelser har man for dette Forsøg:  $R_0 = 105$ ;  $L_0 = 63$ ;  $R_k = 55$ ; naar  $L_\infty$  endvidere skønnes at være 134, bliver Respirationsligningen for 1ste Afsnit af Periode II

$$\log \frac{R + 38}{R \div 134} = 0,00554 \cdot t + 0,80448 \dots \quad (14f)$$

idet  $V$  paa Grundlag af Prøveberegninger tilnærmelsesvis kan sættes =  $13500 \text{ cm}^3$ .

Tabel XXII.

Lb. Nr. 23 F. B. 16-11-1910											
Periode I			Periode II						Periode III		
Respira- tions- niveau	Exp.- luftens O <sub>2</sub> %	Exp.- luftens CO <sub>2</sub> %	Respirations- niveau		Expirationsluftens				Respira- tions- niveau	Exp.- luftens O <sub>2</sub> %	Exp.- luftens CO <sub>2</sub> %
					O <sub>2</sub> %	CO <sub>2</sub> %	O <sub>2</sub> %	CO <sub>2</sub> %			
maalt	maalt	maalt	maalt	ber.	maalt	maalt	ber.	ber.	maalt	maalt	maalt
105			144	158			4,20		102		
105			146	148			3,70		105		
106			145	142			3,41		108		
108			141	139			3,27		110		
107			139	137			3,17		109		
108			135	136			3,13		108		
106			132	135			3,07		107		
105			45	64			3,03		106		
104	16,15	3,87	80	80	16,67	3,76	3,39	3,58	105	16,27	3,89
102			95	90			3,59		103		
104			100	96			3,73		102		
105			101	99			3,75		100		
105			104	102			3,81		102		
104			106	103			3,82		103		
102			109	104			3,83		105		
104			106	104			3,83		105		
105			105	105			3,88		105		
105			..	..			..		105		

De herefter beregnede Respirationsniveauer ere opførte i Tabellens 5te Kolonne. Efter at den vilkaarlige Respirationsforøgelse er ophørt, bliver Respirationsligningen

$$\log \frac{197 + R}{105 \div R} = 0,00583 t + 0,68473 \dots \quad (14g)$$

idet det reflektorisk udløste Ventilationsvolumen  $L_a$  ved dette Afsnits Begyndelse findes at være =  $32 \text{ cm}^3/\text{sec}$ . De herefter beregnede Værdier af  $R$  ere opførte i Tabellen. Naar man udskyder Begyndelsesværdien fra hvert Afsnit, bliver Middelfvigelsen mellem de maalte og beregnede Respirationsniveauer =  $2,4 \text{ cm}^3/\text{sec}$ .



Forsøget er optegnet i Fig. 11.

Middeltallet af Expirationsluftens Kulsyreprocent fra Periode I og III er  $= \frac{3,87 + 3,89}{2} = 3,88 = c_0$ . Paa Grundlag af denne kan Kulsyreprocenterne for Periode II beregnes ved (16); Beregningen er udført med 40 sec. Interval, svarende til hver Respirations aflæsning, og de beregnede Værdier ere opførte i Tabellens 8nde Kolonne. Heraf er endvidere Expirationsluftens Middelkulsyreprocent for hele Periode II beregnet til 3,58, medens Maalingen giver 3,76; at den maalte Værdi er højere, skyldes dels Stofskifteforøgelsen paa Grund af den forøgede Respiration, hvortil der ikke er taget Hensyn i Beregningen, og dels at det udskilte Kulsyreoverskud fra 2den Periodes 1ste Afsnit næppe er helt kompenseret under samme Periodes 2det Afsnit.

Man vil have bemærket, at „Lungevolumenet“  $V$  fra Forsøg Nr. 21 og Nr. 22 er dobbelt saa stort som i Forsøg Nr. 23.

Dette Forhold — at Volumenet  $V$  er jo større jo længere Respirationsforstyrrelsen varer — er det regningsmæssige Udtryk for, at der forløber en vis Tid,

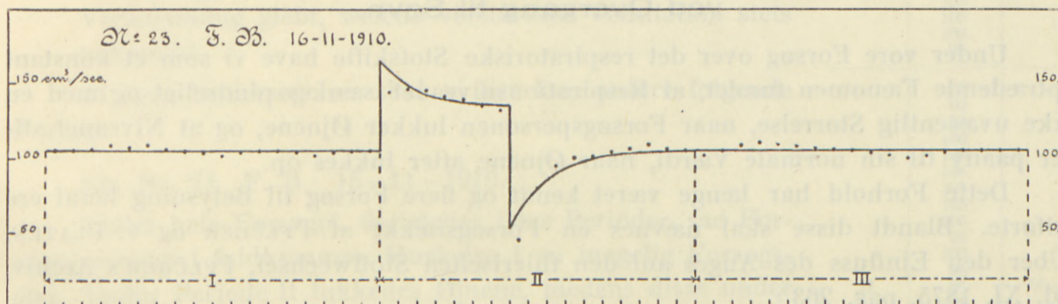


Fig. 11.

inden Kulsyreudvaskningen forplanter sig rundt til hele Organismen. For hvert Forsøg bliver der da at vælge en passende Middelværdi for  $V$ , alt efter Forsøgets Længde; men indenfor hvert Forsøg maa  $V$  variere paa samme Maade, saaledes at man begynder med en lille Værdi og ender med en stor Værdi for  $V$ . Hertil er der ikke taget Hensyn i ovenstaaende Beregning, der er gennemført med et konstant  $V$ ; dette har bl. a. medført, at den beregnede Respirationskurve ikke krummer saa stærkt i Begyndelsen som den maalte, og at følgelig Afvigelserne her ere størst. Man kan korrigere Respirationsligningen i Overensstemmelse hermed ved at sætte  $V$  proportional med Tiden + en Konstant; Ligningen faar da følgende Form

$$\frac{R + k_1}{R + k_2} = k_3 \cdot t + k_4 \dots \quad (17)$$

Resultatet af Beregningerne kan sammenfattes:

Respirationen udløses reflektorisk med en saadan Størrrelse, at Alveoleluftens Kulsyreprocent tilnærmelsesvis holdes konstant.



Indtræder der Forandringer i Alveoleluftens  $\text{CO}_2$  0/0, indstiller Respirationen sig strax med en ny Værdi, der tilstræber at udligne Forandringerne. Naar  $c_a$  er Alveoleluftens  $\text{CO}_2$  0/0, vil Ventilationsvolumenet  $L_a$  kunne udtrykkes tilnærmelsesvis ved  $L_a = \alpha \cdot c_a + \beta$ . Forøges eller formindskes Respirationen vilkaarligt, vil Organismens staaende Kulsyreoplæg henholdsvis formindskes eller forøges. Forløbet heraf kan beregnes under den Forudsætning, at Organismen forholder sig som en Beholder med fri Kulsyre. Dog vil Beholdervolumenet  $V$  voxe med Tiden, svarende til at Ændringen i Organismens  $\text{CO}_2$ -Koncentration først efterhaanden forplanter sig til Periferien.

### Respirationsændringer naar Øjnene tillukkes og ved Overgang til Søvn.

Under vore Forsøg over det respiratoriske Stofskifte have vi som et konstant optrædende Fænomen fundet, at Respirationsniveauet sænkes pludseligt og med en ikke uvæsentlig Størrelse, naar Forsøgspersonen lukker Øjnene, og at Niveauet stiger paany til sin normale Værdi, naar Øjnene atter lukkes op.

Dette Forhold har længe været kendt og flere Forsøg til Belysning heraf ere udførte. Blandt disse skal nævnes en Forsøgsrække af PFLÜGER og v. PLATEN, (Über den Einfluss des Auges auf den thierischen Stoffwechsel, PFLÜGER's Archiv, Bd. XI, 1875, pag. 263.)

Disse Forfattere har undersøgt det respiratoriske Stofskifte paa tracheotomerede Kaniner, hvis Øjne de afvekslende tilbandt og afdækkede. De fandt som Middeltal af en Række Enkeltforsøg med gennemsnitlig Varighed af ca.  $\frac{1}{2}$  Time, at Kulsyreudskillelsen henholdsvis med utildækkede og med tilbundne Øjne forholdt sig som 114 : 100 og Iltoptagelsen som 116 : 100.

Forsøgsresultatet formuleres:

„Aus der Gesamtzahl der mitgetheilten Versuche geht hervor dass unter dem Einfluss des Lichtes durch die Erregung der Retina Kohlensäureausscheidung und Sauerstoffaufnahme eine erhebliche Steigerung erfahren“, hvad der maa forstaas derhen, at Forfatterne anser Stofskiftestigningen som en primær Virkning af Lysets Indflydelse paa Retina.

Mod denne Antagelse gør SPECK (Physiologie des menschlichen Athmens, Cap. 11) med Rette gældende, at man som Forsøgene ere anlagte ingen Garanti har for, at Stofskiftestigningen ikke er en secundær Virkning, hidrørende fra Muskelspændinger; thi man kan med Sandsynlighed antage, at Dyrene under Lysets Paavirkning bliver livligere, og at de derved, selv om de for det meste vare bundne, gennem Muskelspændinger forøgede Stofskiftet. SPECK anfører derefter 6



egne Forsøg, foretagne med SPECK som Forsøgsperson. Hvert af Forsøgene bestod af to Perioder paa ca. 11 Minutter, adskilte ved et Tidsrum paa ca. 15 Minutter. Under den ene Periode vare Øjnene tildækkede og under den anden vare de frie.

Enkeltforsøgenes Middeltal viste, at ved Overgang fra tildækkede til utildækkede Øjne steg Lungeventilationen med 7 0/0, Kulsyreudskillelsen med 4 0/0 og Iltoptagelsen med 1 0/0. Af dette Resultat slutter SPECK, at hele Variationen i Kulsyreudskillelsen og Iltoptagelsen udelukkende hidrører fra ændrede Ventilationsforhold, saaledes:

dass das Licht auf unsere Stoffwechselvorgänge, soweit sie sich durch CO<sub>2</sub>-Ausfuhr und O<sub>2</sub>-Aufnahme zu erkennen geben, nicht den mindesten Einfluss übt, dass es aber vom Gehirn aus direct auf nervösem Weg das Athemcentrum anregt und so zu der unerheblichen Steigerung der CO<sub>2</sub>-Ausscheidung und der O<sub>2</sub>-Aufnahme Veranlassung giebt, welche verstärkter Ventilation stets zukommt.

Af egne Undersøgelser skal vi her kun anføre følgende Forsøg:

Lb. Nr. 24 F. B. 15—11—1910.

Under hele Forsøget, der deltes i tre Perioder, sad Forsøgspersonen i fuldkommen Muskelro i en magelig Forsøgstol. Under Periode II lukkedes Øjnene, medens disse under Periode I og III holdtes aabne. Niveaumaalingerne ere opførte i Tabel XXIII og optegnede i Fig. 12; de øvrige Forsøgsresultater vil findes i Tabel XXIV.

Det vil ses, at Respirationsniveauets Værdi =  $95,6 \text{ cm.}^3/\text{sec.}$  under Periode II er ca. 8,4 0/0 lavere end Middelværdien  $\frac{105,5 + 103,2}{2} \text{ cm.}^3/\text{sec.}$  for Perioderne I og III, og at den tilsvarende Sænkning for Kulsyreudskillelsen og Iltoptagelsen beløber sig til henholdsvis 8,1 0/0 og 6,2 0/0.

Under Periode I og III talte Forsøgspersonen Aandedrættene uden Vanskelighed, men under Periode II indtraadte under dette Forsøg en halvvaagen Bevidsthedstilstand, samtidig med at Øjnene lukkedes i, og under denne kunde Forsøgspersonen ikke samle Opmærksomheden saa meget, at han var i Stand til at gennemføre Tællingen af Aandedrættene, end ikke i 40 sec. Han forsøgte Gang paa Gang, men Tanken spredtes straks og først ved det paafølgende Klokkeslag vaktet Bevidstheden om at have glemte Tælnin-

Tabel XXIII.

Lb. Nr. 24 F. B. 15—11—10

Periode	Respirationsniveau cm. <sup>3</sup> /sec.	Middelrespirationsniveau cm. <sup>3</sup> /sec.
I	100	105,5
	100	
	100	
	100	
	100	
	105	
	105	
	110	
	105	
	110	
	115	
	110	
	110	
	115	
	110	
II	85	95,6
	90	
	95	
	100	
	100	
	105	
	105	
	105	
	100	
	95	
	95	
	95	
	95	
	95	
	90	
III	100	103,2
	105	
	110	
	105	
	105	
	105	
	105	
	100	
	100	
	100	
	100	
	100	
	105	
	105	
	105	



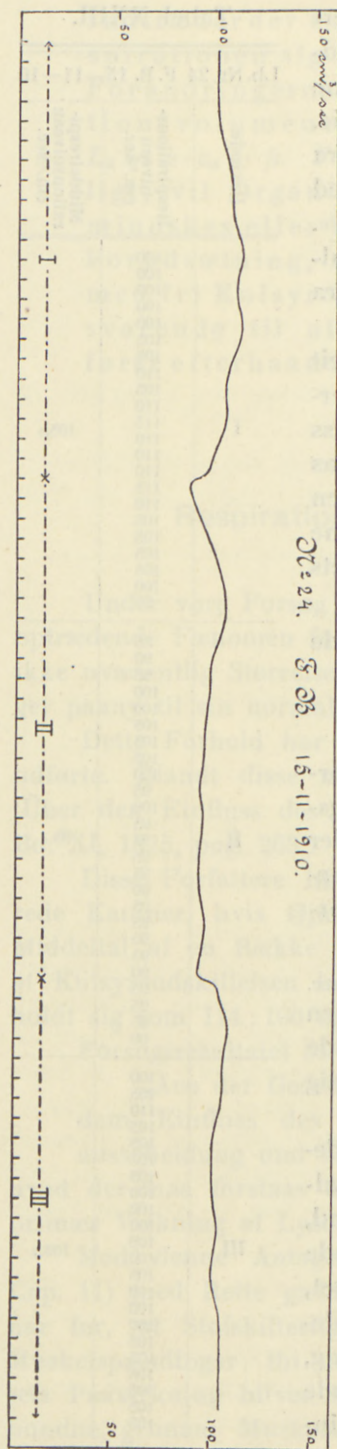


Fig. 12.

Lb. Nr. 24. F. B. 15-11-1910.

gen, hvorpaa han begyndte paany, men stadig uden Resultat. Paa Grundlag af Aandedrætsantallene fra Perioderne I og III er Alveoleluftens Kulsyreprocent be-

Tabel XXIV.

Periode	Periodens Varighed i sec.	Middelrespirationsniveau i cm. <sup>3</sup> /sec.	Expirationsluftens Kulsyreprocent	Expirationsluftens Ilprocent	Udskilt Kulsyre C cm. <sup>3</sup> /sec.	Optaget Il O cm. <sup>3</sup> /sec.	Respirationskvotient Q	Aandedrætsantal pr. Minut = n	Alveoleluftens Kulsyreprocent
I	880	105,5	3,765	16,460	3,79	4,80	0,790	13,0	5,87
II	1000	95,6	3,785	16,385	3,46	4,44	0,780	..	..
III	880	103,2	3,800	16,480	3,74	4,67	0,801	13,0	6,02

regnet for disse Perioder ved BØHR'S Formel; de beregnede Værdier ere opførte i Tabel XXIV, sidste Kolonne. Det vil ses, at Alveoleluftens Kulsyreprocent er steget kendeligt under Forsøgets Forløb. Dette i Forbindelse med at man under Periode II finder den laveste Respirationskvotient, tyder hen paa, at Lungeventilationen under denne Periode har været mindre effektiv, og giver derved en delvis Bekræftelse paa SPECK'S ovenfor omtalte Forklaring; men med SPECK at henføre Ventilationsændringen som eneste Aarsag til Variationerne i Kulsyreudskillelsen og Iltoptagelsen, opfordrer nærværende Forsøg ikke til.

Forsøgsresultatet kan formuleres:

Naar Øjnene tillukkes, sænkes Respirationsniveauet, og samtidig formindskes Kulsyreudskillelsen og Iltoptagelsen; disse Forandringer kan delvis tilskrives en mindre effektiv Lungeventilation.

Lb. Nr. 25. F. B. 10-6-1907

I Sammenhæng med ovenstaaende skal anføres et enkelt Forsøg over Respirationsforholdene ved Søvn.

Under den første Hvileperiode af et paabegyndt Forsøg faldt Forsøgspersonen i Søvn; Forsøgslederen bemærkede det straks, men lod Forsøgspersonen sove,



indtil denne efter ca. 15 Minutters Forløb paany vaagnede. De maalte Respirationsniveauer ere opførte i Tabel XXV og optegnede i Fig. 13. Periode II svarer til den Tid, i hvilken Forsøgspersonen sov, medens han under Periode I og III var vaagen; under alle tre Perioder sad Forsøgspersonen i samme Legemsstilling i Forsøgsstolen. Respirationen forløb i flere Henseender paa samme Maade som ved ovenstaaende Forsøg Nr. 24; saasnt Øjnene tilkukedes og Søvn indtraadte, foregik straks en Sænkning af Respirationsniveaue; denne Sænkning, der beløber sig til ca. 14,5 % af Middelværdien for Respirationsniveauerne for Perioderne I og III, er væsentlig større end den tilsvarende Sænkning i forrige Forsøg. Der foreligger for dette Forsøg ingen Analyser af Expirationsluften etc., men kun de anførte Niveaumaalinger, saa en Fortolkning af Resultatet maa ske med Varsomhed. Men man kan med nogen Sikkerhed antage, at den Formindskelse af Lungeventilationen der allerede kan spores ved at Øjnene tillukkes, yderligere gør sig gældende, naar der samtidig indtræder Søvn; saaledes at Niveausænkningen her i højere Grad end ved forrige Forsøg kan forklares som en Respirationændring i Retning af mindre effektiv Lungeventilation.

Ved Siden af denne Overensstemmelse mellem Hovedforløbet af Respirationen under disse to Forsøg, vil man iagtage en ganske ejendommelig Forskel i Respirationstypen. Under hele Forsøget Nr. 24 samt under Periode I og III af nærværende Forsøg svinger Respirationskurven paa sædvanlig Vis, bølgeformet omkring en Middelværdi, men samtidig med at Søvn indtræder, ophører disse Uregelmæssigheder ganske, og Respirationen forløber derefter fuldkommen automatisk med konstant Niveauværdi.

Dette Forhold iagttages bedst af Tabel XXV, hvor Niveaumaalingerne ere opførte uden Udjævning; af de 22 Aflæsninger under Periode II ses de 19 alle at have Værdien  $105 \text{ cm.}^3/\text{sec.}$ , og kun 3 Aflæsninger have Værdien  $100 \text{ cm.}^3/\text{sec.}$

Iagttagelsen af dette Forhold er kun støttet paa nærværende Enkeltforsøg, men det fremtræder ved dette saa afgørende, at der næppe kan være Tvivl om, at man her har paavist en karakteristisk Forskel i Respirationstypen under Søvn og vaagen Tilstand. Aarsagen til Respirationskurvens bølgeformede Karakter vil da rimeligt kunne søges i skiftende Bevidsthedstilstande, en Aarsag, der bortfalder under Søvn.

Tabel XXV.

Lb. Nr. 25 F. B. 10—6—1907		
Periode	R $\text{cm.}^3/\text{sec.}$	R <sub>m</sub> $\text{cm.}^3/\text{sec.}$
I	120	120,6
	125	
	125	
	120	
	120	
	125	
	115	
	120	
	115	
II	105	104,3
	105	
	105	
	105	
	105	
	105	
	105	
	105	
	105	
	105	
	105	
	105	
	105	
	105	
	105	
III	120	123,3
	135	
	125	
	130	
	120	
	125	
	125	
	120	
110		



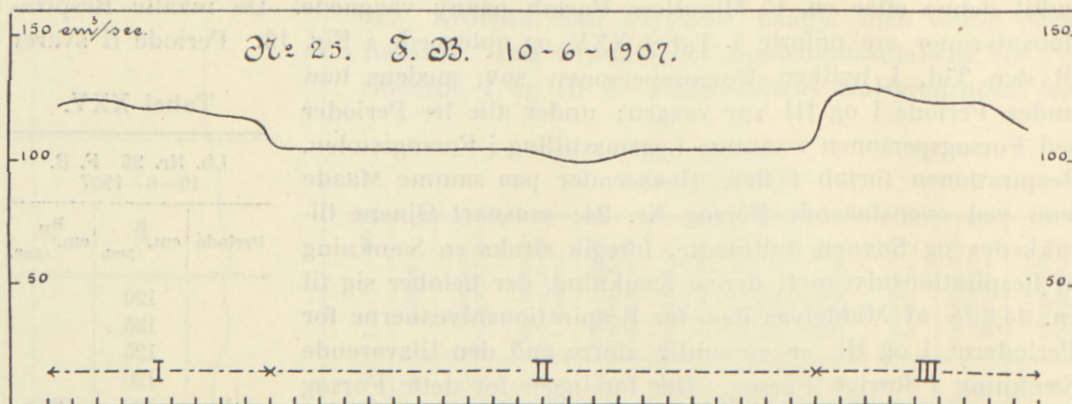


Fig. 13.

Men hvorvidt disse Respirationsbølger ere at opfatte som Udtryk for tilsvarende Stofskiftesvingninger eller blot hidrører fra en varierende Respirationsmekanik kan ikke afgøres ved disse Maalinger; sandsynligvis gør begge Forhold sig gældende.

Som Resultat fremsættes:

Under Hvile forløber Respirationen for en Forsøgsperson i vaagen Tilstand jævnt bølgeformet; ved indtrædende Søvn sænkes Respirationsniveauet, hvorefter Respirationen forløber med konstant Niveauværdi. Aarsagen til den bølgeformede Respiration under vaagen Tilstand og i Hvile maa delvis søges i skiftende Bevidsthedstilstande.



## Andet Afsnit.

### Aandeligt Arbejde og Stofskiftet.

LEHMANN og PEDERSEN har paavist, at vi for Vanskeligheden af et aandeligt Arbejde har et subjektivt Maal i den Opmærksomhedsanspændelse, som Arbejdet kræver. Medens nogle af den Art Arbejder kun kommer i Stand ved en ret betydelig Anspændelse, vil andre derimod kunne udføres blot ved en ringe Opmærksomhedskoncentration, og disse sidste synes tilmed ikke at vinde i nogen Henseende derved, at Opmærksomheden koncentrerer stærkere under Udførelsen.

De nævnte Forfattere kalde derfor den første Art Arbejder „Kraftydelse“, den sidste „Præcisionsarbejder“, da disse nærmest synes at være afhængige af den ved Øvelse erhvervede Finhed af den psykofysiologiske Organisation\*). Senere har LEHMANN nærmere gjort Rede for, at Forskellen mellem de to Arter af Arbejde i Hovedsagen beror paa Opmærksomhedens Distribution. Jo mere et aandeligt Arbejde kræver en Fordeling af Opmærksomheden, en samtidig Fastholden af et større Antal Tilstande i Bevidstheden, desto større bliver Opmærksomhedsanspændelsen. Drejer det sig derimod kun om at koncentrere Opmærksomheden paa en enkelt eller nogle faa Tilstande, saa synes den tilsigtede Virkning altid at kunne naas ved en næsten umærkelig Anspændelse\*\*).

Disse Betragtninger har ledet os ved Valget af de aandelige Arbejder, vi have undersøgt.

Hvis aandeligt Arbejde overhovedet forudsætter en Dissociation af Hjernens Biogener og dermed et forøget Stofskifte, saa er det indlysende, at dette lettest maa kunne paavises ved de Arbejder, hvor Opmærksomhedsanspændelsen er stor. Med den større Anspændelse følger nemlig i Almindelighed i en given Tid en større Træthed, og det maa paa Forhaand antages, at Fornemmelse af Anspændelse og Træthed især vil opstaa i de Tilfælde, hvor der stilles betydelige Krav til Organismen. I hvert Fald bliver det det naturligste Udgangspunkt for en Undersøgelse som den foreliggende at forudsætte: at Stofskiftet vil forøges desto mere, jo vanskeligere det aandelige Arbejde synes Individet.

\*) Vejret og vort Arbejde. Kgl. danske Vidensk. Selsk. Skr., 7. Række. Naturv. og matem. Afd. IV, 2. pag. 58.

\*\*\*) Grundzüge der Psychophysiologie. Leipzig 1912, pag. 529 o. f.



Da Anstrengelsen ved en psykisk Virksomhed, ifølge det ovenfor anførte, fortrinsvis er afhængig af Opmærksomhedens Distribution, saa maatte Valget af en bestemt Art aandeligt Arbejde til Undersøgelse naturligt falde paa den fra andre psykologiske Forsøg velkendte Udenadlæren af Remser af meningsløse Stavelser. Herved opnaas nemlig en dobbelt Fordel. For det første kan der tilvejebringes et overordentligt stort Antal Opgaver af ganske samme Vanskelighed, og for det andet kan man ved at gøre Remserne længere, forøge Opgavernes Vanskelighed jævnt og næsten ubegrænset. Dette Arbejde har derfor spillet Hovedrollen ved vore Forsøg og vil blive behandlet særskilt i det følgende Kapitel.

Ifølge Sagens Natur kunde vi imidlertid ikke blive staaende ved Undersøgelsen af en enkelt Art aandeligt Arbejde. Hvis vor Forudsætning: at Stofskiftets Forøgelse voxer med den subjektivt vurderede Vanskelighed af et Arbejde, er rigtig, saa maa det vise sig, at saadanne Virksomheder, der kræve den mindst mulige Distribution af Opmærksomheden og følgelig en næppe mærkelig Anspændelse, heller ikke medføre nogen maalelig Forøgelse af Stofskiftet. Denne Konsekvens burde naturligvis undersøges. Fremdeles laa det nær at bestemme Stofskiftet ved forskellige af de Arbejder, der hyppigt finde Anvendelse ved psykologiske Forsøg af forskellig Art, f. Eks. den fortløbende Addition af encifrede Tal, Gennemstregning af et opgivet Bogstav i en foreliggende Text osv. Da den relative Vanskelighed af saadanne Arbejder i Almindelighed let lader sig bestemme, kunde disse Maalinger yderligere tjene til at prøve Forudsætningens Rigtighed. I det foreliggende Kapitel skal der gøres Rede for Resultaterne af de hermed anstillede Forsøg.

Inden vi gaa over hertil, vil det imidlertid være nødvendigt at omtale forskellige Forsigtighedsforanstaltninger, som maa tages ved den Art Forsøg.

Det er allerede i det foregaaende ved Undersøgelserne over Muskelarbejdet paavist, at et nogenlunde nøjagtigt Udtryk for Stofskiftesvingningerne kun kan faas, naar Arbejdets Varighed ikke er for kort, mindst  $\frac{1}{2}$  Time, og der tillige før og efter Arbejdet udføres Bestemmelser af Stofskiftet i fuldstændig Ro. Denne Forsøgsordning er derfor ogsaa gennemført ved Undersøgelserne over det aandelige Arbejde. Det viste sig nu straks, at det paa denne Maade var meget let at paavise en Forøgelse af den udaandede Kulsyremængde under aandeligt Arbejde, hvorimod en Sammenligning af de forskellige Arbejders Indflydelse paa Stofskiftet ingenlunde var nem; den krævede særlige Foranstaltninger.

Det laa nær at forsøge en saadan Sammenligning paa den Maade, at man i en Periode (paa 10 Minutter) udførte ét Arbejde, i en følgende Periode et andet Arbejde, osv. Da Aandedrætsvoluminets Størrelse stadig aflæstes og Udaandingsluftens Kulsyreprocent bestemtes særskilt for hver Periode, var det altsaa muligt ad denne Vej at finde den under hvert enkelt Arbejde udaandede Kulsyremængde. Vi vil imidlertid se i det følgende, at ét og samme Arbejde i de successive Perioder giver meget forskellige Kulsyremængder, og disse Kulsyremængder staa ikke i noget konstant Forhold til Størrelsen af det Arbejde, der er udført i de enkelte Perioder. Heraf følger da ligefrem, at en Sammenligning mellem forskellige Ar-



bejder aldeles ikke lader sig udføre paa den Maade, at man veksler med Arbejdet fra Periode til Periode. Den i en saa kort Tid som 10 Minutter udaandede Kulsyremængde er ikke afhængig alene af det i den paagældende Tid udførte Arbejde.

Der bliver da kun den Vej at gaa, at man i hele Arbejdstiden, ca.  $\frac{1}{2}$  Time, udelukkende udfører én Art Arbejde. Og da nu de praktiske Forhold, de talrige Luftanalyser, som hvert enkelt Forsøg krævede, udelukkede Muligheden af, at der kunde gennemføres mere end et Forsøg om Dagen, saa maatte altsaa de forskellige Arbejder, hvis Indflydelse paa Stofskiftet skulde maales, henlægges til forskellige Dage. Herved indførtes ganske vist en ny Fejl, idet Individets vekslende Disposition, der især ved de vanskeligere Arbejder spiller en ikke ringe Rolle, viste sig at influere paa Størrelsen af den udaandede Kulsyremængde og følgelig gjorde en Sammenligning mellem forskellige Arbejder usikker. Men den vekslende Disposition lader sig altid eliminere ved en tilstrækkelig hyppig Gentagelse af hvert enkelt Forsøg; saa denne Vanskelighed kan altsaa overvindes.

Da en Forsøgspersons tilfældige Disposition naturligvis i ikke ringe Grad er afhængig af, om han er frisk eller allerede tildels træt af Dagens Arbejde, vil man kunne sikre sig de mest ensartede Forhold og de gunstigste ydre Betingelser ved at henlægge Forsøgene til en bestemt Tid af Dagen, helst til Morgentimerne. Alle vore afgørende Forsøg med aandeligt Arbejde er derfor anstillede om Morgen Kl. 9—11, hvor Forsøgspersonerne vare fuldstændigt udhvilede og ikke havde udført andet Arbejde. Det var yderligere vedtaget, at de, for at kunne møde saa vel disponerede som muligt, skulde sørge for at faa den fornødne Søvn om Natten før hver enkelt Forsøgsdag. Det viste sig virkelig, at der paa denne Maade tilvejebragtes en Ensartethed i Resultaterne, som det ikke havde været muligt at opnaa, saalænge Forsøgene udførtes paa mere tilfældige, senere Tider af Dagen.

At der var draget Omsorg for den størst mulige Stilhed og Ro under Forsøgene, behøver næppe at omtales. Men til Trods for al Paapassenhed fra de Assisterendes Side ere tilfældige ydre Forstyrrelser, der kunne bringe Forsøgspersonen i Affekt, ingenlunde udelukkede, og under saa langvarige Forsøg, som de her foreliggende, er det næsten uundgaaeligt, at der ikke nu og da skulde indtræffe noget af den Art.

Hvis Forsøgspersonerne nu ikke ere øvede i Selviagttagelse, vil Forsøg behæftede med Fejl af denne Oprindelse blive betragtede som fuldstændig vellykkede, og derved kan meget let al Lovmæssighed blive udvisket, især da hvert enkelt Forsøg kræver saa lang Tid, at det er umuligt at eliminere større tilfældige Fejl ved at tage Middeltal af et stort Antal Enkelbestemmelser.

Selviagttagelsen spiller med andre Ord ved disse Forsøg en lige saa væsentlig Rolle som ved alle andre psykologiske Experimenter; og de to Forsøgspersoner: A. L. og S. N., der medvirkede ved alle de afgørende Forsøg, vare da ogsaa vel øvede i Selviagttagelse.

Foran Forsøgspersonen stod et lille Bord med skraa Plade, der lod sig dreje i forskellige Retninger, saa at den kunde bringes i den mest bekvemme Stilling.



Paa Bordet laa Regnehæftet eller hvad Forsøgspersonen i det enkelte Experiment skulde beskæftige sig med, og tillige et Stykke Papir, hvorpaa han kunde notere det nødvendigeste. Med dette som Støtte for Hukommelsen blev den nærmere Redegørelse efter Forsøgets Slutning dikteret til Protokollen. Som vi senere skal se, har saadanne smaa Skrivebevægelser, som Notaterne krævede, ingen som helst maalelig Indflydelse paa Stofskiftet.

Naar Forsøgene, som omtalt, kontrolleres ved Selviagttagelsen, vil det Experiment, hvorunder en Sindsbevægelse eller en anden tilfældig Forstyrrelse har gjort sig gældende, ganske vist være mislykket for saa vidt, som det ikke giver Svar paa det, der ønskedes undersøgt. Men netop et saadant Forsøg kan i anden Henseende være overordentlig vellykket, fordi udprægede Affekter slet ikke ere saa lette at fremkalde experimentalt, hvorfor de lejlighedsvis opstaaede blive saa meget mere værdifulde.

Exempelvis skal her anføres Resultaterne af nogle enkelte, med Affekt behæftede Forsøg. Disse Exempler vil være tilstrækkelige til at vise Forskellen mellem en Sindsbevægelse og det emotionelt indifferente, aandelige Arbejde, og heraf vil yderligere fremgaa, hvor fuldstændigt al Lovmæssighed kan udviskes, hvis en ikke kontrolleret Affekt faar Lov til at indsnige sig mellem andre, „vellykkede“ Forsøg.

I Løbet af 8 Minutter lærte Forsøgspersonen A. L. en 8-, en 10- og en 12-Stavelsers Remse udenad. Det var en ny Forsøgsordning, der skulde prøves, og Forsøgspersonen var ængstelig for, om Forsøget vilde lykkes eller ikke. I det følgende Kapitel vil det ses, at Udenadlæren af en 12-Stavelsers Remse for denne Person medfører en Forøgelse af den udaandede Kulsyremængde paa 0,61 cm.<sup>3</sup> Kulsyre pr. sec, medens de kortere Remser medføre en betydeligt mindre Kulsyreudskillelse.

Ved det nævnte Forsøg var Forøgelsen derimod 2,79 cm.<sup>3</sup> pr. sec., saa at her altsaa kommer et Overskud paa 2,18 cm.<sup>3</sup>, der udelukkende maa henføres til Sindsbevægelsen. I et andet Forsøg lærte samme Forsøgsperson i en halv Time 8-Stavelsers Remser. Normalt medfører dette Arbejde hos denne Person en Forøgelse paa 0,53 cm.<sup>3</sup> Kulsyre pr. sec. Men netop i det Øjeblik, hvor Arbejdet begyndte, tabte en af de Assisterende et Glasrør paa Gulvet. Følgen af hans Ubehændighed var en ret alvorlig Vrede hos Forsøgspersonen; Affekten holdt sig trods Arbejdet, saalænge dette varede, og Resultatet var gennemsnitlig 1,135 cm.<sup>3</sup> Kulsyre pr. sec. i Stedet for det normale 0,53.

Her er altsaa et Overskud paa 0,60 cm.<sup>3</sup>, som maa hidrøre fra Sindsbevægelsen. Betydelige Forstyrrelser, der influerer stærkt paa Kulsyreudskillelsen, kunne imidlertid fremkomme ved meget mindre Aarsager end en Sindsbevægelse; selv en legemlig Ubehagelighed kan paavises. Under et Forsøg, hvor S. N. var beskæftiget med et let Muskelarbejde, begyndte det at klø paa Næsen under Masken, saa at denne Ulempe ikke lod sig afhjælpe uden en fuldstændig Afbrydelse af Experimentet.

Normalt medførte det paagældende Muskelarbejde en Forøgelse af circa 0,32 cm.<sup>3</sup>



Kulsyre pr. sec., medens der i de 7 Minutter, hvor Kløen gjorde sig gældende, kom en Forøgelse paa  $0,62 \text{ cm.}^3$  pr. sec. Denne lille Ubehagelighed har altsaa paa det nærmeste fordoblet Kulsyremængden.

Disse Exempler vise tydeligt nok, at man end ikke ved tilsyneladende rent fysiologiske Forsøg, naar disse anstilles med Mennesker, tør ignorere de sjælelige Momenter.

Idet vi nu ville gaa over til at fremstille Resultaterne af vore Forsøg, begynde vi med en Redegørelse for det rent faktiske, som umiddelbart fremgaar af Maalingerne. Derefter følger en Diskussion af disse Resultater med det Formaal at finde Aarsagerne til de under de forskellige Arbejder udskilte Kulsyremængder.

Som umiddelbart empirisk Resultat af vore Undersøgelser fremgaar Rigtigheden af den ovenfor fremsatte Antagelse: at den ved et aandeligt Arbejde fremkaldte Forøgelse af den udaandede Kulsyremængde er desto større, jo større Opmærksomhedsanspændelse det paagældende Arbejde kræver. Forsøgene bekræfter, som vi nu skulle se, i et og alt og paa forskellige Maader denne Sætning.

Fra det daglige Liv er det velkendt, at man ganske tankeløst kan læse en foreliggende Text højt uden i mindste Maade at forstaa Indholdet. En saadan Virksomhed kræver aabenbart et Minimum af Opmærksomhedsanspændelse, idet kun de enkelte Ord skulle opfattes, hvorefter Synsbilledet direkte reproducerer de nødvendige Talebevægelser. Som aandeligt Arbejde betragtet er dette altsaa et typisk Præcisionsarbejde, idet Opmærksomhedens Distribution er den mindst mulige, og det er derfor at vente, at Kulsyreforøgelsen bliver overmaade ringe. Da en saadan „Læsning uden Forstaaelse“ tilmed indgaar som Led i Arbejdet ved Udenadlæren af meningsløse Stavelser, laa det nær særskilt at bestemme denne Virksomheds Indflydelse paa Kulsyreudskillelsen. Vi benyttede hertil de Remser af meningsløse Stavelser, der vare lærte udenad ved Associationsforsøgene. Forsøgspersonen læste dem i Takt efter en Metronom og udførte de samme svage Talebevægelser og Taktslag med Hovedet, der uundgaeligt indfinde sig, naar Remserne læres. Idet disse Bevægelser nu ogsaa udføres ved Læsning uden Udenadslæren, faar man et Overblik over, hvor stor Indflydelse de kunne have paa Kulsyreudskillelsen.

I Tabel XXVI er gengivet Resultaterne af to saadanne Forsøg, Nr. 26 og 27, med A. L. og S. N. som Forsøgspersoner. Det ses at Kulsyreforøgelsen i begge Forsøgs Periode I er paa Grænsen af det maalelige; hvor det drejer sig om saa smaa Størrelser, vil selv en ganske lille Fejl i Kulsyreprocenten let kunne føre til negative Værdier for Kulsyreforøgelsen.

I de to følgende Perioder voxer denne Størrelse ganske vist stadigt, men Middeltallene for hele Arbejdstiden,  $0,11$  og  $0,06 \text{ cm.}^3/\text{sec.}$ , ere dog langt under de Værdier, der ere fundne for de andre undersøgte Arbejder, tiltrods for de forskellige medvirkende Muskelbevægelser. Disse Maalinger godtgøre altsaa, at den ovenfor anførte Sætning virkelig gælder lige til Grænsen:



en psykisk Virksomhed, som ingen Opmærksomhedsanspændelse kræver, medfører heller ikke nogen maalelig Forøgelse af den udskilte Kulsyremængde.

Talrige Forsøg ere udførte med Regneopgaver af forskellig Art, især med fortløbende Additioner af encifrede Tal efter KRAEPELIN's Metode. Da man ved disse Additioner overhovedet ikke naar en større Sum end 108, er det et ganske begrænset Antal Regninger, der kunne komme til at foreligge. Jo mere øvet Forsøgs-

Tabel XXVI.

Lb.Nr.		Periode	Arbejdets Art	Vol. cm. <sup>3</sup> /sec.	% CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> cm. <sup>3</sup> /sec.	ber. Fald af CO <sub>2</sub>	cm. <sup>3</sup> CO <sub>2</sub> ved Arbejde	Middel
26.	A. L. <sup>23/4</sup> 1912	Hvile	Læsning af meningsløse Sta- velser uden Udenadlæren.	150,7	2,825	4,26			} 0,11
		I		164,0	2,605	4,27	4,24	0,03	
		II		166,5	2,575	4,29	4,20	0,09	
		III		171,4	2,545	4,36	4,15	0,21	
		Hvile		151,1	2,730	4,13			
27.	S. N. <sup>21/5</sup> 1912	Hvile	do.	145,3	3,410	4,96			} 0,06
		I		156,8	3,095	4,86	4,85	0,01	
		II		139,7	3,340	4,67	4,63	0,04	
		III		146,0	3,105	4,53	4,41	0,12	
		Hvile		111,8	3,845	4,30			

personer blive, desto mere vil den hele Virksomhed nærme sig en ren Reproduktion, idet Summen umiddelbart fremkaldes i Bevidstheden af de foreliggende Addender\*). For samme Forsøgsperson maa Arbejdet derfor med voxende Øvelse stadig blive lettere, og Kulsyreforøgelsen stadig mindre, medens forskellige Forsøgspersoner utvivlsomt maa give desto større Forøgelse af Stofskiftet, jo mindre øvede de ere, og jo større Anspændelse Arbejdet kræver. Netop dette fremgaar af Maa-lingerne.

I Tabel XXVII er gengivet fire Forsøg, Nr. 28—31, med A. L. og et, Nr. 32, med S. N. Den førstnævnte havde systematisk i flere Aar drevet Additionsøvelser i andet Øjemed, men var, da det første Forsøg af denne Art anstilledes (8—2—1911), ikke særlig trænet. I Løbet af Foraaret blev Øvelsen lejlighedsvis genoptaget og var ret stor ved de tre sidste Forsøg. Tabel XXVII viser nu, at der er en meget betydelig Forskel mellem Forsøget den 8—2 og de tre i Juni; ved de sidstnævnte er ikke blot Antallet af Additioner betydelig større, men ogsaa Kulsyreproduktionen betydelig mindre end ved det første Forsøg. Yderligere ses det, at Antallet af udførte Additioner voxer noget fra 17—6 til 24—6, og at Kulsyreproduktionen desuagtet stadig aftager. Og sammenholder man Værdierne for A. L. med dem for S. N., som ingen særlig Øvelse besad i denne Art Arbejde, saa ses hans Additions-

\*) Lehmann og Pedersen, anf. Skrift. pag. 59.



tal at være noget ringere, Kulsyreforøgelsen derimod 4 Gange saa stor som Middeltallet af de tilsvarende Værdier for A. L. Alle de anførte Konsekvenser af den opstillede Sætning bekræftes saaledes ved disse Forsøg.

Men endnu paa mange andre Maader lader dens Gyldighed sig dokumentere. Naar man bliver træet ved fortsat Arbejde af en og samme Art, kræver dette en

Tabel XXVII.

Lb.Nr.		Periode	Arbejde pr. 10 Min.	Vol. cm. <sup>3</sup> /sec.	% CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> cm. <sup>3</sup> /sec.	ber. Fald af CO <sub>2</sub>	cm. <sup>3</sup> CO <sub>2</sub> ved Arbejde	Middel
28	A. L. 8/2 1911	Hvile		156,0	2,705	4,22			} 0,563
		I	948 Additioner	150,8	3,210	4,84	4,20	0,64	
		II	946 —	147,5	3,120	4,60	4,16	0,44	
		III	866 —	152,5	3,100	4,73	4,12	0,61	
		Hvile		156,6	2,620	4,10			
29	A. L. 17/6 1911	Hvile		135,7	2,87	3,89			} 0,253
		I	960 Additioner	132,0	3,10	4,09	3,82	0,27	
		II	896 —	125,0	3,06	3,82	3,67	0,15	
		III	814 —	125,6	3,07	3,86	3,52	0,34	
		Hvile		124,0	2,78	3,45			
30	A. L. 20/6 1911	Hvile		148,3	2,800	4,15			} 0,190
		I	1059 Additioner	143,5	3,025	4,34	4,08	0,26	
		II	964 —	131,2	3,080	4,04	3,96	0,08	
		III	912 —	131,8	3,080	4,06	3,83	0,23	
		Hvile		132,0	2,850	3,76			
31	A. L. 24/6 1911	Hvile		159,3	2,860	4,55			} 0,177
		I	1009 Additioner	146,8	3,260	4,79	4,54	0,25	
		II	954 —	146,8	3,180	4,67	4,53	0,14	
		III	948 —	147,2	3,175	4,66	4,52	0,14	
		Hvile		151,5	2,985	4,52			
32	S. N. 8/4 1911	Hvile		157,6	3,050	4,81			} 1,23
		I	863 Additioner	202,6	3,190	6,47	4,72	1,75	
		II	841 —	192,9	2,980	5,65	4,53	1,12	
		III	845 —	180,7	2,860	5,17	4,35	0,82	
		Hvile		139,4	3,055	4,26			

stadig voxende Opmærksomhedsanspændelse, og Aarsagen hertil lader sig i Almindelighed uden Vanskelighed paavise ved Selviagttagelse. Saaledes mærker man f. Eks. ved den fortløbende Addition, at denne pludselig gaar istaa; man kan ikke umiddelbart reproducere Summen af de foreliggende Addender, men maa regne sig til Resultatet gennem visuelle Hjælpeoperationer eller ad anden Vej. Ved disse



Standsninger, der ved voxende Træthed blive stadig hyppigere, sinkes Arbejdet, saa at man udfører færre Additioner i en given Tid, og desuden kræve de egentlige Regneoperationer naturligtvis en større Anspændelse end den rent mekaniske

Tabel XXVIII.

Lb.Nr.		Periode	Arbejde pr. 10 Min.	Vol. cm. <sup>3</sup> /sec.	% CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> cm. <sup>3</sup> /sec.	ber. Fald af CO <sub>2</sub>	cm. <sup>3</sup> CO <sub>2</sub> ved Arbejde	Middel
33	A. L. 30/4 1912	Hvile		145,5	2,770	4,03			} 0,313
		I	901 Additioner	158,0	2,850	4,50	4,02	0,48	
		II	802 —	144,0	2,930	4,22	4,00	0,22	
		III	821 —	149,0	2,840	4,23	3,99	0,24	
		IV	844 —	152,5	2,850	4,35	3,98	0,37	
		V	819 —	154,5	3,010	4,65	3,96	0,69	
		Hvile		140,7	2,805	3,95			
34	A. L. 29/5 1912	Hvile		155,7	2,900	4,51			} 0,327
		I	940 Additioner	149,3	3,150	4,71	4,48	0,23	
		II	902 —	145,6	3,130	4,56	4,42	0,14	
		III	874 —	150,0	3,110	4,67	4,36	0,31	
		IV	890 —	148,3	3,160	4,69	4,30	0,39	
		V	903 —	149,0	3,165	4,72	4,24	0,48	
		Hvile		149,3	2,820	4,21			

Reproduktion. Det maa altsaa ventes, at Additionen med voxende Træthed vil medføre en voxende Forøgelse af den udskilte Kulsyremængde. At det virkelig forholder sig saaledes, fremgaar af Tabel XXVIII, der gengiver, to Forsøg, Nr. 33 og

Tabel XXIX.

Lb.Nr.		Periode	Arbejde pr. 10 Min.	Vol. cm. <sup>3</sup> /sec.	% CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> cm. <sup>3</sup> /sec.	ber. Fald af CO <sub>2</sub>	cm. <sup>3</sup> CO <sub>2</sub> ved Arbejde	Middel
35	A. L. 15/2 1911	Hvile		152,7	2,515	3,84			} 0,647
		I	47 Multiplikationer	164,5	2,750	4,52	3,81	0,71	
		II	51 —	158,3	2,785	4,41	3,74	0,67	
		III	50 —	164,8	2,565	4,23	3,67	0,56	
		Hvile		148,8	2,525	3,64			
36	S. N. 5/4 1911	Hvile		161,1	3,215	5,20			} 1,28
		I	47 Multiplikationer	188,5	3,640	6,86	5,12	1,73	
		II	48 —	170,7	3,580	6,11	4,96	1,15	
		III	45 —	155,3	3,720	5,78	4,81	0,97	
		Hvile		145,3	3,255	4,73			

34, med A. L. Disse adskille sig fra de tidligere Additionsforsøg udelukkende derved, at Arbejdet blev fortsat i 50 Minutter. Resultatet er i begge Forsøg ganske det samme. Det udførte Antal Additioner synker allerede i Periode II ret betydeligt



og er derefter nærmest konstant. Kulsyremængden synker ligeledes i Periode II; men voxer derefter ret jævnt i alle følgende Perioder i Overensstemmelse med den voxende Træthed.

En Sammenligning af forskellige Arter af Arbejde viser ligeledes, at det, der subjektivt vurderes som det vanskeligste, ogsaa medfører den største Kulsyreudskillelse. Medens A. L. som sagt var meget øvet i Addition, havde han kun haft ringe Øvelse i Multiplikation i Hovedet; S. N. havde derimod tidligere haft en Del Færdighed deri, saa at han ikke fandt det vanskeligere end Additionen. Der anstilledes derfor to Forsøg, Nr. 35 og 36, med Multiplikation af 2-cifrede Tal, der skulde multipliceres saa hurtigt og sikkert som muligt. Resultatet blev ikke nedskrevet, saa at altsaa alle Muskelbevægelser med Undtagelse af de minimale Talebevægelser her vare undgaaede. Tabel XXIX viser Resultaterne.

Antallet af Multiplikationer er omtrent det samme for begge Forsøgspersoner, men den mindre øvede Regner S. N. har produceret 2 Gange saa megen Kulsyre som A. L. Og i Overensstemmelse med, at S. N. ikke fandt Multiplikationen vanskeligere end Additionen, er Kulsyremængden i hans to Forsøg (jvf. Tabel XXVII) ganske den samme, medens A. L. kan addere i en halv Time med en Kulsyreproduktion, der kun er det halve af Multiplikationens. De større Værdier for Kulsyremængden i Tabel XXVIII kan naturligvis ikke regnes med ved denne Lejlighed, da de ere fremkomne under ganske særlige Forhold. Endnu skal blot anføres to Forsøg, Nr. 37 og 38, der vel ikke direkte kunne sammenlignes med de foregaaende, men have Interesse derved, at de angaa en ved psykologiske Experimenter ofte anvendt Art af Arbejde, nemlig Gennemstregning af et bestemt Bogstav i en foreliggende Text. At sammenligne Vanskeligheden af dette Arbejde f. Eks. med Additionens er ikke muligt, dertil er de to for forskellige. Men helt uden Anspændelse gaar Gennemstregningen ikke, naar man vil udføre den saa hurtigt som muligt, fordi man i saa Fald maa sammenligne et større Antal Bogstaver paa en Gang. Med A. L. som Forsøgsperson anstilledes to Forsøg af denne Art. I det første gennemstregede Forsøgspersonen alle e-erne og optalte samtidig Antallet af gennemstregede Bogstaver i hver 10 Minuter. Da de smaa hurtige Muskelbevægelser imidlertid viste sig at være meget trættende i Længden, hvorved der dels indførtes en det psykiske Arbejde uvedkommende Faktor og dels foraarsagedes en ikke ringe Forsinkelse af Arbejdet, saa blev Forsøget gentaget paa den Maade, at alle e-erne blot bleve optalte, uden at der fandt nogen Gennemstregning Sted. Resultaterne fremgaa af Tabel XXX.

Ved den blotte Optælning naas der, som det vil ses, omtrent 30 % flere Bogstaver, end hvis disse tillige skal gennemstreges, men Kulsyremængden er kun 20 % større. Naturligvis kan der ikke drages sikre Slutninger af et saadant Par enkelte Forsøg, hvor mangehaande tilfældige Omstændigheder kunne have gjort sig gældende, men saa meget fremgaaer da i hvert Fald af disse Forsøg, at de smaa Skrivebevægelser, selv om disse i Længden ere trættende, ingenlunde medføre en saa stor Kulsyreudvikling, at de maskere de fra det aandelige Arbejde hidrørende Stofskifteforandringer.



Hermed er der gjort Rede for de væsentligste af de ved Forsøgene fundne Kendsgerninger, og Spørgsmaalet bliver da: fra hvilke Organers Virksomhed maa den Forøgelse af Kulsyremængden, som findes under det aandelige Arbejde, antages at hidrøre?

At den ikke udelukkende hidrører fra Hjærnens Arbejde, fremgaar af alle de i det foregaaende anførte Maalinger. Thi i saa Fald maatte der aabenbart være

Tabel XXX.

Lb.Nr.		Periode	Arbejde pr. 10 Min.	Vol. cm. <sup>3</sup> /sec.	% CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> cm. <sup>3</sup> /sec.	ber. Fald af CO <sub>2</sub>	cm. <sup>3</sup> CO <sub>2</sub> ved Arbejde	Middel
37	A. L. <sup>1</sup> / <sub>5</sub> 1912	Hvile		160,5	2,875	4,62			} 0,266
		I	415 e-er streget	174,1	2,695	4,69	4,58	0,11	
		II	422 —	178,5	2,745	4,90	4,49	0,41	
		III	463 —	176,5	2,650	4,68	4,40	0,28	
		Hvile		152,9	2,850	4,36			
38	A. L. <sup>8</sup> / <sub>5</sub> 1912	Hvile		149,8	3,080	4,57			} 0,317
		I	566 e-er optalt	183,0	2,700	4,94	4,57	0,37	
		II	550 —	172,7	2,815	4,86	4,57	0,29	
		III	560 —	170,0	2,865	4,87	4,58	0,29	
		Hvile		158,3	2,895	4,58			

Proportionalitet mellem Størrelsen af de i de enkelte Perioder udførte Arbejder og de tilsvarende Kulsyremængder, men dette forekommer ikke nogetsteds. Tydeligst ses det af Tabel XXVII, hvor vi i Antallet af de præsterede Additioner har et utvivlsomt Maal for Arbejdsydelsen. Sættes Antallet i hvert enkelt Forsøgs Peri-

Tabel XXXI.

Lb. Nr.	Dato	Antal Additioner			CO <sub>2</sub> Udviklingen		
		I	II	III	I	II	III
28	<sup>8</sup> / <sub>2</sub> 1911	1	0,998	0,941	1	0,687	0,954
29	<sup>17</sup> / <sub>6</sub> —	1	0,934	0,848	1	0,556	1,258
30	<sup>20</sup> / <sub>6</sub> —	1	0,910	0,863	1	0,308	0,885
31	<sup>24</sup> / <sub>6</sub> —	1	0,947	0,940	1	0,560	0,560
	Middel	1	0,947	0,891	1	0,528	0,914

ode I lig 1, og beregnes de to andre Perioders Forhold hertil, finder man de i Tabel XXXI angivne Tal for de fire af A. L. udførte korte Additionsforsøg.

Beregnes yderligere paa tilsvarende Maade Forholdet mellem Kulsyreforøgelserne i de tre Perioder, faas den anden Række Forholdstal i Tabel XXXI. Hvis nu det i hver enkelt Periode udaandede Overskud af Kulsyre ligefrem svarede til — produceredes ved — Hjærnens samtidige Arbejde, saa maatte de sammenhørende Rækker af Forholdstal stemme overens, hvad de slet ikke gøre. Medens Antallet af



Additioner aftage ret jævnt gennem alle tre Perioder, har Kulsyreudskillelsen sit Minimum i Periode II. Her er altsaa ganske sikkert andre Momenter medvirkende end netop Hjernearbejdet. Nu ere imidlertid saavel Muskelbevægelser som Muskel-spændinger (Forandringer af Muskeltonus) uundgaelige ved aandeligt Arbejde, og fra de foregaaende Undersøgelser over Muskelarbejdet ved vi, at Forandringer i Lungeventilationens Intensitet kan medføre Svingninger i den under iøvrigt ensartede Forhold udaandede Kulsyremængde. Betydningen af disse forskellige Faktorer maa da undersøges hver for sig.

Hvad nu først de Muskelbevægelser angaar, som paaviseligt ere blevne udførte under det aandelige Arbejde, saa fremgaar det af de anførte Forsøg, at deres Indflydelse overhovedet næppe er maalelig. De fleste Muskelbevægelser ere nemlig blevne udførte ved Læsningen af meningsløse Stavelser. Foruden Talebevægelser og Taktslag med Hovedet var her ogsaa en stadig Virksomhed af højre Haand, som vendte de i en Bunke liggende Kartonstriber, hvorpaa Remserne vare skrevne. Men netop ved disse Experimenter var Kulsyreudviklingen mindst, og overhovedet næppe maalelig (Tabel XXVI), medens den var størst ved Multiplikationerne (Tabel XXIX), hvor Forsøgspersonen var i fuldstændig legemlig Ro, og hvor der ikke forekom andre Muskelbevægelser end de, der ledsage den motoriske Udførelse af en Hovedregningsopgave. Ligeledes er det allerede omtalt, at Kulsyreudviklingen var mindre ved det Forsøg (se Tabel XXX), hvor e-erne blev overstregede end ved det, hvor de blot blev optalte. Af alt dette fremgaar tydeligt nok: at de minimale Tale-, Skrive- og Taktbevægelser, som have fundet Sted under de forskellige aandelige Arbejder, have en aldeles forsvindende Indflydelse paa Stofskiftet.

For at komme paa det rene med Muskelspændingernes Indflydelse anstillede vi forskellige Experimenter (Forsøg Nr. 39). Forsøgspersonen A. L. holdt i en halv Time afvexlende højre Arm, venstre Arm, højre Ben og venstre Ben vandret udstrakt, hver i 40 sec. Da hvert af Lemmerne hvilede i 120 sec., medens de andre afvexlende holdtes udstrakte, var der selv ved Forsøgets Slutning ingen Træthed at spore, og Spændingen i de Muskler, der holde det enkelte Lem udstrakt, er i det hele næppe mærkelig.

Men det er ogsaa ret betydelige Muskelgrupper, der træde i Virksomhed for at holde en Arm eller et Ben udstrakt, og Kulsyreforøgelsen er da heller ikke ringe; Tabel XXXII viser en gennemsnitlig Tilvæxt paa  $0,47 \text{ cm.}^3/\text{sec.}$  Saa udstrakte Muskelspændinger forekomme imidlertid ikke som Følge af aandeligt Arbejde; de Muskelspændinger, der ledsage Opmærksomhedsanspændelsen, kunne ganske vist være ret intensive, men mærkes kun i begrænsede Partier af Hovedets Muskler. For at prøve Virkningen af slige Spændinger af stærkt begrænsede Muskelgrupper anstillede vi to Forsøg, Nr. 40 og 41, med A. L. og S. N. Paa et almindeligt Haand-dynamometer udøvede de afvexlende med højre og venstre Haand, hver i 40 sec., et konstant Tryk paa 2—4 kg.; hele Forsøget varede som sædvanligt  $1/2$  Time. Saalænge Trykket vedligeholdes, mærkes intensive Trykfornemmelser i Haanden og



Spændingsfølelser ikke blot i Haandens Muskler, men helt op i Underarmen. Udstrækningen af disse er naturligvis afhængig af Trykkets Størrelse; naar denne aftager, formindskes Spændingsfølelserne, og paa denne Maade er det muligt at holde Trykket ret konstant uden stadig at betragte Dynamometerets Viser. Tabel XXXII viser Resultaterne, som for S. N. nærmest er umaaleligt smaa. For A. L. er Gennemsnitsværdien vel betydelig større, muligvis fordi Trykket ret konstant har været holdt paa 4 kg., og naar den samme Størrelse som ved enkelte Additionsforsøg (Tabel XXVII). Men deraf følger nu langtfra, at de ved Additionsforsøgene fundne Kulsyre mængder udelukkende hidrører fra Muskelspændinger, thi

Tabel XXXII.

Lb.Nr.	Periode	Arbejdets Art	Vol. cm. <sup>3</sup> /sec.	% CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> cm. <sup>3</sup> /sec.	ber. Fald af CO <sub>2</sub>	cm. <sup>3</sup> CO <sub>2</sub> ved Arbejde	Middel
39	A. L. 14/5 1912	Hvile	150,9	2,915	4,45			} 0,47
		I	159,0	3,060	4,87	4,46	0,41	
		II	159,0	3,070	4,88	4,48	0,40	
		III	165,5	3,090	5,11	4,51	0,60	
		Hvile	148,5	3,045	4,52			
40	A. L. 15/5 1912	Hvile	160,0	2,900	4,64			} 0,18
		I	155,8	2,975	4,64	4,58	0,06	
		II	159,3	2,890	4,60	4,47	0,13	
		III	161,1	2,925	4,71	4,35	0,36	
		Hvile	157,3	2,725	4,29			
41	S. N. 22/5 1912	Hvile	152,3	3,360	5,12			} 0,06
		I	149,0	3,350	4,99	4,99	0,00	
		II	142,4	3,375	4,81	4,74	0,07	
		III	130,8	3,525	4,61	4,49	0,12	
		Hvile	133,1	3,285	4,37			

ved dette for A. L. ganske mekaniske Arbejde er der ikke Spor af Spændingsfølelser. Kun ved de mest anstrengende Associationsforsøg kan der være Tale om Spændinger af lignende Udstrækning og Intensitet som ved Dynamometerforsøgene, men Kulsyreudviklingen bliver da, som vi i det følgende Kapitel skulle se, ogsaa 6—7 Gange saa stor. Det kan saaledes fastslaaes, at de Muskelspændinger, der ledsage det aandelige Arbejde, vel bidrage noget til Forøgelsen af Stofskiftet, men da de ere desto mindre, jo mindre Opmærksomhedsanspændelsen er, bliver det kun en, rimeligvis ringe, Brøkdelen af den fundne Kulsyreforøgelse, der hidrører fra Muskelspændingerne.

De Svingninger i Kulsyremængden, der findes i et Forsøgs forskellige Perioder, kunne imidlertid ikke hidrøre hverken fra Muskelbevægelser eller Spændinger, da disse ere ret konstante under hele Forsøget. Derimod foraarsages de ganske na-



turligt af de ledsagende Forandringer i Lungeventilationens Intensitet, hvorved som tidligere paavist Organismens Oplag af Kulsyre kan formindskes eller forøges. Heraf følger da ligefrem, at de under et Forsøg udaandede Kulsyremængder ikke behøve at svare nøjagtigt til den samtidigt producerede Mængde. Imidlertid maa der dog være en i alt Fald tilnærmelsesvis konstant Proportion imellem den udaandede og den i samme Tid producerede Mængde. Thi hvis Organismen selv ved et ganske let aandeligt Arbejde kunde skille sig af med ubegrænsede Mængder af sit Kulsyreoplæg, saa vilde den Sætning: at den udaandede Kulsyremængde voxer med Opmærksomhedsanspændelsen, aldeles ikke kunne være gyldig. Smaa Arbejder maatte i saa Fald lejlighedsvis kunne give ligesaa store Mængder Kulsyre som store, og en saa regelmæssig Aftagen af Kulsyremængden med voxende Øvelse, som Tabel XXVII viser, eller en saa regelmæssig Forøgelse af Kulsyremængden med voxende Træthed som i Tabel XXVIII, maatte være et Slumpetræf, hvis Sandsynlighed vilde være nær ved Nul.

Heraf følger da ligefrem: tiltrods for Indflydelsen af Lungeventilationens Intensitet paa den i de enkelte Perioder udaandede Kulsyremængde, maa den under et Forsøg udaandede totale Mængde staa i et nogenlunde konstant Forhold til den samtidigt producerede Mængde. Paa dette Spørgsmaal komme vi nærmere ind i næste Kapitel.

### Associationsarbejde.

Som begrundet i det foregaaende Kapitel, vil man kunne forvente i Udenadlæren af meningsløse Stavelsesremser at have et velegnet Forsøgsmateriale til Undersøgelse af det psykiske Arbejdes Indflydelse paa Stofskiftet. I Overensstemmelse hermed have vi da udført flere saadanne Forsøgsrækker med samtlige Forsøgspersoner.

Af disse skulle her kun refereres de afsluttende Forsøg, udførte med Forsøgspersonerne A. L. og S. N., da de tidligere Undersøgelser, tildels udførte med F. B. og O. O., ere mindre paalidelige.

Det viste sig nemlig, at Udenadslæren for de to sidste Forsøgspersoners Vedkommende var ledsaget af tydelige Forandringer i Respirationstypen, der vare af saa gennemgribende Natur, at de endnu efter Arbejdets Ophør sporedes som Eftervirkninger i Respirationen, og saaledes i væsentlig Grad maatte forringe Forsøgseresultaternes Værd. For A. L. og S. N. forløb Respirationen derimod jævner; vel kan man ogsaa for disse Forsøgspersoner paavise Forandringer i Respirationstypen under Arbejdet, men disse Forandringer vare af langt ringere Omfang end hos F. B. og O. O. og spores ikke efter Arbejdets Ophør.

Forsøgsordningen er i Hovedtrækkene meddelt ovenfor, men skal her kort rekapituleres. Forsøgspersonen sad under hele Forsøget i Ro; foran ham var an-



Tabel XXXIII.

Forsøg Nr.	Periode	Periodens Varighed i sec.	Arbejds Art	Gennemsn. Antal pr. R.	Arbejds Varighed i sec. †	Respirations- niveauets Middelt- værdi	Expirationsluftens CO <sub>2</sub> %	Expirationsl. CO <sub>2</sub> % + Inspirationsl. CO <sub>2</sub> %	Kulsyreudskillelse i cm. <sup>3</sup> /sec.	Kulsyreudskillelse i cm. <sup>3</sup> /sec. uden ps. Arbejde	Kulsyreoverskud i hele Perioden c'	Kulsyreoverskud under Arb. Varighed c'	Middeltal for Periode II, III og IV	Aandedrætsantal pr. Minut	Beregnet CO <sub>2</sub> % i Alveoleluften	Barometer
Lb. Nr. 42, A. L. 1-3-1911	I	520		..	..	170,0	2,85	2,71	4,60	..	..	..		16,8	4,19	748
	II	560	10 × 8 St. Remse	4,0	420	165,2	3,40	3,26	5,38	4,54	0,84	1,12		11,1	4,34	
	III	600	8 × — « —	4,9	399	146,3	3,40	3,26	4,77	4,47	0,30	0,45	0,644	9,4	4,29	
	IV	680	9 × — « —	4,6	423	143,6	3,36	3,22	4,61	4,39	0,22	0,35		9,6	4,28	
	V	560		..	..	153,0	2,97	2,83	4,32	..	..	..		15,2	4,37	
Lb. Nr. 43, A. L. 22-3-1911	I	560		..	..	165,2	3,04	2,90	4,79	..	..	..		14,1	4,19	764
	II	560	8 × 8 St. Remse	4,4	363	178,5	2,97	2,83	5,04	4,62	0,42	0,65		16,5	4,22	
	III	640	8 × 8 — « —	5,0	408	163,0	2,96	2,82	4,73	4,44	0,29	0,46	0,420	15,9	4,26	
	IV	560	8 × — « —	4,8	390	154,2	2,98	2,84	4,38	4,26	0,12	0,17		15,0	4,34	
	V	600		..	..	142,8	3,01	2,87	4,09	..	..	..		13,5	4,32	
Lb. Nr. 44, A. L. 8-3-1911	I	640		..	..	157,5	2,98	2,84	4,46	..	..	..		15,2	4,32	761
	II	520	3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> × 12 St. Remse	10,0	451	172,2	3,01	2,87	4,93	4,35	0,58	0,67		12,9	3,95	
	III	560	3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> × — « —	11,4	511	160,1	3,13	2,99	4,78	4,25	0,53	0,58	0,576	12,2	4,14	
	IV	640	3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> × — « —	11,4	511	151,4	3,13	2,99	4,53	4,14	0,39	0,49		11,2	4,12	
	V	600		..	..	149,0	2,85	2,71	4,03	..	..	..		13,9	4,07	
Lb. Nr. 45, A. L. 26-3-1912	I	440		..	..	140,5	2,84	2,70	3,79	..	..	..		..	..	0,645
	II	480	3 × 12 St. Remse	9,0	351	160,4	2,94	2,80	4,49	3,76	0,73	1,00		..	..	
	III	560	3 × — « —	9,3	363	152,4	2,80	2,66	4,05	3,73	0,32	0,49		..	..	
	IV	640	3 × — « —	11,0	423	144,3	2,92	2,78	4,01	3,69	0,32	0,48		..	..	
	V	560		..	..	135,9	2,83	2,69	3,65	..	..	..		..	..	
Lb. Nr. 46, A. L. 25-2-1911	I	560		..	..	155,7	3,09	2,95	4,59	..	..	..		12,9	4,21	0,697
	II	520	2 × 16 St. Remse	13,5	429	176,0	3,25	3,11	5,46	4,47	0,99	1,20		13,7	4,33	
	III	600	2 × — « —	14,5	459	147,2	3,25	3,11	4,57	4,35	0,22	0,29		9,6	4,10	
	IV	600	2 × — « —	13,5	429	147,7	3,30	3,16	4,66	4,21	0,45	0,63		10,5	4,28	
	V	600		..	..	143,5	2,98	2,84	4,08	..	..	..		14,1	4,36	
Lb. Nr. 47, A. L. 15-3-1911	I	560		..	..	149,3	3,20	3,06	4,57	..	..	..		13,5	4,52	1,012
	II	600	2 × 16 St. Remse	16,0	504	171,6	3,30	3,16	5,42	4,48	0,94	1,12		12,2	4,28	
	III	640	2 × — « —	15,5	489	165,1	3,24	3,10	5,11	4,39	0,72	0,94		13,1	4,34	
	IV	600	2 × — « —	16,5	519	165,1	3,30	3,16	5,22	4,30	0,92	1,06		13,0	4,43	
	V	600		..	..	138,4	3,19	3,05	4,21	..	..	..		12,8	4,54	
Lb. Nr. 48, A. L. 4-3-1911	I	560		..	..	160,5	3,12	2,98	4,77	..	..	..		14,1	4,35	1,177
	II	440	1 × 20 St. Remse	21,0	393	201,1	3,21	3,07	6,16	4,64	1,52	1,70		12,8	4,03	
	III	560	1 × — « —	21,0	473	166,4	3,22	3,08	5,12	4,50	0,62	0,73		10,9	4,08	
	IV	440	1 × — « —	19,0	277	164,8	3,25	3,11	5,12	4,37	0,75	1,19		11,8	4,22	
	V	520		..	..	147,0	3,03	2,89	4,24	..	..	..		13,7	4,33	
Lb. Nr. 49, A. L. 11-3-1911	I	560		..	..	161,9	3,07	2,93	4,74	..	..	..		15,4	4,43	1,117
	II	440	1 × 20 St. Remse	19,0	357	183,0	3,16	3,02	5,52	4,66	0,86	1,06		14,4	4,24	
	III	560	1 × 20 — « —	24,0	447	189,8	3,16	3,02	5,72	4,59	1,13	1,42		15,0	4,24	
	IV	440	1 × 20 — « —	21,0	393	174,6	3,15	3,01	5,25	4,51	0,74	0,83		15,6	4,43	
	V	560		..	..	156,3	2,98	2,84	4,43	..	..	..		15,0	4,32	



Tabel XXXIV.

Forsøgs Nr.	Periode	Periodens Varighed t	Arbejds Art	Gennemlæsningens Antal pr. Remse	Arbejds Varighed i sec. t	Respirations-nivealets Middelværdi	Expirationsluftens CO <sub>2</sub> %	Expirationsl. CO <sub>2</sub> % + Inspirationsl. CO <sub>2</sub> %	Kulsyreudskillelse i cm. <sup>3</sup> /sec.	Kulsyreudskillelse i cm. <sup>3</sup> /sec. uden ps. Arbejde	Kulsyreoverskud i hele Perioden c'	Kulsyreoverskud under Arb. Varighed c''	Middeltal for Periode II, III og IV	Aandedretningsantal pr. Minut	Beregnet CO <sub>2</sub> % i Alveoleluften	Barometer	
Lb. Nr. 50, S. N. 6-5-1911	I	520	6 × 8 St. Remse	..	..	164,6	3,21	3,07	5,05	..	..	..	1,26	12,9	4,30	763	
	II	440		4,0	252	201,4	3,24	3,10	6,25	4,84	1,41	2,46		14,8	4,25		
	III	520		7 × — « —	5,3	376	177,3	3,15	3,01	5,33	4,62	0,71		0,98	13,5		4,17
	IV	560		7 × — « —	5,9	412	164,6	3,15	3,01	4,95	4,38	0,57		0,78	14,3		4,38
	V	560		..	..	140,4	3,08	2,94	4,13	..	..	..		12,0	4,26		
Lb. Nr. 51, S. N. 10-6-1911	I	560	8 × 8 St. Remse	..	..	139,3	3,31	3,17	4,42	..	..	..	0,72	12,0	4,58	754	
	II	440		4,5	372	160,0	3,34	3,20	5,12	4,32	0,80	0,95		12,9	4,52		
	III	560		8 × — « —	5,5	444	145,7	3,31	3,17	4,62	4,22	0,40		0,50	12,4		4,57
	IV	600		10 × — « —	4,8	492	148,7	3,31	3,17	4,71	4,10	0,61		0,74	13,3		4,65
	V	640		..	..	127,8	3,25	3,11	3,98	..	..	..		12,4	4,73		
Lb. Nr. 52, S. N. 3-5-1911	I	520	2 × 12 St. Remse	..	..	168,1	3,24	3,10	5,21	..	..	..	1,17	13,5	4,37	761	
	II	440		10,0	258	201,4	3,33	3,19	6,42	5,04	1,38	2,35		14,4	4,32		
	III	520		2 × — « —	9,0	234	167,3	3,17	3,03	5,06	4,87	0,19		0,42	13,5		4,28
	IV	480		2 × — « —	8,5	222	164,2	3,16	3,02	4,96	4,70	0,26		0,56	14,1		4,38
	V	520		..	..	150,8	3,14	3,00	4,52	..	..	..		13,1	4,37		
Lb. Nr. 53, S. N. 14-6-1911	I	560	4 × 12 St. Remse	..	..	144,1	3,28	3,14	4,52	..	..	..	0,96	12,9	4,62		
	II	520		7,8	374	172,3	3,34	3,20	5,51	4,38	1,13	1,57		14,0	4,53		
	III	480		4 × — « —	8,0	420	160,0	3,23	3,09	4,94	4,25	0,69		0,79	13,7		4,46
	IV	440		4 × — « —	8,0	420	153,2	3,21	3,07	4,70	4,14	0,56		0,59	14,0		4,56
	V	560		..	..	136,1	3,09	2,95	4,01	..	..	..		13,1	4,48		
Lb. Nr. 54, S. N. 26-4-1911	I	520	1 × 16 St. Remse	..	..	164,6	3,01	2,87	4,72	..	..	..	1,48	14,1	4,16	756	
	II	440		19,0	297	193,2	3,15	3,01	5,81	4,63	1,18	1,75		15,0	4,20		
	III	480		1 × — « —	18,0	282	179,2	2,91	2,77	4,96	4,55	0,41		0,70	15,0		3,98
	IV	480		1 × — « —	13,0	207	177,1	3,19	3,05	5,40	4,46	0,94		2,18	14,6		4,34
	V	520		..	..	147,3	3,11	2,97	4,37	..	..	..		11,5	4,15		
Lb. Nr. 55, S. N. 27-5-1911	I	480	2 × 16 St. Remse	..	..	152,1	3,26	3,12	4,75	..	..	..	1,38	12,8	4,48	768	
	II	520		12,5	399	181,5	3,34	3,20	5,80	4,65	1,15	1,50		14,8	4,53		
	III	560		2 × — « —	12,0	384	175,4	3,37	3,23	5,66	4,54	1,12		1,63	14,8		4,63
	IV	440		2 × — « —	13,5	429	170,0	3,35	3,21	5,45	4,44	1,01		1,04	14,5		4,62
	V	560		..	..	140,4	3,23	3,09	4,34	..	..	..		12,4	4,52		
Lb. Nr. 56, S. N. 29-4-1911	I	600	1 × 20 St. Remse	..	..	153,3	3,45	3,31	5,07	..	..	..	1,59	10,1	4,38	745	
	II	440		22,0	411	220,5	3,31	3,17	6,98	4,95	2,03	2,17		15,0	4,24		
	III	480		1 × — « —	24,0	447	190,4	3,29	3,15	6,10	4,85	1,25		1,34	14,6		4,37
	IV	480		1 × — « —	21,0	393	189,2	3,20	3,06	5,79	4,74	1,05		1,28	15,4		4,35
	V	560		..	..	145,0	3,33	3,19	4,62	..	..	..		11,3	4,45		
Lb. Nr. 57, S. N. 7-6-1911	I	560	4 × 20 St. Remse	..	..	136,1	3,33	3,19	4,34	..	..	..	1,18	12,0	4,65	767	
	II	520		24,0	447	169,6	3,28	3,14	5,32	4,25	1,07	1,25		12,6	4,32		
	III	440		20,0	375	171,8	3,21	3,07	5,27	4,18	1,09	1,28		13,9	4,35		
	IV	480		22,0	426	163,8	3,19	3,05	5,00	4,10	0,90	1,01		15,4	4,58		
	V	440		..	..	132,7	3,18	3,03	4,03	..	..	..		11,8	4,46		



Tabel XXXV.

Forsøgs Nr.	Periode	Periodens Varighed i sec.	Arbejdets Art	Gennemlæsning. Antal	Arbejdets Varighed i sec. i'	Respirations- niveauets Middel- værdi	Expirationsluftens CO <sub>2</sub> %	Expirationsl. CO <sub>2</sub> % + Inspirationsl. CO <sub>2</sub> %	Kulsyreindskillelse i cm. <sup>3</sup> /sec.	Kulsyreindskillelse i cm. <sup>3</sup> /sec. uden ps. Arb.	Kulsyreoerskud i hele Perioden c'	Kulsyreoerskud under Arbejdets Varighed c'	Middeltal for Periode II og III	Aandedrætsantal pr. Min.	Alveoleluftens CO <sub>2</sub> %	Barometer
Lb. Nr. 59, S. N. 10-5-1911	I	560	1 × 32 St. Remse	..	..	162,1	3,13	2,99	4,85	..	..	..	1,55	13,5	4,28	765
	II	520		19	513	190,0	3,25	3,11	5,90	4,76	1,14	1,16		16,0	4,46	
	III	600		19	537	199,3	3,35	3,21	6,40	4,67	1,73	1,94		15,0	4,43	
	IV	440		..	..	157,3	3,06	2,92	4,59	..	..	..		13,9	4,29	
	V	400		..	..	143,5	2,90	2,76	3,96	..	..	..		14,4	4,29	
Lb. Nr. 60, S. N. 24-5-1911	I	520	1 × 32 St. Remse	..	..	146,9	3,06	2,92	4,29	..	..	..	1,52	14,3	4,46	762
	II	520		16	432	174,6	3,22	3,08	5,38	4,22	1,16	1,40		14,4	4,39	
	III	520		16	456	184,6	3,17	3,03	5,59	4,16	1,43	1,63		15,4	4,35	
	IV	480		..	..	142,1	3,02	2,88	4,09	..	..	..		13,3	4,33	
	V	360		..	..	141,7	2,99	2,85	4,04	..	..	..		13,0	4,25	

bragt en drejelig, skraatstillet Bordplade, paa hvilken var henlagt de Remser, der skulde læres, samt Papir og Blyant til eventuelle Notater. Arbejdet paabegyndtes efter Ordre af Forsøgslederen og udførtes paa den Maade, at Forsøgspersonen gennemlæste Stavelserækken i bestemt Takt, der for samtlige Forsøg fastsattes til  $\frac{3}{4}$  sec. pr. Stavelse. Takten angaves ved Metronom. Gennemlæsningernes Antal optaltes af Forsøgspersonen ved for hver Gennemlæsning at forskyde en Kugle paa en af de fra den elementære Skoleundervisning velkendte Regnemaskiner. Efter at Stavelserækken var lært, opnoteredes sluttelig det samlede Antal Gennemlæsninger af Forsøgslederen, hvorpaa Forsøgspersonen skød Kuglerne tilbage, tog en ny Remse op af Bunken paa Bordet og fortsatte Arbejdet.

Efter hver Gennemlæsning standsede Forsøgspersonen Arbejdet under 4 Taktslag = 3 sec., men søgte stadig i dette Tidsrum at fastholde saa mange af de sejest gennemlæste Stavelser som muligt i Bevidstheden.

Hvert Forsøg inddeltes i 5 Perioder, af hvilke første og sidste vare Hvileperioder, medens det psykiske Arbejde udførtes i de 3 mellemliggende.

For hver Periode foretoges de sædvanlige, kontinuerlige Niveaumaalinger; desuden bestemtes Expirationsluftens Middelkulsyreprocent for Perioden ved Dobbeltanalyser af den i Spirometeret opsamlede Luft, og endvidere maalt Aandedrætsantallet pr. Minut ved samtidig Optegning af Respirationen og Tiden, som angivet pag 20.

Med denne Forsøgsordning udførtes for hver af Forsøgspersonerne A. L. (Lb. Nr. 42-49) og S. N. (Lb. Nr. 50-57) 4 Dobbeltforsøg, henholdsvis med 8-12-16 og 20 Stavelers Remser.

Resultaterne ere anførte i Tabel XXXIII og XXXIV.

Den i Tabellen anførte Værdi for Arbejdets Varighed,  $t''$ , er beregnet saaledes:



Naar Remsen har  $n$  Stavelser, vil hver Gennemlæsning tage  $\frac{3}{4} \times n$  sec., eller, naar den ringe Standsning paa 4 Taktslag medtages,  $\frac{3}{4} \times (n + 4)$  sec. Er Gennemlæsningernes Antal  $g$ , medgaar Tiden  $\frac{3}{4} \times g \times (n + 4)$  sec., hvortil maa føjes  $\frac{3}{4} \times n$  sec. til Slutningsreproduktionen, der sikrer, at Remsen virkelig er lært.

Den samlede Arbejdstid bliver da:

$$t'' = \frac{3}{4} \cdot n \cdot (g + 1) + 3g. \quad (18)$$

Det ses af Tabellen, at Kulsyreudskillelsen i  $\text{cm.}^3/\text{sec.}$  forøges under det psykiske Arbejde, og det saaledes fremtrædende Kulsyreoverskud for Arbejdsperioderne er som sædvanligt beregnet ud fra den Nullinie, der bestemmes af den indledende og afsluttende Hvileperiode.

Paa denne Maade vil Kulsyreoverskudet,  $c'$ , blive bestemt i  $\text{cm.}^3$  pr. sec. i Forhold til hele Periodens Varighed,  $t'$ ; hvad man ønsker, er imidlertid et Maal for Kulsyreudskillelsen i Forhold til den Tid,  $t''$ , i hvilken der er arbejdet. Dette erholdes dog let ved at reducere  $c'$  efter Formlen:

$$c'' = c' \cdot \frac{t'}{t''}. \quad (19)$$

Størrelsen  $c''$  findes opført i Tabellen i  $\text{cm.}^3/\text{sec.}$  som „Kulsyreoverskud under Arbejdets Varighed“.

Middeltallet af denne Størrelse for alle 3 Arbejdsperioder er opført i den følgende Kolonne og angiver Slutningsresultatet for vedkommende Forsøg.

Forinden vi gaa over til nærmere at kritisere disse Forsøgsresultater, skulle vi yderligere anføre to Forsøg, Nr. 59—60, over 32-Stavelers Remser udførte med S. N. Forsøgsordningen var i alt væsentligt som ovenfor, blot med den Ændring, at der kun arbejdedes i 2 Perioder II og III, og at Forsøget afsluttedes med to Hvileperioder IV og V. Grunden hertil var, at Udenadslæren af en enkelt 32-Stavelers Remse krævede ca. 18 Minutter og altsaa netop udfyldte 2 Perioder. Forsøget er opført i Tabel XXXV. Kulsyreoverskudet er beregnet ud fra den Nullinie, der bestemmes af Hvileværdierne i Perioderne I og IV.

Som umiddelbart Resultat af samtlige Forsøg fremgaar da, at under Associationsarbejde af nærværende Art forøges Organismens Kulsyreudskillelse kendeligt. I Tabel XXXVI er opført Middeltallene af Dobbeltforsøgenes Slutningsresultater; Kulsyreoverskudet er dels ligefrem udtrykt i  $\text{cm.}^3/\text{sec.}$  og dels procentisk i Forhold til den samtidige Kulsyreudskillelse under Hvile.

Tilbage staar nu at undersøge de Forhold, der er Aarsag til den paaviste Forøgelse i Kulsyreudskillelsen.

1) I første Række fæster Tanken sig ved de under Arbejdsperioden udførte Muskelbevægelser, som ikke findes i de tilstødende Hvileperioder. Saadanne ere dels ganske vilkaarlige og betingede af Forsøgsordningen, som Nedskrivning af korte Notater, Optagning og Henlægning af Remserne, Forskydning af Kuglerne



paa Regnemaskinen, og dels uvilkaarlige som Talebevægelser, rytmiske Bevægelser med Hovedet i Takt med Metronomen etc.

Tabel XXXVI.

n	A. L.		S. N.	
	Kulsyreoverskud		Kulsyreoverskud	
	cm. <sup>3</sup> /sec.	‰	cm. <sup>3</sup> /sec.	‰
8	0,53	12	0,99	22
12	0,61	15	1,07	24
16	0,87	20	1,43	32
20	1,15	25	1,39	31
32	..	..	1,54	35

kun steg for A. L. med 2,6 ‰ og for S. N. med 1,3 ‰, og dermed bortfalder ganske den Mulighed, at det paaviste Kulsyreoverskud under Associationsarbejdet som Helhed skulde hidrøre fra samtidige Muskelbevægelser.

2) Dernæst maa henvises til den Mulighed, at det paaviste Kulsyreoverskud ikke er Udtryk for en samtidig forøget Kulsyreproduktion, men i det væsentligste skyldes en Udvaskning af det i Organismen staaende Oplag af Kulsyre. Vi skulle her gennemgaa de Ejendommeligheder, der ere af Betydning for dette Spørgsmaals Afgørelse.

Som ovenfor nævnt, bestemtes Aandedrætsantallet pr. Minut for hver Periode, og paa Grundlag heraf er Alveoleluftens Kulsyreprocent beregnet efter BOHR's Formel (5) pag. 26. Værdien af  $S$  = det respiratoriske skadelige Rum er ikke direkte bestemt for Forsøgspersonerne A. L. og S. N., men der er i Beregningen anvendt samme Værdi, som er fundet for O. O. (se Tillæg II), nemlig  $S = 200 \text{ cm.}^3$ , hvilket meget nær svarer til den af BOHR angivne Størrelse,  $140 \text{ cm.}^3$ , forøget med Volumet af Masken.

De beregnede Kulsyreprocenter ere opførte i Tabel XXXIII og XXXIV, næstsidste Kolonne.

Indenfor de enkelte Forsøg ses Kulsyreprocenterne at variere ret ujævnt, men tages Middeltallene af samtlige Forsøg findes for begge Forsøgspersoner en meget jævn og ensartet Variation fra Periode til Periode; disse Middeltal ere opførte i Tabel XXXVII. Tabellen viser, at Alveoleluftens Kulsyreprocent falder ved Arbejdets Begyndelse fra sin normale Størrelse til en Middelværdi for Periode II, der ligger 0,12 ‰ eller 0,08 ‰ lavere; denne Middelværdi bevarer Kulsyreprocenten konstant under den paafølgende Periode III, hvorpaa den begynder at stige under Periode IV for tilsidst under Periode V at have naaet sin oprindelige Værdi.

De enkelte Procent-Bestemmers absolutte Værdi er naturligvis i høj Grad problematisk, men der vil være Grund til at antage, at Middeltallet af de beregnede Værdier giver et brugeligt relativt Maal for de virkelige Alveoleprocenter, saaledes at Variationerne af de i Tabel XXXVII opførte beregnede Procenter ere et Udtryk

For disse Muskelbevægelser Indflydelse paa Kulsyreudskillelsen have vi et Maal i Forsøg Nr. 26 og 27, Tabel XXVI pag. 58. Disse Forsøg ere udførte i Overensstemmelse med et almindeligt Associationsforsøg, kun at Forsøgspersonen ganske tankeløst læste Stavelserne igennem uden noget Forsøg paa at lære dem udenad; derimod sørgede Forsøgspersonen for, at samtlige ovennævnte Muskelbevægelser udførtes i samme Omfang som ved et virkeligt gennemført Associationsforsøg. Forsøget viste, at Kulsyreudskillelsen under disse Forhold



for virkelig stedfundne Svingninger. Aarsagen til disse Svingninger maa da paavises.

Sænkningen af Alveoleprocenten i 1ste Arbejdsperiode vil rimeligvis kunne henføres til en Ændring af Respirationen i Retning af mere effektiv Lungeventilation ved Overgangen fra Hvile til Arbejde. De fulde Konsekvenser af en saadan Respirationsændring kendes ikke, men det kan dog overses, at den vil forrykke den Balance, der i Hvileperioden i alt væsentligt har fundet Sted mellem den fra

Tabel XXXVII.

Forsøg Nr.	Procentisk Angivelse af Kulsyreoverskud uden Arb. i Periode:			Alveoleluftens CO <sub>2</sub> % i Periode:				
	II	III	IV	I	II	III	IV	V
A. L. Nr. 42—49	100	63	61	4,32	4,20	4,21	4,30	4,33
S. N. Nr. 50—57	100	55	58	4,44	4,36	4,35	4,48	4,43

Organismen udskilte Kulsyremængde og den i samme Tidsrum producerede, og at der vil gaa nogen Tid, inden Balance paany indtræder.

I Overgangstiden vil der da under disse Forhold finde en Udvaskning af Organismens Kulsyre Sted, og denne maa da kunne paavises i Forsøgsresultaterne.

I Tabel XXXVII's 3 første Kolonner er opført Middeltallene af Kulsyreoverskudet i hver af de tre Arbejdsperioder for A. L. og S. N. Kulsyreoverskudet i

Tabel XXXVIII.

n	Alveoleluftens Kulsyreprocent		Diff.
	i Hvile	under Arbejde	
8—12	4,47	4,42	0,05
16—20	4,41	4,38	0,03
32	4,34	4,41	÷ 0,07

1ste Arbejdsperiode er sat = 100, og Kulsyreoverskudet for de følgende to Perioder er beregnet som Brøkdele heraf.

Man ser, at medens Kulsyreoverskudet i de to sidste Arbejdsperioder er konstant for hver Forsøgsperson, er det derimod i 1ste Arbejdsperiode 60—75 % større; den paafaldende store Værdi i Periode II tilskriver vi i alt væsentligt Respirationsændringer i Overgangsperioden.

Man kunde nu tænke at føre denne Betragtning videre og helt at opfatte alle tre Arbejdsperioders Kulsyreoverskud som sekundære Følger af en Respirationsændring; herimod taler dog flere Forsøgsresultater ganske afgørende.

a). Vi have i Forsøg Nr. 23 pag. 45 set, at selv en ringe Udvaskning af Organismens Kulsyre efterfølges af en tydelig udtalt, delvis Kompensation; hvis der



Lb. Nr. 58, S. N. 2-4-1912	Lb. Nr. 45, A. L. 26-3-1912	Forsøg Nr.
I	I	Periode
II	II	Periodens Varighed i sec.
III	III	Arbejdets Art
IV	IV	
V	V	Gennemlæsningernes Antal pr. Remse
480	440	Arbejdets Varighed i sec.
520	480	Respirations- niveauets Middel- værdi
680	560	Expirationsluftens CO <sub>2</sub> %
480	640	Expirationsluftens O <sub>2</sub> %
440	560	Kulsyreudskillelse i cm. <sup>3</sup> /sec.
		Kulsyreudskillelse i cm. <sup>3</sup> /sec. uden ps. Arb.
		Kulsyreoverskud i cm. <sup>3</sup> /sec. i hele Perioden
		Kulsyreoverskud i cm. <sup>3</sup> /sec. under Arb. Varighed
		Middeltal for Periode II-III og IV
		Iltoptagelse i cm. <sup>3</sup> /sec.
		Iltoptagelse i cm. <sup>3</sup> /sec. uden ps. Arb.
		Iltoverskud i cm. <sup>3</sup> /sec. i hele Perioden
		Iltoverskud i cm. <sup>3</sup> /sec. under Arb. Varighed
		Middeltal for Periode II-III og IV
		Respirationskvotient

Tabel XXXIX.

derfor fandt Kulsyreudvaskning Sted under alle tre Arbejdsperioder, maatte man vente at finde en kompensatorisk Eftervirkning i sidste Hvileperiode; men noget saadant spores ikke.

For A. L. er Middel-Kulsyreudskillelsen for Periode I = 4,54 cm.<sup>3</sup>/sec. og for Periode V 4,13 cm.<sup>3</sup>/sec., hvilket svarer til et Fald paa 9 %; de tilsvarende Middeltal for S. N. er 4,76 og 4,25, hvilket giver et Fald paa 11 %.

Men fra Undersøgelser over Stofskiftet ved Hvile (pag. 29) ved man, at en saadan Sænkning i Kulsyreudskillelsen er normal for en Person, der har siddet i Forsøgsstolen en halv Times Tid efter at have været i let Virksomhed.

Fremdeles ser man af Forsøg 59-60, der afsluttes med to Hvileperioder IV og V, at Kulsyreudskillelsen i Periode V er mindre end i Periode IV — et Forhold, der tyder paa ganske normale Tilstande uden kompensatoriske Eftervirkninger.

b). Vi have — som ovenfor paapeget — fundet, at Kulsyreoverskudet i 2den og 3die Arbejdsperiode er konstant, samtidig med at Alveoleluftens Kulsyreprocent i de paa-gældende Perioder er stigende; et saadant Forhold er lidet tænkeligt, hvis man ikke samtidig med den forøgede Kulsyreudskillelse forudsætter en forøget Kulsyreproduktion.

c). Man har endvidere af Tabel XXXIII og XXXIV set, at Kulsyreoverskudet er stigende med stigende Stavelsesantal; hvis nu Kulsyreoverskudet som Helhed var Udtryk for



en Kulsyreudvaskning, maatte man antage, at Sænkningen i Alveoleluftens Kulsyreprocent var større for de lange Remser end for de korte. Ganske det modsatte ses at være Tilfældet, og fremtræder tydeligt for S. N. i Tabel XXXVIII.

I første Kolonne er opført Middeltallet af Alveoleluftens Kulsyreprocent i Hvileperioderne, og i den følgende er opført Middeltallet for de tre Arbejdsperioder. Differencen mellem disse Middeltal ses at være aftagende for stigende Værdier af Stavelsesantallet, ja endog negativ for 32-Stavelsers Remserne, saaledes at Sænkningen i Alveoleluftens Kulsyreprocent aftager med Remsens Længde.

Til Slutning skal refereres et Par Forsøg, Nr. 45 og 58, med Iltbestemmelser, opførte i Tabel XXXIX. Kulsyreudskillelsen og Iltoptagelsen er beregnet efter (2) og (3) pag. 23.

Medens Kulsyreoverskudet for begge Forsøgspersoner har normal Størrelse, viser Iltbestemmelsen ganske afvigende Forhold for de to Forsøgspersoner. For A. L. maales en ringe Formindskelse i Iltoptagelsen under det psykiske Arbejde, medens Iltoptagelsen for S. N. forøges i langt højere Grad end den samtidige Kulsyreudskillelse.

Disse Forhold indvirker naturligvis stærkt paa Variationerne af Respirationskvotienten, der er opført i Tabellens sidste Kolonne. Uden iøvrigt nærmere at komme ind paa sidstnævnte Forsøg, skal vi kort formulere Resultatet af Undersøgelserne:

Ved Udenadslæren af meningsløse Stavelsesrækker forøges Organismens Kulsyreudskillelse. Denne Forøgelse, der er relativt stor ved Arbejdets Begyndelse, kan paa dette Tidspunkt delvis tilskrives en Udvaskning af Organismens Kulsyre, men maa iøvrigt som Helhed opfattes som Udtryk for en samtidig Forøgelse af Kulsyreproduktionen — altsaa et forøget Stofskifte. Af denne Stofskifteforøgelse hidrører en ringe Brøkdæl fra de under det psykiske Arbejde udførte Muskelbevægelser, medens den overvejende Del maa skyldes de psykofysiologiske Processer, der betinger Associationsarbejdet.

Hermed er det første Spørgsmaal, som vi stillede os ved Arbejdets Begyndelse, besvaret; tilbage staar der da at paavise en Relation mellem Størrelsen af det psykiske Arbejde og den deraf følgende Stofskiftetigning.

En saadan synes at fremgaa umiddelbart af Forsøgsresultaterne, idet det maalte Kulsyreoverskud pr. Tidsenhed voxer med stigende Stavelsesantal, samtidig med at Forsøgspersonen ved subjektivt Skøn vurderer Arbejdet i et givet Tidsrum til at være desto vanskeligere, jo flere Stavelser Remserne indeholde.

Man maa dog være varsom med strax at drage for sikre Slutninger heraf. Thi vel maa de maalte Kulsyreoverskud anses for et gyldigt Bevis for en stedfunden Stofskifteforøgelse, men derfor behøver Kulsyreoverskudets Differencer ikke med samme Sikkerhed at være Bevis for parallelle Svingninger i Stofskifteforøgelsen; Fejl, som i første Tilfælde ville være uden Betydning, kunne i andet Tilfælde let frembringe en indbildt Lovmæssighed.



Vi skulle derfor paany gennemgaa de tidligere paaviste Fejlkilder.

1). De uundgaaelige Muskelspændinger, der ledsage det psykiske Arbejde, kunne meget vel antages at voxer med voxende Opmærksomhedsanspændelse; men Størrelsen af den Stofskiftetigning, der hidrører fra disse Spændinger, er i sig selv saa ringe, at det maa anses for ganske udelukket, at Variationer heri skal kunne forøge det samlede Kulsyreoverskud med over 100 0/0 (se Tabel XXXVI, A. L.).

2). Dernæst maa undersøges Virkningerne fra de paaviste Ændringer i Respirationen. Vi have set, at naar en Forsøgsperson efter at have siddet i sjælelig

Tabel XL.

n	Kulsyreoverskud cm. <sup>3</sup> /sec.	
	A. L.	S. N.
8	0,74	1,41
12	0,80	1,40
16	1,08	1,76
20	1,37	1,66
32		1,73

Ro paabegynder et psykisk Arbejde med en vis Opmærksomhedsanspændelse, vil der straks indtræde en Forandring i Respirationen i Retning af forøget Lungeventilation.

Man maa dernæst antage som rimeligt, at da Opmærksomhedsanspændelsen optræder som Aarsag til Respirationsændringen, vil en forøget Opmærksomheds-

Tabel XLI.

Slavelsesernes Antal	Gennemlæsning. Antal			
	A. L.	S. N.		
	Middel- tal	Række I	Række II	Middel- tal
8	4,6	5,1	4,9	5,0
12	10,4	9,2	7,9	8,3
16	14,9	16,7	12,7	14,0
20	20,8	22,3	16,5	19,0
32	..	38,0	32,0	35,0

anspændelse medføre en forøget Respirationsændring, saaledes at man som ganske sekundær Virkning vil kunne vente at faa et voxende Kulsyreoverskud fremkaldt ved voxende Opmærksomhedsanspændelse.

At denne Mulighed er til Stede, kan man ikke se bort fra; Spørgsmaalet er blot, om den gør sig gældende ved vore Associationsforsøg. Til Afgørelse heraf henvises paany til Tabel XXXVIII.

Af denne ses, at Sænkningen i Alveoleluftens Kulsyreprocent hos S. N. under



det psykiske Arbejde formindskes for voxende Stavelsesantal, hvoraf maa sluttes, at der ikke med voxende Stavelsesantal har fundet en voxende Kulsyreudvaskning Sted.

3). Der findes endnu en tredje Mulighed til Bortforklaring af Kulsyreoverskudets lovmæssige Stigning, nemlig at denne kan hidrøre fra en misvisende Beregningsmaade af Forsøgsresultaterne.

Vi have — som ovenfor meddelt — ved Beregningen af Arbejdstiden  $t''$  medtaget det Ophold paa 3 sec., som Forsøgspersonen har foretaget efter hver Gennemlæsning af Remsen og i hvilket han med fuld Opmærksomhed har søgt at fastholde saa mange af de sidst gennemlæste Stavelser som muligt i Bevidstheden. Vi har anset en saadan Beregningsmaade for rigtigst, fordi vi ved et subjektivt Skøn vurderede det under Opholdet udførte Arbejde til at være af lignende Intensitet,

Tabel XLII.

$n$	Kulsyreoverskud i cm. <sup>3</sup> /sec.	
	Række I	Række II
8	1,26	0,72
12	1,17	0,96
16	1,48	1,38
20	1,59	1,18
32	1,55	1,52

som det under Gennemlæsningerne præsterede. Dette Skøn kan naturligvis være Tvivl underkastet, og skulde det vise sig at være meget forkert, vil der derved i Forsøgsresultaterne være indført en variabel Fejl, som — alt andet lige — netop vil fremkalde en lovmæssig Stigning af det beregnede Kulsyreoverskud. Denne Indvending maa imidlertid bortfalde, hvis man ved slet ikke at medtage det omtalte 3 sec.-Ophold i Arbejdstiden alligevel finder en tydeligt udtalt Stigning i Kulsyreoverskudet. I Tabel XL er opført en saadan ændret Beregning af Kulsyreoverskudet, og de paa denne Vis erholdte Værdier vise stadig med al ønskelig Tydelighed, at Kulsyreoverskudet voxer med voxende Stavelsesantal.

Under disse Forhold maa man da kunne fastslaa som Resultat, at de paaviste Variationer i Kulsyreoverskudet virkelig svare til parallelle Stofskiftesvingninger, saaledes at følgende Sætning kan opstilles:

Størrelsen af den Stofskifteforøgelse, der hidrører fra et psykisk Arbejde, svinger parallelt med den subjektivt vurderede Størrelse af det udførte Arbejde.

Denne Sætning vil yderligere paa et andet Omraade findes bekræftet gennem de foreliggende Forsøg.

S. N. var ved Forsøgenes Begyndelse uøvet i Udenadslæren af Remser, men opnaaede i Løbet af Forsøgstiden en betydelig Øvelse heri.

Denne stigende Øvelse viser sig tydeligt i det dalende Antal Gennemlæsninger, der ere nødvendige til at lære de forskellige Remser; se saaledes Tabel XLI, pag.



74, 2den og 3die Kolonne, hvor Gennemlæsningernes Antal henholdsvis for første og anden Række Forsøg ere opførte. Den stigende Øvelse medførte, at samme Arbejde efterhaanden faldt Forsøgspersonen lettere, og i Overensstemmelse hermed finder man en Aftagen i Kulsyreoverskudene fra 1ste til 2den Række Forsøg. Tallene ere opførte i Tabel XLII.

Der er intet i de beregnede Kulsyreprocenter for Alveoleluften, der kan tyde paa, at denne Forandring hidrører fra en Variation i Kulsyreudvaskningen, og vi anser da derfor denne som et Udtryk for en virkelig Forandring i Stofskifteforøgelsen, svarende til det formindskede Arbejde.

Et lignende Forhold kan iagttages mellem de to Forsøgspersoner indbyrdes. A. L. var meget rutineret i det foreliggende Arbejde, medens S. N. var Begynder. Stofskiftetigningen findes i Overensstemmelse hermed at være større for S. N. end

Tabel XLIII.

Stavelsersn. Antal	Gennemlæsning Antal		
	F. B.	A. L.	O. O.
8	6,8	5,5	4,0
10	11,0	8,8	6,8
12	12,8	11,3	8,5
14	14,5	13,0	13,3
16	17,3	17,5	15,5
18	21,0	21,8	19,5

for A. L.; Forskellen er størst ved 8-Stavelses-Remserne (ca. 100 %), men udviskes noget med stigende Stavelsesantal; ved 20-Stavelses-Remserne andrager den saaledes 20 %.

Resultatet kan formuleres:

Den Stofskifteforøgelse, der knytter sig til Udførelsen af et bestemt psykisk Arbejde, vil aftage, efterhaanden som Forsøgspersonen opnaar større Øvelse i det paagældende Arbejde.

Ønsker man Oplysning om, hvilke Muskelarbejder der foraarsager Stofskiftetigning af lignende Omfang som Associationsarbejdet, vil man finde saadanne i Tabel XV og XVI, pag. 30 og 31. Et Muskelarbejde bestaaende af Træk hvert 2det sec. med venstre Haand i en Ergograf belastet med 4 kg. vil for S. N. give samme Stofskiftetigning som Udenadlæren af en 8-St.-Remse; belastes Ergografen med 6 kg., stiger Stofskifteforøgelsen og svarer til Forholdene ved en 16—20-St.-Remse.

Et Forsøg paa at finde et rationalt Udtryk for Stofskifteforøgelsens Variation med Stavelsesantallet vil findes gennemført i et følgende Afsnit; her skal kun sluttes med nogle Oplysninger om Forholdet mellem Gennemlæsningernes Antal og Stavelsesantallet. Det gennemsnitlige Antal Gennemlæsninger for de forskellige Remser, beregnede af Forsøg Nr. 42—60, ere opførte i Tabel XLI, første og sidste Kolonne;



disse Middeltal lide af den Fejl at være beregnede af et meget varierende Antal Enkeltbestemmelser — for 8-St.-Remserne ca. 50 og for 20-St.-Remserne ca. 6 Enkeltbestemmelser. Derimod ere de i Tabel XLIII, pag. 76, opførte Værdier alle Middeltal af 4 Enkeltbestemmelser, der hidrøre fra 3 Rækker Stofskifteforsøg med F. B., A. L. og O. O. foretagne i Dec. 1907 og Febr. 1908.

### Urinudskillelse under psykisk Arbejde.

Lb. Nr. 61 F. B. 13—12—1908.

Som Supplement til ovenstaaende Undersøgelser over det respiratoriske Stofskifte ved Associationsarbejde udførtes i December 1908 et enkelt Forsøg til Undersøgelse af Forholdene ved Urinafsondringen under psykisk Arbejde.

Forsøget anstilledes om Morgenen fra Kl. 7—10. Det inddeltes i tre Perioder paa en Time hver, under hvilke den fastende Forsøgsperson laa til Sengs i fuld-

Tabel XLIV.

Peri- ode	Tid Form. Kl.	Urin- Volu- men cm. <sup>3</sup>	Vægt- fylde	Kvælstof i liter/Time		Fosforsyre i mgr./Time	
				pr. cm. <sup>3</sup> Urin	total	pr. cm. <sup>3</sup> Urin	total
I	7—8	65	1,020	0,0750	4,875	1,6	104,0
II	8—9	135	1,011	0,0415	5,603	0,9	121,5
III	9—10	100	1,014	0,0425	4,250	1,1	110,0

kommen Ro. Medens 1ste og 3die Periode vare Hvileperioder, lærte Forsøgspersonen under Periode II 7 16-Stavelser-Remser udenad med gennemsnitlig 14,43 Gennemlæsninger pr. Remse.

Kl. 7, umiddelbart før Begyndelsen af Periode I, foretog Forsøgspersonen saa omhyggeligt som muligt en fuldstændig Urinudtømning. Dette gentoges ved hver af de tre Perioders Slutning. Størrelsen af det maalte Urinvolumen for hver Periode er opført i Tabel XLIV. Det ses heraf, at Urinudskillelsen under det psykiske Arbejde er forøget til noget over det dobbelte af Værdien fra 1ste Hvileperiode, og endvidere ses, at den forøgede Urinudskillelse vedvarer ind i sidste Hvileperiode, efter at det psykiske Arbejde er ophørt. Man vil imidlertid straks se, at de maalte Volumener ikke give noget Billede af Svingningerne i de udskilte Saltmængder indenfor samme Perioder; thi Maalinger af Urinens Vægtfylde vise tydeligt, at Urinen samtidig med den rigeligere Afsondring er blevet kendeligt fortyndet. For nærmere at undersøge disse Forhold analyseredes Urinen for Kvælstof efter Esbach's Metode og for Fosforsyre ved Titration med Uranacetat. Analyseresultaterne ere opførte i Tabellen.

Medens Urinvolumenet som anført er voxet med over 100 % under Periode II, er den totale Kvælstofudskillelse samtidig kun voxet med ca. 15 %; og da hertil



yderligere kommer, at Kvælstofudskillelsen fra Periode III er væsentlig lavere end Værdien fra Periode I, vil Middeltallet fra Perioderne II og III =  $4,927 \text{ liter/Time}$  meget nær være lig Værdien fra Periode I =  $4,875 \text{ liter/Time}$ .

Derimod synes det, som om der foreligger en virkelig Forøgelse af Fosforsyreudskillelsen; Stigningen fra Periode I til II andrager ca. 17 %, og under Periode III er Fosforsyreudskillelsen endnu ca. 6 % større end under Periode I.

Der er næppe Tvivl om, at psykisk Arbejde i høj Grad indvirker paa Nyrevirksomheden og i Særdeleshed giver sig Udslag i en forøget Urinafsondring, saaledes som ovenstaaende Differencemaalinger vise, men en sikker Sammenhæng mellem denne Urinforøgelse og en samtidig Stofskiftestigning kan øjensynlig ikke paa-vises ad denne Vej.

### Teoretiske Betragtninger.

Den ovenfor paaviste lovmæssige Variation af Energiforbruget ved Udenadslæren af Stavelsesremser med varierende Stavelsesantal kan udfra simple Forudsætninger underkastes en matematisk Behandling. Denne vil imidlertid ikke alene omfatte ovenstaaende Forsøg, men vil tillige kunne udstrækkes til ogsaa at gælde tidligere Undersøgelser over Energiforholdene ved psykisk Arbejde udførte af ALFRED LEHMANN.

Da den rette Forstaaelse af den regningsmæssige Sammenfatning af vore ovenfor meddelte Forsøg og LEHMANN's tidligere Undersøgelser nødvendigvis maa kræve Kendskab til disse, skulle vi her give et kort Referat deraf. Dette Referat stemmer i Hovedtrækkene overens med den Fremstilling, LEHMANN giver i: „Die physischen Aequivalente der Bewusstseinserscheinungen“, Leipzig 1901, og i: „Elemente der Psychodynamik“, Leipzig 1905; kun vil man finde den matematiske Behandling ændret, idet vi har søgt at gennemføre en rational Beregning af de deri forekommende fysiske Hjærneparalleler.

LEHMANN søgte at finde et Maal for Størrelsen af Hjernearbejde og fandt et saadant i den Hæmning, Hjernearbejde udøver paa samtidigt udført Muskelarbejde. Maalingerne udførtes med Ergograf, og de arbejdende Muskler var Fingrenes Bøjemusklér.

Naar saadanne Muskler innerveres, blive de i Stand til at udføre et vist ydre Arbejde. Størrelsen af dette er afhængig saavel af centrale som af perifere Forhold, og alt efter som disse variere, vil der indtræde forskellige Kombinationer, saaledes som følger:

a) Antag, at Muskelarbejdet udføres i en saadan Takt, at Musklerne inden hvert nyt Arbejde ere fuldstændigt udhvilede, og antag endvidere, at den centrale Innervation er konstant, hvilket opnaas, naar Forsøgspersonen med fuld Opmærksomhed hver Gang søger at udføre maximalt Arbejde; saa ville de enkelte ydre Ar-



bejder, Partialarbejderne, blive konstante, og den Kurve, der fremkommer ved paa Arbejdsdiagrammet at forbinde Løftehøjdernes Toppunkter — Muskelens Arbejds-kurve — vil i dette Tilfælde blive en ret Linie parallel med Grundlinien. Forandres den centrale Innervation, enten vilkaarligt eller uvilkaarligt f. Eks. ved spredt Opmærksomhed, vil der indtræde et Fald i Arbejdskurven. Svingningerne i Arbejdskurven vil følgelig give et Billede af Svingningerne i den centrale Innervation; og da meget tyder paa, at Innervationen og det udførte Arbejde inden for visse Grænser er proportionale Størrelser (se TIGERSTEDT: „Lehrbuch der Physiologie“, Leipzig 1905, II pag. 30), vil man uden større Fejl kunne benytte Partialarbejderne som relativt Maal for den centrale Innervation.

b) Hvis Tidsintervallet mellem de enkelte konstante Muskelinnervationer er for ringe til Muskelens fuldstændige Restitution, vil det ydre Arbejde aftage fra en maximal Begyndelsesværdi og nærme sig asymptotisk til en vis Minimumsværdi, der er des mindre, jo mindre Tidsintervallet er. For en øvet Forsøgsperson vil Arbejdskurven blive fuldkommen jævn, og en Formindskelse af Innervationen — vilkaarlig eller uvilkaarlig — vil derfor ogsaa her fremtræde fuldkommen tydelig som et Fald i Kurven.

Lad os kalde et saadant Partialarbejde udført med formindsket Innervation for  $A_v$  og lad  $A_s$  angive Størrelsen af det Partialarbejde, Muskelen sandsynligvis vilde have udført ved den konstante Innervation, saa vil Størrelsen  $\frac{A_s \div A_v}{A_s}$  give et relativt Maal for Arbejdsformindskelsen og herigennem for Innervationsformindskelsen. Den sandsynlige Værdi  $A_s$  kan skønnes med stor Nøjagtighed paa Grund af Arbejdskurvens jævne Forløb.

Psykologiske Forsøg. LEHMANN søgte nu ved den ovenfor skitserede Fremgangsmaade at maale den relative Innervationsformindskelse,  $M$ , som Følge af samtidigt udført Hjernearbejde. Til Hjernearbejde valgtes Hovedregning, da man ved dette er i Stand til at variere Arbejdets Størrelse efter Ønske. Med dette Materiale udførtes saa i Foraaret 1900 en omfattende Række Forsøg, lige beundringsværdige i Anlæg og Udførelse; som Hovedresultater af Forsøgsrækken fremgik følgende:

1) Hjernearbejde af konstant Størrelse bevirker for samme Forsøgsperson en konstant relativ Formindskelse,  $M$ , af en samtidig Muskelinnervation. Varieres Hjernearbejdet, saaledes at det bliver større eller mindre, vil den relative Innervationsformindskelse svinge overens hermed og henholdsvis voxe eller aftage.

Størrelsen  $M$  giver med andre Ord et relativt Maal for Hjernearbejdets Størrelse. Da de herhen hørende Forsøg maa betragtes som grundlæggende for Psykoenergetiken, skulle de enkelte Forsøgsresultater anføres her:

A. L. d. 26-2-1900. Addition af 4 3-cifrede Tal.

Arbejde:	$A_s$	$A_v$	$A_s \div A_v$	$M$
I	53,9	42,2	11,7	0,22
II	34,5	27,5	7,0	0,20



A. L. d. 3—3—1900. Addition af 6 5-cifrede Tal.				
Arbejde:	$A_s$	$A_v$	$A_s \div A_v$	$M$
I	82,5	55,1	27,4	0,33
II	47,3	29,4	17,9	0,38

A. L. d. 5—3—1900. Multiplication.				
Arbejde:	$A_s$	$A_v$	$A_s \div A_v$	$M$
I $657 \times 34$	159,6	72,6	87,0	0,54
II $392 \times 43$	105,3	40,0	65,3	0,63

Dr. B. d. 3—3—1900. Addition af 6 5-cifrede Tal.				
Arbejde:	$A_s$	$A_v$	$A_s \div A_v$	$M$
I	61,2	51,0	10,2	0,17
II	45,9	35,3	10,6	0,23

Dr. B. d. 5—3—1900. Multiplication.				
Arbejde:	$A_s$	$A_v$	$A_s \div A_v$	$M$
I $657 \times 34$	156,8	96,7	60,1	0,38
II $392 \times 43$	88,2	47,3	40,9	0,46

2) Dog viste videre Forsøg, at den relative Innervationsformindskelse,  $M$ , tillige varierede med den Grad af Opmærksomhedskoncentration, hvormed Hjernearbejdet blev udført.

A. L. d. 14—10—1900. Multiplication. Meget flygtigt udregnet.				
Arbejde:	$A_s$	$A_v$	$A_s \div A_v$	$M$
I $8372 \times 17$	56,7	46,5	10,2	0,18
II $4591 \times 18$	26,4	21,4	5,0	0,19

A. L. d. 14—10—1900. Multiplication. Sikkert udregnet, dog uden Erindring af Facit.				
Arbejde:	$A_s$	$A_v$	$A_s \div A_v$	$M$
I $8392 \times 17$	53,9	39,4	14,5	0,27
II $7654 \times 18$	39,9	25,1	14,8	0,37

A. L. d. 14—10—1900. Multiplication. Facit rigtigt angivet.				
Arbejde:	$A_s$	$A_v$	$A_s \div A_v$	$M$
I $4672 \times 18$	92,5	48,2	44,3	0,48
II $3791 \times 17$	68,9	33,5	35,4	0,51

Endvidere ere Værdierne for  $M$  fra flere Forsøg opførte i nedenstaaende Tabel XLV, tilligemed Forsøgenes Antal og de udregnede Middelfejl.

Saa vel det anførte Enkeltforsøg som den tabellariske Oversigt viser, at den større Opmærksomhedskoncentration bevirker en større Innervationsformindskelse, men tillige ser man, at inden for hver Grad af Opmærksomhedskoncentration svinger Innervationsformindskelsen,  $M$ , stadig overens med Hjernearbejdets Størrelse.

Endvidere fremgaar det, at til et givet Hjernearbejde svarer en vis minimal Innervationsformindskelse, uden hvilken hint overhovedet slet ikke lader sig udføre.

Skal man benytte  $M$  som relativt Maal for forskellige Hjernearbejder, maa disse stadigt udføres med samme Opmærksomhedskoncentration, altsaa enten med minimal eller med maximal, da man ikke er i Stand til at vedligeholde en konstant



Middelkoncentration af Opmærksomheden; af Tabellen ses nemlig, at Middelfejlen i saa Fald bliver størst.

3) Samme Hjernearbejde udført af forskellige Forsøgspersoner bevirker forskellig Innervationsformindskelse, saaledes at denne er des større, jo mindre øvet Forsøgspersonen er. Dette fremgaar klart af de under 1) anførte Forsøg, naar det

Tabel XLV.

Arbejds Art		Opmærksomheds-koncentr.		
		Min.	Middel	Max.
Multiplikation af 3-ciffr. Tal med 2-ciffr. Tal over 20	<i>M</i>	0,21	0,58	
	Antal Forsøg	2	2	
	Middelfejl	0,02	0,04	
Multiplikation af flerciffr. Tal med 2-ciffr. Tal under 20	<i>M</i>	0,19	0,32	0,50
	Antal Forsøg	6	2	2
	Middelfejl	0,015	0,05	0,015
Addition af 6 5-ciffr. Tal	<i>M</i>	0,18	0,31	
	Antal Forsøg	3	4	
	Middelfejl	0,02	0,04	
Addition af 4 3-ciffr. Tal	<i>M</i>	0,10	0,19	0,26
	Antal Forsøg	3	3	2
	Middelfejl	0,013	0,03	0,005

noteres, at Dr. B. afgjort regnede lettere end A. L. Til yderligere Sammenligning kan anføres følgende Forsøg med Fnn., hvis Duelighed i Hovedregning var ringere end A. L.'s.

Fnn. d. 3—4—1900. Addition af 6 5-cifrede Tal.  
 $A_s = 75,2$   $A_v = 43,9$   $A_s \div A_v = 31,3$   $M = 0,42$

For samme Arbejde med A. L. var som ovenfor anført  $M = 0,33$  og  $M = 0,38$ .

4) Ubetonede Fornemmelser og Reproduktioner af velkendte Forestillingsrækker som Alfabetet og Talrækken havde ingen maalelig Indflydelse paa samtidig Muskelinnervation,

5) ligesom ej heller to samtidige Muskelinnervationer udøvede gensidig Hæmning.

6) Sluttelig skal anføres, at et givet Hjernearbejde frembragte den samme relative Formindskelse af to samtidige Muskelinnervationer. Forsøg herover udførtes ved samtidig at tage Ergogrammer med begge Hænder. Nedenfor ere opførte to saadanne:

Dr. B. d. 31—3—1900. Addition af 6 5-cifrede Tal.

	$A_s$	$A_v$	$A_s \div A_v$	$M$
Højre Haand	57,0	46,9	10,1	0,18
Venstre Haand	66,5	53,6	12,9	0,19



A. L. d. 31—3—1900. Addition af 6 5-cifrede Tal.

	$A_s$	$A_v$	$A_s \div A_v$	$M$
Højre Haand	81,6	60,8	20,8	0,26
Venstre Haand	85,2	61,6	23,6	0,28

Fysisk Parallel. Under Forsøg paa at finde en Forklaring paa de ovenfor skildrede Forhold fik LEHMANN Øje paa den mærkelige Overensstemmelse, der er mellem disse og den gensidige Hæmning af to samtidige Energiudladninger fra samme Energikilde med givet Potential, og for nærmere at komme til Klarhed over disse Analogier udførte LEHMANN følgende Experiment.

Fra en højstaaende Mariotteflaske førtes en Gummislange med ca. 1 cm.<sup>2</sup> Tværnsitsareal til Bunden af en anden Flaske, der stod ca. 2 m. lavere, og i Proppen af hvilken der var anbragt tre lodrette Glasrør, forsynede med Haner og mærkede med Tallene 1, 2 og 3.

Nr. 1 og 2 vare Haarrør, men den haartrukne Del var længere paa Nr. 2 end paa Nr. 1; Nr. 3 havde derimod et Tværnsitsareal paa nogle faa Kvadratmillimetre.

Naar Apparatet fyldes med Vand og man aabner for Rørene, vil Vandet strømme ud forneden som Springvand og derved udføre et vist Arbejde; Potentialet af dette er proportionalt med Springvandshøjden, som let kan maales; af saadanne Maalinger fremgik da:

I) Naar man aabner for Udløb Nr. 1 alene, vil Vandstraalen hæves til en Højde  $H_1 = 93$  cm.

II) Aabnes Udløb Nr. 2 alene, vil Vandet paa Grund af den større Modstand i Udløbet kun stige til  $H_2 = 42$  cm.

III) Aabnes begge Udløb — Nr. 1 og 2 — samtidigt, ville de respektive Stigehøjder,  $H_1$  og  $H_2$ , forblive uforandrede; thi begge repræsenterer kun saa ringe en Energiudløsning, at denne maa betragtes som Differential af Maskinens samlede potentiale Energi og som Følge deraf ikke kan udøve nogen maalelig Hæmning.

IV) Hvis man derimod tillige aabner for Udløb Nr. 3, ville Stigehøjderne 1 og 2 aftage kendeligt og blive henholdsvis  $H'_1 = 81$  og  $H'_2 = 36$  cm.

Stigehøjderens absolutte Formindskelser ere altsaa forskellige; derimod ville de relative Værdier vise sig at være ens.

	$H_1$	$H_2$	$H_1 \div H_2$	$(H_1 \div H_2) : H_1$
Udløb Nr. 1	93	81	12	0,13
Udløb Nr. 2	42	36	6	0,14

V) Naar man derpaa indsnævrer Arealet af Udløb Nr. 3 ved langsomt at lukke Hanen, ville Stigehøjderne 1 og 2 voxe tilsvarende, indtil de naa deres Maximalværdi, ved Hanens Lukning.

Det vil nu ikke være vanskeligt at paavise en dybtgaaende Overensstemmelse mellem de psykologiske Forhold, der ere omtalte i Punkt 1—6 ovenfor, og Forsøgene med Vandmaskinen.

Lad os sidestille det ringe Hjernearbejde, der kræves til en Muskelinnervation, med det differentiale Arbejde, Vandmaskinen udfører, naar Vandet strømmer ud



gennem et Haarrør (Udløb Nr. 1 eller 2), og lad det Hjernearbejde, der udkræves til Tænkning, som f. Eks. Hovedregning, svare til Vandmaskinens Arbejde gennem det større Udløb Nr. 3; man vil da Punkt for Punkt finde Parallesteder til de psykologiske Forhold i de fysiske Forhold ved Vandmaskinen.

Punkt 1) vil saaledes svare til Punkt IV) og V).

Punkt 2) vil finde sit Parallelforhold i Punkt V), naar man lader det psykologiske Begreb Opmærksomhed svare til det fysiske Begreb Udløbsaabningens Tværnsnitsareal, saaledes at det, at Hjernen arbejder med svingende Opmærksomhed, vil svare til, at Vandmaskinen arbejder med varierende Udløbsaabning.

Punkt 3) svarer til Punkt IV). De to Hjerner, der udføre samme Tanke- række med samme Opmærksomhed men med forskellig Øvelse, svare til to Vandmaskiner med konstruktive Forskelligheder ved Udløbene; smlgn. Forskellen ved de to Haarrør Nr. 1 og 2.

Punkt 4) og 5). Ubetonede Forestillinger maa antages at forløbe med meget ringe Energiforbrug, f. Eks. af samme Størrelsesorden som Muskelinnervationer, og Parallelstedet vil da findes i Punkt III).

Punkt 6) svarer til Punkt IV).

Man prætenderer ikke hermed at have fundet en fysisk Parallel til Hjernen, hvis Virkemaade i alle Detailler skulde stemme overens med dennes; hvad man har søgt og fundet, er en lidet sammensat Maskine, ved hvis Arbejde man faar et let overskueligt Billede af den indbyrdes Hæmning ved samtidige Energiudladninger.

Dette Hæmningsfænomen er ikke særligt knyttet til Vandmaskinen, men genfindes overalt, hvor der udføres samtidigt Arbejde paa flere Steder fra fælles Energikilde med givet Potential.

Beregning. En nærmere Undersøgelse heraf udføres lettest ved Beregning. Naar den nedre Beholder i den ovenfor omtalte Vandmaskine har  $n$  Udløbsaabninger med Tværnsnitsarealerne  $a_1, a_2 \dots a_p \dots a_n$ , og naar Højdeforskellen mellem Vandspejlene i den øvre og nedre Beholder er  $h$ , saa vil det Arbejde, der i  $t$  sec. udføres af den  $p$ 'de Aabning kunne udtrykkes ved (se Tillæg IV):

$$A_p = c \cdot \left(\frac{h}{K}\right)^{3/2} \cdot a_p \cdot t \quad (20)$$

hvor Hæmningsfaktoren  $K = 1 + \left(\frac{\sum_1^n a_p}{a_o}\right)^2$ ,  $c = \sqrt{2g}$  og  $a_o =$  Tværnsnitsarealet af Forbindelsesledningen mellem øvre og nedre Beholder. Maskinens samlede ydre Arbejde bliver

$$A_y = c \cdot \left(\frac{h}{K}\right)^{3/2} \cdot t \cdot \sum_1^n a_p \quad (21)$$

og Maskinens totale Arbejdsydelse = Summen af ydre og indre Arbejde bliver

$$A_t = c \cdot \frac{h^{3/2}}{K^{3/2}} \cdot t \cdot \sum_1^n a_p \quad (22)$$



Under ganske andre fysiske Betingelser, men med ensartet Virkning, optræder Hæmningen ved det galvaniske Element (se Tillæg V). For et galvanisk Element med indre Modstand  $m_0$  og elektromotorisk Kraft  $h$ , og hvis Poler ere forbundne med  $n$  Ledninger af Tværsnit  $a_1, a_2 \dots a_p \dots a_n$  med Ledningsevne  $c$ , vil det ydre Arbejde i den  $p$ 'de Ledning i  $t$  sec. blive

$$A_p = c \cdot \left(\frac{h}{K}\right)^2 \cdot a_p \cdot t \quad (23)$$

hvor Hæmningsfaktoren  $K = 1 + c \cdot m_0 \sum_1^n a_p$ . Elementets samlede ydre Arbejde bliver

$$A_y = c \cdot \left(\frac{h}{K}\right)^2 \cdot t \cdot \sum_1^n a_p \quad (24)$$

og den totale Arbejdsydelse = Summen af indre og ydre Arbejde

$$A_t = c \cdot \frac{h^2}{K} \cdot t \cdot \sum_1^n a_p \quad (25)$$

Tilsvarende Hæmningsvirkninger genfindes ved Kedelanlæg, fra hvilke den højspændte Damp strømmer ud gennem et forgrenet Ledningsnet til Arbejdsmaskiner, Varmeovne etc., hvor den i Dampen værende Energi udløses. Aabnes for en Ventil, inddrages et nyt Arbejdsfelt, hvorfra der vil udbrede sig en Hæmningsvirkning til de øvrige Arbejdssteder, og den Lov, hvorefter Hæmningsvirkningen forløber, vil ogsaa i dette Tilfælde kunne formuleres i Udtryk analoge med ovenstaaende.

Rækken vil let kunne suppleres med andre Eksempler, og i Almindelighed vil man da have:

Naar en Energikilde eller Akkumulator med givet Potential arbejder samtidig i  $n$  forskellige Centrere, vil det ydre Arbejde, der udføres i et enkelt Centrum, kunne udtrykkes

$$A_p = c_1 \left(\frac{h}{K}\right)^m \cdot a_p \cdot t \quad (26)$$

hvor Hæmningsfaktoren  $K = 1 + c_2 (\sum_1^n a_p)^q$ , idet  $h$  = Energikildens Potential,  $a$  = de enkelte Arbejdscentrers Kapaciteter og  $t$  = Tiden, i hvilken der arbejdes, medens Potenseksponenterne  $m$  og  $q$  ere afhængige af vedkommende Art af Energi.

Naar man nu udfra den paaviste Overensstemmelse mellem Hæmningsvirkningerne ved Vandmaskinen og Hjernen opfatter sidstnævnte i energetisk Henseende som en arbejdende Akkumulator, vil man kunne anvende Formlen (26) som Udtryk for Hjernearbejdets Størrelse i et enkelt Arbejdscentrum.

Vi kende imidlertid intet til Arten af den foreliggende psykiske Energiform og kende derfor heller intet til Størrelsen af Eksponenterne  $m$  og  $q$ , men vil i



efterfølgende Beregning forsøgsvis benytte samme Værdier som ved Vandmaskinen, altsaa  $m = 3/2$  og  $q = 2$ .

Man er nu i Stand til beregningsmæssigt at gennemgaa de LEHMANN'ske Ergografforsøg.

Størrelsen pr. Tidsenhed af en Muskelinnervation alene bliver saaledes, svarende til Arbejdet ved Udløbsaabningen  $a_1$ ,

$$A_1 = c_1 \cdot \left( \frac{h}{1 + c_2 \cdot a_1^2} \right)^{3/2} \cdot a_1$$

eller da  $a_1$  er meget lille

$$A_1 = c_1 \cdot h^{3/2} \cdot a_1 \quad (27)$$

Størrelsen af en Muskelinnervation ved samtidigt Hovedregningsarbejde bliver

$$A_1' = c_1 \cdot \left( \frac{h}{1 + c_2 (a_1 + a_2)^2} \right)^{3/2} \cdot a_1$$

idet Udløbsaabningen  $a_2$  svarer til Regnearbejdet. Naar man endvidere som før bortkaster  $a_1$ , faas

$$A_1' = c_1 \cdot \left( \frac{h}{1 + c_1 \cdot a_2^2} \right)^{3/2} \cdot a_1$$

Den relative Innervationsformindskelse paa Grund af Regnearbejdet bliver da

$$M = \frac{A_1 \div A_1'}{A_1} = 1 \div \left( \frac{1}{1 + c_2 \cdot a_2^2} \right)^{3/2} \quad (28)$$

Heraf fremgaar i Overensstemmelse med Forsøgene:

At Hjernearbejde af konstant Størrelse (konstant  $a$ ) for samme Forsøgsperson bevirker en konstant relativ Formindskelse,  $M$ , af en samtidig Muskelinnervation, og at, naar Hjernearbejdets Størrelse varierer (varierende  $a$ ), vil Innervationsformindskelsen svinge parallelt hermed.

Man vil ved Hjælp af (28) kunne beregne de relative Værdier af  $a$  for ovenstaaende Ergografforsøg; dette skal her udføres for de i Tabel XLV opførte Forsøg.

Disse vedrøre, som nævnt, ensartede Hovedregningsarbejder udførte med varierende Opmærksomhedskoncentration. For samme Arbejde udført med samme Grad af Opmærksomhed findes konstant  $M$  og derfor ogsaa konstant  $a$ ; varierer Opmærksomhedskoncentrationen, vil  $M$  og derigennem ogsaa Størrelsen  $a$  i Udtrykket for  $M$  variere. Man kan da med nogen Grund under disse Forhold opfatte  $a$  som et Maal for Opmærksomhedskoncentrationens Størrelse. Ud fra denne Betragtning ere de relative Værdier af  $a$  beregnet for Forsøgene i Tabel XLV og opførte i Tabel XLVI, saaledes at Værdien af  $a$  ved maximal Opmærksomhedskoncentration er sat = 100.



I energetisk Henseende vil da det psykologiske Begreb: Opmærksomhedskoncentration være et Udtryk for den Ejendommelighed, at man vilkaarligt kan løse samme Opgave i samme Tidsrum med forskellig Energimængde.

Associationsarbejde. Foruden ovennævnte Forsøg udførte LEHMANN i 1903 en Række Maalinger over Associationsarbejdes Hæmning af samtidigt Muskelarbejde; Muskelarbejdet bestod i 40 Træk pr. Minut i Ergografen, og det psykiske

Tabel XLVI.

Arbejdets Art	Opmærksomhedskoncentrationens Størrelse		
	Minimum	Middelværdi	Maximum
Multiplikation af flerciffr. Tal med 2-ciffr. Tal under 20	51	71	100
Addition af 4 3-cifrede Tal	57	82	100

Arbejde bestod i Udenadlæren af meningsløse Stavelserækker. Stavelserne gennemlæstes i en bestemt Takt paa 80 Stavelser pr. Minut, og foruden Stavelsernes Antal,  $n$ , optegnedes tillige Antallet,  $g$ , af de Gennemlæsninger, der vare nødvendige til at lære Remsen.

Forsøgene udførtes med 3 Forsøgspersoner, der lærte Remser med 4—6—8—10 Stavelser; som ved tidligere Forsøg maalt Hæmningen ved Løftehøjdernes relative Formindskelse  $M$ . Resultaternes Middeltal ere opførte i Tabel XLVII.

Tabel XLVII.

$n$	$g$	$M$ maalt	$a\sqrt{c_2}$	$M$ ber.	Diff.
6	1	0,136	0,053	0,130	0,006
8	4	0,216	0,053	0,213	0,003
10	10	0,286	0,050	0,301	0,015

Det fremgaar heraf, at Hæmningen  $M$  vokser med Remsens Længde, og vi søge nu paa Grundlag af det tidligere udviklede at finde en Forklaring paa denne Stigning af Hæmningsvirkningen.

Vi ville antage, at det lokale Potentialfald, der hidrører fra Læsningen af en Stavelse i Remsen, ikke øjeblikkeligt udlignes, naar Opmærksomheden rettes mod den følgende, men at Potentiallet først efterhaanden, som Arbejdscentret restitueres, naar sin oprindelige Størrelse paany, og at Potentialfaldet i Mellemtiden som en Eftervirkning stadig formaar at udøve Hæmning, om end med aftagende Virkning (Sammenlign hermed: negative Efterbilleder paa Nethinden).

Da vi ikke kende noget til Restitutionens Forløb, kunne vi ikke indføre det aftagende Potentialfald i Regningen; men vi kunne som Tilnærmelse se bort fra Potentialfaldets Aftagen og regne med en konstant Middelværdi af de enkelte Potentialfald indenfor hver Remse. Paa denne Maade vil Udenadlæren af en  $n$ -Stavelers Remse kunne opfattes som et Hjernearbejde bestaaende af  $n$  samtidige lige-



store Enkeltarbejder, og kunne sammenlignes med Arbejdet fra en Vandmaskine med  $n$  ligestore Udløbsaabninger.

Beregningen af Arbejdets og Hæmningens Størrelse vil da kunne ske ved de tidligere udviklede Formler, men man maa dog paa Grund af den anvendte Tilnærmelse forvente at finde aftagende Værdier af  $a$  med voksende Stavelsesantal.

Man kan som tidligere udtrykke Muskelinnervationen uden samtidigt psykisk Arbejde ved (27)

$$A_1 = c_1 \cdot h^{3/2} \cdot a_1$$

Muskelinnervationen ved samtidig Udenadslæren af en  $n$ -Stavellers Remse bliver

$$A_1' = c_1 \cdot \left( \frac{h}{1 + c_2 \cdot n^2 \cdot a_2} \right)^{3/2} \cdot a_1 \quad (29)$$

og man har da

$$M = 1 \div \left( \frac{1}{1 + c_2 \cdot n^2 \cdot a_2} \right)^{3/2} \quad (30)$$

Naar heri indføres sammenhørende Værdier af  $M$  og  $n$  fra Tabel XLVII, faar man de i Tabellens 4'de Kolonne opførte Værdier for  $a\sqrt{c_2}$ . Som venteligt var, findes  $a$  at være meget nær konstant og mindst for den længste Remse; naar Middeltallet  $a\sqrt{c_2} = 0,052$  indføres i Udtrykket (30) for  $M$ , faas de i Tabellens 5'te Kolonne opførte beregnede Værdier for  $M$ .

Forsøgene med 4-Stavellers Remser førte til afvigende Resultater, men Aarsagen hertil er ikke vanskelig at paavise.

Forsøgspersonerne kunne under fuld Opmærksomhedskoncentration netop lære en 6-Stavellers Remse ved en enkelt Gennemlæsning; men deraf følger, at en 4-Stavellers Remse kun kræver ringere Opmærksomhedskoncentration for at blive lært, hvad der i Forsøgsresultaterne giver sig til Kende ved en mindre Værdi for  $M$ , end venteligt var efter Remsens Længde. For  $n = 4$  finder man saaledes  $M = 0,042$ , hvad der giver  $a\sqrt{c_2} = 0,042$ . Naar man endvidere som ovenfor i  $a$  antager at have et Maal for Opmærksomhedskoncentrationens Størrelse, saa vil man finde, at de nævnte 4-Stavellers Remser ere lærte med en Opmærksomhedskoncentration, der andrager ca. 80 % af den maximale.

Vi skulle nu gaa over til at beregne de i Tabel XXXIII—XXXIV opførte Maalinger for A. L. og S. N.

De maalte Kulsyremængder repræsenterer Organismens totale Arbejdsydelse ved Løsningen af de foreliggende Opgaver, og man maa derfor anvende Formel (22) ved Beregningen

$$A_t = \sqrt{2g} \cdot \frac{h^{3/2}}{K^{1/2}} \cdot t \cdot \sum_1^n a_p \quad (22)$$

eller naar  $c_1 = \sqrt{2g} \cdot h^{3/2}$  og Arbejdet beregnes pr. sec.

$$A_t = a \cdot c_1 \cdot \frac{n}{\sqrt{1 + a^2 \cdot c_2 \cdot n^2}} \quad (31)$$



Indsættes heri de sammenhørende Værdier af Stavelsesantallet  $n$  og det maalte Kulsyreoverskud i  $\text{cm.}^3/\text{sec.}$  for hver Forsøgsperson faas, for A. L.  $ac_1 = 0,065$  og  $a\sqrt{c_2} = 0,0366$  og for S. N.  $ac_1 = 0,131$  og  $a\sqrt{c_2} = 0,0725$ .

Det ses heraf, at de ad denne Vej bestemte Værdier af  $a\sqrt{c_2}$  meget nær svarer til Værdien 0,052 fra Ergografforsøgene.

Denne næsten fuldstændige Overensstemmelse mellem Resultaterne fra de to vidt forskellige Maalemetoder, som ere anvendte ved Ergografforsøgene og ved de direkte Stofskiftemaalinger, opfatte vi som et Bevis for Rigtigheden af de Forud-

Tabel XLVIII.

$n$	A. L.		S. N.	
	Kulsyreoverskud i $\text{cm.}^3/\text{sec.}$		Kulsyreoverskud i $\text{cm.}^3/\text{sec.}$	
	maalt	ber.	maalt	ber.
8	0,53	0,50	0,99	0,91
12	0,61	0,71	1,07	1,19
16	0,87	0,90	1,43	1,37
20	1,15	1,05	1,39	1,49

sætninger, under hvilke Beregningerne ere udførte, saaledes at man som tidligere angivet af LEHMANN kan fastslaa, at:

den Hæmning, der finder Sted mellem samtidige Energitransformationer i Hjernen, i Hovedtrækkene forløber paa samme Maade som tilsvarende Hæmningsvirkninger ved simple fysiske Kraftmaskiner.

Det vil ses, at ved Udførelsen af samme Arbejde forbruger S. N. større Energi-mængde end A. L., og at Størrelserne  $a \cdot c_1$  og  $a\sqrt{c_2}$  derfor er større hos Førstnævnte end hos Sidstnævnte; men det vil tillige ses, at Forholdet mellem disse Størrelser  $\frac{c_1}{\sqrt{c_2}}$  er meget nær det samme for begge Forsøgspersoner, nemlig 1,78 for A. L. og 1,81 for S. N., saaledes at individuelle Differenser — paa samme Maade som Opmærksomhedskoncentrationens Størrelse og Vanskeligheden af det foreliggende Hjernearbejde — influerer paa Størrelsen af Energiomsætningen ved Variationer i  $a$ .

Ved Hjælp af de fundne Konstanter er Størrelsen af Arbejdet i  $\text{cm.}^3$  Kulsyre pr. sec. beregnet og opført i Tabel XLVIII.

Overensstemmelsen mellem Maalinger og Beregninger ses at være upaaklagelig for A. L.; at den er mindre god for S. N., kan ikke forundre, naar Hensyn tages til, at S. N.'s Øvelse i det paagældende Arbejde varierede en Del under Forsøgsrækkens Udførelse.

Med Forsøgspersonen S. N. udførtes, som ovenfor refereret, to 32-Stavelsers Forsøg, Tabel XXXV; Resultaterne herfra kunne ikke sikkert sammenlignes med de andre Maalinger, da man ved 32-Stavelsers Forsøgene kun arbejdede i to Perioder



og ved de andre Forsøg i tre; men det skal dog anføres, at den beregnede Kulsyreudskillelse i  $\text{cm.}^3$  pr. sec. for  $n = 32$  og med de ovenfor fundne Konstanter for S. N. bliver  $1,66 \text{ cm.}^3/\text{sec.}$ , medens den maalte Værdi er  $1,54 \text{ cm.}^3/\text{sec.}$ ; Forskellen er saaledes ikke stor, særlig naar Hensyn tages til, at Værdierne af Konstanterne for  $n = 32$  i Virkeligheden maa regnes at være mindre end Værdierne for  $n = 8-20$ .

Vort Kendskab til de kemiske Transformationer i Hjernen og hele Hjernelivets processuelle Side er saa mangelfuldt, at man end ikke i løse Rids er i Stand til at give et nogenlunde klart Billede af Forholdene; det vil derfor være ret forstaaeligt, om en Teori som ovenstaaende, som væsenlig er bygget over en dristig Analogi-slutning, og som i sine Konsekvenser er saa vidtrækkende, paa Forhaand vil blive mødt med afventende Skepsis.

Men tillige vil muligvis Teorien alene ved sin Form vække Modstand, idet man straks vil anse det for lidet sandsynligt, at en Sammenstilling af to saa fjerntliggende Objekter som Hjernen og Vandmaskinen skulde kunne føre til en frugtbar Arbejdsteori.

Man fristes da til at pege paa Erfaringerne fra Elektricitetslæren, hvor man under Forsøg paa at udrede de energetiske Forhold ved det galvaniske Element ikke afventede det Tidspunkt, hvor man havde Klarhed over Elektricitetens Natur, men man dannede gennem Analogier med Vandmaskinen hele sin nye Forestillingskreds med denne som Baggrund; og i Kraft af denne Hypotese er den galvaniske Fysik vokset frem, saa at man nu hjemmavant regner med Begreber som: Elektrisk „Strøm“, Spændings„fald“, etc., uden at tænke paa, hvor usandsynligt naive disse maa have forekommet Datiden.



## Tillæg.

For at undgaa Afbrydelser i den foregaaende Fremstilling ere enkelte experimentale Bestemmelser samt længere selvstændige Beregninger opførte samlede i nærværende Tillæg.

### I). Analyser af Stueluften i Laboratoriet.

Til Brug ved Fastsættelsen af en Middelværdi for Inspirationsluftens Sammensætning udførtes følgende Luftanalyser:

1). 21—11—1910. Luftprøven toges ved Begyndelsen af et Forsøg og viste Sammensætningen: 0,09 % CO<sub>2</sub> og 20,93 % O<sub>2</sub>.

2). 6—12—1910. Luftprøven toges ved Slutningen af et Forsøg og viste Sammensætningen: 0,19 % CO<sub>2</sub> og 20,79 % O<sub>2</sub>.

Som Middeltal regnes Inspirationsluftens Sammensætning at være 0,14 % CO<sub>2</sub> og 20,86 % O<sub>2</sub>.

### II). Bestemmelse af det respiratoriske skadelige Rum hos F. B. og O. O. (Forsøg Nr. 62—63).

I Nagels Handbuch, Bd. I, angiver BOHR følgende Formel til Beregning af Alveoleluftens Kulsyreprocent:

$$c_a = (A \times c_e \div S \times c_i) : (A \div S). \quad (5)$$

Heri betyder  $A$  Middelvolumenet af det enkelte Aandedræt i cm.<sup>3</sup>,  $c_e$  og  $c_i$  henholdsvis Expirations- og Inspirationsluftens Kulsyreprocenter og endelig  $S$  det skadelige Rum i cm.<sup>3</sup>; Værdien  $S$  repræsenterer næppe det virkelige skadelige Rum = Volumenet af Næsehulen, Bronchierne etc., men er en Beregningsstørrelse, som indsat i Formlen giver Alveoleluftens Kulsyreprocent  $c_a$ . Bestemmelsen af  $S$  maa følgelig ske ved i samme Formel at indsætte maalte Værdier af de øvrige Størrelser. Formlen kan ogsaa skrives:

$$S = A \times (c_a \div c_e) : (c_a \div c_i). \quad (5a)$$

$A$  bestemmes ved i et Tidsrum paa  $t$  sec. at maale Middeldrespirationsniveauet  $R$  og Aandedrætsantallet pr. Minut  $n$ ; man har da  $A = 60 \times R : n$ .  $c_e$  bestemmes ved Dobbeltanalyser af den i Tiden  $t$  opsamlede Expirationsluft og  $c_i = 0,14$  %. Alveole-



luftens Kulsyreprocent bestemmes ved HALDANE'S Metode; ved denne foretager Forsøgspersonen en maximal Expiration gennem et langt Rør, som Forsøgspersonen efter Expirationens Slutning lukker med Tungen; den i Røret umiddelbart ved Munden staaende Luft regnes at have samme Sammensætning som Alveoleluften, og herfra tages lige efter Expirationens Slutning Luftprøver til Analysering. Ved hvert Forsøg foretoges 2 Bestemmelser af Alveoleluftens Kulsyreprocent, den ene foretoges lige efter en naturlig Expiration, den anden lige før en naturlig In-

Tabel XLIX.

Forsøg Nr.	Forsøgsperson	Datum	Tiden : $t$ sec.	Middelrespirationsniveau $R$ cm <sup>3</sup> /sec.	Expirationsluftens Kulsyreprocent $c_e$	Aandedrætsantallet pr. Minut $n$	Alveoleluftens Kulsyreprocent			Det skadelige Rum i cm. <sup>3</sup>	Middeltal i cm. <sup>3</sup>
							efter en naturlig Expiration	før en naturlig Inspiration	Middeltal $c_a$		
62	F. B.	18—11—1910	880	103,9	3,52	13,25	5,50	5,72	5,61	180	180
	F. B.	10—12—1910	760	113,2	3,65	13,50	5,42	5,78	5,60	180	
63	O. O.	12—12—1910	560	122,9	3,35	15,00	5,56	5,67	5,62	204	200
	O. O.	14—12—1910	760	116,6	3,36	14,25	5,36	5,68	5,52	196	

spiration; sidstnævnte Bestemmelse findes altid noget højere end førstnævnte, og Bestemmelsernes Middeltal benyttes ved Beregningerne.

Der udførtes to Forsøg for hver af Forsøgspersonerne F. B. og O. O., og Resultaterne herfra ere opførte i Tabel XLIX. Som Middeltal af Forsøgene fremgaar, at det skadelige Rums Størrelse for F. B. beløber sig til 180 cm.<sup>3</sup> og for O. O., til 200 cm.<sup>3</sup>; i disse Værdier indgaar ogsaa det skadelige Rum hidrørende fra Masken med Forbindelsesslangen.

For de to andre Forsøgspersoner A. L. og S. N. ere ingen særlige Bestemmelser foretagne, men for disse er benyttet Værdien  $S = 200$  cm.<sup>3</sup>.

### III). Beregning af Ventilationsforholdene i en Beholder med varierende Ventilation.

I en Beholder med Rumfang  $V$  cm.<sup>3</sup> omsættes pr. sec.  $K$  cm.<sup>3</sup> Ilt til Kulsyre. Beholderen ventileres med  $L$  cm.<sup>3</sup>/sec. kulsyrefri Luft, og Beholderluftens Kulsyreprocent kaldes  $c_a$ . Ventilationen foregaar diskontinuerligt ved, at Beholdervæggene rytmisk udvide sig og trække sig sammen og derved henholdsvis suger  $R$  cm.<sup>3</sup>/sec. kulsyrefri Luft ind og blæser  $R$  cm.<sup>3</sup>/sec. kulsyreholdig Luft ud. Den ventilerende Luftmængde regnes at blandes fuldstændigt med Beholderluften. Indsugningen og Udblæsningen foregaar gennem et Rør med Volumen  $S$  cm.<sup>3</sup>; dette Volumen repræsenterer et „skadeligt Rum“, og naar der foregaar  $n$  „Respirationer“ pr. Minut, vil man have, at det ventilerende Luftvolumen pr. sec. bliver

$$L = R \div \frac{S \cdot n}{60} \text{ cm.}^3 \quad (13)$$



Ventilationen  $L_a$  udløses automatisk ved den forhaandenværende Kulsyreprocent  $c_a$  i Beholderen; Relationen mellem disse to Størrelser er udtrykt ved

$$L_a = a \cdot c_a + \beta, \quad (12)$$

hvor  $a$  og  $\beta$  ere Konstanter. Naar Beholderen kun ventileres ved den automatisk udløste Ventilation, vil der indtræde stationære Forhold, under hvilke

$$K = \frac{L_o \cdot c_o}{100},$$

hvor  $L_o$  og  $c_o$  ere de til disse Forhold svarende Værdier af Ventilationsvolumenet og Beholderluftens Kulsyreprocent. Man har da

$$\beta = L_o \div a \cdot c_o.$$

Man antager nu, at Ventilationen fra normale, stationære Forhold pludselig voxer med det konstante Tillæg:  $R_k$  cm.<sup>3</sup>/sec.; derved vil  $c_a$  og følgelig ogsaa  $L_a$  af-tage. Differentialligningen for Ventilationens Forløb bliver

$$\frac{V \cdot dc_a}{100} = K \cdot dt \div \frac{L \cdot c_a \cdot dt}{100}, \quad (32)$$

idet venstre Side angiver Tilvæksten i Beholderens Kulsyreindhold i Tiden  $dt$ , og højre Side angiver Differencen mellem den i samme Tid udviklede og bortførte Kulsyremængde, alt maalt i cm.<sup>3</sup>. Man har

$$L = R_k + L_a = R_k + a \cdot c_a + L_o \div a \cdot c_o$$

eller

$$c_a = \frac{L \div R_k \div L_o + a \cdot c_o}{a}$$

og

$$dc_a = \frac{dL}{a}.$$

Disse Udtryk indføres i (32), og man faar da

$$\frac{V \cdot dL}{a \cdot L_o \cdot c_o \div L(L \div R_k \div L_o + a c_o)} = dt; \quad (32a)$$

som Forkortelser indføres

$$a = \frac{1}{2} (a \cdot c_o \div R_k \div L_o) \quad (33)$$

$$b = \sqrt{a^2 + a \cdot L_o \cdot c_o}; \quad (34)$$

Lign. (32a) bliver da

$$\div V \int \frac{dL}{L^2 + 2a \cdot L \div a \cdot L_o \cdot c_o} + C = t. \quad (32b)$$



Efter Integrationen faas

$$\frac{V}{2b} \ln \frac{L+a+b}{L+a+b} + C = t.$$

For  $t = 0$ , d. v. s. paa det Tidspunkt, hvor Ventilationsændringen indtræder, er endnu  $c_a = c_o$ , og følgelig  $L = L_o + R_k$ , hvorefter

$$C = \frac{V}{2b} \ln \frac{L_o + R_k + a + b}{L_o + R_k + a + b}.$$

Den endelige Respirationsligning bliver da, naar der samtidig gaas over til BRIGG'ske Logarithmer,

$$\frac{V}{0,87 \cdot b} \cdot \log \frac{L+a+b}{L+a+b} \times \frac{L_o + R_k + a + b}{L_o + R_k + a + b} = t. \quad (14)$$

For  $t = \infty$  har man  $L = L_\infty$ , altsaa

$$L_\infty + a = b,$$

hvorefter

$$a \cdot c_o = \frac{L_\infty (L_\infty + R_k + L_o)}{L_o + L_\infty},$$

Det antages, at samtidig hermed er Beholderluftens Kulsyreprocent sunket saa meget, at den automatisk udløste Ventilation bliver = 0, og man har da  $L_\infty = R_k + \frac{S \cdot n}{60}$

eller

$$a c_o = \frac{\left(R_k + \frac{S \cdot n}{60}\right) \left(L_o + \frac{S \cdot n}{60}\right)}{R_k + L_o + \frac{S \cdot n}{60}}, \quad (35)$$

og heraf kunne Konstanterne  $a$  og  $b$  bestemmes efter (33) og (34).

#### IV). Energetiske Forhold ved Vandmaskinen.

Fra en højtstaaende Vandbeholder,  $I$ , føres en Forsyningsledning med Tvær-snitsareal  $a_o$  til en nedre Beholder,  $II$ , med  $n$  Udløbsaabninger; disse have Tvær-snitsarealerne  $a_1 a_2 \dots a_p \dots a_n$  og ligge Højden  $h$  under Vandspejlet i den øvre Beholder. Naar Udløbene ere lukkede, er Trykket i den nedre Beholder  $h$ ; aabnes  $n$  Udløb, vil Trykket synke til  $h_n$ , og Vandet strømmer ud med Hastigheden  $v_n = \sqrt{2 \times g \times h_n}$  (36), hvor  $g$  er Accelerationen, idet man for Sæmpelheds Skyld regner med samme Udløbskoefficient =  $l$  for alle Udløb. Hele det udstrømmende Vandvolumen pr. Tidsenhed er  $\sqrt{2 \times g \times h_n} \sum_1^n a_p$ .

Hastigheden i Forsyningsledningen bliver da

$$v_o = \frac{\sqrt{2 \cdot g \cdot h_n} \sum_1^n a_p}{a_o}$$



Til at frembringe denne Hastighed forbruges et vist Tryk

$$\frac{v_0^2}{2g} = \frac{h_n \times (\sum_1^n a_p)^2}{a_0^2}.$$

Dette genvindes ikke helt ved Indstrømningen i den nedre Beholder, men tabes tildels ved Gnidning, Hvirvler etc.; vi regne imidlertid her, at det tabes fuldstændigt, og Trykket i den nedre Beholder bliver da

$$h_n = h \div \frac{h_n \cdot (\sum_1^n a_p)^2}{a_0^2}, \text{ hvoraf}$$

$$h_n = \frac{h}{1 + \left(\frac{\sum_1^n a_p}{a_0}\right)^2}.$$

Idet Vandet strømmer ud af Udløb Nr.  $p$ , udfører Maskinen ved dette Udløb et ydre Arbejde  $A_p$ , hvis Størrelse maales ved det halve Produkt af Vandets Masse  $m_p$  og Kvadratet paa Hastigheden  $v_n$ ; altsaa

$$A_p = 1/2 \cdot m_p \cdot v_n^2.$$

Her er ifølge (36)  $v_n = \sqrt{2 \times g \times h_n}$  og  $m_p = a_p \times v_n \times t : g$ , hvor  $t$  er den Tid, i hvilken Maskinen arbejder. Man har da  $A_p = a_p \cdot v_n \cdot h_n \cdot t$ , eller naar Værdien for  $h_n$  indsættes

$$A_p = c \cdot \left(\frac{h}{K}\right)^{3/2} \cdot a_p \cdot t, \quad (20)$$

hvor  $K$ , som vi kalde Hæmningsfaktoren, er  $= 1 + \left(\frac{\sum_1^n a_p}{a_0}\right)^2$ ;  $c = \sqrt{2g}$ . Maskinens samlede ydre Arbejde bliver da

$$A_y = c \cdot \left(\frac{h}{K}\right)^{3/2} \cdot t \cdot \sum_1^n a_p. \quad (21)$$

Foruden det ydre Arbejde udfører Maskinen tillige et indre Arbejde  $A_i$ , som medgaar til Overvindelse af indre Modstande; dette har Størrelsen

$$A_i = 1/2 \cdot \sum_1^n m_p \cdot v_0^2 \cdot t = \sqrt{2g} \cdot \frac{h_n^{3/2} \cdot (\sum_1^n a_p)^3}{a_0^2} \cdot t.$$

Maskinens samlede indre og ydre Arbejde bliver da

$$A_i + A_y = c \cdot \frac{h^{3/2}}{K^{1/2}} \cdot t \cdot \sum_1^n a_p. \quad (22)$$

For  $\sum_1^n a_p = \infty$  faas Maskinens maximale Arbejdsydelse eller disponible Energi

$$A_\infty = c \cdot h^{3/2} \cdot a_0 \cdot t.$$



## V). Energetiske Forhold ved det galvaniske Element.

Mellem Polerne af et galvanisk Element med elektromotorisk Kraft  $h$  og indre Modstand  $m_0$  føres  $n$  Forbindelsesledninger med Tværnsitsarealerne  $a_1 a_2 \dots a_p \dots a_n$  og Modstandene  $m_1 m_2 \dots m_p \dots m_n$ ; Ledningerne regnes at være lige lange og af samme Materiale, og man vil da have  $m_p = \frac{1}{c \cdot a_p}$ , hvor  $c$  er en Konstant. Naar Polerne ere forbundne ved  $n$  Ledninger, er Polspændingen  $h_n$ , og Størrelsen af det i Ledningen Nr.  $p$  udførte Arbejde — det ydre Arbejde — er da

$$A_p = s_p \cdot h_n \cdot t \quad (37)$$

hvor  $s_p$  er Strømstyrken i Ledning Nr.  $p$  og  $t =$  Tiden. Den samlede Strøm, som gaar gennem Elementet, er  $\sum_1^n s_p$ , og man har da

$$h \div h_n = m_0 \cdot \sum_1^n s_p.$$

Gennem Ledning Nr.  $p$  gaar kun Strømmen  $s_p$ , hvorfor

$$h_n = s_p \cdot m_p = \frac{s_p}{c \cdot a_p}$$

Heraf faas

$$h_n = \frac{h}{1 + c \cdot m_0 \cdot \sum_1^n a_p}$$

og

$$s_p = c \cdot \frac{h \cdot a_p}{1 + c \cdot m_0 \cdot \sum_1^n a_p}$$

Naar disse to Udtryk indføres i Ligning (37), faas

$$A_p = c \cdot \left(\frac{h}{K}\right)^2 \cdot a_p \cdot t, \quad (23)$$

hvor  $K$ , som vi vil kalde Hæmningsfaktoren, er  $1 + c \cdot m_0 \cdot \sum_1^n a_p$ . Elementets samlede ydre Arbejde bliver da

$$A_y = c \cdot \left(\frac{h}{K}\right)^2 \cdot t \cdot \sum_1^n a_p. \quad (24)$$

Foruden det ydre Arbejde udfører Elementet tillige et indre Arbejde  $A_i$ , som medgaar til Overvindelse af Elementets indre Modstand; dette har Størrelsen

$$A_i = (h \div h_n) \sum_1^n s_p \cdot t$$

eller

$$A_i = m_0 \left( c \cdot \frac{h \cdot \sum_1^n a_p}{K} \right)^2 \cdot t.$$



Elementets samlede indre og ydre Arbejde bliver da

$$A_i + A_y = c \cdot \frac{h^2}{K} \cdot t \cdot \sum_1^n a_p \quad (25)$$

For  $\sum_1^n a_p = \infty$  faas Elementets maximale Arbejdsydelse eller disponible Energi

$$A_\infty = \frac{h^2}{m_0} \cdot t.$$

(26)

hvor  $A$  er Stærkstrålen i Løsnings Nr. 9 og  $t$  er Tiden. Den samlede Strøm, som

$$\frac{A_\infty}{t} = \frac{h^2}{m_0}$$

$$h + A_\infty = m_0 \cdot \frac{h^2}{m_0}$$

Den samlede Strøm, som Elementet kan yde, er  $A_\infty$  og den samlede Energi, som Elementet kan yde, er  $A_\infty \cdot t$ .

Den samlede Strøm, som Elementet kan yde, er  $A_\infty$  og den samlede Energi, som Elementet kan yde, er  $A_\infty \cdot t$ .

$$h + A_\infty = m_0 \cdot \frac{h^2}{m_0}$$

Den samlede Strøm, som Elementet kan yde, er  $A_\infty$  og den samlede Energi, som Elementet kan yde, er  $A_\infty \cdot t$ .

Den samlede Strøm, som Elementet kan yde, er  $A_\infty$  og den samlede Energi, som Elementet kan yde, er  $A_\infty \cdot t$ .

Den samlede Strøm, som Elementet kan yde, er  $A_\infty$  og den samlede Energi, som Elementet kan yde, er  $A_\infty \cdot t$ .

Den samlede Strøm, som Elementet kan yde, er  $A_\infty$  og den samlede Energi, som Elementet kan yde, er  $A_\infty \cdot t$ .

$$\frac{A_\infty}{t} = \frac{h^2}{m_0}$$

Den samlede Strøm, som Elementet kan yde, er  $A_\infty$  og den samlede Energi, som Elementet kan yde, er  $A_\infty \cdot t$ .

(28)

$$\frac{A_\infty}{t} = \frac{h^2}{m_0}$$

Den samlede Strøm, som Elementet kan yde, er  $A_\infty$  og den samlede Energi, som Elementet kan yde, er  $A_\infty \cdot t$ .

(29)

$$\frac{A_\infty}{t} = \frac{h^2}{m_0}$$

Den samlede Strøm, som Elementet kan yde, er  $A_\infty$  og den samlede Energi, som Elementet kan yde, er  $A_\infty \cdot t$ .

$$\frac{A_\infty}{t} = \frac{h^2}{m_0}$$

Den samlede Strøm, som Elementet kan yde, er  $A_\infty$  og den samlede Energi, som Elementet kan yde, er  $A_\infty \cdot t$ .

$$\frac{A_\infty}{t} = \frac{h^2}{m_0}$$



## OVERSIGT

---

Naar en Person sætter sig til Hvile efter at have været i let Virksomhed vil Kulsyreudskillelsen og Iltoptagelsen pr. sec. aftage fra en vis Begyndelsesværdi, indtil de efter ca.  $\frac{1}{2}$  Times Forløb har naaet stationære Slutningsværdier, der ere ca. 10 % lavere end Begyndelsesværdierne.

Dette Resultat medfører, at:

naar man ved kortere Stofskifteforsøg vil søge at bestemme Svingninger i Kulsyreudskillelsen under visse Forhold, er det uomgængeligt nødvendigt at indlede og afslutte Forsøget med en Hvileperiode, for paa denne Maade at faa bestemt den Nullinie, ud fra hvilken Svingningerne kan maales.

Expirationsluftens Kulsyreprocent er tilnærmelsesvis konstant i Hvile indenfor kortere Tidsrum, og man har saaledes alene i Respirationsniveauets Svingninger et tilnærmet Udtryk for Svingningerne i Kulsyreudskillelsen.

Ved Overgang til Hvile stiger Alveoleluftens Kulsyreprocent, hvad der rimeligt vil kunne opfattes som Udtryk for en ved mindre effektiv Lungeventilation forøget Oplagring af Kulsyre i Organismen.

Ved mindre Muskelarbejder, hvor Forsøgspersonen under hele Forsøget indtager samme Legemsstilling og arbejder med uhindret Aandedrætsmekanik, vil den relative Værdi af Stofskifteforøgelsen meget nær kunne udtrykkes ved Stigningen i Respirationsvolumenet.

Medens Nytttevirkningen for den enkelte arbejdende Muskel naar sit Maximum samtidig med, at Muskelen udfører maximalt Arbejde, vil Nytttevirkningen, beregnet for Organismen som Helhed, naa sit Maximum, længe inden den arbejdende Muskel naar Maximum af Arbejdsydelse.



Variationer i Lufttrykket vil indvirke paa Størrelsen af Respirationsniveauet, saaledes at der til relative Minimumspunkter i Lufttryk-Kurven svarer relative Maximumspunkter i Niveaukurven og omvendt og saaledes at en Stigning eller Sænkning i Lufttrykket medfører henholdsvis en Sænkning eller Stigning i Respirationsniveauet.

Respirationen udløses reflektorisk med en saadan Størrelse, at Alveoleluftens Kulsyreprocent tilnærmelsesvis holdes konstant. Indtræder Forandringer i Alveoleluftens  $\text{CO}_2$   $\%$ , indstiller Respirationen sig strax med en ny Værdi, der tilstræber at udligne Forandringerne. Naar  $c_a$  er Alveoleluftens  $\text{CO}_2$   $\%$ , vil Ventilationsvolumenet  $L_a$  kunne udtrykkes tilnærmelsesvis ved  $L_a = \alpha \cdot c_a + \beta$ . Forøges eller formindskes Respirationen vilkaarligt, vil Organismens staaende Kulsyrepoplæg henholdsvis formindskes eller forøges. Forløbet heraf kan beregnes under den Forudsætning, at Organismen forholder sig som en Beholder med fri Kulsyre. Dog vil Beholdervolumenet  $V$  voxe med Tiden, svarende til at Ændringen i Organismens  $\text{CO}_2$ -Koncentration først efterhaanden forplanter sig til Periferien.

Naar Øjnene tillukkes, sænkes Respirationsniveauet, og samtidig formindskes Kulsyreudskillelsen og Iltoptagelsen; disse Forandringer kan delvis tilskrives en mindre effektiv Lungeventilation.

Under Hvile forløber Respirationen for en Forsøgsperson i vaagen Tilstand jævnt bølgeformet; ved indtrædende Søvn sænkes Respirationsniveauet, hvorefter Respirationen forløber med konstant Niveauværdi. Aarsagen til den bølgeformede Respiration under vaagen Tilstand maa søges i skiftende Bevidsthedstilstande.

Ved Udenadslæren af meningsløse Stavelsesrækker forøges Organismens Kulsyreudskillelse. Denne Forøgelse, der er relativt stor ved Arbejdets Begyndelse, kan paa dette Tidspunkt delvis tilskrives en Udvaskning af Organismens Kulsyre, men maa iøvrigt som Helhed opfattes som Udtryk for en samtidig Forøgelse af Kulsyreproduktionen — altsaa et forøget Stofskifte. Af denne Stofskifteforøgelse hidrører en ringe Brøkdæl fra de under det psykiske Arbejde udførte



Muskelbevægelser, medens den overvejende Del maa skyldes de psyko-fysiologiske Processer, der betinge Associationsarbejdet.

Størrelsen af den Stofskifteforøgelse, der hidrører fra et psykisk Arbejde, svinger parallelt med den subjektivt vurderede Størrelse af det udførte Arbejde.

Den Stofskifteforøgelse, der knytter sig til Udførelsen af et bestemt psykisk Arbejde, vil aftage, efterhaanden som Forsøgspersonen opnaar større Øvelse i det paagældende Arbejde.

I energetisk Henseende vil det psykologiske Begreb: Opmærksomhedskoncentration være et Udtryk for den Ejendommelighed, at man vilkaarligt kan løse samme Opgave i samme Tidsrum med forskellig Energimængde.

Den Hæmning, der finder Sted mellem samtidige Energitransformationer i Hjernen, forløber i Hovedtrækkene paa samme Maade som tilsvarende Hæmningsvirkninger ved simple fysiske Kraftmaskiner.



## RÉSUMÉ

Le présent travail a été exécuté dans le laboratoire de psychophysique de l'Université de Copenhague à l'instigation des travaux déjà accomplis par MM. LUDVIG FEILBERG et ALFRED LEHMANN.

Nous avons essayé de transporter l'étude des phénomènes psychologiques fondamentaux dans le domaine de la théorie de l'énergie.

### Recherches antérieures.

LAVOISIER avait déjà exprimé l'idée que le travail psychique était accompagné, comme le travail musculaire, d'une dépense de substance susceptible de mesure. On a procédé à de nombreuses recherches expérimentales pour résoudre cette question. On a exécuté soit des mesures de température, soit des recherches sur l'élimination urinaire, ou encore sur l'élimination du phosphore, en partant de cette idée que l'abondance des combinaisons phosphorées contenues dans le cerveau devait amener une augmentation dans l'élimination du phosphore par les urines lorsque l'activité cérébrale était fortement accrue.

L'un des travaux expérimentaux les plus importants est dû à SPECK. Il mesura l'élimination de  $\text{CO}_2$  et l'assimilation de  $\text{O}_2$  pendant le repos et pendant un travail psychique, lequel consistait dans la solution de problèmes mathématiques et dans la lecture d'ouvrages latins et grecs. L'enquête révéla qu'il y avait augmentation des échanges au cours du travail psychique, mais cet accroissement était dû, pensait Speck, aux inévitables mouvements musculaires concomitants. Mais la tentative de Speck est dans son ensemble entachée d'erreur, car la période de repos qu'il a prise comme norme se trouvait situé tantôt avant et tantôt après la période de travail et en était souvent séparée par une période d'une demi-heure qui comportait divers travaux de laboratoire. Or quand il s'agit de révéler de petites différences dans les échanges chimiques, ces variations se trouvent vite effacées par une telle méthode d'expérimentation. Parmi les autres travaux on peut signaler celui de M. JOHANSON, »Über die Tageswankung des Stoffverbrauch« (Skandinav. Archiv für Psychologie, 1898). Dans cette étude, où l'élimination de  $\text{CO}_2$  est déterminée d'heure en heure dans l'état de repos absolu, M. Johanson a démontré que l'intervention accidentelle d'une vive activité psychique augmentait la désassimilation de  $\text{CO}_2$ . Dans ces expériences il n'y a absolument ni mouvements musculaires ni tension musculaire.

D'autres expériences ont été faites par MM. ATWATER, WOODS et BENEDICT (Bulletin n°44 U. S. Dep. of Agric. Off. of Exp. St.), mais sans résultats décisifs.

Autres expériences par MM. BENEDICT et CARPENTER (Bulletin n°208, U. S. Dep. of Agric. Off. of Exp. St.), exécutées dans un calorimètre respiratoire. Les personnes soumises aux expériences étaient de jeunes étudiants: ils résolurent un problème d'examen écrit dans un calorimètre en trois heures, après quoi on procéda pour chacun à une expérience de contrôle qui consista en un séjour dans le calorimètre pendant 3 heures, au cours desquelles l'individu copiait un livre ou se livrait à un travail du même genre. Même si ces expériences



présentent ce défaut que l'expérience de travail et celle de contrôle ont été séparées par un mois d'intervalle, on peut en conclure cependant que le travail psychique exécuté n'a pas suffi à révéler une augmentation des échanges (comparer l'expérience de M. Johansson).

En outre il a été démontré par d'autres savants que la grandeur des échanges varie avec la saison, qu'elle s'accroît en été pour diminuer en hiver. Une distance d'un mois entre les deux séries d'expériences pourra donc suffire à aplanir les petites différences dont il s'agit ici.

### Méthode.

La méthode d'expérience consista à mesurer le volume de l'air inspiré à l'aide d'un gazomètre et à recueillir l'air expiré dans un spiromètre dont on prenait des échantillons d'air expiratoire pour analyser la teneur en  $\text{CO}_2$  et en  $\text{O}_2$ . La personne soumise à l'expérience était assise dans un fauteuil commode et respirait par un masque très collant d'où des tuyaux de caoutchouc conduisaient les uns aux spiromètres, lesquels contenaient environ 100 litres chacun et pouvaient se vider et se remplir indépendamment l'un de l'autre, et les autres aux gazomètres. Les deux conduits, expiratoire et inspiratoire, étaient séparés par une soupape de respiration.

Sur le conduit expiratoire on avait en outre inséré un appareil destiné à prendre des échantillons continuels de l'air expiré. Cet appareil fut utilisé dans certaines expériences où nous procédions seulement à des mesures de l'air inspiré, complétées par des analyses d'échantillons d'air expiré.

Nous mentionnerons brièvement les diverses parties des appareils; ceux-ci comprenaient: 1<sup>o</sup> un gazomètre; 2<sup>o</sup> un masque respiratoire avec soupapes et tubes de communication; 3<sup>o</sup> un appareil destiné à prendre des échantillons; 4<sup>o</sup> des spiromètres. Voir fig. 1.

1) Le gazomètre est un de ces appareils de mesure ordinaires, humides, qui indiquent les quantités d'air introduites en pieds cubes anglais. Les dimensions du gazomètre étaient telles qu'il mesurait pour un tour d'axe  $\frac{1}{2}$  pied cube anglais = 14,157 litres. Comme les unités de ce gazomètre étaient trop grossières pour nos besoins, nous avons prolongé son axe à travers le côté arrière et nous avons muni cet axe d'un cercle divisé de  $360^\circ$ . Les mesures de contrôle montrèrent qu'un degré correspondait à 41,2 cm.<sup>3</sup>. On faisait la lecture du gazomètre toutes les 40 secondes. Le temps était donné par un chronomètre à signal électrique. Si par exemple la lecture faite à 2 coups de cloche successifs donne  $x^\circ$  et  $y^\circ$ , le volume mesuré sera de  $41,2 \cdot (x^\circ - y^\circ)$ . La grandeur  $x^\circ - y^\circ$  directement mesurée sur le gazomètre donnera donc, à très peu de chose près, le volume moyen de la respiration par seconde, mesuré en centimètres cubes. Nous appelons cette donnée le niveau respiratoire. Du gazomètre l'air inspiratoire est conduit au masque respiratoire par un tube de 1,8 cm. de diamètre. Sur le chemin est disposée une soupape qui ne peut s'ouvrir que pendant l'inspiration.

2) Le masque respiratoire se compose d'un entonnoir en fer-blanc sommairement modelé d'après la forme du visage, et dans lequel on a coulé ensuite une pâte dite «pâte de Stentz»: cette substance se ramollit à une légère élévation de température et par suite épouse bien les formes du visage, bouchant hermétiquement le passage de l'air. Il va sans dire que chaque personne soumise à l'expérience avait son masque à elle. Du masque l'air expiratoire était conduit par une soupape d'expiration dans les spiromètres. Dans les tubes et masques employés par nous l'espace nuisible n'était que de 30–40 ccm.<sup>3</sup>.

3) Entre le masque respiratoire et la soupape expiratoire était inséré un appareil à échantillons. Cet appareil se compose d'une série de récipients de verre cylindriques, de 20 cm.<sup>3</sup> environ de capacité, fermés par 2 robinets de verre à double perforation. Avant l'expérience les récipients étaient remplis de mercure: quand on veut prendre un échantillon



d'air, on laisse couler lentement le mercure par un tube en caoutchouc muni d'une pointe de verre finement allongée. Lors des expériences où nous avons employé cette méthode, nous avons fait durer environ 2 minutes l'écoulement du mercure. Pour que l'échantillon recueilli de l'air expiratoire pût être un échantillon moyen exact de l'air expiré pendant les deux minutes, nous avons inséré sur le conduit expiratoire, immédiatement avant l'appareil de prélèvement, un récipient de mélange d'environ 600 cm.<sup>3</sup>. Voir la figure. Au fond de ce récipient de mélange est disposé un tube de verre en U que l'on a rempli d'eau et qui a servi de manomètre dans certaines expériences faites par nous pour rechercher comment la respiration se modifiait lorsque variait la pression inspiratoire. En outre un mince tube de caoutchouc reliait le conduit d'expiration à un tambour de Marey, lequel enregistrait la respiration sur un cylindre rotatif.

### I<sup>ère</sup> partie.

#### Expériences de repos.

Quelques minutes avant l'expérience et pendant toute la durée de la dite expérience l'individu était assis dans un fauteuil commode, en état de repos physique complet. Toute l'expérience de repos (voir tableau VIII) durait  $42 \times 40$  secondes. On voit par le tableau que le niveau respiratoire s'abaisse d'une valeur maximale de début à une valeur finale minimale. On put constater que cette diminution était un phénomène constant pour toutes les 4 personnes soumises à l'expérience. Cette expérience, qui dura une demi-heure, fut partagée en 3 périodes, chacune d'environ 10 minutes. Il en résulte que la diminution observée du niveau respiratoire est plus forte au début de l'expérience qu'à la fin, de sorte que le niveau respiratoire se rapproche d'une valeur constante. Dans chacune des 3 périodes d'expérience on prit un échantillon de l'air expiratoire, dont la teneur en CO<sub>2</sub> pour cent est à très peu de chose près constante dans les 3 périodes.

Nous mentionnerons en outre une expérience de repos qui dura 50 minutes. L'expérience fut également partagée en périodes de 10 minutes, et l'air expiré fut recueilli alternativement dans les deux spiromètres; dans l'air expiratoire ainsi prélevé on détermine la valeur moyenne du pourcentage de CO<sub>2</sub> pour chacune des 5 périodes (voir tableau 10). On constate que l'élimination de CO<sub>2</sub> dans cette expérience de 5,03 cm.<sup>3</sup> par seconde dans la 1<sup>re</sup> période, et qu'elle est par contre de 4,55 cm.<sup>3</sup> et de 4,60 cm.<sup>3</sup> par seconde dans la 4<sup>e</sup> et la 5<sup>e</sup> période. On voit ainsi que l'élimination de CO<sub>2</sub> a baissé en une demi-heure d'environ 10%. Dans une autre expérience organisée de même sorte (voir tableau XII) on a également mesuré le nombre des respirations par minute. A l'aide de cette mesure on a pu calculer le pourcentage de CO<sub>2</sub> dans l'air des alvéoles pulmonaires. Il en résulte que la diminution signalée dans l'élimination de CO<sub>2</sub> est accompagné d'une augmentation du pourcentage de CO<sub>2</sub> dans l'air des alvéoles: le fait doit vraisemblablement s'interpréter comme signifiant une augmentation du dépôt de CO<sub>2</sub> dans l'organisme par suite d'une ventilation pulmonaire moins effective.

#### Échanges chimiques dans de petits travaux musculaires.

Cette expérience fut faite avec l'aide d'un ergographe à poids, de sorte que l'individu en expérience était tranquillement assis et ne travaillait que d'une main. L'expérience fut partagée en 5 périodes: d'abord une période de repos, puis 3 périodes de travail où l'individu exécutait un petit travail consistant à lever toutes les deux secondes par ex. 6 kilogr., finalement une nouvelle période de repos. On voit par le tableau XIV que l'élimination de CO<sub>2</sub> est très accrue dans la première période de travail, un peu moindre dans les



2 périodes de travail suivantes et que dans la dernière période de repos elle est moindre que dans la première période de repos. Comme on a également déterminé le nombre des respirations par minute, on en a déduit le pourcentage de  $\text{CO}_2$  dans l'air des alvéoles pulmonaires: or on constate que la proportion de  $\text{CO}_2$  est à peu près constante, mais avec une faible augmentation pendant le travail. L'expérience où l'individu levait 6 kgr. toutes les deux secondes donne une assez forte augmentation d'échanges chimiques pour qu'on ait pu en déterminer la valeur absolue avec une grande précision; par contre, l'expérience avec soulèvement de 2 kgr. toutes les 2 secondes donna une si faible augmentation d'échanges qu'il fut impossible de déterminer celle-ci avec quelque exactitude. Le tableau XV représente une expérience où l'on a enregistré en outre le grandeur du travail à l'aide d'un kymographe. Le travail consistait à soulever des poids de 1—2—4—6—8 kgr. En comparant l'excédent de  $\text{CO}_2$  que produisit le travail exécuté avec les divers poids on voit que cet excédent s'élève régulièrement de 0,38  $\text{cm}^3$  par seconde à 1,69  $\text{cm}^3$  par seconde pour 1 kgr. et 8 kgr. respectivement. Le travail fourni s'élève en même temps de 3 kg.cm. par seconde à 20,07 kg.cm. par seconde. L'effet utile peut se calculer par ces deux séries de chiffres: or on constate que l'effet utile du travail accompli avec ces très petits poids s'accroît à mesure que s'accroissent les poids.

Dans son livre intitulé »Grundriss der Psychophysiologie«, M. A. LEHMANN a calculé la grandeur du travail musculaire pour des poids variables. Il trouve ainsi que chaque muscle exécute son travail maximal en même temps qu'il arrive à l'effet utile maximal. Afin d'examiner si cette loi vaut pour l'organisme dans son ensemble, nous avons procédé à une série d'expériences se composant de 4 expériences isolées. Dans chacune de ces expériences on opéra 20 soulèvements en 40 secondes avec des poids de 4—6—8—10—12—14—16 kgr. Ces périodes de travail étaient séparées par des périodes de repos de  $5 \times 40$  secondes. On ne travaillait qu'avec l'index de la main droite, la dite main restant par ailleurs en repos complet. Dans ces expériences on employa simplement l'accroissement de la respiration comme l'expression des échanges chimiques. Cette méthode se justifie dans des expériences de ce genre; en effet, l'augmentation dans l'élimination d'acide carbonique exprimée en pour cent de la valeur de repos et l'augmentation dans le niveau respiratoire exprimée en pour cent de la valeur de repos dans le cas d'un travail avec des poids jusqu'à 8 kgr. toutes les deux secondes, sont presque exactement identiques (voir tableau XVI). Le résultat des expériences faites suivant cette méthode est le suivant: tandis que l'effet utile pour le muscle isolé travaillant atteint son maximum en même temps que le muscle exécute son travail maximal, en revanche l'effet utile calculé pour l'ensemble de l'organisme atteint son maximum longtemps avant que le muscle atteigne le maximum du travail possible.

#### Le niveau respiratoire et l'état barométrique.

Dans une série d'expériences on détermina quotidiennement pour le même individu, pendant un temps assez long, le niveau respiratoire à l'état de repos. On prenait en même temps l'état barométrique. Les expériences furent faites au même moment de la journée et dans des conditions identiques. Or on observa que le niveau respiratoire se modifie quelque peu d'un jour à l'autre dans des conditions semblables par ailleurs. On doit admettre à l'avance que de nombreux facteurs ont une influence sur le niveau respiratoire quotidien; mais en comparant la grandeur du niveau respiratoire avec l'état barométrique réduit, on s'aperçut qu'il existait un rapport oscillatoire inverse nettement perceptible, de sorte qu'une élévation ou un abaissement dans la pression atmosphérique amenait respectivement un abaissement ou une élévation dans le niveau respiratoire au repos. On fit plus tard une série d'expériences correspondantes avec le même individu, et alors aussi le phénomène apparut avec exactitude. (Voir fig. 7—8.)



### Recherches respiratoires élémentaires.

Cette série d'expériences comprend des expériences ayant pour but d'examiner comment se comportent le volume respiratoire et l'élimination de  $\text{CO}_2$  quand on augmente ou entrave arbitrairement la respiration. Nous avons procédé à ces expériences parce que nous prévoyions une objection éventuelle contre nos expériences de travail psychique où, sous l'influence d'une suggestion ou volontairement, il se peut qu'on entrave ou qu'on augmente la respiration. Nous avons donc cherché à nous rendre compte de certains indices précis pouvant nous révéler quand avaient eu lieu cette entrave ou cette augmentation volontaires de la respiration. Comme il ressort des résultats donnés ci-après, l'entrave ou l'augmentation arbitraires de la respiration s'accompagnent de changements caractéristiques dans le niveau respiratoire, dans l'élimination de  $\text{CO}_2$ , et dans les variations de la teneur en  $\text{CO}_2$  de l'air pulmonaire. Nous mentionnerons d'abord les expériences avec augmentation arbitraire de la respiration. Les expériences se partagèrent en 3 périodes. Dans la première période on respirait normalement; dans la seconde période on augmentait la respiration autant que possible, mais en conservant autant que possible le même nombre de respirations. Dans la troisième période cessait l'augmentation arbitraire de la respiration. Les chiffres des expériences sont donnés dans le tableau XX. On voit par là que le niveau respiratoire s'élève immédiatement à plus du double de la valeur de la période de repos, et s'abaisse ensuite régulièrement. Dans la troisième période le niveau respiratoire s'abaisse considérablement et remonte ensuite d'une façon régulière vers la valeur normale. Cette marche suivie par la courbe du niveau respiratoire s'explique ainsi: Dans la respiration normale au repos, le niveau respiratoire s'obtient résout par mouvements réflexes suivant une quantité  $x$  telle que la ventilation pulmonaire  $L$  ainsi produite maintient à peu près constant le pourcentage de  $\text{CO}_2$  contenu dans l'air des alvéoles. Pendant la respiration volontairement accrue, le niveau respiratoire devient la somme de 2 grandeurs, savoir: 1° le niveau automatiquement obtenu par la quantité de  $\text{CO}_2$  contenu dans l'air des alvéoles, et 2° l'accroissement volontaire de la respiration. Quant on augmente volontairement la respiration, le pourcentage de  $\text{CO}_2$  diminue dans les alvéoles, ce qui ressort des échantillons analysés. Ensuite, l'orsqu'on cesse l'accroissement volontaire de la respiration et qu'on laisse les mouvements respiratoires se produire librement, le niveau respiratoire devient très bas, car la proportion de  $\text{CO}_2$  contenue dans l'air des alvéoles n'est plus suffisante pour produire par action réflexe la même ventilation des poumons qu'au début de l'expérience; mais comme il se développe toujours du  $\text{CO}_2$  dans l'organisme, la proportion de  $\text{CO}_2$  contenue dans l'air des alvéoles montera peu à peu et en même temps s'accroîtra la ventilation pulmonaire jusqu'à ce qu'on atteigne l'état d'équilibre. Nous avons procédé à plusieurs expériences de ce genre, et la courbe de respiration suivit toujours une marche si régulière que, partant de notre théorie indiquée ci-dessus pour la résolution de la grandeur du niveau respiratoire, nous avons entrepris de calculer mathématiquement la marche de la respiration. On peut constater que les chiffres calculés concordaient très exactement avec les chiffres mesurés. La seule divergence apparente fut que le volume calculé pour les poumons était de 27000  $\text{cm}^3$ , chiffre environ 10 fois plus grand que celui du volume vrai. L'explication en est que la tension d'acide carbonique de l'air des alvéoles correspond avec la tension d'acide carbonique du sang, ce qui, dans le calcul, doit donner un volume pulmonaire très accru. Nous mentionnerons ensuite les expériences faites avec la respiration artificiellement entravée. Ces expériences furent faites exactement comme celles que nous venons de mentionner et où l'on augmentait artificiellement la respiration. L'expérience se divisa en 3 périodes. Dans la première période on respirait normalement, dans la deuxième la respiration était entravée autant que possible. Le niveau respiratoire descendait de la sorte jusqu'au chiffre de 20 environ en partant de la normale, qui était



d'environ 115 cm.<sup>3</sup> par seconde, mais remontait peu à peu jusqu'à 60 environ, tandis que le nombre des respirations était de 2 environ en 40 secondes. Un échantillon de l'air expiratoire révéla une teneur de 6,46 % de CO<sub>2</sub>. Dans la 3<sup>e</sup> période cessa l'entrave volontairement apportée à la respiration. Le niveau respiratoire monta aussitôt à 270 cm.<sup>3</sup> par seconde, soit à plus du double du niveau normal et s'abassa ensuite régulièrement jusqu'à 105 environ. Cette entrave de la respiration causa quelque gêne à la personne en expérience, mais par contre elle n'éprouva aucun désagrément à augmenter volontairement la respiration, pendant les 10 minutes que dura cette augmentation. Cependant d'autres auteurs ont constaté que si l'on continue pendant un temps assez long à augmenter volontairement la respiration il peut en résulter des phénomènes très désagréables, tels que l'évanouissement, etc. On peut résumer comme il suit le résultat de ces expériences et les calculs.

La respiration s'effectue automatiquement dans de telles proportions que le pourcentage de CO<sub>2</sub> contenu dans l'air des alvéoles se maintient à peu près constant. S'il se produit des modifications dans le CO<sub>2</sub> % de l'air des alvéoles, la respiration se présente aussitôt avec une nouvelle valeur qui tend à aplanir les modifications. Si la respiration est augmentée ou diminuée volontairement, la provision d'acide carbonique en suspens dans l'organisme sera respectivement diminuée ou augmentée. Ce processus peut se calculer en partant de ce principe que l'organisme se comporte comme un récipient contenant de l'acide carbonique libre. Cependant le volume V du récipient s'accroît avec le temps, et cela vient de ce que la modification survenue dans la concentration d'acide carbonique de l'organisme ne se propage que peu à peu dans les parties périphériques de l'organisme.

Modifications subies par la respiration quand les yeux sont fermés ou pendant le sommeil.

M. PFLÜGER a montré par des expériences faites sur les animaux que les échanges chimiques diminuent d'intensité quand les yeux se ferment. Nous avons fait une expérience analogue sur nous-mêmes. L'expérience comprenait 3 périodes (voir le tableau XXIII). Les yeux étaient fermés dans la 2<sup>e</sup> période. La personne en expérience était assise tout le temps dans un état de repos complet. On constata que l'occlusion des yeux s'accompagnait d'un abaissement du niveau respiratoire, et qu'en même temps se ralentissaient l'élimination de l'acide carbonique et l'absorption de l'oxygène. Le tableau XXIV montre que le pourcentage calculé de CO<sub>2</sub> dans les alvéoles pulmonaires s'est sensiblement accru au cours de l'expérience. Ce fait, joint à cet autre fait que dans la 2<sup>e</sup> période on trouve le quotient respiratoire le plus bas, indique que, pour une raison ou pour une autre, la ventilation des poumons a été pendant cette période moins effective; l'abaissement qui se produit dans les échanges chimiques quand on ferme les yeux vient peut-être en partie de la diminution d'activité cérébrale qui résulte de ce que la vie intellectuelle facile que favorise l'état de repos se trouve entravée quand les yeux se ferment.

Nous mentionnerons maintenant en bref une expérience relative aux conditions de respiration pendant le sommeil.

Cette expérience se présenta parce que la personne en observation tomba accidentellement en état de sommeil peu après une expérience commencée avec un autre but. L'organisateur de l'expérience laissa dormir le patient, dont le sommeil dura 22 × 40 secondes; après le réveil, l'expérience continua avec la 3<sup>e</sup> période. Aussitôt que les yeux se fermèrent et que le sommeil commença, il se produisit un abaissement du niveau respiratoire, que l'on évalua à environ 14,5 % de la valeur moyenne à l'état de repos.

Pendant la période de sommeil on observa ce fait curieux que la courbe du niveau respiratoire se développa à peu près en ligne droite, tandis qu'elle se présente avec des ondulations régulières dans l'état de veille au repos. Il y a donc une différence caractérisée



dans la marche de la courbe respiratoire à l'état de repos et à l'état de sommeil. Nous ne pouvons décider par nos mesures si les ondulations que l'on observe sur la courbe du niveau respiratoire dans l'état de veille au repos doivent s'interpréter comme l'expression des oscillations dans les échanges chimiques, — et ce serait l'hypothèse la plus vraisemblable, — ou bien si elles ne sont pas dues simplement au mécanisme même de la respiration. Le résultat de ces recherches peut se formuler ainsi: Pendant le repos la respiration, à l'état de veille, suit une courbe régulièrement ondulée, de sorte qu'il y a environ 5 minutes d'un sommet d'onde au sommet suivant. Lorsque le sommeil survient le niveau respiratoire s'abaisse, après quoi la respiration suit son cours avec une valeur constante. Cette respiration à marche ondulée pendant l'état de veille et de repos a peut-être pour cause les variations dans les échanges chimiques, variations produites par des changements dans les états de conscience, dans la concentration et dans la distribution de l'attention.

## II<sup>e</sup> partie.

Si le travail intellectuel suppose une dissociation des biogènes du cerveau et par suite une augmentation dans les échanges chimiques, il est clair que le fait se démontrera le plus aisément par des travaux où l'effort d'attention sera grand. En effet la tension intellectuelle s'accompagne généralement, au bout d'un temps donné, d'une assez grande fatigue, et nous devons admettre à priori que la sensation de tension et de fatigue se produit surtout dans les cas où l'on impose à l'organisme des exigences considérables. En tous cas le point de départ le plus naturel pour une recherche comme celle-ci est de supposer que les échanges deviennent d'autant plus actifs que le travail intellectuel paraît plus difficile à l'individu.

Les recherches de M. LEHMANN ont prouvé que la fatigue produite par l'activité psychique dépend avant tout de la distribution de l'attention; aussi, ayant à choisir un mode déterminé de travail intellectuel pour nos recherches, avons-nous donné la préférence au système, bien connu par d'autres expériences psychiques, qui consiste à apprendre par cœur des séries de syllabes dépourvues de sens.

On obtient ainsi un double avantage. D'abord on peut fournir ainsi une infinité de tâches de difficulté égale, et en outre on peut, en rendant les séries plus longues, augmenter régulièrement la difficulté de la tâche, et cela presque sans limites. Ce genre de travail a joué le principal rôle dans nos expériences. Je me bornerai à rendre compte des séries d'expériences.

Pendant toute l'expérience l'individu était assis, au repos; devant lui était placé une table sur laquelle on avait disposé les kyrielles à apprendre.

Le travail était commencé sur l'ordre du directeur de l'expérience et s'exécutait de telle sorte que le patient lisait toute la série des syllabes suivant un rythme déterminé, lequel fut fixé à  $\frac{3}{4}$  de seconde par syllabe pour toutes les expériences, et était indiqué par un métro-  
nome.

Le patient lui-même comptait le nombre des lectures en poussant une boule sur un de ces petits compteurs dont on se sert dans l'enseignement élémentaire.

Après que la série de syllabes était apprise, le directeur de l'expérience notait finalement le nombre total des lectures, après quoi l'individu en expérience ramenait les boules en place, tirait une nouvelle série du tas de syllabes posé sur la table, et continuait le travail.

Chaque expérience était divisée en 5 périodes d'environ 10 minutes; la première et la dernière étaient des périodes de repos, tandis que les trois périodes intermédiaires étaient consacrées au travail.

On déterminait l'élimination de  $\text{CO}_2$  par les mesures gazométriques ordinaires pour le



volume, jointes à des doubles analyses de l'air recueilli dans les spiromètres; de plus on mesurait le nombre des respirations par minute.

A l'aide de l'élimination de  $\text{CO}_2$  dans la première et la dernière période on déterminait la ligne zéro à partir de laquelle on mesurait l'accroissement dans l'élimination de  $\text{CO}_2$  pendant les trois périodes de travail.

Avec cette méthode on exécuta, avec l'aide de deux patients A. L. et S. N., 4 expériences doubles comportant respectivement des séries de 8, 12, 16 et 20 syllabes, plus, avec l'aide d'un seul patient, deux autres expériences comportant des séries de 32 syllabes.

Les chiffres moyens des résultats finaux des doubles expériences sont donnés dans le tableau n° XXXVI, lequel fournit d'une part directement la quantité de  $\text{CO}_2$  éliminée en  $\text{cm}^3$  par seconde, et d'autre part exprime cette quantité en pour cent par rapport au  $\text{CO}_2$  éliminé à l'état de repos dans la même expérience.

Une conséquence qui résulte immédiatement de l'ensemble des expériences, c'est que pendant le travail d'association de l'espèce considérée l'élimination de  $\text{CO}_2$  de l'organisme s'accroît notablement. Il reste à étudier les causes de cet accroissement.

1) On a pensé en premier lieu aux petits mouvements musculaires qui n'ont pas lieu dans les périodes voisines. Ce sont en partie des mouvements involontaires, accomplis suivant le rythme du métronome, en partie des mouvements volontaires tels que le déplacement des boules de bois du boulier-compteur, l'arrangement des séries syllabiques, etc.

C'est pourquoi on exécuta une série d'expériences de contrôle au cours desquelles le patient lisait les séries syllabiques d'une façon distraite et sans chercher à les retenir, mais au reste se comportait à tous les points de vue comme dans les expériences centrales.

On eut comme résultat pour A. L. un accroissement de 2,6% dans l'élimination de  $\text{CO}_2$  et pour S. N. un accroissement de 1,3%: ainsi se trouve écartée la possibilité d'admettre que le surplus de  $\text{CO}_2$  dans le travail d'association provient des mouvements musculaires concomitants.

2) De plus on pourrait envisager comme possible que l'excédent constaté de  $\text{CO}_2$  n'exprimerait pas une augmentation concomitante dans la production de  $\text{CO}_2$ , mais serait dû essentiellement à une expulsion de la provision de  $\text{CO}_2$  en dépôt dans l'organisme; mais nos recherches sur la respiration nous permettent de démontrer que c'est seulement dans la période de transition entre le repos et le travail que se produisent ces changements respiratoires amenant un balayage de  $\text{CO}_2$ .

La première conclusion peut dès lors se formuler ainsi:

Quand on apprend par cœur des séries de syllabes dépourvues de sens; l'élimination d'acide carbonique se trouve augmentée. Cet accroissement, qui est relativement grand au début du travail, peut être, à ce moment précis, attribué en partie à une expulsion de l'acide carbonique en suspens dans l'organisme, mais doit s'interpréter dans l'ensemble comme correspondant à un accroissement concomitant dans la production de l'acide carbonique, autrement dit à une augmentation dans les échanges chimiques.

Une petite fraction de cette augmentation des échanges provient des mouvements musculaires accomplis au cours du travail psychique, tandis que la majeure partie doit provenir des processus psycho-physiologiques qui accompagnent le travail d'association.

Nous avons ainsi répondu à la première question que nous nous posions au commencement de cette étude; il reste maintenant à démontrer une relation entre la grandeur du travail psychique et l'augmentation d'échanges qui en résulte.

Une relation de ce genre semble ressortir immédiatement des résultats de nos expériences, puisque l'excédent mesuré de  $\text{CO}_2$  par unité de temps s'accroît avec le nombre des syllabes,



cependant que le patient estime subjectivement que le travail accompli dans un temps donné est d'autant plus difficile que les séries contiennent plus de syllabes.

Mais il faut se garder de tirer de là des conclusions trop précipitées. Sans doute les excédents mesurés de  $\text{CO}_2$  doivent être regardés comme une preuve valable d'un accroissement des échanges chimiques; mais il ne s'ensuit pas nécessairement que les différences dans l'excédent d'acide carbonique doivent prouver avec la même sûreté des oscillations parallèles dans l'augmentation des échanges; une erreur qui peut être sans importance dans le premier cas pourrait facilement dans l'autre cas faire croire à une régularité imaginaire.

Or une enquête attentive portant à la fois sur les mouvements musculaires et sur les changements dans la respiration nous a amené à conclure que les variations observées dans l'excédent de  $\text{CO}_2$  correspondent réellement à des oscillations parallèles dans les échanges chimiques; de sorte qu'on peut formuler la proposition suivante:

La grandeur de l'accroissement d'échanges provenant d'un travail psychique oscille parallèlement à la grandeur subjectivement appréciée du travail fourni.

Cette conclusion reçut une nouvelle confirmation du fait que l'individu en expérience trouvant avec l'habitude le travail plus facile, l'augmentation d'échanges correspondante diminuait en même temps.

Dans ce qui précède nous nous sommes rigoureusement tenu aux résultats immédiats des expériences et nous avons cherché à interpréter celles-ci de la façon la plus critique possible; nous communiquerons maintenant quelques calculs théoriques auxquels a donné lieu la série des expériences; ces calculs comprendront aussi des recherches antérieures exécutées par M. LEHMANN, et comme il faut connaître les recherches de M. LEHMANN pour bien comprendre des calculs portant à la fois sur elles et sur les nôtres, nous en donneront d'abord un bref résumé.

On sait qu'un travail psychique entrave un travail musculaire accompli en même temps; soit  $A_s$  la grandeur du travail musculaire sans travail psychique concomitant, et  $A_v$  le travail musculaire avec travail psychique concomitant; la formule

$$M = \frac{A_s - A_v}{A_s}$$

donnera une mesure relative de l'entrave. Cette entrave ne provient naturellement pas de ce que le travail psychique amène une lassitude des muscles en travail, mais doit tenir à ce que l'innervation centrale, qui fournit le travail musculaire est entravée par le travail psychique concomitant.

La grandeur  $M$  est donc une mesure relative de la diminution d'innervation.

Par une série d'expériences très élégantes M. LEHMANN étudia la grandeur de l'entrave que produit un travail cérébral de nature variée, et il fit les constatations suivantes:

1) Un travail cérébral de grandeur constante amène pour le même individu en expérience une diminution relative constante  $M$  d'une innervation musculaire concomitante. Si le travail cérébral s'accroît ou diminue, la diminution d'innervation s'accroît ou diminue respectivement.

2) Un même travail cérébral exécuté par différents individus en expérience amène des diminutions d'innervation différentes, la diminution étant d'autant plus forte que l'individu est moins exercé.

3) La diminution d'innervation est d'autant plus grande que l'attention est plus forte.

4) Des travaux cérébraux qui n'exigent pas d'attention, comme par ex. la reproduction de représentations bien connues, n'ont aucune influence mesurable sur une innervation musculaire concomitante.



5) De même, deux innervations musculaires contemporaines ne se gênent pas mutuellement.

Dans les expériences qu'il fit pour trouver une explication de ces phénomènes M. LEHMANN aperçut la concordance remarquable qui existent entre les faits signalés ci-dessus et l'entrave réciproque exercée entre deux décharges d'énergie simultanées provenant de la même source d'énergie avec potentiel donné.

M. LEHMANN démontra clairement ce parallélisme par l'expérience suivante:

Un récipient d'eau surélevé est en relation par un conduit avec un récipient placé plus bas et muni de 3 ouvertures A, B et C. A et B étaient très menues, et C relativement grande. Quand on ouvre A, l'eau se précipite au dehors et exécute un certain travail; si on ouvre B en même temps, on n'observe aucune influence exercée sur le travail de A; mais si on ouvre la grande ouverture C, le travail fourni en ce point sera assez grand pour qu'une entrave se produise aux deux autres points, où le travail se trouve diminué.

A et B, dont le travail fourni n'est qu'un différentiel de l'énergie disponible de toute la machine, peuvent se comparer au travail psychique fourni dans les innervations musculaires, dans la reproduction de séries de représentations bien connues, etc.; et comparons d'autre part le grand point de travail C au travail psychique fourni dans le cas d'une attention soutenue: nous démontrons ainsi point par point l'analogie entre les actions restrictives psychiques et l'entrave produite dans un simple appareil hydraulique. Nous allons montrer maintenant qu'on peut soumettre ces phénomènes à un calcul et qu'on peut étendre ce calcul à nos mesures d'échanges chimiques.

Il a été démontré que pour de simples appareils tels que l'appareil hydraulique mentionné ou l'élément galvanique le travail extérieur fourni dans un centre déterminé, alors qu'un ensemble de  $n$  centres exécute un travail, peut s'exprimer par l'équation

$$A_p = c_1 \cdot \left(\frac{h}{k}\right)^m \cdot a_p \cdot t,$$

où  $k = 1 + c_2 \cdot (\sum_1^m a_p)^q$  est le facteur entravant,  $h$  le potentiel de la source d'énergie,  $a$  les capacités des divers centres de travail, et  $t$  le temps que dure le travail; cependant que les exposants potentiels  $m$  et  $q$  dépendent de l'espèce d'énergie dont il s'agit.

Si, partant de l'analogie observée entre les actions entravantes dans l'appareil hydrauliques et dans le cerveau, on considère celui-ci au point de vue énergétique comme un accumulateur en travail, on pourra employer l'expression ci-dessus donnée de  $A_p$  comme exprimant la grandeur du travail cérébral dans un centre de travail déterminé.

Sans entrer dans le détail de nos calculs, nous dirons qu'en fin de compte les mesures d'entrave de M. LEHMANN comme nos recherches directes sur les échanges chimiques démontrent que l'emploi de l'énergie dans le travail psychique suit précisément la loi qui vient d'être indiquée. Nous en avons eu une confirmation particulièrement intéressante en calculant les constantes, qui montrèrent des valeurs analogues dans deux méthodes très différentes.

On peut formuler ainsi le résultat obtenu:

L'entrave qui se produit entre deux formations d'énergies simultanées dans le cerveau se comporte dans ses traits essentiels comme les actions entravantes correspondantes dans des machines d'énergie physiques élémentaires.



## INDHOLD

---

	pag.
<b>Forord</b> .....	3
<b>Indledning</b> .....	5
<b>Tidligere Undersøgelser</b> .....	6
<b>Metodik</b> .....	14
<b>Første Afsnit:</b>	
Hvileforsøg .....	23
Stofskifte ved Muskelarbejde .....	30
Respirationsniveauet og Barometerstanden .....	36
Elementære Respirationsundersøgelser .....	38
Respirationsændringer, naar Øjnene tillukkes, og ved Overgang til Søvn ....	48
<b>Andet Afsnit:</b>	
Aandeligt Arbejde og Stofskiftet .....	53
Associationsarbejde .....	65
Urinudskillelse under psykisk Arbejde .....	77
<b>Teoretiske Betragtninger</b> .....	78
<b>Tillæg</b> .....	90
<b>Oversigt</b> .....	97
<b>Résumé</b> .....	100

---